

LAPORAN PENELITIAN

STUDI MODEL UJI TARIK GEOTEKSTIL TIPE WOVEN

DAN NON WOVEN PADA APLIKASI PERKUATAN

LERENG

(RISET MODELISASI *CELL BOX PULL-OUT TEST*)

Dikerjakan Oleh :

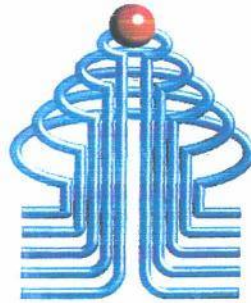
Ir. Idrus M.Sc
Staff Pengajar Jurusan Sipil ISTN



ISTN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
JAKARTA
2011

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN**



ISTN

**STUDI MODEL UJI TARIK GEOTEKSTIL
TIPE WOVEN DAN NON WOVEN PADA
APLIKASI PERKUATAN LERENG
(RISET MODELISASI
CELL BOX PULL-OUT TEST)**

Dikerjakan Oleh:

Ir .Idrus M.Sc, (Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil)

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Sipil

The image shows a handwritten signature in blue ink over a circular official stamp. The stamp contains the text 'JURUSAN TEKNIK SIPIL' at the top and 'INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL' at the bottom. The signature is written in a cursive style.

Ir. Ismail Djunaedy, M.T

**Program Studi Teknik Sipil
Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jakarta 2011**

LABORATORIUM
FISIKA MIPA



CEK BOLA-BOLA
(RISIK MODEL SASI)
TUMBUH KURUS DAN KURUS
TUMBUH DAN NON WOLIN PADA
PADA WOLIN DAN WOLIN PADA

Disusun oleh:
Nama: ...

Mengajar:
Nama: ...

... ..

Program Studi ...
Fakultas ...
Tahun 2011

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR NOTASI	xxiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
I. 1. Latar Belakang.....	1
I. 2. Maksud dan Tujuan Penulisan.....	6
I. 3. Hipotesa.....	6
I. 4. Sistematika Penelitian (Ruang Lingkup Pembahasan).....	7
I. 5. Metodologi Penulisan.....	7
I. 6. Sistematika Penulisan.....	7
BAB II. STUDI PUSTAKA	9
II. 1 Geotekstil Sebagai Material Struktur.....	9
II. 2 Jenis-Jenis Geotekstil.....	12
II. 2. 1. Geotekstil <i>Permeable</i> (Rembesan).....	13

II. 2. 2. Perbandingan Antara Jenis Woven dan Non Woven.....	14
II. 2. 3. Geotekstil <i>Impermeable</i> (Kedap air).....	16
II. 3. Sifat Mekanis dari Geotekstil.....	16
II. 3. 1. Tensile Strength/Kekuatan Tarik.....	16
II. 3. 2. Kuat Tarik Terkekang.....	17
II. 3. 3. Kemudahmampatan.....	18
II. 3. 4. Kuat Lelah (<i>Fatigue Strength</i>).....	18
II. 3. 5. Kuat Sobek (<i>Tear Strength</i>).....	19
II. 3. 6. Tahanan Cabut (<i>Pullout Resistance</i>).....	19
II.4. Kekuatan Geser.....	20
II. 4. 1. Kriteria Keruntuhan Mohr – Coulomb.....	20
II. 4. 2. Kemiringan Bidang Keruntuhan Akibat Geser.....	22
II. 4. 3. Uji Geser Triaxial.....	25
II. 4. 4. Uji Air-Termampatkan-Tak Terkonsolidasi (<i>Unconsolidated- Undrained Test</i>).....	27
II. 4. 5. Uji Geser Langsung.....	31
II. 5. Analisis Perkuatan Lereng dengan Geotekstil.....	36
II. 5. 1. Geosintetik Untuk Perkuatan Lereng dengan Elevasi Kemiringan.....	37
II. 5. 1. 1. Peningkatan Stabilitas Longsor.....	37

II. 5. 1. 2. Penentuan Kuat Tarik Tulangan.....	40
II. 5. 1. 3. Penentuan Jumlah Lapisan dan Jarak Tulangan Arah Vertikal ($SF \geq 1,3$).....	41
II. 5. 1. 4. Penentuan Panjang Geotekstil yang Dibutuhkan.....	42
BAB III. PROSEDUR PELAKSANAAN RISET MODELISASI <i>CELL BOX</i>	
<i>PULL-OUT TEST (CBPOT)</i>	45
III.1. Pelaksanaan Penyelidikan Tanah di Laboratorium.....	46
III.1.1. Pemadatan dengan <i>Small Compaction Mold Test</i> (SCMT).....	46
III. 1. 1. 1. Kadar Air (W).....	52
III. 1. 1. 2. Berat Isi Tanah.....	53
III. 1. 2. Pengujian Batas – Batas Atterberg.....	53
III. 1. 3. Pengujian Analisa Hidrometer dan Analisa Ayakan.....	55
III. 1. 3. 1. Analisa Hidrometer.....	55
III. 1. 3. 2. Analisa Ayakan.....	57
III. 1. 4. Penentuan Berat Jenis Tanah (<i>Spesific Gravity</i>).....	59
III. 1. 5. Pengujian Triaxial.....	60
III. 1. 5. 1. Pengujian Triaxial Kepadatan 100%.....	62
III. 1. 6. Komposisi Campuran Ketiga Jenis Tanah Sampel yang akan Di Uji.....	63

III. 1. 7. Pengujian Triaxial Kepadatan 95%.....	63
III. 2. <i>Cell Box Pull-Out Test</i> (CBPOT).....	64
III. 2. 1. Perencanaan Pembuatan <i>Cell Box Pull-Out Test</i> (CBPOT).....	64
III. 2. 2. Pelaksanaan Pembuatan <i>Cell Box Pull-Out Test</i> (CBPOT).....	67
III. 2. 3. Persiapan Kriteria Jenis Tanah yang akan Di Uji pada <i>Cell</i> <i>Box Pull-Out Test</i> (CBPOT).....	67
III. 2. 4. Disain Komposisi Tanah untuk <i>Cell Box Pull-Out Test</i> (CBPOT).....	68
III. 2. 5. Pengujian <i>Cell Box Pull-Out Test</i> (CBPOT).....	71
III. 3. Metode Pengamatan.....	75
III. 3. 1. Uji Kepadatan Lanau Kepasiran 20%.....	76
III. 4. Peralatan Pendukung.....	77
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN INTERPRETASI.....	83
IV. 1. Hasil Penyelidikan Tanah di Laboratorium.....	83
IV.1.1. Rangkuman Data Hasil Penyelidikan Tanah di Laboratorium.....	84
IV.1.2. Hasil Perhitungan Komposisi Campuran Tanah.....	85

IV. 2. Data, Grafik dan Gambar Hasil Uji <i>Cell Box Pull-Out Test</i>	
(CBPOT).....	87
IV. 2. 1. Penyajian Data dan Grafik yang Dihasilkan dari Pengujian CBPOT – ”Tanah Asli” untuk Woven.....	88
IV. 2. 2. Penyajian Data dan Grafik yang Dihasilkan dari Pengujian CBPOT – ”Tanah Asli” untuk Non Woven.....	97
IV. 2. 3. Penyajian Data dan Grafik yang Dihasilkan dari Pengujian CBPOT – ”Tanah Asli + Pasir 20%” untuk Woven.....	105
IV. 2. 4. Penyajian Data dan Grafik yang Dihasilkan dari Pengujian CBPOT – ”Tanah Asli + Pasir 20%” untuk Non Woven.....	113
IV. 2. 5. Penyajian Data dan Grafik yang Dihasilkan dari Pengujian CBPOT – ”Tanah Asli + Pasir 40%” untuk Woven.....	122
IV. 2. 6. Penyajian Data dan Grafik yang Dihasilkan dari Pengujian CBPOT – ”Tanah Asli ++ Pasir 40% ” untuk Non Woven.....	129
IV. 3. Analisis Data dan Interpretasi Pengujian CBPOT.....	138
IV. 3. 1. Penyajian Data dan Grafik Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal Pengujian CBPOT – ”Tanah Asli”.....	138
IV. 3. 2. Penyajian Data dan Grafik Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal Pengujian CBPOT – ”Tanah Asli + Pasir 20%”	143

IV. 3. 1. Penyajian Data dan Grafik Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal Pengujian CBPOT – "Tanah Asli".....	138
IV. 3. 2. Penyajian Data dan Grafik Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal Pengujian CBPOT – "Tanah Asli + Pasir 20%".....	143
IV. 3. 3. Penyajian Data dan Grafik Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal Pengujian CBPOT -- "Tanah Asli + Pasir 40%".....	146
IV. 3. 4. Penentuan Perubahan Panjang Geotekstil Pada Saat Keruntuhan Tarik Hubungan Dengan Tegangan, Elastisitas Dan Regangan Pada Geotekstil – Penguian CBPOT.....	151
BAB V. PENUTUP.....	156
5.1 Kesimpulan.....	156
5.2 Saran.....	157

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1 Pola Keruntuhan Lereng Dengan Kemiringan
- Gambar 1.2 Pola Keruntuhan Lereng Vertikal
- Gambar 1.3 Pola Keruntuhan Lereng Dengan Kemiringan menggunakan Geotekstil
- Gambar 1.4 Pola Keruntuhan Lereng Vertikal menggunakan Geotekstil
- Gambar 1.5 3D MODEL – CBPOT
- Gambar 1.6 2D MODEL (Tampak Potongan) – CBPOT
- Gambar 2.1 Jenis Woven
- Gambar 2.2 Jenis Non Woven
- Gambar 2.3 Arah Tegangan dan Regangan Jenis Woven dan Non Woven
- Gambar 2.4 Hubungan antara tegangan dan regangan pada jenis Woven dan Non Woven
- Gambar 2.5 Susunan Rongga jenis Woven lebih merata dari pada jenis Non Woven
- Gambar 2.6 Garis Keruntuhan menurut Mohr dan Hukum keruntuhan dari Mohr Coulomb

- Gambar 2.7 Kemiringan bidang keruntuhan dengan bidang utama besar di dalam tanah
- Gambar 2.8 Lingkaran Mohr dan garis keruntuhan
- Gambar 2.9 Skema alat triaxial (Bishop dan Bjerrum)
- Gambar 2.10 Lingkaran – lingkaran Mohr untuk tegangan total dan garis keruntuhan $\phi = 0$ yang di dapat dari uji triaxial *unconsolidated – indrained*
- Gambar 2.11 Lingkaran Mohr untuk tegangan total pada saat runtuh
- Gambar 2.12 Diagram susunan alat uji geser langsung
- Gambar 2.13 Alat uji geser langsung dengan cara regangan – terkendali (*strain controlled*), atas jasa baik dari Sailest. Inc., Evanston, illionis
- Gambar 2.14 Diagram tegangan geser versus perubahan tinggi benda uji karena pergerakan menggeser untuk tanah pasir padat dan renggang (uji geser langsung)
- Gambar 2.15 Keruntuhan intern, ekstern dan komposit
- Gambar 2.16 Stabilitas lereng tanpa tulangan (tanpa geotekstil)
- Gambar 2.17 Analisis stabilitas lereng tanah bertulang
- Gambar 2.18 Stabilitas rotasional untuk menentukan kuat tarik tulangan

- Gambar 2.19 Stabilitas lereng dengan penentuan gaya tarik dan panjang geotekstil
- Gambar 2.20 Pertimbangan jarak tulangan untuk lereng yang tinggi
- Gambar 2.21 Penentuan panjang tulangan
- Gambar 3.1 Sistematika Penelitian
- Gambar 3.2 Mould SCMT
- Gambar 3.3 Trial Compaction pada Metode SCM (Standard Test)
- Gambar 3.4 Trial Compaction pada Metode SCM (Modified Test)
- Gambar 3.5 Moulding pepadatan dengan metode SCMT
- Gambar 3.6 Perbandingan Mould/cetakan cara ASTM dan metode SCMT
- Gambar 3.7 ASTM STANDARD
- Gambar 3.8 METODE “SCM”
- Gambar 3.9 Peralatan Batas – batas Atterberg
- Gambar 3.10 Cawan untuk batas – batas atterberg
- Gambar 3.11 Peralatan analisa ayakan
- Gambar 3.12 Peralatan analisa hidrometer
- Gambar 3.13 Peralatan uji Spesific gravity
- Gambar 3.14 Percobaan Triaxial UU

- Gambar 3.15 Disain perencanaan Cell Box Pull – Out Test (CBPOT)
- Gambar 3.16 Disain perencanaan Cell Box Pull – Out Test (CBPOT) – 2
Dimensi
- Gambar 3.17 Perencanaan komposisi tanah CBPOT
- Gambar 3.18 Melakukan pemadatan dengan penumbuk modified
- Gambar 3.19 Alat penyangga geotekstil, magnet dan dial reading siap uji
- Gambar 3.20 Keruntuhan tarik geotekstil terhadap tanah
- Gambar 3.21 Potongan tanah setelah pengujian CBPOT
- Gambar 3.22 Mengamati perubahan dial reading terhadap waktu
- Gambar 3.23 Penumbuk Modified
- Gambar 3.24 Dial Reading penetrasi 25 mm
- Gambar 3.25 Stopwatch
- Gambar 3.26 Pisau golok
- Gambar 3.27 Sendok semen
- Gambar 3.28 Baskom plastik
- Gambar 3.29 Magnet
- Gambar 3.30 Beban
- Gambar 3.31 Lakban

- Gambar 3.32 Jangka sorong
- Gambar 3.33 Penggaris Waterpass
- Gambar 3.34 Lampu
- Gambar 4.1 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli” – Woven – Tegangan Normal 1
- Gambar 4.2 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli” – Woven – Tegangan Normal 2
- Gambar 4.3 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli” – Woven – Tegangan Normal 3
- Gambar 4.4 Grafik Pull – Out Load dan Deformasi total – “Tanah Asli” – Woven
- Gambar 4.5 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli” – Non Woven – Tegangan Normal 1
- Gambar 4.6 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli”– Non Woven – Tegangan Normal 2
- Gambar 4.7 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli”– Non Woven – Tegangan Normal 3
- Gambar 4.8 Grafik Pull – Out Load dan Deformasi total – “Tanah Asli” – Non Woven

- Gambar 4.9 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli + Pasir 20%” – Woven
– Tegangan Normal 1
- Gambar 4.10 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli + Pasir 20%” – Woven
– Tegangan Normal 2
- Gambar 4.11 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli + Pasir 20%” – Woven
– Tegangan Normal 3
- Gambar 4.12 Grafik Pull – Out Load dan Deformasi total – “Tanah Asli+ Pasir
20%” – Woven
- Gambar 4.13 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli + Pasir 20%” – Non
Woven – Tegangan Normal 1
- Gambar 4.14 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli + Pasir 20%” – Non
Woven – Tegangan Normal 2
- Gambar 4.15 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli + Pasir 20%” – Non
Woven – Tegangan Normal 3
- Gambar 4.16 Grafik Pull – Out Load dan Deformasi total – “Tanah Asli+ Pasir
20%” – Non Woven
- Gambar 4.17 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli + Pasir 40%” – Woven
– Tegangan Normal 1
- Gambar 4.18 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli + Pasir 40%” – Woven
– Tegangan Normal 2

- Gambar 4.19 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli + Pasir 40%” – Woven
– Tegangan Normal 3
- Gambar 4.20 Grafik Pull – Out Load dan Deformasi total – “Tanah Asli+ Pasir
40%” – Woven
- Gambar 4.21 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli + Pasir 40%” – Non
Woven – Tegangan Normal 1
- Gambar 4.22 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli + Pasir 40%” – Non
Woven – Tegangan Normal 2
- Gambar 4.23 Grafik Deformasi dan Waktu – “Tanah Asli + Pasir 40%” – Non
Woven – Tegangan Normal 3
- Gambar 4.24 Grafik Pull – Out Load dan Deformasi total – “Tanah Asli+ Pasir
40%” – Non Woven
- Gambar 4.25 Box Tampak Atas
- Gambar 4.26 Grafik Hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada “tanah
asli” untuk Woven
- Gambar 4.27 Grafik Hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada “tanah
asli” untuk Non Woven
- Gambar 4.28 Grafik Hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada “tanah
asli + pasir 20%” untuk Woven

Gambar 4.29 Grafik Hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada “tanah asli + pasir 20%” untuk Non Woven

Gambar 4.30 Grafik Hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada “tanah asli + pasir 40%” untuk Woven

Gambar 4.31 Grafik Hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada “tanah asli + pasir 40%” untuk Non Woven

Gambar 4.32 Grafik hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada CBPOT

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Harga – harga yang umum dari sudut geser internal kondisi drain untuk pasir dan lanau.....	31
Tabel 3.1. Nomor ayakan dan diameter untuk analisa ayakan.....	57
Tabel 3.2. Contoh format pengamatan uji CBPOT.....	76
Tabel 4.1 Rangkuman data hasil penyelidikan tanah di laboratorium.....	84
Tabel 4.2. Data CBPOT “Tanah Asli” – Woven – Tegangan Normal 1.....	88
Tabel 4.3. Data CBPOT “Tanah Asli” – Woven – Tegangan Normal 2.....	90
Tabel 4.4. Data CBPOT “Tanah Asli” – Woven – Tegangan Normal 3.....	92
Tabel 4.5. Data CBPOT “Tanah Asli” – Woven – Hubungan Deformasi dan Load.....	95
Tabel 4.6. Data CBPOT “Tanah Asli” – Non Woven – Tegangan Normal 1.....	97
Tabel 4.7. Data CBPOT “Tanah Asli” – Non Woven – Tegangan Normal 2.....	99
Tabel 4.8. Data CBPOT “Tanah Asli” – Non Woven – Tegangan Normal 3.....	101
Tabel 4.9. Data CBPOT “Tanah Asli” – Non Woven – Hubungan Deformasi dan Load.....	103
Tabel 4.10. Pukulan per lapisan “Tanah Asli” – Woven dan Non Woven.....	104
Tabel 4.11. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 20%” – Woven – Tegangan Normal 1.....	105
Tabel 4.12. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 20%” – Woven – Tegangan Normal 2.....	107

Tabel 4.13. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 20%” – Woven – Tegangan Normal 3.....	109
Tabel 4.14. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 20%” – Woven – Hubungan Deformasi dan Load.....	111
Tabel 4.15. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 20%” – Non Woven – Tegangan Normal 1.....	113
Tabel 4.16. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 20%” – Non Woven – Tegangan Normal 2.....	115
Tabel 4.17. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 20%” – Non Woven – Tegangan Normal 3.....	117
Tabel 4.18. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 20%” – Non Woven – Hubungan Deformasi dan Load.....	119
Tabel 4.19. Pukulan per lapisan “Tanah Asli + Pasir 20%” – Woven dan Non Woven.....	121
Tabel 4.20. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 40%” – Woven – Tegangan Normal 1.....	122
Tabel 4.21. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 40%” – Woven – Tegangan Normal 2.....	124
Tabel 4.22. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 40%” – Woven – Tegangan Normal 3.....	126
Tabel 4.23. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 40%” – Woven – Hubungan Deformasi dan Load.....	127

Tabel 4.24. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 40%” – Non Woven – Tegangan Normal 1.....	129
Tabel 4.25. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 40%” – Non Woven – Tegangan Normal 2.....	131
Tabel 4.26. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 40%” – Non Woven – Tegangan Normal 3.....	133
Tabel 4.27. Data CBPOT “Tanah Asli + Pasir 40%” – Non Woven – Hubungan Deformasi dan Load.....	135
Tabel 4.28. Pukulan per lapisan “Tanah Asli + Pasir 40%” – Woven dan Non Woven.....	137
Tabel 4. 29. Parameter Untuk Hubungan Tegangan Geser danTegangan Normal.....	139
Tabel 3. 30. Perubahan Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal Untuk “Tanah Asli” yang digunakan Pada Woven dan Non Woven.....	139
Tabel 4. 31. Analisis Perhitungan Kekuatan Geser Pengujian CBPOT dengan Perbandingan Uji Triaxial Kepadatan 95% - “Tanah Asli”.....	140
Tabel 4. 32. Parameter Untuk Hubungan Tegangan Geser danTegangan Normal.....	143
Tabel 3. 33. Perubahan Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal Untuk “Tanah Asli + Pasir 20%” yang digunakan Pada Woven dan Non Woven.....	143

Tabel 4. 34. Analisis Perhitungan Kekuatan Geser Pengujian CBPOT dengan Perbandingan Uji Triaxial Kepadatan 95% - “Tanah Asli + Pasir 40%”	144
Tabel 4. 35. Parameter Untuk Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal.....	146
Tabel 3. 36. Perubahan Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal Untuk “Tanah Asli + Pasir 40%” yang digunakan Pada Woven dan Non Woven.....	146
Tabel 4. 37. Analisis Perhitungan Kekuatan Geser Pengujian CBPOT dengan Perbandingan Uji Triaxial Kepadatan 95% - “Tanah Asli + Pasir 40%”	147
Tabel 4. 38. Keruntuhan tarik akibat gaya normal terhadap gaya tarik.....	149
Tabel 4. 39. Hubungan kohesi dan adhesi terhadap faktor adhesi	150
Tabel 4. 40. Hubungan sudut geser dalam tanah dengan tanah dan sudut geser dalam tanah dengan geotekstil terhadap koefisien ratio.....	150
Tabel 4. 41. Daftar Geotekstil Spesifikasi Pabrik, Referensi PT. Tetrasa Geosinindo.....	151
Tabel 4. 42. Data Geotekstil Untuk Pengujian CBPOT.....	151
Tabel 4. 43. Data Hubungan Tegangan, Elastisitas dan Regangan pada Geotekstil jenis Woven.....	152
Tabel 4. 44. Data Hubungan Tegangan, Elastisitas dan Regangan pada Geotekstil jenis Non Woven.....	153

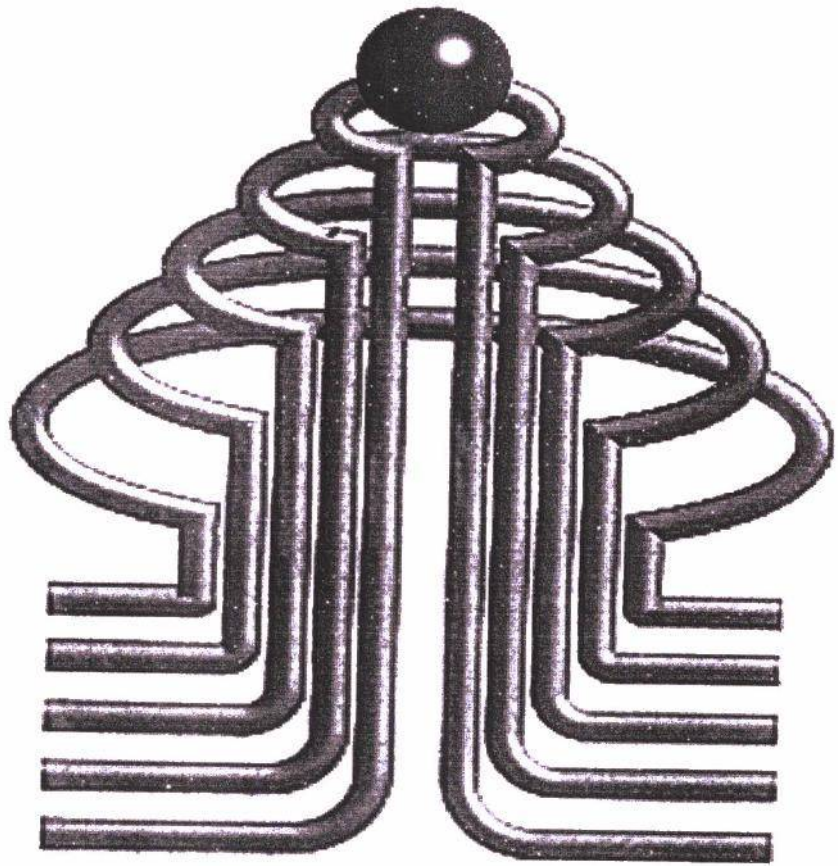
DAFTAR NOTASI

τ_f	=	Parameter Kekuatan geser tanah
c	=	Kohesi
ϕ	=	Sudut tahanan geser-internal
σ_n	=	Tegangan Normal
u	=	Tegangan air pori
u_c	=	Tegangan air pori terkonsolidasi
Δu_d	=	Tegangan deviator air pori
SF_u	=	Faktor aman ultimate
M_R	=	Momen Penahan
M_D	=	Momen Menggerakkan
SF_R	=	Faktor aman lereng bertulang
T_s	=	jumlah gaya tarik permeter lebar tulangan yang tersedia untuk seluruh lapisan tulangan
y	=	lengan momen gaya tarik tulangan (T_s) terhadap pusat lingkaran longsor O

- X = lengan momen ke pusat berat massa tanah yang longsor
- T_i = kuat tarik ijin geotekstil pada tulangan geotekstil ke- i
- W = berat total tanah yang akan longsor
- R = jari-jari lingkaran longsor
- y_i = lengan momen tulangan geotekstil ke- i
- L = panjang lingkaran longsor
- S_v = jumlah tulangan arah vertikal
- T_{allow} = gaya tarik maksimum tulangan (*Tensile Strength*)
- q = tekanan *overburden* efektif pada *interface* tanah-tulangan
- K_a = Koefisien tekanan lateral tanah
- σ_h = Distribusi Tegangan yang terjadi
- L_e = Jarak panjang tulangan diukur dari ujung tulangan atau panjang tulangan yang terendam dalam tanah, panjang tulangan yang berada di belakang garis longsor
- δ = sudut gesekan diantara tanah dan geotekstil
- T_n = Kuat tarik geotekstil yang sebenarnya
- H_1 = Kedalaman (ketinggian) lereng mula-mula

w	=	Kadar air
W_w	=	Berat air
W_s	=	Berat kering tanah
V	=	Volume tanah
PI	=	Plastisiti Index
D	=	Diameter efektif
N	=	Prosentase lebih halus
G_s	=	Spesific gravity
DR	=	Pembacaan Dial Reading
h	=	Tinggi tanah uji
ε	=	Regangan yang terjadi
K	=	Faktor koefisien terhadap regangan
A_o	=	Luas penampang contoh awal
A	=	Luas koreksi penampang setelah di uji
C	=	Angka kalibrasi
PR	=	Pembacaan Proving Ring yang ditentukan
P	=	Gaya yang diberikan

- γ = Berat isi tanah
- γ_d = Berat volume butiran tanah kering
- C^* = Adhesi
- δ = Sudut geser dalam antara tanah dengan geotekstil
- α = Koefisien adhesi
- β = Koefisien δ



ISTN

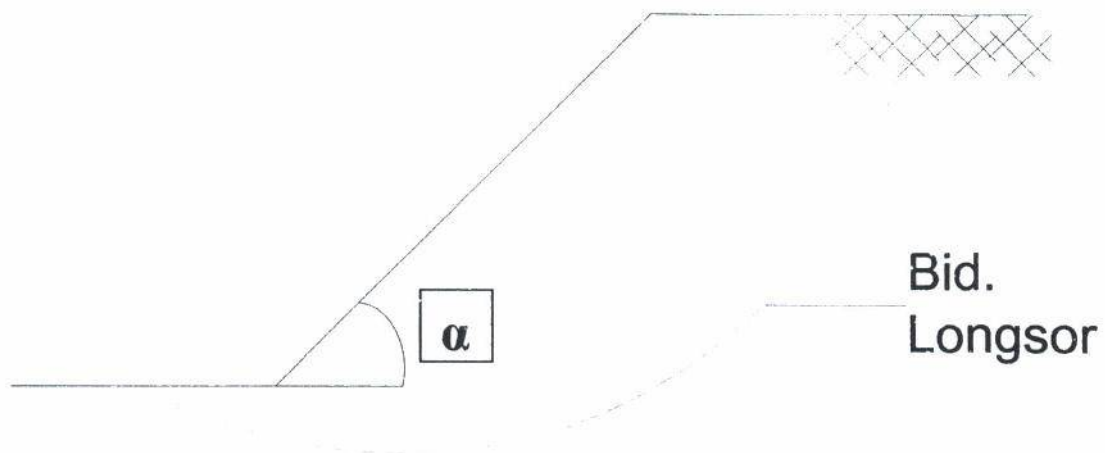
BAB I

PENDAHULUAN

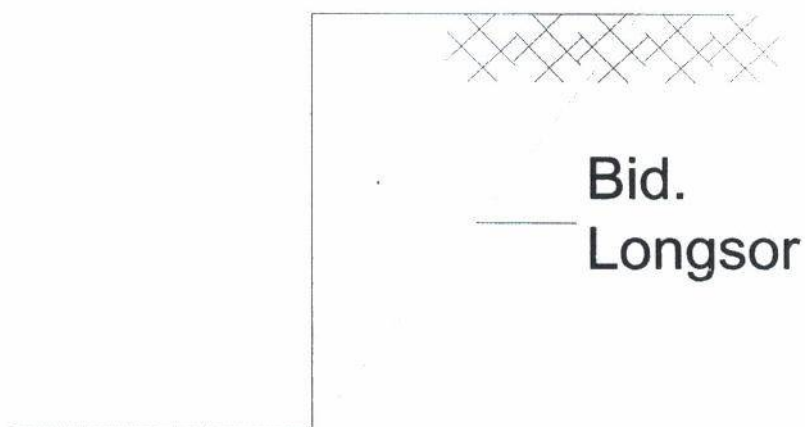
1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan dunia konstruksi di Indonesia saat ini sangat pesat adanya dengan teknologi yang semakin canggih, maka permintaan pasar akan konstruksi-konstruksi baru pun semakin meningkat seiring dengan membaiknya perekonomian di Indonesia. Suatu konstruksi harus mempunyai nilai dan fungsi yang lebih dari bangunan lain jika ingin bangunan tersebut dapat bertahan sesuai dengan fungsinya. Dalam hal ini, salah satunya adalah konstruksi perkuatan lereng yang digunakan sebagai konstruksi yang dipilih pada lahan-lahan yang membutuhkan fungsi konstruksi perkuatan lereng tersebut.

Konstruksi perkuatan lereng adalah adanya perbedaan tinggi muka tanah yang akan menimbulkan tekanan lateral antara tanah, Sedangkan stabilitas perkuatan lereng adalah konstruksi perkuatan lereng yang diperkuat dengan suatu struktur penahan yang berbatasan terhadap jarak struktur penahan tersebut. Tegangan yang terjadi pada tanah lereng tersebut dapat meruntuhkan tanah. Keruntuhan terjadi setelah tercapai ketidakseimbangan pada sebagian tanah yang menghasilkan pembentukan mekanisme yang tidak stabil dimana sebagian tanah akan tergelincir relatif terhadap tanah-tanah yang tersisa.



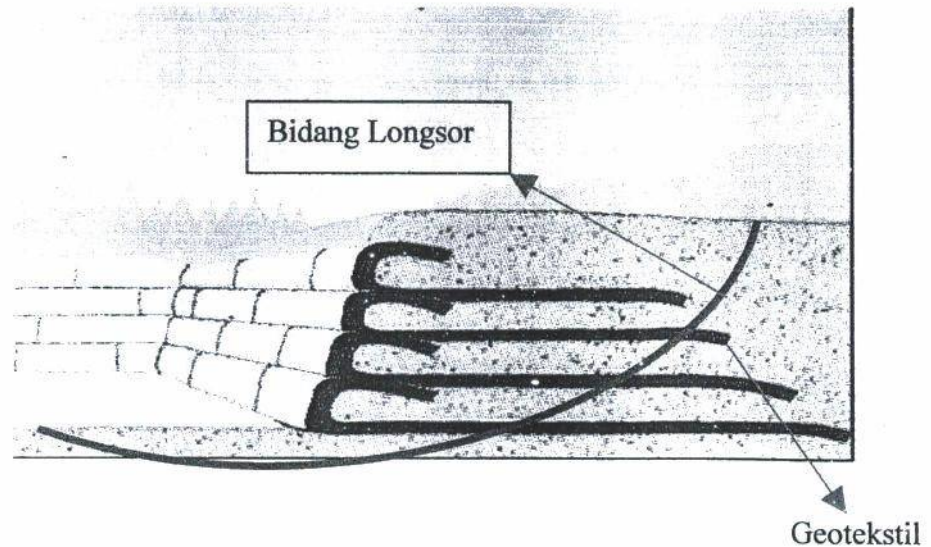
Gambar 1.1. Pola Keruntuhan Lereng Dengan Kemiringan



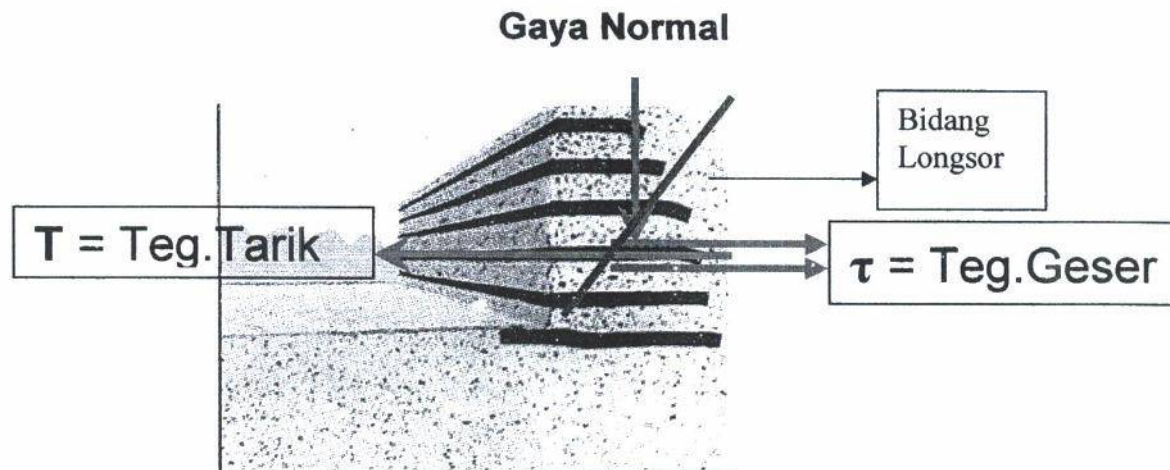
Gambar 1.2. Pola Keruntuhan Lereng Vertikal

Konstruksi perkuatan lereng diperlukan untuk memperkuat tanah timbunan agar tidak terjadi kelongsoran dan ketebalan (ketinggian/kedalaman) yang direncanakan bisa stabil baik terhadap faktor keamanan. Jika SF (Faktor Keamanan) yang diperoleh kurang dari 1 (satu) maka lereng tersebut memerlukan perkuatan yaitu

material geotekstil, dalam hal ini. Lihat Gambar 1. 1 dan 1. 2 sebagai contoh lereng tanpa perkuatan geotekstil.



Gambar 1.3. Pola Keruntuhan Lereng Dengan Kemiringan menggunakan geotekstil



Gambar 1.4. Pola Keruntuhan Lereng Vertikal menggunakan geotekstil

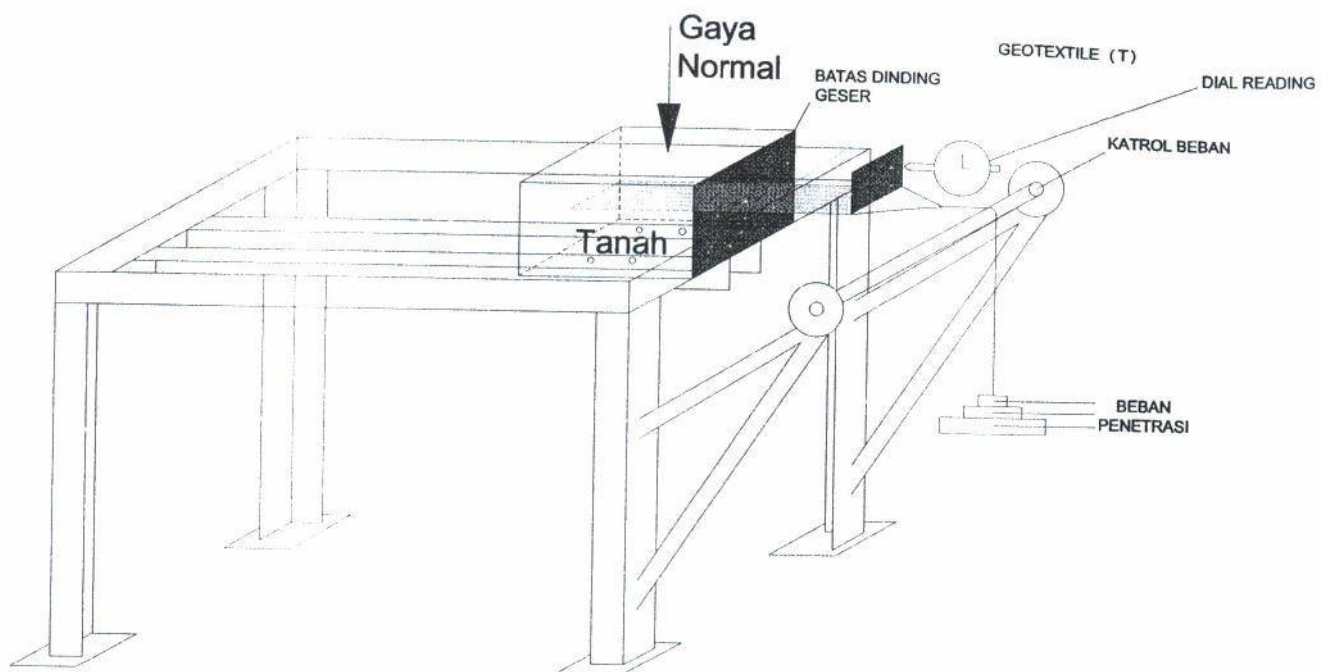
Pada perkuatan lereng, faktor terbesar adalah mengenai kekuatan geser antara "tanah dengan tanah" itu sendiri dan antara "tanah dengan material geotekstil" yang sangat terpengaruh akibat beban vertikal yang terjadi (*embankment/gaya normal*). Dalam hal ini, Teori Coulomb menentukan perbandingan hubungan

antara Tegangan geser dengan Tegangan normal dan sangat berperan penting untuk mengetahui elevasi gesekan yang terjadi akibat faktor gesekan/daya lekatan antara tanah dengan tanah (kohesi) dan sudut geser dalam (θ). Teori ini pun dapat menentukan pengaruh pada faktor gesekan antara tanah dengan geotekstil (adhesi) yang terjadi akibat material geotekstil itu sendiri dengan adanya perubahan sudut geser dalam (δ) yang diperoleh dari pengujian laboratorium untuk jenis tanah yang digunakan pada penelitian ini.

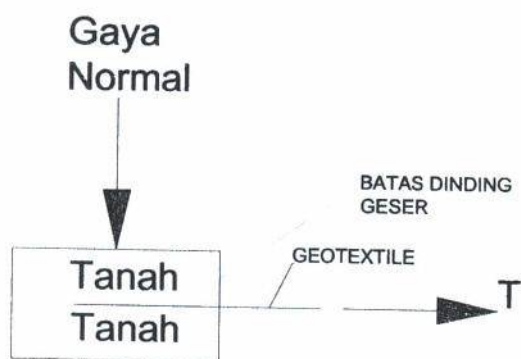
Dari penjelasan mengenai material geotekstil tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa akan timbul gaya aksi dan reaksi yang menyebabkan terjadinya gaya tarik pada geotekstil terhadap tanah. Kemampuan geotekstil untuk menahan gaya tarik akibat gerakan tanah sehingga gaya tarik ditahan oleh gaya geser yang terjadi antara geotekstil dan tanah. Lihat Gambar 1. 3 dan 1. 4 sebagai contoh pada stabilitas lereng.

Cell Box Pull-Out Test (CBPOT) adalah modelisasi suatu perkuatan lereng dengan perkuatan geotekstil (*Slope Stability*) dimana Box tersebut diisi dengan tanah yang dipadatkan dengan kepadatan maksimum 95 % dan diberi batasan sebagai dinding geser yang diberi ruang untuk menempatkan material geotekstil tersebut. Dalam hal ini, geotekstil tersebut akan menimbulkan tegangan geser (*Tensile Strength*) yang terjadi akibat beban penetrasi terhadap katrol beban sehingga dapat diperoleh deformasi dari pembacaan dial reading. Box tersebut ditahan di keempat sisinya dengan diberi baut penguat agar pada saat pengujian CBPOT, tidak terjadi pergeseran posisi pada Box tersebut yang dapat mengakibatkan kegagalan uji

CBPOT. Lihat Gambar 1.5 dan Gambar 1.6 sebagai modelisasi pengujian CBPOT.



Gambar 1.5. 3D MODEL - CBPOT



Gambar 1.6. 2D MODEL (Tampak Potongan) – CBPOT

1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan

Maksud dan tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui gaya geser yang sebenarnya terjadi antara tanah dengan material geotekstil akibat pengaruh beban vertikal (*embankment*) dengan gaya tarik yang diberikan secara kumulatif dan bertahap sesuai dengan waktu yang direncanakan hingga terjadi keruntuhan tarik terhadap geotekstil tersebut. Kemudian dapat diketahui kekuatan geser yang terjadi yang merupakan uji hipotesis dengan memodelkan kasus pergeseran antara geotekstil dan tanah pada *Cell Box Pull-Out Test* di laboratorium.

1.3 Hipotesa

Tegangan yang terjadi akibat geseran tanah dengan tanah yang menghasilkan gaya geseran yang disebut kohesi (C). Pemakaian geotekstil pada perencanaan perkuatan lereng, dimaksudkan untuk menambah faktor keamanan terhadap stabilitas longsor. Faktor kuat geser antara tanah dan material geotekstil (C^*) lebih kecil dari C_u dengan formulasi ($C^* = \alpha \cdot C_u$), dimana $\alpha < 1$. Sehingga α akan lebih besar jika bersifat lebih kasar geotekstilnya. Faktor lainnya yaitu dari sudut geser dalam antara tanah dengan tanah (ϕ) tidak akan sama dengan sudut geser dalam yang terjadi antara tanah dengan geotekstil (δ). Formulasi hubungan (ϕ) dan (δ) adalah ($\delta = \beta \times \phi$). Sehingga diperoleh (β) sebagai koefisien δ .

1.4 Sistematika Penelitian (Ruang Lingkup Pembahasan)

Penelitian ini menggunakan jenis tanah lanau ISTN dan pasir bangunan yang ada dipasaran di toko material bangunan. Sistematika tulisan ini dimulai dengan pengetesan tanah di laboratorium. Dalam hal ini menggunakan tiga jenis tanah

yaitu “tanah asli”, “tanah asli + pasir 20%”, “tanah asli + pasir 40%”. Kemudian dilanjutkan dengan menyiapkan tiga sampel untuk setiap jenis tanah yang akan di uji CBPOT. Kemudian lakukan pengujian CBPOT dengan material geotekstil dari PT. Tetrasa Geosinindo untuk tipe Woven (Geo Reinfox – Type R) dan Non Woven (Polyfelt TS – Tencate) pada ketiga jenis tanah yang akan di uji dari masing-masing sample tanah.

1.5 Metodologi Penulisan

Penyusunan penulisan hasil penelitian ini dilakukan dengan menggunakan studi kasus (penelitian di Laboratorium) yang mengacu pada buku-buku, referensi serta riset – riset sejenis yang telah dilakukan dan hal lain yang berkaitan dengan judul bahasan penelitian ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang, maksud dan tujuan, sistematika penelitian (ruang lingkup pembahasan), metodologi penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II Teori Tentang Kuat Geser pada Geotekstil

Berisi tentang teori-teori yang sangat terkait pada saat penelitian di laboratorium guna melengkapi penelitian yang dilaksanakan untuk penulisan tugas akhir ini.

BAB III Prosedur Penelitian Studi Model di Laboratorium

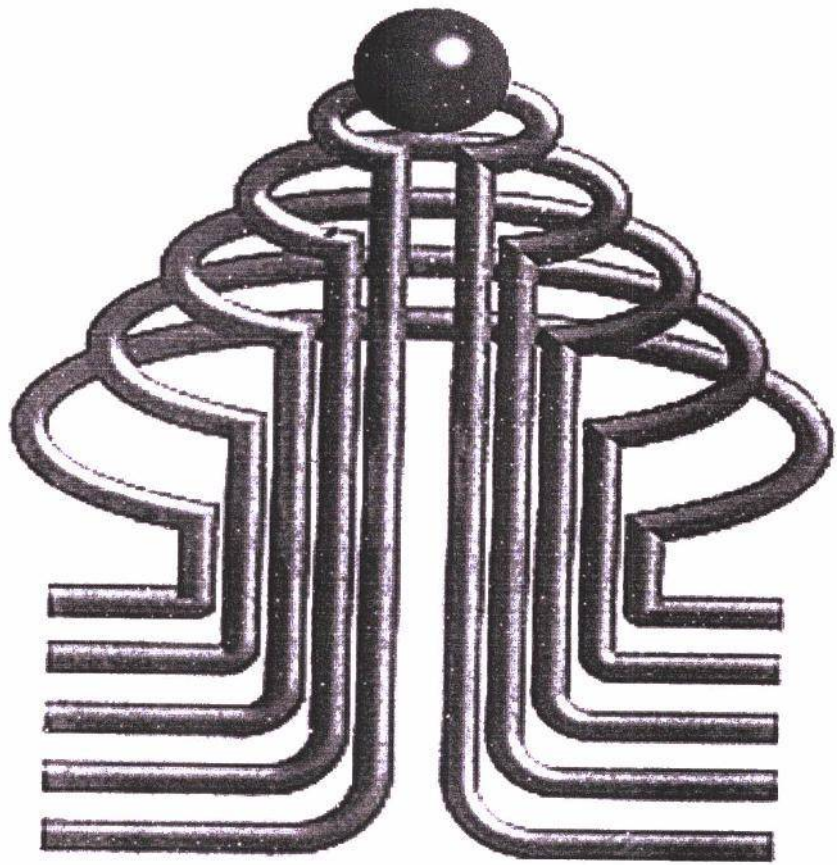
Berisi tentang prosedur penelitian, skematik dan tahapan-tahapan penelitian serta alat-alat yang digunakan dan hal-hal lain yang berhubungan dengan penelitian guna mendapatkan hasil akhir dari penelitian ini.

BAB IV Hasil Penelitian dan Interpretasi .

Berisi tentang hasil penelitian uji model di laboratorium yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik/gambar. Dan interpretasi tentang hasil penelitian yang didapat. (Uji Hipotesis).

BAB V Penutup

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilaksanakan.



ISTN

BAB II

STUDI PUSTAKA

II. 1. Geotekstil Sebagai Material Struktur

Banyak dari penemuan ilmiah yang ada sekarang, termasuk pula dalam bidang teknik sipil dapat dengan jelas terlihat pada alam sekitar kita. Misalnya pembentukan tempat tinggal binatang yang menakjubkan. Juga secara sederhana alam mengajar kita mengenai teknik pembuatan komposit. Sebagai contoh yaitu adalah sarang burung walet yang merupakan suatu contoh bahan komposit sebagai bahan dasar pemikiran teori geotekstil (rankilor). Dengan demikian, akan diperlihatkan suatu pemikiran dasar sehubungan dengan penemuan geotekstil dari struktur sarang burung dari jerami yang dilapisi lumpur. Sehubungan dengan penjelasan di muka sebagai konsep dasar, maka kini kita dapat meninjau penerapan-penerapannya dalam dunia teknik sipil. Sejarah tertua yang menggunakan bahan 'tenunan' sebagai suatu bahan konstruksi adalah pada jaman Romawi Kuno. Disini pemakaiannya sebagai bahan pembantu pembuatan jalan raya di atas tanah lunak. Bahkan sebelumnya, yaitu pada tahun 2500 sebelum masehi, suatu bukti arkeolog di Inggris menemukan adanya suatu konstruksi jalan setapak pada tanah lunak di atas batang-batang kayu. Di Inggris Selatan telah dibangun sebuah jalan beberapa kilometer panjangnya diatas tebaran cabang-cabang dan ikatan kayu.

Demikian juga di Indonesia pada saat sekitar sepuluh tahun silam, sebagai contoh seperti di daerah Sumatera (Riau Daratan) dan Kalimantan. Untuk memperbaiki keadaan tanah bagi pembuat jalan dipakai kayu dari penebangan pohon. Akan tetapi, di daerah dimana sangat sulit untuk mendapatkan kayu atau tidak memiliki konsesi kayu, maka cara ini akan terasa sangat mahal. Adapun beberapa faktor yang patut dipertimbangkan sehubungan dengan cara penggunaan kayu untuk menambah perkuatan struktur seperti contoh di atas, yakni ¹ :

- Di daerah yang sukar mendapatkan kayu atau tidak memiliki konsesi kayu, cara ini akan sangat mengeluarkan biaya yang mahal
- Kesulitan memperoleh kayu-kayu besar dan panjang di hutan-hutan Indonesia makin terasa
- Pada tanah urug menjadi tidak efisien sebab adanya lubang-lubang di antara susunan tebangan pohon
- Pada keadaan dimana tanah lunak dan air tanahnya turun, berarti kayu semakin cepat lapuk
- Kekuatan susunan kayu tersebut tidak merata dan lemah pada arah memanjang serta sambungannya masing-masing, sedangkan geotekstil mampu menahan pada kedua arah tegak lurus jalan
- Pekerjaannya cukup berat sehingga harus mempergunakan alat-alat besar, berarti biaya operasi tinggi

¹ Teguh Santoso, Stabilitas Embankment Menggunakan Geotekstil Jenis Woven dan Non Woven Dengan Metoda Analisa Tulangan Tunggal dan Tulangan Berlapis, thn 1995, skripsi, hal 6

- Pada kondisi-kondisi tertentu dimana tanah sangat lunak misalnya tidak memungkinkan dicapai oleh alat-alat berat

Namun dalam beberapa keadaan, memang metode seperti ini cukup berhasil untuk mengatasi permasalahan setempat. Sejalan dengan hal di atas, pemasangan cerucuk bambu ataupun batang pohon bakau bisa juga dipakai untuk menanggulangi konstruksi di atas tanah lunak.

Maka dengan meninjau kondisi tanah di Indonesia yang beraneka ragam, perlu diperhatikan metode penanggulangan lainnya. Salah satu alternatif yang akan di bahas disini adalah penggunaan material "geotekstil" sebagai penambahan perkuatan struktur pada tanah

Mengingat semakin banyak bangunan yang diperlukan seluas dunia maka dirasakan pula suatu alternatif lain disamping cara konvensional seperti diuraikan di atas. Hal ini karena mengingat bahan sintesis dapat dibuat secara besar-besaran di pabrik, lagi pula dapat dipakai di tempat dimana bahan-bahan alam yang cocok akan sulit diperoleh. Maka apabila kita tetap mempertahankan cara konvensional bisa jadi terlampau mahal biaya transportasi untuk mencapai daerah tersebut.

Boleh dikatakan baru dalam dekade terakhir inilah pemakaian geotekstil pada bidang teknik sipil semakin meningkat. Sehubungan dengan perkembangan tersebut, kita meninjau kebelakang yakni pada tahun 1940. Pada waktu itu perkembangan industri kimia yang bergerak dalam bidang bahan sintesis polimer seperti poliamid dan poliester. Pada tahun 1958 perusahaan Carthage Mills memiliki hak pertama bagi sistem penempatan gradasi filter dengan bahan plastik.

Di Amerika Serikat, baru pertengahan tahun 1970-an mulai berkembang produk geotekstil untuk memenuhi kebutuhan di pasaran. Seraya waktu berjalan, terus berkembang di Eropa, Afrika dan Asia, termasuk Indonesia. Sedangkan perkembangan geotekstil di Indonesia datang melalui Australia, Jerman, U. K., Perancis, Austria dan Belanda. Ada beberapa jenis geotekstil yang ada di pasaran lokal maupun importir yaitu jenis "Woven" dan "Non Woven". Untuk pemakaian dalam negeri, terutama yang berkekuatan rendah dapat diperoleh dengan harga yang lebih murah.

II. 2. Jenis-Jenis Geotekstil

Salah satu bahan geosintetik yang banyak digunakan adalah geotekstil. Geotekstil merupakan material lolos air atau material tekstil buatan pabrik yang dibuat dari bahan-bahan sintesis, seperti : polypropylene, polyester, polyethylene, nylon, polyvinyl, chloride dan campuran dari bahan-bahan tersebut. Seluruh material ini adalah *thermoplastic*.

Polymer yang digunakan di pabrik geotekstil, umumnya fiber-fiber geotekstil yang dibuat dari material polymerik sebagai berikut (Koerner, 2005)² :

Polypropylene (PP) (\pm 92%)

Polyester (PET) (\pm 2%)

Polyamide (PA) (nylon) (\pm 2%)

Polyethylene (PE) (\pm 95%)

Kapas (Cotton) (\pm 1,55)

² Robert M Koerner, *Designing With Geosynthetics*, thn 1990, hal 65

Baja ($\pm 7,87$)

Tanah/Batuan ($\pm 2,9$)

Kaca (1,55)

Polyethylene dan polypropylene adalah polyolefins yang diantaranya mempunyai kerapatan kurang dari 1000 kg/m^3 .

II. 2. 1. *Geotekstil Permeable*

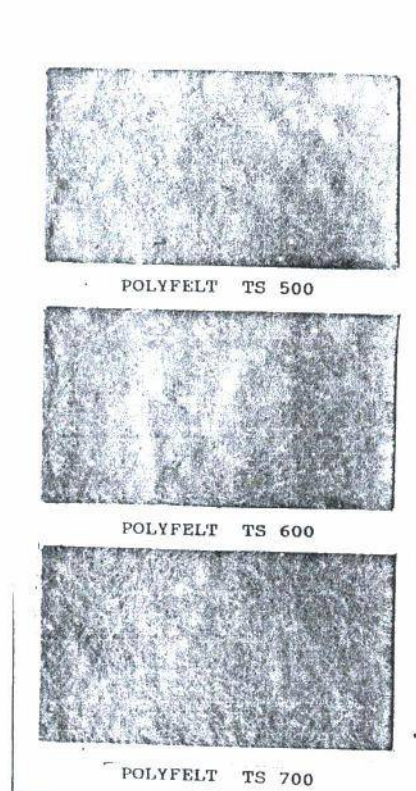
Istilah Permeable yang disebut disini adalah bahwa geotekstil jenis ini dapat ditembus oleh air tanah. Dengan demikian air diusahakan tidak mengendap dan dapat mengalir sehingga beban yang ditahan oleh geotekstil tersebut tidak berlebihan. Dalam hal ini, geotekstil dibedakan atas dua jenis yaitu :

1. Jenis Woven

2. Jenis Non Woven



Gambar 2.1. Jenis *Woven*



Gambar 2.2. Jenis *Non Woven*

II. 2. 2. Perbandingan Antara Jenis Woven dan Non Woven

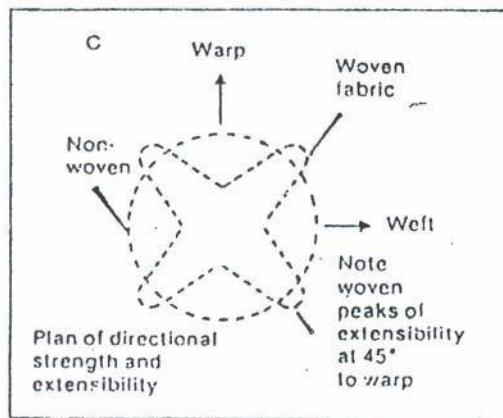
Adapun beberapa hal yang dapat ditinjau dari kedua jenis geotekstil ini, yakni :

- Arah tegangan dan regangan :

Woven : Tegangan dan Regangan pada arah warp maupun weft kecil, sedangkan ke arah diagonal besar.

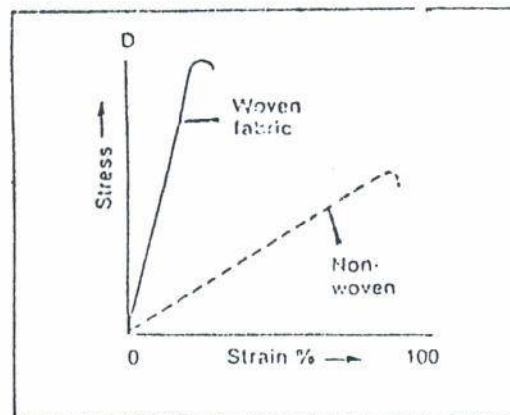
Non Woven : Arah tegangan maupun regangan merata, bersifat isotropis.

Pada gambar di bawah ini dapat dilihat keterangan tersebut diatas.



Gambar 2. 3. Arah tegangan dan regangan jenis woven dan Non-Woven

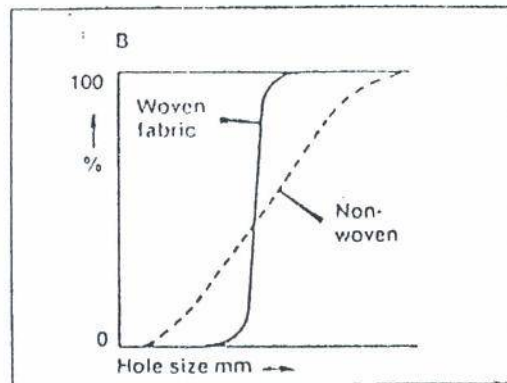
Sedangkan gambar berikut ini menunjukkan hubungan antara tegangan dan regangan pada jenis Woven dan Non-woven.



Gambar 2. 4. Hubungan antara tegangan dan regangan pada jenis Woven dan Non-woven.

- Susunannya :

Jenis Woven pada umumnya memiliki rongga yang lebih seragam dibandingkan dengan jenis Non-woven



Gambar 2. 5. Susunan rongga jenis Woven lebih merata dari pada jenis Non-woven.

II. 2. 3. Geotekstil *Impermeable*

Secara singkatnya, geotekstil *impermeable* ini terbagi atas dua jenis yang umum terdapat di pasaran. Yang pertama adalah berupa lembaran plastik ekstruksi (yaitu plastik yang dibentuk dengan cara mendesaknya lewat lubang bentuk dari blok plastik). Sedangkan jenis lainnya adalah geotekstil inter-woven dan *webbing* yang diletakkan dan terikat pada lembaran plastik. Namun pembahasan lebih lanjut mengenai jenis ini tidak dilakukan.

II. 3. Sifat Mekanis dari Geotekstil

Sifat-sifat mekanik dari geotekstil terdiri dari kuat tarik, kuat tarik terkekang, kemudahmampatan, kuat lelah, kuat sobek, kuat geser dan tahanan cabut.

II. 3. 1. Tensile Strength/Kekuatan Tarik

Bergantung pada penggunaannya, geotekstil harus mampu mendukung beban dan/atau mengalami deformasi. Beban akan menyebabkan

deformasi, dan deformasi ini akan memobilisasi kuat tarik geotekstil. Kuat tarik geotekstil merupakan sifat penting yang diperlukan.

Berbagai macam kuat tarik geotekstil yang digunakan bergantung pada fungsi utama yang dituju, yaitu untuk perkuatan, pemisah, drainase atau filtrasi. Nilai kuat tarik dapat diperoleh dari uji tarik yang dilakukan sampai geotekstil mengalami kegagalan. Kuat tarik geotekstil searah dengan arah mesin pembuat (*machine direction* atau *warp*), umumnya lebih besar dari arah melintang mesin pembuatnya (*cross machine direction* atau *weft*).

Prosedur uji kuat tarik melebar (*wide-width test*) geotekstil tercantum dalam ASTM D4595. Benda uji yang digunakan berdimensi lebar 200mm dan panjang 100mm. Hasil uji kuat tarik melebar ini lebih sering digunakan untuk perancangan. Dalam uji tarik ini, akan diperoleh nilai-nilai : tegangan tarik maksimum, regangan saat kegagalan atau sering dinyatakan sebagai muluran/elongasi (*elongation*) maksimum, kekerasan (*thoughness*) dan modulus elastisitas (kemiringan dari kurva awal dari kurva tegangan-regangan). Kuat tarik geotekstil bergantung pada kecepatan regangan dan prosedur pengujian.³

II. 3. 2. Kuat Tarik Terkekang

Kuat tarik terkekang adalah kekuatan geotekstil dalam menahan tarik apabila material tersebut terkekang didalam tanah di kedua permukaanya.

Uji tarik terkekang yang diusulkan oleh McGown et al. (1982), dengan

³ Hary Christady H, Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya, thn 2008, hal 21

menggunkan geotekstil yang berukuran 200 mm x 100 mm yang dijepit kuat-kuat di antara dua penjepit.

II. 3. 3. Kemudahmampatan

Geotekstil umumnya mempunyai kompresibilitas rendah, terutama untuk geotekstil jenis Non-woven. Semakin tinggi tegangan normal yang bekerja pada permukaan geotekstil, maka tebalnya semakin berkurang.

Kemudahmampatan (*compressibility*) atau kompresibilitas geotekstil menyatakan perubahan tebalnya yang diakibatkan oleh tegangan normal yang bekerja pada bidang permukaan geotekstil.

Perhatian pada kompresibilitas ini sangat penting bila geotekstil digunakan untuk mengalirkan air searah dengan bidangnya (*transmisivitas*). Hal ini, karena bila geotekstil semakin tertekan, maka kemampuan mengalirkan air searah bidang atau *transmisivitasnya* semakin kecil.

II. 3. 4. Kuat Lelah (*Fatigue Strength*)

Kuat lelah didefinisikan sebagai kemampuan geotekstil untuk menahan beban berulang (*siklik*) sebelum mengalami kegagalan. Di Laboratorium, uji beban siklik ini dilakukan sampai benda uji mengalami kegagalan. Benda uji ditarik dan ditegangkan memanjang dengan kecepatan konstan pada panjang yang telah ditentukan, dan kemudian beban dilepas sampai nol. Dari pengujian ini, dapat diperoleh modulus siklik yang terlihat setelah beberapa kali siklus pembebanan dikerjakan. Dari pengujian ini,

diperoleh jumlah siklus beban yang mengakibatkan kegagalan geotekstil, serta nilai tegangannya.⁴

II. 3. 5. Kuat Sobek (*Tear Strength*)

Geotekstil Woven dan Non-woven dapat sobek oleh akibat gaya luar yang menyebabkan satu atau beberapa persilangan benang-benang atau anyaman geotekstil rusak, baik satu arah atau dua arah. Hal ini dapat terjadi ketika pelaksanaan di lapangan.

Terdapat 3 macam uji kuat sobek yang umum digunakan, yaitu uji trapezoidal (ASTM D2263), lidah (*tongue*) (ASTM D751), dan Elmendorf (ASTM D1424). Pengujian dilakukan untuk menentukan gaya lanjutan yang dibutuhkan untuk merobekkan benda uji geotekstil yang awalnya sudah dirobek. Dalam uji Elmendorf, kuat sobek (*tear strength*) dihitung sebagai gaya yang dikerjakan dibagi dengan dua kali panjang robekan.⁵

II. 3. 6. Tahanan Cabut (*Pullout Resistance*)

Dalam fungsinya sebagai tulangan, geotekstil menyediakan tahanan angkler atau tahanan cabut (*pullout resistance*). Pengujian di laboratorium disebut uji cabut (*pullout test*). Geotekstil dijepit di antara tanah pada kepadatan tertentu, dan kemudian dicabut perlahan-lahan hingga mencapai kegagalan. Tahanan cabut akan bergantung pada besarnya tegangan normal yang diaplikasikan.⁶

⁴ Hary Christady H, Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya, thn 2008, hal 27

⁵ Ibid, hal 28

⁶ Ibid, hal 41

II. 4. Kekuatan Geser

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal ytanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud. Untuk menganalisis masalah stabilitas tanah seperti daya dukung, stabilitas talud (lereng), dan tekanan tanah ke samping pada turap maupun tembok penahan tanah, mula-mula kita harus mengetahui sifat-sifat ketahanan penggesernya tanah tersebut.⁷

II. 4. 1. Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb

Mohr (1980) menyuguhkan sebuah teori tentang keruntuhan pada material yang menyatakan bahwa keruntuhan pada material yang menyatakan bahwa keruntuhan terjadi pada suatu material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser, dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum atau tegangan geser maksimum saja. Jadi, hubungan antara tegangan normal dan geser pada sebuah bidang keruntuhan dapat dinyatakan dalam bentuk berikut (Gambar 2. 6 a)

$$\tau_f = f(\sigma) \dots \dots \dots (2.1)$$

Garis keruntuhan (failue envelope) yang dinyatakan oleh Persamaan (2.1) di atas sebenarnya berbentuk garis lengkung. Untuk sebagian besar masalah-masalah mekanikan tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan linier antara tegangan normal dan geser (Coulomb, 1776). Persamaan itu adalah sebagai berikut :

⁷ Braja M Das, Noor Endah dan Indrasurya B Mochtar (Penerjemah), Mekanika Tanah Jilid 2, thn 1985, hal 1

hubungan linier antara tegangan normal dan geser (Coulomb, 1776).

Persamaan itu adalah sebagai berikut :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots(2.2)$$

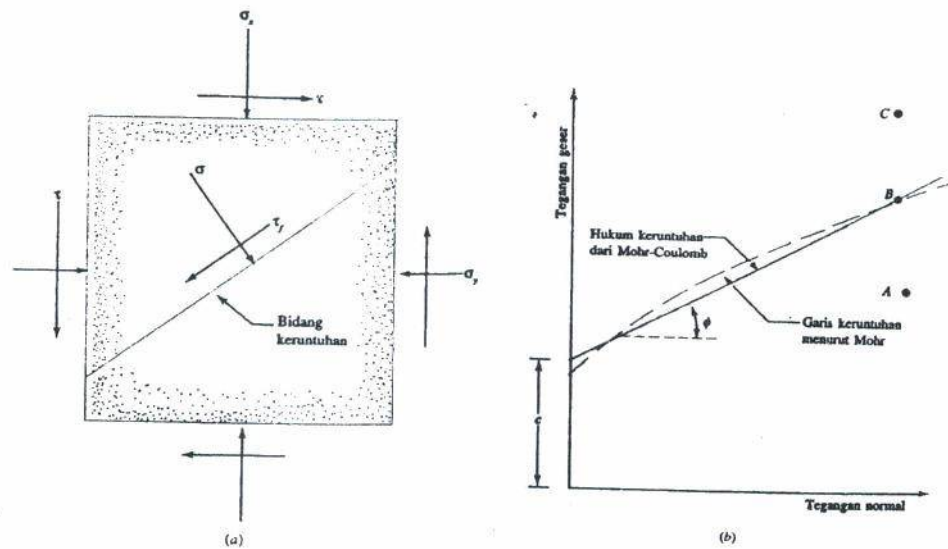
dengan

c = kohesi (*cohesion intercept atau apparent cohesion*)

ϕ = sudut tahanan geser-internal (*angle of shearing resistance*)

Hubungan diatas disebut juga sebagai *kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb*.

Bila Tegangan normal dan geser pada sebuah bidang dalam suatu massa tanah sedemikian rupa sehingga tegangan-tegangan tersebut dapat digambarkan sebagai titik A dalam Gambar 2.4 b. Maka keruntuhan geser tidak akan terjadi pada bidang tersebut. Tetapi bila tegangan normal dan geser yang bekerja pada suatu bidang lain dapat digambarkan sebagai titik B (yang tepat pada garis keruntuhan), maka keruntuhan geser akan terjadi pada bidang tersebut. Suatu keadaan kombinasi tegangan yang berwujud titik C tidaklah mungkin terjadi karena bila titik tersebut tergambar di atas garis keruntuhan, keruntuhan geser pasti sudah terjadi sebelumnya.



Gambar 2.6 Garis keruntuhan menurut Mohr dan Hukum keruntuhan dari Mohr-Coulomb

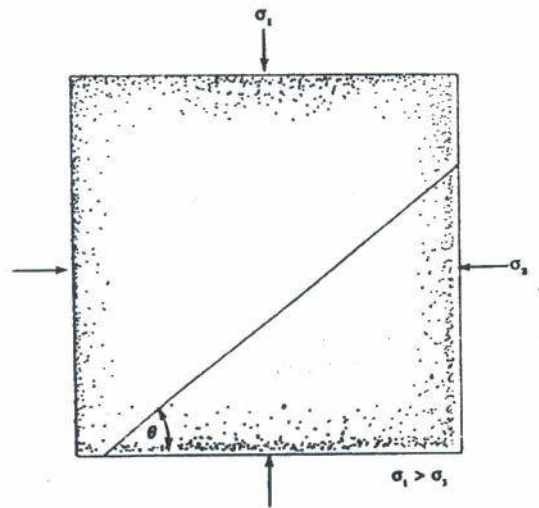
II. 4. 2. Kemiringan Bidang Keruntuhan Akibat Geser

Bila bidang keruntuhan tersebut membentuk sudut θ dengan bidang utama besar, menurut ilmu mekanika kita dapat mencari harga tegangan normal dan geser yang bekerja pada bidang tersebut sebagaimana akan dinyatakan dalam Persamaan (2-3)

$$\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{3}\right) \sin 2\theta = c + \left(\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right) + \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}\right) \cos 2\theta\right) \tan \phi$$

Atau sama dengan

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \frac{\sigma_3 \cdot \tan \phi + c}{\frac{1}{2} \cdot \sin 2\theta - \cos^2 \theta \cdot \tan \phi} \dots\dots\dots(2.3)$$



Gambar 2.7 Kemiringan bidang keruntuhan dengan bidang utama besar di dalam tanah

Untuk harga-harga σ_3 dan c tertentu, kondisi runtuh akan ditentukan oleh harga minimum dari tegangan utama besar σ_1 . Bila harga σ_1 adalah minimum, maka harga $\left(\frac{1}{2} \cdot \sin 2\theta - \cos^2 \theta \cdot \tan \phi\right)$ pada Persamaan (2.3) haruslah maksimum. Jadi,

$$\frac{d}{d\theta} \left(\frac{1}{2} \cdot \sin 2\theta - \cos^2 \theta \cdot \tan \phi \right) = 0 \dots\dots\dots(2.4)$$

Atau

$$\cos^2 \theta - \sin^2 \theta + 2 \sin \theta \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi = 0 \dots\dots\dots(2.5)$$

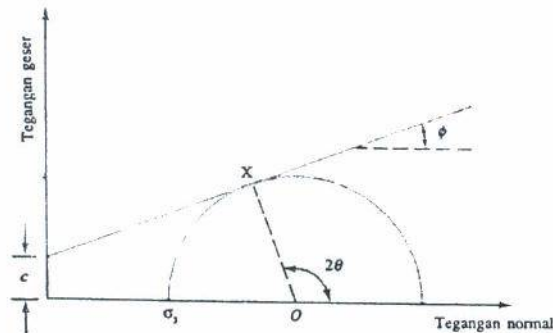
Persamaan (2-5) memberikan hubungan baru :

$$\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2} \dots\dots\dots(2.6)$$

Gambar 2.8 menunjukkan gambaran separuh lingkaran Mohr yang mewakili kondisi tegangan pada saat keruntuhan pada suatu massa tanah. Garis keruntuhan yang dinyatakan oleh persamaan $\tau_f = c + \sigma \tan \phi$ menyinggung lingkaran Mohr pada titik X. Jadi, keruntuhan geser yang menyinggung lingkaran Mohr pada titik X. Jadi, keruntuhan geser yang terjadi pada bidang tertentu dapat dinyatakan dengan lingkaran berjari-jari OX, dan bidang tersebut harus membentuk kemiringan sudut $\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2}$ terhadap bidang utama besar.

Bila harga $\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2}$ dimasukkan ke dalam Persamaan (2.3) dan kemudian disederhanakan, akan menghasilkan

$$\sigma_1 = \sigma_3 \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \cdot \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.7)$$



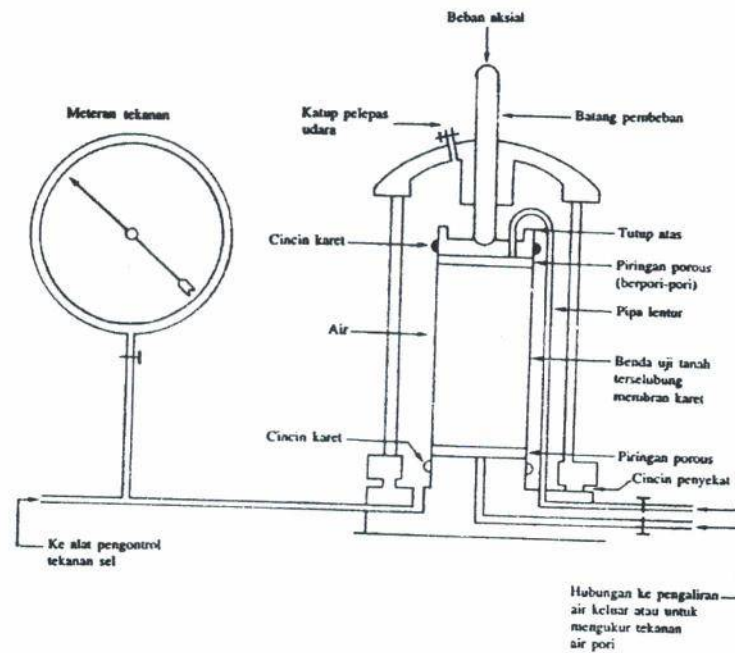
Gambar 2.8. Lingkaran Mohr dan garis keruntuhan

Akan tetapi, Persamaan (2-7) tadi juga dapat dengan mudah diturunkan dengan menggunakan lingkaran Mohr dan ilmu ukur sederhana.

II. 4. 3. Uji Geser Triaxial

Dewasa ini, uji geser triaxial adalah uji yang paling dapat diandalkan untuk menentukan parameter tegangan geser. Uji ini telah digunakan secara luas untuk keperluan pengujian biasa ataupun untuk keperluan riset.

Lihat Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Skema alat Triaxial (Bishop dan Bjerrum, 1960)

Pada uji ini umumnya digunakan sebuah sample tanah kira-kira berdiameter 1,5 inchi (38,1 mm) dan panjang 3 inchi (76,2 mm) atau dengan kata lain perbandingan panjang terhadap diameter sebesar 2. Sampel tanah (= benda uji) tersebut ditutup dengan membran karet yang tipis dan diletakkan di dalam sebuah bejana silinder dari bahan plastik (atau juga gelas) yang kemudian bejana tersebut diisi dengan air atau larutan gliserin. Di dalam bejana, benda uji tersebut akan mendapat

tekanan hidrostatik. (*Catatan* : untuk media penekanan dapat juga digunakan udara). Untuk menyebabkan terjadinya keruntuhan geser pada benda uji, tegangan aksial (vertikal) diberikan melalui suatu piston vertikal (tegangan ini biasanya juga disebut tegangan deviator). Pembebanan arah vertikal dapat dilakukan dengan dua cara⁸ :

- a). Dengan memberikan beban mati yang berangsur-angsur ditambah (penambahan setiap saat sama) sampai benda uji runtuh (deformasi arah aksial akibat pembebanan ini diukur dengan sebuah arloji ukur/dial gage)
- b). Dengan memberikan deformasi arah aksial (vertikal) dengan kecepatan deformasi yang tetap dengan bantuan gigi-gigi mesin atau pembebanan hidrolis. Cara ini disebut juga sebagai regangan-terkendali.

Beban aksial yang diberikan di ukur dengan pipa-pipa natuan sebuah proving ring (lingkaran pengukur beban) yang berhubungan dengan piston vertikal.

Juga alat ini dilengkapi dengan pipa-pipa untuk mengalirkan air ke dan dari dalam sampel tanah dimana pipa-pipa tersebut juga berguna sebagai sarana pengukur tegangan air pori (pada kondisi uji).

⁸ Ibid, hal 11

II. 4. 4. Uji Air-Termampatkan-Tak Terkonsolidasi (Unconsolidated-Undrained Test)⁹

Pada uji air termampatkan - takterkonsolidasi, kita tidak diizinkan mengalirkan air dari dan ke benda uji selama memberikan tekanan sel σ_3 . Benda uji tadi kita uji sampai runtuh dengan memberikan tegangan deviator $\Delta\sigma_d$ (di arah aksial) tanpa memperbolehkan pengaliran air (dari dan ke dalam benda uji). Karena pengaliran air tidak dapat terjadi di kedua tahap tersebut, maka uji ini dapat diselesaikan dengan cepat. Karena adanya tegangan sel (= tegangan penyekap) σ_3 , tegangan air pori di dalam benda uji tanah tersebut akan naik menjadi u_c ($= u_{at-consolidation}$). Kemudian tegangan air pori ini akan naik lagi sebesar Δu_d akibat dari pemberian tegangan deviator. Jadi, tegangan total air pori di dalam benda uji pada tahap pemberian tegangan deviator adalah

$$u = u_c + \Delta u_d \dots\dots\dots(2.8)$$

Pada umumnya, pengujian ini kita lakukan dengan sampel tanah lempung, dan pengujian ini menyajikan konsep kekuatan geser tanah yang sangat penting untuk tanah berkohesi yang jenuh air. Tambahan tegangan aksial pada saat tanah mencapai keruntuhan $(\Delta\sigma_d)_f$ akan praktis tidak selalu sama besarnya, berapapun besarnya harga tegangan *cell* (sel) yang ada. Hal ini terlihat pada Gambar 2. 10. Garis keruntuhan untuk tegangan total

⁹ Ibid, hal 22

dari lingkaran-lingkaran tegangan Mohr berbentuk garis horizontal dan disebut sebagai garis bidang kertuntuhan untuk tanah terkonsolidasi lebih.

$$\tau_f = c_u + \tan \phi \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan c_u adalah kekuatan geser air-termampatkan (*undrainde shear strength*) yang besarnya sama dengan jari-jari lingkaran Mohr. ϕ adalah sudut geser dalam pada tanah tersebut.

Untuk memperoleh besaran $(\Delta\sigma_d)_f$ yang selalu sama berapapun harga tegangan selnya, akan kita bahas berikut ini.

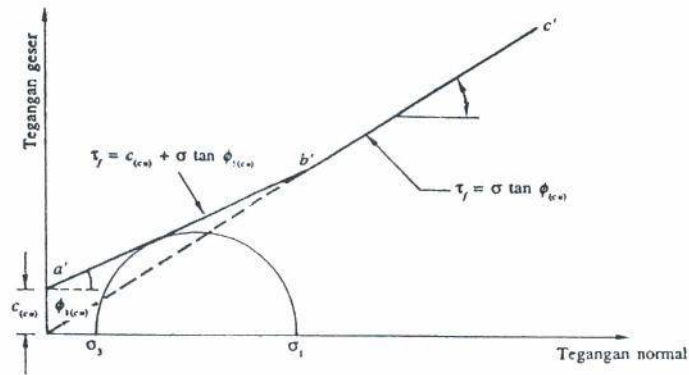
Bila sampel tanah lempung (No. 1) dikonsolidasi pada tegangan sel sebesar σ_3 dan kemudian ditekan (geser) sampai mencapai keruntuhan tanpa mengizinkan adanya pengaliran air dari dan ke dalam benda uji, kondisi tegangan total pada saat runtuh dapat digambarkan dengan lingkaran Mohr A, B dan C, D pada Gambar 2. 11. Tegangan air pori yang terjadi pada saat runtuh adalah $(\Delta u_d)_f$. Jadi, tegangan-tegangan efektif utama besar dan kecil pada saat runtuh adalah

$$\sigma_1' = [\sigma_3 + (\Delta\sigma_d)_f] - (\Delta u_d)_f = \sigma_1 - (\Delta u_d)_f$$

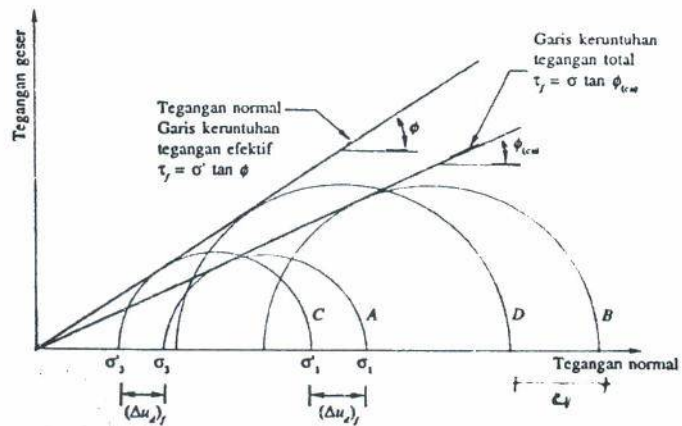
dan

$$\sigma_3' = \sigma_3 - (\Delta u_d)_f$$

A adalah lingkaran Mohr untuk tegangan efektif utama pada benda uji tersebut. Harap diperhatikan bahwa diameter dalam lingkaran-lingkaran A, B, C dan D tersebut tidak sama.



Gambar 2. 10. Lingkaran-lingkaran Mohr untuk tegangan total dan garis keruntuhan yang didapat dari uji triaxial *unconsolidated-undrained* – terkonsolidasi lebih



Gambar 2. 11. Lingkaran Mohr untuk tegangan total pada saat runtuh

Sekarang anggaplah sebuah sampel benda uji yang lain (No. 2) telah dikonsolidasi dengan tegangan sel lain sebesar σ_3 . Bila tekanan sel dinaikkan sebesar $\Delta\sigma_3$ tanpa memperbolehkan terjadinya pengaliran air, tegangan air pori akan meningkat pula sebesar Δu_c . Untuk tanah yang

jenuh air (saturated) dan tersekap tegangan secara isotropis, kenaikan tegangan air pori akan sama dengan kenaikan tegangan total. Jadi, $\Delta u_c = \Delta \sigma_3$. Pada saat ini, tegangan penyekap efektif menjadi $\sigma_3 + \Delta \sigma_3 - \Delta u_c = \sigma_3 + \Delta \sigma_3 - \Delta \sigma_3 = \sigma_3$. Ini akan sama tegangan penyekap efektif untuk benda uji No. 1 sebelum kita memberikan tegangan deviator. Jadi, bila benda uji No. 2 ditekan sampai mencapai keruntuhan dengan menaikkan tegangan aksial, maka benda uji tadi akan runtuh pada tegangan deviator yang sama, yaitu $(\Delta \sigma_d)_f$ seperti pada benda uji No. 1. Penambahan tegangan pori akibat $(\Delta \sigma_d)_f$ ini adalah $(\Delta u_d)_f$.

Pada titik keruntuhan, tegangan efektif utama kecil adalah :

$$[\sigma_3 + \Delta \sigma_3] - [\Delta u_c - (\Delta u_d)_f] = \sigma_3 - (\Delta u_d)_f = \sigma_3'$$

dan tegangan efektif utama besar ialah :

$$\begin{aligned} [\sigma_3 + \Delta \sigma_3 + (\Delta \sigma_d)_f] - [\Delta u_c - (\Delta u_d)_f] &= \sigma_3 + (\Delta \sigma_d)_f - (\Delta u_d)_f \\ &= \sigma_1 - (\Delta u_d)_f = \sigma_1' \end{aligned}$$

Jadi, lingkaran Mohr untuk tegangan-tegangan efektif tidak akan tetap sama. Di sini diameter lingkaran-lingkaran A, B, C dan D adalah tidak sama. Kecenderungan A dan B terhadap satu bidang keruntuhan serta C dan D terhadap satu bidang keruntuhan.

Harga $\Delta \sigma_3$ untuk benda uji No. 2 dapat dipilih sembarang. Dalam kondisi apapun, tegangan deviator yang menyebabkan keruntuhan $(\Delta \sigma_d)_f$ akan

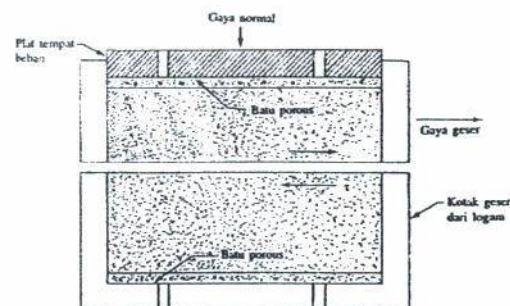
praktis tidak sama besarnya. Hal ini disebut *unconsolidated undrained-overconsolidation*.

II. 4. 5. Uji Geser Langsung

Uji Geser langsung adalah pengujian yang paling tua dan dalam bentuk yang paling sederhana untuk suatu susunan uji geser.¹⁰ Bentuk gambar diagram dari alat uji geser langsung ini terlihat pada Gambar 2. 12. Alat uji tersebut

Tabel 2. 1. Harga-harga yang umum dari sudut geser internal kondisi drain untuk pasir dan lanau

Tipe tanah	ϕ (deg)
<i>Pasir: butiran bulat</i>	
Renggang/lepas	27–30
Menengah	30–35
Padat	35–38
<i>Pasir: butiran bersudut</i>	
Renggang/lepas	30–35
Menengah	35–40
Padat	40–45
<i>Kerikil bercampur pasir</i>	34–48
Lanau	26–35

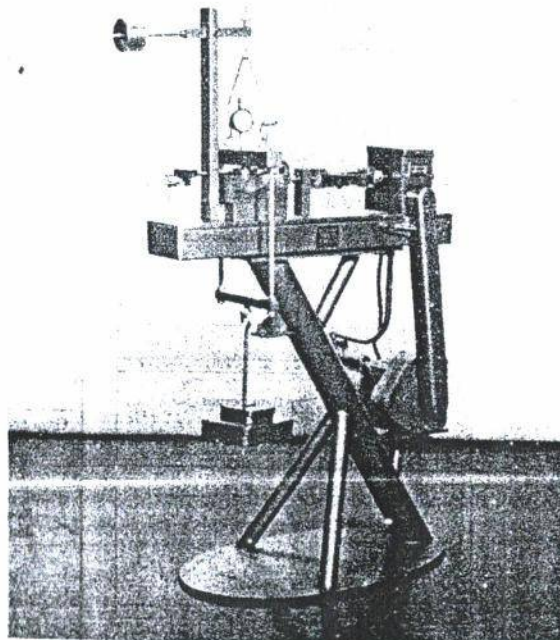


Gambar 2. 12. Diagram susunan alat uji geser langsung

¹⁰ Ibid, hal 5

Terdiri dari empat kotak logam berisi sampel tanah yang akan di uji. Sampel tanah tersebut dapat berbentuk panampang bujur sangkar atau lingkaran. Ukuran sampel tanah yang umum digunakan adalah sekitar 3 sampai 4 inchi² (1935,48 sampai 2580,64 mm²) luas penampangnya dan tingginya 1 inchi (2,5,4 mm). Kotak tersebut terbagi dua sama sisi dalam arah horizontal. Gaya normal pada sampel tanah di dapat dengan menaruh suatu beban mati di atas sampel tanah tersebut. Beban mati tadi dapat menyebabkan tekanan pada sampel tanah sampai 150 psi (1034,2 kN/m²). Gaya geser diberikan dengan mendorong sisi kotak sebelah atas sampai terjadi keruntuhan geser pada tanah.

Pada uji regangan terkendali (*strain-controlled*), suatu kecepatan gerak mendatar tertentu dilakukan pada bagian belahan atas dari pergerakan geser horizontal tersebut, dapat di ukur dengan bantuan sebuah arloji ukur horizontal. Besarnya gaya hambatan dari tanah yang bergeser dapat diukur dengan membaca angka-angka pada sebuah arloji ukur di tengah sebuah pengukur beban lingkaran (*proving ring*). Perubahan volume dair sampel tanah selama uji berlangsung di ukur seperti uji tegangan terkendali. Pada Gambar 2. 13. dapat dilihat gambar sebuah alat uji geser langsung dengan cara regangan-terkendali.



Gambar 2. 13. Alat uji geser langsung dengan cara regangan-terkendali (strain controlled) (atas jasa baik dari Sailtest. Inc., Evanston, illionis)

Kelebihan pengujian dengan cara regangan terkendali adalah pasir padat, tahanan geser puncak (yaitu tahanan pada saat runtuh) dan juga dapat tahanan geser maksimum yang lebih kecil (yaitu pada titik setelah keruntuhan terjadi) dapat diamati dan di catat pada uji tegangan-terkendali, hanya tahanan geser puncak saja yang dapat diamati dan dicatat. Juga harus diperhatikan bahwa tahanan geser puncak pada uji tegangan terkendali besarnya hanya dapat diperkirakan saja. Ini disebabkan keruntuhan terjadi hanya pada tingkat tegangan geser sekitar puncak antara penambahan beban sebelum runtuh sampai sesudah runtuh. Meskipun demikian, uji tegangan terkendali lebih menyerupai keadaan sesungguhnya keruntuhan di lapangan daripada uji regangan-terkendali.

Pada pengujian tertentu, tegangan normal dapat dihitung sebagai berikut :

$$\sigma = \text{TeganganNormal} = \frac{\text{GayaNormal}}{\text{LuasPenampangLintangSampelTanah}} \dots\dots(2.10)$$

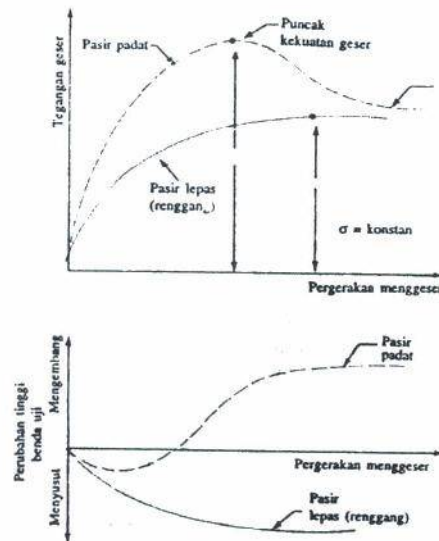
Tegangan geser yang melawan pergerakan geser dapat dihitung sebagai berikut :

$$\tau = \text{TeganganGeser} = \frac{\text{GayaGeserYangMelawanGerakan}}{\text{LuasPenampangLintangSampelTanah}} \dots\dots(2.11)$$

Dalam Gambar 2. 14 dilihat potongan grafik yang umum tentang hubungan antara tegang geser dan perubahan ketinggian (tebal) dari sampel tanah akibat perpindahan geser tanah pasir lepas dan pasir padat. Pengamatan ini dihasilkan oleh uji regangan-terkendali. Hal-hal umum yang dapat ditarik dari Gambar 2. 14 berkaitan dengan variasi tegangan geser penghambat dan perpindahan geser, yaitu :

1. Pada pasir lepas (renggang), tegangan geser penahan akan membesar sesuai dengan membesarnya perpindahan geser sampai tegangan tadi mencapai tegangan geser runtuh τ_f . Setelah itu, besar tegangan geser akan kira-kira konstan sejalan dengan bertambahnya perpindahan geser.
2. Pada pasir padat, tegangan geser penghambat akan naik sejalan dengan membesarnya perpindahan geser hingga tegangan geser runtuh (maksimum) τ_f tercapai. Harga τ_f disebut sebagai kekuatan geser puncak (*peak shear strength*). Bila tegangan runtuh telah dicapai, maka

tegangan geser penghambat yang ada akan berkurang secara lambat laun dengan bertambahnya perpindahan geser sampai pada suatu saat mencapai harga konstan yang disebut kekuatan geser akhir maksimum (*ultimate shear strength*).



Gambar 2. 14. Diagram tegangan geser versus perubahan tinggi benda uji karena pergerakan menggeser untuk tanah pasir padat dan renggang (uji geser langsung)

Uji geser langsung biasanya dilakukan beberapa kali pada sebuah sampel tanah dengan bermacam-macam tegangan normal. Harga tegangan-tegangan normal dan harga τ_f yang didapat dengan melakukan beberapa kali pengujian dapat digambarkan pada sebuah grafik dan selanjutnya dapat ditentukan harga-harga parameter kekuatan geser. Pada Gambar 2. 15 diberikan grafik semacam itu pada uji pada tanah pasir kering. Persamaan untuk harga rata-rata garis yang menghubungkan titik-titik dalam eksperimen tersebut adalah :

$$\tau_f = \sigma \tan \phi \dots\dots\dots(2. 12)$$

(Catatan : $c = 0$ untuk pasir dan $\sigma = \sigma'$)

Jadi, besar sudut geser adalah

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{\tau_f}{\sigma} \right)$$

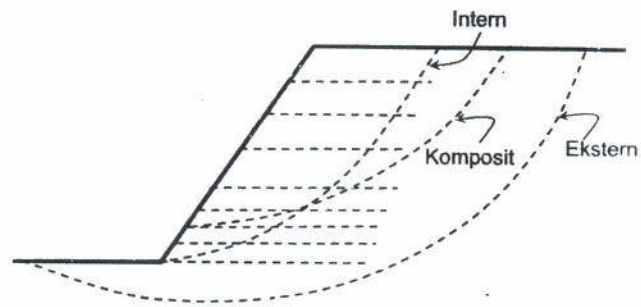
II. 5. Analisis Perkuatan Lereng dengan Geotekstil

Syarat perancangan lereng diperkuat dengan tulangan pada prinsipnya sama dengan lereng tanpa tulangan, yaitu faktor aman harus memenuhi, baik dalam kondisi jangka pendek maupun jangka panjang untuk semua kemungkinan model keruntuhan.¹¹

Model-model keruntuhan lereng bertulang dapat dibagi menjadi 3 tipe, Lihat Gambar 2.12 :

1. Keruntuhan intern, yaitu keruntuhan timbunan dengan bidang longsor yang melewati elemen-elemen tulangan
2. Keruntuhan ekstern, yaitu keruntuhan timbunan dengan bidang longsor yang melewati bagian belakang dan di bawah zona tanah kering
3. Keruntuhan komposit, yaitu dengan bidang runtuh lewat di belakang dan di dalam zona tanah bertulang.

¹¹ Hary Christady H, Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya, thn 2008, hal 220



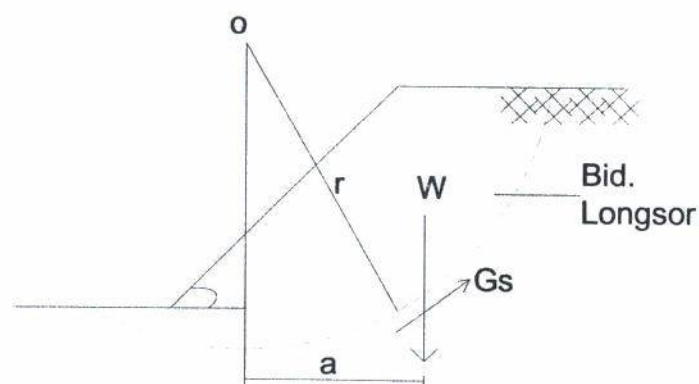
Gambar 2. 15. Keruntuhan intern, ekstern, dan komposit

II. 5. 1. Geosintetik Untuk Perkuatan Lereng dengan Elevasi Kemiringan

II. 5. 1. 1. Peningkatan Stabilitas Longsor

Pada umumnya, hitungan faktor keamanan lereng bertulang dihitung berdasarkan analisis stabilitas lereng tanah tak bertulang klasik. Faktor aman lereng tak bertulang (SF_u). Lihat Gambar 2. 13, didefinisikan sebagai :

$$SF_u = \frac{\text{Momen Penahan}(M_R)}{\text{Momen Menggerakkan}(M_D)} \dots\dots\dots(2.13)$$



Gambar 2. 16. Stabilitas lereng tanpa tulangan (tanpa geotekstil)

Dengan formulasi rumus

$$FS = \frac{Gs \times r}{W \times a} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana

FS = Faktor aman ($SF \geq 1,3$)

W = berat total tanah yang akan longsor (kN/m)

a = lengan momen ke pusat berat massa tanah yang longsor (m)

r = jari-jari lingkaran longsor (m)

Gs = Gaya yang melawan kelongsoran

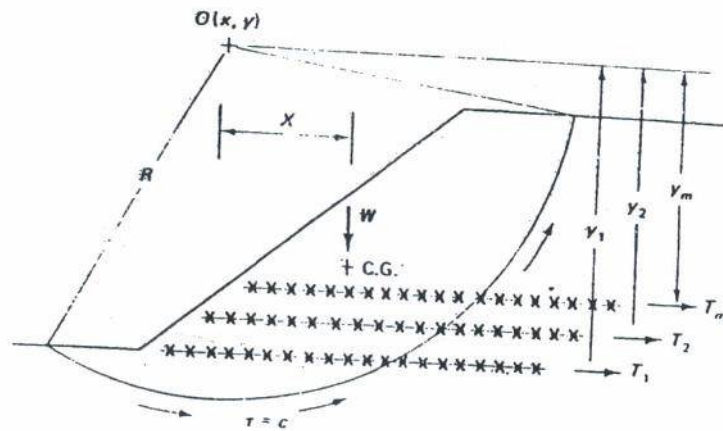
Faktor aman lereng bertulang (SF_R) ditentukan dengan menambahkan faktor aman lereng tak bertulang dengan pengaruh tahanan momen oleh tulangan :

$$SF_R = SF_U + \frac{T_s y}{M_D} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan

T_s = jumlah gaya tarik permeter lebar tulangan yang tersedia untuk seluruh lapisan tulangan

Y = lengan momen gaya tarik tulangan (T_s) terhadap pusat lingkaran longsor O (lihat Gambar 2. 14)



Gambar 2. 17. Analisis stabilitas lereng tanah bertulang¹²

Faktor aman (SF_u) yang di ijjinkan sesuai disain perencanaan perkuatan lereng tak bertulang adalah 1,3. Maka faktor aman (SF_R) yang dihasilkan dari perkuatan lereng bertulang harus lebih besar sama dengan faktor aman perkuatan lereng tak bertulang (SF_R ≥ 1,3). Rumus yang digunakan untuk lereng dengan elevasi kemiringan adalah

$$FS = \frac{cLR + \sum_{i=1}^m T_i y_i}{WX} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan

FS = Faktor aman (SF ≥ 1,3)

X = lengan momen ke pusat berat massa tanah yang longsor (m)

c = kohesi *undrained* (kN/m²)

W = berat total tanah yang akan longsor (kN/m)

T_i = kuat tarik ijin geotekstil pada tulangan geotekstil ke-*i* (kN/m)

¹² Robert M Koerner, Designing With Geosynthetics, thn 1990, hal 182

Dengan

Ts = gaya tarik yang dibutuhkan per satuan lebar tulangan (memperhitungkan putus dan tercabutnya tulangan) untuk seluruh tulangan yang berpotongan dengan bidang longsor

M_D = momen menggerakkan terhadap pusat lingkaran longsor

y = lengan momen Ts terhadap pusat lingkaran longsor = jari-jari lingkaran R, untuk tulangan lembaran geotekstil (yaitu dianggap bekerja searah garis singgung lingkaran)

SF_R = faktor aman minimum yang ditargetkan, yang diterapkan baik untuk tanah maupun tulangan

SF_U = faktor aman lereng tanpa tulangan

II. 5. 1. 3. Penentuan Jumlah Lapisan dan Jarak Tulangan Arah Vertikal

(SF ≥ 1,3)

Ketinggian (H) dan kedalaman tanah urug di atas tulangan (z) pada perencanaan stabilitas lereng bertulang sangat berpengaruh terhadap perencanaan jumlah lapisan dan jarak tulangan arah vertikal (S_v). Dari Hubungan ini, menimbulkan rumus, yaitu

$$S_v = \frac{T_{allow}}{\sigma_h(FS)} \rightarrow \sigma_h = \sigma_h_s + \sigma_h_q + \sigma_c \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\begin{aligned} \sigma_h_s &= Ka \times \gamma \times z \\ \sigma_h_q &= Ka \times q \dots\dots\dots(2.19) \\ \sigma_c &= 2 \times C \times \sqrt{Ka} \end{aligned}$$

Dimana

S_v = jumlah tulangan arah vertikal

T_{allow} = gaya tarik maksimum tulangan (Tensile Strength)

FS = faktor aman ($SF \geq 1,3$)

K_a = Koefisien tekanan lateral tanah $\rightarrow K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \rightarrow \phi =$ sudut geser dalam

q = tekanan *overburden* efektif pada *interface* tanah-tulangan

C = kohesi *undrained* (kN/m)

σ_h = Distribusi Tegangan yang terjadi

II. 5. 1. 4. Penentuan Panjang Geotekstil yang Dibutuhkan

Penentuan panjang geotekstil dihitung dengan persamaan

$$L_e = \frac{T_{maks}(SF)}{2(c + \sigma_h \tan \delta)} \rightarrow T_{maks} = S_v(\sigma_h) \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana

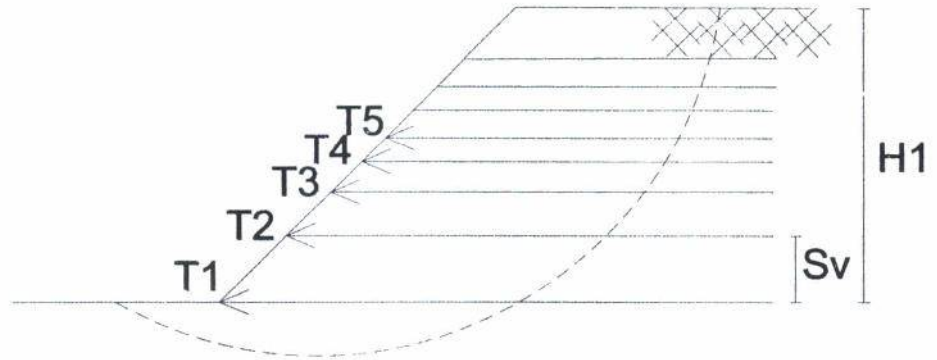
L_e = Jarak panjang tulangan diukur dari ujung tulangan atau panjang tulangan yang terendam dalam tanah, panjang tulangan yang berada di belakang garis longsor

c = kohesi *undrained* (kN/m)

δ = sudut gesekan diantara tanah dan geotekstil

σ_h = tekanan lateral pada kedalaman tertentu ($\gamma \times z$)

Untuk mengetahui gaya tarik yang sebenarnya terjadi (T) adalah sebagai berikut



Gambar 2. 19. Stabilitas Lereng dengan penentuan gaya tarik dan panjang geotekstil

$$T_n = \gamma \times S_v \times K_a \times \left(\frac{H_1}{S_v} \right) \dots \dots \dots (2.21)$$

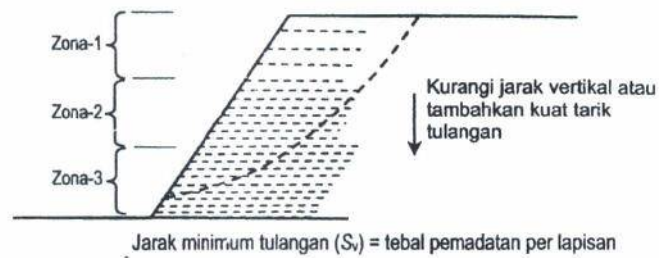
Dimana

T_n = Kuat tarik geotekstil yang sebenarnya

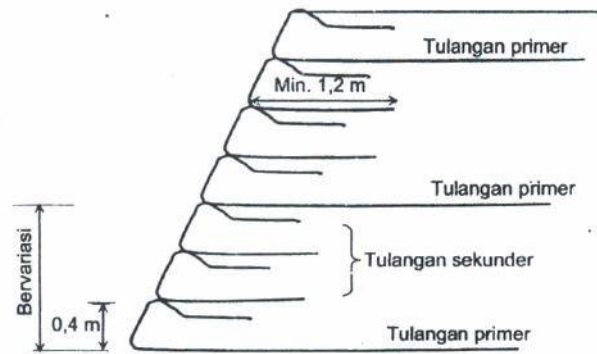
S_v = Jarak per lapisan geotekstil (m)

K_a = Koefisien tekanan lateral aktif tanah

H_1 = Kedalaman (ketinggian) lereng mula-mula (m)

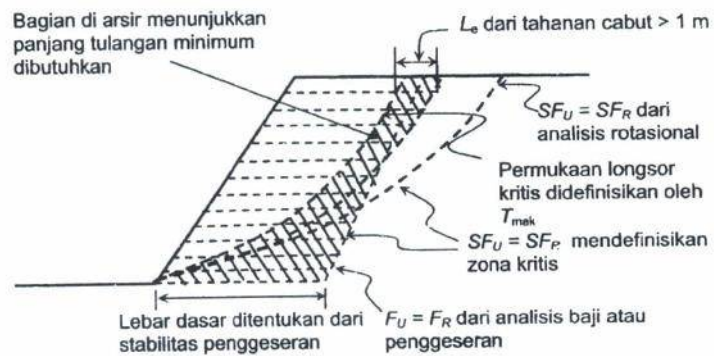


a) Pertimbangan pemilihan jarak tulangan.

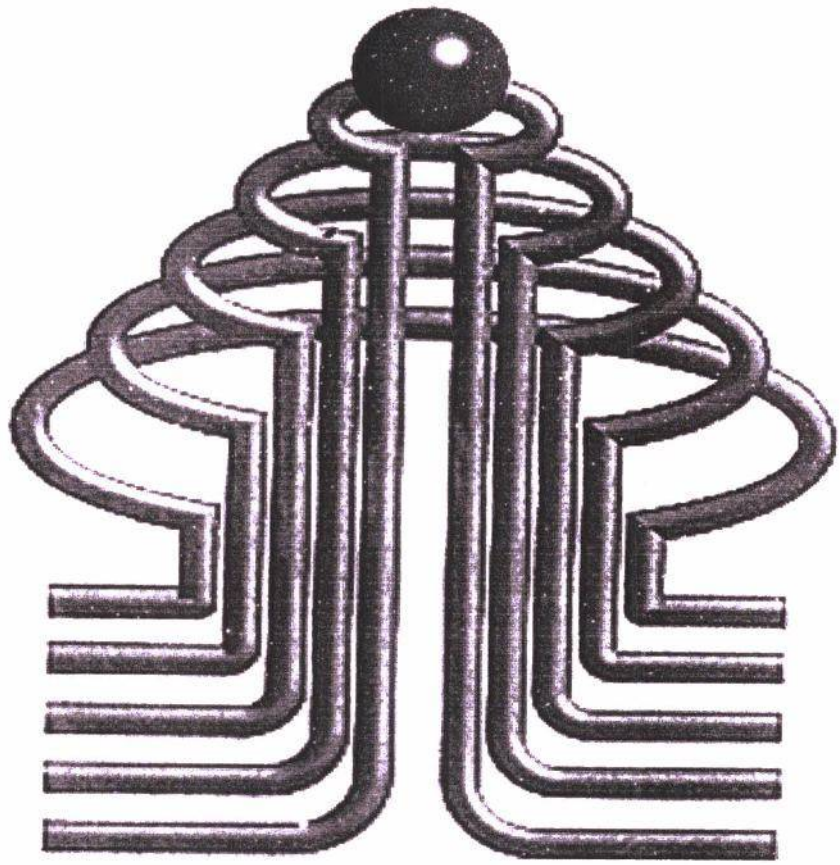


b) Tulangan primer dan sekunder.

Gambar 2. 20. Pertimbangan jarak tulangan untuk lereng yang tinggi



Gambar 2. 21. Penentuan panjang tulangan



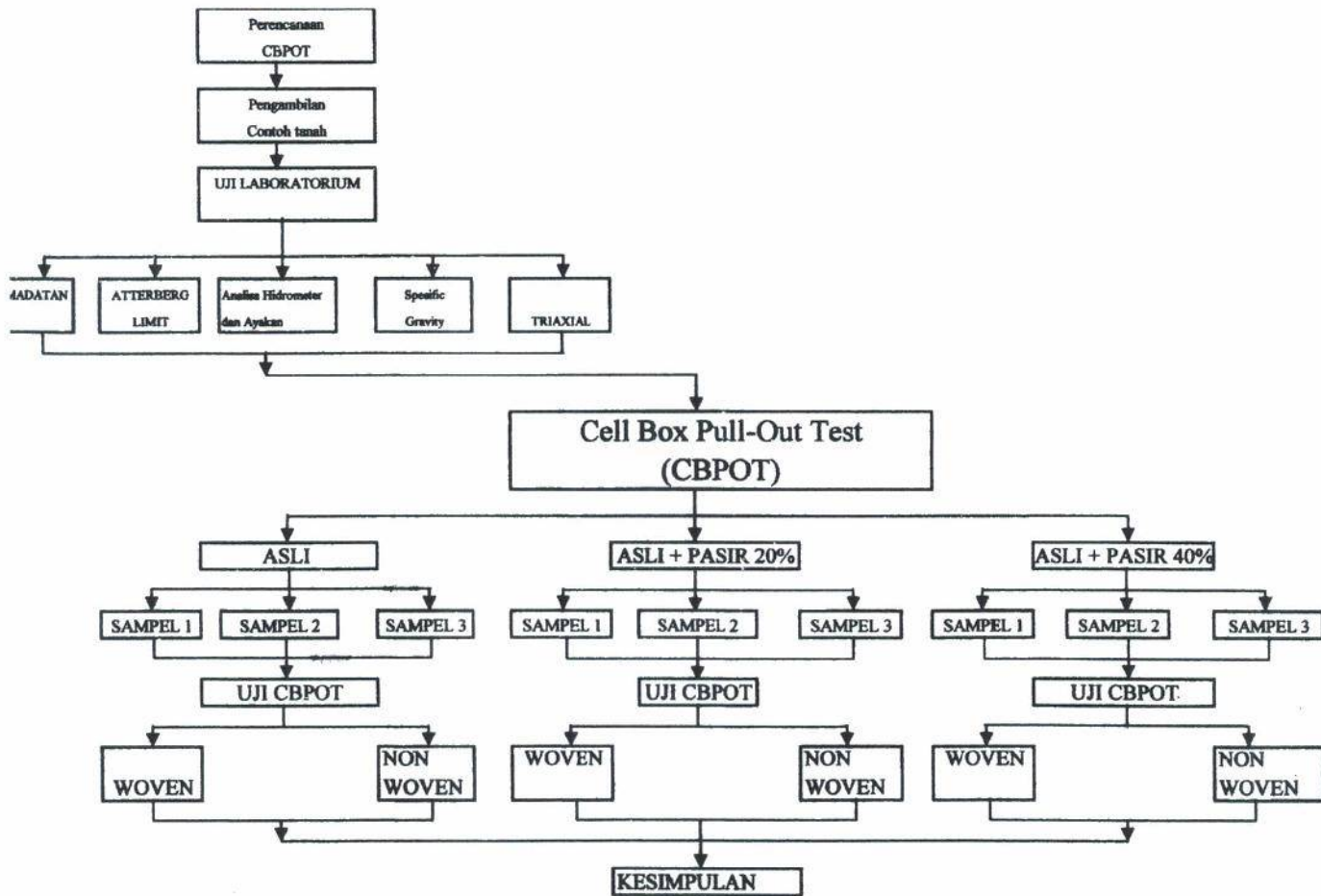
ISTN

BAB III

PROSEDUR PELAKSANAAN RISET MODELISASI *CELL BOX*

PULL-OUT TEST (CBPOT)

Prosedur pelaksanaan riset modelisasi *Cell Box Pull-Out Test* (CBPOT) di laboratorium dimulai dengan melakukan penyelidikan tanah di laboratorium. Kemudian melakukan pengujian CBPOT dengan jenis tanah yang berbeda (3 jenis tanah). Hal singkat terlihat pada Gambar 3. 1.



Gambar 3. 1. Sistematika Penelitian

III. 1. Pelaksanaan Penyelidikan Tanah di Laboratorium

Pelaksanaan penyelidikan tanah di laboratorium dilakukan untuk mengetahui karakteristik tanah yang akan digunakan pada pengujian Riset Modelisasi *Cell Box Pull-Out Test* (CBPOT). Pengujian laboratorium yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian pemadatan dengan kepadatan 100 % dan pemadatan dengan kepadatan 95 % yang akan digunakan sebagai acuan perencanaan pada pengujian kepadatan untuk CBPOT. Metode pemadatan yang digunakan di laboratorium untuk mengetahui karakteristik jenis tanah adalah pemadatan dengan *Small Compaction Mold Test* (SCMT). Pengujian Batas-batas atterberg, Pengujian analisa ayakan dan hidrometer, dan pengujian triaxial pada khususnya juga akan menjadi kriteria dasar di laboratorium untuk penelitian ini. Dalam hal ini, pengujian triaxial sangat penting karena pengujian penelitian ini sangat berpengaruh terhadap hasil pengujian triaxial sebagai perencanaan awal pada pelaksanaan penelitian ini. Dimana kekuatan geser dan kuat tarik yang terjadi sangat berpengaruh terhadap sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (C_u).

III. 1. 1 Pemadatan dengan *Small Compaction Mold Test* (SCMT)

Uji kepadatan dilaboratorium adalah suatu kebutuhan yang mutlak dilakukan apabila akan dilakukan pekerjaan pemadatan tanah dilapangan. Dengan uji kepadatan dilaboratorium didapat informasi tentang kondisi kadar air optimum atau kondisi kadar air yang akan mendapatkan hasil kepadatan maksimum bila tanah dipadatkan. Juga akan didapat parameter kepadatan maksimum dengan energi tertentu yang selanjutnya parameter maksimum ini ($\gamma_d \text{ max}$) menjadi acuan untuk melakukan pengawasan /

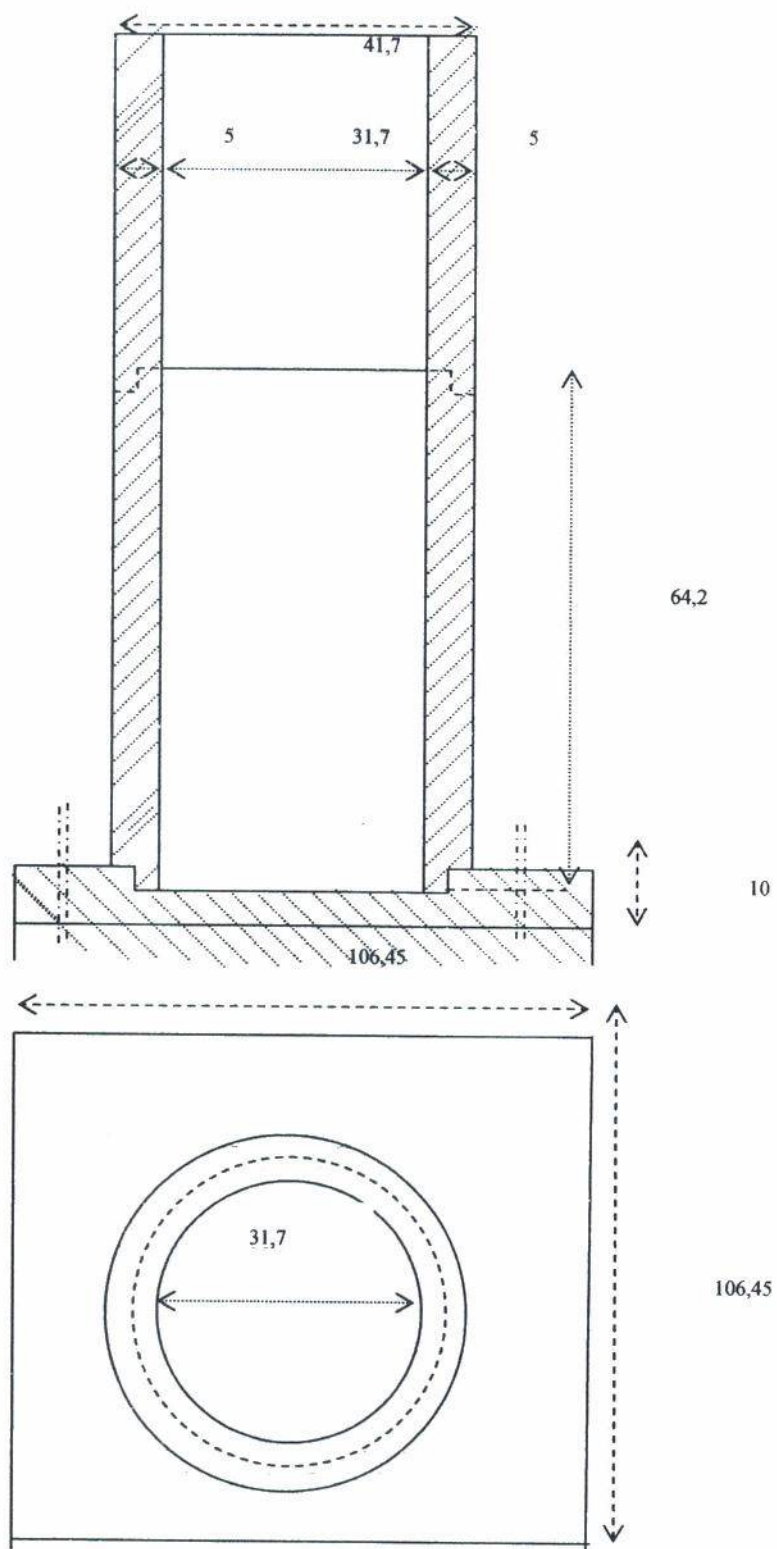
controle pekerjaan pemadatan dilapangan dengan spesifikasi yang ditentukan.

Dalam pengujian kepadatan dilaboratorium diperlukan sejumlah contoh tanah sesuai dengan uji kepadatan standard atau modified (ASTM D 698 atau D 1557). Untuk uji standard / modified diperlukan sample sebanyak minimal 25 lbs ($\pm 12,5$ kg) untuk cara A ASTM dan 50 lbs (± 25 kg) untuk cara B ASTM. Contoh tanah ini harus lolos dari ayakan No: 4. Bahkan untuk mengantisipasi hasil uji yang didapat, kadang dibutuhkan jumlah contoh tanah yang lebih. Hal ini sering terjadi karena tidak didapatinya titik kadar air optimum (dapat terlalu kering atau terlalu basah), sehingga diperlukan test ulang dengan kadar air sample yang lain (lebih basah atau lebih kering).

Pengujian kepadatan tanah dilaboratorium dengan Metode "SCMT" (Small Compaction Mould Test) ini bermula dari pengalaman "H. Ir. Idrus, Msc" dan rekannya "Ir. Wawan Kuswaya, MT" dilaboratorium Mekanika Tanah (1991 s/d 1999) dimana, para konsultan mengirimkan contoh tanah ke laboratorium untuk pengujian kepadatan tanah dengan jumlah yang sedikit (kurang dari yang disyaratkan ASTM). Contoh tanah dibawa dari lokasi penempatan transmigrasi di seluruh Indonesia, dengan lokasi yang banyak serta jarak yang jauh. Sehingga mereka (penemu) melakukan uji coba dengan membuat Mould (cetakan) pemadatan yang diperkecil dengan energy pematatnya pun diperkecil, namun dengan hasil yang sama dengan cara yang dimaksud adalah cara ASTM D 698 dan

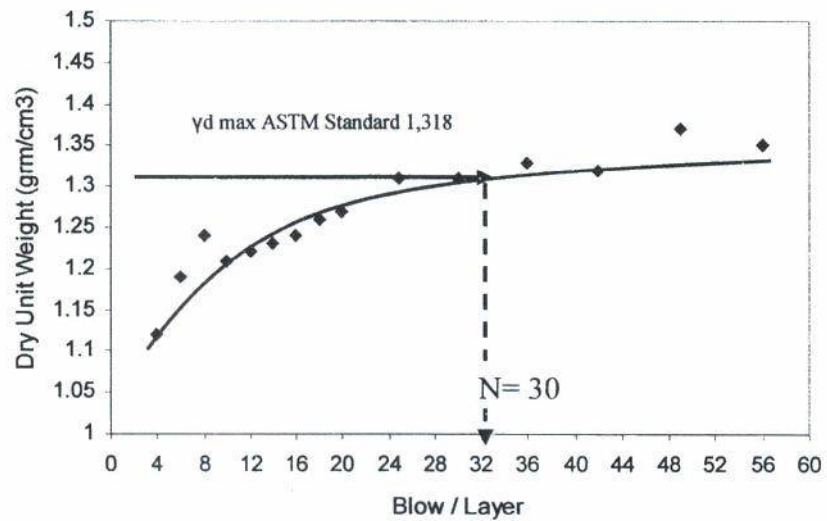
ASTM D 1557. Pengujian ini dilakukan Laboratorium Mekanika Tanah I.S.T.N Jakarta .

Uji Kepadatan laboratorium dengan SCMT Methode ini, dimaksudkan agar jumlah sampel tanah menjadi sedikit dengan hasil uji kepadatan maksimum serta kadar air optimum yang sama dengan uji laboratorium yang dilakukan dengan cara ASTM. Untuk maksud tersebut maka uji coba SCMT ini mengacu hasilnya dari uji ASTM. Dengan uji pemadatan tanah Metode SCM ini, maka tanah yang dibutuhkan hanya ± 750 grm saja untuk uji standard dan 1000 grm untuk uji modiified.

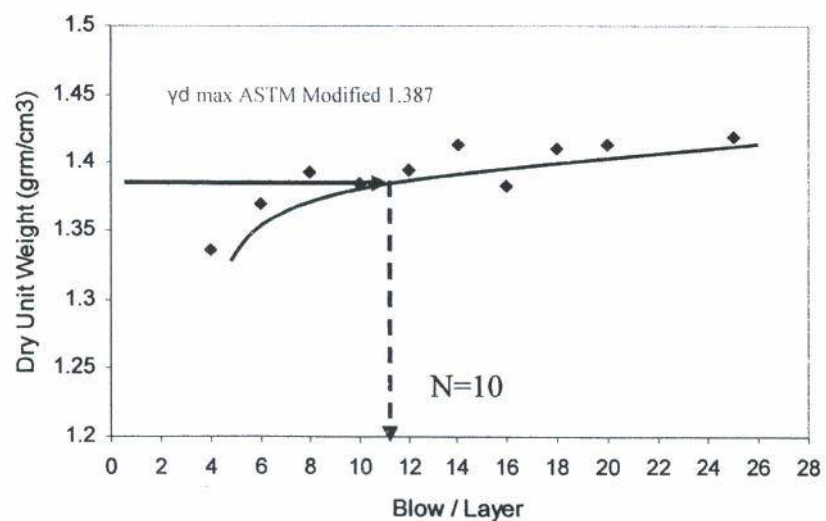


Gambar 3.2. Mould SCMT

Pengujian Trial Compaction dimulai pada $N=4$ pukulan/lapisan sampai dengan $N=56$ pukulan /lapisan untuk Trial Compaction Standard dan sampai dengan $N=25$ pukulan/lapisan pada Trial Compaction Modified, didapat hasil sbb :



Gambar 3.3. Trial Compaction pada Metode SCM (Standard Test)



Gambar 3. 4. Trial Compaction pada Metode SCM (Modified Test)

Contoh Hasil Pengujian Dari Pengalaman Mereka (Penemu):

Pada cara ASTM Standard didapat berat isi kering maximum (γ_{dmax}) 1,318 gr/cm³, sedangkan pada N= 30 pada Metode SCM berat isi kering maximum (γ_{dmax}) 1,316 gr/cm³

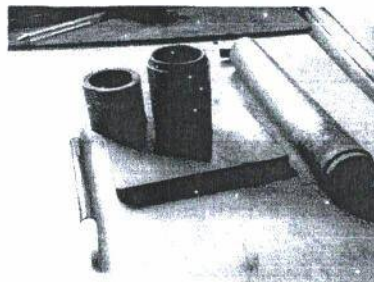
Pada cara ASTM Modified didapat berat isi kering maximum (γ_{dmax}) 1,387 gr/cm³, sedangkan pada N= 10 pada Metode SCM berat isi kering maximum (γ_{dmax}) 1,388 gr/cm³

Hasil tersebut diatas relatif sama, sehingga Metode SCM dapat dipakai, bila tidak tersedia cukup sampel tanah bila dikerjakan dengan cara ASTM

Kesimpulan :

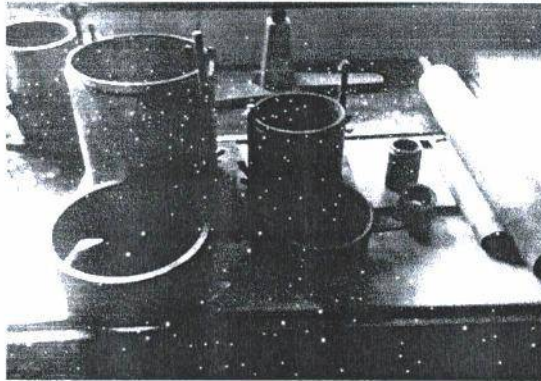
Uji pemadatan dengan Metode SCM dapat menjadi alternatif pengujian kepadatan di laboratorium , dimana hasil uji dengan Metode SCM ini hasilnya sama dengan cara ASTM. Sekaligus sampel uji dapat dicari kuat gesernya dengan uji UUT.¹

Uji pemadatan dengan Metode SCM akan hemat pemakaian tanah, waktu dan tenaga.

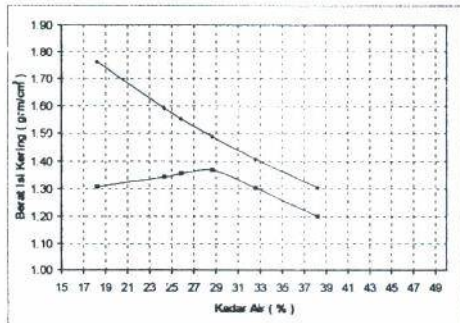


Gambar 3. 5. Moulding Pemadatan Dengan Metode “SCMT”

¹ Ir. Idrus, MSc dan Ir. Wawan Kuswaya, MT, Stabilisasi Lempung Expensive Dengan SCMT Methode, thn 2006, Seminar Publish.

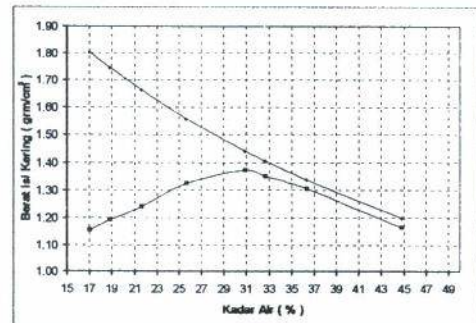


Gambar 3. 6. Perbandingan Mould/Cetakan Cara ASTM dan Metode “SCMT”



Gambar 3. 7.

ASTM STANDARD



Gambar 3. 8.

METODE “SCM”

Gambar Kuve Hasil Pemasatan Tanah Dengan Cara ASTM dan Metode “SCM” Yang Hasilnya Relatif SAMA

III. 1. 1. 1. Kadar Air (W)

Untuk menentukan kadar air tanah, yaitu perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah yang dinyatakan dalam persentase (%).

$$w = \frac{W_w}{W_s} \cdot 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

III. 1. 1. 2. Berat Isi Tanah

Untuk mendapatkan berat isi tanah yang merupakan perbandingan antara berat tanah basah dengan volumenya.

Ditentukan dalam Gram / Cm dan nilainya berkisar antara 1,6 sampai 2,0 Kg / Cm.

$$\gamma = \frac{W_2 - W_1}{V} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

V = Volume Tanah

W_1 = Berat Cincin

W_2 = Berat Cincin + Contoh Tanah

III. 1. 2. Pengujian Batas-batas Atterberg

Untuk menentukan batas-batas konsistensi (tingkat plastisitas) dari suatu contoh tanah, meliputi :

- Batas Susut / Shringkage Limit (SL),
- Batas Plastis / Plastic Limit (PL),
- Batas Cair / Liquid Limit (LL),
- Indeks Plastisitas / Plasticity Index (PI).

Konsistensi tanah adalah keadaan tanah yang mengalami suatu perubahan bentuk dan lebih tepat digunakan untuk butiran halus karena berkaitan dengan kadar air.

Konsistensi menunjukkan suatu derajat kekakuan tanah dan istilah konsistensi tanah ditemukan oleh Atterberg.

- Batas Susut / Shrinkage Limit (SL)

Adalah Nilai Kadar Air, dalam keadaan padat beralih ke keadaan semi-padat.

- Batas Plastis / Plastic Limit (PL)

Adalah Nilai Kadar Air, dalam keadaan semi-padat beralih ke keadaan plastis.

- Batas Cair / Liquid Limit (LL)

Adalah Nilai Kadar Air, dalam keadaan plastis beralih ke keadaan cair.

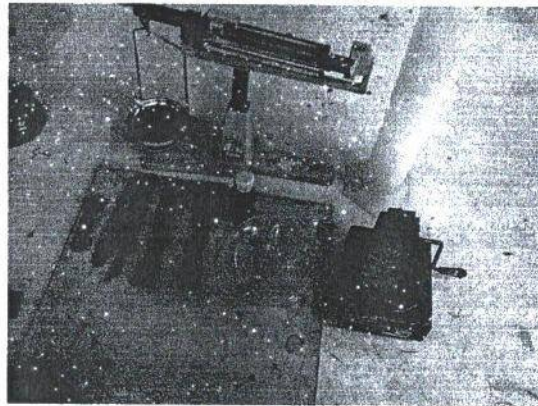
- Indeks Plastisitas / Plasticity Index (PI)

Selisih antara batas cair dan batas plastis ialah daerah dimana tanah tersebut adalah dalam keadaan plastis.

$$PI = LL - PL \dots \dots \dots (3.3)$$

Yang kita peroleh dari percobaan Batas-batas Atterberg ini adalah suatu gambaran secara garis besar akan sifat-sifat tanah yang bersangkutan.

Tanah yang batas cairnya tinggi biasanya mempunyai sifat teknik yang buruk, yaitu kekuatannya rendah, "Compressibility-nya Tinggi" dan sulit memadatkannya. Lihat Gambar 3. 9 dan Gambar 3. 10



Gambar 3. 9. Peralatan Batas-batas Atterberg



Gambar 3. 10. Cawan untuk Batas-batas atterberg

III. 1. 3. Pengujian Analisa Hidrometer dan Analisa Ayakan

III. 1. 3. 1. Analisa Hidrometer

Analisa Hydrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir tanah dalam air, partikel-partikel tanah akan mengendap dengan kecepatan berbeda-beda tergantung pada bentuk ukuran dan beratnya. Untuk mengetahui pembagian ukuran butir dari tanah yang lewat saringan No.200.

Dari kedua analisa tersebut akan kita dapatkan besarnya butiran tanah yang digambarkan pada grafik lengkung pembagian butiran sebagaimana terlihat pada grafik pembagian butir.

Perhitungannya :

1. Diameter Efektif

$$D = \frac{18.M}{\gamma_s - \gamma_w} \cdot \frac{Hr}{t} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana :

M dalam Millipoise

1 Millipoise = 1,10 Poises

1 Poises = $\frac{1 \text{ gram / detik}}{980,7 \text{ cm}^2}$

γ_s = Berat volume butiran tanah

γ_w = Berat volume air pada tempat percobaan.

Hr = Jarak dari permukaan campuran sampai titik berat hydrometer.

t = Waktu

2. Presentase lebih halus, N dapat digitung dari :

$$N = \frac{G}{G-1} \cdot \frac{V}{W_s} \cdot \gamma_w (r - rw) \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana :

G = Berat jenis butir tanah

V = Volume Campuran

W_s = Berat kering contoh sesudah percobaan.

r = Pembacaan Hydrometer dalam campuran

r_w = Pembacaan Hydrometer dalam aquades

γ_w = Berat volume dari air pada temperature kalibrasi Hydrometer

$$3. H_r = H_1 + 0,5(h - V_h / A_r) \dots\dots\dots(3.6)$$

$$4. N' = \frac{\text{BeratTanahYangBebas / LolosAyakanNo.12}}{\text{BeratTotalTanah}} \dots\dots(3.7)$$

III. 1. 3. 2. Analisa Ayakan

Analisa ayakan adalah mengayak dan menggetarkan contoh tanah melalui satu set ayakan dimana lubang-lubang tersebut makin kecil secara berurutan.

Tabel 3. 1. Nomor ayakan dan Diameter untuk analisa ayakan

Nomor Ayakan	Diameter Lubang (mm)
4	4,75
8	2,36
16	1,10
30	0,600
50	0,300
100	0,150
200	0,075
Container	

Analisa saringan :

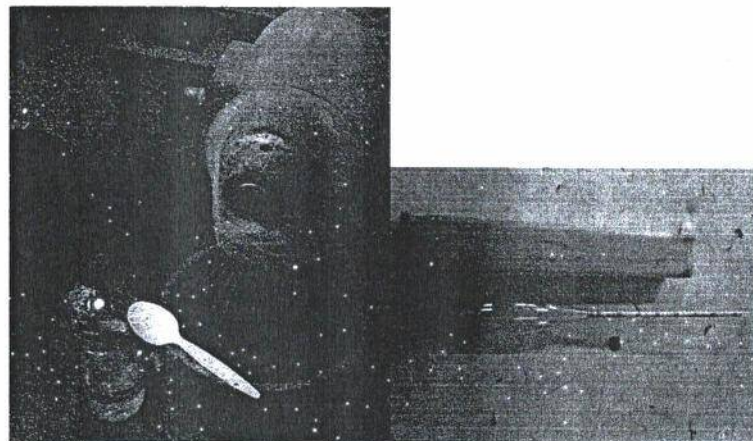
- Jumlah berat tertahan untuk masing-masing ukuran secara komulatif.
- Jumlah persentase berat benda uji tertahan dihitung terhadap berat total secara komulatif.

- Jumlah Persentase berat benda uji melalui masing-masing saringan dihitung.

Lihat Gambar 3. 11. dan Gambar 3. 12



Gambar 3. 11. Peralatan analisa ayakan



Gambar 3. 12. Peralatan Analisa Hidrometer

III. 1. 4. Pengujian Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Untuk mendapatkan nilai berat jenis tanah (G_s), yang merupakan perbandingan antara berat butir (bahan) yang isinya tertentu dengan berat air yang isinya sama dengan isi / volume butiran tersebut.

Nilai berat jenis (G_s) ini, sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan perhitungan dalam Mekanika Tanah.

Sebagian besar dari mineral-mineral yang umumnya terdapat pada tanah mempunyai berat jenis yang nilainya berkisar antara 2,4 sampai 2,7

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_2 - W_1) + (W_4 - W_3)} \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana :

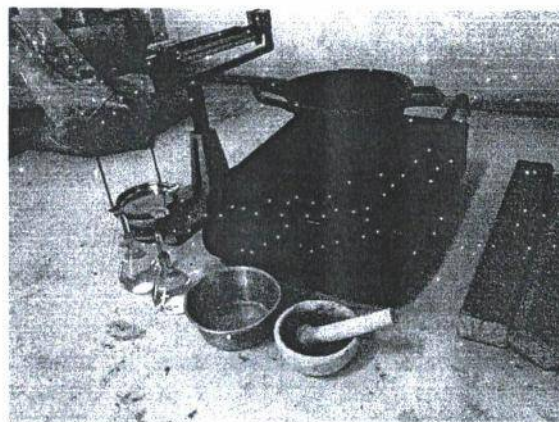
W_1 = Berat Piknometer

W_2 = Contoh Tanah + Piknometer

W_3 = Berat Piknometer + Air + Tanah

W_4 = Berat Piknometer + Air

Lihat Gambar 3. 13.



Gambar 3. 13. Peralatan Uji Specific Gravity

III. 1. 5. Pengujian Triaxial

Pengujian triaxial ini mendapatkan nilai kohesi (C_u) dan sudut geser dalam (ϕ) dari suatu contoh tanah. Ada 3 macam percobaan triaxial, yaitu:

1. U. U. (Unconsolidated Undrained) – test cepat
2. C. U. (Consolidated Undrained)
3. C. D. (Consolidated Drained)

Pada penelitian skripsi ini untuk pengujian triaxial menggunakan UU (Unconsolidated Undrained). Adapun formulasinya adalah

Perhitungannya :

$$\varepsilon = \frac{(DR \times 10^{-3})}{h}$$

$$K = \frac{1}{1 - \varepsilon}$$

$$A = A_o \times K$$

$$P = C \times PR$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.9)$$

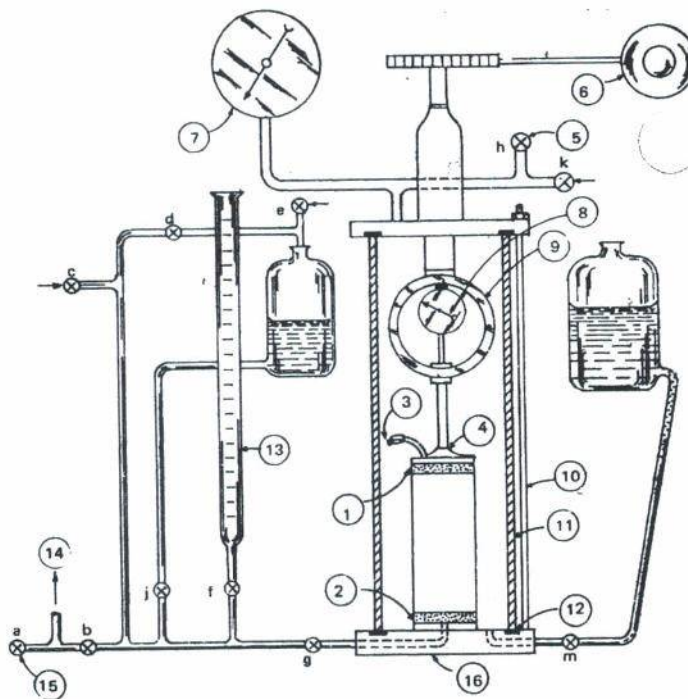
Dimana :

DR = Pembacaan Dial Reading

h = Tinggi tanah uji (cm)

ε = Regangan yang terjadi (%)

- K = Faktor koefisien terhadap regangan
- A_0 = Luas penampang contoh awal
- A = Luas koreksi penampang setelah di uji
- C = Angka kalibrasi
- PR = Pembacaan Proving Ring yang ditentukan
- P = Gaya yang diberikan
- σ = Tegangan yang terjadi (Kg/cm^2)



- | | | | |
|---|-------------------------|----|---------------------|
| 1 ; 2 | = batu pori | 9 | = cincin penguji |
| 3 | = saluran atas | 10 | = batang vertikal |
| 4 | = penutup contoh | 11 | = silinder "lucite" |
| 6 | = motor | 12 | = gasket karet |
| 7 | = manometer | 13 | = buret |
| 8 | = arloji cincin penguji | 14 | = ke manometer |
| a = 15 | = v a k u m | 15 | = vakum |
| h = 5 | = drum tekanan | 16 | = landasan |
| b ; c ; d ; e ; f ; g ; j ; k ; m = katup | | | |

Gambar 3. 14. Percobaan Triaxial UU

III. 1. 5. 1. Pengujian Triaxial Kepadatan 100%

Pengujian triaxial ini dilakukan dari hasil pemadatan dengan kepadatan 100 %. Pengujian ini dengan menggunakan 3 sampel uji tanah pada kondisi tegangan deviator yang berbeda. Untuk sampel 1 menggunakan tegangan deviator sebesar 0,3 Kg/cm², untuk sampel 2 sebesar 0,6 Kg/cm² dan sampel 3 sebesar 0,9 Kg/cm².

III. 1. 6. Komposisi Campuran Ketiga Jenis Tanah Sampel yang akan di uji

Dari pengujian ini menggunakan 3 jenis tanah yang akan di uji, 2 diantaranya adalah jenis “tanah asli + pasir 20%” dan “tanah asli + pasir 40%”.

Perencanaanya adalah :

- Tentukan Asumsi $Wt_{\text{lanau}} = A \text{ gr}$
- Tentukan $\omega_{\text{lanau}} = B \% (\omega_1)$
- Tentukan $\omega_{\text{pasir}} = C \% (\omega_2)$

$$\text{Maka, } Ws_{\text{lanau}} = \frac{Wt}{1 + \omega_1} = \frac{A}{1 + \omega_1} = D \dots \text{gr}$$

$$Ws_{\text{pasir } 20\%} = 20\% \times Ws_{\text{lanau}} = 20\% \times D = E \text{ gr}$$

Dengan demikian, Wt_{pasir} dengan $\omega_2 = C\%$ adalah

$$\begin{aligned} Wt_{\text{pasir}} &= Ws_{\text{pasir } 20\%} \times (1 + \omega_2) \\ &= F \text{ gr} \end{aligned}$$

- Maka Total campuran = $Wt_{\text{lanau}} + Wt_{\text{pasir}}$

$$= A \text{ gr} + F \text{ gr}$$

$$= Z \text{ gr}$$

Z adalah komposisi campuran yang digunakan untuk penyelidikan tanah di laboratorium. Kemudian setelah kedua jenis tanah yang akan di uji siap (“tanah asli + pasir 20%” dan “tanah asli + pasir 40%”), cari dahulu masing – masing ω_{existing} yang diperlukan.

III. 1. 7. Pengujian Triaxial Kepadatan 95%

Pengujian ini sama halnya pengujian triaxial dengan kepadatan 100 % yaitu dengan UU test. Pengujian ini dilakukan karena pada perencanaan yang sebenarnya sangat sulit untuk mendapatkan kepadatan maksimum 100 %. Untuk itu diperlukan perencanaan kepadatan maksimum 95 %. Adapun perencanaan awal (menciptakan tanah dengan kepadatan 95%) yang dilakukan untuk mendapatkan kepadatan maksimum 95 % adalah dengan mendapatkan parameter tanah dari hasil kepadatan maksimum 100 %, yaitu :

$$\gamma_d \cdot \text{max} \cdot 100\% = A$$

$$\omega_{\text{opt}} = B$$

$$\gamma \cdot \text{Max} \cdot 100\% = C$$

Perencanaan kepadatan 95 % :

- γ_d .max.100% dan γ . Max 100% di disain sebesar 95%
- Dari γ . Max 95% dapat diperoleh volume tanah sesuai dengan ukuran alat uji SCMT
- Hitung berat tanah yang diperoleh dari kepadatan 95 %

Dimana :

$$\gamma = \frac{\text{BeratTanah}}{\text{VolumeTanah}} \rightarrow \text{BeratTanah} = \gamma \times V \dots\dots\dots(3. 10)$$

Dari berat tanah yang telah didapatkan, dapat diciptakan formulasi kepadatan maksimum 95% dengan ω_{opt} yang tetap.

III. 2. Cell Box Pull-Out Test (CBPOT)

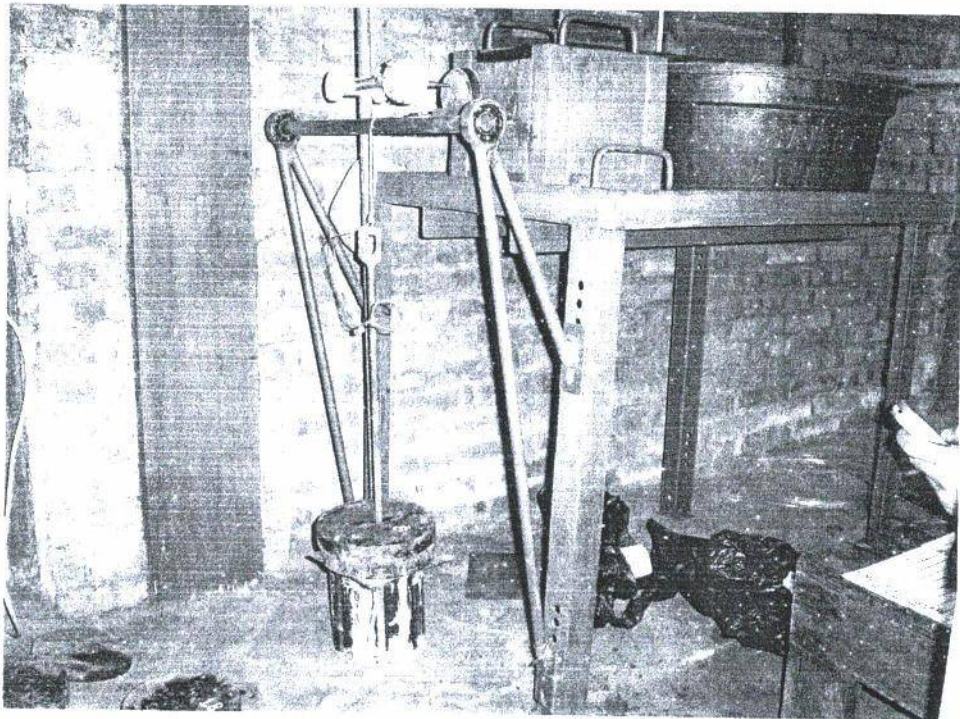
Cell Box Pull-Out Test (CBPOT) adalah modeliasi suatu perkuatan lereng dengan perkuatan geotekstil (*Slope Stability*) dimana Box tersebut diisi dengan tanah yang dipadatkan dengan kepadatan maksimum 95 % dan diberi batasan sebagai dinding geser yang diberi ruang untuk menempatkan material geotekstil tersebut. Pengujian ini dilakukan demi tercapainya uji hipotesis.

III. 2. 1. Perencanaan Pembuatan *Cell Box Pull-Out Test* (CBPOT)

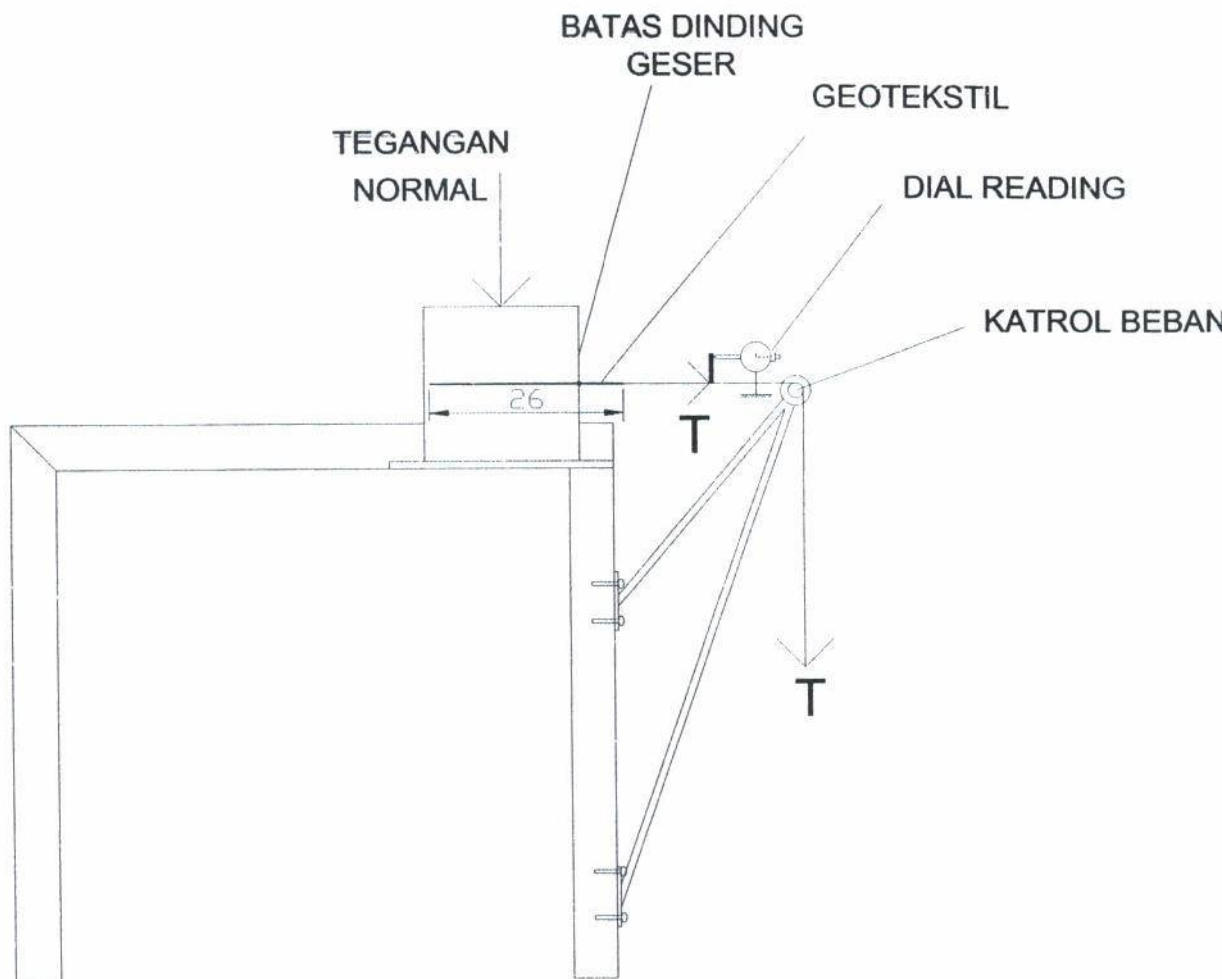
Perencanaan pembuatan alat CBPOT ini adalah saran yang diberikan langsung oleh dosen pembimbing yang awal idenya berasal dari mata kuliah pilihan “stailitas lereng” pada mata kuliah semester 7, jurusan

teknik sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP), di Institut Sains dan Teknologi Nasional “ISTN”.

Kemudian dirancang gambar kerja (shop drawing) sesuai yang diharapkan pada saat perencanaan. Perancangan gambar kerja ini tidak lepas dari konsultasi yang berulang kepada dosen pembimbing hingga mencapai target yang diinginkan, walaupun masih ada kebutuhan yang akan bertambah sejalanannya perencanaan gambar kerja. (Lihat Gambar 3. 15)



Gambar 3. 15. Disain perencanaan Cell Box Pull-Out Test (CBPOT)



Gambar 3. 16. Disain perencanaan Cell Box Pull-Out Test (CBPOT) – 2 Dimensi

Perencanaan ini menggunakan besi plat dan besi As yang bekas dari pembelian pada bengkel las di depan kampus dan dari pusat penjualan besi bekas di daerah Rawa Panjang, Bekasi.

III. 2. 2. Pelaksanaan Pembuatan *Cell Box Pull-Out Test* (CBPOT)

Pelaksanaan pembuatan alat CBPOT ini dilakukan di bengkel las milik Bapak.Ahmad yang berjalan \pm 2 minggu sejak diberikannya bahan utama yang akan dibuat sesuai perencanaan.

III. 2. 3. Persiapan Kriteria Jenis Tanah yang Akan di Uji pada *Cell Box Pull-Out Test* (CBPOT)

Dalam waktu pelaksanaan pembuatan alat CBPOT, penulis melakukan hal lain di laboratorium yaitu dengan mempersiapkan contoh tanah yang akan diujikan. Dalam hal ini di uji dengan tiga (3) jenis tanah yang masing – masing akan menggunakan geotekstil jenis Woven dan Non Woven, sebagai berikut formulasi dan pelaksanaannya :

1. CBPOT dengan Tanah Asli
2. CBPOT dengan Tanah Asli + Pasir 20%
3. CBPOT dengan Tanah Asli + Pasir 40%

Dari ketiga jenis tanah yang ada, dibuat lagi 3 sampel tanah dari setiap jenis tanah sebagai kriteria perbedaan tegangan normal yang diberikan. Dalam hal ini, tegangan normal yang diberikan kepada setiap sampel tanah akan berbeda demi tercapainya uji hipotesis yang diharapkan.

III. 2. 4. Disain Komposisi Tanah untuk *Cell Box Pull-Out Test* (CBPOT)

Dibutuhkan parameter – parameter hasil penyelidikan tanah di laboratorium sebagai referensi awal untuk disain komposisi tanah pada pengujian CBPOT. Diantaranya adalah :

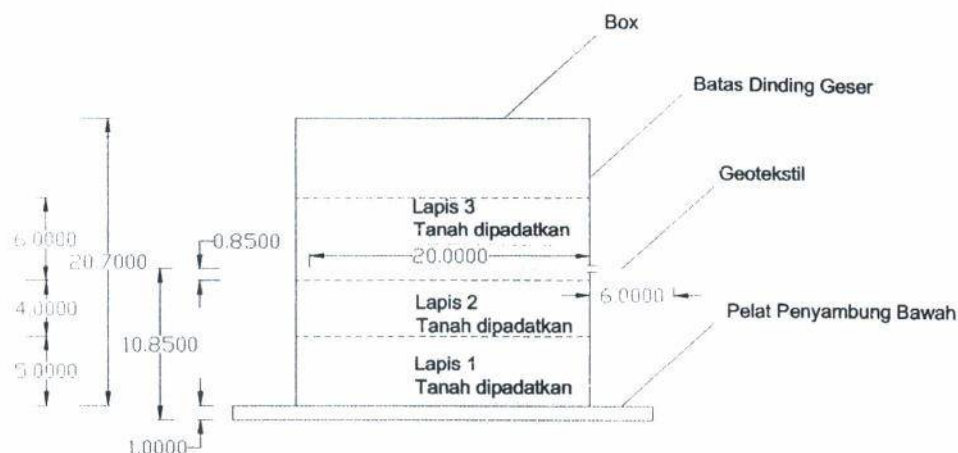
- γ maks. 95%

- γ_d maks. 95%

- $\omega_{optimum}$

- $\omega_{existing(asli)}$

Untuk disain mula – mula perlu diperkirakan asumsi awal disain berupa dimensi ketinggian tanah sebelum dipadatkan dengan tetap mempertahankan $\omega_{existing(asli)}$. Hal ini dilakukan untuk mengetahui banyaknya tanah (Kg) yang dibutuhkan pada setiap jenis tanah pengujian. Kemudian tentukan Penambahan air yang dibutuhkan dengan mengacu pada $\omega_{optimum}$ yang telah diperoleh. Kemudian disain berat tanah yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan total berat tanah yang akan dipadatkan pada Box, lalu dibagi 3 untuk setiap lapis tanah yang akan dipadatkan karena perencanaan pemadatan dengan 3 lapisan tanah yang berbeda ukurannya dalam setiap lapisan. Lapisan 1 berjarak 5 cm, lapisan 2 berjarak 4 cm dan lapisan 3 berjarak 6 cm. (Lihat Gambar 3. 16)



Gambar 3. 17. Perencanaan komposisi tanah CBPOT

Langkah – langkah formulasi dari penguraian di atas adalah :

- Asumsikan ketinggian tanah yang akan dipadatkan di Box dalam kondisi $\omega_{existing(asli)}$. (*Trial and Error* = Cari yang mendekati perencanaan yaitu dengan total ketinggian 15 cm). Kemudian hitung volume tanah yang dipadatkan.
- Hitung berat tanah per spesimen yang akan direncanakan dari volume tanah yang telah didapatkan. Kemudian kali kan nilai tanah per spesimen dengan kebutuhan setiap jenis tanah. Dal hal ini setiap jenis tanah membutuhkan 6 spesimen, yaitu 3 untuk Woven dan 3 untuk Non Woven
- Diperoleh nilai berat tanah total per jenis tanah, Kemudian cari Berat keringnya dari $\omega_{existing(asli)}$.
- Penambahan air diperhitungkan dengan menghitung selisih penambahan kadar air yang dibutuhkan antara $\omega_{optimum}$ dan

$\omega_{existing(asli)}$. Kemudian perhitungkan penambahan air dari perbandingan berat keringnya.

- Maka, total tanah yang dapat disediakan untuk 6 spesimen dalam setiap jenis tanah adalah berat total tanah dijumlahkan dengan berat penambahan air. (1 liter = 1 Kg)
- Lakukan perencanaan persiapan tanah yang akan digunakan per 1 spesimen dengan ketinggian kepadatan 15 cm.

Formulasi rumus yang digunakan :

- γ maks. 95% = a

- γ_d maks. 95% = b

- $\omega_{optimum} = c$

- $\omega_{existing(asli)} = d$

- Hitung Volume tanah yang dipadatkan dengan asumsi $t = e$

Dimana, $V = p \times l \times t \rightarrow p = 20,7 \text{ cm}$ dan $l = 20,7 \text{ cm}$

Maka $V = f$

- Hitung Berat tanah per 1 spesimen $\rightarrow B = (V \times \gamma \text{ maks. 95\%}) = g$

- Hitung tanah yang dibutuhkan untuk 6 spesimen

$\rightarrow g \times 6 = h = Wt$

- Hitung berat kering (Ws) = $\frac{Wt}{1 + \omega_{existing}} = \frac{h}{1 + d} = i$

- Hitung penambahan air, dengan $\omega_{optimum} - \omega_{existing(asli)} = \frac{\omega}{W_s}$

$$\text{Dimana } c - d = \frac{x}{i} \rightarrow x = \frac{(c - d) \times i}{100}$$

Maka, x = berat total penambahan air untuk 6 spesimen.

- Rencanakan berat tanah total yang dipadatkan dengan $t = 15$ cm, dengan pembagian setiap lapisan dalam 3 lapis.

$$g_{rencana} \equiv V \times \gamma_{95\%}$$

$$\text{Maka, } g_{rencana} = (p \times l \times t) \times a$$

- Kemudian hitung berat tanah per lapisan untuk 1 spesimen dengan $t = 15$ cm.

$$\text{Lapis 1} \rightarrow \frac{5}{15} \times g_{rencana}$$

$$\text{Lapis 2} \rightarrow \frac{4}{15} \times g_{rencana}$$

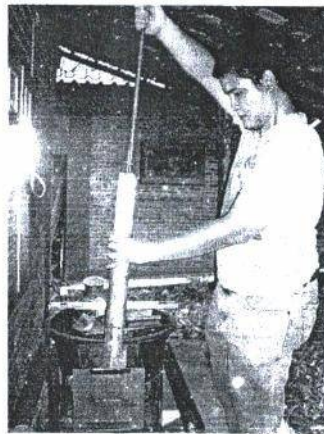
$$\text{Lapis 3} \rightarrow \frac{6}{15} \times g_{rencana}$$

Jenis tanah dan sampel tanah telah siap untuk selanjutnya dilakukan pengujian CBPOT.

III. 2. 5. Pengujian *Cell Box Pull-Out Test* (CBPOT)

Setelah semua hal telah siap, maka siap melakukan pengujian CBPOT, dengan langkah – langkah sebagai berikut :

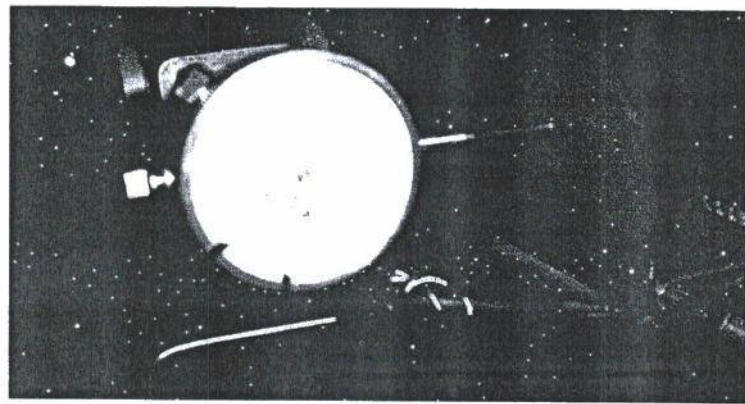
1. Lakukan pemasangan alat secara benar
2. Tuang tanah untuk lapisan pertama kemudian padatkan sesuai dengan batasan tinggi kepadatan yaitu 5 cm dengan ditutup dengan besi plat sebagai perantara penahan tumbukan pada saat dipadatkan
3. Tuang tanah untuk lapisan kedua kemudian padatkan sesuai dengan batasan tinggi kepadatan yaitu 4 cm
4. Kemudian tuang tanah setinggi ± 1 cm, kemudian masukkan geotekstil kedalam ruangnya, lalu tuangkan kembali tanah sisa sampai benar – benar habis tanpa sisa dan tanpa terbang, lalu dipadatkan. Lihat Gambar 3. 17.



Gambar 3. 18. Melakukan pemadatan dengan penumbuk modified

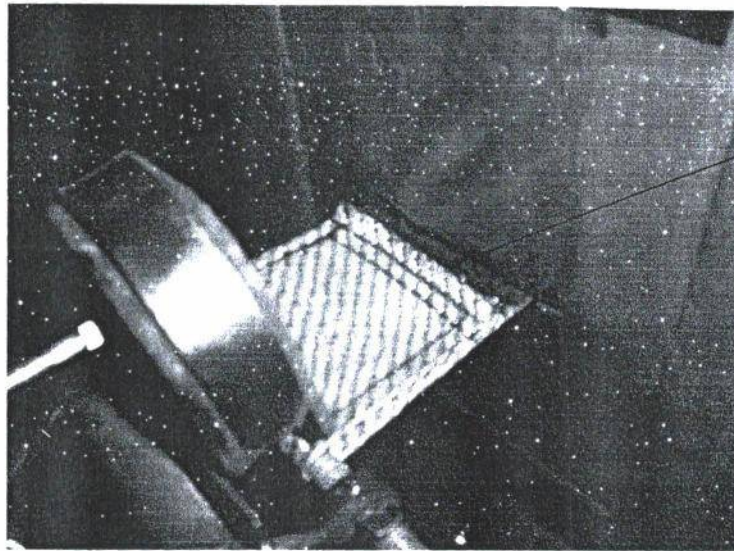
5. Setelah selesai proses pemadatan dengan alat tumbuk pemadatan modified, biarkan plat perantara tumbukan tetap ditempatnya. Plat tersebut nantinya akan menjadi penunjang tegangan normal berikut dengan beban lainnya yang telah disiapkan sesuai perencanaan.

6. Pasang alat penyangga geotekstil terhadap sling baja dengan memberikan gaya tarik mula – mula agar sling baja tidak longgar dan dalam keadaan siap uji.
7. Persiapkan posisi Dial Reading dengan magnet yang bersentuhan dengan alat penyangga terhadap geotekstil. Lihat Gambar. 3. 18.



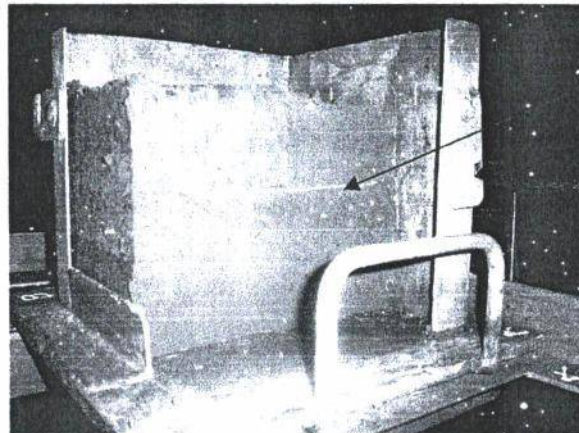
Gambar 3. 19. Alat penyangga geotekstil, magnet dan dial reading siap uji

8. Alat siap dilakukan pengujian,
9. Pembacaan Dial Reading diberikan setiap waktu yang telah direncanakan dengan memberikan gaya tarik (beban tarik) secara komulatif hingga terjadi keruntuhan tarik geotekstil terhadap tanah. Lihat Gambar 3. 19



Gambar 3. 20. Keruntuhan tarik geotekstil terhadap tanah

10. Setelah selesai pengujian CBPOT, lakukan dokumentasi foto kemudian lepas (bongkar) seluruh beban dan belah tanah hingga terlihat potongan struktur hasil pengujian CBPOT tadi, lalu lakukan dokumentasi foto lagi. Lihat Gambar 3. 20



Gambar 3. 21. Potongan tanah setelah pengujian CBPOT

11. Kemudian bongkar tanah dan geotekstil
12. Ukur perubahan panjang geotekstil

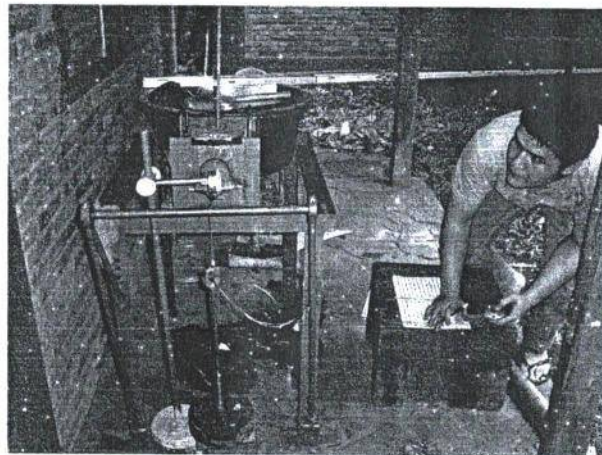
13. Rakit alat CBPOT kembali dan siap dilakukan pengujian CBPOT yang berikutnya.

Hal tersebut diatas dilakukan dengan cara yang sama terhadap geotekstil jenis Woven maupun Non Woven.

III. 3. Metode Pengamatan

Setelah melakukan penyelidikan tanah di laboratorium,

Metode pengamatan CBPOT adalah pembacaan Dial Reading terhadap waktu yang direncanakan Hal ini dilakukan dengan tujuan mengetahui keruntuhan tarik geotekstil terhadap tanah dengan menggunakan Dial Reading dengan penetrasi 25 mm dan faktor tegangan normal yang diberikan serta gaya tarik yang diberikan dengan beban kumulatif hingga terjadi keruntuhan tarik. (Lihat Gambar 3. 21)



Gambar. 3. 22. Mengamati perubahan dial reading terhadap waktu

III. 3. 1. Format Pengamatan

Untuk menganalisis data yang diperoleh dari hasil pengujian Cell Box Pull-Out Test (CBPOT). Diperlukan format pengamatan sebagai arah penulis untuk melakukan penelitian. Adapun contoh format pengamatan pengujian CBPOT adalah :

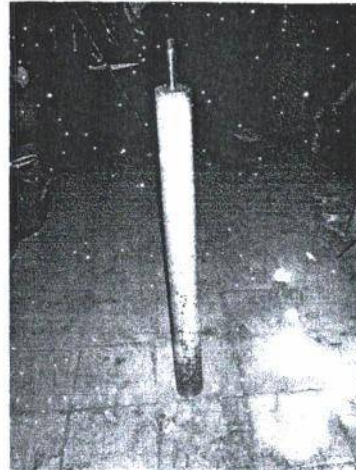
Tabel 3. 2. Contoh format pengamatan uji CBPOT

ASLI + PASIR 40 %- TEGANGAN NORMAL 1									
Kode Beban	B6 + 3	4 + 14	9 + 19	X1	1	2			
Beban (P) Kg/Kode	3 + 1	4	4	8	8	8			
BEBAN KOMULATIF									
No.	t (denk)								
1.	10	0	126	253	423	624	928		
2.	20	0	129	257	429,5	642	969		
3.	30	0	130	259	434	651	989		
4.	60	0	132	264	439	670	1024		
5.	120	0	134	268	450	685	1326		
6.	180	0	135	271	455	697	1593		
7.	240	0	135	273,5	459,5	708	1810		
8.	300	0	135	274,5	464	714	2073		
9.	360	0	135	274,5	466	719	2215		
10.	420	0		274,5	468	724	2264		
11.	480	0		274,5	470	733	2306		
11.	540	0			471	736	2353		
12.	600	0			471	736	2385		
13.	660	0			471	736	2500		
14.	720	0			471	736	2500		

III. 4. Peralatan Pendukung

Pada pelaksanaan pengujian CBPOT dibutuhkan peralatan pendukung dengan berjalannya penelitian hingga penelitian selesai.

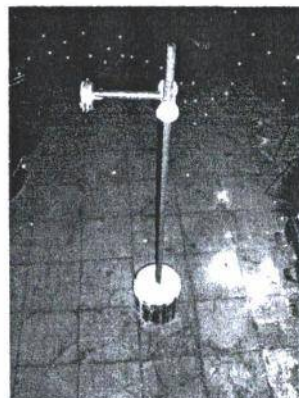
1. Penumbuk Modified



Gambar 3. 23. Penumbuk Modified

Alat penumbuk modified ini berfungsi sebagai penumbuk untuk memadatkan tanah di dalam box (kotak)

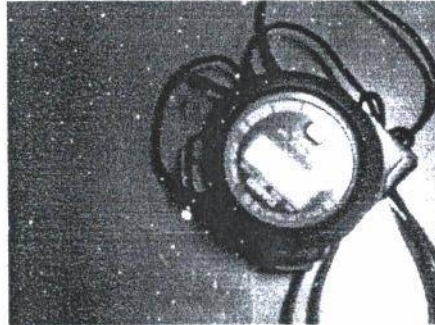
2. Dial Reading penetrasi 25 mm



Gambar 3. 24. Dial Reading penetrasi 25 mm

Dial reading pada penelitian ini berfungsi sebagai pengukur deformasi/penurunan yang terjadi antara geotekstil dan tanan saat uji keruntuhan tarik.

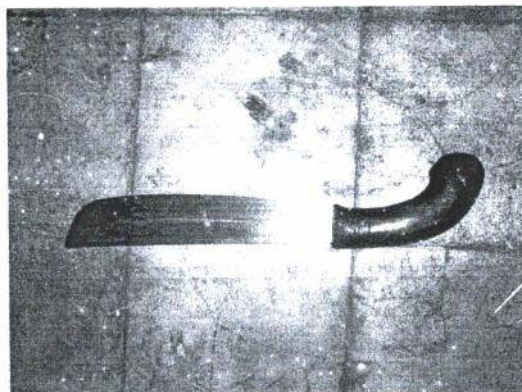
3. Stopwatch



Gambar 3. 25. Stopwatch

Alat stopwatch ini berfungsi sebagai pembatas waktu yang direncanakan terhadap pembacaan dial reading.

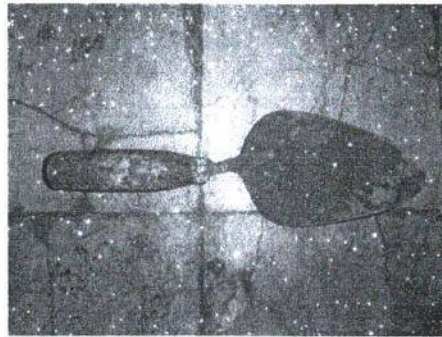
4. Pisau Golok



Gambar 3. 26. Pisau Golok

Pisau golok pada penelitian ini berfungsi sebagai pembelah tanah pada saat akan dibongkar.

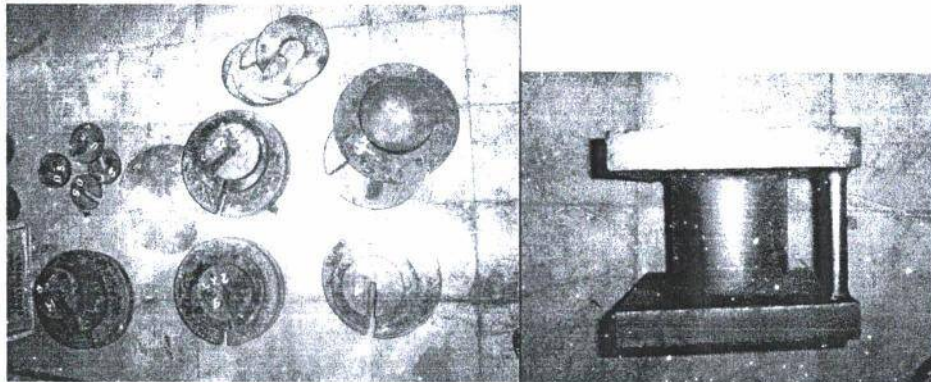
5. Sendok Semen



Gambar 3. 27. Sendok Semen

Sendok semen pada penelitian ini berfungsi sebagai sendok pengaduk saat mencampur tanah dengan air.

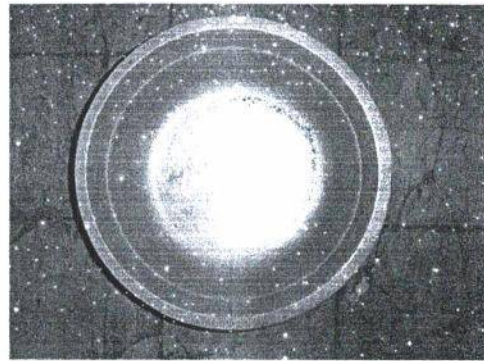
6. Beban



Gambar 3. 28. Beban

Beban ini digunakan sebagai beban tarik dan beban pada tegangan normal.

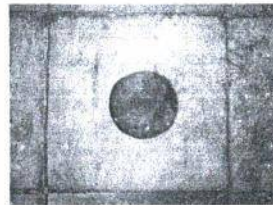
7. Baskom Plastik



Gambar 3. 29. Baskom Plastik

Baskom plastik ini berfungsi sebagai cawan besar untuk menimbang tanah yang akan disiapkan untuk pengujian CBPOT.

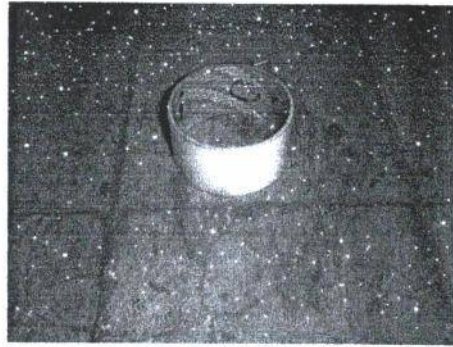
8. Magnet



Gambar 3. 30. Magnet

Magnet ini digunakan sebagai dinding batas pergerakan dial reading hingga terjadi keruntuhan tarik.

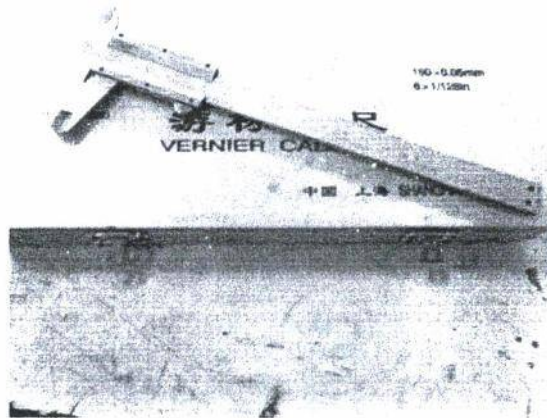
9. Lakban



Gambar 3. 31. Lakban

Lakban pada penelitian ini berfungsi sebagai pelicin pada lubang geotekstil agar tidak terjadi gesekan langsung antar box dengan geotekstil.

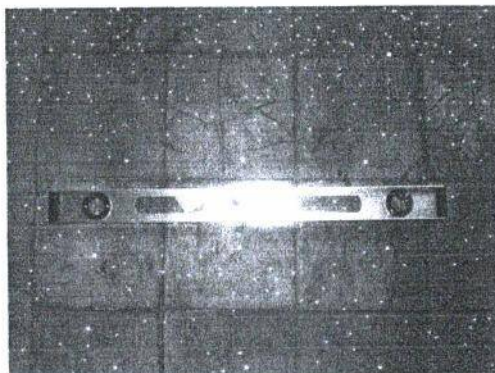
10. Jangka Sorong



Gambar 3. 32. Jangka Sorong

Alat ini berfungsi sebagai pengukur ketebalan geotekstil dan seluruh pengukur dimensi pada penyelidikan tanah di laboratorium

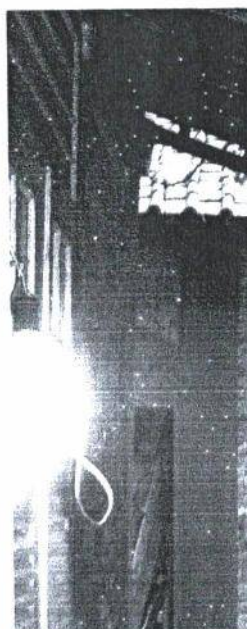
11. Penggaris Waterpass



Gambar 3. 33. Penggaris Waterpass

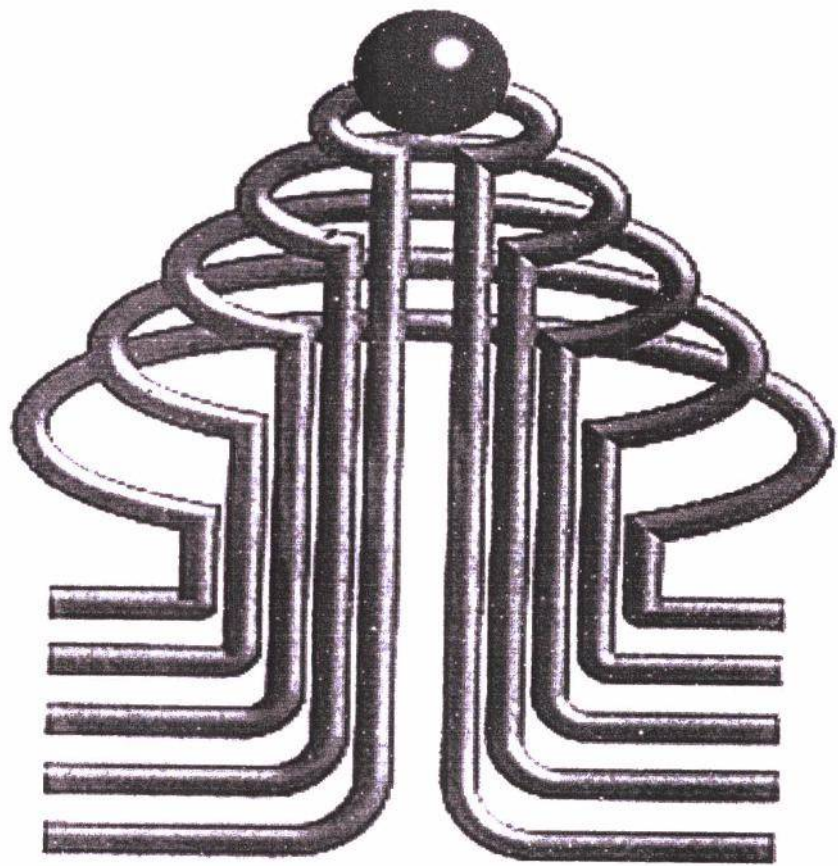
Alat ini digunakan untuk mengatur elevasi kedudukan kaki meja agar rata seimbang.

12. Lampu



Gambar 3. 34. Lampu

Lampu pada penelitian ini berfungsi sebagai penerangan.



ISTN

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN INTERPRETASI

IV. 1. Hasil Penyelidikan Tanah di Laboratorium

Berikut ini adalah hal-hal yang akan disajikan berupa hasil data yang diperlukan sebagai tolak ukur pada penelitian *Cell Box Pull-Out Test* (CBPOT). Pada Percobaan di laboratorium menggunakan kepadatan maksimum 100% dengan *Small Compaction Mold Test* (SCMT), sedangkan pada pengujian untuk penelitian *Cell Box Pull-Out Test* (CBPOT) direncanakan dengan kepadatan maksimum 95%. Adapun Data, Grafik dan Gambar yang dihasilkan dari laboratorium adalah sebagai berikut.

IV. 1. 1. Rangkuman Data Hasil Penyelidikan Tanah di Laboratorium

Tabel 4. 1. Rangkuman data hasil penyelidikan tanah di laboratorium

LABORATORY TESTING RESULTS									
PENELITIAN SKRIPSI - PRISTIANDA YUSI NOOR (05110012)									
CELL BOX PULL-OUT TEST (CBPOT)									
Riset Modelisasi Cell Box Pull-out Test (CBPOT)									
Location	JL. SRENGSENG SAWAH			JENIS TANAH - kepadatan 100%			JENIS TANAH - kepadatan 95%		
	KAMPUS ISTN - JAKARTA			TANAH	TANAH	TANAH	TANAH	TANAH	TANAH
ITEM OF TEST	PARAMETER	Unit	ASLI	ASLI + PASIR 20%	ASLI + PASIR 40%	ASLI	ASLI + PASIR 20%	ASLI + PASIR 40%	ASLI + PASIR 40%
INDEX PROPERTIES									
	Water Content (W _n)	%	39,74	36,24	34,23				
	Unit Weight of Soil (γ)	g/cm ³	1,69	1,75	1,77				
	Unit Weight of Dry Soil (γ _d)	g/cm ³	1,21	1,28	1,32				
	Specific Gravity	-	2,67	2,89	2,93				
	Void Ratio (e)	-	1,21	1,09	1,04				
	Shrinkage Limit (SL)	%	29,21	33,72	31,05				
	Liquid Limit (LL)	%	87,81	77,02	69,36				
	Plastic Limit (PL)	%	40,07	37,63	33,41				
	Plasticity Index (PI)	%	47,64	39,39	35,95				
GRAINED SIZE DISTRIBUTION									
	Gravel	%	0,00	0,00	0,00				
	Sand	%	3,91	32,23	36,52				
	Silt	%	54,09	29,77	26,48				
	Clay	%	42,00	39,00	37,00				
	Organic Matter	%	.	.	.				
SHEAR STRENGTH PARAMETER									
	Triaxial UU Test								
	Cohesion Undrained (C _u)	Kg/cm ²	0,25	0,23	0,21	0,33	0,28	0,24	
	Angle of Internal Friction (φ)	Degree	26	18	13	12	8	5	

IV. 1. 2. Hasil Perhitungan Komposisi Campuran Tanah

Cara perhitungan ini berada pada BAB sebelumnya yang sudah dijelaskan dengan sangat jelas, maka hasil dari komposisi tanah yang akan disediakan adalah

1. Tanah Asli

Untuk tanah asli ini tersedia sebanyak 51 Kg per 6 spesimen dimana 1 spesimen sebesar 8,5 Kg. Hal ini dilakukan karena untuk mendapatkan pendekatan volume tanah dengan $\omega_{existing(asli)}$ dan volume tanah dengan target 15 cm dalam keadaan $\omega_{optimum}$. Pendekatan volume tersebut dicoba-coba hingga mendapatkan ketinggian 12 cm untuk tanah dalam kondisi $\omega_{existing(asli)}$. Sehingga dapat mencapai 15 cm ketika tanah tersebut dalam kondisi $\omega_{optimum}$.

Maka dengan jumlah tanah tersebut dibutuhkan penambahan air sebanyak 15,115 lt (Dimana, 1 lt = 1 Kg), jumlah tanah ditambah dengan penambahan air ialah 66,115 Kg.

2. Tanah Asli + Pasir 20 %

Dengan penyediaan tanah asli sebanyak 43 kg yang ditambahkan dengan tambahan pasir 20% sebanyak 9,37 Kg, maka jumlah berat "tanah + pasir 20%" yang tersedia adalah 52,37 kg.

Dari tanah yang tersedia, yang hanya digunakan adalah 51, 24 Kg per 6 spesimen dimana 1 spesimen sebesar 8,54 Kg. Hal ini dilakukan karena

untuk mendapatkan pendekatan volume tanah dengan $\omega_{existing(asli)}$ dan volume tanah dengan target 15 cm dalam keadaan $\omega_{optimum}$. Pendekatan volume tersebut dicoba-coba hingga mendapatkan ketinggian 12 cm untuk tanah dalam kondisi $\omega_{existing(asli)}$. Sehingga dapat mencapai 15 cm ketika tanah tersebut dalam kondisi $\omega_{optimum}$.

Maka dengan jumlah tanah tersebut dibutuhkan penambahan air sebanyak 13,802 lt (Dimana, 1 lt = 1 Kg), jumlah tanah ditambah dengan penambahan air ialah 65,042 Kg.

3. Tanah Asli + Pasir 40 %

Dengan penyediaan tanah asli sebanyak 37 kg yang ditambahkan dengan tambahan pasir 40% sebanyak 16,12 Kg, maka jumlah berat "tanah + pasir 40%" yang tersedia adalah 53,12 kg.

Dari tanah yang tersedia, yang hanya digunakan adalah 51,84 Kg per 6 spesimen dimana 1 spesimen sebesar 8,64 Kg. Hal ini dilakukan karena untuk mendapatkan pendekatan volume tanah dengan $\omega_{existing(asli)}$ dan volume tanah dengan target 15 cm dalam keadaan $\omega_{optimum}$. Pendekatan volume tersebut dicoba-coba hingga mendapatkan ketinggian 12 cm untuk tanah dalam kondisi $\omega_{existing(asli)}$. Sehingga dapat mencapai 15 cm ketika tanah tersebut dalam kondisi $\omega_{optimum}$.

Maka dengan jumlah tanah tersebut dibutuhkan penambahan air sebanyak 13,162 lt (Dimana, 1 lt = 1 Kg), jumlah tanah ditambah dengan penambahan air ialah 65 Kg.

Dari ketiga jenis tanah tersebut yang akan digunakan adalah berat tanah dengan ketinggian kepadatan 15 cm sesuai dengan kriteria parameter yang didapatkan di laboratorium untuk ketiga jenis tanah tersebut yaitu sebanyak 10,5 Kg untuk setiap spesimen. Dalam hal ini membutuhkan 3 spesimen untuk uji CBPOT jenis Woven dan 3 spesimen untuk jenis Non Woven, Maka tanah yang harus tersedia untuk uji CBPOT dengan tanah asli ini adalah sebanyak 63 Kg. Sementara itu, sisa tanah digunakan untuk keperluan penyelidikan tanah di laboratorium.

IV. 2. Data, Grafik dan Gambar Hasil Uji *Cell Box Pull-Out Test* (CBPOT)

Pengujian *Cell Box Pull-Out Test* (CBPOT) ini adalah untuk mengetahui kekuatan geser dan kekuatan tarik yang terjadi antara material geotekstil jenis Woven dan Non Woven terhadap tanah, dalam hal ini tanah yang digunakan sebagai bahan pengujian adalah tanah yang berasal dari kampus Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN) dan menggunakan penambahan campuran dengan pasir yang ada di pasaran (toko bangunan) di daerah Kramat Jati. Adapun kriteria tanah yang akan dilakukan pengujian adalah sebagai berikut :

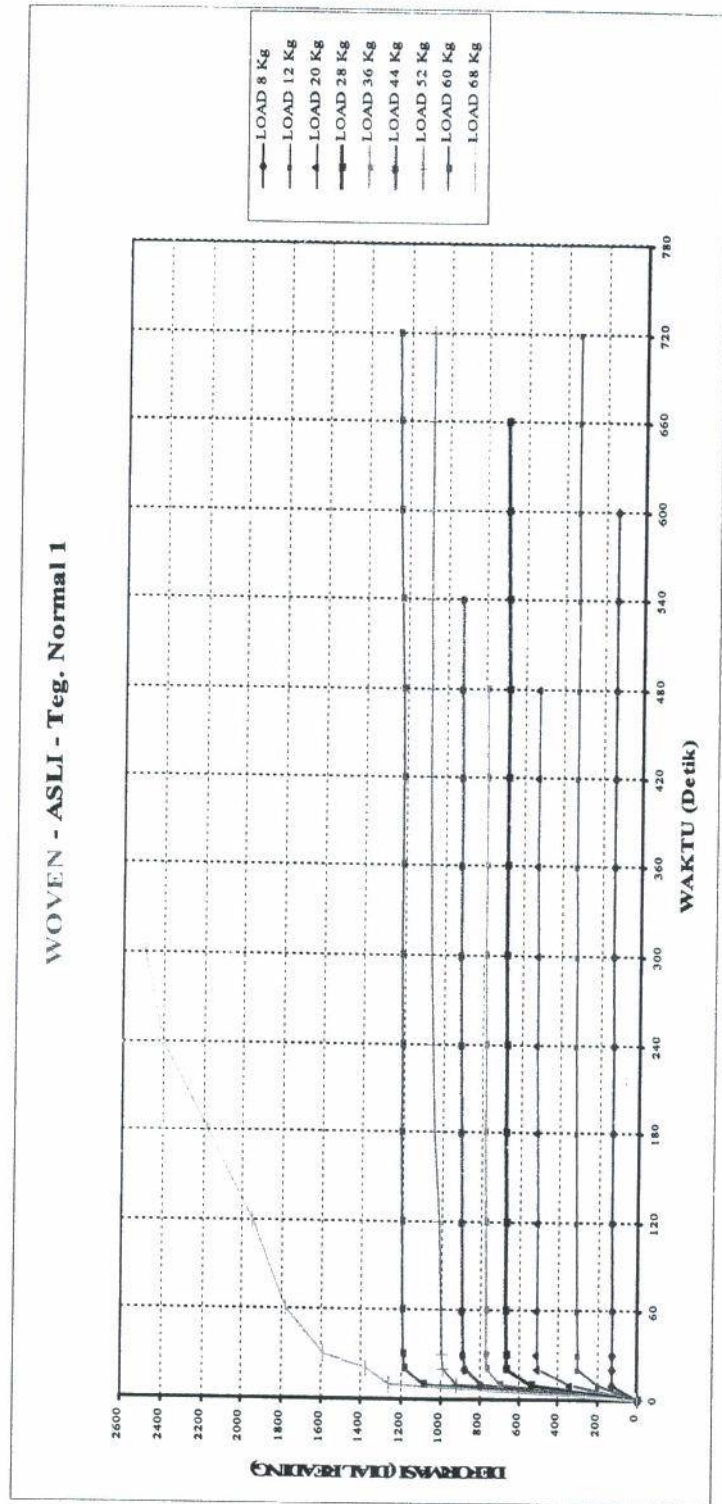
1. Tanah Asli
2. Tanah Asli + Pasir 20%
3. Tanah Asli + Pasir 40%

IV. 2. 1. Penyajian Data dan Grafik yang Dihasilkan dari Pengujian CBPOT – "Tanah Asli" untuk Woven

Tabel 4.2. Data CBPOT "Tanah Asli" – Woven – Tegangan Normal 1

ASLI - TEGANGAN NORMAL 1														
Kode Beban	B6 + 3	8	13	1	2	6	X1	7	11					
Beban (P) Kg/Kode	3 + 1	4	4	8	8	8	8	8	8					
BEBAN KOMULATIF	4	8	12	20	28	36	44	52	68					
No.	t (detik)													
1.	10	0	178	307	510	668	773	887	1003	1190	1387			
2.	20	0	183	309	515	671	778	895	1007	1197	1597			
3.	30	0	184	315	518	674	781	904	1012	1203	1788			
4.	60	0	193	322	519,5	676	785	909	1023	1209	1957			
5.	120	0	195	326,5	526	679	788,5	916	1051	1217	2187			
6.	180	0	197	332,5	527	683	792	920	1067	1218	2412			
7.	240	0	198,5	333	532	683,5	794	924	1074	1221	2500			
8.	300	0	199,5	335	533	687	794	926	1081	1224	2500			
9.	360	0	200	336	533	689	797,5	927,5	1085	1224	2500			
10.	420	0	200	338	534	689	800	931	1088	1227				
11.	480	0	203	338	534	693	800	933,5	1091	1240				
12.	540	0	203	342	534	697	800	933,5	1093	1250				
13.	600	0	203	342		701		933,5	1094	1254				
14.	660	0		345		701			1096	1263				
15.	720	0		345		701			1096	1263				

Data kode beban untuk CBPOT terlampir



Gambar 4. 1. Grafik Deformasi dan Waktu - "Tanah Asli" - Woven - Teg. Normal 1

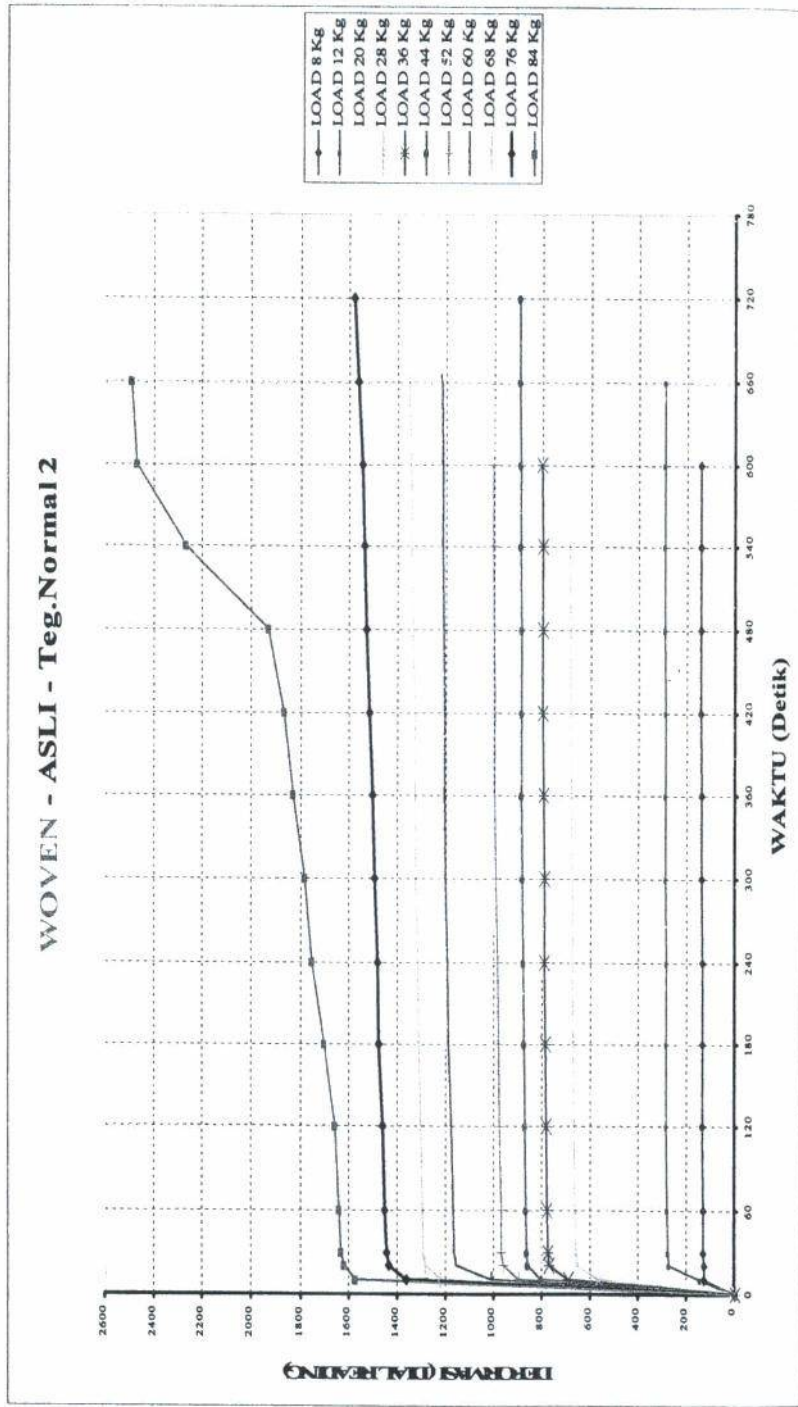
Gambar 4. 1 menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Dalam hal ini, beban tarik (terkomulatif) berbanding lurus terhadap waktu yang dibatasi hingga 12 menit (720 detik), dimana semakin bertambahnya beban tarik yang diberikan maka

akan semakin terlihat perbedaan perubahan grafik dari masing – masing beban tarik (terkumulatif). Hal ini terjadi karena adanya proses perubahan antara kekuatan tarik geotekstil dan kekuatan geser tanah.

Tabel 4.3. Data CBPOT "Tanah Asli" – Woven – Tegangan Normal 2

ASLI - TEGANGAN NORMAL 2

Kode Beban	B6 + 3	4 + 14	9 + 19	X1	1	2	17	16	7	11	12	6
Beban (P) Kg/Kode	3 + 1	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8
BEBAN KOMULATIF	4	8	12	20	28	36	44	52	60	68	76	84
No.	t (detik)											
1.	10	131	277	527	663	775	867	967	1163	1290	1432	1626
2.	20	133	280	533	666	781	871	974	1170	1297	1442	1636
3.	30	134	284	537	670	784	874	977	1175	1302	1452	1644
4.	60	134,5	287	542	674	789	878	984	1184	1309	1460	1664
5.	120	139	288,5	552	678	792	883	990	1195	1319	1474	1710
6.	180	141,5	290	555	683	796	887	994	1202	1324	1482	1760
7.	240	142	291	557	684	798	889	999	1207	1330	1494	1791
8.	300	144	291	559	687	802	893	1004	1213	1334	1501	1835
9.	360	146	294	560	689,5	804	895	1005	1215	1338	1513	1873
10.	420	147	296	563	693	805	896	1008	1218	1344	1525	1937
11.	480	147	296	564	694	807	899	1012	1220	1349	1534	2277
12.	540	147	296	565	694	808	900	1013	1223	1354	1545	2475
13.	600	147	296	566	694	808	902	1013	1226	1360	1560	2500
14.	660			567		808	904	1013	1226	1360	1578	2500
15.	720			567		808	904		1226	1360	1578	2500



Gambar 4. 2. Grafik Deformasi dan Waktu - "Tanah Asli" - Woven - Teg. Normal 2

Gambar 4. 2. menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Sama halnya terhadap Gambar 4. 1, namun terdapat penambahan beban (terkomulatif) akibat tegangan normal yang diberikan semakin bertambah juga. Hal ini dilakukan karena akan

mencari perbedaan hubungan tegangan dan regangan diantara ketiga beban yang diberikan berbeda terhadap setiap jenis tanah yang akan di uji CBPOT.

Tabel 4.4. Data CBPOT "Tanah Asli" -- Woven -- Tegangan Normal 3

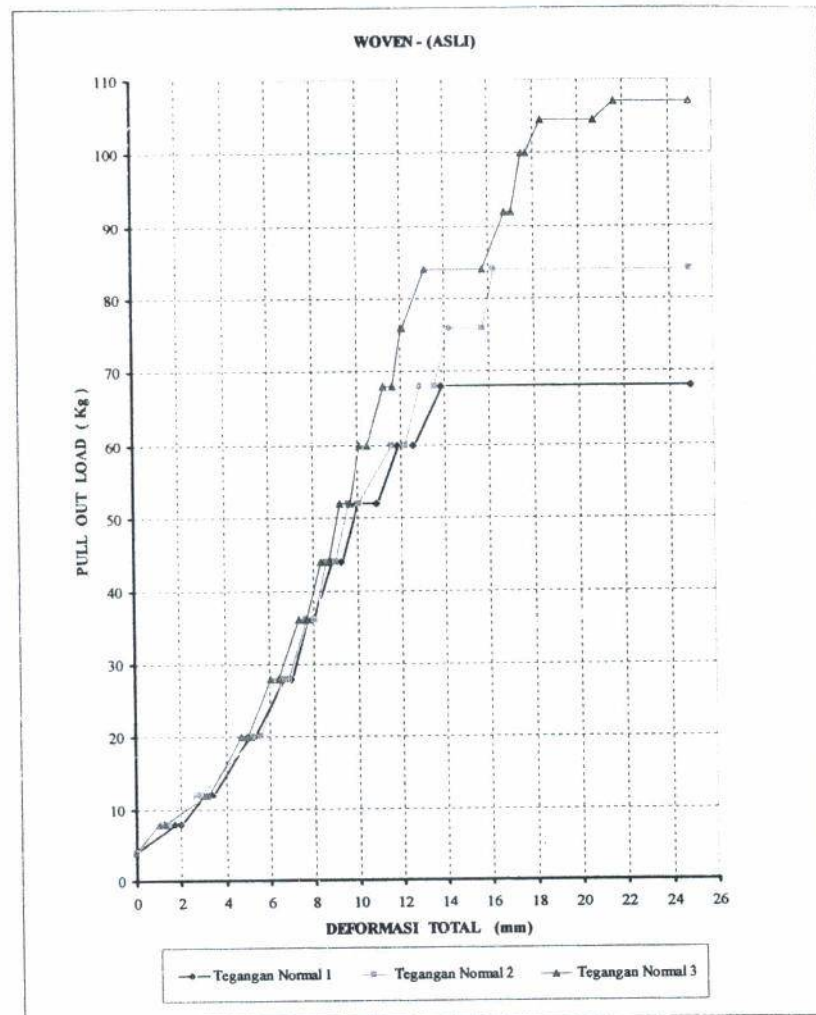
ASLI - TEGANGAN NORMAL 3

No.	Kode Beban	B6 + 3	4 + 14	9 + 19	X1	1	2	7	B7	B8	6	12	11	17	16	X2	B5
	Beban (P) Kg/Kode	3 + 1	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4,5	2,5
	BEBAN KOMULATIF	4	8	12	20	28	36	44	52	60	68	76	84	92	100	104,5	107
	t (detik)																
1.	10	0	109	322	477	609	740	837	924	1018	1130	1211	1320	1677	1754	1842	2170
2.	20	0	111	324	482	615	746	843	929	1021	1135	1211	1360	1687	1756	1846	2198
3.	30	0	113	325	485	619	750	847	934	1024	1138	1211	1380	1691	1758	1891	2234
4.	60	0	114	327,5	487	624	757	852	939	1028	1144	1212	1412	1693	1760	1909	2341
5.	120	0	117	329,5	493	631	760	860	946	1035	1149	1213	1437	1695	1762	1920	2426
6.	180	0	123	330,5	495	633,5	764	865	952	1040	1153	1214	1448	1697	1764	1931	2497
7.	240	0	133	330,5	497,5	636	769	868	955	1045	1157	1215	1498	1699	1766	1947	2500
8.	300	0	133	330,5	500	638	771	869	956,5	1048	1159	1216	1517	1702	1768	1955	2500
9.	360	0	133	330,5	502	640	772	870	960	1049	1162	1217	1546	1703	1770	1962	
10.	420	0			504	642,5	772	871	963	1050	1164	1217	1557	1705	1774	2008	
11.	480	0			506	644	772	872	967	1052	1168	1217	1567	1707	1775	2041	
12.	540	0			508	645	772	873	970	1053	1169	1217	1577	1709	1776	2072	
13.	600	0			509	645		874	971	1054	1170	1217	1579	1711	1777	2074	
14.	660	0			509	645		874	971	1055	1170	1217	1579	1711	1778	2074	
15.	720	0			509	645		874	971	1055	1170	1217	1579	1711	1778	2074	

Gambar 4. 3. menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Hal ini sama seperti gambar 4. 1 dan 4. 2. Pengaruh tegangan normal maksimum diberikan pada tegangan yang ketiga ini, namun beban maksimum tegangan normal dibatasi sebesar 37,3 kg. Penjelasan ini karena adanya batasan pembebanan hingga tegangan normal maksimum (3) sebagai perbedaan pembandingan terhadap tegangan normal 1 dan 2 pada pengujian CBPOT – Tanah Asli-Woven.

Tabel 4.5. Data CBPOT "Tanah Asli" – Woven – Hubungan Deformasi dan Load

Load (Kg)	Tegangan Normal 1	Tegangan Normal 2	Tegangan Normal
	Deformasi (mm)	Deformasi (mm)	Deformasi (mm)
4	0,00	0	0
8	1,78	1,31	1,09
8	2,03	1,47	1,33
12	3,07	2,77	3,22
12	3,45	2,96	3,31
20	5,10	5,27	4,77
20	5,34	5,67	5,09
28	6,68	6,63	6,09
28	7,01	6,93	6,45
36	7,73	7,75	7,40
36	8,00	8,08	7,72
44	8,87	8,67	8,37
44	9,34	9,04	8,74
52	10,03	9,67	9,24
52	10,96	10,13	9,71
60	11,90	11,63	10,18
60	12,63	12,26	10,55
68	13,87	12,90	11,30
68	25,00	13,60	11,70
76,00		14,32	12,11
76,00		15,78	12,17
84		16,26	13,20
84		25,00	15,79
92			16,77
92			17,11
100			17,54
100			17,78
104,5			18,42
104,5			20,74
107			21,70
107			25,00



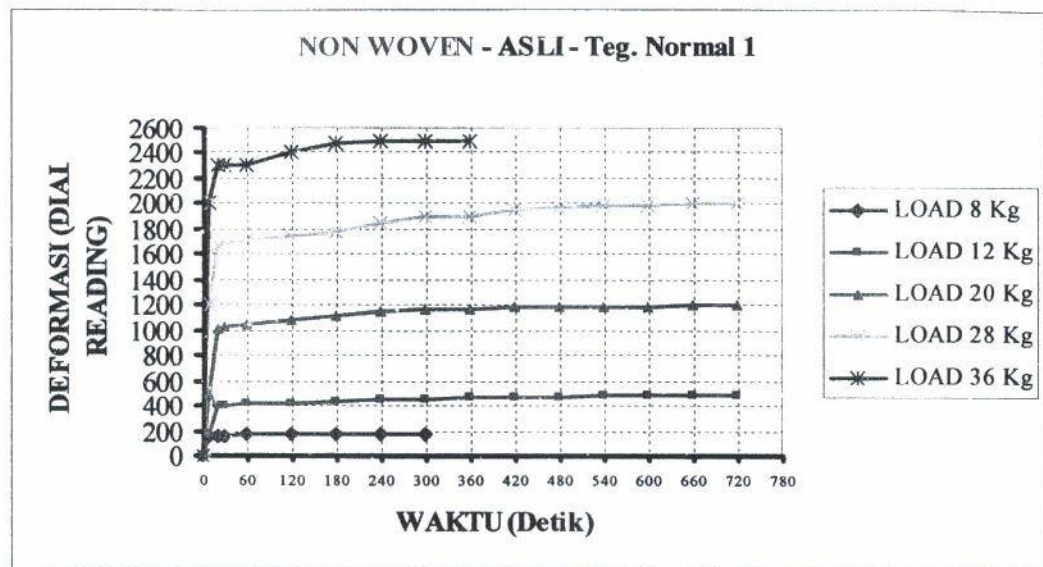
Gambar 4. 4. Grafik Pull Out Load dan Deformasi Total - “Tanah Asli” – Woven

Gambar 4. 4 menjelaskan tentang grafik hubungan antara Pull out load dan deformasi total. Terlihat perbandingan grafik antara masing – masing tegangan yaitu tegangan normal 1, 2, dan 3 akibat beban tarik (terkomulatif). Karena terjadi perubahan keruntuhan tarik akibat gaya tarik yang diberikan terhadap perbedaan tegangan normal yang diberikan maka terlihat perubahan grafik keruntuhan tarik geotekstil Woven pada tanah asli.

**IV. 2. 2. Penyajian Data dan Grafik yang Dihasilkan dari Pengujian CBPOT
– "Tanah Asli" untuk Non Woven**

Tabel 4.6. Data CBPOT "Tanah Asli" – Non Woven – Tegangan Normal 1

ASLI - TEGANGAN NORMAL 1							
Kode Beban		B6 + 3	4 + 14	9 + 19	X1	1	2
Beban (P) Kg/Kode		3 + 1	4	4	8	8	8
BEBAN KOMULATIF		4	8	12	20	28	36
No.	t (detik)						
1.	10	0	153	398	1016	1683	2305
2.	20	0	154	410	1034	1695	2308
3.	30	0	156	416	1048	1703	2308
4.	60	0	179	422	1076	1743	2408
5.	120	0	180	438	1118	1775	2480
6.	180	0	180	451	1152	1845	2500
7.	240	0	180	454	1165	1894	2500
8.	300	0	180	467	1175	1906	2500
9.	360	0		472	1184	1955	
10.	420	0		478	1184	1980	
11.	480	0		481	1194	1985	
12.	540	0		484	1194	1994	
13.	600	0		487	1205	2008	
14.	660	0		487	1205	2008	
15.	720	0		487	1205	2008	

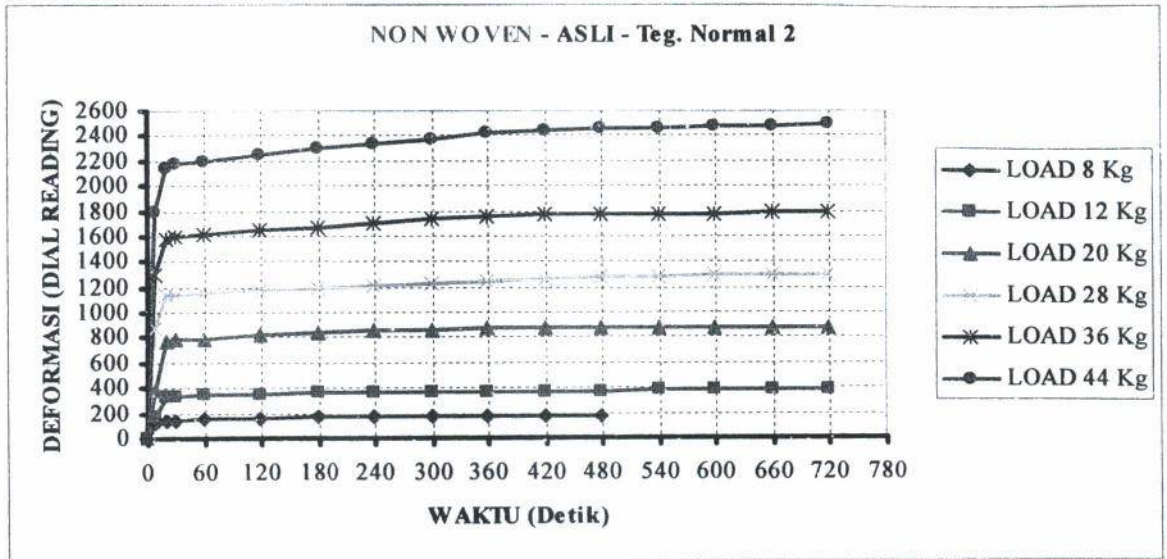


Gambar 4. 5. Grafik Deformasi dan Waktu - "Tanah Asli" – Non Woven – Teg. Normal 1

Gambar 4. 5 menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Dalam hal ini, beban tarik (terkomulatif) berbanding lurus terhadap waktu yang dibatasi hingga 12 menit (720 detik), dimana semakin bertambahnya beban tarik yang diberikan maka akan semakin terlihat perbedaan perubahan grafik dari masing – masing beban tarik (terkomulatif). Hal ini terjadi karena adanya proses perubahan antara kekuatan tarik geotekstil dan kekuatan geser tanah.

Tabel 4.7. Data CBPOT "Tanah Asli" – Non Woven – Tegangan Normal 2

ASLI - TEGANGAN NORMAL 2								
Kode Beban		B6 + 3	4 + 14	9 + 19	X1	1	2	17
Beban (P) Kg/Kode		3 + 1	4	4	8	8	8	8
BEBAN KOMULATIF		4	8	12	20	28	36	44
No.	t (detik)							
1.	10	0	130	335	768	1138	1584	2135
2.	20	0	141	340	785	1150	1600	2170
3.	30	0	144	345	797	1160	1614	2195
4.	60	0	154	355	818	1175	1643	2248
5.	120	0	160	364	845	1195	1668	2294
6.	180	0	170	368	855	1208	1710	2330
7.	240	0	170	370	864	1222	1735	2375
8.	300	0	170	374	870	1240	1758	2432
9.	360	0	176	376	874	1268	1768	2445
10.	420	0	176	377	877	1279	1775	2455
11.	480	0	176	378	883	1287	1778	2463
12.	540	0		380	885	1293	1782	2470
13.	600	0		384	887	1298	1786	2476
14.	660	0		387	887	1303	1794	2484
15.	720	0		387	887	1303	1794	2500

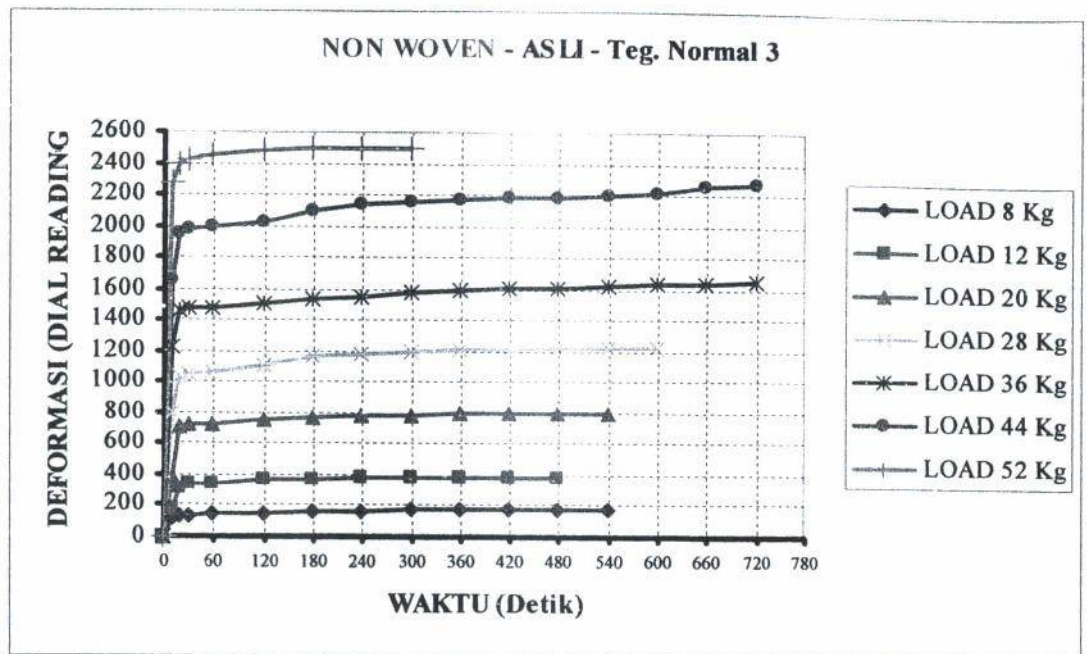


Gambar 4. 6. Grafik Deformasi dan Waktu - "Tanah Asli" – Non Woven – Teg. Normal 2

Gambar 4. 6. menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Sama halnya terhadap Gambar 4. 5, namun terdapat penambahan beban (terkomulatif) akibat tegangan normal yang diberikan semakin bertambah juga. Hal ini dilakukan karena akan mencari perbedaan hubungan tegangan dan regangan diantara ketiga beban yang diberikan berbeda terhadap setiap jenis tanah yang akan di uji CBPOT.

Tabel 4.8. Data CBPOT "Tanah Asli" – Non Woven – Tegangan Normal 3

ASLI - TEGANGAN NORMAL 3									
Kode Beban		B6 + 3	4 + 14	9 + 19	X1	1	2	17	16
Beban (P) Kg/Kode		3 + 1	4	4	8	8	8	8	8
BEBAN KOMULATIF		4	8	12	20	28	36	44	52
No.	t (detik)								
1.	10	0	118	315	705	1039	1458	1954	2397
2.	20	0	126	335	720	1054	1472	1975	2417
3.	30	0	132	340	727	1069	1484	1987	2448
4.	60	0	146	365	748	1103	1512	2028	2479
5.	120	0	150	375	768	1170	1535	2098	2500
6.	180	0	159	379	784	1180	1552	2142	2500
7.	240	0	165	387	787	1193	1577	2160	2500
8.	300	0	170	387	793	1204	1593	2174	
9.	360	0	172	387	796	1214	1604	2185	
10.	420	0	176	387	796	1220	1611	2193	
11.	480	0	176		796	1220	1620	2202	
12.	540	0	176			1220	1637	2211	
13.	600	0					1646	2260	
14.	660	0					1654	2271	
15.	720	0					1654	2271	

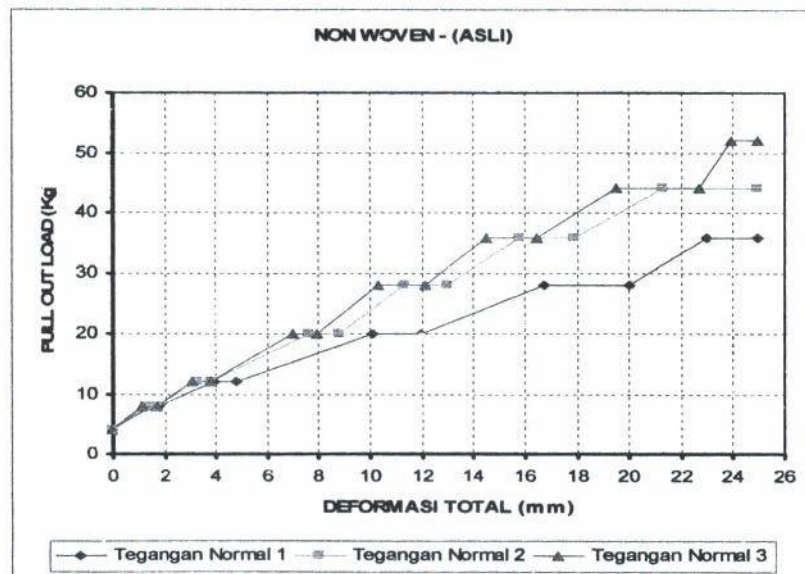


Gambar 4. 7. Grafik Deformasi dan Waktu - "Tanah Asli" – Non Woven – Teg. Normal 3

Gambar 4. 7. menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Hal ini sama seperti gambar 4. 5 dan 4. 6. Pengaruh tegangan normal maksimum diberikan pada tegangan yang ketiga ini, namun beban maksimum tegangan normal dibatasi sebesar 37,3 kg. Penjelasan ini karena adanya batasan pembebanan hingga tegangan normal maksimum (3) sebagai perbedaan pembanding terhadap tegangan normal 1 dan 2 pada pengujian CBPOT – Tanah Asli – Non Woven.

Tabel 4.9. Data CBPOT "Tanah Asli" – Non Woven – Hubungan Deformasi dan Load

Load (Kg)	Tegangan Normal 1	Tegangan Normal 2	Tegangan Normal 3
	Deformasi (mm)	Deformasi (mm)	Deformasi (mm)
4	0,00	0	0
8	1,53	1,30	1,18
8	1,80	1,76	1,76
12	3,98	3,35	3,15
12	4,87	3,87	3,87
20	10,16	7,68	7,05
20	12,05	8,87	7,96
28	16,83	11,38	10,39
28	20,08	13,03	12,20
36	23,05	15,84	14,58
36	25,00	17,94	16,54
44		21,35	19,54
44		25,00	22,71
52			23,97
52			25,00



Gambar 4. 8. Grafik Pull Out Load dan Deformasi Total - "Tanah Asli" – Non Woven

Gambar 4. 8, menjelaskan tentang grafik hubungan antara Pull out load dan deformasi total. Terlihat perbandingan grafik antara masing – masing tegangan

yaitu tegangan normal 1, 2, dan 3 akibat beban tarik (terkomulatif). Karena terjadi perubahan keruntuhan tarik akibat gaya tarik yang diberikan terhadap perbedaan tegangan normal yang diberikan maka terlihat perubahan grafik keruntuhan tarik geotekstil Non Woven pada tanah asli.

Dari hasil pengujian yang direncanakan sesuai dengan batasan dimensi pada Cell Box Pull-Out Test (CBPOT) maka pada pelaksanaan pemadatan tanah untuk Tanah Asli yang menggunakan geotekstil jenis Woven dan Non Woven ini adalah

Tabel 4.10. Pukulan Per Lapisan "Tanah Asli" – Woven dan Non Woven

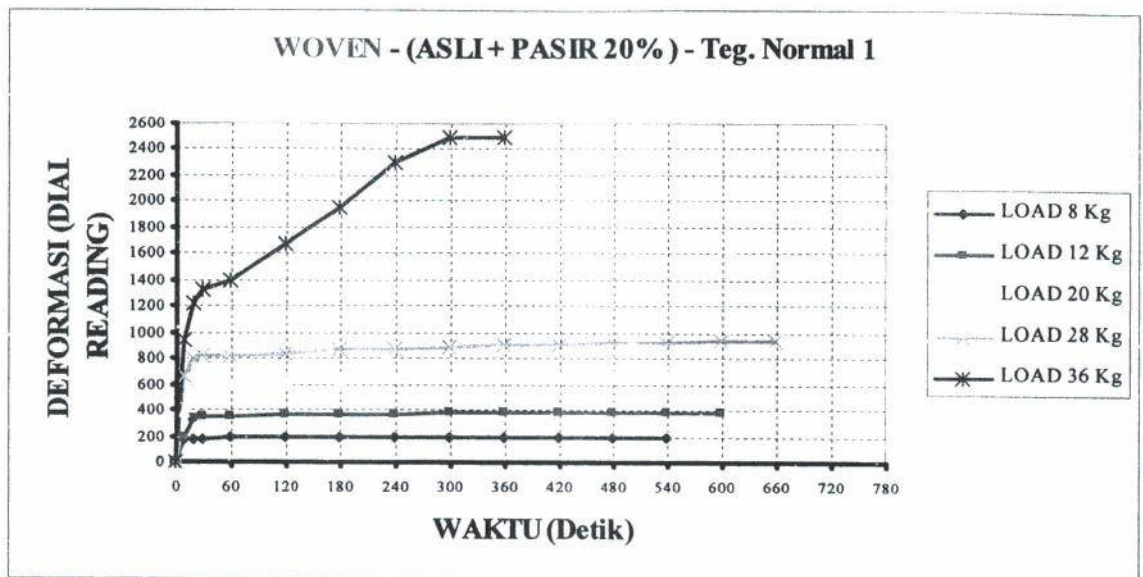
Pukulan Per Lapisan :		
Lapisan 1	19 Pukulan	5 Cm
Lapisan 2	8 Pukulan	4 Cm
Lapisan 3	48 Pukulan	6 Cm

IV. 2. 3. Penyajian Data dan Grafik yang Dihasilkan dari Pengujian CBPOT

– "Tanah Asli + Pasir 20%" untuk Woven

Tabel 4.11 Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 20%" –Woven – Teg. Normal I
(ASLI + PASIR 20 %) - TEGANGAN NORMAL I

Kode Beban		B6 + 3	4 +14	9 + 19	X1	16	17
Beban (P) Kg/Kode		3 + 1	4	4	8	8	8
BEBAN KOMULATIF		4	8	12	20	28	36
No.	t (detik)						
1.	10	0	174	330	577	800	1230
2.	20	0	178	344	590	814	1320
3.	30	0	182	351,5	600	820	1398
4.	60	0	187	360	615	839	1668
5.	120	0	191	368	632	864	1955
6.	180	0	193	375	638	878	2303
7.	240	0	194	377,5	644	893	2492
8.	300	0	194	379	647,5	906	2500
9.	360	0	197,5	383	652	914	2500
10.	420	0	197,5	384,5	654,5	922	2500
11.	480	0	197,5	386,5	658	928	
12.	540	0	200	387	658	936	
13.	600	0	200	387	658	940	
14.	660	0	200	387		940	
15.	720	0	200	387		940	

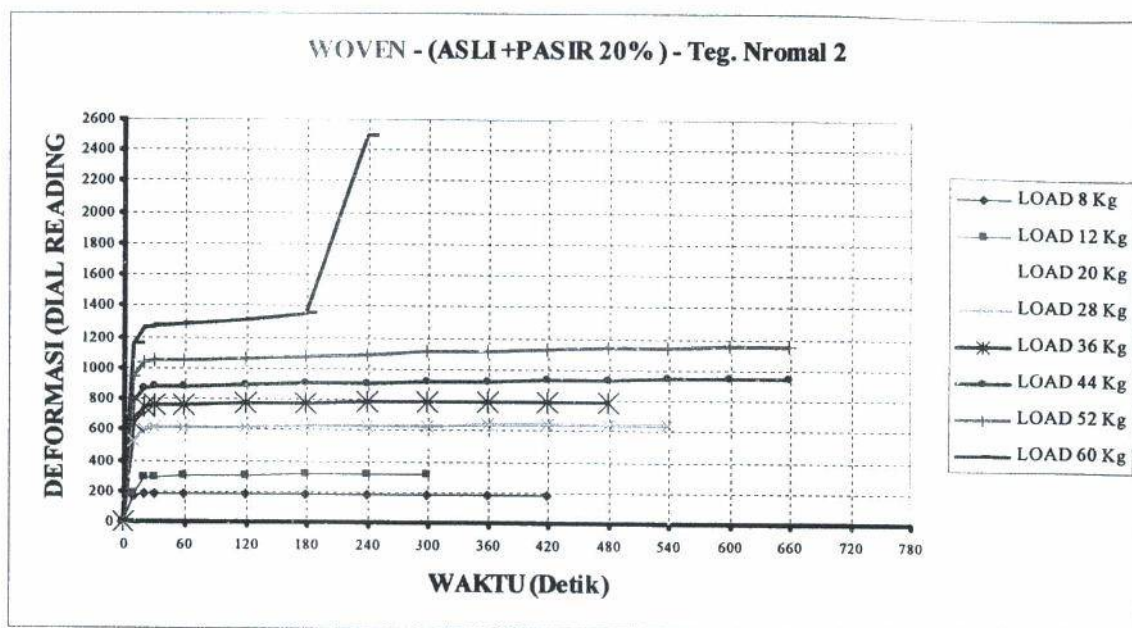


Gambar 4. 9. Grafik Deformasi dan Waktu - “Tanah Asli + Pasir 20%” – Woven – Teg. 1

Gambar 4. 9 menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Dalam hal ini, beban tarik (terkomulatif) berbanding lurus terhadap waktu yang dibatasi hingga 12 menit (720 detik), dimana semakin bertambahnya beban tarik yang diberikan maka akan semakin terlihat perbedaan perubahan grafik dari masing – masing beban tarik (terkomulatif). Hal ini terjadi karena adanya proses perubahan antara kekuatan tarik geotekstil dan kekuatan geser tanah.

Tabel 4.12. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 20%" -Woven - Teg. Normal 2
(ASLI + PASIR 20 %) - TEGANGAN NORMAL 2

Kode Beban		B6 +	3	4 +14	9 + 19	X1	16	17	11	12	6	
Beban (P) Kg/Kode		3 + 1	4	4	8	8	8	8	8	8	8	
BEBAN KOMULATIF		4	8	12	20	28	36	44	52	60		
No.	t (detik)											
1.	10	0	167	287	480	608	750	870	1038	1260	179	
2.	20	0	179	293	487	613,5	757	876	1047	1274	195	
3.	30	0	180	296	490	615	762	880	1054	1283	199	
4.	60	0	184	305	502	623	771	890	1067,5	1313	201	
5.	120	0	186,5	310	508	628	777,5	901	1083	1350	226	
6.	180	0	188	313	512	633,5	783	908	1094,5	1374	250	
7.	240	0	189	314	514	636	786,5	915	1111	1421	250	
8.	300	0	189	314	516	639	789,5	922	1122	1460	250	
9.	360	0	189	314	517	640	793	928	1132	1487		
10.	420	0	189	314	518,5	643	794	934	1139	1522		
11.	480	0			521	644	794	941	1146	1551		
12.	540	0			522	644	794	947	1151	1578		
13.	600	0			522	644		950	1154	1615		
14.	660	0			522	644		950	1154	1694		
15.	720	0						950	1154	1750		

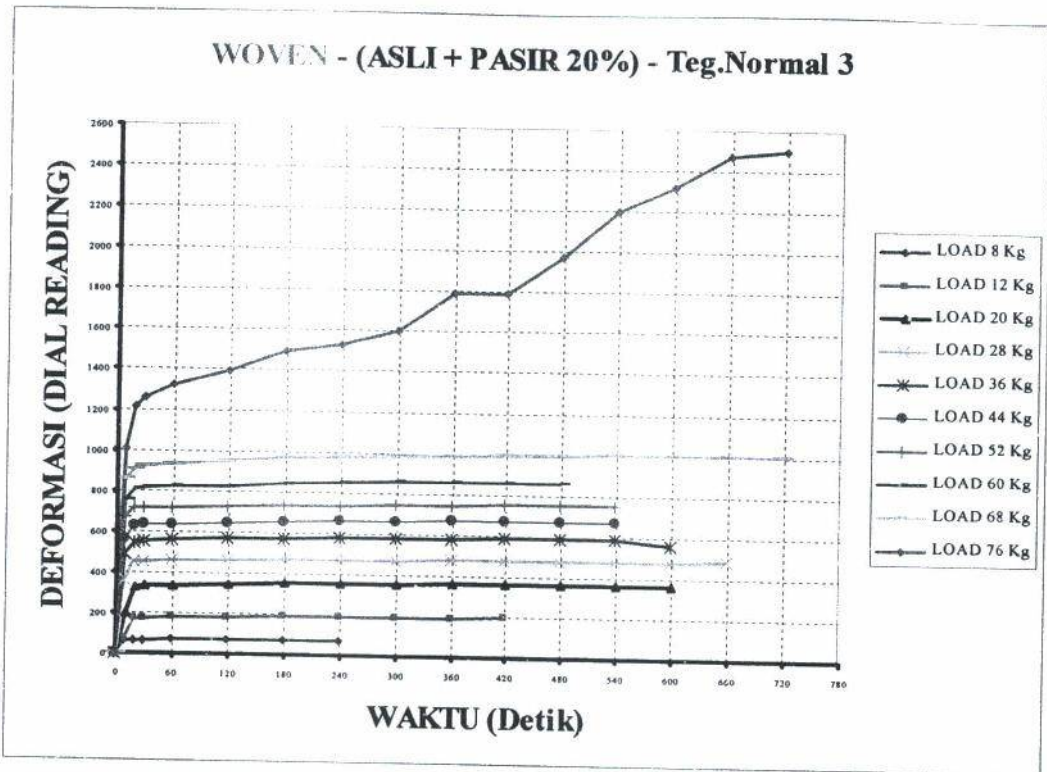


Gambar 4. 10. Grafik Deformasi dan Waktu - “Tanah Asli + Pasir 20%” – Woven – Teg. 2

Gambar 4. 10. menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Sama halnya terhadap Gambar 4. 9, namun terdapat penambahan beban (terkomulatif) akibat tegangan normal yang diberikan semakin bertambah juga. Hal ini dilakukan karena akan mencari perbedaan hubungan tegangan dan regangan diantara ketiga beban yang diberikan berbeda terhadap setiap jenis tanah yang akan di uji CBPOT.

4.13. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 20%" - Woven - Teg. Normal 3

(ASLI + PASIR 20%) - TEGANGAN NORMAL 3														
Kode Beban	B6 + 3	4 + 14	9 + 19	X1	1	2	7	B7	B8	6	12			
Beban (P) Kg/Kode	3 + 1	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8			
BEBAN KOMULATIF	4	8	12	20	28	36	44	52	60	68	76			
No.	t (deflek)													
1.	10	0	63	170	328	450	547	628	714	810	907	1059	1977	
2.	20	0	65	175	334	455	550	634	716	814	925	1070	2200	
3.	30	0	66	178	338	458,5	558	638	719	820	935	1075	2315	
4.	60	0	68	183	344	464	568	646	724	828	951,5	1086	2471	
5.	120	0	69,5	190	351,5	469	574	654	733	843	971	1100	2500	
6.	180	0	71	191,5	356	473	579	661	737	852	977,5	1108	2500	
7.	240	0	76	193	357,5	474,5	581	665	741	858	983,5	1116		
8.	300	0	76	194	358,5	477,5	584	667	745	860	989	1217		
9.	360	0	76	195	360	479	586,5	669	747,5	862	994	1257		
10.	420	0	76	195	361,5	480	587,5	670	753	863	999	1321		
11.	480	0		195	362	483	589	671	755	863	1003,5	1394		
12.	540	0		195	363	484	560	671	755	863	1007	1494		
13.	600	0			363	485	560	671	755		1009	1530		
14.	660	0			363	485	560	671	755		1010	1607		
15.	720	0			363	485	560				1010	1790		

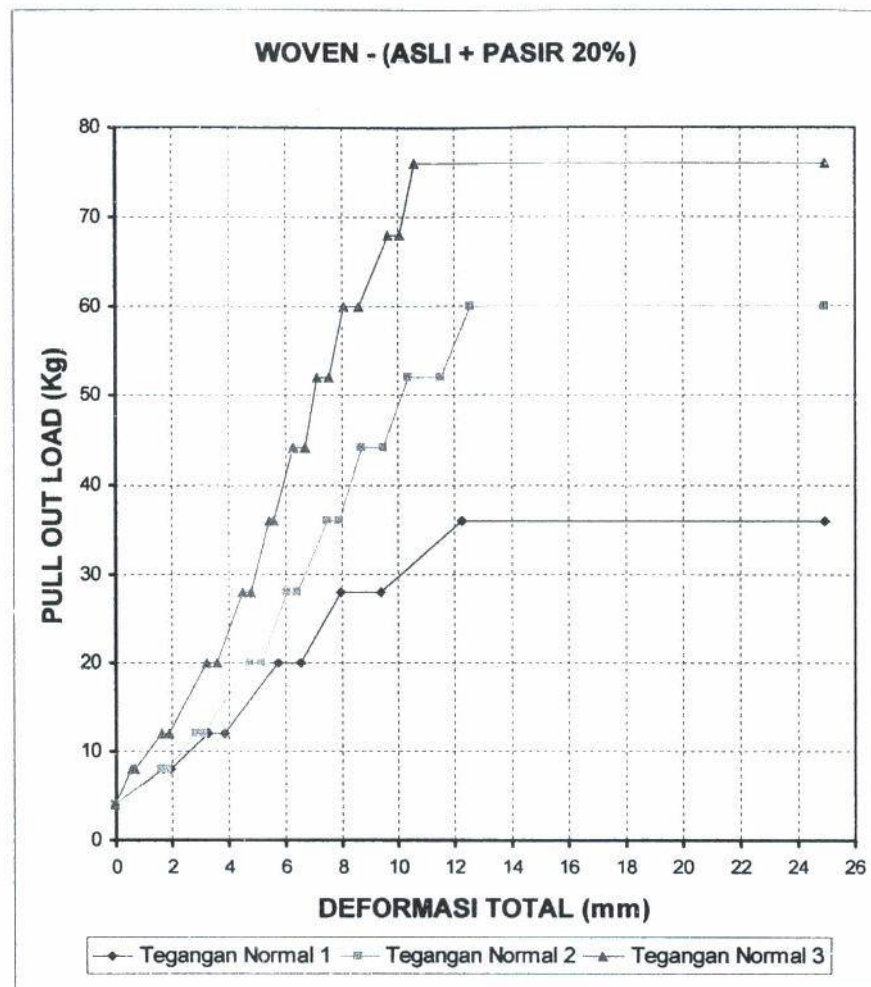


Gambar 4. 11. Grafik Deformasi dan Waktu - "Tanah Asli + Pasir 20%" – Woven – Teg. 3

Gambar 4. 11. menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Hal ini sama seperti gambar 4. 9 dan 4. 10. Pengaruh tegangan normal maksimum diberikan pada tegangan yang ketiga ini, namun beban maksimum tegangan normal dibatasi sebesar 37,3 kg. Penjelasan ini karena adanya batasan pembebanan hingga tegangan normal maksimum (3) sebagai perbedaan pembandingan terhadap tegangan normal 1 dan 2 pada pengujian CBPOT – Tanah Asli + Pasir 20% –Woven.

Tabel 4.14. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 20%" – Woven – Hubungan Deformasi dan Load

Load (Kg)	Tegangan Normal 1	Tegangan Normal 2	Tegangan Normal 3
	Deformasi (mm)	Deformasi (mm)	Deformasi (mm)
4	0,00	0	0
8	1,74	1,67	0,63
8	2,00	1,89	0,76
12	3,30	2,87	1,70
12	3,87	3,14	1,95
20	5,77	4,80	3,28
20	6,58	5,22	3,63
28	8,00	6,08	4,50
28	9,40	6,44	4,85
36	12,30	7,50	5,47
36	25,00	7,94	5,60
44		8,70	6,28
44		9,50	6,71
52		10,38	7,14
52		11,54	7,55
60		12,60	8,10
60		25,00	8,63
68			9,67
68			10,10
76			10,59
76			25,00



Gambar 4. 12. Grafik Pull Out Load dan Deformasi Total - “Tanah Asli + Pasir 20%” – Woven

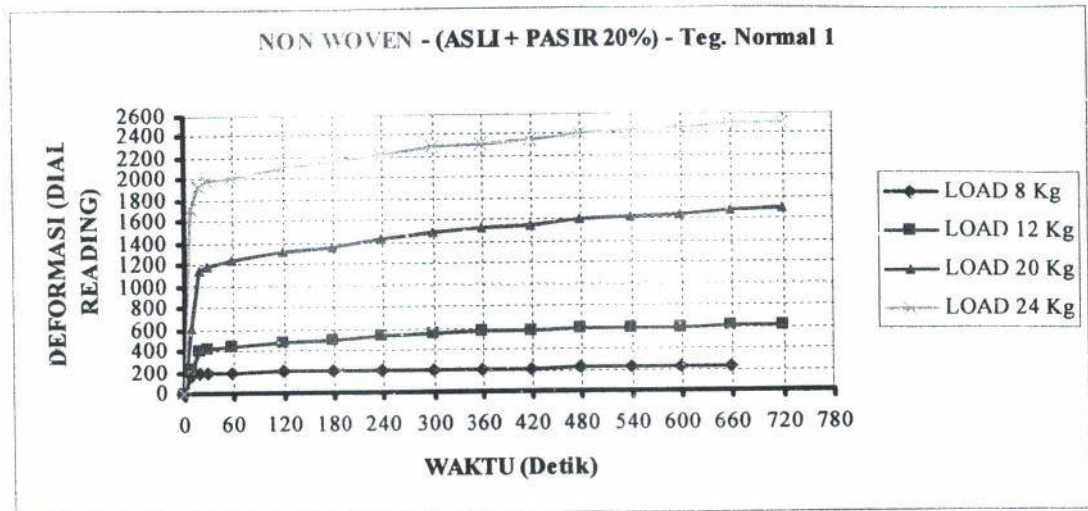
Gambar 4. 12, menjelaskan tentang grafik hubungan antara Pull out load dan deformasi total. Terlihat perbandingan grafik antara masing – masing tegangan yaitu tegangan normal 1, 2, dan 3 akibat beban tarik (terkomulatif). Karena terjadi perubahan keruntuhan tarik akibat gaya tarik yang diberikan terhadap perbedaan tegangan normal yang diberikan maka terlihat perubahan grafik keruntuhan tarik geotekstil Woven pada “tanah asli + pasir 20%”.

IV. 2. 4. Penyajian Data dan Grafik yang Dihasilkan dari Pengujian CBPOT

– "Tanah Asli + Pasir 20%" untuk Non Woven

Tabel 4.15. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 20%" – Non Woven – Tegangan 1
(ASLI + PASIR 20 %) - TEGANGAN NORMAL 1

Kode Beban		B6 + 3	4 + 14	9 + 19	X1	18
Beban (P) Kg/Kode		3 + 1	4	4	8	4
BEBAN KOMULATIF		4	8	12	20	24
No.	t (detik)					
1.	10	0	172	398	1150	1940
2.	20	0	183	420	1185	1984
3.	30	0	187	438	1240	2015
4.	60	0	194	470	1327	2097
5.	120	0	203,5	505	1355	2165
6.	180	0	204	528	1427	222
7.	240	0	208	548	1482	2290
8.	300	0	213,5	565	1524	2313
9.	360	0	214	577	1553	2350
10.	420	0	218,5	583,5	1604	2405
11.	480	0	225	590	1623	2453
11.	540	0	229	597	1646	2473
12.	600	0	233	605	1677	2500
13.	660	0	233	605	1703	2500
14.	720	0	233	605	1723	2500

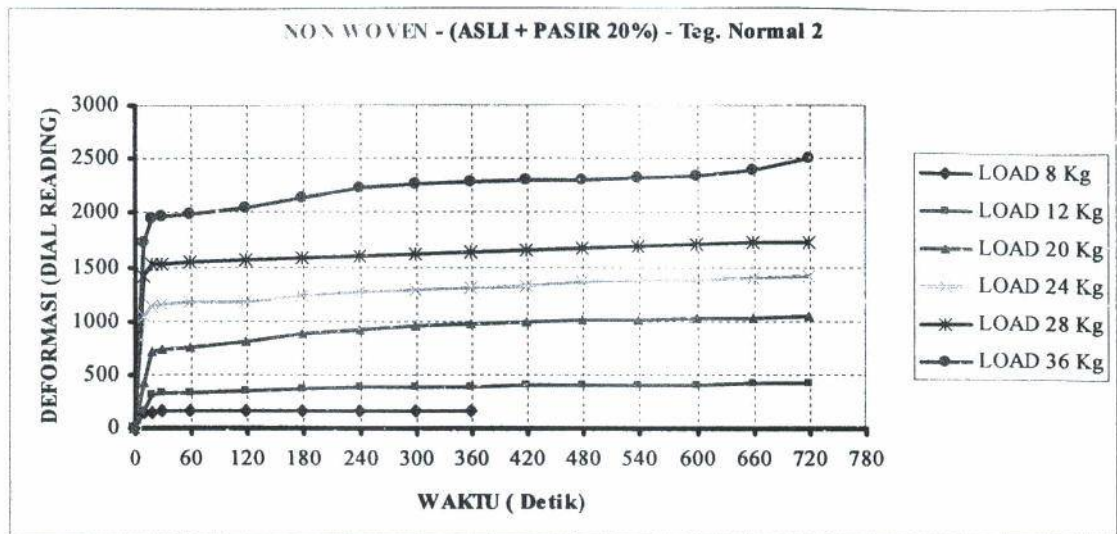


Gambar 4. 13. Grafik Deformasi dan Waktu - “Tanah Asli + Pasir 20%” – Non Woven – Teg. 1

Gambar 4. 13 menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Dalam hal ini, beban tarik (terkomulatif) berbanding lurus terhadap waktu yang dibatasi hingga 12 menit (720 detik), dimana semakin bertambahnya beban tarik yang diberikan maka akan semakin terlihat perbedaan perubahan grafik dari masing – masing beban tarik (terkomulatif). Hal ini terjadi karena adanya proses perubahan antara kekuatan tarik geotekstil dan kekuatan geser tanah.

Tabel 4.16. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 20%" - Non Woven - Tegangan 2
(ASLI + PASIR 20 %) - TEGANGAN NORMAL 2

Kode Beban		B6 + 3	4 + 14	9 + 19	X1	13	8	16	
Beban (P) Kg/Kode		3 + 1	4	4	8	4	4	8	
BEBAN KOMULATIF		4	8	12	20	24	28	36	
No.	t (detik)								
1.	10	0	146	316	720	1149	1520	1955	2465
2.	20	0	153	326	740	1160	1532	1973	2484
3.	30	0	160	337	760	1170	1540	1989	2500
4.	60	0	167	354	805	1187	1559	2047	2500
5.	120	0	173	368	876	1226	1583	2137	2500
6.	180	0	174	378	917	1265	1604	2218	
7.	240	0	174	386	948	1289	1625	2262	
8.	300	0	174	391	974	1310	1644	2281	
9.	360	0	174	398	988	1333	1661	2294	
10.	420	0		404	1004	1354	1673	2307	
11.	480	0		409	1017	1374	1692	2327	
12.	540	0		413,5	1028	1387	1707	2346	
13.	600	0		415	1038	1399	1724	2401	
14.	660	0		415	1050	1415	1735	2429	
15.	720	0		415	1050	1415	1735	2447	

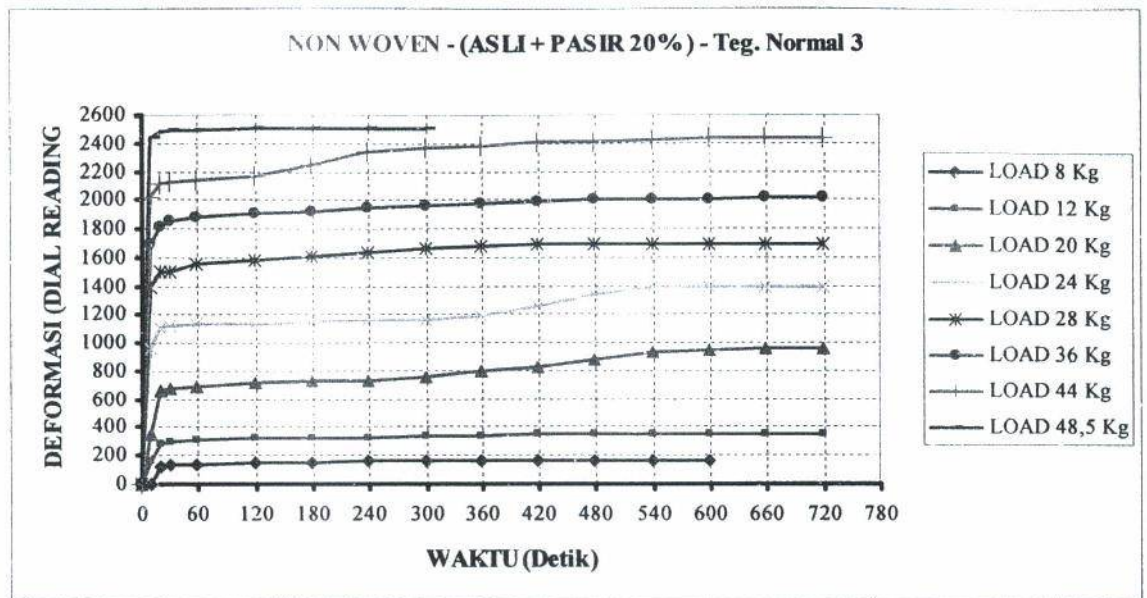


Gambar 4. 14. Grafik Deformasi dan Waktu - “Tanah Asli + Pasir 20%” – Non Woven – Teg. 2

Gambar 4. 14. menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Sama halnya terhadap Gambar 4. 13, namun terdapat penambahan beban (terkomulatif) akibat tegangan normal yang diberikan semakin bertambah juga. Hal ini dilakukan karena akan mencari perbedaan hubungan tegangan dan regangan diantara ketiga beban yang diberikan berbeda terhadap setiap jenis tanah yang akan di uji CBPOT.

Tabel 4.17. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 20%" – Non Woven – Tegangan 3
(ASLI + PASIR 20 %) - TEGANGAN NORMAL 3

Kode Beban	B6 + 3	4 + 14	9 + 19	X1	13	8	16	17	X2	
Beban (P) Kg/Kode	3 + 1	4	4	8	4	4	8	8	4,5	
BEBAN KOMULATIF	4	8	12	20	24	28	36	44	48,5	
lo.	t (detik)									
1.	10	0	120	287	668	1117	1501	1820	2118	2477
2.	20	0	131	298	682	1125	1509	1857	2129	2487
3.	30	0	139	309	690	1133	1551	1888	2142	2494
4.	60	0	146	320	711	1141	1590	1913	2173	2500
5.	120	0	154	325	727	1150	1615	1928	2254	2500
6.	180	0	156	330	733	1160	1637	1948	2338	2500
7.	240	0	156	337	757	1171	1660	1964	2367	2500
8.	300	0	158	344	800	1190	1678	1977	2386	
9.	360	0	158,5	346	820	1254	1690	1990	2404	
0.	420	0	158,5	349	874	1343	1694	2005	2411	
1.	480	0	158,5	351	930	1398	1696	2007	2427	
2.	540	0	158,5	353	950	1398	1697	2009	2444	
3.	600	0		355	962	1398	1698	2011	2444	
4.	660	0		356	963	1398	1699	2013	2444	
5.	720	0		356	964		1699	2013	2444	

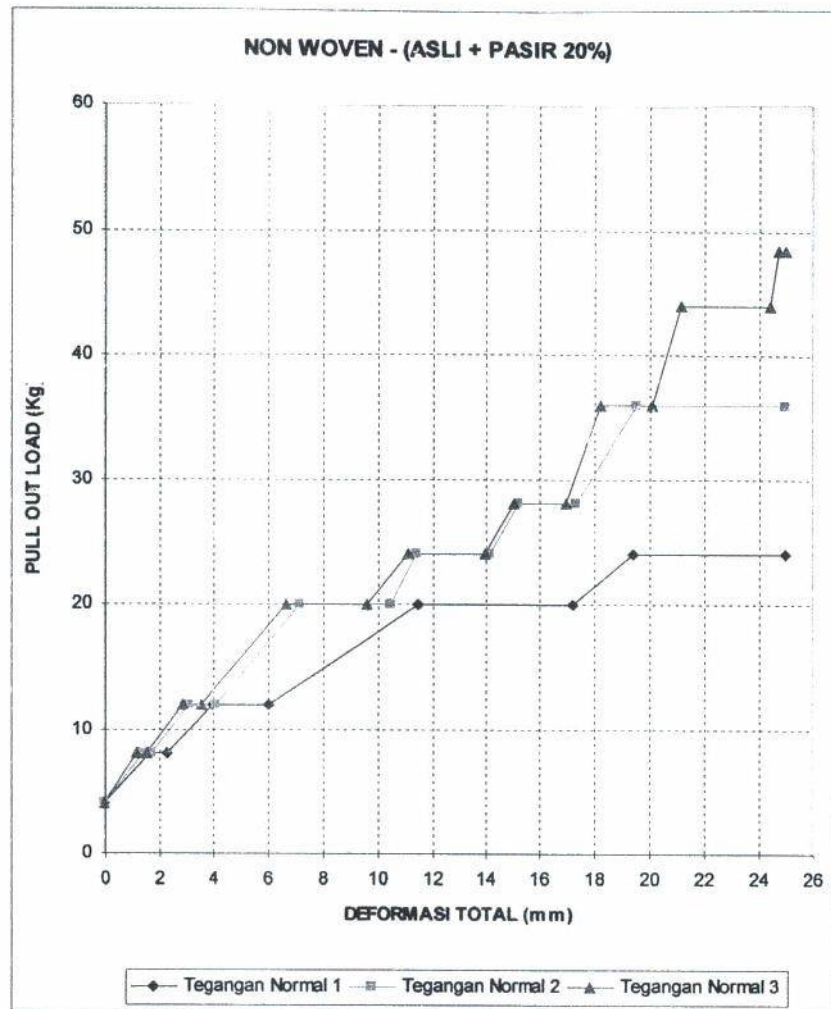


Gambar 4. 15. Grafik Deformasi dan Waktu - "Tanah Asli + Pasir 20%" – Non Woven – Teg. 3

Gambar 4. 15. menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Hal ini sama seperti gambar 4. 13. dan 4. 14. Pengaruh tegangan normal maksimum diberikan pada tegangan yang ketiga ini, namun beban maksimum tegangan normal dibatasi sebesar 37,3 kg. Penjelasan ini karena adanya batasan pembebanan hingga tegangan normal maksimum (3) sebagai perbedaan pembandingan terhadap tegangan normal 1 dan 2 pada pengujian CBPOT – "Tanah Asli + Pasir 20%" – Non Woven.

Tabel 4.18. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 20%" – Non Woven – Hubungan Deformasi dan Load

Load (Kg)	Tegangan Normal 1	Tegangan Normal 2	Tegangan Normal 3
	Deformasi (mm)	Deformasi (mm)	Deformasi (mm)
4	0,00	0	0
8	1,72	1,46	1,20
8	2,33	1,74	1,59
12	3,98	3,16	2,87
12	6,05	4,15	3,56
20	11,50	7,20	6,68
20	17,23	10,50	9,64
24	19,40	11,49	11,17
24	25,00	14,15	13,98
28		15,20	15,01
28		17,35	16,99
36		19,55	18,20
36		25,00	20,13
44			21,18
44			24,44
48,5			24,77
48,5			25,00



Gambar 4. 16. Grafik Pull Out Load dan Deformasi Total - “Tanah Asli + Pasir 20%” – Non Woven

Gambar 4. 16, menjelaskan tentang grafik hubungan antara Pull out load dan deformasi total. Terlihat perbandingan grafik antara masing – masing tegangan yaitu tegangan normal 1, 2, dan 3 akibat beban tarik (terkomulatif). Karena terjadi perubahan keruntuhan tarik akibat gaya tarik yang diberikan terhadap perbedaan tegangan normal yang diberikan maka terlihat perubahan grafik keruntuhan tarik geotekstil Non Woven pada “tanah asli + pasir 20%”.

Dari hasil pengujian yang direncanakan sesuai dengan batasan dimensi pada Cell Box Pull-Out Test (CBPOT) maka pada pelaksanaan pemadatan tanah untuk Tanah Asli yang menggunakan geotekstil jenis Woven dan Non Woven ini adalah

Tabel 4.19. Pukulan Per Lapisan "Tanah Asli + Pasir 20%" – Woven dan Non Woven

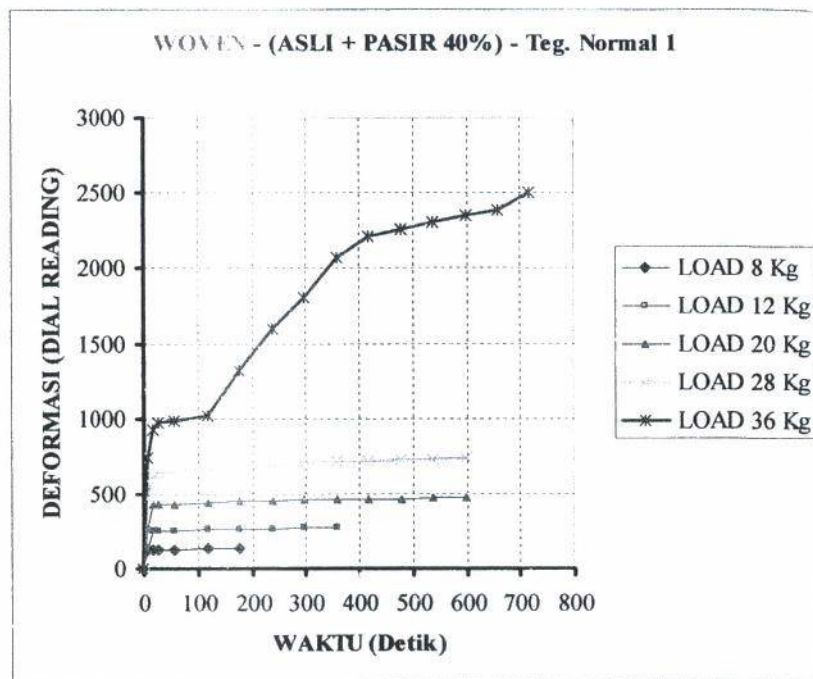
Pukulan Per Lapisan :		
Lapisan 1	12 Pukulan	5 Cm
Lapisan 2	7 Pukulan	4 Cm
Lapisan 3	28 Pukulan	6 Cm

IV. 2. 5. Penyajian Data dan Grafik yang Dihasilkan dari Pengujian CBPOT

– "Tanah Asli + Pasir 40%" untuk Woven

Tabel 4.20. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 40%" -Woven – Tegangan 1

ASLI + PASIR 40 %- TEGANGAN NORMAL 1							
Kode Beban		B6 + 3	4 +14	9 + 19	X1	1	2
Beban (P) Kg/Kode		3 + 1	4	4	8	8	8
BEBAN KOMULATIF		4	8	12	20	28	36
No.	t (detik)						
1.	10	0	126	253	423	624	928
2.	20	0	129	257	429,5	642	969
3.	30	0	130	259	434	651	989
4.	60	0	132	264	439	670	1024
5.	120	0	134	268	450	685	1326
6.	180	0	135	271	455	697	1593
7.	240	0	135	273,5	459,5	708	1810
8.	300	0	135	274,5	464	714	2073
9.	360	0	135	274,5	466	719	2215
10.	420	0		274,5	468	724	2264
11.	480	0		274,5	470	733	2306
11.	540	0			471	736	2353
12.	600	0			471	736	2385
13.	660	0			471	736	2500
14.	720	0			471	736	2500

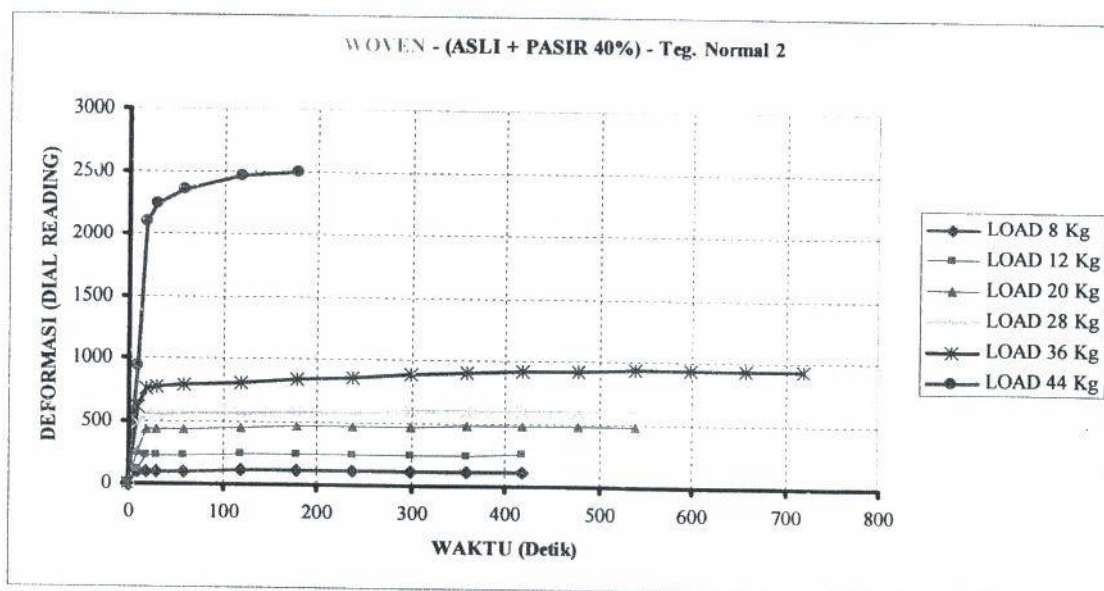


Gambar 4. 17. Grafik Deformasi dan Waktu - “Tanah Asli + Pasir 40%” –Woven – Teg. 1

Gambar 4. 17 menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Dalam hal ini, beban tarik (terkomulatif) berbanding lurus terhadap waktu yang dibatasi hingga 12 menit (720 detik), dimana semakin bertambahnya beban tarik yang diberikan maka akan semakin terlihat perbedaan perubahan grafik dari masing – masing beban tarik (terkomulatif). Hal ini terjadi karena adanya proses perubahan antara kekuatan tarik gcotekstil dan kekuatan geser tanah.

Tabel 4.21. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 40%" – Woven – Tegangan 2
(ASLI + PASIR 40 %) - TEGANGAN NORMAL 2

Kode Beban		B6 + 3	4 +14	9 + 19	X1	1	2	17
Beban (P) Kg/Kode		3 + 1	4	4	8	8	8	8
BEBAN KOMULATIF		4	8	12	20	28	36	44
No.	t (detik)							
1.	10	0	93	225	430	546	761	2100
2.	20	0	100	231	439	556	776	2231
3.	30	0	103	235	445	561	788	2347
4.	60	0	105	239	455	571	808	2461
5.	120	0	109	246	466	584	838	2500
6.	180	0	110	247	473	591,5	858	2500
7.	240	0	111	249	477	597	888	2500
8.	300	0	111	251	480	601	909	
9.	360	0	111	252	482	604	923	
10.	420	0	111	252	484	608	931	
11.	480	0		252	485	610	936,5	
12.	540	0		252	485	612	944	
13.	600	0			485	612	946	
14.	660	0			485	612	947	
15.	720	0				612	947	

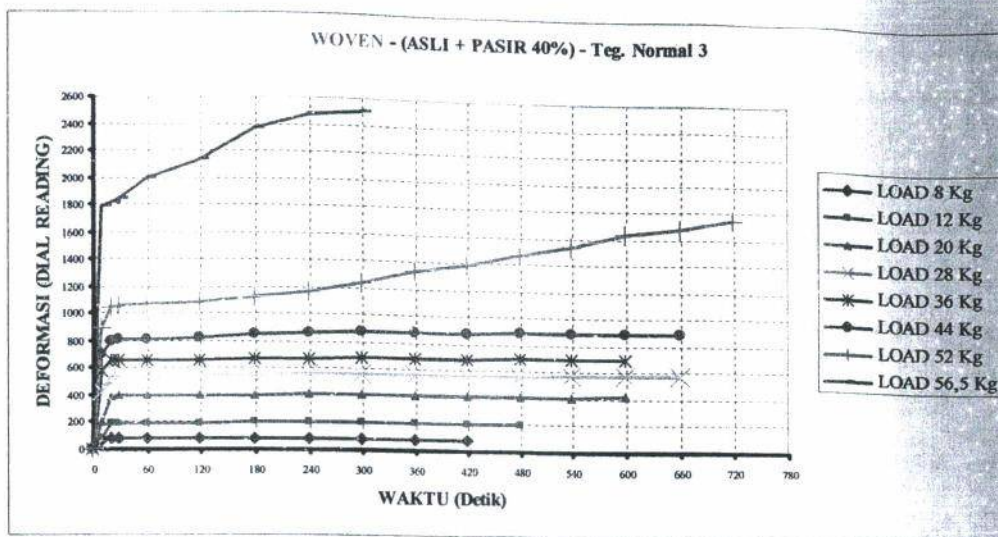


Gambar 4. 18. Grafik Deformasi dan Waktu - "Tanah Asli + Pasir 40%" – Woven – Teg. 2

Gambar 4. 18. menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Sama halnya terhadap Gambar 4. 17, namun terdapat penambahan beban (terkomulatif) akibat tegangan normal yang diberikan semakin bertambah juga. Hal ini dilakukan karena akan mencari perbedaan hubungan tegangan dan regangan diantara ketiga beban yang diberikan berbeda terhadap setiap jenis tanah yang akan di uji CBPOT.

Tabel 4.22. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 40%" - Woven - Tegangan 3
(ASLI + PASIR 40 %) - TEGANGAN NORMAL 3

Kode Beban	B6 + 3	4 +14	9 + 19	X1	1	2	17	16	X2	
Beban (P) Kg/Kode	3 + 1	4	4	8	8	8	8	8	4,5	
BEBAN KOMULATIF	4	8	12	20	28	36	44	52	56,5	
No.	t (detik)									
1.	10	0	75	190	387	533	654	800	1044	1810
2.	20	0	79	193	393	538	658	808	1059	1850
3.	30	0	80	194	395	540	661	814	1071	2000
4.	60	0	82,5	198,5	400	547,5	666,5	828	1093	2130
5.	120	0	83	206	405	556,5	673	848	1130	2360
6.	180	0	87	207,5	409	560	678	865	1167	2475
7.	240	0	87	208	412	562,5	686,5	874	1235	2500
8.	300	0	87	209	415	564	690	881	1335	2500
9.	360	0	87	210	417	567	694	885	1395	2500
10.	420	0	87	211	418	569	696,5	890	1466	
11.	480	0		211	419	571,5	699	893,5	1546	
12.	540	0		211	420	573	701	897	1638	
13.	600	0		211	420	574	701	900	1677	
14.	660	0			420	574	701	900	1747	
15.	720	0			420	574	701	900	1783	

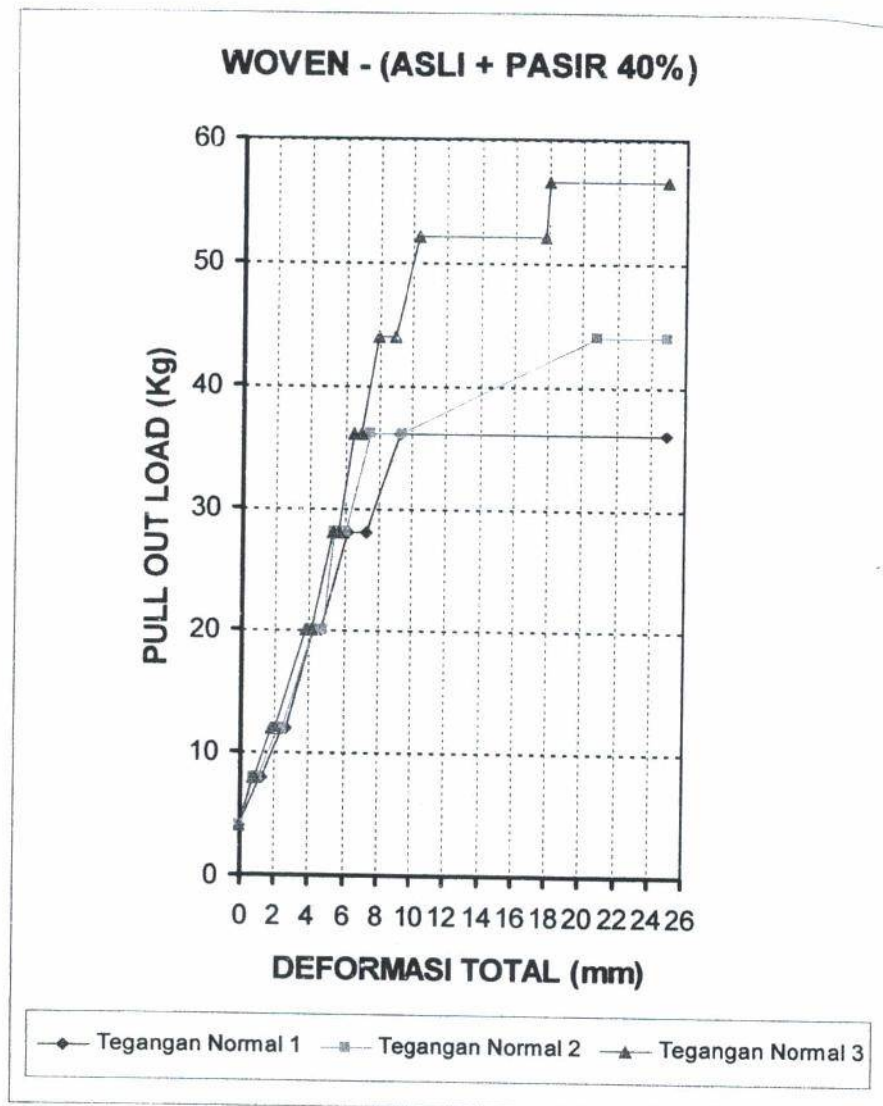


Gambar 4. 19. Grafik Deformasi dan Waktu - "Tanah Asli + Pasir 40%" –Woven – Teg. 3

Gambar 4. 19. menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Hal ini sama seperti gambar 4. 17 dan 4. 18. Pengaruh tegangan normal maksimum diberikan pada tegangan yang ketiga ini, namun beban maksimum tegangan normal dibatasi sebesar 37,3 kg. Penjelasan ini karena adanya batasan pembebanan hingga tegangan normal maksimum (3) sebagai perbedaan pembandingan terhadap tegangan normal 1 dan 2 pada pengujian CBPOT – "Tanah Asli + Pasir 40%" – Woven.

Tabel 4.23. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 40%" – Woven – Hubungan Deformasi dan Load

Load (Kg)	Tegangan Normal 1	Tegangan Normal 2	Tegangan Normal 3
	Deformasi (mm)	Deformasi (mm)	Deformasi (mm)
4	0,00	0	0
8	1,26	0,93	0,75
8	1,35	1,11	0,87
12	2,53	2,25	1,90
12	2,75	2,52	2,11
20	4,23	4,30	3,87
20	4,71	4,85	4,20
28	6,24	5,46	5,33
28	7,36	6,12	5,74
36	9,28	7,61	6,54
36	25,00	9,47	7,01
44		21,00	8,00
44		25,00	9,00
52			10,44
52			17,83
56,5			18,10
56,5			25,00



Gambar 4. 20. Grafik Pull Out Load dan Deformasi Total - “Tanah Asli + Pasir 40%” – Woven

Gambar 4. 20, menjelaskan tentang grafik hubungan antara Pull out load dan deformasi total. Terlihat perbandingan grafik antara masing – masing tegangan yaitu tegangan normal 1, 2, dan 3 akibat beban tarik (terkomulatif). Karena terjadi perubahan keruntuhan tarik akibat gaya tarik yang diberikan terhadap perbedaan tegangan normal yang diberikan maka terlihat perubahan grafik keruntuhan tarik geotekstil Woven pada “tanah asli + pasir 40%”.

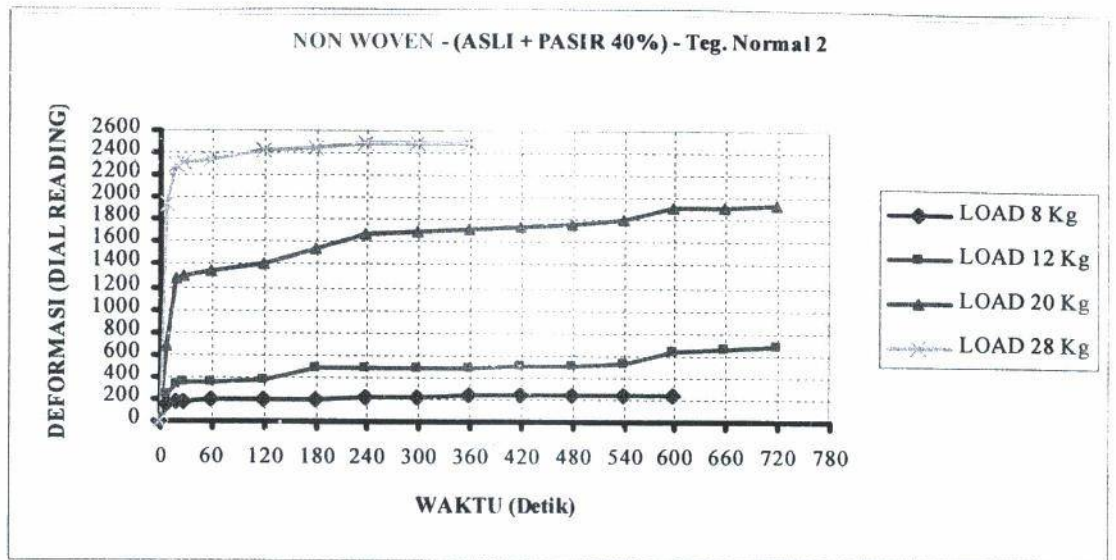
**IV. 2. 6. Penyajian Data dan Grafik yang Dihasilkan dari Pengujian CBPOT
– "Tanah Asli + Pasir 40%" untuk Non Woven**

Tabel 4.24. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 40%" – Non Woven – Tegangan I
(ASLI + PASIR 40 %) - TEGANGAN NORMAL I

Kode Beban		B6 + 3	4 + 14	9 + 19	X1
Beban (P) Kg/Kode		3 + 1	4	4	8
BEBAN KOMULATIF		4	8	12	20
No.	t (detik)				
1.	10	0	182	488	1420
2.	20	0	194	510	1510
3.	30	0	204	526	1595
4.	60	0	218	550	1767
5.	120	0	234	589	1948
6.	180	0	236	617	2101
7.	240	0	240	639	2203
8.	300	0	240	651	2283
9.	360	0	240	660	2384
10.	420	0	240	669	2455
11.	480	0		674	2500
11.	540	0		679	2500
12.	600	0		688	2500
13.	660	0		688	2500
14.	720	0		688	

Tabel 4.25. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 40%" – Non Woven – Tegangan 2
(ASLI + PASIR 40 %) - TEGANGAN NORMAL 2

Kode Beban		B6 + 3	4 + 14	9 + 19	X1	1
Beban (P) Kg/Kode		3 + 1	4	4	8	8
BEBAN KOMULATIF		4	8	12	20	28
No.	t (detik)					
1.	10	0	162	335	1288	2291
2.	20	0	168	352	1308	2316
3.	30	0	175	359	1335	2330
4.	60	0	188	365	1410	2415
5.	120	0	196	476	1537	2447
6.	180	0	207	480	1682	2500
7.	240	0	217	485	1704	2500
8.	300	0	220	493	1716	2500
9.	360	0	233	504	1740	
10.	420	0	237	512	1764	
11.	480	0	237	534	1796	
12.	540	0	237	630	1913	
13.	600	0	237	670	1925	
14.	660	0		677	1928	
15.	720	0		677	1928	

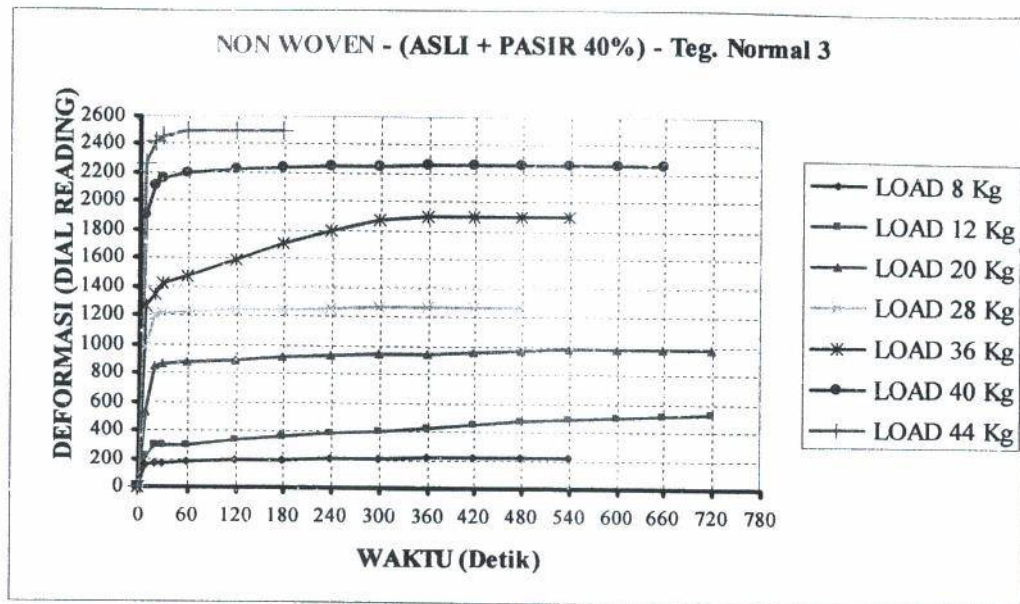


Gambar 4. 22. Grafik Deformasi dan Waktu - “Tanah Asli + Pasir 40%” – Non Woven – Teg. 2

Gambar 4. 22. menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Sama halnya terhadap Gambar 4. 21, namun terdapat penambahan beban (terkomulatif) akibat tegangan normal yang diberikan semakin bertambah juga. Hal ini dilakukan karena akan mencari perbedaan hubungan tegangan dan regangan diantara ketiga beban yang diberikan berbeda terhadap setiap jenis tanah yang akan di uji CBPOT.

Tabel 4.26. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 40%" – Non Woven – Tegangan 3

(ASLI + PASIR 40 %) - TEGANGAN NORMAL 3									
Kode Beban		B6 + 3	4 + 14	9 + 19	X1	1	2	13	8
Beban (P) Kg/Kode		3 + 1	4	4	8	8	8	4	4
BEBAN KOMULATIF		4	8	12	20	28	36	40	44
No.	t (detik)								
1.	10	0	156	293	856	1205	1350	2105	2413
2.	20	0	163	296	869	1213	1427	2165	2458
3.	30	0	170	298	878	1227	1470	2195	2500
4.	60	0	179	330	889	1239	1588	2230	2500
5.	120	0	189	360	913	1248	1710	2240	2500
6.	180	0	198	385	926	1259	1800	2251	
7.	240	0	205	399	938	1267	1873	2257	
8.	300	0	210	421	947	1267	1905	2259	
9.	360	0	222	448	955	1267	1905	2260	
10.	420	0	222	480	965	1267	1905	2261	
11.	480	0	222	495	978		1905	2261	
12.	540	0	222	510	983			2261	
13.	600	0		521	985			2261	
14.	660	0		524	985				
15.	720	0		524	985				

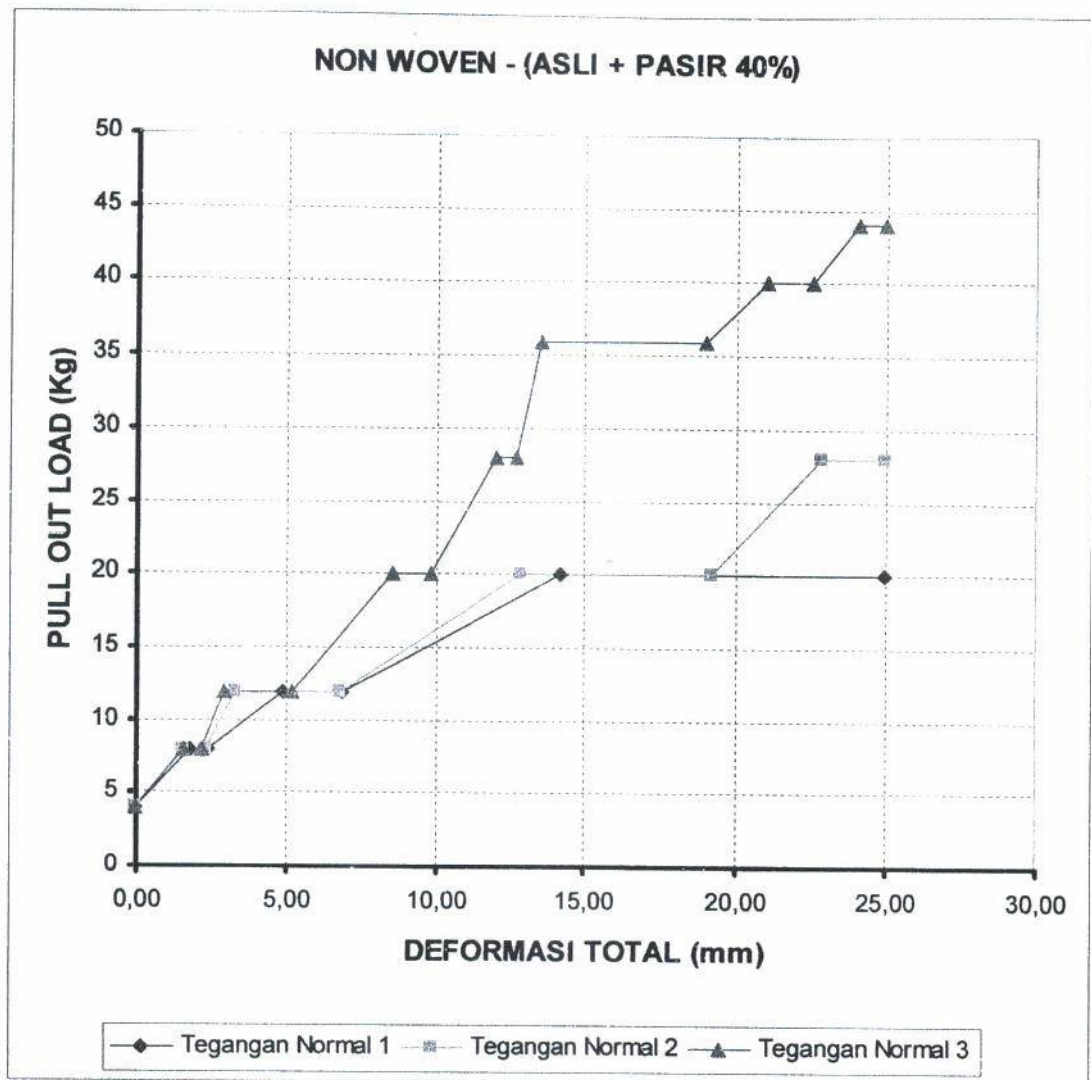


Gambar 4. 23. Grafik Deformasi dan Waktu - "Tanah Asli + Pasir 40%" – Non Woven – Teg. 3

Gambar 4. 23. menjelaskan tentang grafik hubungan antara deformasi dan waktu. Hal ini sama seperti gambar 4. 21 dan 4. 22. Pengaruh tegangan normal maksimum diberikan pada tegangan yang ketiga ini, namun beban maksimum tegangan normal dibatasi sebesar 37,3 kg. Penjelasan ini karena adanya batasan pembebanan hingga tegangan normal maksimum (3) sebagai perbedaan pembanding terhadap tegangan normal 1 dan 2 pada pengujian CBPOT – "Tanah Asli + Pasir 40%" – Non Woven.

Tabel 4.27. Data CBPOT "Tanah Asli + Pasir 40%" – Non Woven – Hubungan Deformasi dan Load

Load	Tegangan Normal 1	Tegangan Normal 2	Tegangan Normal 3
	Deformasi (mm)	Deformasi (mm)	Deformasi (mm)
4	0,00	0	0
8	1,82	1,62	1,56
8	2,40	2,37	2,22
12	4,88	3,35	2,93
12	6,88	6,77	5,24
20	14,20	12,88	8,56
20	25,00	19,28	9,85
28		22,91	12,05
28		25,00	12,67
36			13,50
36			19,05
40			21,05
40			22,61
44			24,13
44			25,00



Gambar 4. 24. Grafik Pull Out Load dan Deformasi Total - “Tanah Asli + Pasir 40%” – Non Woven

Gambar 4. 24, menjelaskan tentang grafik hubungan antara Pull out load dan deformasi total. Terlihat perbandingan grafik antara masing – masing tegangan yaitu tegangan normal 1, 2, dan 3 akibat beban tarik (terkomulatif). Karena terjadi perubahan keruntuhan tarik akibat gaya tarik yang diberikan terhadap perbedaan tegangan normal yang diberikan maka terlihat perubahan grafik keruntuhan tarik geotekstil Non Woven pada “tanah asli + pasir 40%”.

Dari hasil pengujian yang direncanakan sesuai dengan batasan dimensi pada Cell Box Pull-Out Test (CBPOT) maka pada pelaksanaan pemadatan tanah untuk Tanah Asli yang menggunakan geotekstil jenis Woven dan Non Woven ini adalah

Tabel 4.28. Pukulan Per Lapisan "Tanah Asli + Pasir 40%" – Woven dan Non Woven

Pukulan Per Lapisan :		
Lapisan 1	7 Pukulan	5 Cm
Lapisan 2	4 Pukulan	4 Cm
Lapisan 3	14 Pukulan	6 Cm

IV. 3. Analisis Data dan Interpretasi Pengujian CBPOT

Hasil yang diperoleh dari pengujian CBPOT dari ketiga jenis tanah yang telah diujikan, maka hasil dan interpretasinya disajikan dibawah ini.

IV. 3. 1. Penyajian Data dan Grafik Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal Pengujian CBPOT – "Tanah Asli"

Hasil analisis pada sub bab ini adalah hasil kesimpulan yang ingin dicapai pada uji hipotesis untuk ketiga jenis tanah, yaitu "tanah asli", "tanah asli + pasir 20%", dan "tanah asli + pasir 40%". Untuk itu, pada kekuatan geser antara tanah dengan tanah akan menghasilkan sudut geser dalam (ϕ) dan Kohesi (C_u), Namun kekuatan geser yang dihasilkan antara tanah dengan geotekstil akan menghasilkan sudut geser dalam (δ) dan Adhesi (C^*). Dimana Perubahan α terjadi antara Kohesi dan Adhesi, sedangkan perubahan β terjadi antara ϕ dan δ . Lihat Gambar 4. 25.

Formulasi rumus yang digunakan adalah :

$$\text{- Beban Luar} = \frac{Pv}{mxn}$$

$$q = \gamma.h'$$

$$\text{- } \sigma_n = \text{Beban Luar} + q$$

$$\begin{aligned} \text{Jika, Adhesi (} C^* \text{)} &= \text{ Kohesi (} C_u \text{)} \\ \text{Maka, } \alpha &= \frac{C^*}{C_u} \\ \text{Jika, (} \delta \text{)} &= (\phi) \\ \text{Maka, } \beta &= \frac{\delta}{\phi} \end{aligned}$$

$$\tau = \frac{T}{F} = \frac{T}{bxhx2}$$

Dimana : σ_n = Tegangan Normal (Kg/cm²)

τ = Tegangan Geser (Kg/cm²)

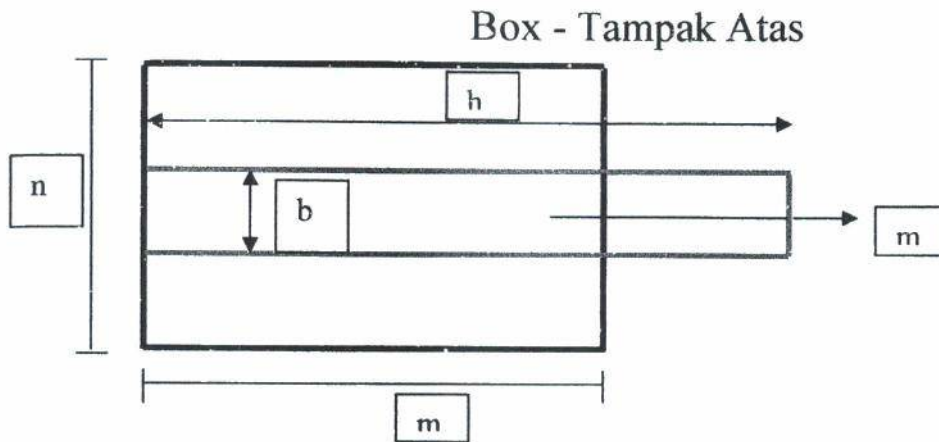
Tabel 4. 29 Data Parameter Untuk Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal

	Kode	Dimensi	Unit	Luas (Cm ²)	$\gamma_{95\%}$ (gr/cm ³)
Geotekstil	b	7	Cm	182	1,61
	h	26	Cm		
Box	m	20,7	Cm	428,49	
	n	20,7	Cm		

Tabel 4. 30 Perubahan Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal untuk Tanah Asli yang digunakan pada Woven dan Non Woven

Geotekstil	Beban Tarik Max. Tercabut (T)	Pv (Teg. Normal)	$\gamma_{95\%}$ (kg/cm ³)	h' (Cm)	q (kg/cm ²)	Beban Luar (Kg/cm ²)	τ (Kg/cm ²)	σ_n (Kg/cm ²)
WOVEN	68	9,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,022	0,187	0,03
	84	21,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,050	0,231	0,06
	107	37,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,087	0,294	0,09
NON WOVEN	36	9,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,022	0,099	0,03
	44	21,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,050	0,121	0,06
	52	37,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,087	0,143	0,09

Adapun simulasi dalam bentuk gambar untuk penyajian data ini adalah :



Gambar 4. 25. Box tampak atas

Penyajian data berikut ini adalah hasil kesimpulan yang akan dicapai pada pengujian hipotesis atau sama dengan pengujian Cell Box Pull-Out Test (CBPOT). Lihat Tabel 4. 31.

Tabel 4. 31. Analisis Perhitungan Kekuatan Geser Pengujian CBPOT dengan Perbandingan Uji Triaxial Kepadatan 95% – "Tanah Asli"

Geoteksti l	Coheci (Cu)	Adhesi (C*)	α	Sudut Geser Dalam (θ)	δ	β
WOVEN	0,33	0,1339	0,40 6	12	58,5 7	4,88
NON WOVEN	0,33	0,0789	0,23 9		33,7 5	2,81

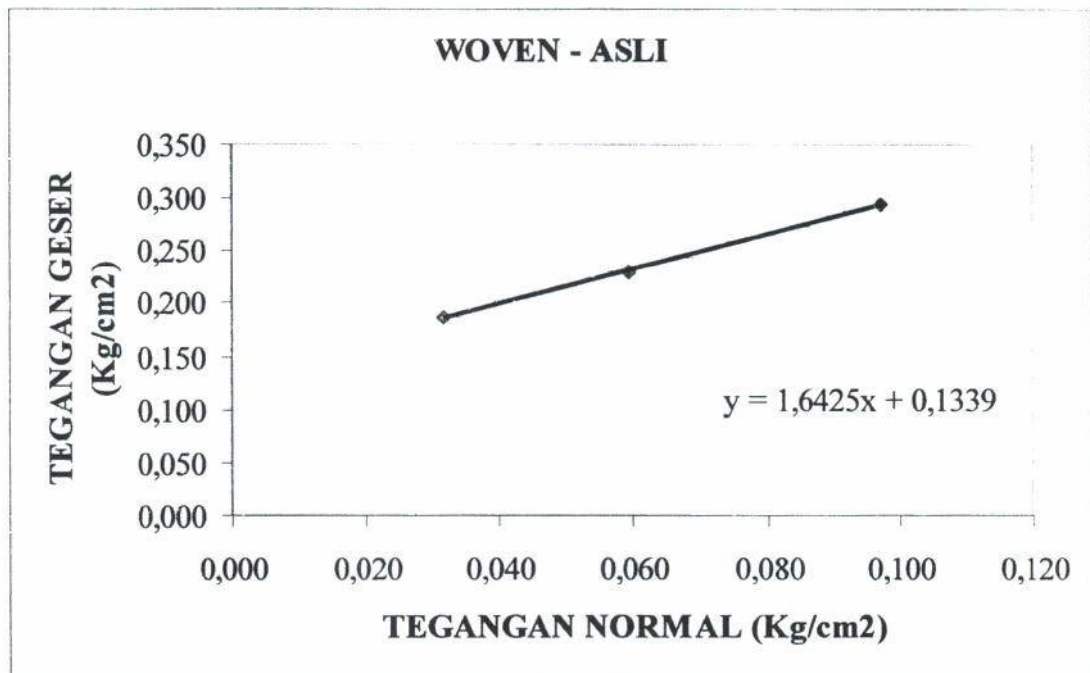
Analisis perhitungan menggunakan persamaan yang didapatkan pada program Ms. Office 2003, yaitu Excel dengan persamaan.

$$y = ax + c$$

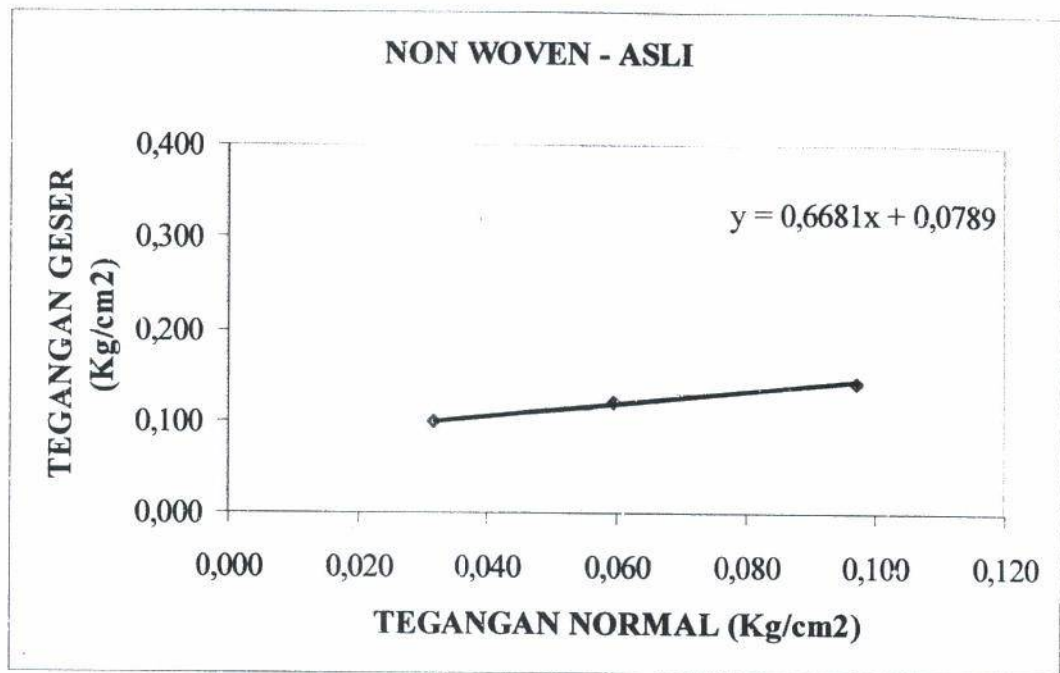
$$\text{jika, } x = 0 \rightarrow y = c$$

$$\text{jika, } a = \tan \delta \rightarrow \delta = \tan^{-1} a$$

Lihat gambar 4. 26 untuk jenis Woven dan Gambar 4. 27 untuk jenis Non Woven. Terjadi hubungan tegangan geser dan tegangan normal akibat perbedaan tegangan normal yang diberikan, yaitu tiga tipe perbedaan tegangan normal. Gambar grafik tersebut terjadi karena perubahan keruntuhan tarik akan berbeda jika tegangan normal yang diberikan semakin bertambah dan gaya tarik yang diberikan semakin bertambah juga.



Gambar 4. 26. Grafik hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada tanah asli untuk Woven



Gambar 4. 27. Grafik hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada tanah asli untuk Non Woven

IV. 3. 2. Penyajian Data dan Grafik Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal Pengujian CBPOT – "Tanah Asli + Pasir 20 %"

Tabel 4. 32 Data Parameter Untuk Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal

Geotekstil	Kode	Dimensi	Unit	Luas (Cm ²)	$\gamma_{95\%}$ (gr/cm ³)
		b	7	Cm	
	h	26	Cm	182	
Box	m	20,7	Cm		
	n	20,7	Cm	428,49	

Tabel 4. 33 Perubahan Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal untuk "Tanah Asli + Pasir 20%" yang digunakan pada Woven dan Non Woven

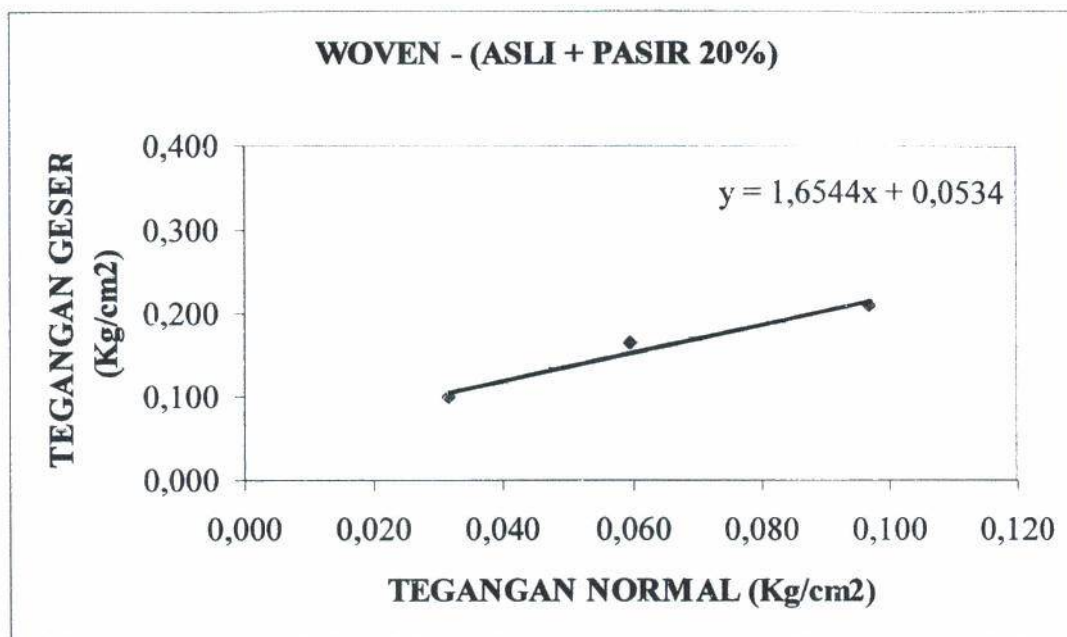
Geotekstil	Beban Tarik Max. Tercabut (T)	Pv (Teg. Normal)	$\gamma_{95\%}$ (kg/cm ³)	h' (Cm)	q (kg/cm ²)	Beban Luar (Kg/cm ²)	τ	σ_n
WOVEN	36	9,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,022	0,099	0,032
	60	21,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,050	0,165	0,060
	76	37,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,087	0,209	0,097
NON	24	9,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,022	0,066	0,032
WOVEN	36	21,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,050	0,099	0,060
	48,5	37,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,087	0,133	0,097

Penyajian data berikut ini adalah hasil kesimpulan yang akan dicapai pada pengujian hipotesis atau sama dengan pengujian Cell Box Pull-Out Test (CBPOT). Lihat Tabel 4. 34.

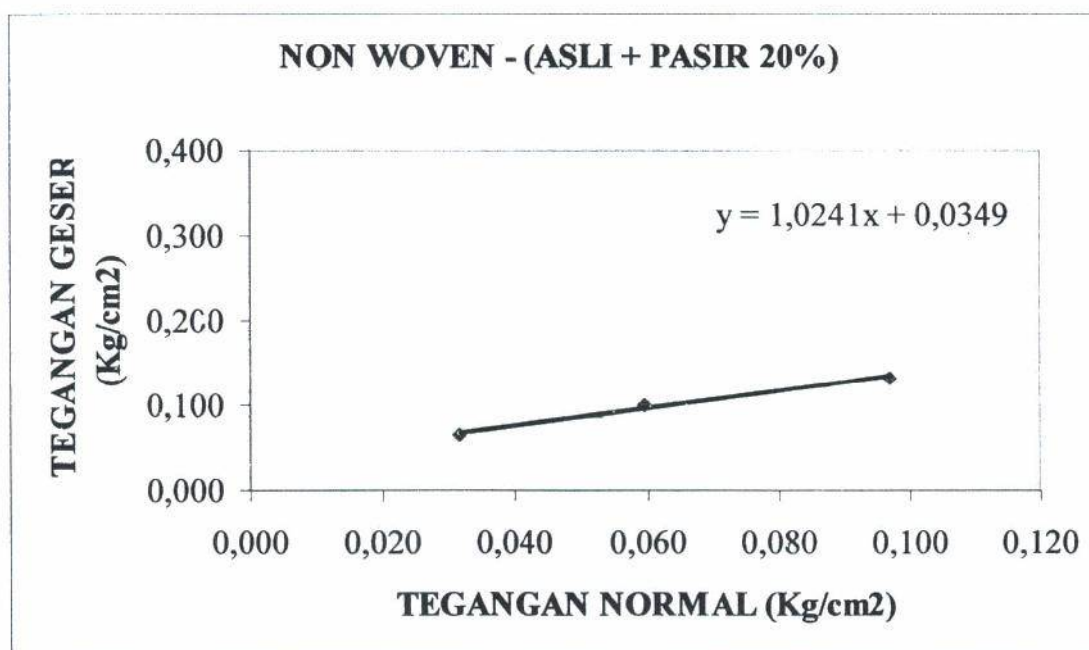
Tabel 4. 34. Analisis Perhitungan Kekuatan Geser Pengujian CBPOT dengan Perbandingan Uji Triaxial Kepadatan 95% – "Tanah Asli + Pasir 20%"

Geotekstil	Coheci (Cu)	Adhesi (C*)	α	Sudut Geser Dalam (θ)	δ	β
WOVEN	0,28	0,0534	0,191	8	58,85	7,36
NON WOVEN	0,28	0,0349	0,125		45,68	5,71

Lihat gambar 4. 28 untuk jenis Woven dan Gambar 4. 29 untuk jenis Non Woven. Terjadi hubungan tegangan geser dan tegangan normal akibat perbedaan tegangan normal yang diberikan, yaitu tiga tipe perbedaan tegangan normal. Gambar grafik tersebut terjadi karena perubahan keruntuhan tarik akan berbeda jika tegangan normal yang diberikan semakin bertambah dan gaya tarik yang diberikan semakin bertambah juga. Dalam hal ini tanah asli + pasir 20%.



Gambar 4. 28. Grafik hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada tanah “asli + pasir 20%” untuk Woven



Gambar 4. 29. Grafik hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada tanah asli + pasir 20%” untuk Non Woven

IV. 3. Penyajian Data dan Grafik Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal Pengujian CBPOT – "Tanah Asli + Pasir 40 %"

Tabel 4. 35 Data Parameter Untuk Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal

	Kode	Dimensi	Unit	Luas (Cm ²)	$\gamma_{95\%}$ (gr/cm ³)
Geotekstil	b	7	Cm		1,68
	h	26	Cm	182	
Box	m	20,7	Cm		
	n	20,7	Cm	428,49	

Tabel 4. 36 Perubahan Hubungan Tegangan Geser dan Tegangan Normal untuk "Tanah Asli + Pasir 40%" yang digunakan pada Woven dan Non Woven

Geotekstil	Beban Tarik Max. Tercabut (T)	Pv (Teg. Normal)	$\gamma_{95\%}$ (kg/cm ³)	h' (Cm)	q (kg/cm ²)	Beban Luar (Kg/cm ²)	τ	σ_n
WOVEN	36	9,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,022	0,099	0,032
	44	21,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,050	0,121	0,060
NON WOVEN	56,5	37,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,087	0,155	0,097
	20	9,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,022	0,055	0,032
WOVEN	28	21,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,050	0,077	0,060
	44	37,3 Kg	0,00168	6	0,01008	0,087	0,121	0,097

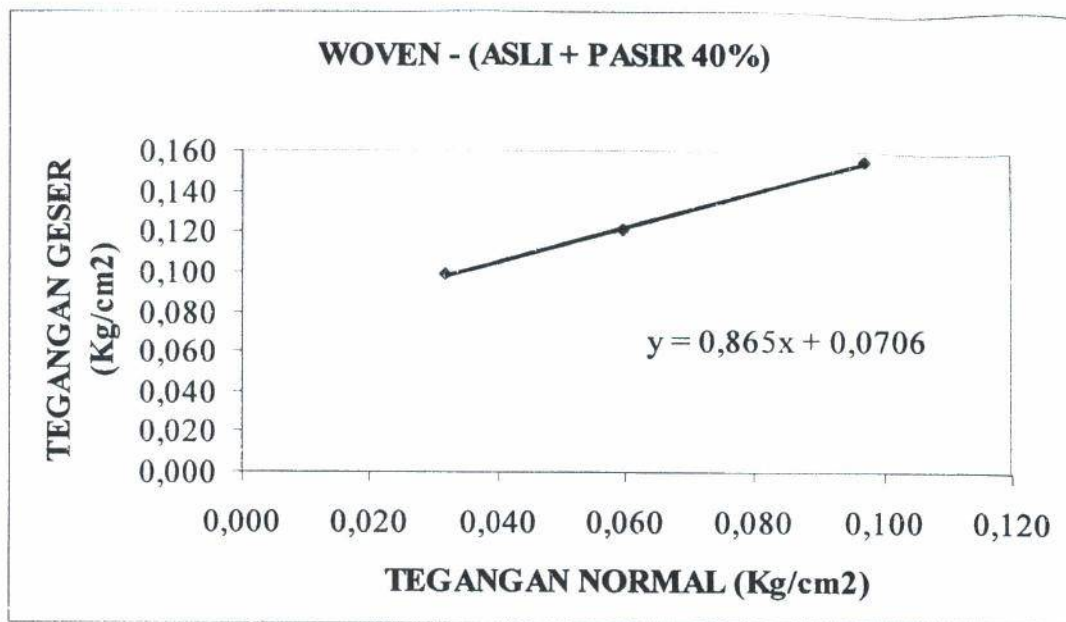
Penyajian data berikut ini adalah hasil kesimpulan yang akan dicapai pada pengujian hipotesis atau sama dengan pengujian Cell Box Pull-Out Test (CBPOT). Lihat Tabel 4. 37.

Tabel 4. 37. Analisis Perhitungan Kekuatan Geser Pengujian CBPOT dengan Perbandingan Uji Triaxial Kepadatan 95% – "Tanah Asli + Pasir 40%"

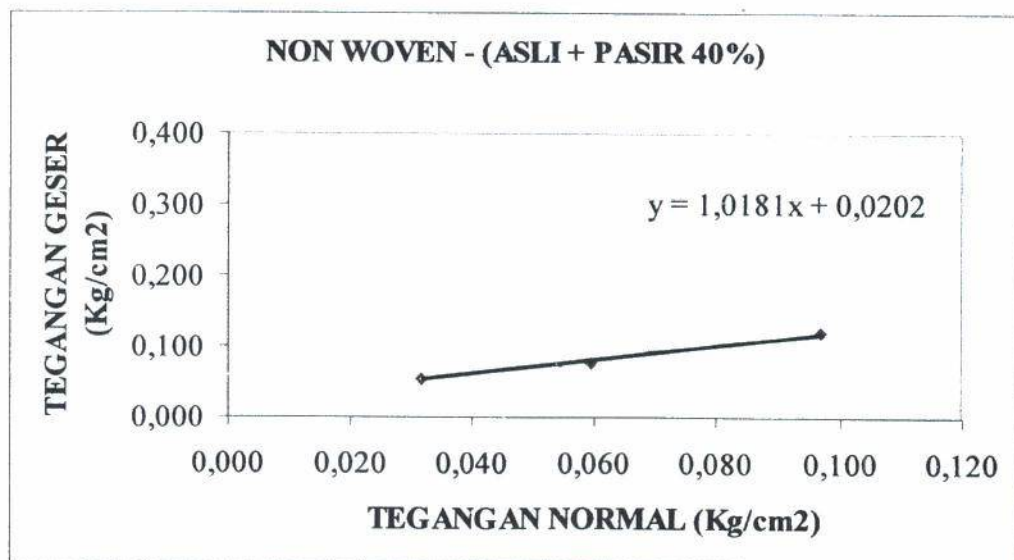
Geotekstil	Coheci (Cu)	Adhesi (C*)	α	Sudut Geser Dalam (θ)	δ	β
WOVEN	0,24	0,0605	0,252	5	40,86	8,17
NON WOVEN	0,24	0,0202	0,084		45,51	9,10

Lihat gambar 4. 30. untuk jenis Woven dan Gambar 4. 31. untuk jenis Non Woven. Terjadi hubungan tegangan geser dan tegangan normal akibat perbedaan tegangan normal yang diberikan, yaitu tiga tipe perbedaan tegangan normal. Gambar grafik tersebut terjadi karena perubahan keruntuhan tarik akan berbeda jika tegangan normal yang diberikan semakin bertambah dan gaya tarik yang diberikan semakin bertambah juga. Dalam hal ini tanah asli + pasir 40%.

Dari Tabel 4. 31, Tabel 4. 34, dan Tabel 4. 37 terlihat perbedaan dari hasil pengujian geotekstil jenis woven. Terlihat terjadi kenaikan factor koefisien kohesi dari adhesi menjadi meningkat pada jenis "tanah asli + pasir 40%", hal ini terjadi karena butiran pasir yang telah tercampur telah mendominasi ruang geotekstil woven dengan beberapa faktor, yaitu karena butiran pasir lebih banyak dan akibat proses pemadatan. Butiran pasir tersebut yang menyebabkan kekuatan geser tanah menjadi meningkat. Sehingga terjadi peningkatan nilai koefisien kohesi terhadap adhesi.



Gambar 4. 30. Grafik hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada tanah asli + pasir 40%” untuk Woven



Gambar 4. 31. Grafik hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada tanah asli + pasir 40%” untuk Non Woven

Setelah analisa perhitungan di atas, dapat diperjelas pada penjelasan di bawah ini.

Adapun hasil analisa perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

- Berikut ini adalah hubungan antara geotekstil Woven dan Non Woven terhadap jenis tanah dan Gaya (pull – out) yang terjadi.

Tabel 4. 38. Keruntuhan tarik akibat gaya normal terhadap gaya tarik

No.	Geotekstil	Jenis Tanah	Gaya (Pull Out) - Kg		
			σ_{n_1} 9,3 Kg	σ_{n_2} 21,3 Kg	σ_{n_3} 37,3 Kg
1.	Woven	Tanah Asli	68	84	107
		Tanah Asli + Pasir 20%	36	60	76
		Tanah Asli + Pasir 40%	36	44	56,5
2.	Non Woven	Tanah Asli	36	44	52
		Tanah Asli + Pasir 20%	24	36	48,5
		Tanah Asli + Pasir 40%	20	28	44

Terlihat pada Tabel 4. 38. bahwa semakin besar σ_n , maka gaya tarik (pull-out) akan semakin besar antara jenis tanah dan geotekstil karena didominasi oleh kohesi tanah.

- Berikut adalah dari hubungan tanah dan geotekstil diperoleh, $C^* = \alpha \cdot C_u$

Dimana :

C^* = geseran tanah terhadap geotekstil (Adhesi)

α = Fakto koefisien adhesi

C_u = geseran tanah dengan tanah (Kohesi)

Tabel 4. 39. Hubungan kohesi dan adhesi terhadap faktor adhesi

No.	Jenis Tanah	Geotekstil	Cu	C*	α	Prosentase Koef. Yang Hilang
1.	Tanah Asli	Woven	0,33	0,1339	0,406	59,42
		Non Woven		0,0789	0,239	76,09
2.	Tanah Asli + Pasir 20%	Woven	0,28	0,0534	0,191	80,93
		Non Woven		0,0349	0,125	87,54
3.	Tanah Asli + Pasir 40%	Woven	0,24	0,0605	0,252	74,79
		Non Woven		0,0202	0,084	91,58

- Berikut adalah dari hubungan tanah dan geotekstil diperoleh, $\delta = \beta \cdot \phi$

Dimana :

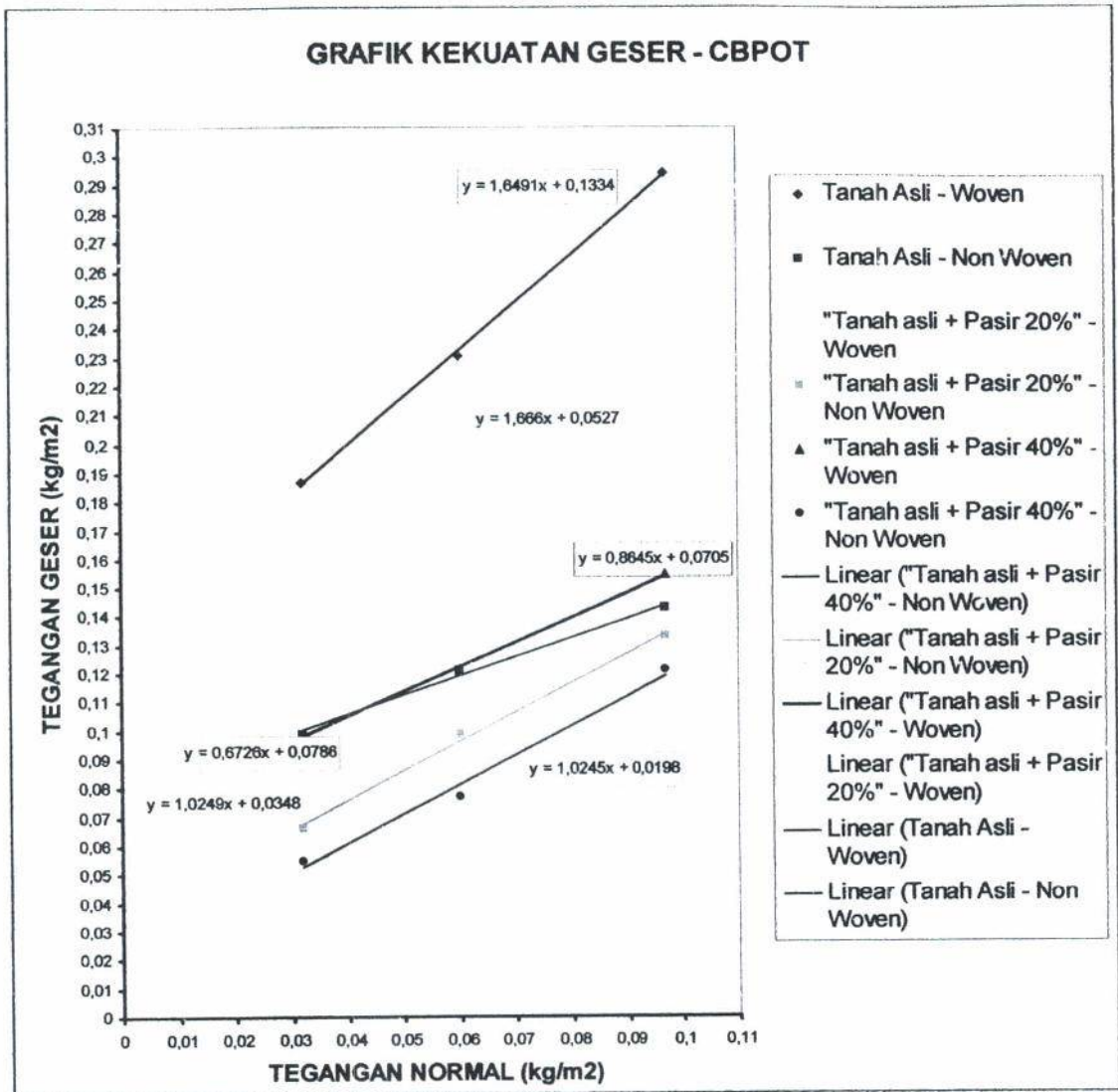
δ = perubahan komposisi keruntuhan antara tanah dan geotekstil
(sudut geser dalam antara tanah dan geotekstil)

β = koefisien ratio δ dan ϕ

ϕ = sudut geser dalam tanah dengan tanah

Tabel 4. 40. Hubungan sudut geser dalam tanah dengan tanah dan sudut geser dalam tanah dengan geotekstil terhadap koefisien ratio

No.	Jenis Tanah	Geotekstil	ϕ	δ	β
1.	Tanah Asli	Woven	12	58,57	4,88
		Non Woven		33,75	2,81
2.	Tanah Asli + Pasir 20%	Woven	8	58,85	7,36
		Non Woven		45,68	5,71
3.	Tanah Asli + Pasir 40%	Woven	5	40,86	8,17
		Non Woven		45,51	9,1



Gambar 4. 32. Grafik hubungan tegangan geser dan tegangan normal pada CBPOT

Gambar 4. 32 menjelaskan tentang hubungan tegangan geser dan tegangan normal terhadap ketiga jenis tanah dan terhadap geotekstil tipe Woven dan Non Woven.

IV. 3. 4. Penentuan Perubahan Panjang Geotekstil Pada Saat Keruntuhan Tarik Hubungan Dengan Tegangan, Elastisitas Dan Regangan Pada Geotekstil – Penguian CBPOT

Penentuan perubahan tegangan, regangan dan elastisitas perlu diketahui karena perubahan ini akan terlihat pada saat sebelum dan sesudah pengujian Cell Box Pull-Out Test (CBPOT).

Tabel. 4. 41. Daftar geotekstil spesifikasi pabrik, referensi PT. Tetrasa Geosinindo

SPESIFIKASI				
Woven	Tensile Strength on Fabric (Ts)	70 KN/m	7000	Kg/m
	Tensile Alongation on Fabric (ϵ)	13%	0,13	
Non Woven	Tensile Strength on Fabric (Ts)	24 KN/m	2400	Kg/m
	Tensile Alongation on Fabric (ϵ)	40%	0,4	

Tabel. 4. 42 Data geotekstil untuk pengujian CBPOT

Geotekstil	Kode	Dimensi	Unit	Luas (Cm ²)
WOVEN	b	7	Cm	0,7
	t	0,1	Cm	
NON WOVEN	b	7	Cm	1,4
	t	0,2	Cm	

Tabel. 4. 43. Data hubungan tegangan, elastisitas dan regangan pada geotekstil jenis Woven

WOVEN												
Jenis Tanah	Tipe	Gaya (Kg)	A (cm ²)	L (Cm)	σ (Kg/cm ²) Geotekstil	σ (Kg/cm ²) Spesifikasi	ϵ Spesifikasi	E (Kg/cm ²)	ϵ (%)	ΔL geotex nett (Cm)	ΔL total nett (Cm)	ΔL_s (Geser) Geotex (cm)
Asli	I	68	0,7	26	97,14	700	0,13	5384,62	0,018	0,47	2,5	2,03
	II	84	0,7	26	120,00	700	0,13	5384,62	0,0223	0,58	2,5	1,92
	III	107	0,7	26	152,86	700	0,13	5384,62	0,0284	0,74	2,5	1,76
Asli + Pasir 20 %	I	36	0,7	26	51,43	700	0,13	5384,62	0,0096	0,25	2,5	2,25
	II	60	0,7	26	85,71	700	0,13	5384,62	0,0159	0,41	2,5	2,09
	III	76	0,7	26	108,57	700	0,13	5384,62	0,0202	0,52	2,5	1,98
Asli + Pasir 40 %	I	36	0,7	26	51,43	700	0,13	5384,62	0,0096	0,25	2,5	2,25
	II	44	0,7	26	62,86	700	0,13	5384,62	0,0117	0,30	2,5	2,20
	III	56,5	0,7	26	80,71	700	0,13	5384,62	0,015	0,39	2,5	2,11

Tabel. 4. 44. Data hubungan tegangan, elastisitas dan regangan pada geotekstil jenis Non Woven

ASLI - NON WOVEN												
Jenis Tanah	Type	Gaya (Kg)	A (cm ²)	L (Cm)	σ (Kg/cm ²) Geotekstil	σ (Kg/cm ²) Spesifikasi	ϵ Spesifikasi	E (Kg/cm ²)	ϵ (%)	ΔL geotex nett (Cm)	ΔL total nett (Cm)	ΔL s (Geser) Geotex (cm)
Asli	I	36	1,4	27	25,71	240	0,4	600	0,0429	1,16	2,5	1,34
	II	44	1,4	26	31,43	240	0,4	600	0,0524	1,36	2,5	1,14
	III	52	1,4	26	37,14	240	0,4	600	0,0619	1,61	2,5	0,89
Asli + Pasir 20 %	I	24	1,4	26	17,14	240	0,4	600	0,0286	0,74	2,5	1,76
	II	36	1,4	26	25,71	240	0,4	600	0,0429	1,11	2,5	1,39
	III	48,5	1,4	26	34,64	240	0,4	600	0,0577	1,50	2,5	1,00
Asli + Pasir 40 %	I	20	1,4	26	14,29	240	0,4	600	0,0238	0,62	2,5	1,88
	II	28	1,4	26	20,00	240	0,4	600	0,0333	0,87	2,5	1,63
	III	44	1,4	26	31,43	240	0,4	600	0,0524	1,36	2,5	1,14

Tabel 4. 40. dan Tabel 4. 41 menjelaskan mengenai perbandingan tegangan, regangan, dan elastisitas geotekstil jenis woven dan non woven. Dari data tersebut dapat terlihat perbandingan perubahan panjang yang terjadi akibat pengujian CBPOT dari geotekstil jenis woven dan non woven. Geotekstil woven dapat menahan kekuatan tarik lebih kuat daripada geotekstil non woven karena mutu yang diberikan oleh PT. TETRASA GEOSININDO adalah mutu dengan spesifikasi rendah.

Dari analisa perhitungan di atas dapat dilihat dihitung faktor aman terhadap penggunaan geotekstil. Dalam hal ini, penggunaan geotekstil jenis Woven lebih baik daripada penggunaan geotekstil jenis Non Woven sebagai material penahan gaya tarik (*pull – out*). Berikut adalah faktor aman yang diperhitungkan dari tegangan yang terjadi pada penelitian CBPOT terhadap tegangan izin yang diberikan oleh pabrik (*tensile strength*).

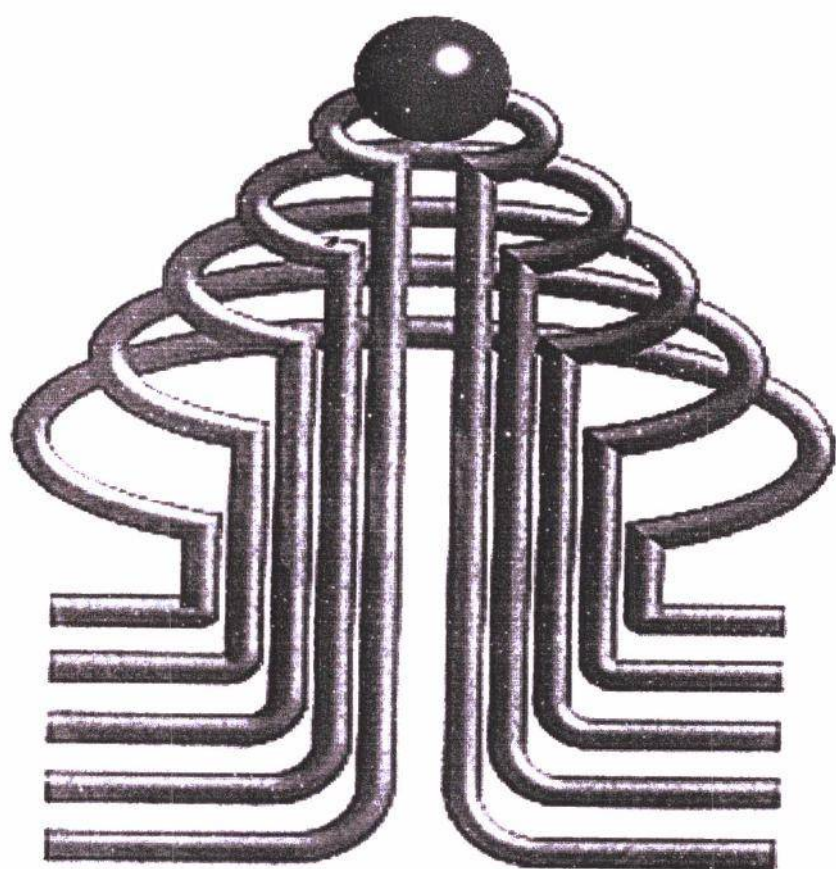
- Gaya (*pull – out*) maksimum pada penelitian ini terjadi pada tanah asli untuk penggunaan geotekstil tipe Woven adalah sebesar 107 Kg dengan penggunaan lebar geotekstil 7 cm.
- Tensile strength yang diberikan pabrik adalah sebesar 70 KN/m \approx 7000 Kg/m.

Analisa perhitungan faktor aman terhadap tegangan adalah

$$\text{Untuk 1 m, } T = \frac{107 \text{ Kg}}{1 \text{ m}} \times \frac{100 \text{ cm}}{7 \text{ cm}} = 1528 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Sehingga } SF_{\text{tegang}} = \frac{T_{\text{izin}}}{T_{\text{terjadi}}} = \frac{7000}{1528} = 4,6.$$

Hal ini kurang efisien, sebaiknya faktor aman adalah $SF \approx 1,5$.



ISTN

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Dari penelitian CBPOT, semakin besar tegangan normal (σ_n) yang diberikan, maka gaya tarik (*pull-out*) yang diperlukan hingga keruntuhan tarik akan semakin besar. Pemakaian geotekstil tipe Woven lebih efektif digunakan sebagai material penambah kekuatan terhadap keruntuhan tarik karena kekasaran bahan Woven lebih kasar daripada bahan Non Woven. Maka, kuat geser tanah dengan geotekstil tipe Woven akan lebih besar dibandingkan kuat geser tanah dengan geotekstil tipe Non Woven. Dari hasil analisa perhitungan tersebut diperoleh perubahan prosentase kekuatan geser CBPOT, yaitu :

a. Tanah asli

- C^* → Woven = 0,1339 Kg/cm² dan Non Woven = 0,0789 Kg/cm²

Maka selisih prosentase = $\frac{0,0789}{0,1339} \times 100\% = 58,92\%$.

b. Tanah asli + pasir 20%

- C^* → Woven = 0,0534 Kg/cm² dan Non Woven = 0,0349 Kg/cm²

Maka selisih prosentase = $\frac{0,0349}{0,0534} \times 100\% = 65,36\%$.

c. Tanah asli + pasir 40%

- C^* → Woven = 0,0605 Kg/cm² dan Non Woven = 0,0202 Kg/cm²

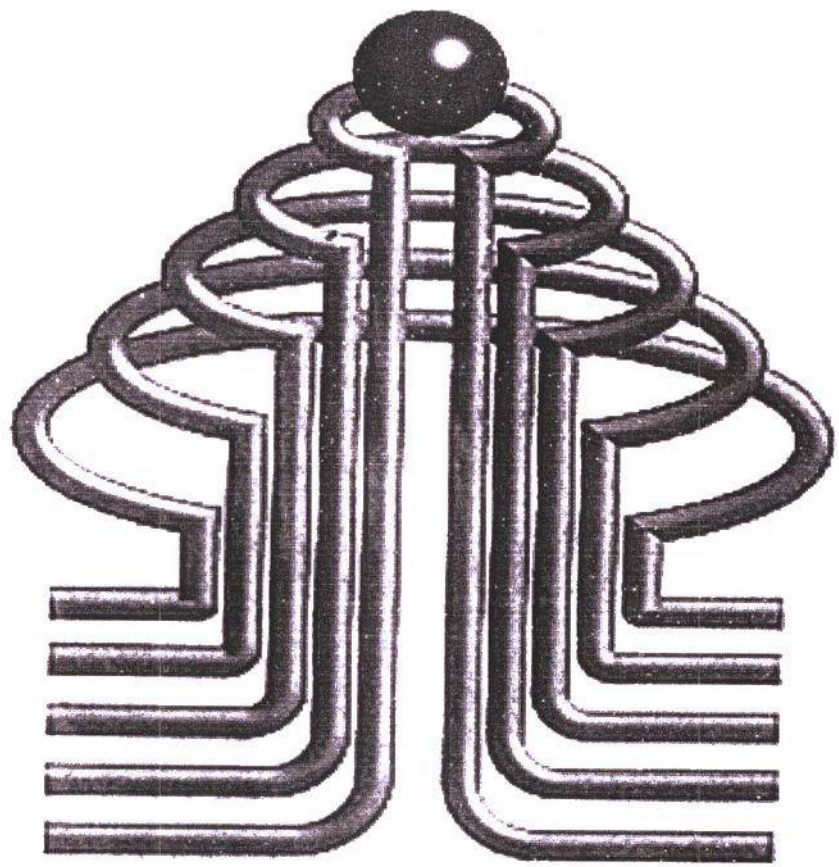
$$\text{Maka selisih prosentase} = \frac{0,0202}{0,0605} \times 100\% = 33,39\%.$$

2. Hasil kuat geser antara geotekstil dengan tanah (C^* = adhesi) lebih kecil dibandingkan terhadap parameter kekuatan geser tanah dengan tanah (C_u = kohesi). Maka, ($C^* < C_u$) akan menghasilkan faktor adhesi (α). Dimana $\alpha < 1$.
3. Hasil kuat geser antara geotekstil dengan tanah (δ) lebih besar daripada parameter kekuatan geser tanah dengan tanah (ϕ). Maka, ($\delta > \phi$) akan menghasilkan faktor sudut geser dalam (β). Pada umumnya diperoleh ($\delta < \phi$).
4. Kekuatan geser yang terjadi antara tanah dengan geotekstil akan semakin kecil jika prosentase gradasi kasar meningkat dari setiap jenis tanah yang telah di uji CBPOT. Khusus pada prosentase jenis "tanah asli + pasir 40%", pada uji CBPOT terhadap geotekstil tipe Woven menjadi meningkat. Hal ini terjadi karena *interlocking* butiran pasir terhadap permukaan geotekstil tipe Woven yang kasar sehingga dapat meningkatkan kekuatan geser terhadap C^* (Adhesi).
5. Penggunaan mutu geotekstil untuk penelitian ini kurang efisien dengan faktor aman tegangan terhadap geotekstil sebesar 4,6. Efisiensi terhadap Faktor aman (SF) yang sudah dianggap aman sesuai dengan perencanaan adalah berkisar ($SF \approx 1,5 - 2$).

5.2 Saran

Pengambilan data untuk mendapatkan parameter kekuatan geser tanah dilakukan dengan uji triaxial UU Test (*Unconsolidated Undrained*), disarankan dilakukan

uji geser langsung untuk mendapatkan parameter dasar sebagai pembanding untuk kekuatan geser tanah, karena pengujian Cell Box Pull – Out Test (CBPOT) ini metode kerjanya seperti uji geser langsung. Penggunaan material geotekstil pada penelitian ini menggunakan satu (1) jenis saja karena harga dari material geotekstil ini tergolong mahal, disarankan penelitian ini dapat dilanjutkan sebagai referensi data yang ada dengan beberapa jenis pembanding material geotekstil dengan mutu yang berbeda – beda maupun dengan jenis butiran tanah yang berbeda juga.



ISTN

DAFTAR PUSTAKA

- Braja M. Das, Noor Endah dan Indrasurya, *Mekanika Tanah Jilid II*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
- Hardiyatmo, H. C., *Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 2008.
- Hartawan, Harry, Nana Suryana, Sri Hanny ES, Rr Prihardini, MA ontowiryo, Ettry Goesmiratih, dan Ichwanusafa, *Pedoman Praktikum Mekanika Tanah 1*, ISTN, Jakarta, 1998.
- Hartawan, Harry, Nana Suryana, Sri Hanny ES, Rr Prihardini, MA ontowiryo, Ettry Goesmiratih, dan Ichwanusafa, *Pedoman Praktikum Mekanika Tanah 2*, ISTN, Jakarta, 1998.
- Idrus dan Wawan Kuswaya, *Stabilisasi Lempung Expensive dengan SCMT Methode*, Paper dan Seminar Publish, Jakarta, 2006.
- Koerner, Robert M, *Designing with Geosynthetics : 2nd Edition*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1990.
- L H, Shirley, *Geoteknik dan Mekanika Tanah (Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium)*, Penerbit NOVA, Bandung, 1994.
- PT. Tetrasa Geosinindo, *Geosynthetics Specialist*, Jakarta, 2009.
- Robert F. Craig dan Budi Susilo, *Mekanika Tanah : 4th Edition*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991.
- Santoso, Teguh, *Embankment Menggunakan Geotekstil Jenis Woven dan Non Woven Dengan Metoda Analisa Tulangan Tunggal dan Tulangan Berlapis*, Skripsi, Jakarta, 1995.