



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI FRIKSI ANTARA PASIR DAN PASIR KELANAUAN
DENGAN GEOTEKSTIL MENGGUNAKAN
ALAT UJI GESER LANGSUNG**

SKRIPSI

LIRIA GUSESHA

0706198146

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JANUARI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI FRIKSI ANTARA PASIR DAN PASIR KELANAUAN
DENGAN GEOTEKSTIL MENGGUNAKAN
ALAT UJI GESER LANGSUNG**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

LIRIA GUESHA

0706198146

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JANUARI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Liria Gusesha

NPM : 0706198146

Tanda tangan :

Tanggal : 12 Januari 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Liria Gusesha

NPM : 0706198146

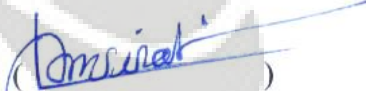
Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Studi Friksi antara Pasir dan Pasir Kelanauan dengan Geotekstil menggunakan Alat Uji Geser Langsung


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

DEWAN PENGUJI

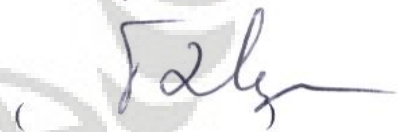
Pembimbing 1: Dr. Ir. Damrizal Damoerin, M.Sc

()

Pembimbing 2: Dr. Ir. Wiwik Rahayu, DEA.

()

Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Tommy Ilyas, M.Eng.

()

Penguji 2 : Ir. Widjojo A. Prakoso, M.Eng, Ph.D

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 12 Januari 2010

KATA PENGANTAR

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

- (1) Orang tua (Papa & Mama) dan kakak saya yang telah memberikan kasih sayang, bantuan dukungan materi maupun moral;
- (2) Dr. Ir. Damrizal Damoerin, M.Sc. dan Dr. Ir. Wiwik Rahayu, DEA, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (3) Pihak Globalindo buana (Bapak Dandung), Para staf Laboratorium Mekanika tanah (Pak Wardoyo, Pak Narto, mas anto) yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (4) Teman dan sahabat seperjuangan : Andi hakim, Arie Anggorowati, Tri Ayu Susana (Always keep ur spirit!!!) ; Senasib di FT : Malviy, Kharisma, Indah, Hanan, Nia, Wildi, mas Yudha, mba Anik, rekha dan (semuanya) ; Sahabatku yang lain : Adek, Velin, Aina, Ana, Siska dan Dayu.
- (5) Serta semua sahabat, terutama teman – teman seangkatan saya di FTUI yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 12 Januari 2010



Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Liria Gusesha
NPM : 07 06 19 8146
Program Studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

STUDI FRIKSI ANTARA PASIR DAN PASIR KELANAUAN DENGAN GEOTEKSTIL MENGGUNAKAN ALAT UJI GESER LANGSUNG

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Depok
Pada tanggal : 12 Januari 2010
Yang menyatakan,



(Liria Gusesha)

ABSTRAK

Nama : Liria Gusesha
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Studi Friksi antara Pasir dan Pasir Kelanauan dengan geotekstil menggunakan Alat Uji Geser langsung

Diketahui penggunaan geosintetik dalam perkuatan dan stabilisasi tanah telah banyak digunakan di Indonesia pada beberapa tahun belakangan ini. Salah satu jenis geosintetik yang sering digunakan adalah geotekstil. Dalam penggunaan geotekstil sebagai bahan stabilisasi dalam suatu tanah, tentu perlu diketahui parameter kekuatan antara dua material yang akan dikombinasikan sebagai bahan perkuatan atau stabilisasi.

Sudut friksi dan adhesi yang terjadi diantara kedua bidang material yang berbeda, yaitu tanah pasir dan geotekstil merupakan parameter desain dalam penggunaan geotekstil sebagai bahan perkuatan ataupun stabilisasi tanah. Untuk mengetahui parameter desain perkuatan tersebut, dilakukan suatu penelitian pada model lapisan geotekstil *woven* dan *non woven* yang diletakkan tepat dibawah lapisan tanah pasir dan pasir kelanauan. Kemudian dilakukan uji geser langsung antara kedua material.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa sudut friksi yang paling minimum terjadi pada pergeseran antara pasir kelanauan dengan permukaan geotekstil *woven* dimana jenis geotekstil ini mempunyai permukaan yang halus dan licin. Sedangkan sudut friksi maksimum terjadi antara pasir dengan geotekstil *non woven*, yang mana jenis geotekstil ini memiliki permukaan yang kasar.

Kata Kunci :

Uji Geser langsung, sudut friksi, Geotekstil, tanah pasir.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH	1
1.2 DESKRIPSI MASALAH	2
1.3 MAKSUD DAN TUJUAN.....	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 TANAH	5
2.2 KLASIFIKASI TANAH.....	5
2.2.1 Sistem Klasifikasi AASHTO.....	5
2.2.2 Sistem Klasifikasi <i>Unified</i>	7
2.3 TANAH PASIR	8
2.3.1 Pasir dan mineral yang terkandung didalamnya	8
2.2.2 Struktur tanah berpasir.....	9
2.4 KRITERIA KERUNTUHAN MOHR-COULOMB.....	10
2.5 FRIKSI YANG TERJADI (TANAH-GEOTEKSTIL)	10
2.5.1 Tipe friksi (Shear type).....	10

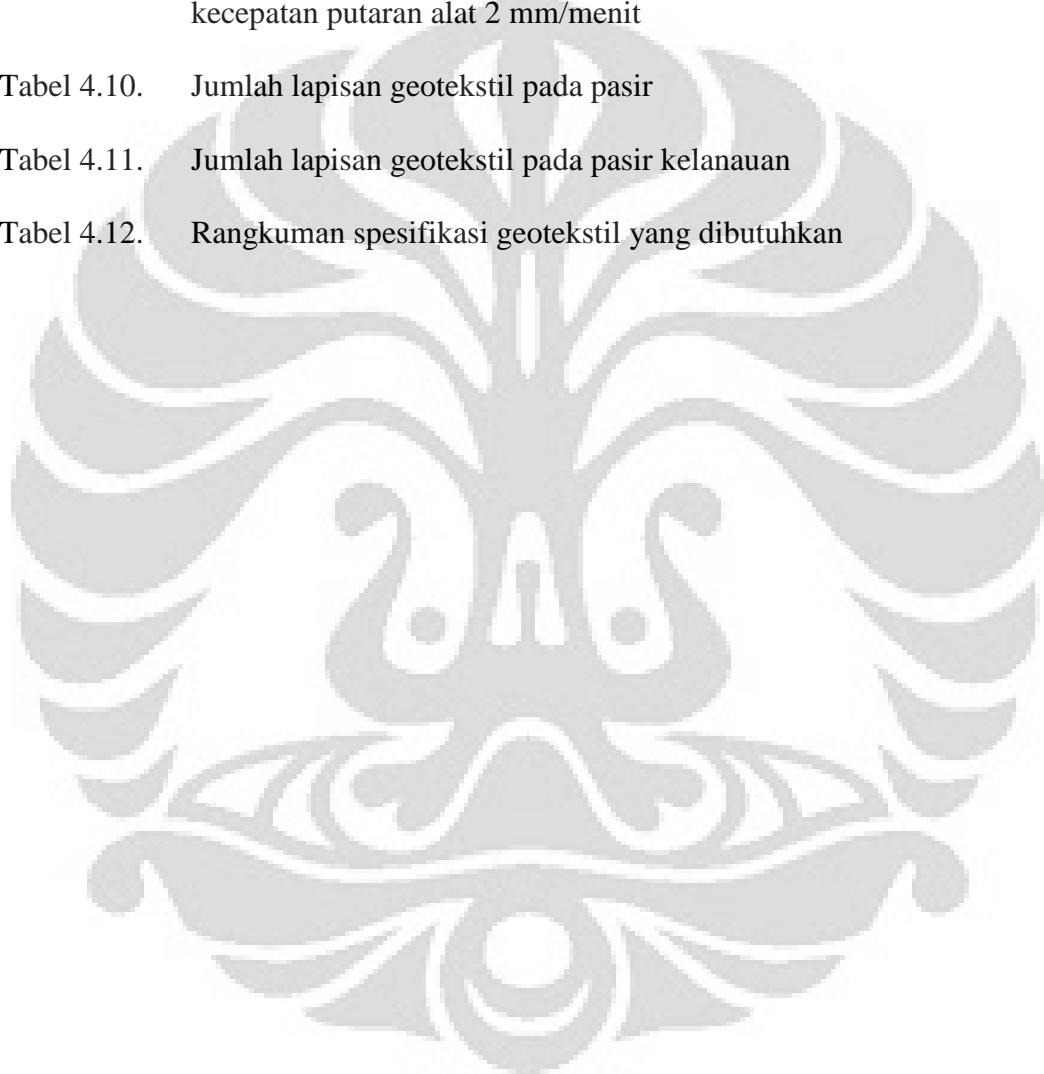
2.5.2 Perilaku friksi (friction behaviour)	11
2.6 PENGUJIAN GESER LANGSUNG	12
2.7 MATERIAL GEOTEKSTIL	16
2.7.1 Definisi Geotekstil.....	16
2.7.2 Karakteristik Geotekstil.....	17
2.7.3 Jenis Geotekstil yang digunakan dalam penelitian	18
2.8 PENGUJIAN GEOTEKSTIL PADA TANAH	19
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 RUANG LINGKUP PENELITIAN	24
3.2 PENGUJIAN PADA KARAKTERISTIK PASIR	25
3.3 DIAGRAM ALIR PENGUJIAN	26
3.4 PERSIAPAN CONTOH TANAH.....	27
3.5 PERSIAPAN BAHAN DAN ALAT	28
3.6 PEMADATAN UNTUK <i>DIRECT SHEAR TEST</i>	31
3.6.1 Tahap Persiapan Bahan.....	33
3.6.2 Tahap Pemadatan Tanah.....	33
3.7 PENGUJIAN <i>DIRECT SHEAR</i>	34
3.7.1 Percobaan tanah pasir tanpa geotekstil	34
3.7.2 Percobaan tanah pasir dengan geotekstil	36
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA	38
4.1 HASIL <i>DIRECT SHEAR TEST</i> (DST) PADA 100% PASIR.....	38
4.1.1 Hasil DST dengan Kecepatan 1 mm/menit.....	38
4.1.2 Hasil DST dengan Kecepatan 2 mm/menit.....	40
4.2 HASIL <i>DIRECT SHEAR TEST</i> (DST) PADA 85% PASIR.....	42
4.2.1 Hasil DST dengan Kecepatan 1 mm/menit.....	42
4.2.2 Hasil DST dengan Kecepatan 2 mm/menit.....	44
4.3 ANALISA FRIKSI YANG TERJADI	47
4.3.1 Analisa Friksi pada PASIR	47
4.3.2 Analisa Friksi pada PASIR KELANAUAN.....	49
4.4 ANALISA HASIL DST PADA PASIR THD STRAIN.....	51

4.4.1 Regangan geser 100% PASIR ($\sigma_n = 80$ kPa).....	51
4.4.2 Regangan geser 100% PASIR ($\sigma_n = 240$ kPa).....	53
4.4.3 Regangan geser 100% PASIR ($\sigma_n = 400$ kPa).....	56
4.5 ANALISA HASIL DST PADA 85% PASIR THD STRAIN	58
4.4.1 Regangan geser 85% PASIR ($\sigma_n = 80$ kPa).....	59
4.4.2 Regangan geser 85% PASIR ($\sigma_n = 240$ kPa).....	61
4.4.3 Regangan geser 85% PASIR ($\sigma_n = 400$ kPa).....	64
4.6 PERBANDINGAN TEG. GESER THD KEC. ALAT	67
4.6.1 Kondisi 1 (tanpa geotekstil).....	68
4.6.2 Kondisi 2 (geotekstil woven).....	69
4.6.3 Kondisi 3 (geotekstil non woven).....	71
4.7 PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN	73
4.8 APLIKASI STUDI FRIKSI GEOTEKSTIL – PASIR.....	76
4.8.1 Pada Tanah Pasir.....	76
4.8.2 Pada Tanah Pasir Kelanauan.....	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	80
5.1 KESIMPULAN.....	81
5.2 SARAN.....	82
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Sistem Klasifikasi tanah AASHTO	6
Tabel 2.2.	Sistem Klasifikasi Tanah Unified	7
Tabel 2.3.	Komposisi Mineral <i>Quartz</i> dan <i>Fieldspar</i>	9
Tabel 2.4.	Sudut Friksi dan Efisiensi pada tanah pasir non kohesif dgn geotekstil	12
Tabel 2.5.	Pengelompokan tipe tanah berdasarkan sudut geser dalam tipe tanah	15
Tabel 2.6.	Spesifikasi Geotekstil Woven yang digunakan pada pengujian	18
Tabel 2.7.	Spesifikasi Geotekstil Non woven yang digunakan pada pengujian	19
Tabel 2.8.	Parameter friksi pada berbagai interface	21
Tabel 2.9.	Range beberapa tipikal penelitian (sudut friksi tanah-geotekstil)	22
Tabel 3.1.	Perbedaan spesifikasi Alat uji geser langsung	24
Tabel 3.2.	Jumlah berat Pengkomposisian Pasir dan pasir kelanauan (sebelum diberikan kadar air)	28
Tabel 3.3.	Jumlah geotekstil <i>woven</i> dan <i>non woven</i> yang dibutuhkan	29
Tabel 3.4.	Spesifikasi geotekstil yang digunakan dalam pengujian	30
Tabel 3.5.	Pemadatan yang dilakukan di dalam <i>shear box direct shear</i>	31
Tabel 4.1.	Hasil uji geser langsung pada pasir dengan beberapa kondisi	42
Tabel 4.2.	Hasil uji geser langsung pada pasir kelanauan dengan beberapa kondisi	46
Tabel 4.3.	Sudut Friksi dan Efisiensi pada tanah pasir non kohesif dgn geotekstil	73
Tabel 4.4.	Analisa friksi pada pasir dan pasir kelanauan dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit	73
Tabel 4.5.	Perbandingan hasil uji pada sampel pasir dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit	74

Tabel 4.6.	Perbandingan hasil uji pada sampel pasir kelanauan dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit	74
Tabel 4.7.	Analisa friksi pada pasir dan pasir kelanauan dengan kecepatan putaran alat 2 mm/menit	75
Tabel 4.8.	Perbandingan hasil uji pada sampel pasir kelanauan dengan kecepatan putaran alat 2 mm/menit	75
Tabel 4.9.	Perbandingan hasil uji pada sampel pasir kelanauan dengan kecepatan putaran alat 2 mm/menit	75
Tabel 4.10.	Jumlah lapisan geotekstil pada pasir	77
Tabel 4.11.	Jumlah lapisan geotekstil pada pasir kelanauan	78
Tabel 4.12.	Rangkuman spesifikasi geotekstil yang dibutuhkan	79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Rentang Ukuran Partikel	8
Gambar 2.2.	Struktur Butir Tunggal	9
Gambar 2.3.	Struktur Sarang Lebah	10
Gambar 2.4.	Pengujian dan Hasil <i>Friction test</i> pada tanah pasir dengan geotekstil	12
Gambar 2.5.	Susunan benda uji geser langsung	13
Gambar 2.6.	Diagram tegangan dengan perubahan tinggi benda uji	14
Gambar 2.7.	Grafik hubungan tegangan geser pada uji geser langsung	15
Gambar 2.8.	Geotekstil woven dan non woven	16
Gambar 2.9.	Tipe-tipe serat polimer yang digunakan pada pembuatan geotekstil	17
Gambar 2.10.	Selubung keruntuhan untuk berbagai Interface	21
Gambar 3.1.	Skema Alat uji geser langsung yang digunakan	25
Gambar 3.2.	Diagram Alir pengujian	26
Gambar 3.3.	Pasir lolos saringan no. 4	27
Gambar 3.4.	Pasir diayak dengan saringan no. 200	27
Gambar 3.5.	Pasir dicuci	27
Gambar 3.6.	Pasir murni setelah dioven	27
Gambar 3.7.	Grafik analisa saringan yang diambil sebagai Sampel uji pasir dan pasir kelanauan	28
Gambar 3.8.	(a) Geotekstil non-woven (GlobalTEX – non woven 550GX). (b) Geotekstil woven (GlobalTEX – woven GTW 250)	29
Gambar 3.9.	Modifikasi alat <i>shear box</i> pada <i>direct shear</i> (a) Pemasangan gypsum pada <i>shear box</i> . (b) <i>shear box</i> dengan penahan kayu pada geotekstil <i>woven</i> (c) <i>shear box</i> dengan penahan kayu pada geotekstil <i>non woven</i>	31

Gambar 3.10. Campuran pasir dan pasir kelanauan dengan w_{omc}	33
Gambar 3.11. Pemadatan yang dilakukan dalam <i>shear box</i>	34
Gambar 3.12. Pasir yang telah ditimbang 104 gram	34
Gambar 3.13. <i>Hammer</i> yang telah disiapkan untuk Mendapatkan <i>CE</i> yang diinginkan	34
Gambar 3.14. <i>Shear box</i> di kunci	35
Gambar 3.15. Set Horizontal dial	35
Gambar 3.16. Setting <i>shear box</i> dengan geotekstil	36
Gambar 3.17. Kotak geser dengan sample uji pasir dan Penempatan geotekstil non-woven dan geotekstil woven	36
Gambar 3.18. Alat uji geser langsung pada sampel dengan geotekstil	37
Gambar 4.1. Pengujian contoh pasir tanpa geotekstil (kecepatan 1mm/menit)	38
Gambar 4.2. Pengujian contoh pasir dengan geotekstil woven (kecepatan 1mm/menit)	39
Gambar 4.3. Pengujian contoh pasir dengan geotekstil non woven (kecepatan 1mm/menit)	40
Gambar 4.4. Pengujian contoh pasir tanpa geotekstil (kecepatan 2mm/menit)	41
Gambar 4.5. Pengujian contoh pasir dengan geotekstil woven (kecepatan 2mm/menit)	41
Gambar 4.6. Pengujian contoh pasir dengan geotekstil non woven (kecepatan 2mm/menit)	41
Gambar 4.7. Pengujian contoh pasir kelanauan tanpa geotekstil (kecepatan 1mm/menit)	42
Gambar 4.8. Pengujian contoh pasir kelanauan dengan geotekstil woven (kecepatan 1mm/menit)	43
Gambar 4.9. Pengujian contoh pasir kelanauan dengan geotekstil non woven (kecepatan 1mm/menit)	44
Gambar 4.10. Pengujian contoh pasir kelanauan tanpa geotekstil (kecepatan 2mm/menit)	44

Gambar 4.11. Pengujian contoh pasir kelanauan dengan geotekstil woven (kecepatan 2mm/menit)	45
Gambar 4.12. Pengujian contoh pasir dengan geotekstil non woven (kecepatan 2mm/menit)	46
Gambar 4.13. Selubung Keruntuhan untuk interface yang telah diuji (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit)	47
Gambar 4.14. Selubung Keruntuhan untuk interface yang telah diuji (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 2 mm/menit)	48
Gambar 4.15. Selubung Keruntuhan untuk interface yang telah diuji (sampel pasir kelanauan, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit)	49
Gambar 4.16. Selubung Keruntuhan untuk interface yang telah diuji (sampel pasir kelanauan, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit)	50
Gambar 4.17. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit dan $\sigma_n = 80$ kPa)	51
Gambar 4.18. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 2 mm/menit dan $\sigma_n = 80$ kPa)	52
Gambar 4.19. Gabungan Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Alat = 1 & 2 mm/menit dan $\sigma_n = 80$ kPa)	53
Gambar 4.20. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit dan $\sigma_n = 240$ kPa)	54
Gambar 4.21. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 2 mm/menit dan $\sigma_n = 240$ kPa)	54
Gambar 4.22. Gabungan Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Alat = 1 & 2 mm/menit dan $\sigma_n = 240$ kPa)	55
Gambar 4.23. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit dan $\sigma_n = 400$ kPa)	56
Gambar 4.24. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 2 mm/menit dan $\sigma_n = 400$ kPa)	57
Gambar 4.25. Gabungan Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Alat = 1 & 2 mm/menit dan $\sigma_n = 400$ kPa)	58
Gambar 4.26. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Alat = 1 mm/menit & $\sigma_n = 80$ kPa)	59

Gambar 4.27. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Alat = 2 mm/menit & $\sigma_n = 80$ kPa)	60
Gambar 4.28. Gabungan Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (pasir kelanauan, Kec. Alat = 1 & 2 mm/menit & $\sigma_n = 80$ kPa)	61
Gambar 4.29. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Alat = 1 mm/menit & $\sigma_n = 240$ kPa)	62
Gambar 4.30. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Alat = 2 mm/menit & $\sigma_n = 240$ kPa)	63
Gambar 4.31. Gabungan Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (pasir kelanauan, Kec. Alat = 1 & 2 mm/menit & $\sigma_n = 240$ kPa)	64
Gambar 4.32. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Alat = 1 mm/menit & $\sigma_n = 400$ kPa)	65
Gambar 4.33. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Alat = 2 mm/menit & $\sigma_n = 400$ kPa)	66
Gambar 4.34. Gabungan Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (pasir kelanauan, Kec. Alat = 1 & 2 mm/menit & $\sigma_n = 400$ kPa)	67
Gambar 4.35. Grafik hubungan tegangan geser dengan kecepatan putaran alat pada sampel uji pasir (tanpa geotekstil - kondisi 1)	68
Gambar 4.36. Grafik hubungan tegangan geser dengan kecepatan putaran alat pada sampel uji pasir kelanauan (tanpa geotekstil - kondisi 1)	68
Gambar 4.37. Grafik hubungan tegangan geser dengan kecepatan putaran alat pada sampel uji pasir (geotekstil <i>woven</i> - kondisi 2)	70
Gambar 4.38. Grafik hubungan tegangan geser dengan kecepatan putaran alat pada sampel uji pasir kelanauan (geotekstil <i>woven</i> - kondisi 2)	70
Gambar 4.39. Grafik hubungan tegangan geser dengan kecepatan putaran alat Pada sampel uji pasir (geotekstil <i>non woven</i> – kondisi 3)	71
Gambar 4.40. Grafik hubungan tegangan geser dengan kecepatan putaran alat Pada sampel uji pasir kelanauan (geotekstil <i>non woven</i> – kondisi 3)	72
Gambar 4.41. Gambar detail lapisan geotekstil pada kasus pasir	77
Gambar 4.41. Gambar detail lapisan geotekstil pada kasus pasir kelanauan	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Indeks properties Tanah (Pasir Cimangkok)	85
Lampiran 2.	Lampiran uji geser langsung (<i>direct shear test</i>)	95
Lampiran 3.	Lampiran aplikasi studi friksi	114
Lampiran 4.	Perhitungan desain geotekstil – tanah kasus: dinding penahan tanah (Murthy, chap.19 - hal.852)	122



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada suatu lokasi konstruksi, tanah mempunyai peranan yang sangat penting karena tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul, jalan raya, dsb. Kondisi tanah disetiap tempat sangatlah berbeda karena tanah secara alamiah merupakan material yang rumit dan sangat bervariasi. Apabila suatu tanah yang terdapat dilapangan bersifat sangat lepas atau sangat lunak sehingga tidak sesuai untuk suatu pembangunan maka tanah tersebut sebaiknya distabilisasi.

Diketahui penggunaan geosintetik dalam perkuatan dan stabilisasi tanah telah banyak digunakan di Indonesia pada beberapa tahun belakangan ini. Salah satu jenis geosintetik yang sering digunakan adalah geotekstil. Secara garis besar, geotekstil diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu: geotekstil *woven* dan geotekstil *non woven*.

Tanah pasir atau tanah berbutir kasar merupakan jenis tanah non kohesif (*cohesionless soil*), mempunyai sifat antar butir yang lepas (*loose*), hal ini ditunjukkan dengan butiran tanah yang akan terpisah-pisah apabila dikeringkan dan hanya akan melekat apabila dalam keadaan basah yang disebabkan oleh gaya tarik permukaan. Tanah non kohesif tidak mempunyai garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air. Tetapi dalam beberapa kondisi tertentu, tanah non kohesif dengan kadar air yang cukup tinggi dapat bersifat sebagai suatu cairan kental (Bowless, 1986). Parameter kekuatan geser tanah ini terletak pada nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

Dalam penggunaan geotekstil sebagai bahan stabilisasi dalam suatu tanah, tentu perlu diketahui parameter kekuatan antara dua material yang akan dikombinasikan sebagai bahan perkuatan atau stabilisasi. Disini dua material tersebut adalah geotekstil dan tanah pasir. Hal yang paling mendasar dalam penggunaan dua jenis material yang berbeda adalah sudut friksi dan adhesi yang terjadi diantara kedua bidang material yang berbeda, yaitu tanah pasir dan

geotekstil. Sehingga dapat dikatakan bahwa parameter tersebut akan menjadi dasar desain dalam penggunaan geotekstil sebagai bahan perkuatan ataupun stabilisasi tanah.

Oleh karena itu untuk mengetahui parameter desain perkuatan tersebut, yang terjadi antara geotekstil dan tanah pasir maka dilakukan suatu penelitian pada suatu model lapisan geotekstil *woven* dan *non woven* yang diletakkan tepat dibawah lapisan tanah pasir dan pasir kelanauan. Kemudian dilakukan uji geser langsung antara kedua material, untuk mengetahui friksi yang terjadi antara pasir dengan geotekstil.

1.2 Deskripsi Masalah

Pada pengujian ini, penulis menggunakan dua jenis geotekstil sebagai material uji, yaitu geotekstil *woven* dan geotekstil *non woven*. Metode pengujian yang digunakan adalah metode uji geser langsung (*direct shear test*). Penulis membandingkan hasil pengujian friksi dengan alat uji geser langsung antara tanah pasir tanpa lapisan geotekstil dengan tanah pasir yang menggunakan lapisan geotekstil.

Pengujian ini dilakukan dengan standar pengujian ASTM D 5321 – 92 (*Standard Test Method for Determining the Coefficient of Soil and Geosynthetic or geosynthetic and Geosynthetic Friction by the Direct Shear Method*) dan dalam standar ASTM ini pengujian direkomendasikan menggunakan *shearbox* berbentuk kotak persegi dengan ukuran 300 mm × 300 mm ($p \times l$) dan tinggi spesimen 50 mm (h).

Namun karena alat tidak tersedia maka dicoba dengan alat yang sudah ada yaitu alat *direct shear (automatic)* yang ada di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Alat ini sesuai dengan ASTM D 3080 yang selama ini digunakan untuk Uji geser langsung dengan bahan pasir. Alat uji geser automatic ini mempunyai bentuk silinder dengan ukuran diameter 60 mm dan tinggi spesimen 20 mm (h). Terdapat perbedaan pada ukuran *shearbox direct shear*, namun pengujian dilakukan dengan pendekatan standar ASTM D 5321 - 92 pada masing – masing kondisi sampel uji dan tata letak geotekstil yang sama dengan standar tersebut.

1.3 Maksud dan Tujuan

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk :

- a) Menentukan nilai parameter - parameter kuat geser dari hasil uji geser langsung di laboratorium terhadap tanah pasir.
- b) Membandingkan parameter geser (friksi) yang terjadi antara interface tanah pasir – tanah pasir dan interface tanah pasir – geotekstil.
- c) Membandingkan hasil uji geser langsung (tanah pasir – tanah pasir) dan gesek / friksi (tanah pasir – geotekstil) dengan perbedaan kecepatan putaran alat uji geser langsung yaitu 1 mm/menit dengan 2 mm/menit.
- d) Penggunaan kecepatan putaran alat 2 mm/menit, untuk melihat pengaruh yang terjadi pada masing-masing sampel terhadap alat uji geser langsung.

1.4 Pembatasan Masalah

Pengujian pencarian nilai friksi dilakukan dengan metode uji geser langsung. Pengujian dilakukan pada tanah pasir dimana terdapat dua kondisi kecepatan putaran alat yaitu 1 mm/menit dan 2 mm/menit. Masing-masing benda uji diberi lapisan geotekstil *woven* (anyam) dan geotekstil *non woven* (niranyam), kemudian membandingkan hasilnya dengan pengujian geser langsung yang benda ujinya tidak diberikan lapisan apa-apa.

Sample uji yang digunakan sebagai perbandingan yaitu pasir dan pasir kelanauan. Maka dibuat komposisi bahan campuran untuk pengujian ini, sebagai berikut : Pasir (100% Pasir) dan Pasir kelanauan (85% Pasir + 15% lanau). Kemudian diberikan nilai kadar air optimum yaitu : sesuai dengan besar dari Berat kering maksimum tanah (MDD/ Maximum Dry Density).

Penelitian ini ditekankan pada pencarian nilai-nilai dari parameter-parameter friksi pada interface antara pasir dan pasir kelanauan dengan geotekstil. nilai-nilai parameter tanah akan dihasilkan dengan pengujian geser langsung dimana akan didapatkan bentuk grafik dan tabel yang menyatakan beberapa parameter yaitu tegangan geser, tegangan normal, kohesi antara tanah pasir, adhesi antara tanah pasir dengan geotekstil, sudut geser internal tanah pasir dan sudut friksi antara tanah pasir dengan geotekstil, yang secara keseluruhan menggambarkan keadaan sampel uji.

Grafik-grafik dari tiap contoh uji tanah pasir nantinya akan saling dibandingkan untuk mengetahui perbedaan yang terjadi setelah keseluruhan pengujian.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan, secara garis besar meliputi :

BAB I PENDAHULUAN

Meliputi: latar belakang, deskripsi masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Meliputi: deskripsi dan klasifikasi tanah, struktur tanah berpasir, material geosintetik, dan literatur mengenai pengujian kekuatan geser tanah dengan uji geser langsung.

BAB III METODE PENELITIAN

Meliputi: ruang lingkup penelitian, pengujian karakteristik tanah pasir, persiapan bahan dan alat, pengujian geser langsung pada tanah pasir yang menggunakan geotekstil dan yang tanpa geotekstil, serta bagan alir.

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Meliputi: Hasil *Direct shear Test* Pada Pasir dan pasir kelanauan, Analisa Parameter Friksi antara tanah pasir dengan geotekstil, Analisa Hasil *Direct Shear Test* pada pasir dan pasir kelanauan, serta perbandingan hasil pengujian dengan penelitian sebelumnya.

BAB V PENUTUP

Meliputi: Kesimpulan dan Saran.

KEPUSTAKAAN

LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah

Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya yang terbentuk karena pelapukan batuan. Ikatan yang lemah antara partikel – partikel tanah disebabkan oleh pengaruh karbonat atau oksida yang tersenyawa diantara partikel-partikel tersebut, atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik (Craig, 1994).

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah merupakan material yang terdiri agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersedimentasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel partikel padat tersebut (Das, 1988).

Sedangkan definisi lain menyebutkan tanah adalah kumpulan (agregat) butiran mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat termaksud diaduk dalam air (Terzaghi, 1987).

Peranan tanah sangat penting dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan, dikarenakan tanah tersebut berfungsi untuk mendukung beban yang ada di atasnya. Oleh karena itu tanah yang akan digunakan sebagai pendukung konstruksi haruslah dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dipergunakan sebagai tanah dasar (subgrade), lereng ataupun dinding penahan tanah.

2.2. Klasifikasi Tanah

Sistem Klasifikasi Tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu sistem AASHTO (*American Association of Highway and Transportation Official*) dan sistem *Unified*.

2.2.1 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of Highway and Transportation Official*) dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public*

Road Administration Classification System. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan, sedangkan yang berlaku saat ini adalah ASTM Standart No. D-3282, AASHTO metode M145 (Das, 1995). Sistem ini mengklasifikasikan tanah ke dalam delapan kelompok, A-1 sampai A-8.

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi tanah AASHTO

Perhatikan bahwa A-8, gambut dan rawang ditentukan dengan klasifikasi visual dan tidak diperlihatkan dalam tabel

Klasifikasi Umum	material berbutir (<35% lolos saringan no.200)							tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan no.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Analisis ayakan (% lolos)											
No. 10	50 maks	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
No. 40	30 maks	50 maks	51 maks	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
No. 200	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi yang lewat:											
# No. 40: Batas cair indeks plastisitas	----- 6 maks	----- N.P	40 maks 10 maks	41 min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11 min	40 maks 10 maks	40 min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11 min	
Jenis umum	Fragmen batuan kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil atau pasir lanauan atau lempungan				Tanah lanauan		Tanah lempungan	
Tingkat umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Cukup baik sampai buruk			

Sumber : Bowles, 1986

Catatan : Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL). Untuk $PL > 30$ klasifikasinya A-7-5. Untuk $PL < 30$ klasifikasinya A-7-6.

Secara umum sistem klasifikasi ini menganggap tanah sebagai:

- Lebih buruk untuk dipakai dalam pembangunan jalan apabila kelompoknya berada lebih di kanan dalam Tabel 2.1, yaitu tanah A-6 lebih tidak memuaskan jika dibandingkan dengan tanah A-5.
- Lebih buruk untuk dipakai dalam pembangunan jalan apabila indeks kelompok bertambah untuk sub kelompok tertentu, misal tanah A-6(3) adalah lebih tidak memuaskan dari pada tanah A-6(1).

2.2.2 Sistem Klasifikasi *Unified*

Sistem *Unified* membagi tanah dalam dua kelompok besar yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus.

- Tanah berbutir kasar (*coarse grained-soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% lolos saringan nomer 200. Simbol kelompok ini adalah G (untuk tanah berkerikil) dan S (untuk tanah berpasir). Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan symbol W (untuk tanah bergradasi baik) dan P (untuk tanah bergradasi buruk).
- Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% lolos saringan nomer 200. symbol kelompok ini adalah C (untuk lempung anorganik, clay) dan O (untuk lanau organik). Plastisitas dinyatakan dengan L (plastisitas rendah) dan H (plastisitas tinggi).

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

Deskripsi	Simbol Kelompok	Kriteria Laboratorium					
		Butiran Halus (%)	Kualitas	Plastisitas	Catatan		
Berbutir kasar (lebih dari 50% pecahan lebih besar dari 63 μ m BS atau ukuran ayakan US No. 200)	Kerikil (lebih dari 50% pecahan kasar berukuran kerikil)	Kerikil bergradasi baik, kerikil berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	GW	0-5	$C_u > 4$ $1 < C_c < 3$	Simbol rangkap dua jika butiran halusnya 5 - 12%. Simbol Rangkap dua jika diatas garis - A dan 4 < PI < 7	
		Kerikil berlanau, kerikil berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	GP	0-5	Tidak memenuhi syarat-syarat GW		
		Kerikil berlanau, kerikil berpasir berlanau	GM	>12			Dibawah garis-A atau $PI < 4$
		Kerikil berlempung, kerikil berlempung berpasir	GC	>12			Di atas garis -A atau $PI > 7$
	Pasir (lebih dari 50% pecahan kasar berukuran pasir)	Pasir bergradasi baik, kerikil berpasir, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	SW	0-5	$C_u > 6$ $1 < C_c < 3$		
		Pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, dengan sedikit atau tanpa butiran halus	SP	0-5	Tidak memenuhi syarat-syarat SW		
		Pasir berlanau	SM	>12			Dibawah garis-A atau $PI < 4$
Berbutir halus (lebih dari 50% lebih kecil dari 63 μ m BS atau ukuran ayakan US No. 200)	Lanau dan Lempung (batas cair kurang dari 50)	Lanau anorganik, pasir halus berlanau atau berlempung plastisitas tinggi	ML	Gunakan Grafik Plastisitas			
		Lempung anorganik, lempung berlanau, lempung berpasir plastisitas rendah	CL	Gunakan Grafik Plastisitas			
		Lanau organik dan lempung berlanau organik plastisitas rendah	OL	Gunakan Grafik Plastisitas			
	Lanau dan Lempung (batas cair lebih besar dari 50)	Lanau anorganik plastisitas tinggi	MH	Gunakan Grafik Plastisitas			
		Lempung anorganik plastisitas tinggi	CH	Gunakan Grafik Plastisitas			
		Lempung organik plastisitas tinggi	OH	Gunakan Grafik Plastisitas			
Tanah Organik Tinggi	Gambut dan tanah berkadar organik tinggi lainnya	Pt					

Sumber : Wagner. AA, 1957, Proceedings SFCE, London. Craig, 1994.

2.3. Tanah Pasir

2.3.1 Pasir dan Mineral yang Terkandung di Dalamnya

Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0.074 mm sampai dengan 5 mm. berkisar dari kasar (3mm sampai 5mm) dan halus (<1mm). Jenis tanah yang termasuk tipe pasir atau kerikil (disebut juga tanah berbutir kasar) jika, setelah kerakal atau berangkalnya disingkirkan, lebih dari 65% material tersebut berukuran pasir dan kerikil (Craig, 1994).

Secara visual, tanah pasir dapat ditentukan melalui teksturnya, dan dengan berdasarkan penampilan tekstur ini pula tanah pasir lebih mudah untuk diklasifikasikan. Pasir dan kerikil dapat dibagi lagi menjadi fraksi-fraksi kasar, medium, dan halus, seperti didefinisikan dalam Gambar 2.1. Pasir dan kerikil dapat dideskripsikan sebagai yang bergradasi baik, bergradasi buruk, bergradasi seragam atau bergradasi timpang (*gap graded*).

Lempung	Lanau			Pasir			Kerikil			Cobbles	Boulders	
	Halus	Medium	Kasar	Halus	Medium	Kasar	Halus	Medium	Kasar			
	0.001	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2	6	20	60	200
		0.01		0.1		1		10		100		

Gambar 2.1 Rentang ukuran partikel
Sumber : Craig 1994

Pasir merupakan jenis tanah non kohesif (*cohesionless soil*). tanah non kohesif mempunyai sifat antar butiran lepas (*loose*), hal ini ditunjukkan dengan butiran tanah yang akan terpisah-pisah apabila dikeringkan dan hanya akan melekat apabila dalam keadaan yang disebabkan oleh gaya tarik permukaan. Tanah non kohesif tidak mempunyai garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air (Bowles, 1986).

Berdasarkan mineral yang terkandung di dalamnya, pasir terdiri dari sebagian besar mineral *quartz* (kwarsa) dan *feldspar*. Komposisi mineral *quartz* dan *feldspar* ditunjukkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Komposisi Mineral *Quartz* dan *Fieldspar*.

Mineral	Komposisi
Quartz	SiO_2 (Silikon dioksida)
Fieldspar	
Ortoklas	$\text{K(Al) Si}_3\text{O}_8$
Plagioklas	$\text{Na(Al) Si}_3\text{O}_8$

Sumber : Bowles,1986

2.3.2 Struktur Tanah Berpasir

Struktur tanah pasir pada umumnya dapat dibagi 2 kategori pokok yaitu struktur butir tunggal (*single frained*) dan struktur sarang lebah (*honeycombed*).

Pada struktur butir tunggal, butiran tanah berbeda dalam keadaan relatif stabil dan tiap-tiap butir bersentuhan satu terhadap yang lain. Bentuk dan pembagian ukuran butiran tanah serta kedudukannya mempengaruhi sifat kepadatan tanah. Variasi angka pori yang disebabkan oleh kedudukan butiran. Untuk suatu susunan dalam keadaan lepas, angka pori adalah 0,9. tetapi angka pori berkurang menjadi 0,35 apabila butiran dipadatkan sedemikian rupa, sehingga susunan menjadi sangat padat (Das, 1993).



Gambar 2.2 Struktur butir tunggal (a). lepas, (b). tunggal

Sumber : Das, 1993

Pada struktur sarang lebah, pasir halus dan lanau membentuk lengkungan – lengkungan kecil hingga merupakan rantai butiran. Tanah yang mempunyai struktur sarang lebah mempunyai angka pori besar dan biasanya dapat memikul beban statis yang tak begitu besar. Struktur tersebut bila dikenai beban berat atau beban getar, struktur tanah akan rusak dan menyebabkan penurunan yang besar.



Gambar 2.3 Struktur Sarang Lebah
Sumber : Das, 1993

2.4 Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb

Pengetahuan tentang kekuatan geser diperlukan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan stabilitas massa tanah. Bila suatu titik pada sembarang bidang dari suatu massa tanah memiliki tegangan geser yang sama dengan kekuatan gesernya, maka keruntuhan akan terjadi pada titik tersebut. Kekuatan geser tanah (τ_f) di suatu titik pada suatu bidang tertentu dikemukakan oleh Coulomb sebagai suatu fungsi linier terhadap tegangan normal (σ_f) pada bidang tersebut pada titik yang sama, sebagai berikut:

$$\tau_f = c + \sigma_f \tan \phi \quad \dots(2.1)$$

Dimana c dan ϕ adalah *parameter - parameter kekuatan geser*, yang berturut-turut didefinisikan sebagai kohesi (*cohesion intercept* atau *apparent cohesion*) dan sudut tahanan geser (*angle of shearing resistance*). Berdasarkan konsep dasar Terzaghi, tegangan geser pada suatu tanah hanya dapat ditahan oleh tegangan partikel-partikel padatnya. Kekuatan geser tanah dapat juga dinyatakan sebagai fungsi dari tegangan normal efektif sebagai berikut:

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

Dimana c' dan ϕ' parameter – parameter kekuatan geser pada tegangan efektif. Dengan demikian keruntuhan akan terjadi pada titik yang mengalami keadaan kritis yang disebabkan oleh kombinasi antara tegangan geser dan tegangan normal efektif.

2.5 Friksi yang terjadi antara tanah dengan geotekstil

2.5.1 Tipe Friksi (*Shear type*)

Untuk mengetahui tipe friksi yang terjadi antara tanah dengan geotekstil, maka dapat divisualisasikan secara bagus dengan pengujian geser langsung (*direct*

shear test). Geotekstil diletakkan pada tanah yang dibebani dengan tegangan normal dan kemudian dua material akan saling bergeser pada masing-masing interface nya. Hasil dari paramter kekuatan geser (adhesi dan sudut friksi antara tanah dengan geotekstil) didapatkan dari gambaran perilaku geoteknis tradisional (lama) dengan menggunakan penyaduran kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb:

$$\tau = c_a + \sigma'_n \tan \delta \quad \text{..... (2.3)}$$

Dimana: τ = kuat geser (antara geotekstil dan tanah)

σ'_n = Tegangan normal efektif pada shear plane

c_a = adhesi (antara geotekstil dengan tanah)

δ = Sudut Friksi (antara geotekstil dengan tanah)

Parameter kekuatan geser c_a dan δ dapat dibandingkan dengan parameter kekuatan geser dari tanah pasir itu sendiri (tanah dengan tanah) seperti berikut :

$$\tau = c + \sigma' \tan \phi$$

Dimana: c = kohesi (antara tanah dengan tanah)

ϕ = Sudut Friksi (antara tanah dengan tanah)

Selanjutnya,

$$E_c = (c_a / c) \times 100 \quad \text{..... (2.4)}$$

$$E_\phi = (\tan \delta / \tan \phi) \times 100 \quad \text{..... (2.5)}$$

Dimana: E_c = Efisiensi dari mobilisasi kohesi.

E_ϕ = Efisiensi dari mobilisasi sudut friksi.

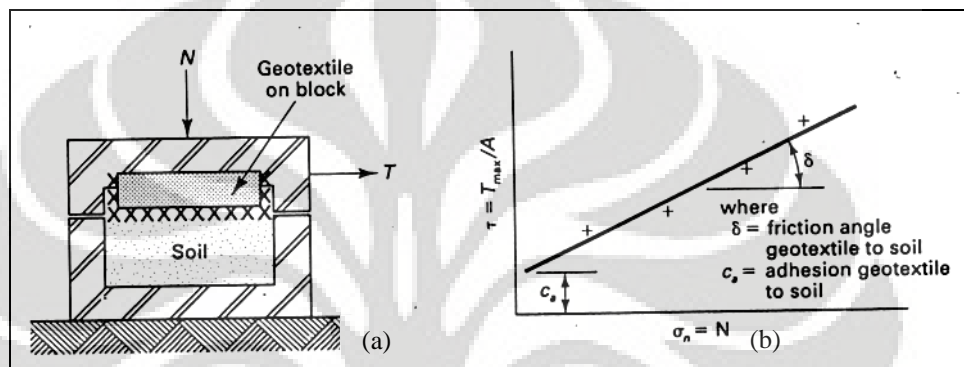
Ratio ini, pada umumnya dinamakan dengan efisiensi, mempunyai batasan nilai dari nol hingga satu. Nilai yang lebih dari satu menjadi tidak mungkin, karena bidang runtuh bergerak pada tanah itu sendiri. (Koerner, 1994)

2.5.2 Perilaku Friksi (*Friction Behaviour*)

Di dalam berbagai problem desain, sangat penting untuk mengetahui *friction behaviour* (Perilaku Friksi) yang terjadi antara tanah dengan geotekstil. Pada gambar 2.4 (a), geotekstil ditempel dengan kuat pada bagian atas (separuh)

dari kotak geser (alat *direct shear*), sedangkan tanah pasir diletakkan di bagian bawah kotak geser. (Koerner, 1994)

Setelah Tegangan normal dilakukan, dan tegangan geser akan berlangsung sampai timbul *sliding* antara geotekstil dan tanah pasir sehingga tidak ada lagi peningkatan kuat geser yang diinginkan. Kemudian ulangi pengujian dengan tegangan normal yang berbeda-beda, maka akan didapatkan grafik seperti gambar 2.4 (b).



Gambar 2.4 Pengujian dan Hasil *Friction test* pada tanah pasir dengan geotekstil
Sumber : Koerner, 1994

Hasil pengujian yang dilakukan, dapat dilihat pada tabel 2.4 dimana terdapat 4 jenis geotekstil yang diuji dengan tiga jenis pasir tidak kohesif, sebagai berikut :

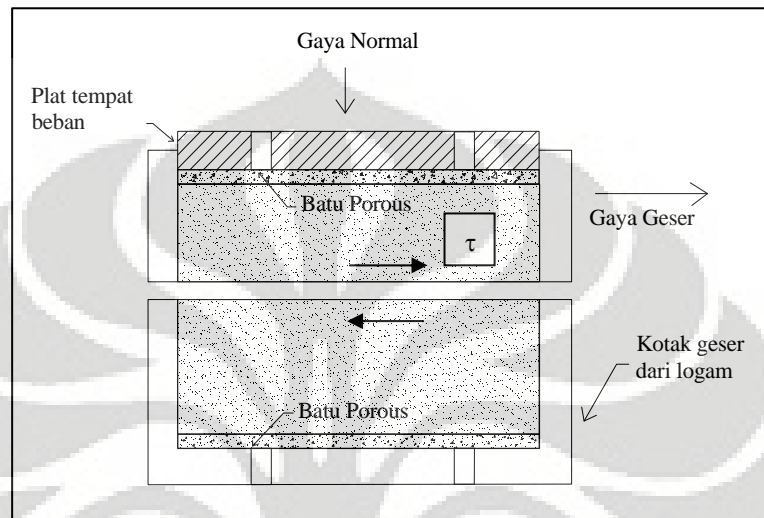
Tabel 2.4 Sudut Friksi dan Efisiensi pada tanah pasir non kohesif dengan geotekstil

<i>Geotextile Type</i>	<i>Concrete Sand</i> ϕ = 30 deg	<i>Rounded Sand</i> ϕ = 28 deg	<i>Silty Sand</i> ϕ = 26 deg
Woven, monofilament	26 deg. (84%)	---	---
Woven, Silt film	24 deg. (77%)	24 deg. (84%)	23 deg. (87%)
Nonwoven, heat bonded	26 deg. (84%)	---	---
Nonwoven, needle punched	30 deg. (100%)	26 deg. (92%)	25 deg. (96%)

2.6 Pengujian Geser Langsung

Pada pengujian geser langsung peralatan pengujian meliputi kotak geser dari besi, yang berfungsi sebagai tempat benda uji. Kotak geser tempat benda uji dapat berbentuk bujursangkar maupun lingkaran, dengan luas kira-kira 3 sampai 4

inchi² (1935,48 sampai 2580,64 mm²) luas penampangnya dan tingginya 1 inchi (25,4 mm). Kotak terpisah menjadi 2 bagian yang sama. Tegangan normal pada benda uji diberikan dari atas kotak geser. Gaya geser diterapkan pada setengah bagian atau dari kotak geser, untuk memberikan geseran pada tengah-tengah benda uji.



Gambar 2.5 Susunan Benda uji geser langsung

Sumber : Das, 1995

Uji geser langsung dilakukan beberapa kali pada sebuah sampel tanah dengan beberapa macam tegangan normal. Harga tegangan normal dan harga tegangan geser yang didapat dengan melakukan pengujian dapat digambarkan dengan beberapa grafik untuk menentukan harga parameter kuat geser.

Pada uji geser langsung dengan metode regangan terkendali, kotak geser diberikan kecepatan pergeseran secara terkendali. Kecepatan, v selalu tetap selama pengujian berlangsung dengan satuan jarak per waktu (mm/menit). Gaya geser yang dihasilkan, τ merupakan reaksi dari adanya pergeseran pada kotak geser (Das, 1995).

Tegangan normal dapat dihitung dengan persamaan berikut :

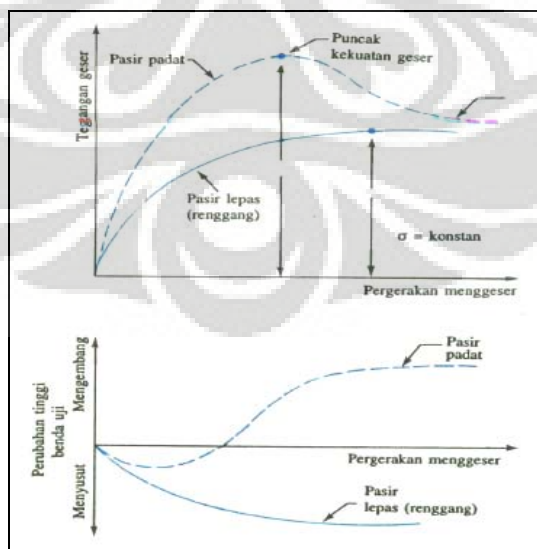
$$\sigma = \text{Tegangan normal} = \frac{\text{Gaya normal yang bekerja}}{\text{luas penampang lintang sampel tanah}} \dots (2.6)$$

Tegangan geser yang melawan pergerakan geser dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut ini.

$$\tau = \text{Tegangan geser} = \frac{\text{Gaya geser yang melawan pergerakan}}{\text{luas penampang lintang sampel tanah}} \dots(2.7)$$

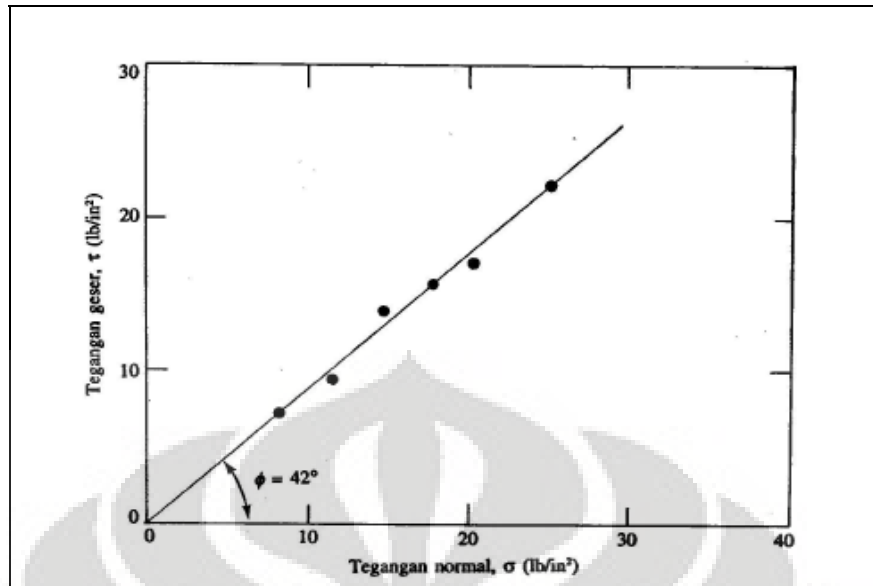
Dalam Gambar 2.6 dapat kita lihat potongan grafik tentang hubungan antara tegangan geser dan perubahan ketinggian dari sampel tanah akibat perpindahan geser tanah pasir lepas dan pasir padat. Pengamatan ini dihasilkan oleh uji regangan–terkendali. Secara visual tanah jenis pasir dapat dikelompokkan dalam dua tipe tanah pasir yaitu dengan ciri-ciri sebagai berikut (Das, 1995) :

1. Pasir lepas (renggang), pada tegangan geser penahan akan membesar sesuai dengan membesarnya perpindahan geser sampai tegangan tadi mencapai tegangan runtuh τ_f setelah itu, besar tegangan geser akan kira-kira konstan sejalan dengan bertambahnya perpindahan geser.
2. Pasir padat, tegangan geser penghambat akan naik sejalan dengan membesarnya perpindahan geser hingga tegangan geser runtuh (maksimum) tercapai. Bila tegangan runtuh telah tercapai, maka tegangan geser penghambatan yang ada akan berkurang secara lambat laun dengan bertambahnya perpindahan geser sampai pada suatu saat mencapai harga konstan.



Gambar 2.6 Diagram tegangan dengan perubahan tinggi benda uji

Sumber : Das, 1995



Gambar 2.7 Grafik hubungan tegangan geser pada uji geser langsung
 Sumber : Das, 1995

Pada Gambar 2.7 adalah uji dari tanah pasir kering. Persamaan untuk harga rata-rata garis yang menghubungkan titik-titik dalam eksperimen tersebut adalah :

$$\tau_f = \sigma \tan \phi \quad \dots(2.8)$$

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

Jadi besar sudut geser adalah:

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{\tau_f}{\sigma} \right) \quad \dots(2.9)$$

Dibawah ini adalah harga-harga yang umum dari sudut geser internal kondisi drained untuk pasir dan lanau.

Tabel 2.5 Pengelompokan tipe tanah berdasarkan sudut geser dalam Tipe Tanah

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

Sumber : Das, 1995

2.7 Material Geotekstil

2.7.1 Definisi Geotekstil

Berdasarkan ASTM D 4439, Geotekstil didefinisikan sebagai geosintetik permeabel yang terdiri dari anyaman tekstil (*solely of textiles*). Dalam pembuatan geotekstil ada 3 hal penting yang perlu diperhatikan yaitu tipe polimer yang digunakan, tipe serat yang digunakan dan cara penenunan / penganyamannya. (Koerner, 1994)



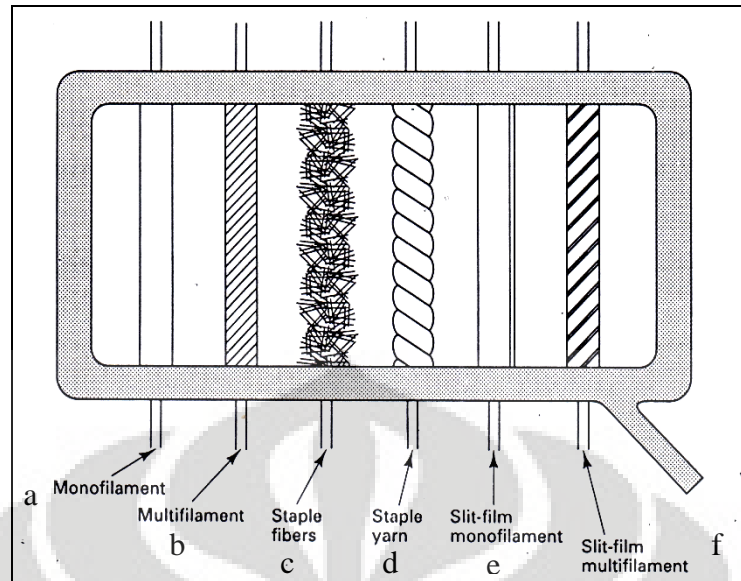
Gambar 2.8 Geotekstil *woven* dan *non-woven*
Sumber : URL: <http://www.google.com/search/geotextile>

Dalam pembuatan serat untuk pembuatan geotekstil, susunan dari material polimer-nya adalah:

- *Polypropylene* (=83%)
- *Polyester* (=14%)
- *Polyethylenen* (=2%)
- *Polymide (nylon)* (=1%)

Terdapat berbagai macam serat yang umum digunakan dalam pembuatan geotekstil yaitu sebagai berikut :

1. *Manofilament*
2. *Multifilament*
3. *Staple Yarn*
4. *Slit-film Monofilament*
5. *Slit-film Multifilament*



Gambar 2.9 Tipe-tipe serat polimer yang digunakan pada pembuatan geotekstil

Sumber : Koerner, 1994

Geotekstil umumnya dibuat dari *polypropylene* atau polimer *polyester* yang dibentuk menjadi serat atau tenunan / anyaman dan akhirnya akan menjadi 2 jenis yaitu *woven* dan *non woven*. Berikut beberapa pilihan cara dalam menenun / menganyam serat yaitu:

1. *Woven monofilament* (gambar 2.11a)
2. *Woven multifilament* (gambar 2.11b)
3. *Woven slit-film monofilament* (gambar 2.11e)
4. *Woven slit-film multifilament* (gambar 2.11f)
5. *Nonwoven continous filament heat bounded*
6. *Nonwoven continous filament needle punched*
7. *Nonwoven staple needle punched*
8. *Nonwoven resin-bounded*
9. *Other woven or nonwoven combination*
10. *Knitted (rare)*

2.7.2 Karakteristik Geotekstil

Pemilihan geotekstil untuk kekuatan dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal geotekstil terdiri dari kuat tarik geotekstil, sifat perpanjangan (*creep*), struktur geotekstil dan daya tahan terhadap

faktor lingkungan, sedangkan faktor eksternal adalah jenis bahan timbunan yang berinteraksi dengan geotekstil. Struktur geotekstil, yaitu jenis anyam (*woven*) atau niranyam (*non-woven*) juga mempengaruhi pada pemilihan geotekstil untuk kekuatan. Kondisi lingkungan juga memberikan reduksi terhadap kuat tarik geotekstil karena reaksi kimia antara geotekstil dengan lingkungan disekitarnya. Sinar ultra violet, air laut, kondisi asam atau basa serta mikro organisme seperti bakteri dapat mengurangi kekuatan geotekstil. waktu pembebanan juga mengurangi kekuatan geotekstil karena akan terjadi degradasi pada geotekstil oleh faktor *fatigue* dan *aging*. Untuk menutupi kekurangan tersebut, tidak seluruh kuat tarik geotekstil yang tersedia dapat dimanfaatkan dalam perencanaan konstruksi kekuatan.

2.7.3 Jenis Geotekstil yang digunakan pada Pengujian

Penelitian ini menggunakan dua jenis geotekstil, yang data dan spesifikasinya berasal dari Brosur GlobalTEX Woven dan Non-woven, yaitu sebagai berikut:

1. Geotekstil jenis *woven* yaitu GTW 250

GTW 250 tersusun dari anyaman silt tape film polipropelene dan diberikan stabilisasi terhadap sinar Ultraviolet. Dengan tebal 1.06 mm. Geotekstil ini berbentuk seperti terpal plastik, berwarna hitam, dan mempunyai berat *massa* 250 gr/m². Karakteristik atau spesifikasi geotekstil *woven* (GTW 250) tersebut dapat dilihat pada tabel 2.7 :

Tabel 2.6. Spesifikasi Geotekstil *woven* yang digunakan pada pengujian :

PROPERTIES	TEST METHOD	GTW 250	UNIT
Mass	ASTM D 3770	250	gr/m ²
Thickness	ASTM D 1777	1.06	mm
Color		Black	
Wide Width Tensile Strength	ISO 10319		
Machine Direction (Warp) / md		53	kN/m
Cross Machine Direction (Width) / cd		44	
Wide Width Tensile Elongation	ISO 10319		
Machine Direction (Warp) / md		27	%
Cross Machine Direction (Width) / cd		20	

Sumber : Brosur GlobalTex Woven

2. Geotekstil jenis *non – woven* yaitu 505GX

505GX tersusun dari 100% polyester (PET) dan dibuat dengan cara mechanical bonding (diikat secara mekanis) atau *needle punched* yang kemudian diberi stabilisasi 90% terhadap sinar Ultraviolet. 505 GX mempunyai berat *massa* 400 gr/m² dengan tebal 3.0 mm. Geotekstil ini mempunyai berat jenis dan titik leleh yang sama dengan GTW 250 yaitu berat jenis = 0,91 dan titik leleh 165° C. 505GX berbentuk seperti kain tebal dan berwarna putih.

Karakteristik atau spesifikasi geotekstil *non woven* (505GX) tersebut dapat dilihat pada tabel 2.8 :

Tabel 2.7. Spesifikasi Geotekstil *non woven* yang digunakan pada pengujian :

PROPERTIES	TEST METHOD	505GX	UNIT
Mass	ASTM D 3770	400	gr/m ²
Thickness 2kPa	ASTM D 1777	3.0	mm
Wide strip Tensile Strength (md/cd)	EN ISO 10319 ASTM D 4595	30.5 28.5	kN/m
Elongation at maximum load (md/cd)	EN ISO 10319 ASTM D 4595	45/90	%

Sumber : Brosur Globaltex Non - Woven

2.8. Pengujian pada geotekstil terhadap pasir ataupun tanah lunak

Geotekstil umumnya telah mengalami percobaan pengujian kekuatan di laboratorium sebelum digunakan di lapangan. Percobaan tersebut, antara lain:

- Pengujian Tarik jalur (*strip tensile test*)
- Pengujian regangan bidang (*plane shear stress*)
- Pengujian robekan tepi (*wing wear test*)
- Pengujian tarik cengkram bidang (*grab tensile test*)

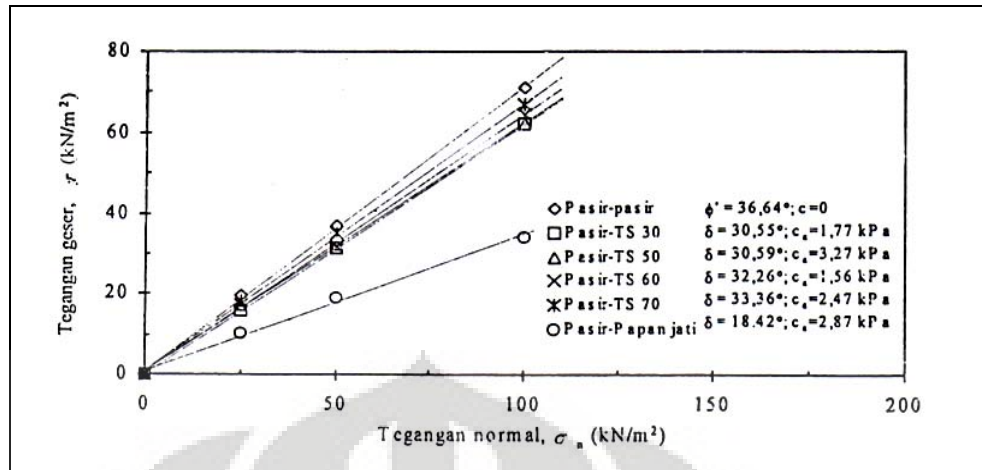
Berikut ini adalah beberapa penelitian yang pernah dilakukan oleh ilmuwan, akademisi ataupun badan institut:

1. Perilaku dan Mobilisasi Friksi Interface Pasir – Geotekstil Niranyam (*non woven*) pada alat uji geser langsung Konvensional. (Suhendro, 2003)

Penelitian ini menggunakan bahan uji geotekstil polyfelt niranyam (*non woven*) sebagai material perkuatan. Geotekstil ini tersusun atas serat-serat menerus dari bahan 100% polypropelene dan dibuat dengan cara heatbonded yang kemudian diberi stabilisasi terhadap sinar ultra violet (UV *stabilized*). Tanah yang digunakan adalah pasir pantai yang diambil dari pantai Sundak, D.I. Yogyakarta, dengan gradasi butiran dipilih, yaitu lolos ayakan #10 (2 mm) dan tertahan ayakan #20 (0.85 mm).

Prosedur Pengujian dilakukan dengan memotong geotekstil sesuai dengan ukuran 100 mm × 100 mm (sesuai dengan ukuran kotak geser). Pasir uji pada kondisi kering oven dan dituangkan ke dalam kotak geser dalam dua lapis dengan ketebalan yang sama, dimana tiap lapis dipadatkan dengan tamper berukuran 98 mm × 98 mm. Setiap pengujian diset pada kepadatan relatif rata-rata $D_r = 85\%$, dengan menggunakan pendekatan volume melalui berat volume pasir. Tegangan normal yang diberikan divariasikan yaitu : 25 kN/m², 50 kN/m² dan 100 kN/m². Sebelum penggeseran pasir dibiarkan terkompresi selama 10 menit, agar partikel-partikel pasir dapat saling menyesuaikan diri. Kecepatan penggeseran diambil sebesar 1.06 mm/menit.

Dari hasil pengujian tersebut didapatkan parameter friksi pada kondisi keruntuhan yaitu selubung keruntuhan (*failure envelope*) untuk tiap-tiap tipe uji yang ditunjukkan pada Gambar 2.10., terlihat bahwa seluruh interface pasir-geotekstil dan interface pasir-papan jati memberikan sudut gesek δ yang lebih rendah dibanding sudut gesek internal tanah ϕ' . Nilai δ ini juga dirangkum pada Tabel 2.8. Nilai δ terendah pada interface pasir – papan jati oleh karena permukaan papan jati lebih halus dibanding dengan permukaan geotekstil.



Gambar 2.10 Selubung keruntuhan untuk berbagai Interface
Sumber : Suhendro, 2003

Tabel 2.8 Parameter friksi pada berbagai Interface

Tipe Interface	Sudut Gesek ϕ' atau δ ($^{\circ}$)	Koefisien gesek, μ^*	Kohesi, c (kPa)	Efisiensi (α_{ds})
Pasir – pasir	36.64	0.774	0	1.000
Pasir – Geoteks TS 30	30.78	0.596	1.77	0.801
Pasir – Geoteks TS 50	30.12	0.580	3.27	0.780
Pasir – Geoteks TS 60	32.11	0.628	1.56	0.844
Pasir – Geoteks TS 70	33.34	0.658	2.47	0.885
Pasir – Kayu Jati	17.87	0.322	2.87	0.433

Sumber : Suhendro, 2003

2. Friksi yang terjadi antara tanah dengan geotekstil (Sharma, 1993)

Pada umumnya, friksi yang terjadi pada interface antara tanah dengan geotekstil mempunyai efisiensi yang tinggi dengan beban normal yang besar. Secara garis besar, efisiensi yang tinggi terjadi pada geotekstil *woven* dan geotekstil *non woven needle punched* dibandingkan dengan geotekstil *non woven heat bonded*. Kemungkinan, ini disebabkan karena antara permukaan yang lebih kasar dan jumlah besar tanah dengan interaksi terhadap geotekstil *woven* dan *non woven needle punched*. Faktor lain atau dari banyaknya observasi uji geser langsung pada tanah dan geotekstil yang dilakukan oleh beberapa peneliti dan ilmuwan menunjukkan:

- Ada beberapa indikasi bahwa dengan adanya pembasahan pada geotekstil akan menurunkan kuat geser.
- Untuk geotekstil woven, arah mesin (*machine direction*) dan arah silang (*cross direction*) akan menghasilkan nilai interface friksi yang berbeda, dengan *cross direction* nilai interface friksi seringkali lebih rendah.
- Berat jenis pasir tidak akan menimbulkan efek yang signifikan pada friksi interface antara pasir dengan geotekstil, terutama pada geotekstil woven.
- Adhesi antara tanah dan geotekstil bisa terjadi karena interlocking dari material. Adhesi yang paling sering terlihat adalah pada geotekstil non woven.
- Untuk tanah lempung dan geotekstil non woven pada beban yang tinggi dan menengah, maka sudut friksi interface akan naik dan adhesi menurun selama konsolidasi pada tanah yang berbatasan dengan geotekstil.

Berbagai variasi sudut friksi interface dapat dilihat pada tabel 2.9 yang merupakan variasi pada prosedur penelitian, pembebanan normal, tanah dan geotekstil. Range yang terjadi juga merupakan puncak (*peak*) dan residual sudut friksi yang terjadi.

Tabel 2.9 Range beberapa tipikal penelitian (sudut friksi tanah-geotekstil)

Tipe geotekstil	Sudut friksi pasir (deg) (efisiensi)	Sudut friksi lempung (deg) (efisiensi)
Woven,	23 - 42 (0.68 - 1.0)	16 - 26 (0.61 - 0.93)
Non woven, needle punched	25 - 44 (0.67 - 1.0)	15 - 28 (0.62 - 0.99)
Non woven, resin or heat bonded	22 - 40 (0.56 - 0.91)	17 - 33 (0.60 - 0.85)

Sumber : Sharma, 1993

3. Pengaruh Pengujian Geotekstil terhadap kuat geser pada tanah lempung lunak dengan uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi. (Endrayana, 2007)

Penelitian yang dilakukan adalah mempelajari perilaku kuat geser contoh uji terhadap penambahan geotekstil-*woven* baik satu lapis maupun

dua lapis pada rentang kadar air optimum. Contoh uji menggunakan tanah lempung lunak yang berasal dari daerah Ujung Harapan, Jakarta Utara. Teknik pemberian lapisan geotekstil pada contoh uji juga menjadi perhatian khusus pada penelitian ini dimana proses pencetakannya tidak melalui proses pemadatan melainkan proses penekanan langsung pada cetakan contoh uji dengan menjaga γ_{dry} yang sama antar contoh uji. Sebagai pembanding terhadap hasil dari triaksial *CU* dibuat juga pengujian *unconfined*. Dari hasil penelitian diketahui terjadi peningkatan nilai kohesi dan sudut geser yang mengakibatkan peningkatan nilai kuat geser pada contoh uji akibat pemberian satu lapis geotekstil. Sedangkan dengan dua lapis geotekstil tidak berhasil memberikan kontribusi terhadap nilai kuat geser. Peningkatan nilai kuat geser yang dilakukan di laboratorium diharapkan dapat mendukung keberhasilan penggunaan geotekstil di lapangan.

Dari percobaan Triaksial *CU* terhadap 9 seri percobaan dapat diketahui bahwa:

- a. Geotekstil mampu meningkatkan kemampuan tanah dalam menerima tegangan dalam rentang nilai q_u sebesar 4% hingga 59% untuk 1 lapis geotekstil dan sebesar 32% hingga 55% untuk 2 lapis geotekstil.
- b. Geotekstil mampu meningkatkan parameter kuat geser tanah yaitu kohesi (c) meningkat hingga 109,38% dan sudut geser (ϕ) meningkat hingga 19,50% untuk penggunaan 1 lapis geotekstil. Sedangkan untuk 2 lapis geotekstil hanya mampu meningkatkan nilai sudut geser (ϕ) hingga 12,7%
- c. Geotekstil mampu meningkatkan nilai kekuatan geser efektif (τ'_f) tanah antara 4,49% hingga 170,92% untuk 1 lapis geotekstil dan 5,64% hingga 97,27% untuk 2 lapis geotekstil.
- d. Pada kondisi efektif pemberian 2 lapis geotekstil pada contoh uji tidak memberikan kontribusi terhadap peningkatan kekuatan geser tanah dan cenderung memberikan peningkatan yang besarnya tidak jauh berbeda dengan contoh uji 1 lapis geotekstil.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 RUANG LINGKUP PENELITIAN

Ruang lingkup dari kegiatan penelitian terhadap bahan uji pasir dan pasir kelanauan meliputi studi literatur dan korelasinya, pengujian sifat-sifat fisik tanah pasir (*index properties*), penggunaan geotekstil *woven* dan *non woven*, serta menentukan parameter kuat geser tanah pasir dengan uji geser langsung dengan tegangan normal 0.8 kg/cm^2 , 2.4 kg/cm^2 , dan 4 kg/cm^2 . Dengan kecepatan putaran yang akan diberikan 1mm/menit dan 2 mm/menit.

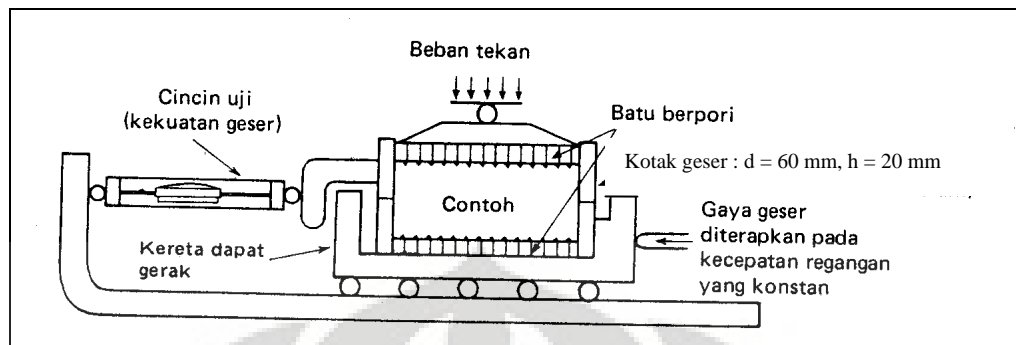
Contoh tanah pada penelitian ini menggunakan jenis pasir dan pasir kelanauan. Masing-masing komposisi campuran tersebut diberikan nilai kadar air optimum atau *Optimum Moisture Contents* (OMC) dan Penyesuaian Berat kering maksimum yang didapatkan dari uji pemadatan (*proctor standard*).

Pengujian ini dilakukan dengan standar pengujian ASTM D 5321 – 92 (*Standard Test Method for Determining the Coefficient of Soil and Geosynthetic or geosynthetic and Geosynthetic Friction by the Direct Shear Method*) dan dalam standar ASTM ini pengujian direkomendasikan menggunakan *shearbox* berbentuk kotak persegi dengan ukuran $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ ($p \times l$) dan tinggi spesimen 50 mm (h). Namun karena alat tidak tersedia maka dicoba dengan alat yang sudah ada yaitu alat *direct shear (automatic)* yang ada di Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan juga merupakan tempat kegiatan pengujian.

Alat ini sesuai dengan ASTM D 3080 yang selama ini digunakan untuk Uji geser langsung dengan bahan pasir. Alat uji geser automatic ini mempunyai bentuk silinder dengan ukuran diameter 60 mm dan tinggi spesimen 20 mm (h).

Tabel 3.1. Perbedaan Spesifikasi Alat uji geser langsung

spesifikasi	Alat uji geser langsung (sesuai ASTM 5321)	Alat uji geser langsung, yang digunakan
Bentuk	Kotak Persegi	Silinder
Ukuran	$300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ ($p \times l$)	60 mm (diameter)
Tinggi specimen	min (50 mm)	(20 mm)



Gambar 3.1. skema alat uji geser langsung yang digunakan

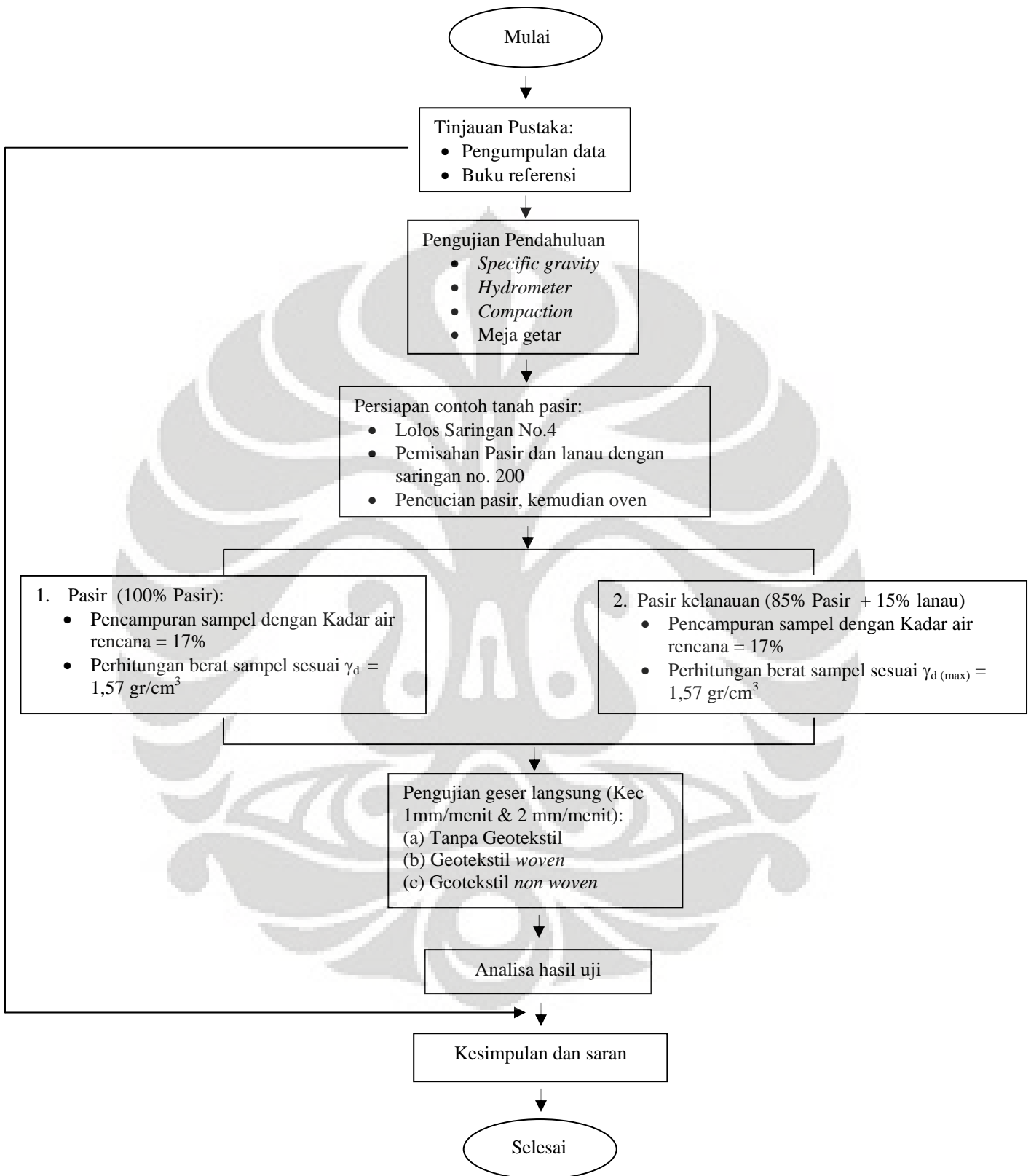
Secara garis besar Terdapat 3 jenis pengujian geser langsung (*direct shear*) pada masing-masing sampel, yaitu:

- a. Sampel tanpa geotekstil (kondisi 1)
- b. Sampel dengan geotekstil *woven* (kondisi 2)
- c. Sampel dengan geotekstil *non woven* (kondisi 3)

3.2 PENGUJIAN KARAKTERISTIK TANAH PASIR

Tahap ini merupakan prosedur yang berhubungan dengan persiapan benda uji, dimana harus dilakukan pengujian awal untuk menentukan karakteristik tanah pasir yang akan diuji yaitu: meliputi *hydrometer*, *grain size*, *specific gravity*, meja getar dan *compaction* (proctor standard).

3.3 DIAGRAM ALIR PENGUJIAN DI LABORATORIUM



Gambar 3.2. Diagram Alir Pengujian

3.4 PERSIAPAN CONTOH TANAH

Proses awal persiapan contoh tanah adalah pengayakan sampel pasir dengan saringan No.4 agar kerikil ukuran besar tidak masuk ke dalam gradasi pilihan untuk sampel pasir dan pasir kelanauan. Kemudian masukkan semua sampel ke dalam oven dan dibiarkan selama \pm 18 jam agar kering. Ayak kembali sampel dengan saringan No. 200, agar pasir dan lanau dapat dipisahkan. Kemudian cuci sampel pasir, agar zat organik dan lanau dapat dibersihkan sehingga didapatkan sampel pasir murni. Kemudian oven kembali agar didapatkan pasir dengan kadar air = 0%, sehingga pencampuran sampel dengan kadar air optimum = 17 % dapat dilakukan dengan mudah.



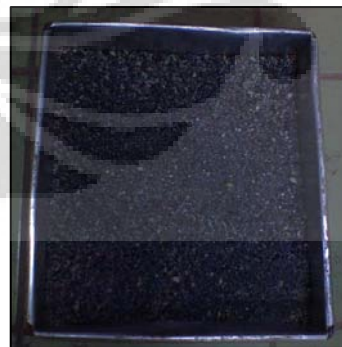
Gambar 3.3. Pasir lolos saringan No. 4



Gambar 3.4. Pasir diayak dengan Saringan No. 200



Gambar 3.5. Pasir dicuci



Gambar 3.6. Pasir murni setelah dioven

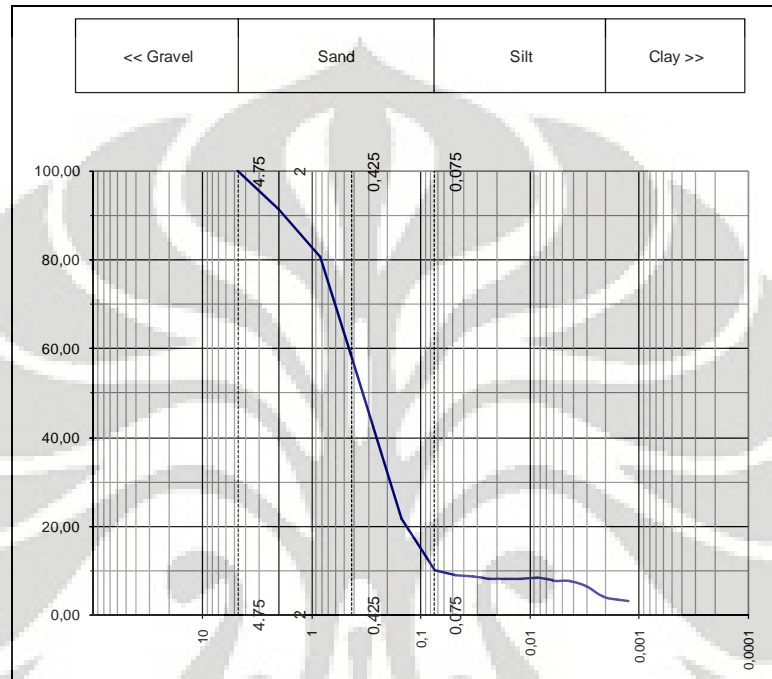
3.5 PERSIAPAN BAHAN DAN ALAT

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pasir dan lempung

Gradasi butiran pasir yang dipilih, yaitu tertahan saringan no # 10 - #

100. Gradasi butiran halus lanau (Silt) adalah lolos saringan no #200.



Gambar 3.7. Grafik analisa saringan yang diambil sebagai sampel uji Pasir dan pasir kelanauan

Berikut jumlah pasir dan pasir kelanauan (gram) yang dibutuhkan untuk masing-masing pengujian dengan komposisi tanah pasir dan lanau serta perbedaan nilai kecepatan putaran alat (mm/min) yang akan diujikan:

Tabel 3.2. Jumlah berat Pengkomposisian bahan tanah pasir yang akan disiapkan (sebelum diberikan kadar air optimum)

No	Deskripsi	Geotekstil Woven		Tanpa Geotekstil		Geotekstil Non woven	
		Dgn kecepatan (mm/min) :		Dgn kecepatan (mm/min) :		Dgn kecepatan (mm/min) :	
		1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0
1	100% Pasir (gr)	250	250	500	500	250	250
2	85% Pasir + 15% lanau (gr)	212,5+37,5	212,5+37,5	425+75	425+75	212,5+37,5	212,5+37,5

2. Geotekstil *woven* dan *non woven*

Geotekstil *woven* dan *non woven* yang digunakan berasal dari Perusahaan yang memproduksi bahan Geosintetis. Jenis produk yang digunakan yaitu untuk GlobalTEX – Non Woven 505GX dan GlobalTEX – Woven GTW 250.



Gambar 3.8. (a) Geotekstil *woven* (GTW 250)
(b) Geotekstil *non woven* (505 GX)

Kedua bahan geotekstil tersebut dipotong sesuai dengan ukuran plat *shear box* pada alat uji geser langsung. Bahan geotekstil yang telah dipotong disiapkan sebanyak sample uji yang menggunakan geotekstil yaitu 12 lembar potongan geotekstil *woven* dan 12 lembar potongan geotekstil *non woven*. Berikut tabel yang menjelaskan jumlah dan spesifikasi geotekstil yang akan digunakan dalam pengujian.

Tabel 3.3. Jumlah geotekstil *woven* dan *non woven* yang dibutuhkan

No	Deskripsi	100% Pasir		85% Pasir + 15% lanau		Jumlah (lembar)
		Dgn kecepatan (mm/min) :		Dgn kecepatan (mm/min) :		
		1	2	1	2	
1	Geotekstil <i>Woven</i> : GTW 250 (lembar)	3	3	3	3	12
2	Geotekstil <i>Non Woven</i> : 505 GX (lembar)	3	3	3	3	12

Tabel 3.4. Spesifikasi geotekstil yang digunakan dalam pengujian

No	Property	Satuan	Tipe Geotekstil	
			GTW 250	505 GX
1	Jenis		<i>Woven Silt tape film</i> polipropelene	100% polyester <i>Needle punched</i>
2	Wide Width Tensile strength (md/cd)	kN/m	53/44	30.5/28.5
3	Wide Width Tensile elongation (md/cd)	%	27/20	45/90
4	Massa	gr/m ²	250	400
5	Tebal	mm	1.06	3.0

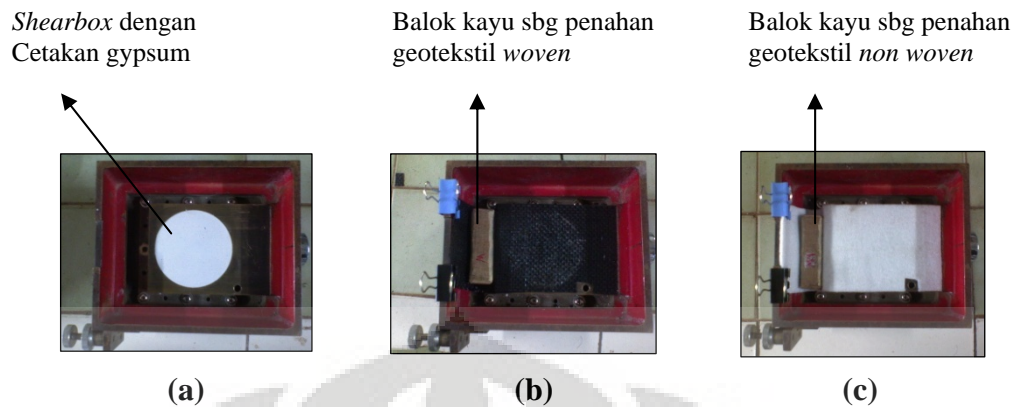
3. Peralatan pengujian inti (*Direct Shear*) yang digunakan adalah Direct Shear Apparatus yang terletak di Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Direct shear apparatus berasal dari Marui & Co. Ltd, Osaka, Japan, Guaranteed by 1987. Alat ini mempunyai beban geser maksimum 100 kg dan beban normal maksimum 100 kg. Ukuran benda uji 20 mm × 60 mm ($h \times d$).

Alat untuk pengujian *direct shear* ini, terdiri dari *shear box* yang di dalamnya terdapat silinder dengan diameter 60 mm (d), tinggi silinder 47.5 mm, dengan tebal batu pori 0.75 cm (terdiri dari 2 buah batu pori).

Untuk mendapatkan perletakan (alas) geotekstil yang padat dan datar (penuh), maka pada silinder *shearbox* bawah yang berukuran $d = 6$ cm, $h = 1.75$ cm diberikan *gypsum* cair yang dibiarkan kering, sehingga memenuhi syarat ASTM D 5321 – 92, untuk mendapatkan sudut friksi dan adhesi antara interface pasir dengan geotekstil.

Untuk mempertahankan geotekstil agar tidak bergeser maka dibuat penahan berupa kayu pada bagian bawah *shearbox*. Dengan ukuran kayu berbentuk balok kecil, berukuran: 6 × 1.8 × 1 cm ($p \times l \times t$) sesuai gambar 3.9.(b) dan 3.9.(c).



Gambar 3.9. modifikasi alat direct shear pada *shear box*

(a) Pemasangan gypsum pada *shear box*.

(b) *shear box* dengan penahan kayu pada geotekstil *woven*

(c) *shear box* dengan penahan kayu pada geotekstil *non woven*

3.6 PEMADATAN UNTUK *DIRECT SHEAR TEST*

Untuk pemadatan yang dilakukan pada pasir dilakukan dengan identifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.5 Pemadatan yang dilakukan di dalam *shear box direct shear*

No	Test identification	keterangan
1	Berat hammer (W) <i>direct shear</i> (lb)	4,079
2	Tinggi jatuh (H) [ft]	0,098
3	Jumlah lapisan (L)	Tidak ada geotekstil : 2 lapis Dengan ada geotekstil : 1 lapis
4	Volume tanah [ft ³]	Tidak ada geotekstil : 0,00201 Dengan ada geotekstil : 0,001
5	Compaction Effort / CE [ft.lb/ft ³]	12.375

Pemadatan Pasir dan Pasir kelanauan yang dilakukan untuk uji geser langsung (*direct shear test*) mengacu pada standar AASHTO T 99 (ASTM D 698), yaitu menggunakan pengujian standard proctor dengan menggunakan mold *direct shear* dan hammer yang telah disiapkan, untuk memenuhi persyaratan pengujian geser langsung, dengan rincian sebagai berikut:

Jumlah tumbukan (alat – *shearbox* tanpa ada geotekstil) :

- Diameter Mold (D) : 0,197 ft (6 cm)
- Tinggi Mold (L) : 0,066 ft (2 cm)

- Berat hammer : 4,079 lb (1,85 kg)
- Tinggi jatuh : 0,098 ft (3 cm)
- Jumlah lapisan : 2 lapis
- Jumlah tumbukan per lapis : 32 tumbukan per lapis
- Volume tanah : 0,00201 ft³ (56,55 cm²)
- CE : 12.375 ft.lb/ft³

Jumlah tumbukan per lapis untuk uji geser langsung didapat dari persamaan berikut :

$$CE = \frac{W \times H \times L \times B}{V}$$

$$12.375 \text{ ft.lb} / \text{ft}^3 = \frac{4,079 \text{ lb} \times 0,098 \text{ ft} \times 2 \times B}{0,00201 \text{ ft}^3}$$

$$B = \frac{24,874}{0,7995} = 31,11 \rightarrow 32 \text{ tumbukan/lapis}$$

Jumlah tumbukan (alat – shearbox dengan geotekstil) :

- Diameter Mold (D) : 0,197 ft (6 cm)
- Tinggi Mold (L) : 0,033 ft (1 cm)
- Berat hammer : 4,079 lb (1,85 kg)
- Tinggi jatuh : 0,098 ft (3 cm)
- Jumlah lapisan : 1 lapis
- Jumlah tumbukan per lapis : 32 tumbukan per lapis
- Volume tanah : 0,001006 ft³ (28,27 cm²)
- CE : 12.375 ft.lb/ft³

Jumlah tumbukan per lapis untuk uji geser langsung didapat dari persamaan berikut :

$$CE = \frac{W \times H \times L \times B}{V}$$

$$12.375 \text{ ft.lb} / \text{ft}^3 = \frac{4,079 \text{ lb} \times 0,098 \text{ ft} \times 1 \times B}{0,001006 \text{ ft}^3}$$

$$B = \frac{12,449}{0,3997} = 31,14 \rightarrow 32 \text{ tumbukan/lapis}$$

3.6.1 Tahap Persiapan Bahan

Siapkan contoh pasir sebanyak ± 500 gram (lolos saringan no. # 4 - # 40, cuci dan kering oven). Kemudian berikan campuran nilai kadar air rencana (OMC) sebesar 17%, masukkan ke dalam kantong plastik yang diikat kuat dan dibiarkan selama satu hari agar campuran air dapat merata.



(a)

(b)

Gambar 3.10. Campuran pasir dan pasir kelanauan dengan w_{omc}

(a) 100% Pasir dengan $w_{omc} = 17\%$

(b) 85% Pasir + 15% lanau, dengan $w_{omc} = 17\%$

Kemudian untuk campuran pasir kelanauan, siapkan pasir ± 425 gram (lolos saringan no. # 4 - # 40, cuci dan kering oven) tambahkan ± 75 gram lanau (lolos saringan no # 200). Kemudian berikan campuran nilai kadar air rencana (OMC) sebesar 17%, masukkan ke dalam kantong plastik yang diikat kuat dan dibiarkan selama satu hari agar campuran air dapat merata.

3.6.2 Tahap pemadatan Tanah

Siapkan mold *direct shear* yaitu *shearbox*, kemudian timbang keseluruhan settingan *shearbox* tanpa tanah. Kemudian jika *shearbox* ditambah dengan geotekstil maka timbang kembali. Masukkan tanah pasir (yang sebelumnya telah ditimbang dan dicampur kadar air rencana 17%) sebanyak perhitungan nilai MDD (Maximum density dry). Kemudian lakukan pemadatan sebanyak perhitungan *compaction effort* pada sub bab 3.6, sesuai dengan sampel uji masing – masing yaitu pasir tanpa geotekstil dan pasir dengan geotekstil.



Gambar 3.11. Pemadatan yang dilakukan dalam *shear box*

3.7 PENGUJIAN *DIRECT SHEAR TEST*

3.7.1 Percobaan tanah Pasir dan pasir kelanauan tanpa geotekstil:

1. Pasir ditimbang sebanyak 104 gram untuk satu kali pengujian, sesuai dengan perhitungan pencarian γ_d maksimum dan w optimum.



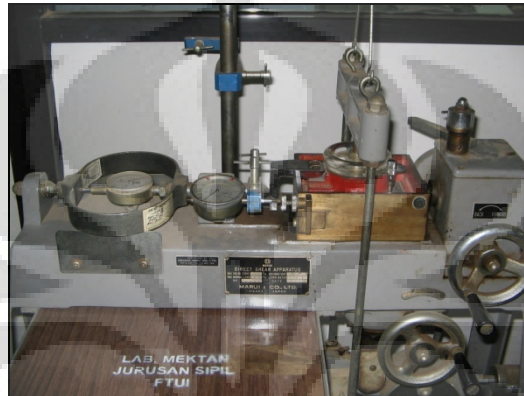
Gambar 3.12. Pasir yang telah ditimbang masing-masing 104 gram

2. Setting *shear box* dan letakkan batu pori bagian bawah pada *shear box*, kemudian kunci *shear box*.
3. Pasir dimasukkan ke dalam silender *shear box* kira-kira $\frac{1}{2}$ bagian, kemudian ditumbuk 32 kali (sesuai dengan perhitungan CE) sebagai lapisan pertama dengan hammer yang telah disiapkan.



Gambar 3.13. Hammer yang telah disiapkan Untuk mendapatkan CE yang diinginkan

4. Masukkan pasir sebagai lapisan kedua hingga $\frac{3}{4}$ bagian silinder *shear box*, kemudian ditumbuk 32 kali, kemudian ditutup dengan batu pori atas.
5. Letakkan shear box pada alat direct shear.
6. Diberikan tegangan normal sebesar $0,8 \text{ kg/cm}^2$, kemudian setting lengan pembebanan vertikal agar tegak lurus dengan meja geser, lalu kunci Shear Box dibuka.



Gambar 3.14. Shear box dikunci

7. Set horisontal dial dan load ring menjadi nol.

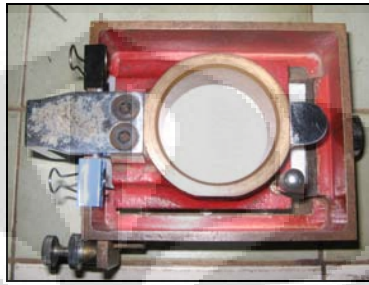


Gambar 3.15. Set horisontal dial

8. Shear Box diberikan gaya geser dengan kecepatan 1 mm/menit .
9. Pembacaan horisontal dial dicatat setiap putaran dial pada angka 25 hingga dial berhenti dan berbalik arah.
10. Keluarkan pasir dan timbang kemudian masukkan ke dalam oven selama ± 18 jam untuk mengetahui kadar air yang telah sesuai OMC.
11. Lakukan hal yang sama dengan diatas dengan tegangan normal yang berbeda (2.4 dan 4.0 kg/cm^2) dan kecepatan putaran yang berbeda (2 mm/min).
12. Timbang kembali, berat pasir yang kering oven dan hitung kadar air.

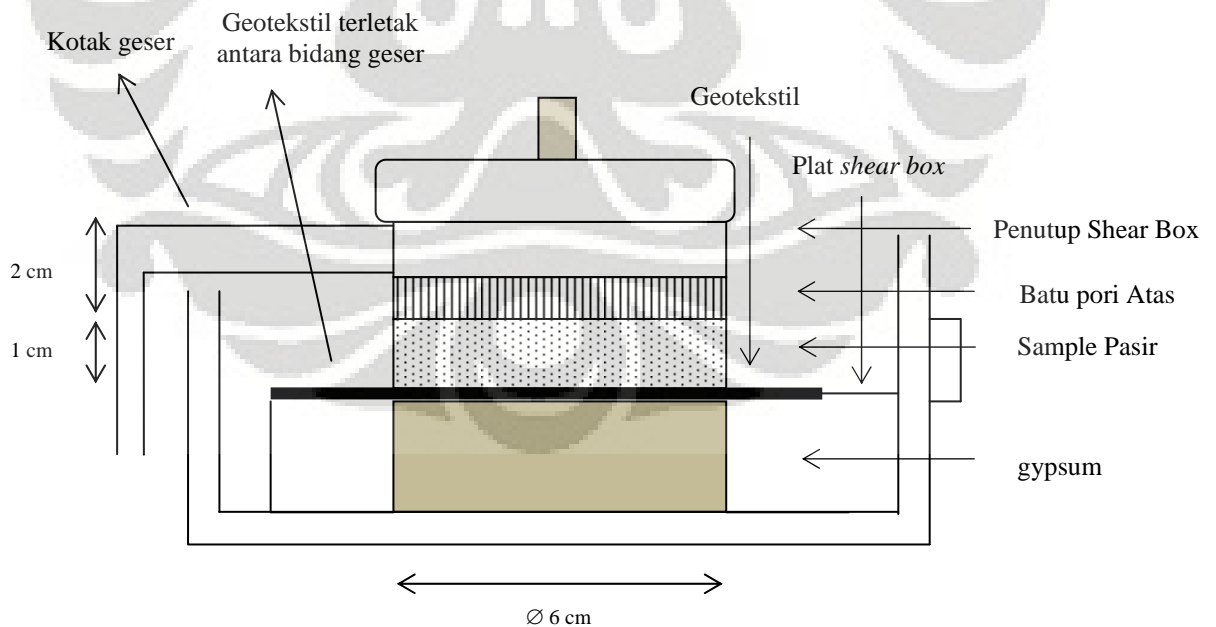
3.7.2 Percobaan sampel pasir dan pasir kelanauan dengan geotekstil:

1. Pasir ditimbang sebanyak 52 gram untuk satu kali pengujian, sesuai dengan perhitungan pencarian γ_d maksimum dan w optimum.
2. Setting *shear box* yang telah disiapkan (dengan pemberian *gypsum*).
3. Letakkan geotekstil di atas lapisan *gypsum*.



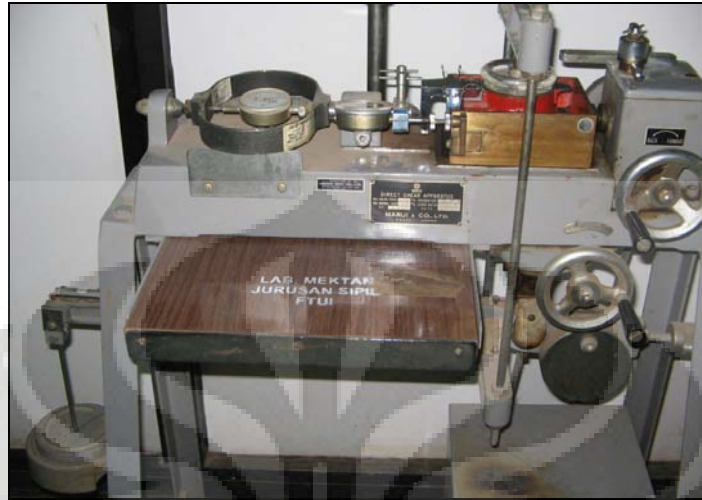
Gambar 3.16. setting *shear box* dengan geotekstil

4. Masukkan pasir secara keseluruhan pada silinder *shear box* atas, kemudian ditumbuk 32 kali dan ditutup dengan batu pori atas.
5. Letakkan *shear box* pada alat direct shear.



Gambar 3.17. Kotak geser (*shear box*) dengan sample uji dan Penempatan geotekstil *non-woven* dan geotekstil *woven*

6. Diberikan tegangan normal sebesar $0,8 \text{ kg/cm}^2$, kemudian setting lengan pembebanan vertikal agar tegak lurus, lalu kunci Shear Box dibuka.
7. Set horisontal dial dan load ring menjadi nol.



Gambar 3.18. Alat uji geser langsung pada sampel dengan geotekstil

8. Shear Box diberikan gaya geser dengan kecepatan 1 mm/menit .
9. Pembacaan horisontal dial dicatat setiap putaran dial pada angka 25 hingga dial berhenti dan berbalik arah.
13. Keluarkan pasir dan timbang kemudian masukkan ke dalam oven selama ± 18 jam untuk mengetahui kadar air yang telah sesuai OMC.
14. Lakukan hal yang sama dengan diatas dengan tegangan normal yang berbeda (2.4 dan 4.0 kg/cm^2) dan kecepatan putaran yang berbeda (2 mm/min).
10. Timbang kembali, berat pasir yang kering oven dan hitung kadar air.

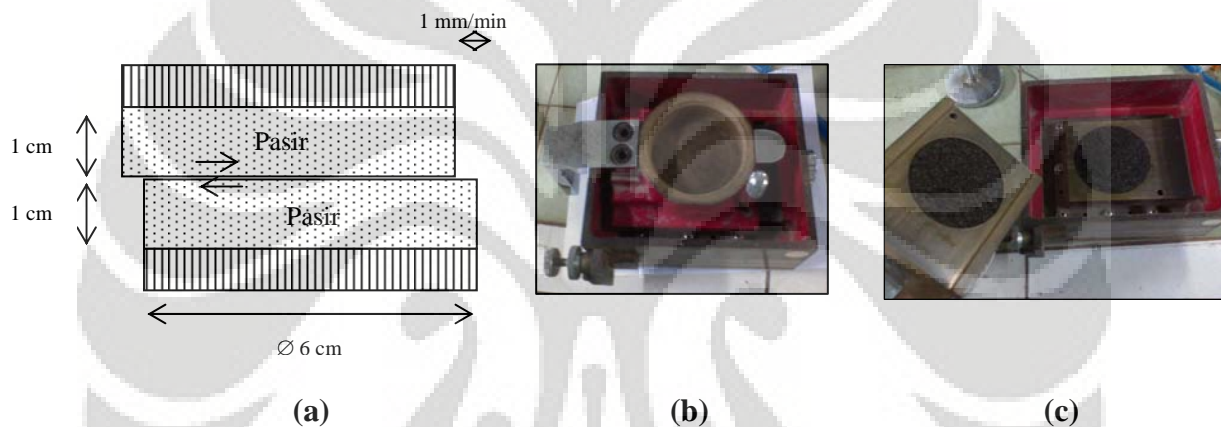
BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

4.1 HASIL *DIRECT SHEAR TEST* PADA PASIR.

4.1.1 Hasil *Direct Shear Test* dengan Kecepatan putaran 1 mm/menit

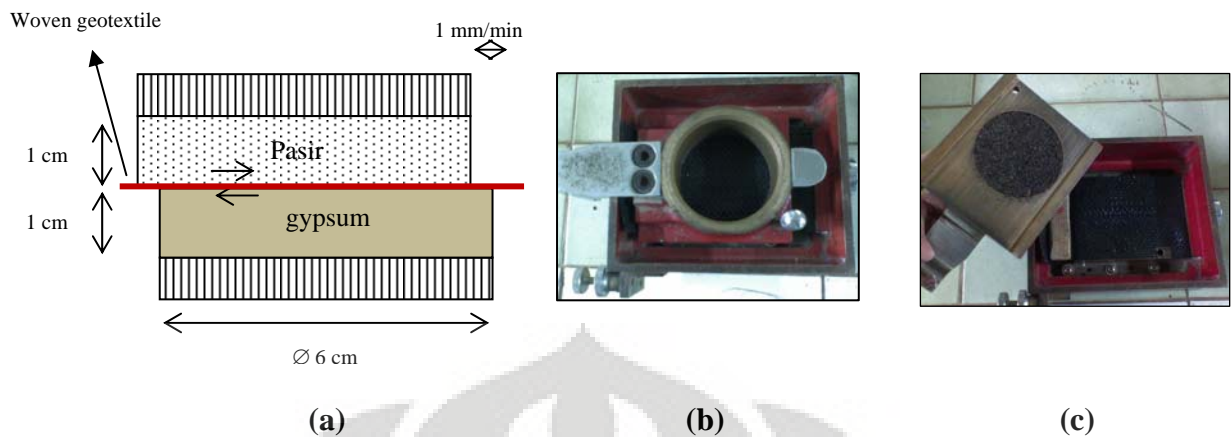
Kadar air aktual rata-rata untuk kadar air rencana 17% (sesuai OMC) sebesar 16,76%. Pada Gambar 4.1 menunjukkan contoh benda uji dengan sampel 100% pasir tanpa geotekstil sebelum dan sesudah dilakukan uji geser langsung (*direct shear test*) dengan kecepatan putaran alat sebesar 1mm/menit.



Gambar 4.1. Pengujian contoh pasir tanpa geotekstil (kecepatan 1mm/menit)

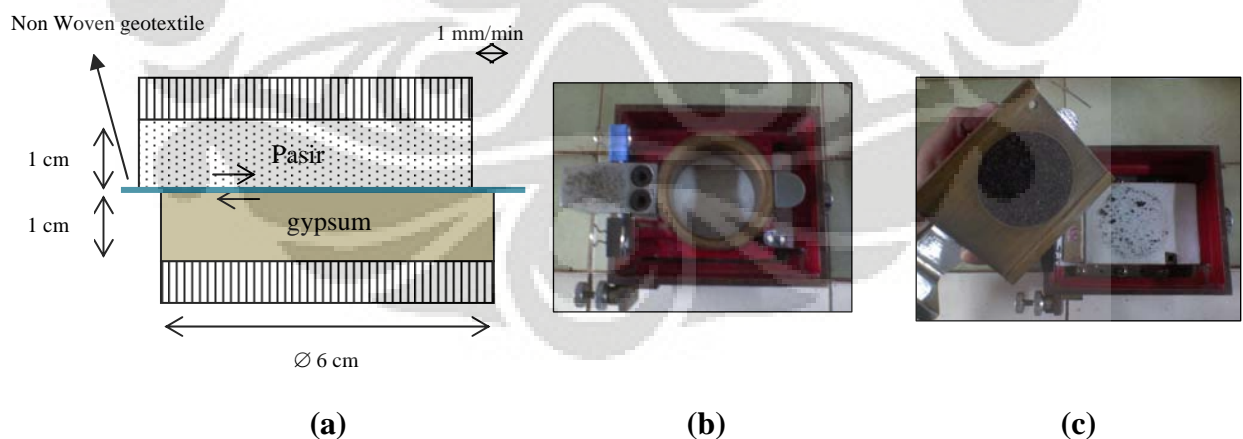
- (a) Contoh sampel pasir tanpa geotekstil
- (b) Sampel pasir dalam *shearbox* yang akan diuji
- (c) Sampel pasir setelah selesai diuji geser langsung.

Benda uji pasir dengan geotekstil *woven* dalam *shearbox* dapat dilihat pada gambar 4.2. Kadar air aktual rata-rata yang didapatkan sebesar 16,86%. Pada gambar 4.2 memperlihatkan contoh benda uji dalam *shearbox* pada susunan sampel 100% pasir dengan geotekstil *woven* dan bentuk benda uji setelah dilakukan uji geser langsung dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit.



Gambar 4.2. Pengujian contoh pasir dengan geotekstil *woven* (kec. 1mm/menit)
 (a) Contoh sampel pasir dengan geotekstil *woven*
 (b) Contoh susunan geotekstil *woven* dalam *shearbox* yang akan diuji.
 (c) Sampel pasir setelah selesai diuji geser langsung.

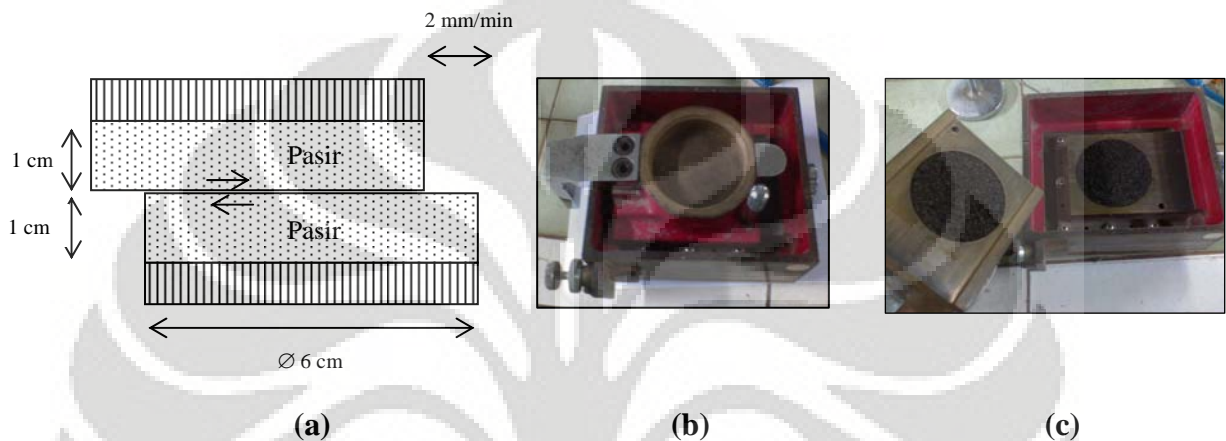
Gambar 4.3 menunjukkan contoh benda uji dengan geotekstil *non woven* di dalam *shearbox*. Kadar air aktual rata-rata yang didapatkan pada susunan benda uji ini yaitu sebesar 16,71 %. Pada gambar 4.3 memperlihatkan contoh benda uji dalam *shearbox* pada susunan sampel 100% pasir dengan geotekstil *non woven* dan bentuk benda uji setelah dilakukan uji geser langsung dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit.



Gambar 4.3. Pengujian contoh pasir dengan geotekstil *non woven* (kecepatan 1mm/menit)
 (a) Contoh sampel pasir dengan geotekstil *non woven*
 (b) Contoh susunan geotekstil *non woven* dalam *shearbox* yang akan diuji.
 (c) Sampel pasir setelah selesai diuji geser langsung.

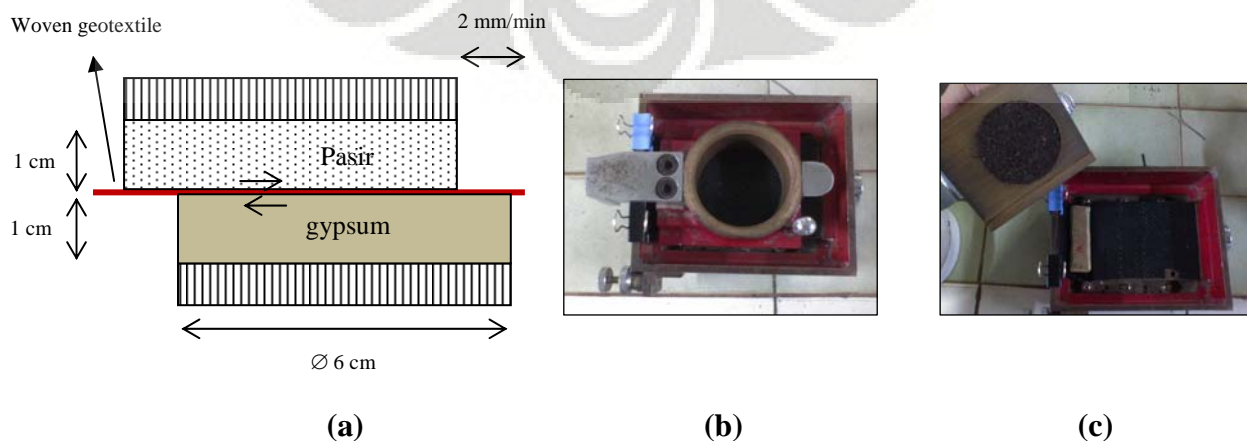
4.1.2 Hasil *Direct Shear Test* dengan Kecepatan putaran 2 mm/menit

Kadar air aktual rata-rata untuk kadar air rencana 17% (sesuai OMC) sebesar 16,74%. Pada Gambar 4.4 menunjukkan contoh benda uji dengan sampel 100% pasir tanpa geotekstil sebelum dan sesudah dilakukan uji geser langsung (*direct shear test*) dengan kecepatan putaran alat sebesar 2 mm/menit.



Gambar 4.4. Pengujian contoh pasir tanpa geotekstil (kecepatan 2 mm/menit)
(a) Contoh sampel pasir tanpa geotekstil
(b) Contoh tanah dalam *shearbox* yang akan diuji
(c) Sampel pasir setelah selesai diuji geser langsung.

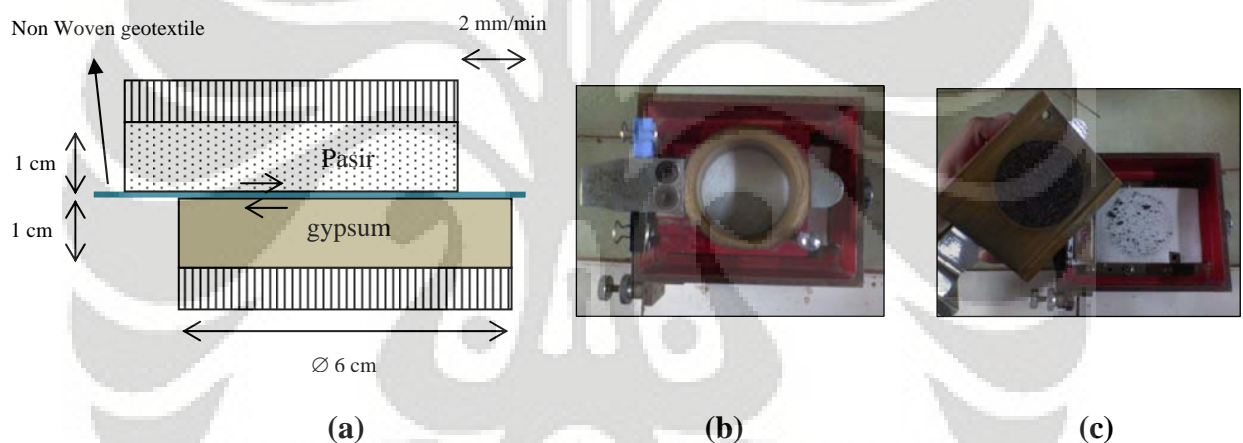
Benda uji 100% pasir dengan geotekstil *woven* dalam *shearbox* dapat dilihat pada gambar 4.5. Kadar air aktual rata-rata yang didapatkan sebesar 16,73%. Pada gambar 4.5 memperlihatkan contoh benda uji dalam *shearbox* pada susunan 100% pasir dengan geotekstil *woven* dan bentuk benda uji setelah dilakukan uji geser langsung dengan kecepatan putaran alat 2 mm/menit.



Gambar 4.5. Pengujian contoh pasir dengan geotekstil *woven* (kecepatan 2mm/menit)

- (a) Contoh sampel pasir dengan geotekstil *woven*
- (b) Contoh susunan geotekstil *woven* dalam *shearbox* yang akan diuji.
- (c) Sampel pasir setelah selesai diuji geser langsung.

Gambar 4.6 menunjukkan contoh benda uji dengan geotekstil *non woven* di dalam *shearbox*. Kadar air aktual rata-rata yang didapatkan pada susunan benda uji ini yaitu sebesar 16,66 %. Pada gambar tersebut memperlihatkan contoh benda uji dalam *shearbox* pada susunan sampel 100% pasir dengan geotekstil *non woven* dan bentuk benda uji setelah dilakukan uji geser langsung dengan kecepatan putaran alat 2 mm/menit.



Gambar 4.6. Pengujian contoh pasir dengan geotekstil *non woven* (kecepatan 2mm/menit)

- (a) Contoh sampel pasir dengan geotekstil *non woven*
- (b) Contoh susunan geotekstil *non woven* dalam *shearbox* yang akan diuji.
- (c) Sampel pasir setelah selesai diuji geser langsung.

Rangkuman Hasil uji geser langsung (*direct shear test*) pada pasir dengan beberapa kondisi sampel uji 100% pasir yaitu: pasir tanpa geotekstil, pasir dengan geotekstil *woven* dan pasir dengan geotekstil *non woven* untuk kecepatan putaran alat 1mm/menit dan 2 mm/menit disajikan pada tabel 4.1, sebagai berikut:

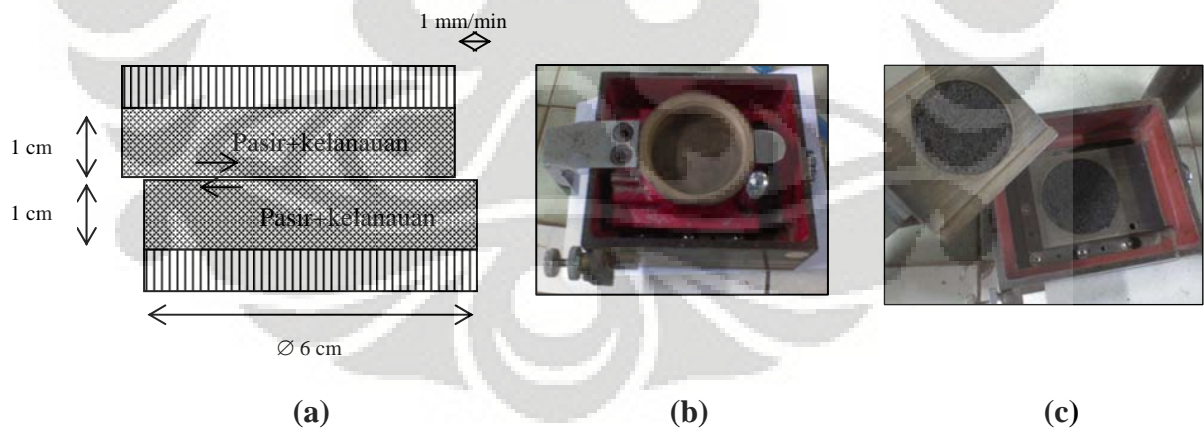
Tabel 4.1 Hasil uji geser langsung pada pasir (100% pasir) dengan beberapa kondisi :

No	Kecepatan putaran alat (mm/menit)	Kondisi benda uji (Pasir)	γ_{kering}	τ_{max} pada ($\sigma_n = 80$ kPa)	τ_{max} pada ($\sigma_n = 240$ kPa)	τ_{max} pada ($\sigma_n = 400$ kPa)
			(gr/cm^3)	(kPa)	(kPa)	(kPa)
1	1	Pasir - pasir (kondisi 1)	1,575	39,91	159,0	244,61
2	2	Pasir - pasir (kondisi 1)	1,575	56,65	164,79	269,07
3	1	Pasir - Geo woven [silt tape] (kondisi 2)	1,574	29,61	95,27	151,91
4	2	Pasir - Geo woven [silt tape] (kondisi 2)	1,576	33,47	100,42	164,79
5	1	Pasir - Geo non woven [needle punched] (kondisi 3)	1,576	32,19	105,57	160,93
6	2	Pasir - Geo non woven [needle punched] (kondisi 3)	1,577	33,47	114,58	172,51

4.2 HASIL *DIRECT SHEAR TEST* PADA PASIR KELANAUAN.

4.2.1 Hasil *Direct Shear Test* dengan Kecepatan putaran 1 mm/menit

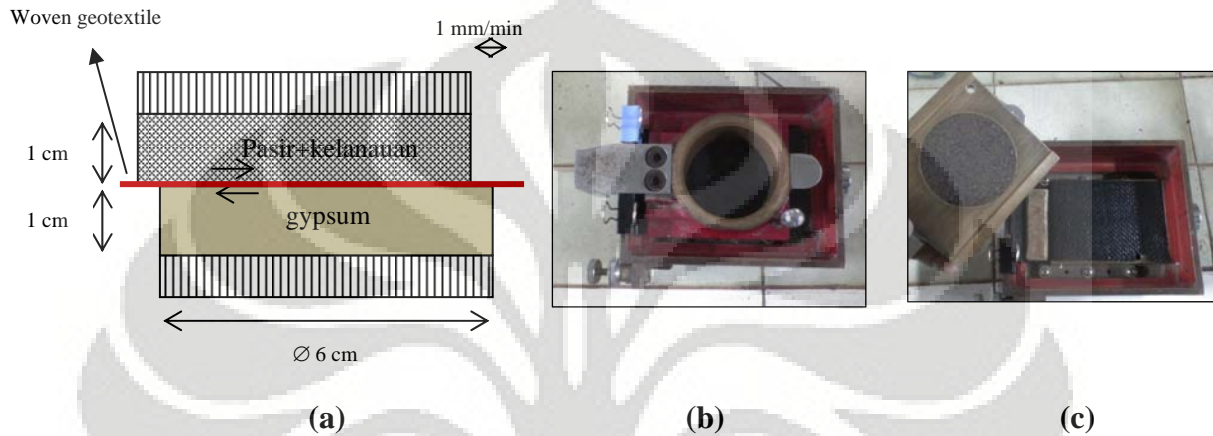
Kadar air aktual rata-rata untuk kadar air rencana 17% (sesuai OMC) sebesar 16,78%. Pada Gambar 4.7 menunjukkan contoh benda uji dengan sampel pasir kelanauan (85% pasir + 15% lanau) tanpa geotekstil sebelum dan sesudah dilakukan uji geser langsung (*direct shear test*) dengan kecepatan putaran alat sebesar 1mm/menit.



Gambar 4.7. Pengujian contoh pasir kelanauan tanpa geotekstil (kecepatan 1mm/menit)

- (a) Contoh sampel pasir kelanauan tanpa geotekstil
- (b) Sampel pasir kelanauan dalam *shearbox* yang akan diuji
- (c) Sampel pasir kelanauan setelah selesai diuji geser langsung.

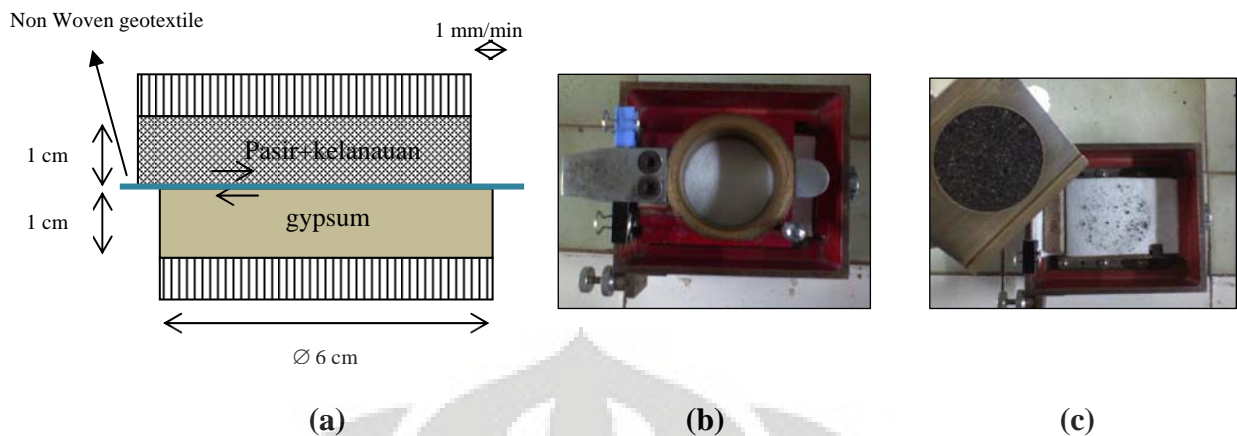
Benda uji pasir kelanauan dengan geotekstil *woven* dalam *shearbox* dapat dilihat pada gambar 4.8. Kadar air aktual rata-rata yang didapatkan sebesar 16,94 %. Pada gambar 4.8 memperlihatkan contoh benda uji dalam *shearbox* pada susunan sampel 85% pasir + 15% lempung dengan geotekstil *woven* dan bentuk benda uji setelah dilakukan uji geser langsung dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit.



Gambar 4.8. Pengujian contoh pasir kelanauan dengan geotekstil *woven* (kecepatan 1mm/menit)

- (a) Contoh sampel pasir kelanauan dengan geotekstil *woven*
- (b) Contoh susunan geotekstil *woven* dalam *shearbox* yang akan diuji.
- (c) Sampel pasir kelanauan setelah selesai diuji geser langsung.

Gambar 4.9 menunjukkan contoh benda uji dengan geotekstil *non woven* di dalam *shearbox*. Kadar air aktual rata-rata yang didapatkan pada susunan benda uji ini yaitu sebesar 17,18 %. Pada gambar 4.9 memperlihatkan contoh benda uji dalam *shearbox* pada susunan sampel 85% pasir + 15% lempung dengan geotekstil *non woven* dan bentuk benda uji setelah dilakukan uji geser langsung dengan kecepatan putaran alat 1mm/menit.

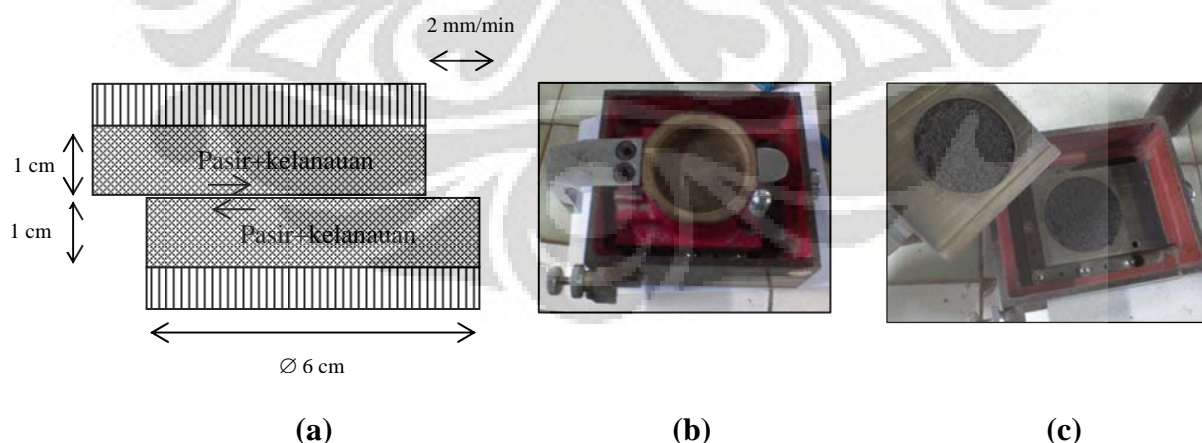


Gambar 4.9. Pengujian contoh pasir kelanauan dengan geotekstil *non woven* (kecepatan 1mm/menit)

- (a) Contoh sampel pasir kelanauan dengan geotekstil *non woven*
- (b) Contoh susunan geotekstil *non woven* dalam *shearbox* yang akan diuji.
- (c) Sampel pasir kelanauan setelah selesai diuji geser langsung.

4.2.2 Hasil *Direct Shear Test* dengan Kecepatan putaran 2 mm/menit

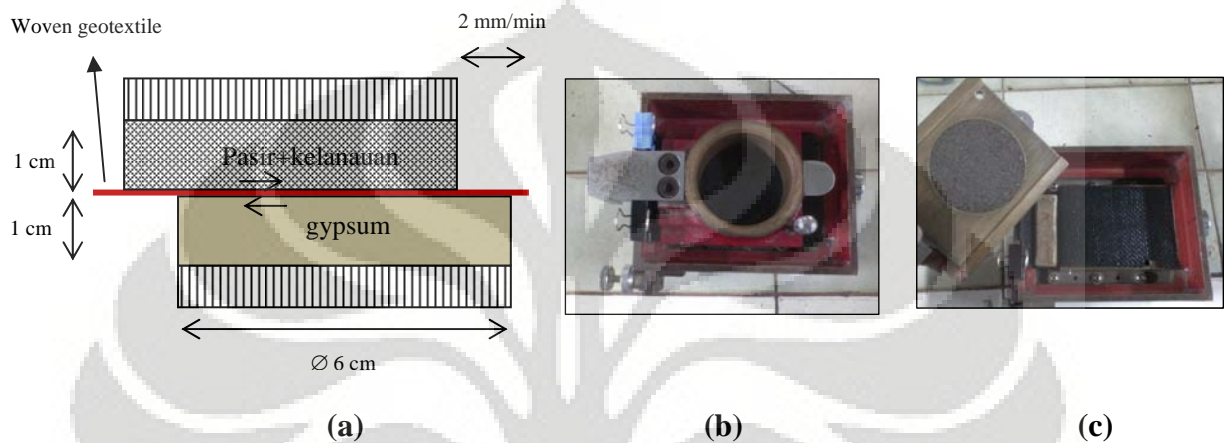
Kadar air aktual rata-rata untuk kadar air rencana 17% (sesuai OMC) sebesar 16,72%. Pada Gambar 4.10 menunjukkan contoh benda uji dengan sampel pasir kelanauan (85% pasir + 15% lanau) tanpa geotekstil sebelum dan sesudah dilakukan uji geser langsung (*direct shear test*) dengan kecepatan putaran alat sebesar 2mm/menit.



Gambar 4.10. Pengujian contoh pasir kelanauan tanpa geotekstil (kecepatan 2mm/menit)

- (a) Contoh sampel pasir kelanauan tanpa geotekstil
- (b) Sampel pasir kelanauan dalam *shearbox* yang akan diuji
- (c) Sampel pasir kelanauan setelah selesai diuji geser langsung.

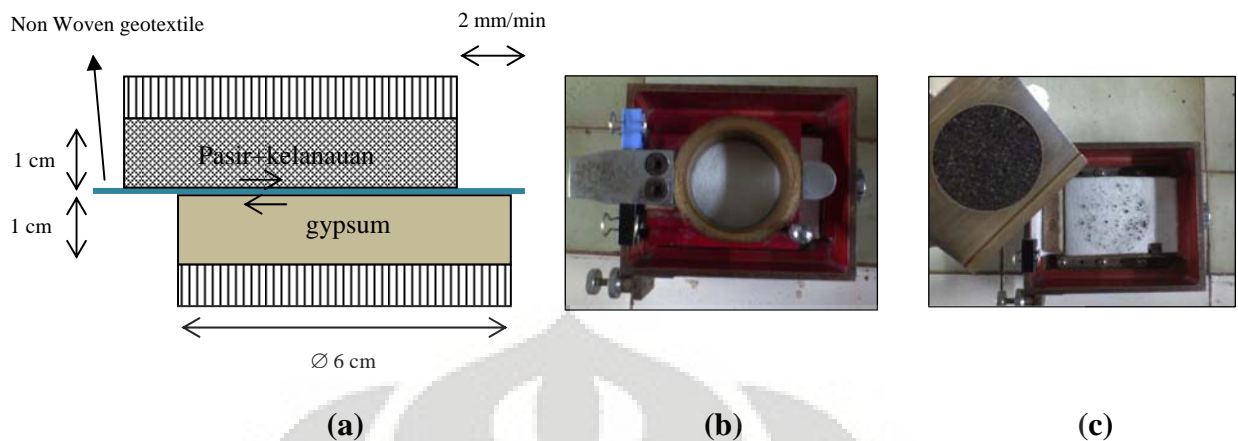
Benda uji pasir kelanauan dengan geotekstil *woven* dalam *shearbox* dapat dilihat pada Gambar 4.11. Kadar air aktual rata-rata yang didapatkan sebesar 16,67 %. Pada gambar 4.11. memperlihatkan contoh benda uji dalam *shearbox* dengan susunan sampel 85% pasir + 15% lanau dengan geotekstil *woven* dan bentuk benda uji setelah dilakukan uji geser langsung dengan kecepatan putaran alat 2 mm/menit.



Gambar 4.11. Pengujian contoh pasir kelanauan dengan geotekstil *woven* (kecepatan 2mm/menit)

- (a) Contoh sampel pasir kelanauan dengan geotekstil *woven*
- (b) Contoh susunan geotekstil *woven* dalam *shearbox* yang akan diuji.
- (c) Sampel pasir kelanauan setelah selesai diuji geser langsung.

Gambar 4.12. menunjukkan contoh benda uji dengan geotekstil *non woven* di dalam *shearbox*. Kadar air aktual rata-rata yang didapatkan pada susunan benda uji ini yaitu sebesar 16,70 %. Pada gambar 4.12 memperlihatkan contoh benda uji dalam *shearbox* pada susunan sampel 85% pasir + 15% lempung dengan geotekstil *non woven* dan bentuk benda uji setelah dilakukan uji geser langsung dengan kecepatan putaran alat 2 mm/menit.



Gambar 4.12. Pengujian contoh pasir kelanauan dengan geotekstil *non woven* (kecepatan 2mm/menit)

- (a) Contoh sampel pasir kelanauan dengan geotekstil *non woven*
- (b) Contoh susunan geotekstil *non woven* dalam *shearbox* yang akan diuji.
- (c) Sampel pasir kelanauan setelah selesai diuji geser langsung.

Rangkuman Hasil uji geser langsung (*direct shear test*) pada pasir kelanauan dengan beberapa kondisi sampel uji 85% pasir + 15% yaitu: pasir kelanauan tanpa geotekstil, pasir kelanauan dengan geotekstil *woven* dan pasir kelanauan dengan geotekstil *non woven* untuk kecepatan putaran alat 1mm/menit dan 2 mm/menit disajikan pada tabel 4.2, sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil uji geser langsung pada pasir kelanauan (85% pasir + 15% lanau), dengan beberapa kondisi :

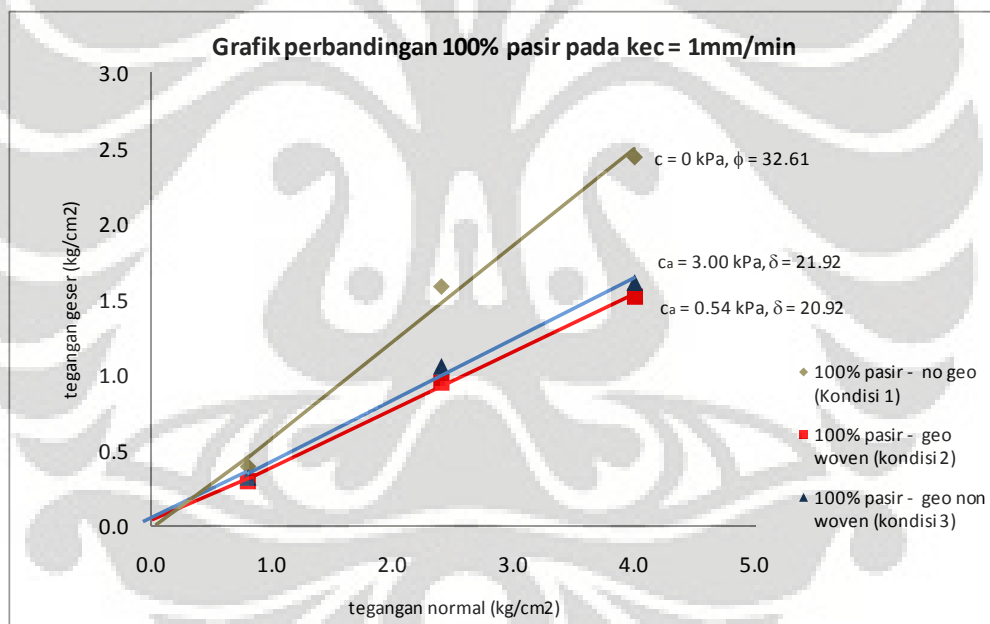
No	Kecepatan putaran alat (mm/menit)	Kondisi benda uji (Pasir kelanauan)	γ_{kering}	τ_{max} pada ($\sigma_n = 80$ kPa)	τ_{max} pada ($\sigma_n = 240$ kPa)	τ_{max} pada ($\sigma_n = 400$ kPa)
			(gr/cm^3)	(kPa)	(kPa)	(kPa)
1	1	Pasir kelanauan - pasir kelanauan (kondisi 1)	1,575	41,84	152,56	195,04
2	2	Pasir kelanauan - pasir kelanauan (kondisi 1)	1,576	46,35	164,14	215,0
3	1	Pasir kelanauan - Geo <i>woven</i> [silt tape] (kondisi 2)	1,573	20,60	79,82	114,58
4	2	Pasir kelanauan - Geo <i>woven</i> [silt tape] (kondisi 2)	1,577	21,89	86,26	122,30
5	1	Pasir kelanauan - Geo <i>non woven</i> [needle punched] (kondisi 3)	1,570	28,32	95,27	130,03
6	2	Pasir kelanauan - Geo <i>non woven</i> [needle punched] (kondisi 3)	1,577	30,90	103,00	144,19

4.3 ANALISA FRIKSI YANG TERJADI ANTARA TANAH PASIR DENGAN GEOTEKSTIL.

4.3.1. Analisa Friksi pada Pasir dengan 3 kondisi interface

Analisa Friksi yang terjadi antara pasir (100% pasir) dengan 3 kondisi interface yaitu pasir – pasir (kondisi 1), pasir – geotekstil *woven* (kondisi 2), pasir – geotekstil *non woven* (kondisi 3). Pada umumnya memberikan gambaran umum yang menunjukkan pola yang sama antar masing-masing ketiga kondisi interface tersebut.

Pada sampel pasir dan kecepatan putaran alat 1mm/menit yang dapat dilihat pada Gambar 4.13, perbandingan interface pada masing – masing sampel uji pasir, menunjukkan sudut internal pasir – pasir (ϕ') yang didapatkan lebih besar dibandingkan dengan sudut friksi antara pasir – geotekstil (δ).

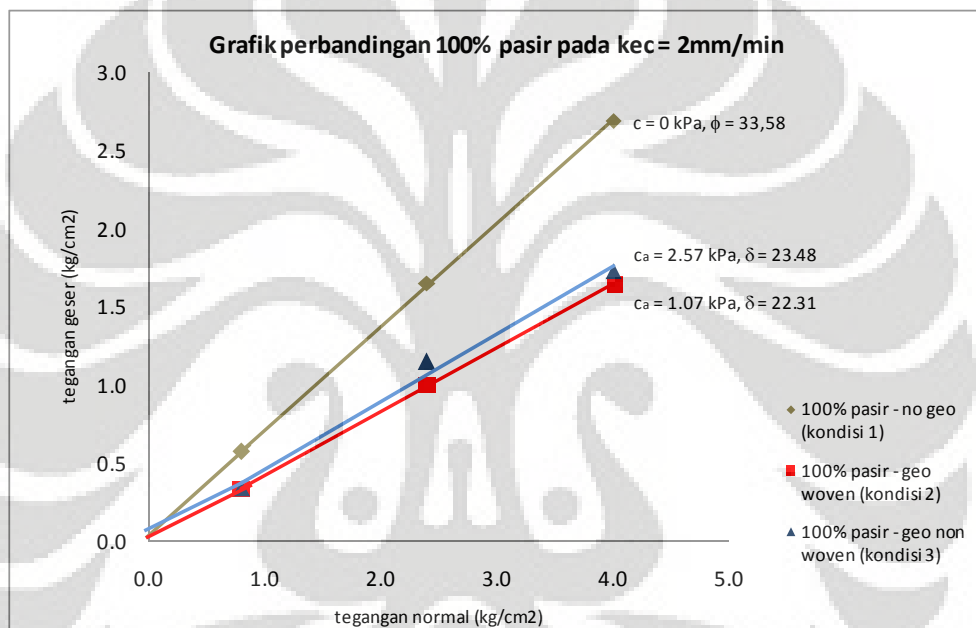


Gambar 4.13. Selubung Keruntuhan untuk interface yang telah diuji (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit)

Pada Kondisi 1 (Interface Pasir – Pasir) nilai kohesi pasir (c) adalah 0 dengan sudut internal pasir (ϕ') sebesar $32,61^\circ$. Pada Kondisi 2 (Interface pasir – geotekstil *woven*) terdapat nilai adhesi (c_a) sebesar 0,54 kPa dengan sudut friksi antara pasir dengan geotekstil *woven* sebesar $20,92^\circ$. Pada Kondisi 3 (Interface pasir – geotekstil *non woven*) terdapat nilai adhesi (c_a) sebesar 3,00 kPa dengan

sudut friksi antara pasir dengan geotekstil *non woven* sebesar $21,92^\circ$. Maka Efisiensi yang terjadi antara kondisi 1 terhadap kondisi 2 sebesar $59,75\%$. Kemudian Efisiensi yang terjadi antara kondisi 1 terhadap kondisi 3 sebesar $62,90\%$.

Pada sampel pasir dan kecepatan putaran alat $2\text{mm}/\text{menit}$ yang dapat dilihat pada Gambar 4.14, perbandingan interface pada masing – masing sampel uji pasir juga menunjukkan sudut internal pasir – pasir (ϕ') yang didapatkan lebih besar dibandingkan dengan sudut friksi antara pasir – geotekstil (δ).



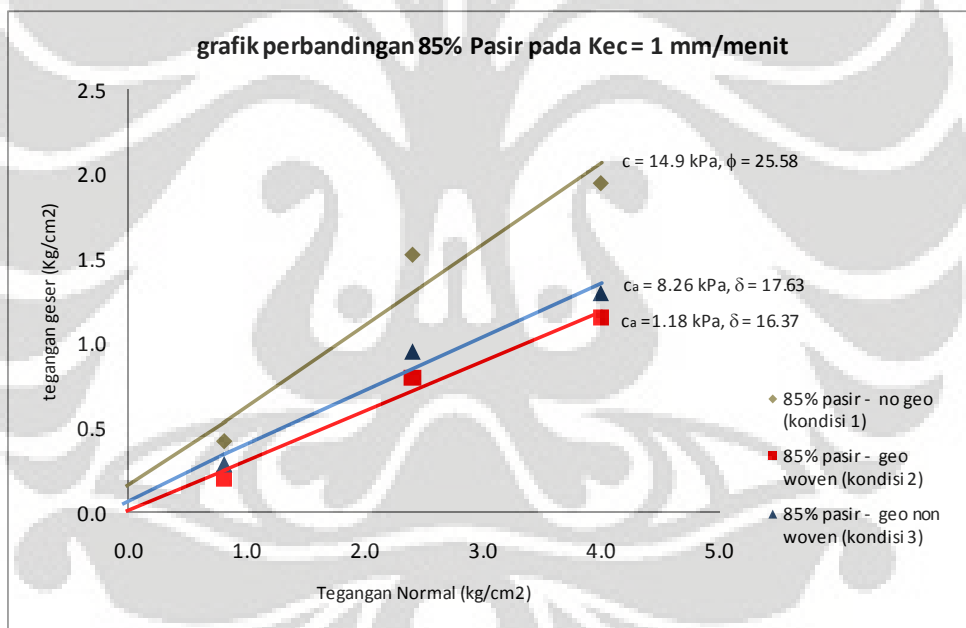
Gambar 4.14. Selubung Keruntuhan untuk interface yang telah diuji (sampel pasir, Kec. Putaran alat = $2\text{ mm}/\text{menit}$)

Pada Kondisi 1 (Interface Pasir – Pasir) nilai kohesi pasir (c) adalah 0 dengan sudut internal pasir (ϕ') sebesar $33,58^\circ$. Pada Kondisi 2 (Interface pasir – geotekstil *woven*) terdapat nilai adhesi (c_a) sebesar $1,07\text{ kPa}$ dengan sudut friksi antara pasir dengan geotekstil *woven* sebesar $22,31^\circ$. Pada Kondisi 3 (Interface pasir – geotekstil *non woven*) terdapat nilai adhesi (c_a) sebesar $2,57\text{ kPa}$ dengan sudut friksi antara pasir dengan geotekstil *non woven* sebesar $23,48^\circ$. Maka Efisiensi yang terjadi antara kondisi 1 terhadap kondisi 2 sebesar $61,81\%$. Kemudian Efisiensi yang terjadi antara kondisi 1 terhadap kondisi 3 sebesar $65,43\%$.

4.3.2. Analisa Friksi pada Pasir kelanauan dengan 3 kondisi interface

Analisa Friksi yang terjadi antara pasir kelanauan (85% pasir + 15% lanau) dengan 3 kondisi interface yaitu pasir kelanauan – pasir kelanauan (kondisi 1), pasir kelanauan – geotekstil *woven* (kondisi 2), pasir kelanauan – geotekstil *non woven* (kondisi 3). Pada umumnya memberikan gambaran umum yang menunjukkan pola yang sama antar masing-masing ketiga kondisi interface tersebut.

Pada sampel pasir kelanauan dan kecepatan putaran alat 1mm/menit yang dapat dilihat pada Gambar 4.15, perbandingan interface pada masing – masing sampel uji pasir kelanauan, menunjukkan sudut internal pasir kelanauan (ϕ') yang didapatkan lebih besar dibandingkan dengan sudut friksi antara pasir kelanauan – geotekstil (δ).

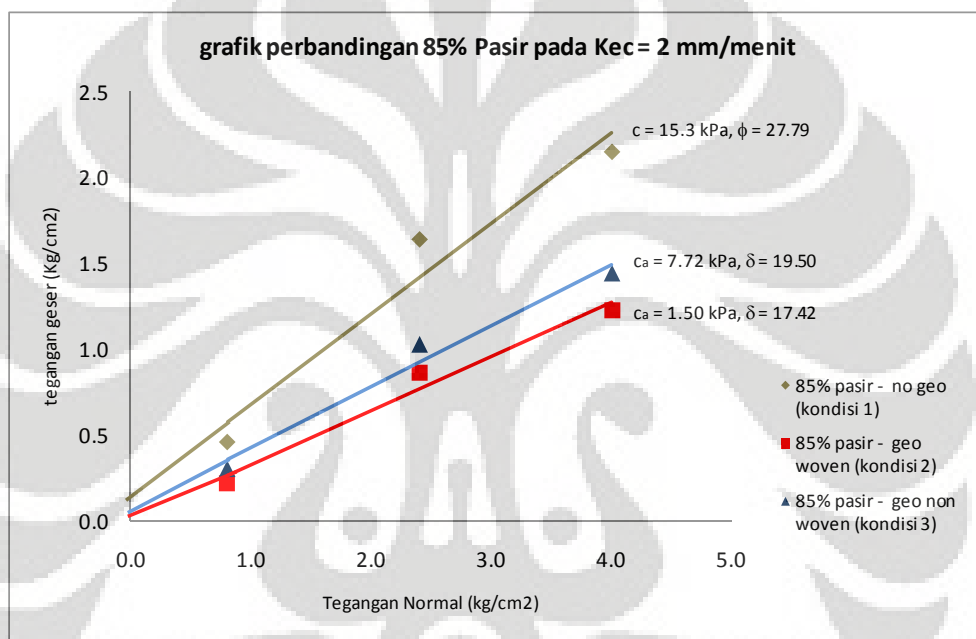


Gambar 4.15. Selubung Keruntuhan untuk interface yang telah diuji (sampel pasir kelanauan, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit)

Pada Kondisi 1 (Interface pasir kelanauan – pasir kelanauan) nilai kohesi pasir kelanauan (c) adalah 14,9 kPa dengan sudut internal pasir kelanauan (ϕ') sebesar 25,58°. Pada Kondisi 2 (Interface pasir kelanauan – geotekstil *woven*) terdapat nilai adhesi (c_a) sebesar 1,18 kPa dengan sudut friksi antara pasir kelanauan dengan geotekstil *woven* 16,37°. Pada Kondisi 3 (Interface pasir – geotekstil *non woven*) terdapat nilai adhesi (c_a) sebesar 8,26 kPa dengan sudut

friksi antara pasir – geotekstil *non woven* sebesar $17,63^\circ$. Maka Efisiensi yang terjadi antara kondisi 1 terhadap kondisi 2 sebesar $61,37\%$. Kemudian Efisiensi yang terjadi antara kondisi 1 terhadap kondisi 3 sebesar $66,39\%$.

Pada sampel pasir kelanauan dan kecepatan putaran alat $2\text{mm}/\text{menit}$ yang dapat dilihat pada Gambar 4.16, perbandingan interface pada masing – masing sampel uji pasir kelanauan juga menunjukkan sudut internal pasir kelanauan (ϕ') yang didapatkan lebih besar dibandingkan dengan sudut friksi antara pasir kelanauan – geotekstil (δ).



Gambar 4.16. Selubung Keruntuhan untuk interface yang telah diuji (sampel pasir kelanauan, Kec. Putaran alat = $2\text{ mm}/\text{menit}$)

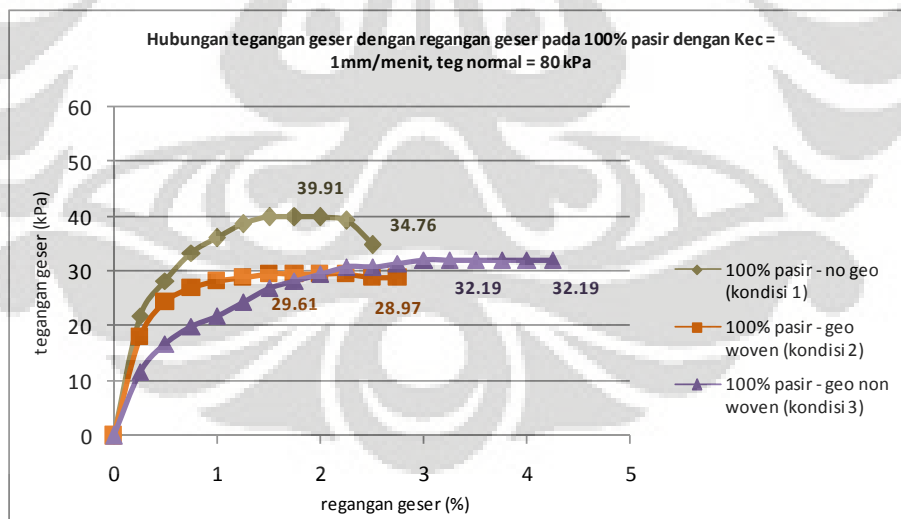
Pada Kondisi 1 (Interface pasir kelanauan – pasir kelanauan) nilai kohesi pasir kelanauan (c) adalah $15,3\text{ kPa}$ dengan sudut internal pasir kelanauan (ϕ') sebesar $27,79^\circ$. Pada Kondisi 2 (Interface pasir kelanauan – geotekstil *woven*) terdapat nilai adhesi (c_a) sebesar $1,50\text{ kPa}$ dengan sudut friksi antara pasir dengan geotekstil *woven* sebesar $17,42^\circ$. Pada Kondisi 3 (Interface pasir kelanauan – geotekstil *non woven*) terdapat nilai adhesi (c_a) sebesar $7,72\text{ kPa}$ dengan sudut friksi antara pasir kelanauan dengan geotekstil *non woven* sebesar $19,50^\circ$. Maka Efisiensi yang terjadi antara kondisi 1 terhadap kondisi 2 sebesar $59,54\%$. Kemudian Efisiensi yang terjadi antara kondisi 1 terhadap kondisi 3 sebesar $67,19\%$.

4.4 ANALISA HASIL *DIRECT SHEAR TEST* PADA PASIR TERHADAP REGANGAN GESER (*STRAIN*).

Pola Regangan geser terhadap tegangan geser yang terjadi pada pasir (100% pasir) dengan masing-masing tipe interface yaitu : pasir – pasir (kondisi 1), pasir – geotekstil woven (kondisi 2), pasir – geotekstil non woven (kondisi 3). Gambaran umum menunjukkan pola regangan yang sama pada masing-masing interface.

4.4.1 Regangan geser Pada Pasir dengan $\sigma_n = 80$ kPa

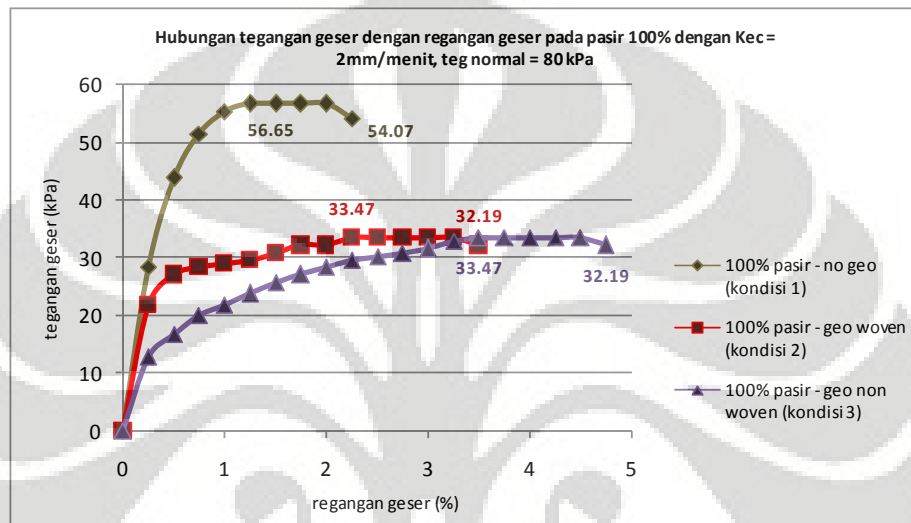
Pada sampel pasir dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit dapat dilihat pada gambar 4.17 dan untuk kecepatan putaran alat 2 mm/menit terdapat pada gambar 4.18. kedua kondisi sampel pasir di uji pada kadar air rencana (sesuai OMC) 17% dan σ_n (tegangan normal) 80 kPa. Pada gambar tersebut terjadi kenaikan tegangan geser pada awal regangan geser kemudian sampel uji mengalami penurunan ataupun tertahan pada nilai tegangan geser terhadap regangan geser akhir dari interface : pasir – pasir (kondisi 1), pasir – geotekstil woven (kondisi 2), pasir – geotekstil non woven (kondisi 3)



Gambar 4.17. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit dan $\sigma_n = 80$ kPa)

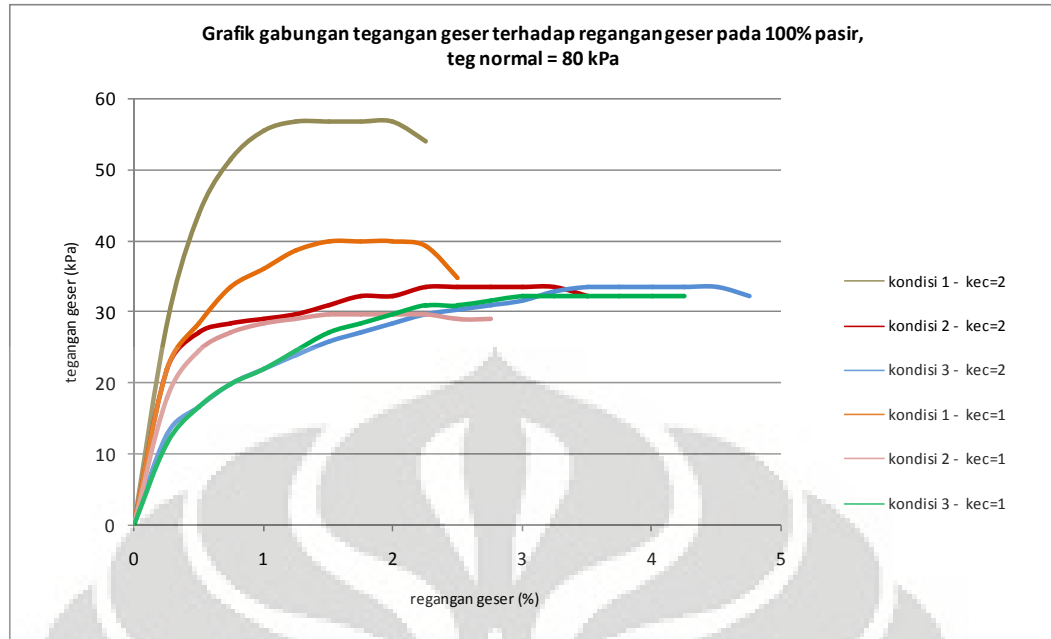
Nilai τ_{max} (tegangan geser maksimum) pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit dengan kondisi 1 (interface pasir – pasir) dari gambar 4.17 didapat

sebesar 39,91 kPa kemudian terjadi penurunan nilai tegangan yang signifikan pada regangan geser akhir. Untuk kondisi 2 (interface pasir – geotekstil *woven*) didapat nilai τ_{\max} sebesar 29,61 kPa. Kemudian untuk kondisi 3 (interface pasir – geotekstil *non woven*) didapat nilai τ_{\max} sebesar 32,19 kPa. Namun pada kondisi 2 dan kondisi 3 tidak terjadi penurunan tegangan geser yang signifikan pada regangan geser akhir.



Gambar 4.18. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 2 mm/menit dan $\sigma_n = 80$ kPa)

Nilai τ_{\max} (tegangan geser maksimum) pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit dengan kondisi 1 (interface pasir – pasir) dari gambar 4.18 didapat sebesar 56,65 kPa kemudian terjadi penurunan tegangan geser yang cukup besar pada regangan geser akhir. Untuk kondisi 2 (interface pasir – geotekstil *woven*) didapat nilai τ_{\max} sebesar 33,47 kPa. Kemudian untuk kondisi 3 (interface pasir – geotekstil *non woven*) didapat nilai τ_{\max} sebesar 33,47 kPa. Pada kondisi 2 dan kondisi 3 terjadi sedikit penurunan tegangan geser yang tidak terlalu besar pada regangan geser akhir.

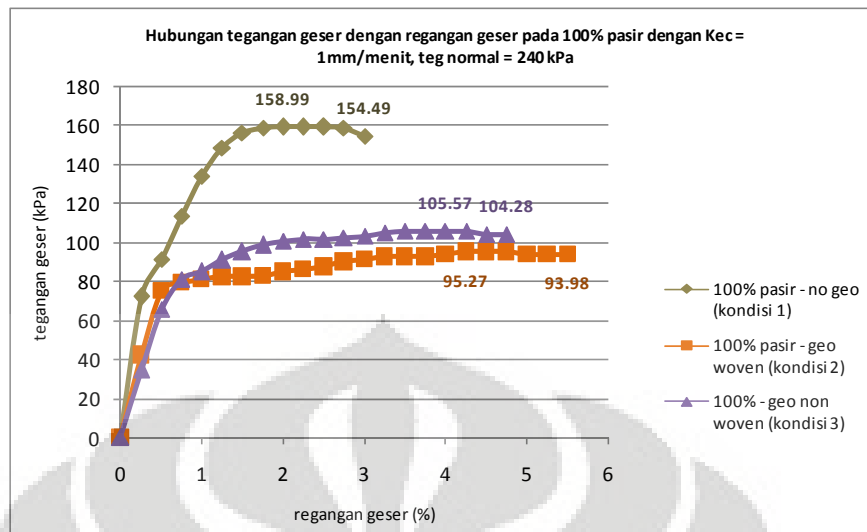


Gambar 4.19. Gabungan Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 1 dan 2 mm/menit dengan $\sigma_n = 80$ kPa)

Gambar 4.19 merupakan gabungan grafik tegangan geser pada sampel pasir dengan kecepatan 1mm/menit dan 2 mm/menit yang telah dijelaskan pada gambar 4.17 dan gambar 4.18 sebelumnya. Dari gambar 4.19 dapat diketahui bahwa tegangan geser (dengan $\sigma_n = 80$ kPa) pada kecepatan putaran alat 2mm/menit lebih besar dibandingkan tegangan geser yang terjadi pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit. Perbedaan tegangan geser dengan perubahan kecepatan putaran alat berpengaruh paling signifikan pada kondisi 1, dimana sampel pasir tanpa geotekstil dengan kecepatan putaran alat 2 mm/menit memiliki tegangan geser lebih besar dibanding 1 mm/menit.

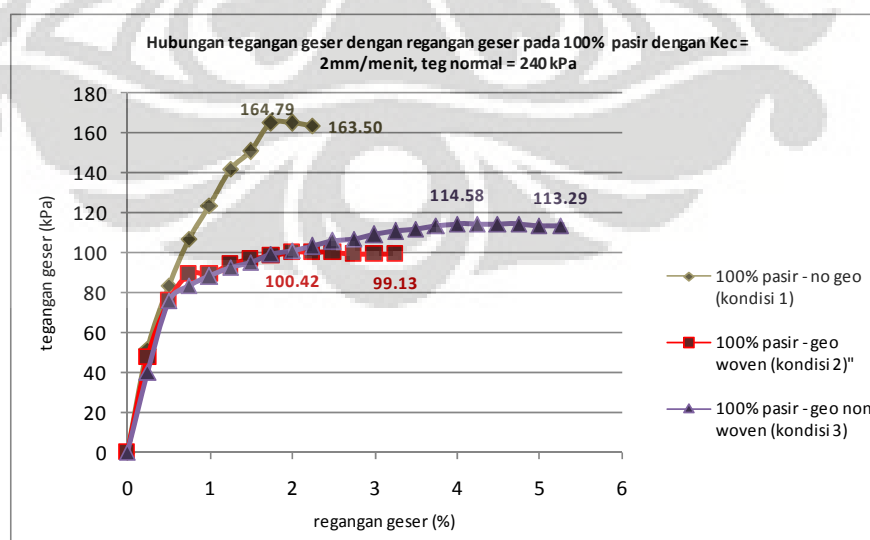
4.4.2 Regangan geser Pada Pasir dengan $\sigma_n = 240$ kPa

Pada sampel pasir dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit dapat dilihat pada gambar 4.20 dan untuk kecepatan putaran alat 2 mm/menit terdapat pada gambar 4.21. kedua kondisi sampel pasir di uji pada kadar air rencana (sesuai OMC) 17% dan σ_n (tegangan normal) 240 kPa. Pada gambar tersebut terjadi kenaikan tegangan geser pada awal regangan geser kemudian sampel uji mengalami penurunan ataupun tertahan pada nilai tegangan geser terhadap regangan geser akhir dari interface : pasir – pasir (kondisi 1), pasir – geotekstil woven (kondisi 2), pasir – geotekstil non woven (kondisi 3)



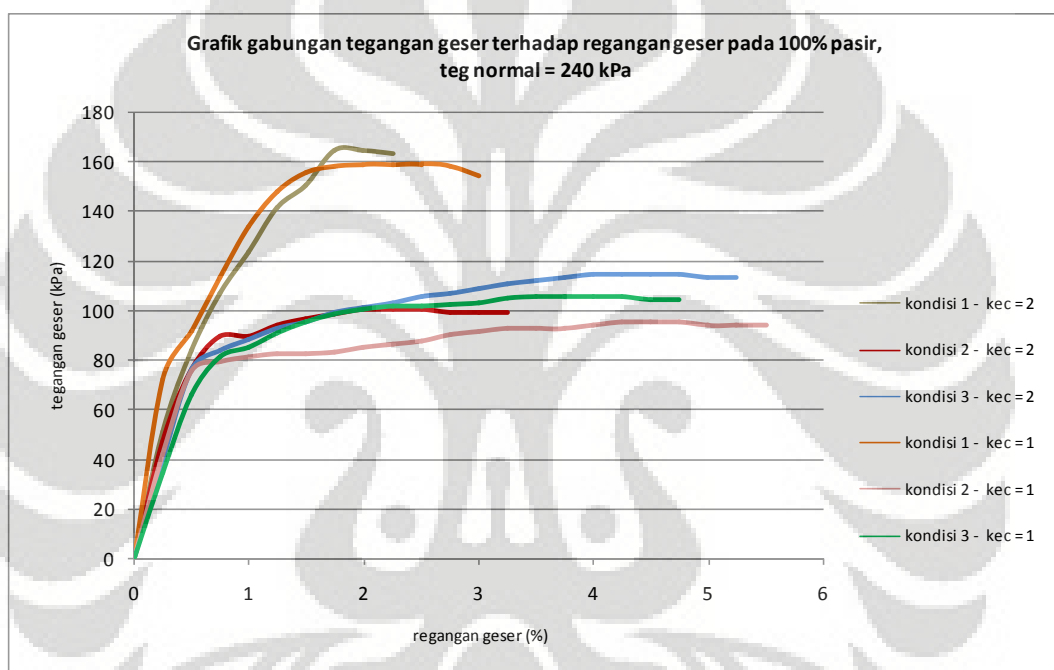
Gambar 4.20. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (100% pasir, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit dan $\sigma_n = 240$ kPa)

Nilai τ_{max} (tegangan geser maksimum) pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit dengan kondisi 1 (interface pasir – pasir) dari gambar 4.20 didapat sebesar 158,99 kPa kemudian terjadi penurunan nilai tegangan yang cukup signifikan pada regangan geser akhir. Untuk kondisi 2 (interface pasir – geotekstil *woven*) didapat nilai τ_{max} sebesar 95,27 kPa. Untuk kondisi 3 (interface pasir – geotekstil *non woven*) didapat nilai τ_{max} sebesar 105,57 kPa. Pada kondisi 2 dan kondisi 3 terjadi sedikit penurunan tegangan geser pada regangan geser akhir.



Gambar 4.21. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (100% pasir, Kec. Putaran alat = 2 mm/menit dan $\sigma_n = 240$ kPa)

Nilai τ_{\max} (tegangan geser maksimum) pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit dengan kondisi 1 (interface pasir – pasir) dari gambar 4.21 didapat sebesar 164,79 kPa kemudian terjadi sedikit penurunan tegangan geser pada regangan geser akhir. Untuk kondisi 2 (interface pasir – geotekstil *woven*) didapat nilai τ_{\max} sebesar 100,42 kPa. Untuk kondisi 3 (interface pasir – geotekstil *non woven*) didapat nilai τ_{\max} sebesar 114,58 kPa. Pada kondisi 2 dan kondisi 3 terjadi sedikit penurunan tegangan geser pada regangan geser akhir.

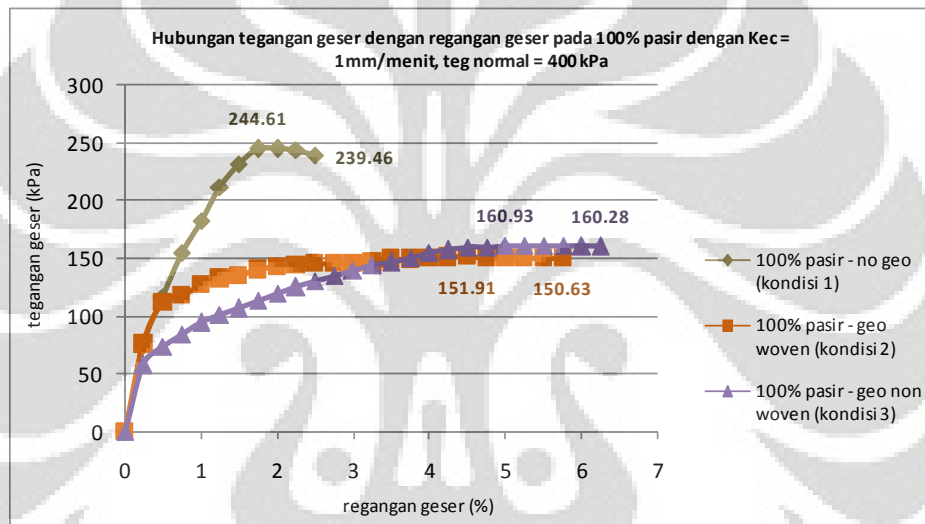


Gambar 4.22. Gabungan Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 1 dan 2 mm/menit dengan $\sigma_n = 240$ kPa)

Gambar 4.22 merupakan gabungan grafik tegangan geser pada sampel pasir dengan kecepatan 1mm/menit dan 2 mm/menit yang telah dijelaskan pada gambar 4.20 dan gambar 4.21 sebelumnya. Dari gambar 4.22 dapat diketahui bahwa tegangan geser (dengan $\sigma_n = 240$ kPa) pada kecepatan putaran alat 2mm/menit lebih besar dibandingkan tegangan geser yang terjadi pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit. Perbedaan tegangan geser dengan perubahan kecepatan putaran alat tidak memiliki perbedaan nilai tegangan geser yang sangat signifikan pada masing – masing sampel dengan $\sigma_n = 240$ kPa.

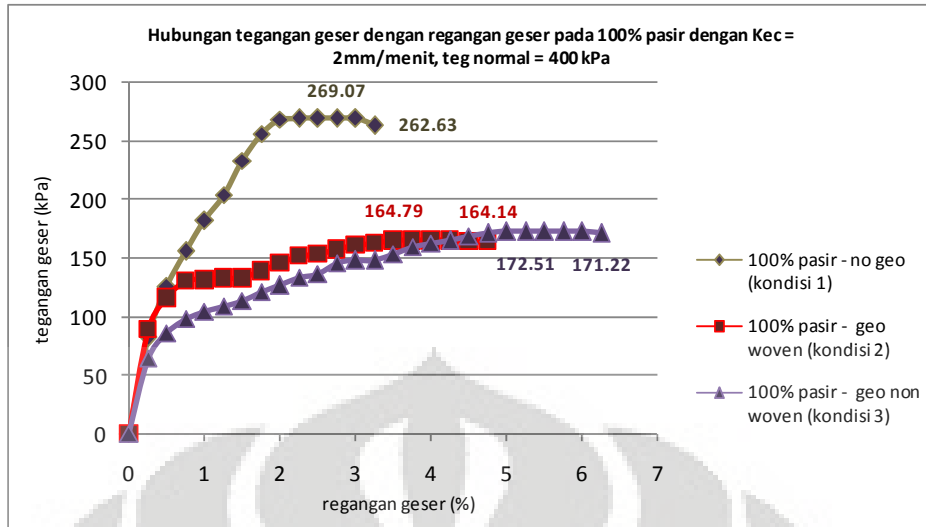
4.4.3 Regangan geser Pada Pasir dengan $\sigma_n = 400$ kPa

Pada sampel pasir dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit dapat dilihat pada gambar 4.23 dan untuk kecepatan putaran alat 2 mm/menit terdapat pada gambar 4.24. kedua kondisi sampel pasir diuji pada kadar air rencana (sesuai OMC) 17% dan σ_n (tegangan normal) 400 kPa. Pada gambar tersebut terjadi kenaikan tegangan geser pada awal regangan geser kemudian sampel uji mengalami penurunan ataupun tertahan pada nilai tegangan geser terhadap regangan geser akhir dari interface : pasir – pasir (kondisi 1), pasir – geotekstil woven (kondisi 2), pasir – geotekstil non woven (kondisi 3)



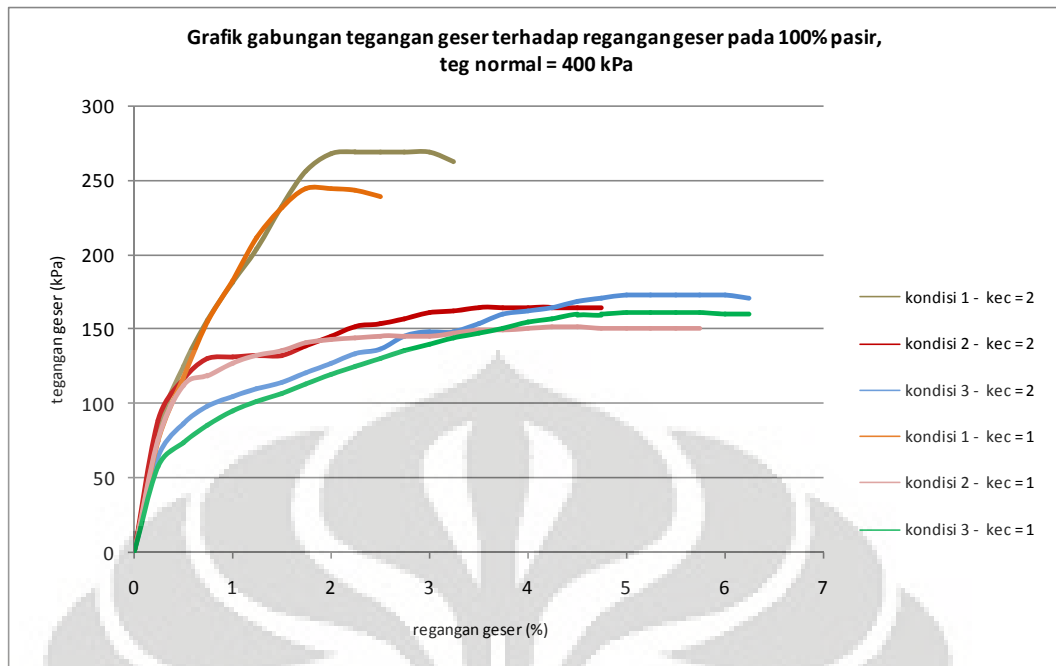
Gambar 4.23. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit dan $\sigma_n = 400$ kPa)

Nilai τ_{\max} (tegangan geser maksimum) pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit dengan kondisi 1 (interface pasir – pasir) dari gambar 4.23 didapat sebesar 244,61 kPa kemudian terjadi penurunan tegangan yang cukup signifikan regangan geser akhir. Untuk kondisi 2 (interface pasir – geotekstil *woven*) didapat nilai τ_{\max} sebesar 151,91 kPa. Untuk kondisi 3 (interface pasir – geotekstil *non woven*) didapat nilai τ_{\max} sebesar 160,93 kPa. Pada kondisi 2 dan kondisi 3 terjadi sedikit penurunan tegangan geser pada regangan geser akhir.



Gambar 4.24. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 2 mm/menit dan $\sigma_n = 400$ kPa)

Nilai τ_{\max} (tegangan geser maksimum) pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit dengan kondisi 1 (interface pasir – pasir) dari gambar 4.24 didapat sebesar 269,07 kPa kemudian terjadi penurunan tegangan geser yang signifikan pada regangan geser akhir. Untuk kondisi 2 (interface pasir – geotekstil *woven*) didapat nilai τ_{\max} sebesar 164,79 kPa. Untuk kondisi 3 (interface pasir – geotekstil *non woven*) didapat nilai τ_{\max} sebesar 172,51 kPa. Pada kondisi 2 dan kondisi 3 tidak terjadi penurunan tegangan geser yang signifikan pada regangan geser akhir.



Gambar 4.25. Gabungan Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir, Kec. Putaran alat = 1 dan 2 mm/menit dengan $\sigma_n = 400$ kPa)

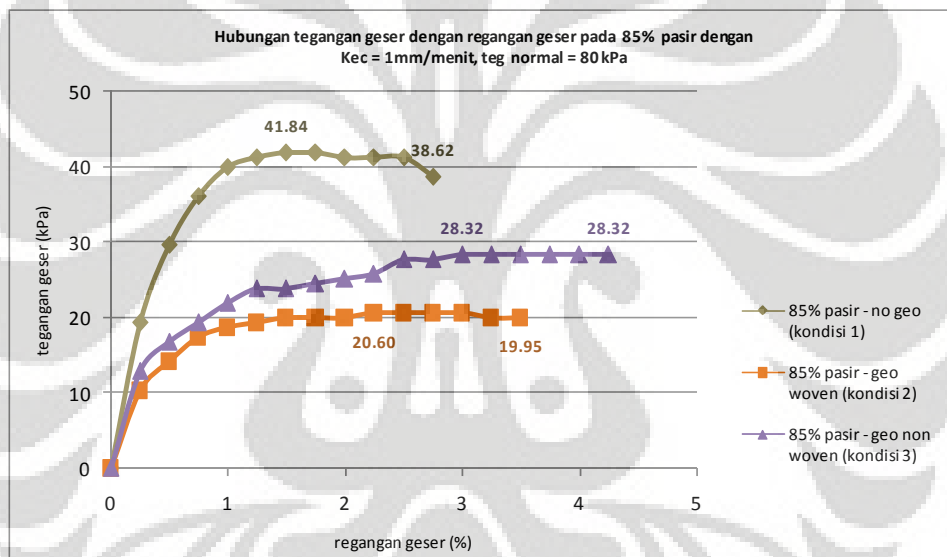
Gambar 4.25 merupakan gabungan grafik tegangan geser pada sampel pasir dengan kecepatan 1mm/menit dan 2 mm/menit yang telah dijelaskan pada gambar 4.23 dan gambar 4.24 sebelumnya. Dari gambar 4.25 dapat diketahui bahwa tegangan geser (dengan $\sigma_n = 400$ kPa) pada kecepatan putaran alat 2mm/menit lebih besar dibandingkan tegangan geser yang terjadi pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit. Perbedaan tegangan geser dengan perubahan kecepatan putaran alat memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada sampel pasir tanpa geotekstil (kondisi 1) dimana tegangan geser pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit terlihat cukup besar dibandingkan dengan 1 mm/menit.

4.5 ANALISA HASIL UJI *DIRECT SHEAR TEST* PADA PASIR KELANAUAN TERHADAP REGANGAN GESER (*STRAIN*).

Pola Regangan geser terhadap tegangan geser yang terjadi pada pasir kelanauan (85% pasir + 15% lanau) dengan masing-masing tipe interface yaitu : pasir kelanauan – pasir kelanauan (kondisi 1), pasir kelanauan – geotekstil woven (kondisi 2), pasir kelanauan – geotekstil non woven (kondisi 3) juga menunjukkan pola regangan yang sama pada masing-masing interface.

4.5.1 Regangan Geser Pada Pasir Kelanauan Dengan $\sigma_n = 80$ kPa

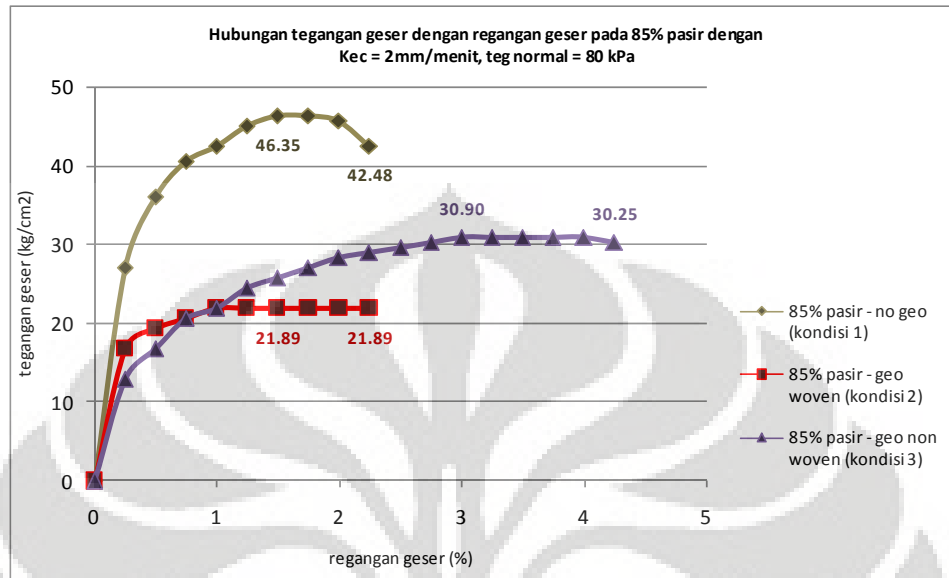
Pada sampel pasir kelanauan dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit dapat dilihat pada gambar 4.26 dan untuk kecepatan putaran alat 2 mm/menit terdapat pada gambar 4.27. kedua kondisi sampel pasir kelanauan diuji pada kadar air rencana (sesuai OMC) 17% dan σ_n (tegangan normal) 80 kPa. Pada gambar tersebut terjadi kenaikan tegangan geser pada awal regangan geser kemudian sampel uji mengalami penurunan ataupun tertahan pada nilai tegangan geser terhadap regangan geser akhir dari interface : pasir kelanauan – pasir kelanauan (kondisi 1), pasir kelanauan – geotekstil woven (kondisi 2), pasir kelanauan – geotekstil non woven (kondisi 3)



Gambar 4.26. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit dan $\sigma_n = 80$ kPa)

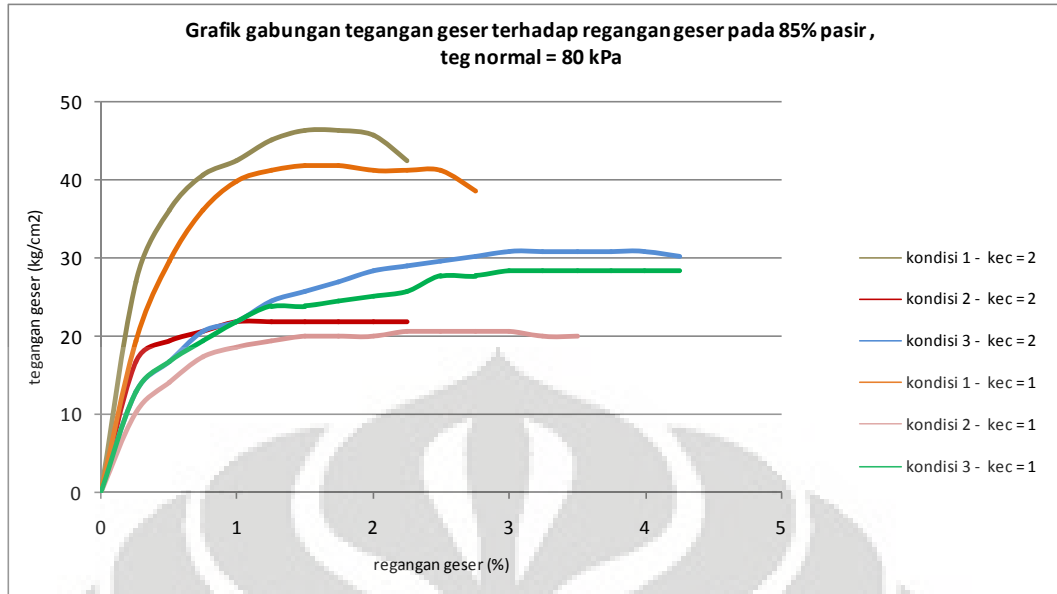
Nilai τ_{max} (tegangan geser maksimum) pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit dengan kondisi 1 (interface pasir kelanauan – pasir kelanauan) dari gambar 4.26 didapat sebesar 41,84 kPa kemudian terjadi penurunan nilai tegangan yang cukup signifikan pada regangan geser akhir. Untuk kondisi 2 (interface pasir kelanauan – geotekstil *woven*) didapat nilai τ_{max} sebesar 20,60 kPa. Untuk kondisi 3 (interface pasir kelanauan – geotekstil *non woven*) didapat nilai τ_{max} sebesar 28,32 kPa. Namun pada kondisi 2 terjadi sedikit penurunan tegangan geser,

sedangkan untuk kondisi 3 tidak terjadi penurunan tegangan geser pada regangan geser akhir.



Gambar 4.27. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Putaran alat = 2 mm/menit dan $\sigma_n = 80$ kPa)

Nilai τ_{max} (tegangan geser maksimum) pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit dengan kondisi 1 (interface pasir kelanauan – pasir kelanauan) dari gambar 4.27 didapat sebesar 46,35 kPa kemudian terjadi penurunan nilai tegangan yang cukup signifikan pada regangan geser akhir. Untuk kondisi 2 (interface pasir kelanauan – geotekstil *woven*) didapat nilai τ_{max} sebesar 21,89 kPa. Untuk kondisi 3 (interface pasir kelanauan – geotekstil *non woven*) didapat nilai τ_{max} sebesar 30,90 kPa. Namun pada kondisi 2 tidak terjadi penurunan tegangan geser dan kondisi 3 terjadi sedikit penurunan tegangan geser yang tidak signifikan pada regangan geser akhir.



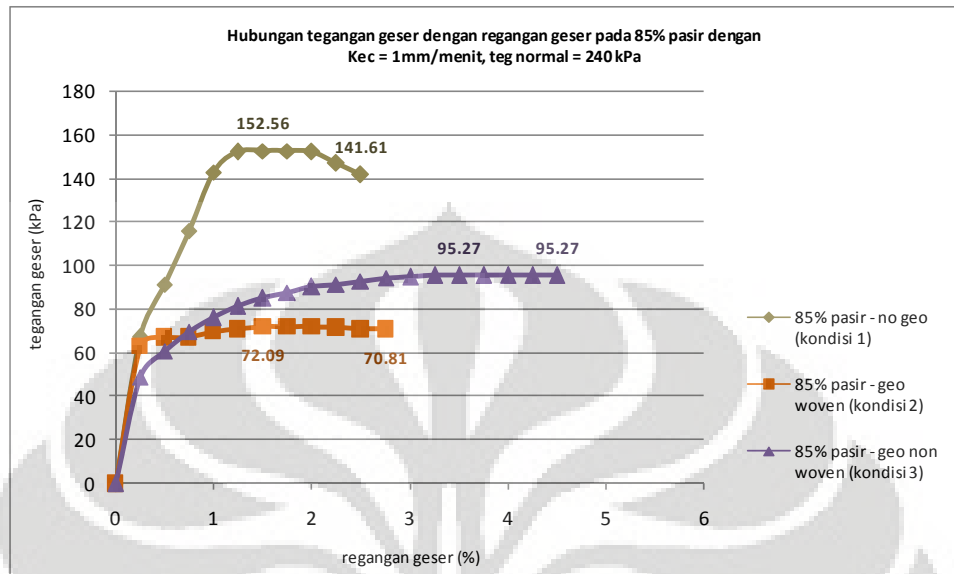
Gambar 4.28. Gabungan Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Putaran alat = 1 dan 2 mm/menit dan $\sigma_n = 80$ kPa)

Gambar 4.28 merupakan gabungan grafik tegangan geser pada sampel pasir dengan kecepatan 1mm/menit dan 2 mm/menit yang telah dijelaskan pada gambar 4.26 dan gambar 4.27 sebelumnya. Dari gambar 4.28 dapat diketahui bahwa tegangan geser (dengan $\sigma_n = 80$ kPa) pada kecepatan putaran alat 2mm/menit lebih besar dibandingkan tegangan geser yang terjadi pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit. Perbedaan tegangan geser dengan perubahan kecepatan putaran alat memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada masing – masing kondisi sampel uji pasir kelanauan dimana tegangan geser pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit selalu lebih besar dibandingkan dengan 1 mm/menit.

4.5.2 Regangan Geser Pada Pasir Kelanauan Dengan $\sigma_n = 240$ kPa

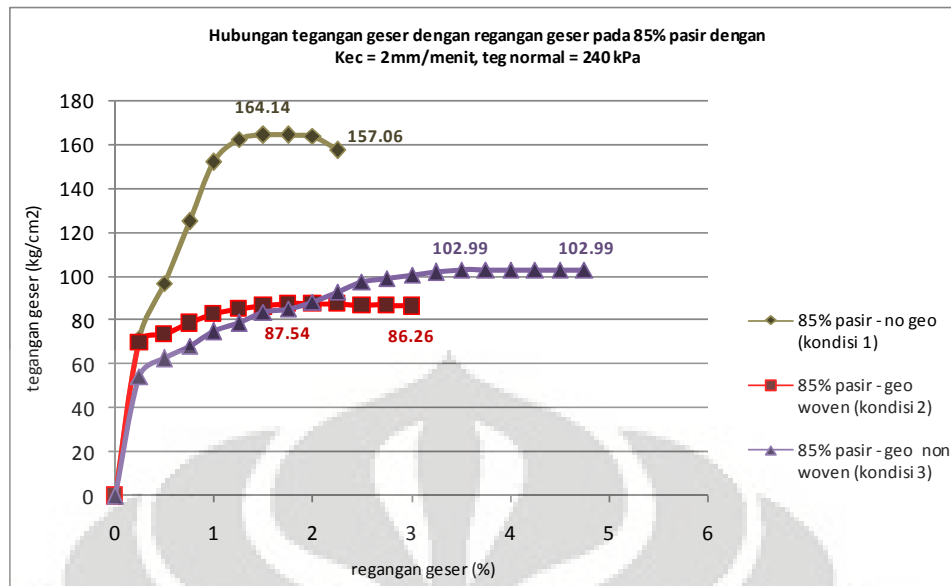
Pada sampel pasir kelanauan dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit dapat dilihat pada gambar 4.29 dan untuk kecepatan putaran alat 2 mm/menit terdapat pada gambar 4.30. kedua kondisi sampel pasir kelanauan di uji pada kadar air rencana (sesuai OMC) 17% dan σ_n (tegangan normal) 240 kPa. Pada gambar tersebut terjadi kenaikan tegangan geser pada awal regangan geser kemudian sampel uji mengalami penurunan ataupun tertahan pada nilai tegangan geser terhadap regangan geser akhir dari interface : pasir kelanauan – pasir

kelanauan (kondisi 1), pasir kelanauan – geotekstil woven (kondisi 2), pasir kelanauan – geotekstil non woven (kondisi 3).



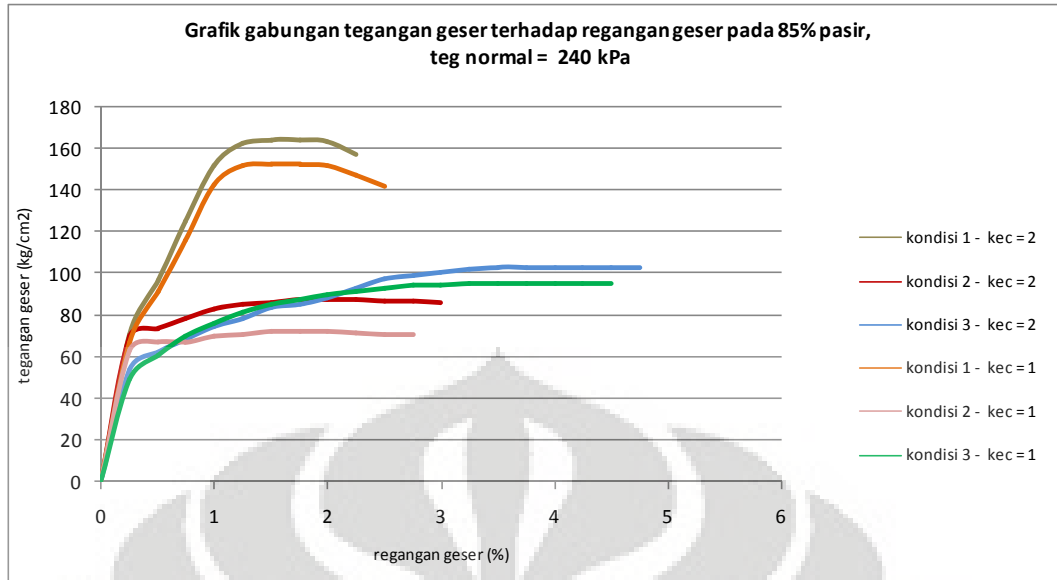
Gambar 4.29. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit dan $\sigma_n = 240$ kPa)

Nilai τ_{max} (tegangan geser maksimum) pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit dengan kondisi 1 (interface pasir kelanauan – pasir kelanauan) dari gambar 4.29 didapat sebesar 152,56 kPa kemudian terjadi penurunan tegangan geser yang signifikan pada regangan geser akhir. Untuk kondisi 2 (pasir kelanauan – geotekstil *woven*) didapat nilai τ_{max} sebesar 72,09 kPa. Untuk kondisi 3 (interface pasir – geotekstil *non woven*) didapat nilai τ_{max} sebesar 95,27 kPa. Namun pada kondisi 2 terjadi sedikit penurunan tegangan geser dan kondisi 3 tidak terjadi penurunan tegangan geser pada regangan geser akhir.



Gambar 4.30. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Putaran alat = 2 mm/menit dan $\sigma_n = 240 \text{ kg/cm}^2$)

Nilai τ_{\max} (tegangan geser maksimum) pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit dengan kondisi 1 (interface pasir kelanauan – pasir kelanauan) dari gambar 4.30 didapat sebesar 164,14 kPa kemudian terjadi penurunan tegangan geser yang signifikan pada regangan geser akhir. Untuk kondisi 2 (interface pasir kelanauan – geotekstil *woven*) didapat nilai τ_{\max} sebesar 87,54 kPa. Untuk kondisi 3 (interface pasir kelanauan – geotekstil *non woven*) didapat nilai τ_{\max} sebesar 102,99 kPa. Namun pada kondisi 2 tidak terjadi penurunan tegangan geser dan pada kondisi 3 terjadi sedikit penurunan tegangan geser yang tidak signifikan pada regangan geser akhir.



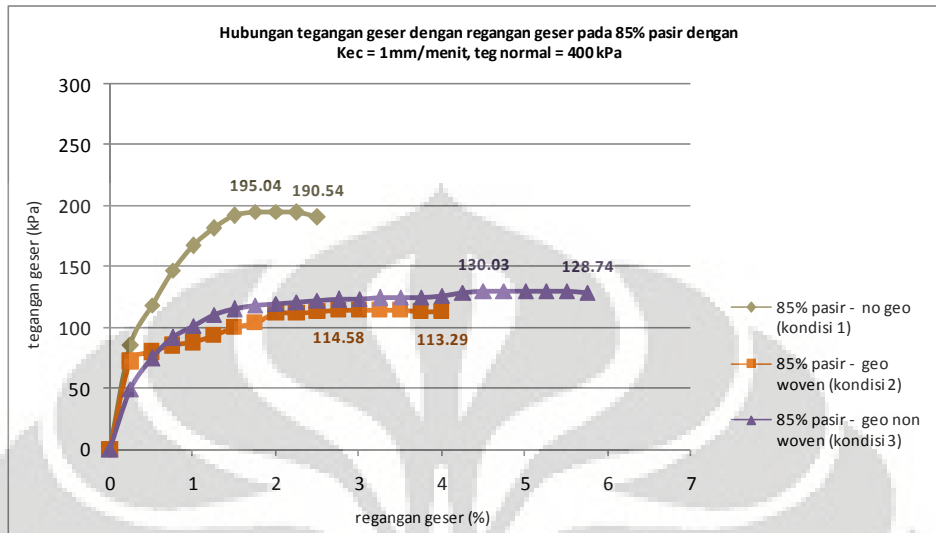
Gambar 4.31. Gabungan Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Putaran alat = 1 dan 2 mm/menit dengan $\sigma_n = 240$ kPa)

Gambar 4.31 merupakan gabungan grafik tegangan geser pada sampel pasir dengan kecepatan 1mm/menit dan 2 mm/menit yang telah dijelaskan pada gambar 4.29 dan gambar 4.30 sebelumnya. Dari gambar 4.31 dapat diketahui bahwa tegangan geser (dengan $\sigma_n = 240$ kPa) pada kecepatan putaran alat 2mm/menit lebih besar dibandingkan tegangan geser yang terjadi pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit. Perbedaan tegangan geser dengan perubahan kecepatan putaran alat memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada sampel pasir kelanauan dengan kondisi 2 (pasir kelanauan – geotekstil *woven*) dimana tegangan geser pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit lebih besar dibandingkan dengan 1 mm/menit.

4.5.3 Regangan Geser Pada Pasir Kelanauan dengan $\sigma_n = 400$ kPa

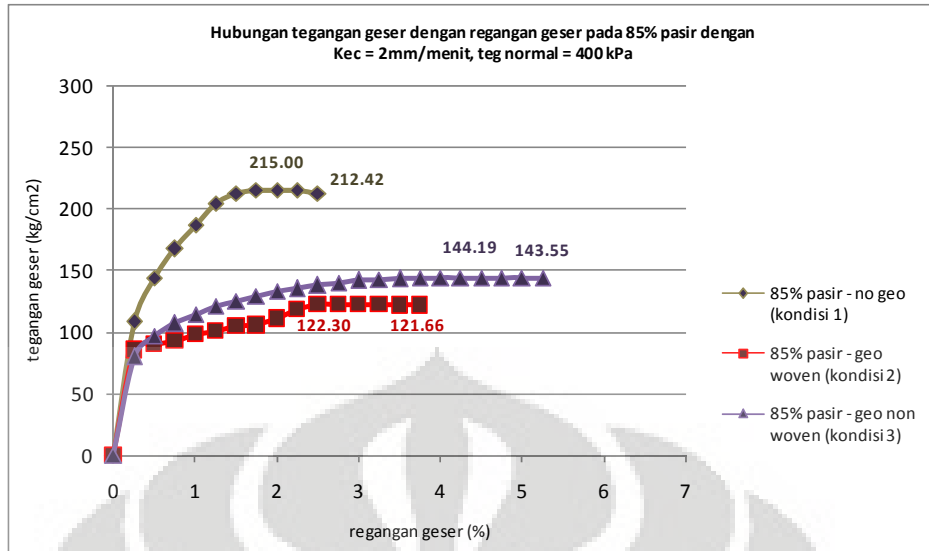
Pada sampel pasir kelanauan dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit dapat dilihat pada gambar 4.32 dan untuk kecepatan putaran alat 2 mm/menit terdapat pada gambar 4.33 kedua kondisi sampel pasir kelanauan di uji dengan kadar air rencana (sesuai OMC) 17% dan σ_n (tegangan normal) 400 kPa. Pada gambar tersebut terjadi kenaikan tegangan geser pada awal regangan geser kemudian sampel uji mengalami penurunan ataupun tertahan pada nilai tegangan geser terhadap regangan geser akhir dari interface : pasir kelanauan – pasir

kelanauan (kondisi 1), pasir kelanauan – geotekstil woven (kondisi 2), pasir kelanauan – geotekstil non woven (kondisi 3).



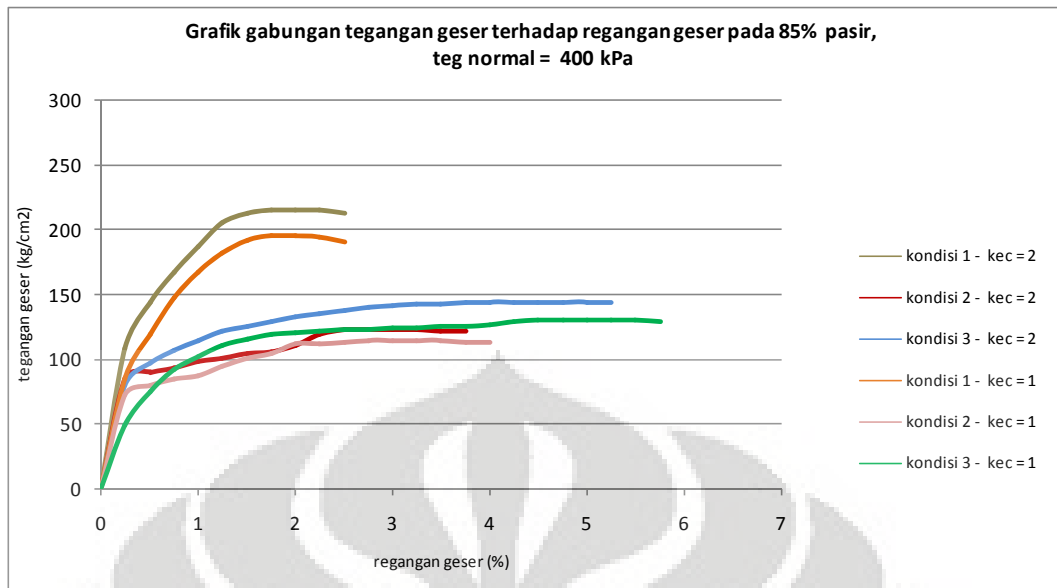
Gambar 4.32. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Putaran alat = 1 mm/menit dan $\sigma_n = 400$ kPa)

Nilai τ_{max} (tegangan geser maksimum) pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit dengan kondisi 1 (interface pasir kelanauan – pasir kelanauan) dari gambar 4.32 didapat sebesar 195,04 kPa kemudian terjadi penurunan tegangan geser yang signifikan pada regangan geser akhir. Untuk kondisi 2 (interface pasir kelanauan – geotekstil *woven*) didapat nilai τ_{max} sebesar 114,58 kPa. Untuk kondisi 3 (interface pasir kelanauan – geotekstil *non woven*) didapat nilai τ_{max} sebesar 130,03 kPa. Namun pada kondisi 2 dan kondisi 3 terjadi sedikit penurunan tegangan geser yang tidak signifikan pada regangan geser akhir.



Gambar 4.33. Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Putaran alat = 2 mm/menit dan $\sigma_n = 400$ kPa)

Nilai τ_{max} (tegangan geser maksimum) pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit dengan kondisi 1 (interface pasir kelanauan – pasir kelanauan) dari gambar 4.33 didapat sebesar 215,0 kPa kemudian terjadi penurunan tegangan geser yang cukup signifikan pada regangan geser akhir. Untuk kondisi 2 (interface pasir kelanauan – geotekstil *woven*) didapat nilai τ_{max} sebesar 122,30 kPa. Untuk kondisi 3 (interface pasir kelanauan – geotekstil *non woven*) didapat nilai τ_{max} sebesar 144,19 kPa. Namun pada kondisi 2 dan kondisi 3 terjadi sedikit penurunan tegangan geser yang tidak signifikan pada regangan geser akhir.



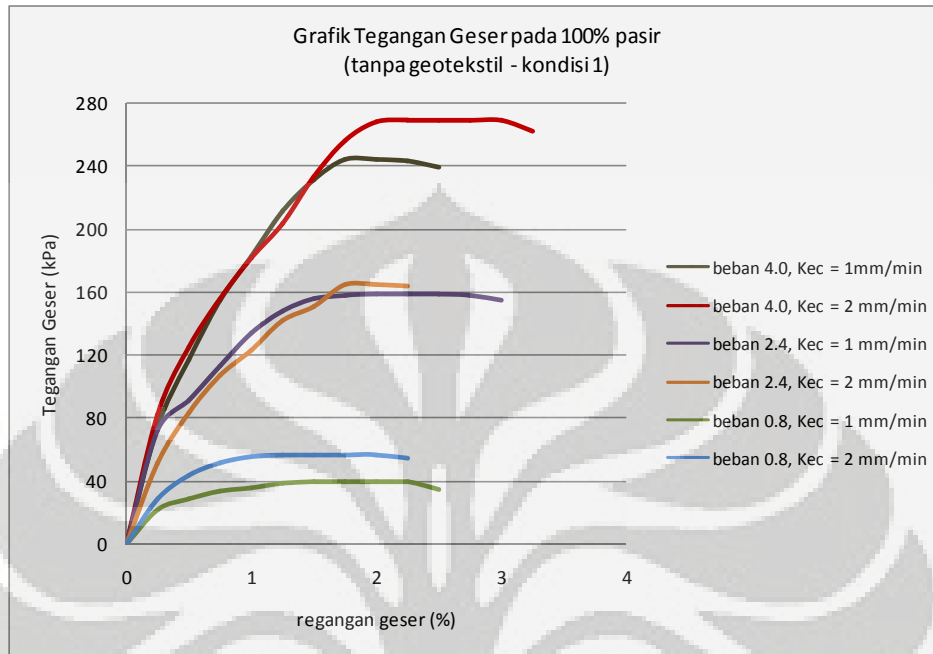
Gambar 4.34. Gabungan Grafik hubungan tegangan geser dengan regangan geser (sampel pasir kelanauan, Kec. Putaran alat = 1 dan 2 mm/menit dengan $\sigma_n = 400$ kPa)

Gambar 4.34 merupakan gabungan grafik tegangan geser pada sampel pasir dengan kecepatan 1mm/menit dan 2 mm/menit yang telah dijelaskan pada gambar 4.32 dan gambar 4.33 sebelumnya. Dari gambar 4.34 dapat diketahui bahwa tegangan geser (dengan $\sigma_n = 400$ kPa) pada kecepatan putaran alat 2mm/menit lebih besar dibandingkan tegangan geser yang terjadi pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit. Perbedaan tegangan geser dengan perubahan kecepatan putaran alat memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada sampel pasir kelanauan dengan kondisi 1 (pasir kelanauan – pasir kelanauan) dimana tegangan geser pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit terlihat lebih besar dibandingkan dengan 1 mm/menit.

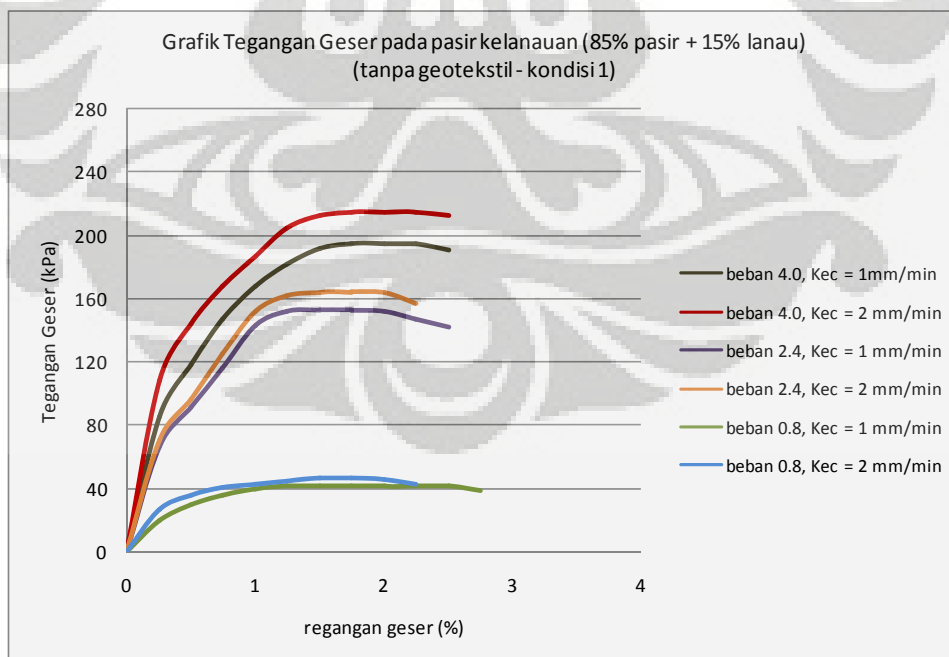
4.6 PERBANDINGAN TEGANGAN GESER ANTARA PASIR DAN PASIR KELANAUAN TERHADAP KECEPATAN ALAT

Perbandingan tegangan geser terhadap perbedaan kecepatan alat akan menghasilkan pola regangan geser yang berbeda terhadap berbagai macam kondisi sampel uji. Disini pola regangan geser didapatkan dari pemberian 2 (dua) nilai kecepatan putaran alat berbeda dan 3 (tiga) nilai tegangan normal yang berbeda (σ_n). Berikut berbagai macam kondisi sampel uji :

4.6.1 Perbandingan Tegangan Geser antara Pasir dan Pasir kelanauan (Kondisi 1 : Tanpa geotekstil)



Gambar 4.35. Grafik hubungan tegangan geser dengan kecepatan putaran alat pada sampel uji pasir (tanpa geotekstil - kondisi 1)

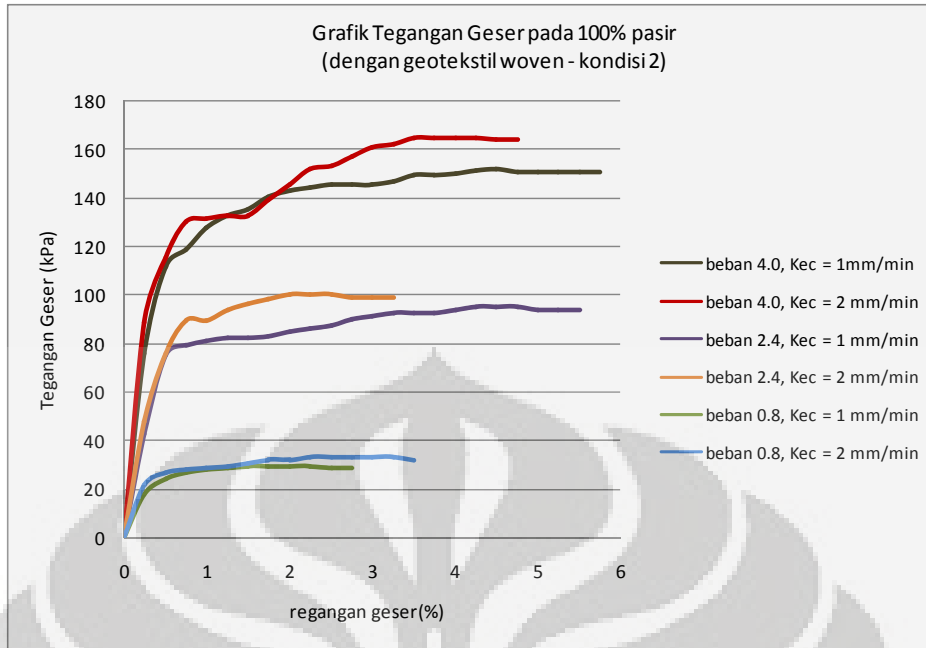


Gambar 4.36. Grafik hubungan tegangan geser dengan kecepatan putaran alat pada sampel uji pasir kelanauan (tanpa geotekstil - kondisi 1)

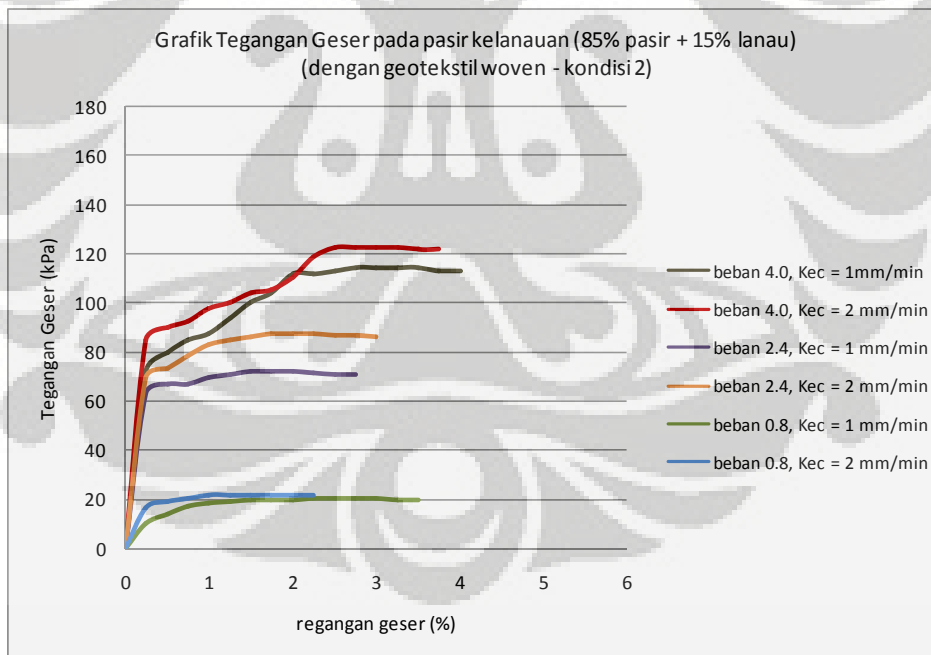
Pada sampel uji pasir tanpa geotekstil (kondisi 1), dari gambar 4.35 dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi dengan pemberian kecepatan putaran alat 2 mm/menit selalu lebih besar dibandingkan dengan tegangan geser yang terjadi pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit. Disini terlihat pembebanan dengan tegangan normal (σ_n) yang lebih besar juga memberikan kondisi tegangan geser yang semakin besar. Sehingga dapat diketahui dari grafik tersebut bahwa tegangan geser dicapai paling besar pada (σ_n) = 400 kPa, dan dengan kecepatan alat 2 mm/menit

Pada sampel uji pasir kelanauan tanpa geotekstil (kondisi 1), dari gambar 4.36 dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi dengan pemberian kecepatan putaran alat 2 mm/menit selalu lebih besar dibandingkan dengan tegangan geser yang terjadi pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit. Disini terlihat pembebanan dengan tegangan normal (σ_n) = 80 kPa, tidak menunjukkan perbedaan nilai tegangan geser yang terlalu besar pada kecepatan putaran alat berbeda. Sedangkan pada tegangan normal = 240 kPa dan 400 kPa, menunjukkan kenaikan nilai tegangan geser pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit.

4.6.2 Perbandingan Tegangan Geser antara Pasir dan Pasir kelanauan (Kondisi 2 : dengan geotekstil *woven*)



Gambar 4.37. Grafik hubungan tegangan geser dengan kecepatan putaran alat pada sampel uji pasir (dengan geotekstil woven - kondisi 2)



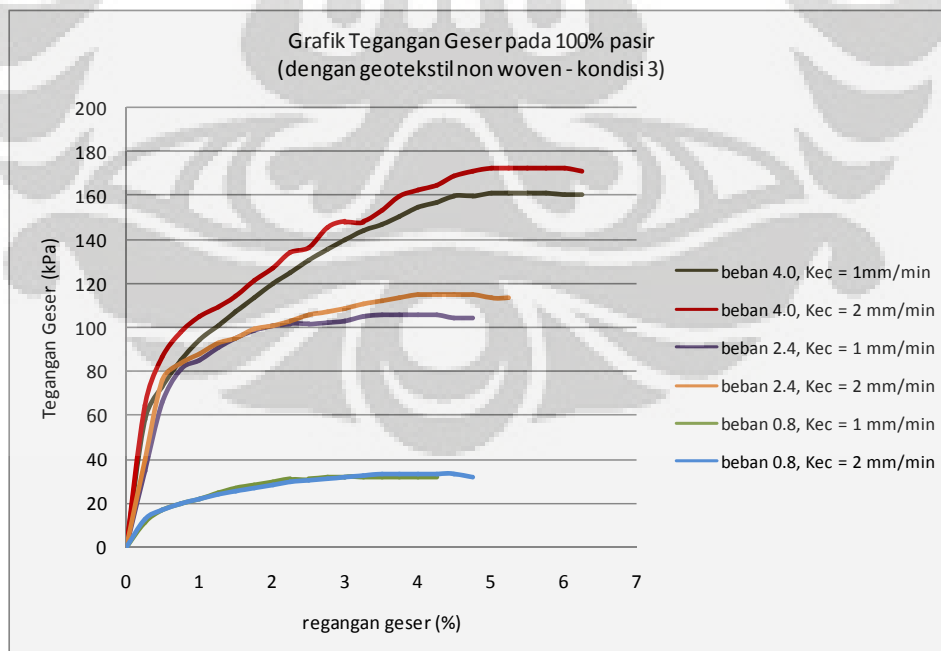
Gambar 4.38. Grafik hubungan tegangan geser dengan kecepatan putaran alat pada sampel uji pasir kelanauan (dengan geotekstil woven - kondisi 2)

Pada sampel uji pasir dengan geotekstil woven (kondisi 2), dari gambar 4.37 dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi dengan pemberian

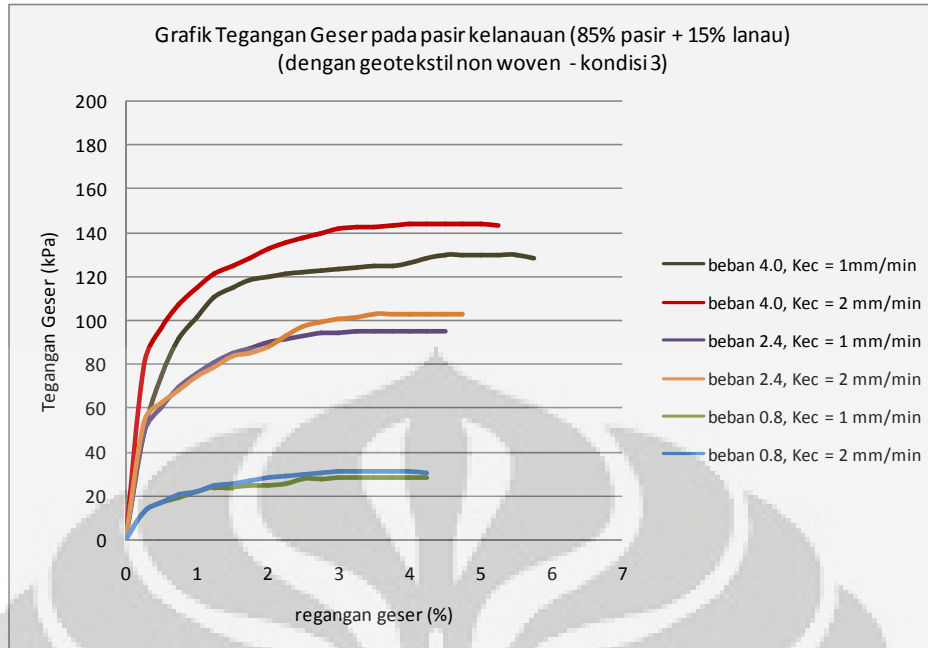
kecepatan putaran alat 2 mm/menit selalu lebih besar dibandingkan dengan tegangan geser yang terjadi pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit. Namun dari gambar 4.37 juga menunjukkan bahwa pembebanan dengan tegangan normal (σ_n) = 80 kPa, tidak memberikan perbedaan nilai tegangan geser yang terlalu besar pada kecepatan putaran alat berbeda atau nilai tegangan geser nya hampir sama.

Pada sampel uji pasir kelanauan dengan geotekstil *woven* (kondisi 2), dari gambar 4.38 dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi dengan pemberian kecepatan putaran alat 2 mm/menit selalu lebih besar dibandingkan dengan tegangan geser yang terjadi pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit. Namun dari gambar 4.38 juga menunjukkan bahwa pembebanan dengan tegangan normal (σ_n) = 240 kPa dan 400 kPa, memberikan perbedaan nilai tegangan geser yang cukup besar pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit, sedangkan pada tegangan normal 80 kPa tidak terdapat perbedaan nilai tegangan geser untuk kecepatan alat berbeda.

4.6.3 Perbandingan Tegangan Geser antara Pasir dan Pasir kelanauan (Kondisi 3 : dengan geotekstil non woven)



Gambar 4.39. Grafik hubungan tegangan geser dengan kecepatan putaran alat Pada sampel uji pasir (dengan geotekstil *non woven* – kondisi 3)



Gambar 4.40. Grafik hubungan tegangan geser dengan kecepatan putaran alat Pada sampel uji pasir kelanauan (dengan geotekstil *non woven* – kondisi 3)

Pada sampel uji pasir dengan geotekstil *non woven* (kondisi 3), dari gambar 4.39 dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi dengan pemberian kecepatan putaran alat 2 mm/menit selalu lebih besar dibandingkan dengan tegangan geser yang terjadi pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit. Namun dari gambar 4.39 juga menunjukkan bahwa pembebanan dengan tegangan normal (σ_n) = 80 kPa, tidak memberikan perbedaan nilai tegangan geser yang terlalu besar pada kecepatan putaran alat berbeda atau nilai tegangan geser nya hampir sama. Sedangkan pada tegangan normal = 240 kPa menunjukkan perbedaan nilai tegangan geser yang signifikan dimana nilai tegangan geser pada kecepatan putaran alat 2mm/menit lebih besar dibandingkan dengan 1 mm/menit.

Pada sampel uji pasir kelanauan dengan geotekstil *non woven* (kondisi 3), dari gambar 4.40 dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi dengan pemberian kecepatan putaran alat 2 mm/menit juga selalu lebih besar dibandingkan dengan tegangan geser yang terjadi pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit. Dari gambar 4.40 juga menunjukkan bahwa pembebanan dengan tegangan normal (σ_n) = 240 kPa dan 400 kPa, memberikan perbedaan nilai tegangan geser yang cukup besar pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit.

4.7 PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN

Tabel 4.3. menampilkan hasil pengujian pada beberapa tipe geotekstil yang telah diuji oleh peneliti (Koerner, 1994). Dimana dengan pengujian yang telah dilakukan didapatkan besar sudut friksi pada geotekstil non woven lebih besar dibandingkan dengan sudut friksi geotekstil woven. Hasil pengujian yang dilakukan, terdiri dari 4 jenis geotekstil yang diuji dengan tiga jenis pasir tidak kohesif, sebagai berikut :

Tabel 4.3 Sudut Friksi dan Efisiensi pada tanah pasir non kohesif dengan geotekstil

<i>Geotextile Type</i>	<i>Concrete Sand ϕ</i> <i>= 30 deg</i>	<i>Rounded Sand ϕ</i> <i>= 28 deg</i>	<i>Silty Sand ϕ =</i> <i>26 deg</i>
Woven, monofilament	26 deg. (84%)	---	---
Woven, Silt film	24 deg. (77%)	24 deg. (84%)	23 deg. (87%)
Nonwoven, heat bonded	26 deg. (84%)	---	---
Nonwoven, needle punched	30 deg. (100%)	26 deg. (92%)	25 deg. (96%)

Sumber : Koerner et al., 1984

Rangkuman hasil uji friksi dengan alat uji geser langsung yang telah dilakukan pada pasir – geotekstil dengan sampel uji pasir dan pasir kelanauan pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit dapat dilihat pada tabel 4.4, sebagai berikut :

Tabel 4.4 Analisa friksi pada pasir dan pasir kelanauan dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit

No	Kecepatan putaran alat (mm/menit)	Kondisi benda uji (Interface)	Sudut friksi, ϕ' atau δ	Efisiensi $ef_{\phi} = \frac{\tan \delta}{\tan \phi} \times 100\%$	c & c_a
			($^{\circ}$)	(%)	(kPa)
1	1	Pasir - Pasir (kondisi 1)	32,61	100	0
2	1	Pasir kelanauan - Pasir kelanauan (kondisi 1)	25,58	100	14,9
3	1	Pasir - Geotekstil <i>woven</i> [silt tape] (kondisi 2)	20,92	59,75	0,54
4	1	Pasir kelanauan - Geotekstil <i>woven</i> [silt tape] (kondisi 2)	16,37	61,36	1,18
5	1	Pasir - Geotekstil <i>non woven</i> [needle punched] (kondisi 3)	21,92	62,90	3,00
6	1	Pasir kelanauan - Geo <i>non woven</i> [needle punched] (kondisi 3)	17,63	66,40	8,26

Berikut perbandingan hasil uji yang telah dilakukan dengan kondisi sampel uji pada kecepatan putaran alat 1 mm/menit telah ditabelkan:

Tabel 4.5 Perbandingan hasil uji pada sampel pasir dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit

TIPE	Penelitian oleh Koerner		Penelitian yang dilakukan (Kec = 1 mm/menit)	
	Concrete sand ($\phi = 30$ deg)		Concrete sand ($\phi = 32.61$ deg)	
	δ (deg)	$ef_{\phi} = \frac{\tan \delta}{\tan \phi} \times 100\%$	δ (deg)	$ef_{\phi} = \frac{\tan \delta}{\tan \phi} \times 100\%$
Woven, Silt film	24	77%	20.92	60%
Non woven, needle punched	30	100%	21.92	63%

Tabel 4.6 Perbandingan hasil uji pada sampel pasir kelanauan dengan kecepatan putaran alat 1 mm/menit

TIPE	Penelitian oleh Koerner		Penelitian yang dilakukan (Kec = 1 mm/menit)	
	Silty sand ($\phi = 26$ deg)		Silty sand ($\phi = 25.58$ deg)	
	δ (deg)	$ef_{\phi} = \frac{\tan \delta}{\tan \phi} \times 100\%$	δ (deg)	$ef_{\phi} = \frac{\tan \delta}{\tan \phi} \times 100\%$
Woven, Silt film	23	87%	16.37	61%
Non woven, needle punched	25	96%	17.63	66%

Dari tabel 4.5 dan tabel 4.6, sudut friksi antara tanah pasir – geotekstil *woven* lebih kecil dibandingkan dengan sudut friksi antara tanah pasir – geotekstil *non woven*. Jika hasil uji friksi dibandingkan antara sampel pasir – geotekstil *woven* dengan sampel pasir kelanauan – geotekstil *woven*, hasil yang terlihat dari tabel 4.5 dan tabel 4.6 yaitu perbedaan persentase efisiensi yang tidak terlalu jauh, ini dapat disebabkan oleh pemberian nilai kadar air yang terdapat dalam pasir lebih mudah mengalir dari pada pasir kelanauan sehingga mempengaruhi permukaan geotekstil *woven* yang menjadi lebih licin dan menyebabkan sudut friksi pasir – geotekstil *woven* menjadi lebih kecil. Begitu juga dengan sudut friksi pasir – geotekstil *non woven* yang tidak terlalu besar disebabkan oleh pengaliran air dari pasir ke permukaan geotekstil *non woven* sehingga permukaannya menjadi lebih halus.

Rangkuman hasil uji friksi dengan alat uji geser langsung yang telah dilakukan pada pasir – geotekstil dengan sampel uji pasir dan pasir kelanauan pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit dapat dilihat pada tabel 4.7, sebagai berikut :

Tabel 4.7 Analisa friksi pada pasir dan pasir kelanauan dengan kecepatan putaran alat 2 mm/menit

No	Kecepatan putaran alat (mm/menit)	Kondisi benda uji (Interface)	Sudut friksi, ϕ' atau δ	Efisiensi $ef_{\phi} = \frac{\tan \delta}{\tan \phi} \times 100\%$	c & c_a
			($^{\circ}$)	(%)	(kPa)
1	2	Pasir - Pasir (kondisi 1)	33,58	100	0
2	2	Pasir kelanauan - Pasir kelanauan (kondisi 1)	27,79	100	15,3
3	2	Pasir - Geotekstil <i>woven</i> [silt tape] (kondisi 2)	22,31	61,81	1,07
4	2	Pasir kelanauan - Geotekstil <i>woven</i> [silt tape] (kondisi 2)	17,42	59,54	1,50
5	2	Pasir - Geotekstil <i>non woven</i> [needle punched] (kondisi 3)	23,48	65,43	2,57
6	2	Pasir kelanauan - Geo <i>non woven</i> [needle punched] (kondisi 3)	19,50	67,19	7,72

Berikut perbandingan hasil uji yang telah dilakukan dengan kondisi sampel uji pada kecepatan putaran alat 2 mm/menit telah ditabelkan:

Tabel 4.8 Perbandingan hasil uji pada sampel pasir dengan kecepatan putaran alat 2 mm/menit

TIPE	Penelitian oleh koerner		Penelitian yang dilakukan (Kec = 2 mm/menit)	
	Concrete sand ($\phi = 30$ deg)		Concrete sand ($\phi = 33.58$ deg)	
	δ (deg)	$ef_{\phi} = \frac{\tan \delta}{\tan \phi} \times 100\%$	δ (deg)	$ef_{\phi} = \frac{\tan \delta}{\tan \phi} \times 100\%$
Woven, Silt film	24	77%	22.31	62%
Non woven, needle punched	30	100%	23.48	65%

Tabel 4.9 Perbandingan hasil uji pada sampel pasir kelanauan dengan kecepatan putaran alat 2 mm/menit

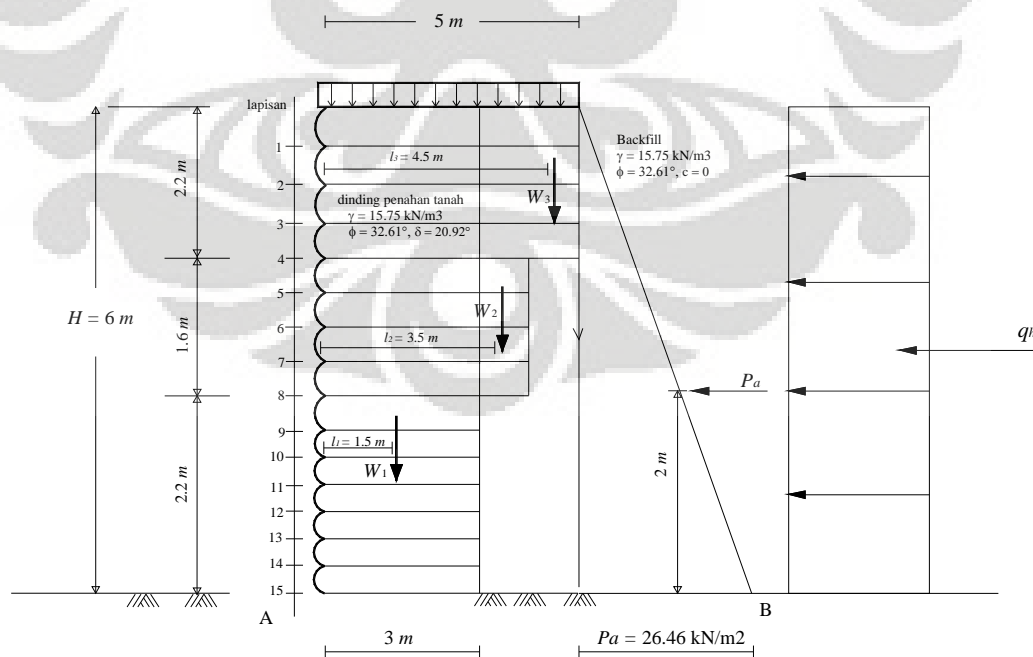
TIPE	Penelitian oleh koerner		Penelitian yang dilakukan (Kec = 2 mm/menit)	
	Silty sand ($\phi = 30$ deg)		Silty sand ($\phi = 27.79$ deg)	
	δ (deg)	$ef_{\phi} = \frac{\tan \delta}{\tan \phi} \times 100\%$	δ (deg)	$ef_{\phi} = \frac{\tan \delta}{\tan \phi} \times 100\%$
Woven, Silt film	23	87%	17.42	60%
Non woven, needle punched	25	96%	19.50	67%

Dari tabel 4.8 dan tabel 4.9, disini sampel pasir dan pasir kelanauan dengan berbagai kondisi friksi diberikan kecepatan putaran alat 2 mm/menit. Pengaruh yang terjadi pada sudut friksi adalah masing-masing sampel dengan berbagai tipe kondisi mengalami kenaikan sudut friksi dibandingkan dengan sampel uji pada kecepatan putaran alat 1mm/menit. Namun perilaku masing-masing sampel uji hampir dijumpai sama dimana kenaikan sudut friksi pada pasir terhadap geotekstil tidak begitu besar, yang disebabkan oleh adanya pemberian kadar air, dimana pasir lebih mudah mengalirkan air.

4.8 APLIKASI STUDI FRIKSI PADA PENGGUNAAN GEOTEKSTIL DENGAN TANAH

4.8.1 Pada Tanah Pasir

Dinding Penahan tanah dengan perkuatan geotekstil. Dinding penahan tanah ini diisi oleh backfilled dengan tanah pasir, dengan $\gamma = 15.75 \text{ kN/m}^3$ dan $\phi = 32,61^\circ$. Geotekstil *woven silt film* dengan (*machine direction*) mempunyai *ultimate wide-width strength* 50 kN/m, dengan sudut friksi antara tanah pasir dengan $\delta = 20,92^\circ$. Penggunaan geotekstil tegak lurus dengan permukaan dinding.



Gambar 4.41. Gambar detail lapisan geotekstil pada kasus pasir

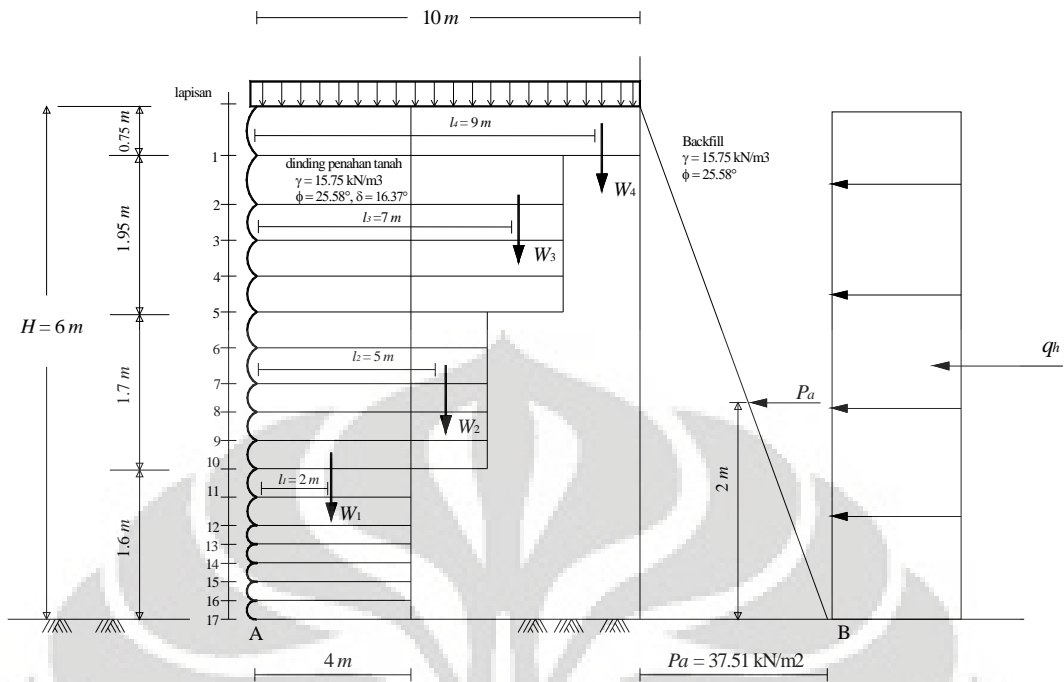
Berikut detail lapisan yang dibutuhkan pada pasir dengan $\phi = 32,61^\circ$:

Tabel 4.10. Detail jumlah lapisan geotekstil pada pasir

layer no	Kedalaman (z) m	Spacing (h) m	Le m	Le (min) m	LR m	L (cal) m	L (saran) m	L (hitung) OK (m)
1	0.6	0.6	0.67	1	2.95	3.95	4	5
2	1.2	0.6	0.50	1	2.63	3.63		
3	1.8	0.6	0.44	1	2.30	3.30		
4	2.2	0.4	0.28	1	2.08	3.08		
5	2.6	0.4	0.27	1	1.86	2.86	3	4
6	3	0.4	0.26	1	1.64	2.64		
7	3.4	0.4	0.26	1	1.42	2.42		
8	3.8	0.4	0.25	1	1.20	2.20		
9	4.2	0.4	0.25	1	0.98	1.98	2	3
10	4.5	0.3	0.19	1	0.82	1.82		
11	4.8	0.3	0.18	1	0.66	1.66		
12	5.1	0.3	0.18	1	0.49	1.49		
13	5.4	0.3	0.18	1	0.33	1.33		
14	5.7	0.3	0.18	1	0.16	1.16		
15	6	0.3	0.18	1	0.00	1.00		

4.8.2 Pada Tanah Pasir kelanauan

Dinding Penahan tanah dengan perkuatan geotekstil. Dinding penahan tanah ini diisi oleh backfilled dengan tanah pasir kelanauan, dengan $\gamma = 15.75 \text{ kN/m}^3$ dan $\phi = 25.58^\circ$. Geotekstil *woven silt film* dengan (*machine direction*) mempunyai *ultimate wide-width strength* 50 kN/m, dengan sudut friksi antara tanah pasir dengan $\delta = 16,37^\circ$. Penggunaan geotekstil tegak lurus dengan permukaan dinding.



Gambar 4.42. Gambar detail lapisan geotekstil pada kasus pasir kelanauan

Berikut detail lapisan yang dibutuhkan pada pasir kelanauan dengan $\phi = 25,58^\circ$:

Tabel 4.11. Detail jumlah lapisan geotekstil pada pasir kelanauan

layer no	Depth (z) m	Spacing (h) m	Le m	Le (min) m	LR m	L (cal) m	L (saran) m	L (hitung) OK (m)
1	0.75	0.75	1.11	1.2	3.31	4.51	5	10
2	1.5	0.75	0.82	1	2.84	3.84	4	8
3	1.9	0.4	0.40	1	2.58	3.58		
4	2.3	0.4	0.38	1	2.33	3.33		
5	2.7	0.4	0.37	1	2.08	3.08		
6	3.1	0.4	0.35	1	1.83	2.83	3	6
7	3.5	0.4	0.35	1	1.58	2.58		
8	3.8	0.3	0.26	1	1.39	2.39		
9	4.1	0.3	0.25	1	1.20	2.20		
10	4.4	0.3	0.25	1	1.01	2.01		
11	4.7	0.3	0.25	1	0.82	1.82	2	4
12	5	0.3	0.24	1	0.63	1.63		
13	5.2	0.2	0.16	1	0.50	1.50		
14	5.4	0.2	0.16	1	0.38	1.38		
15	5.6	0.2	0.16	1	0.25	1.25		
16	5.8	0.2	0.16	1	0.13	1.13		
17	6	0.2	0.16	1	0.00	1.00		

Rangkuman Aplikasi pada geotekstil (pasir dan pasir kelanauan)

Pada permasalahan kedua jenis pasir maka diperlukan jumlah geotekstil sebanyak:

Tabel 4.12. Rangkuman spesifikasi geotekstil yang dibutuhkan

	design	Jenis tanah		Keterangan
		Pasir $\phi = 32.61^\circ$; $\delta = 20.92^\circ$	Pasir kelanauan $\phi = 25,58^\circ$; $\delta = 16.37^\circ$	
		kebutuhan	kebutuhan	
1	lapisan geotekstil <i>woven</i>	15	17	Lapis
2	Panjang geotekstil yang dibutuhkan (maksimum)	5	10	meter
3	Check sliding	$1.745 > 1.5$	$1.676 > 1.5$	OK

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian friksi antara geotekstil *woven* dan geotekstil *non woven* terhadap sampel pasir dan pasir kelanauan dengan alat uji geser langsung, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Untuk sudut friksi yang terjadi, didapatkan dalam pengujian bahwa sudut friksi yang paling minimum terjadi pada pergeseran antara pasir kelanauan dengan permukaan geotekstil *woven* dimana jenis geotekstil ini mempunyai permukaan yang halus dan licin. Sedangkan sudut friksi maksimum terjadi antara pasir dengan geotekstil *non woven*, yang mana jenis geotekstil ini memiliki permukaan yang kasar.
2. Dengan kecepatan standard 1 mm/menit, sudut friksi yang paling besar terjadi pada *interface* pasir – geotekstil *non woven* sekitar 22°. Pada *interface* pasir – geotekstil *woven* didapatkan sudut friksi sekitar 21°. Kemudian, sudut friksi pada *interface* pasir kelanauan – geotekstil *non woven* didapatkan sekitar 18°. Sedangkan sudut friksi yang paling kecil terjadi pada *interface* pasir kelanauan – geotekstil *woven* yang didapatkan sekitar 16°. Maka dapat diketahui nilai sudut friksi pada masing – masing *interface* dengan kecepatan 1 mm/menit berada pada range 16° hingga 22°.
3. Untuk kecepatan 2 mm/menit, sudut friksi yang paling besar juga terjadi pada *interface* pasir – geotekstil *non woven* sekitar 24°. Pada *interface* pasir – geotekstil *woven* didapatkan sudut friksi sekitar 22°. Kemudian, sudut friksi pada *interface* pasir kelanauan – geotekstil *non woven* didapatkan sekitar 20°. Dan untuk sudut friksi yang paling kecil juga terjadi pada *interface* pasir kelanauan – geotekstil *woven* didapatkan sekitar 17°. Disini juga dapat diketahui nilai sudut friksi pada masing – masing *interface* dengan kecepatan 2 mm/menit tidak jauh berbeda dengan kecepatan 1 mm/menit yaitu berada pada range 17° hingga 24°.
4. Dari hasil uji yang dilakukan dapat diketahui bahwa nilai tegangan geser yang besar terjadi pada kecepatan yang lebih besar yaitu kecepatan 2

mm/menit, dibandingkan dengan kecepatan 1 mm/menit dimana tegangan geser yang didapatkan lebih kecil pada material uji pasir maupun pasir kelanauan.

5. Nilai efisiensi sudut friksi yang didapatkan pada kecepatan standard 1 mm/menit yaitu pada *interface* pasir – geotekstil *woven* didapatkan nilai efisiensi sebesar 60%. Pada *interface* pasir kelanauan – geotekstil *woven* didapatkan nilai efisiensi sebesar 61%. Untuk *interface* pasir – geotekstil *non woven* didapatkan nilai efisiensi sebesar 63% sedangkan pada *interface* pasir kelanauan – geotekstil *non woven* didapatkan nilai efisiensi sebesar 66%. Maka dapat diketahui nilai efisiensi sudut friksi yang terjadi pada kecepatan alat 1 mm/menit berada pada range 60% hingga 66% ($< 70\%$).
6. Nilai efisiensi sudut friksi dengan kecepatan 2 mm/menit yaitu pada *interface* pasir – geotekstil *woven* didapatkan nilai efisiensi sebesar 62%. Pada *interface* pasir kelanauan – geotekstil *woven* didapatkan nilai efisiensi sebesar 60%. Untuk *interface* pasir – geotekstil *non woven* didapatkan nilai efisiensi sebesar 65% sedangkan pada *interface* pasir kelanauan – geotekstil *non woven* didapatkan nilai efisiensi sebesar 67%. Disini juga dapat diketahui bahwa nilai efisiensi sudut friksi pada penggunaan kecepatan 2 mm/menit tidak jauh berbeda dengan nilai efisiensi sudut friksi pada kecepatan 1 mm/menit yaitu berada pada range 60% hingga 67% ($< 70\%$).

5.1 SARAN

Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengujian friksi antara pasir dan geotekstil dengan uji geser langsung antara lain:

1. Pada saat pembuatan gypsum sebagai alas yang padat untuk menahan geotekstil harus dibuat rata.
2. Untuk merekatkan geotekstil yang rata dan harus benar-benar tertempel kuat (direkat) pada pelat uji geser langsung dan gypsum dengan bantuan tambahan bahan alat, seperti : kayu dan lem (*doubletape*), serta clip (sebagai clamp atau penahan). Oleh karena itu diperlukan tambahan alat berupa penjepit untuk geotekstil pada *shearbox* agar penelitian berjalan efektif.

3. Untuk mendapatkan efisiensi friksi yang lebih besar, ada baiknya penelitian juga dicoba dengan jenis geotekstil lain (berbeda) yang telah ada di pasaran saat ini.
4. Menambah jumlah penelitian serupa agar dapat diambil kesimpulan yang lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- American Society for testing and material, Annual book of ASTM D3080, Philadelphia, 1996
- American Society for testing and material, Annual book of ASTM D5321 - 92, Philadelphia, 1996
- Bowles, Joseph E. *Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah*. Edisi Kedua. Trans. Johan K. Hainim. Jakarta: Erlangga. 1986
- Craig, R.F. *Mekanika Tanah. Edisi Keempat. Trans.* Budi Susilo S. Jakarta: Erlangga. 1994
- Das, B. M. *Mekanika tanah. Jilid 1. Trans.* Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Surabaya. 1988
- Das, B. M. *Mekanika tanah, Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis. Jilid 2. Trans.* Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Surabaya. 1995
- Koerner, Robert M. *Designing with Geosynthetics*. New Jersey: Prentice-Hall Inc. 1994
- Laboratorium Mektan, *Panduan Praktikum Mekanika tanah*, Jurusan Teknik Sipil DTSP-UI, 2003
- Mirza, Rio. Endrayana. *Pengaruh Geotekstil terhadap kuat geser pada tanah lempung lunak dengan uji triaksial terkonsolidasi tak terdrainasi*. Skripsi. Depok. 2008

Murthy, V.N.S. *Geotechnical Engineering, Principles and practices of soil mechanics and foundation Engineering*. Marcel Dekker, Inc. 2003.

PT. Globalindo Buana (Geoforce)

Suhendro, Bambang. *Perilaku dan Mobilisasi Friksi Interface – Geotekstil Niranyam pada alat uji geser langsung konvensional*. KOGEI-VI & PIT-VII HATTI. Jakarta, 2003

Terzaghi, K. Peck, R. B, “Soil Mechanics in Engineering Practice”, University of Illinois, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1993.

Tjandrawibawa, S. *Pemodelan Pondasi Dangkal dengan menggunakan tiga lapis geotekstil di atas tanah liat lunak*. Universitas Kristen Petra. <http://puslit.petra.ac.id/journals/civil/>. Surabaya, 2001.

www.google.com/search/geotextile-soil-interface/sharma

www.google.com/search/geotextile

www.geoforce.com

LAMPIRAN



**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH**

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

SPECIFIC GRAVITY (Gs)

Proyek = Pasir Kelanauan

Lokasi proyek = Lab. Mektan FT-UI

Deskripsi tanah = Pasir Cimangkok

Tanggal Pengujian = 01 Desember 2009

NO. TES	Unit	1	2
Vol. piknometer pada 20°C	(mL)	500	500
Metode <i>air removal</i> ¹		dididihkan	dididihkan
Berat piknometer + air + tanah = W_{bws}	(gr)	720.38	719.19
Temperatur pada saat pengujian, °C		29	29
Berat piknometer + air ² = W_{bw}	(gr)	656.42	655.20
No. <i>evaporate dish</i>		1	5
Berat <i>evaporate dish</i> + tanah kering	(gr)	448.74	480.73
Berat <i>evaporate dish</i>	(gr)	348.74	387.06
Berat tanah kering = W_s	(gr)	100	100.01
$W_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$	(gr)	36.04	36.02
Nilai α pada temperatur pengujian		0.99598	0.99598
$G_s = \alpha W_s / W_w$		2.764	2.765
Rata-rata (Gs)		2.764	

Catatan :

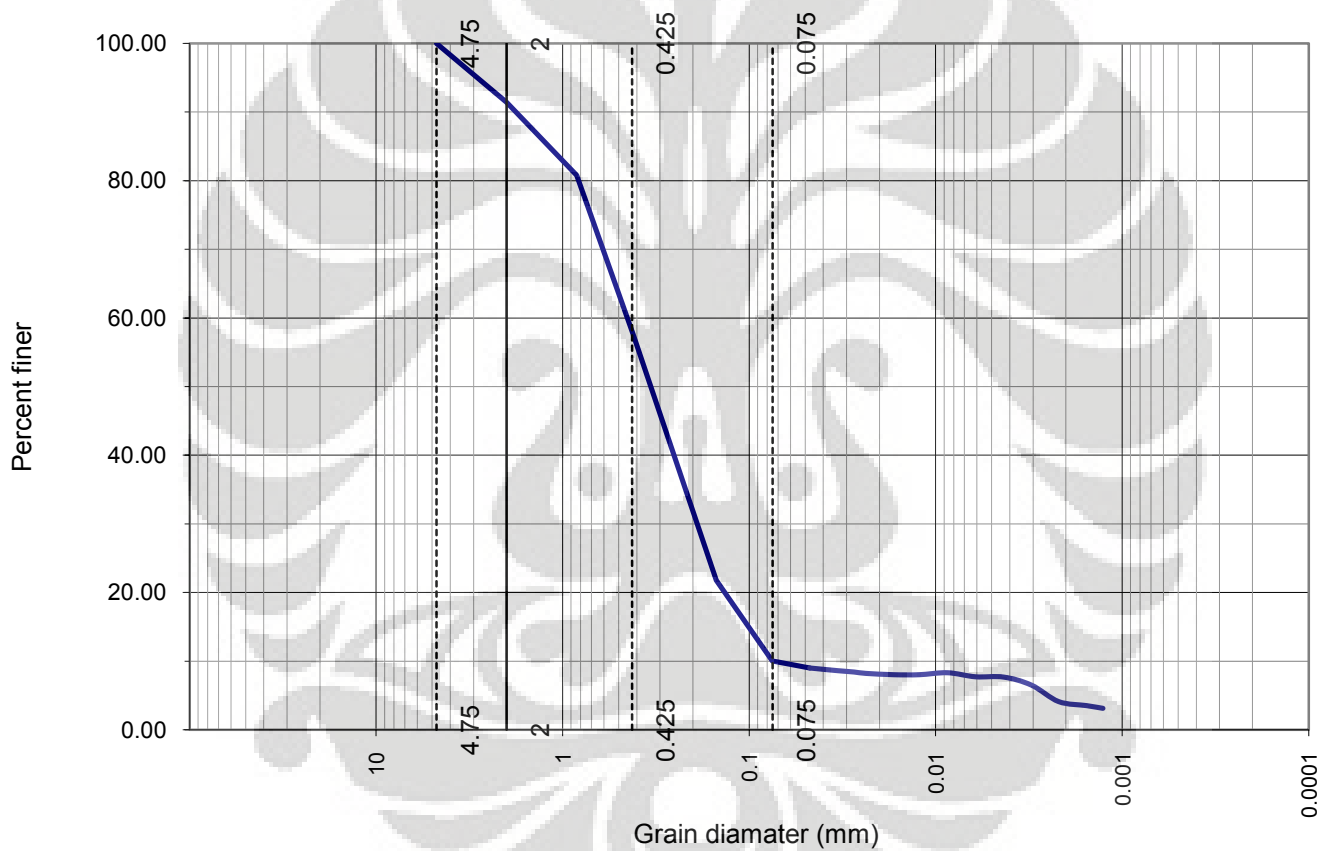


GRAIN SIZE DISTRIBUTION

PROJECT PENGUJIAN PASIR KELEMPUNGAN		DEPTH OF SAMPLE - m
LOCATION KAMPUS U.I. - DEPOK		DATE OF TESTING 04/12/09
BOREHOLE NO. 0	SAMPLE NO. 0	TESTED BY LIRIA

PROJECT NUMBER: 20091204

<< Gravel	Sand	Silt	Clay >>
-----------	------	------	---------



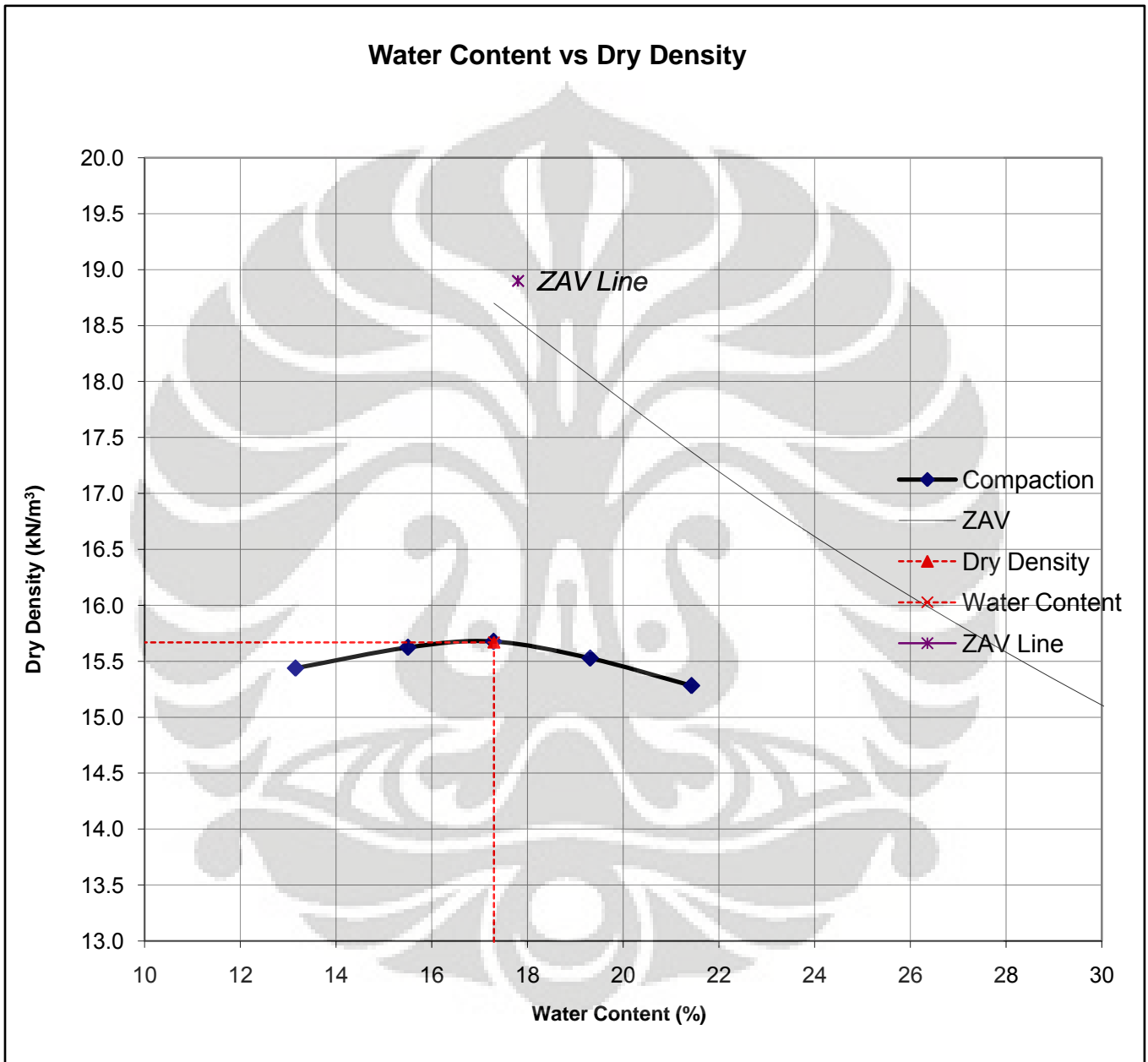
Composition	
Sand	89 %
Silt	7 %
Clay	4 %

Visual Soil Description	SILTY SAND
Soil Classification	UNIFIED SOIL CLASSIFICATION



STANDARD COMPACTION TEST

PROJECT Skripsi		DATE OF TESTING 02/12/09
LOCATION LAB MEKTAN FT UI	SAMPLE SILTY SAND	TESTED BY LIRIA
PROJECT NUMBER: 20091202 PENELITIAN		



MAXIMUM DRY DENSITY ($\gamma_{dry,max}$)	15.67 kN/m ³
OPTIMUM WATER CONTENT (w_{opt})	17.3 %
SPECIFIC GRAVITY (Gs)	2.764

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH**

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

Relative Density Test (Meja Getar)

Proyek = Pasir Kelanauan

Lokasi proyek = Lab. Mektan FT-UI

Deskripsi tanah = Pasir Cimangkok

Tanggal Pengujian = 01 Desember 2009

Jenis Percobaan	Unit	Min Dry density	Max Dry density
Tinggi Mold	(cm)	16.12	16.12
Diameter Mold	(cm)	15.2	15.2
Berat Mold + Sample	(gr)	12410	12408
Berat Mold	(gr)	8738	8738
Berat Sample	(gr)	3672	3670
Tinggi Sample	(cm)	16.12	12.744
Volume sample	(cm ³)	2926.29	2313.44
Dry density	(gr/cm ³)	1.255	1.586

Catatan :

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

BERAT KERING SAMPEL UJI TANPA GEOTEKSTIL (Kondisi 1)

Pasir 100%, 1mm/min

Volume = 56.55 cm³

Pasir 100%, 2mm/min

56.55 cm³

Water content determination

benda uji	1	2	3		1	2	3
Moisture can no	A	D	C		B	C	D
Wt. of can + wet soil	107.25	122.98	117.92		118.64	119.05	118.72
Wt. of can + dry soil	94.53	108.48	103.68		104.27	104.78	104.87
Wt. of water	12.72	14.5	14.24		14.37	14.27	13.85
Wt. of can	18.55	22	18.83		19.29	18.83	22
Wt. of dry soil	75.98	86.48	84.85		84.98	85.95	82.87
Water content, w%	16.74	16.77	16.78		16.91	16.60	16.71
Kadar air rata2	16.76				16.74		
Density determination							
Assumed water content	17	17	17		17	17	17
water content	0.1674	0.1677	0.1678		0.169	0.166	0.167
wt of soil+mold	5548	5548	5548		5548	5548	5548
wt of mold	5444	5444	5444		5444	5444	5444
wt of soil in mold	104	104	104		104	104	104
wet density, gr/cm3	1.84	1.84	1.84		1.84	1.84	1.84
dry density, gr/cm3	1.575	1.575	1.575		1.573	1.577	1.576
Berat kering rata-rata	1.575				1.575		

Pasir 85%, 1mm/min

Volume = 56.55 cm³

Pasir 85%, 2mm/min

56.55 cm³

Water content determination

benda uji	1	2	3		1	2	3
Moisture can no	H	I	F		I	J	E
Wt. of can + wet soil	116.27	111.72	118.73		118.35	118.84	118.68
Wt. of can + dry soil	102.34	98.34	104.53		104.1	104.59	104.45
Wt. of water	13.93	13.38	14.2		14.25	14.25	14.23
Wt. of can	19.7	18.45	19.62		18.45	19.78	19.34
Wt. of dry soil	82.64	79.89	84.91		85.65	84.81	85.11
Water content, w%	16.86	16.75	16.72		16.64	16.80	16.72
Kadar air rata2	16.776				16.720		
Density determination							
Assumed water content	17	17	17		17	17	17
water content	0.169	0.167	0.167		0.166	0.168	0.167
wt of soil+mold	5548	5548	5548		5548	5548	5548
wt of mold	5444	5444	5444		5444	5444	5444
wt of soil in mold	104	104	104		104	104	104
wet density, gr/cm3	1.84	1.84	1.84		1.84	1.84	1.84
dry density, gr/cm3	1.574	1.575	1.576		1.577	1.575	1.576
Berat kering rata-rata	1.575				1.576		

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA

LABORATORIUM MEKANIKATANAH

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

BERAT KERING SAMPEL UJI DENGAN GEOTEKSTIL WOVEN (Kondisi 2)

Pasir 100%+W, 1mm/min

Volume = 28.27 cm³

Pasir 100%+W, 2mm/min

28.27 cm³

Water content determination

benda uji	1	2	3		1	2	3
Moisture can no	K	A	C		M	O	N
Wt. of can + wet soil	71.39	69.87	68.5		71.06	73.14	70.49
Wt. of can + dry soil	64.09	62.45	61.35		63.67	65.78	63.18
Wt. of water	7.3	7.42	7.15		7.39	7.36	7.31
Wt. of can	20.77	18.55	18.83		19.57	21.67	19.51
Wt. of dry soil	43.32	43.9	42.52		44.1	44.11	43.67
Water content, w%	16.85	16.90	16.82		16.76	16.69	16.74
Kadar air rata2	16.86				16.73		
Density determination							
Assumed water content	17	17	17		17	17	17
water content	0.1685	0.1690	0.1682		0.168	0.167	0.167
wt of soil+mold	5414	5414	5414		5414	5414	5414
wt of mold	5362	5362	5362		5362	5362	5362
wt of soil in mold	52	52	52		52	52	52
wet density, gr/cm3	1.84	1.84	1.84		1.84	1.84	1.84
dry density, gr/cm3	1.574	1.573	1.575		1.575	1.576	1.576
Berat kering rata-rata	1.574				1.576		

Pasir 85%+W, 1mm/min

Volume = 28.27 cm³

Pasir 85%+W, 2mm/min

28.27 cm³

Water content determination

benda uji	1	2	3		1	2	3
Moisture can no	A	C	K		M	N	O
Wt. of can + wet soil	70.1	70.39	72.61		71.55	71.36	73.44
Wt. of can + dry soil	62.81	62.79	65.02		63.91	63.92	66.01
Wt. of water	7.29	7.6	7.59		7.64	7.44	7.43
Wt. of can	19.7	18.45	19.78		20.77	18.55	19.29
Wt. of dry soil	43.11	44.34	45.24		43.14	45.37	46.72
Water content, w%	16.91	17.14	16.78		17.71	16.40	15.90
Kadar air rata2	16.94				16.671		
Density determination							
Assumed water content	17	17	17		17	17	17
water content	0.169	0.171	0.168		0.177	0.164	0.159
wt of soil+mold	5414	5414	5414		5414	5414	5414
wt of mold	5362	5362	5362		5362	5362	5362
wt of soil in mold	52	52	52		52	52	52
wet density, gr/cm3	1.84	1.84	1.84		1.84	1.84	1.84
dry density, gr/cm3	1.573	1.570	1.575		1.563	1.580	1.587
Berat kering rata-rata	1.573				1.577		

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA

LABORATORIUM MEKANIKATANAH

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

BERAT KERING SAMPEL UJI DENGAN GEOTEKSTIL NON WOVEN (Kondisi 3)

Pasir 100%+NW, 1mm/min

Volume = 28.27 cm³

Pasir 100%+NW, 2mm/min

28.27 cm³

Water content determination

benda uji	1	2	3		1	2	3
Moisture can no	C	A	K		B	D	P
Wt. of can + wet soil	69.9	69.8	71.8		70.66	73.25	70.53
Wt. of can + dry soil	62.54	62.46	64.54		63.29	65.83	63.35
Wt. of water	7.36	7.34	7.26		7.37	7.42	7.18
Wt. of can	18.83	18.55	20.77		19.28	22.03	19.31
Wt. of dry soil	43.71	43.91	43.77		44.01	43.8	44.04
Water content, w%	16.84	16.72	16.59		16.75	16.94	16.30
Kadar air rata2	16.71				16.66		
Density determination							
Assumed water content	17	17	17		17	17	17
water content	0.1684	0.1672	0.1659		0.167	0.169	0.163
wt of soil+mold	5416	5416	5416		5416	5416	5416
wt of mold	5364	5364	5364		5364	5364	5364
wt of soil in mold	52	52	52		52	52	52
wet density, gr/cm3	1.84	1.84	1.84		1.84	1.84	1.84
dry density, gr/cm3	1.574	1.576	1.578		1.576	1.573	1.582
Berat kering rata-rata	1.576				1.577		

Pasir 85%+NW, 1mm/min

Volume = 28.27 cm³

Pasir 85%+NW, 2mm/min

28.27 cm³

Water content determination

benda uji	1	2	3		1	2	3
Moisture can no	N	M	O		M	O	G
Wt. of can + wet soil	71.18	71.3	73.71		71.25	73.34	71.28
Wt. of can + dry soil	63.36	63.59	66.05		63.89	65.96	63.87
Wt. of water	7.82	7.71	7.66		7.36	7.38	7.41
Wt. of can	19.7	18.45	19.78		19.57	21.67	19.29
Wt. of dry soil	43.66	45.14	46.27		44.32	44.29	44.58
Water content, w%	17.91	17.08	16.56		16.61	16.66	16.62
Kadar air rata2	17.182				16.630		
Density determination							
Assumed water content	17	17	17		17	17	17
water content	0.179	0.171	0.166		0.166	0.167	0.166
wt of soil+mold	5416	5416	5416		5416	5416	5416
wt of mold	5364	5364	5364		5364	5364	5364
wt of soil in mold	52	52	52		52	52	52
wet density, gr/cm3	1.84	1.84	1.84		1.84	1.84	1.84
dry density, gr/cm3	1.560	1.571	1.578		1.577	1.577	1.577
Berat kering rata-rata	1.570				1.577		

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH**

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

DIRECT SHEAR TEST

Penelitian = Skripsi

Tanggal Pengujian = 05 Desember 2009

Lokasi pengujian = Lab. Mektan FT-UI

Kadar Air (w_{opt}) = 17%

Deskripsi tanah = Pasir (Kondisi No geo)

Kec = 1mm/min

Luas contoh 28.274 cm²

Deformation dial reading (x10 ⁻³)	Kondisi Beban Normal					
	$\sigma_n = 80 \text{ kPa}$		$\sigma_n = 240 \text{ kPa}$		$\sigma_n = 400 \text{ kPa}$	
	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)
0		0		0		0
25	17	21.89	56	72.09	58	74.67
50	22	28.32	71	91.41	91	117.15
75	26	33.47	88	113.29	120	154.49
100	28	36.05	104	133.89	142	182.81
125	30	38.62	115	148.05	164	211.13
150	31	39.91	121	155.78	180	231.73
175	31	39.91	123	158.35	190	244.61
200	31	39.91	123.5	158.99	190	244.61
225	30.5	39.27	123.5	158.99	189	243.32
250	27	34.76	123.5	158.99	186	239.46
275			123	158.35		
300			120	154.49		
325						
350						
375						
400						
425						
450						
475						
500						
525						
550						
575						
600						
625						
650						
675						
700						
725						
750						
775						
800						

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH**

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

DIRECT SHEAR TEST

Penelitian = Skripsi

Tanggal Pengujian = 05 Desember 2009

Lokasi pengujian = Lab. Mektan FT-UI

Kadar Air (w_{opt}) = 17%

Deskripsi tanah = Pasir (Kondisi No geo)

Kec = 2mm/min

Luas contoh 28.274 cm²

Deformation dial reading (x10 ⁻³)	Kondisi Beban Normal					
	$\sigma_n = 80 \text{ kPa}$		$\sigma_n = 240 \text{ kPa}$		$\sigma_n = 400 \text{ kPa}$	
	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)
0		0		0		0
25	22	28.32	40	51.50	64	82.39
50	34	43.77	65	83.68	97	124.88
75	40	51.50	83	106.85	121	155.78
100	43	55.36	96	123.59	141	181.52
125	44	56.65	110	141.61	158	203.41
150	44	56.65	117	150.63	181	233.02
175	44	56.65	128	164.79	199	256.19
200	44	56.65	128	164.79	208	267.78
225	42	54.07	127	163.50	209	269.07
250					209	269.07
275					209	269.07
300					209	269.07
325					204	262.63
350						
375						
400						
425						
450						
475						
500						
525						
550						
575						
600						
625						
650						
675						
700						
725						
750						
775						
800						

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

DIRECT SHEAR TEST

Penelitian = Skripsi

Tanggal Pengujian = 10 Desember 2009

Lokasi pengujian = Lab. Mektan FT-UI

Kadar Air (w_{opt}) = 17%

Deskripsi tanah = Pasir + geo woven

Kec = 1mm/min

Luas contoh 28.274 cm²

Deformation dial reading (x10 ⁻³)	Kondisi Beban Normal					
	$\sigma_n = 80$ kPa		$\sigma_n = 240$ kPa		$\sigma_n = 400$ kPa	
	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)
0		0		0		0
25	14	18.02	33	42.48	59	75.96
50	19	24.46	58.5	75.31	87	112.00
75	21	27.04	61.5	79.18	92	118.44
100	22	28.32	63	81.11	99	127.45
125	22.5	28.97	64	82.39	103	132.60
150	23	29.61	64	82.39	105	135.18
175	23	29.61	64.5	83.04	109	140.33
200	23	29.61	66	84.97	111	142.90
225	23	29.61	67	86.26	112	144.19
250	22.5	28.97	68	87.54	113	145.48
275	22.5	28.97	70	90.12	113	145.48
300			71	91.41	113	145.48
325			72	92.69	114	146.76
350			72	92.69	116	149.34
375			72	92.69	116	149.34
400			73	93.98	116.5	149.98
425			74	95.27	117.5	151.27
450			74	95.27	118	151.91
475			74	95.27	117	150.63
500			73	93.98	117	150.63
525			73	93.98	117	150.63
550			73	93.98	117	150.63
575					117	150.63
600						
625						
650						
675						
700						
725						
750						
775						
800						

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH**

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

DIRECT SHEAR TEST

Penelitian = Skripsi

Tanggal Pengujian = 10 Desember 2009

Lokasi pengujian = Lab. Mektan FT-UI

Kadar Air (w_{opt}) = 17%

Deskripsi tanah = Pasir + geo woven

Kec = 2mm/min

Luas contoh 28.274 cm²

Deformation dial reading (x10 ⁻³)	Kondisi Beban Normal					
	$\sigma_n = 80 \text{ kPa}$		$\sigma_n = 240 \text{ kPa}$		$\sigma_n = 400 \text{ kPa}$	
	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)
0		0		0		0
25	17	21.89	37	47.63	69	88.83
50	21	27.04	59	75.96	90	115.87
75	22	28.32	69.5	89.47	101	130.03
100	22.5	28.97	69.5	89.47	102	131.31
125	23	29.61	73	93.98	103	132.60
150	24	30.90	75.0	96.56	103	132.60
175	25	32.19	76.5	98.49	108	139.04
200	25	32.19	78	100.42	113	145.48
225	26	33.47	78	100.42	118	151.91
250	26	33.47	78	100.42	119	153.20
275	26	33.47	77	99.13	122	157.06
300	26	33.47	77	99.13	125	160.93
325	26	33.47	77	99.13	126	162.21
350	25	32.19			128	164.79
375					128	164.79
400					128	164.79
425					128	164.79
450					127.5	164.14
475					127.5	164.14
500						
525						
550						
575						
600						
625						
650						
675						
700						
725						
750						
775						
800						

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH**

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

DIRECT SHEAR TEST

Penelitian = Skripsi

Tanggal Pengujian = 12 Desember 2009

Lokasi pengujian = Lab. Mektan FT-UI

Kadar Air (w_{opt}) = 17%

Deskripsi tanah = Pasir + geo non-woven

Kec = 1mm/min

Luas contoh 28.274 cm²

Deformation dial reading (x10 ⁻³)	Kondisi Beban Normal					
	$\sigma_n = 80$ kPa		$\sigma_n = 240$ kPa		$\sigma_n = 400$ kPa	
	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)
0		0		0		0
25	9	11.59	27	34.76	45	57.93
50	13	16.74	51	65.66	57	73.38
75	15.5	19.95	63	81.11	66	84.97
100	17	21.89	66	84.97	73.5	94.62
125	19	24.46	70.5	90.76	78.5	101.06
150	21	27.04	74	95.27	83	106.85
175	22	28.32	76.5	98.49	88	113.29
200	23	29.61	78	100.42	93	119.73
225	24	30.90	79	101.70	97	124.88
250	24	30.90	79	101.70	101.5	130.67
275	24.5	31.54	79.5	102.35	105	135.18
300	25	32.19	80	102.99	108.5	139.68
325	25	32.19	81.5	104.92	112	144.19
350	25	32.19	82	105.57	114	146.76
375	25	32.19	82	105.57	117	150.63
400	25	32.19	82	105.57	120	154.49
425	25	32.19	82	105.57	122	157.06
450			81	104.28	124	159.64
475			81	104.28	124	159.64
500					125	160.93
525					125	160.93
550					125	160.93
575					125	160.93
600					124.5	160.28
625					124.5	160.28
650						
675						
700						
725						
750						
775						
800						

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH**

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

DIRECT SHEAR TEST

Penelitian = Skripsi

Tanggal Pengujian = 12 Desember 2009

Lokasi pengujian = Lab. Mektan FT-UI

Kadar Air (w_{opt}) = 17%

Deskripsi tanah = Pasir + geo non-woven

Kec = 2mm/min

Luas contoh 28.274 cm²

Deformation dial reading (x10 ⁻³)	Kondisi Beban Normal					
	$\sigma_n = 80$ kPa		$\sigma_n = 240$ kPa		$\sigma_n = 400$ kPa	
	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)
0		0		0		0
25	10	12.87	31	39.91	50	64.37
50	13	16.74	59	75.96	67	86.26
75	15.5	19.95	65	83.68	76	97.84
100	17	21.89	68.5	88.19	81.5	104.92
125	18.5	23.82	72	92.69	85	109.43
150	20	25.75	74	95.27	88.5	113.94
175	21	27.04	77	99.13	94	121.02
200	22	28.32	78.5	101.06	98.5	126.81
225	23	29.61	80	102.99	104	133.89
250	23.5	30.25	82	105.57	106	136.46
275	24	30.90	83	106.85	113	145.48
300	24.5	31.54	84.5	108.79	115	148.05
325	25.5	32.83	86	110.72	115	148.05
350	26	33.47	87	112.00	119	153.20
375	26	33.47	88	113.29	124	159.64
400	26	33.47	89	114.58	126	162.21
425	26	33.47	89	114.58	128	164.79
450	26	33.47	89	114.58	131	168.65
475	25	32.19	89	114.58	133	171.22
500			88	113.29	134	172.51
525			88	113.29	134	172.51
550					134	172.51
575					134	172.51
600					134	172.51
625					133	171.22
650						
675						
700						
725						
750						
775						
800						

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

DIRECT SHEAR TEST

Penelitian = Skripsi

Lokasi pengujian = Lab. Mektan FT-UI

Deskripsi = Pasir 85% + lanau 15%
(Kondisi No Geo)

Tanggal Pengujian = 06 Desember 2009

Kadar Air (w_{opt}) = 17%

Kec = 1mm/min

Luas contoh 28.274 cm²

Deformation dial reading (x10 ⁻³)	Kondisi Beban Normal					
	$\sigma_n = 80$ kPa		$\sigma_n = 240$ kPa		$\sigma_n = 400$ kPa	
	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)
0		0		0		0
25	15	19.31	52	66.94	66	84.97
50	23	29.61	71	91.41	92	118.44
75	28	36.05	90	115.87	114	146.76
100	31	39.91	111	142.90	130	167.36
125	32	41.20	118	151.91	141	181.52
150	32.5	41.84	118.5	152.56	149	191.82
175	32.5	41.84	118.5	152.56	151.5	195.04
200	32	41.20	118	151.91	151.5	195.04
225	32	41.20	114	146.76	151	194.40
250	32	41.20	110	141.61	148	190.54
275	30	38.62				
300						
325						
350						
375						
400						
425						
450						
475						
500						
525						
550						
575						
600						
625						
650						
675						
700						
725						
750						
775						
800						

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH**

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

DIRECT SHEAR TEST

Penelitian = Skripsi

Tanggal Pengujian = 06 Desember 2009

Lokasi pengujian = Lab. Mektan FT-UI

Kadar Air (w_{opt}) = 17%

**Deskripsi = Pasir 85% + lanau 15%
(Kondisi No Geo)**

Kec = 2mm/min

Luas contoh 28.274 cm²

Deformation dial reading (x10 ⁻³)	Kondisi Beban Normal					
	$\sigma_n = 80$ kPa		$\sigma_n = 240$ kPa		$\sigma_n = 400$ kPa	
	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)
0		0		0		0
25	21	27.04	55	70.81	84	108.14
50	28	36.05	75	96.56	112	144.19
75	31.5	40.55	97	124.88	130	167.36
100	33	42.48	118	151.91	145	186.67
125	35	45.06	126	162.21	159	204.70
150	36	46.35	127.5	164.14	165	212.42
175	36	46.35	127.5	164.14	167	215.00
200	35.5	45.70	127	163.50	167	215.00
225	33	42.48	122	157.06	167	215.00
250					165	212.42
275						
300						
325						
350						
375						
400						
425						
450						
475						
500						
525						
550						
575						
600						
625						
650						
675						
700						
725						
750						
775						
800						

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH**

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

DIRECT SHEAR TEST

Penelitian = Skripsi

Tanggal Pengujian = 12 Desember 2009

Lokasi pengujian = Lab. Mektan FT-UI

Kadar Air (w_{opt}) = 17%

**Deskripsi = Pasir 85% + lanau 15%
geo woven**

Kec = 1mm/min

Luas contoh 28.274 cm²

Deformation dial reading (x10 ⁻³)	Kondisi Beban Normal					
	$\sigma_n = 80$ kPa		$\sigma_n = 240$ kPa		$\sigma_n = 400$ kPa	
	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)
0		0		0		0
25	8	10.30	49	63.08	56	72.09
50	11	14.16	52	66.94	62	79.82
75	13.5	17.38	52	66.94	66	84.97
100	14.5	18.67	54	69.52	68	87.54
125	15	19.31	55	70.81	73	93.98
150	15.5	19.95	56	72.09	78	100.42
175	15.5	19.95	56	72.09	81	104.28
200	15.5	19.95	56	72.09	87	112.00
225	16	20.60	55.5	71.45	87	112.00
250	16	20.60	55	70.81	88	113.29
275	16	20.60	55	70.81	89	114.58
300	16	20.60			89	114.58
325	15.5	19.95			89	114.58
350	15.5	19.95			89	114.58
375					88	113.29
400					88	113.29
425						
450						
475						
500						
525						
550						
575						
600						
625						
650						
675						
700						
725						
750						
775						
800						

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH**

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

DIRECT SHEAR TEST

Penelitian = Skripsi

Tanggal Pengujian = 13 Desember 2009

Lokasi pengujian = Lab. Mektan FT-UI

Kadar Air (w_{opt}) = 17%

**Deskripsi = Pasir 85% + lanau 15%
geo woven**

Kec = 2mm/min

Luas contoh 28.274 cm²

Deformation dial reading (x10 ⁻³)	Kondisi Beban Normal					
	$\sigma_n = 80$ kPa		$\sigma_n = 240$ kPa		$\sigma_n = 400$ kPa	
	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)
0		0		0		0
25	13	16.74	54	69.52	66	84.97
50	15	19.31	57	73.38	70	90.12
75	16	20.60	61	78.53	72	92.69
100	17	21.89	64.5	83.04	76	97.84
125	17	21.89	66	84.97	78	100.42
150	17	21.89	67	86.26	81	104.28
175	17	21.89	68	87.54	82	105.57
200	17	21.89	68	87.54	86	110.72
225	17	21.89	68	87.54	92	118.44
250			67.5	86.90	95	122.30
275			67.5	86.90	95	122.30
300			67	86.26	95	122.30
325					95	122.30
350					94.5	121.66
375					94.5	121.66
400						
425						
450						
475						
500						
525						
550						
575						
600						
625						
650						
675						
700						
725						
750						
775						
800						

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH**

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

DIRECT SHEAR TEST

Penelitian = Skripsi

Tanggal Pengujian = 13 Desember 2009

Lokasi pengujian = Lab. Mektan FT-UI

Kadar Air (w_{opt}) = 17%

**Deskripsi = Pasir 85% + lanau 15%
geo non-woven**

Kec = 1mm/min

Luas contoh 28.274 cm²

Deformation dial reading (x10 ⁻³)	Kondisi Beban Normal					
	$\sigma_n = 80$ kPa		$\sigma_n = 240$ kPa		$\sigma_n = 400$ kPa	
	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)
0		0		0		0
25	10	12.87	38	48.92	38	48.92
50	13	16.74	47	60.51	58	74.67
75	15	19.31	54	69.52	71	91.41
100	17	21.89	59	75.96	79	101.70
125	18.5	23.82	63	81.11	86	110.72
150	18.5	23.82	66	84.97	89.5	115.22
175	19	24.46	68	87.54	92	118.44
200	19.5	25.10	70	90.12	93	119.73
225	20	25.75	71	91.41	94	121.02
250	21.5	27.68	72	92.69	95	122.30
275	21.5	27.68	73	93.98	95.5	122.95
300	22	28.32	73.5	94.62	96	123.59
325	22	28.32	74	95.27	96.5	124.23
350	22	28.32	74	95.27	97	124.88
375	22	28.32	74	95.27	97	124.88
400	22	28.32	74	95.27	98	126.17
425	22	28.32	74	95.27	100	128.74
450			74	95.27	101	130.03
475					101	130.03
500					101	130.03
525					101	130.03
550					101	130.03
575					100	128.74
600						
625						
650						
675						
700						
725						
750						
775						
800						

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH**

Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

DIRECT SHEAR TEST

Penelitian = Skripsi

Tanggal Pengujian = 14 Desember 2009

Lokasi pengujian = Lab. Mektan FT-UI

Kadar Air (w_{opt}) = 17%

**Deskripsi = Pasir 85% + lanau 15%
geo non-woven**

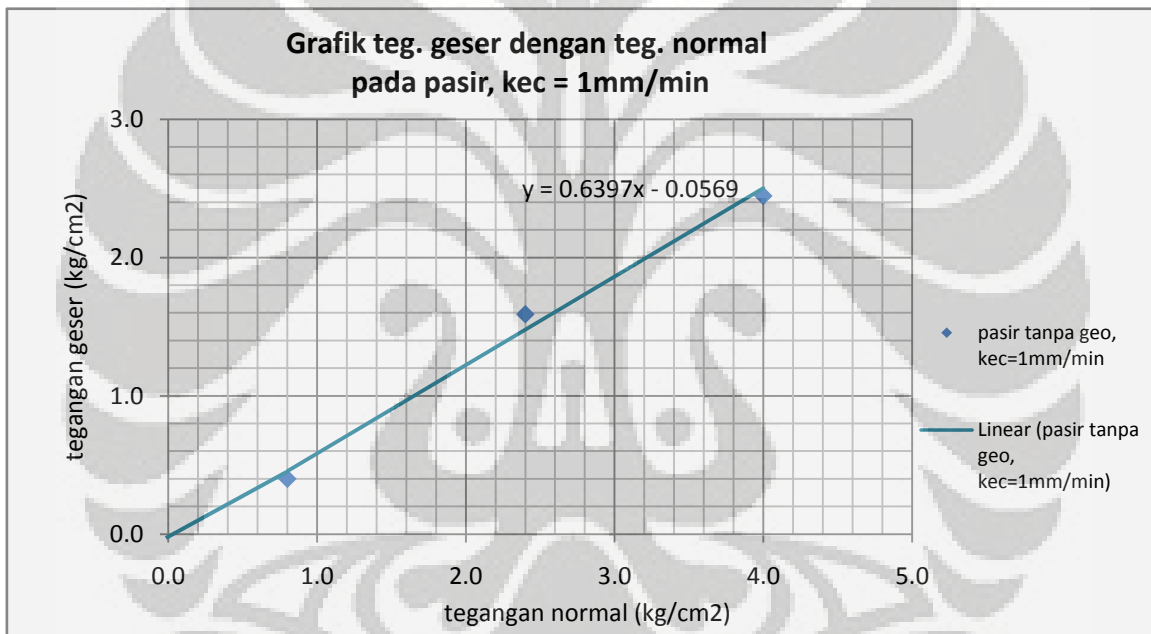
Kec = 2mm/min

Luas contoh 28.274 cm²

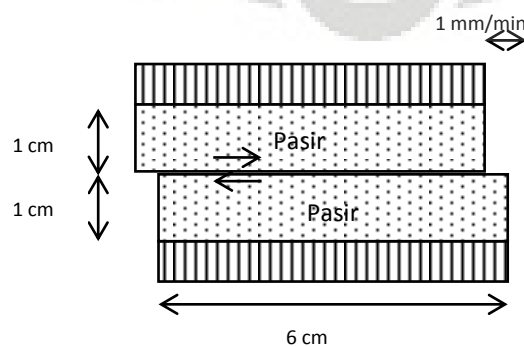
Deformation dial reading (x10 ⁻³)	Kondisi Beban Normal					
	$\sigma_n = 80$ kPa		$\sigma_n = 240$ kPa		$\sigma_n = 400$ kPa	
	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)	Load dial reading	τ (kPa)
0		0		0		0
25	10	12.87	42	54.07	62	79.82
50	13	16.74	48.5	62.44	75	96.56
75	16	20.60	53	68.23	83	106.85
100	17	21.89	58	74.67	89	114.58
125	19	24.46	61	78.53	94	121.02
150	20	25.75	65	83.68	97	124.88
175	21	27.04	66	84.97	100	128.74
200	22	28.32	68.5	88.19	103	132.60
225	22.5	28.97	72	92.69	105	135.18
250	23	29.61	75.5	97.20	107	137.75
275	23.5	30.25	77	99.13	108.5	139.68
300	24	30.90	78	100.42	110	141.61
325	24	30.90	79	101.70	110.5	142.26
350	24	30.90	80	102.99	111	142.90
375	24	30.90	80	102.99	111.5	143.55
400	24	30.90	80	102.99	112	144.19
425	23.5	30.25	80	102.99	112	144.19
450			80	102.99	112	144.19
475			80	102.99	112	144.19
500					112	144.19
525					111.5	143.55
550						
575						
600						
625						
650						
675						
700						
725						
750						
775						
800						

ANALISA UJI DIRECT SHEAR PADA PASIR
 dengan $w = 17\%$, kec. Putaran = 1mm/min

Deskripsi	Uji		
	1	2	3
Penampang Contoh (cm ²)	28.274	28.274	28.274
Tegangan Normal (kg/cm ²)	0.8	2.4	4.0
Max. Horizontal dial Reading	31.0	123.5	190.0
Max. Gaya geser (kg)	11.284	44.954	69.160
Max. Teg geser τ (kg/cm ²)	0.3991	1.5899	2.4461



Kohesi tampak (c) =	0 kg/cm ²
Sudut geser (ϕ) =	32.61 deg



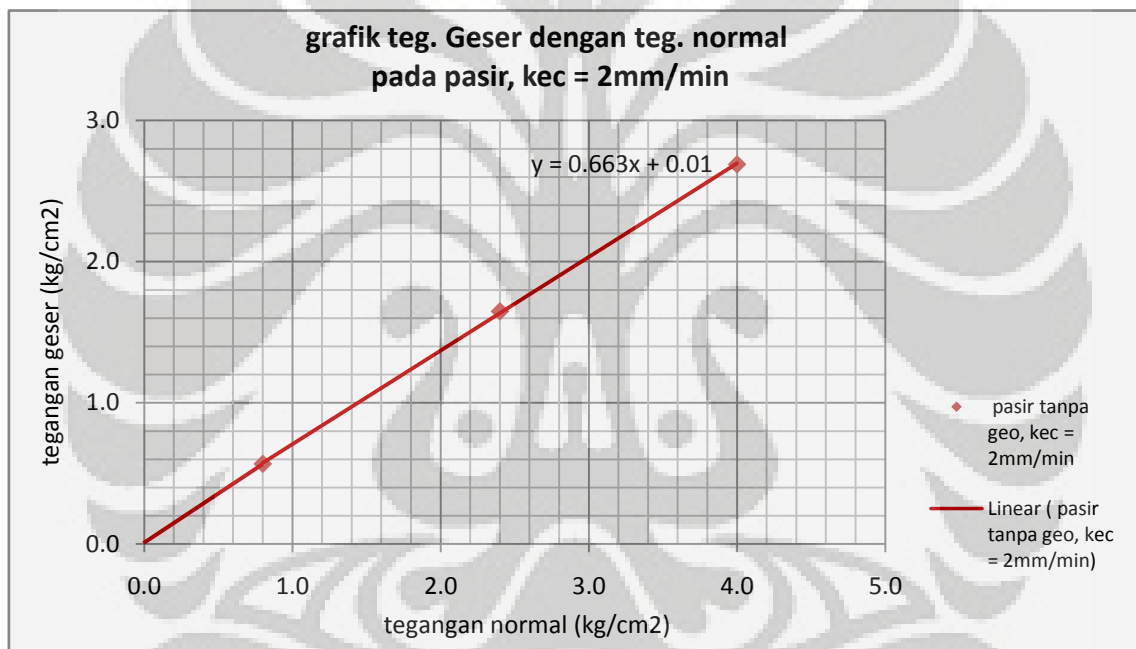
Gambar pengujian : Interface pasir - pasir, kecepatan 1mm/menit

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM MEKANIKATANAH**

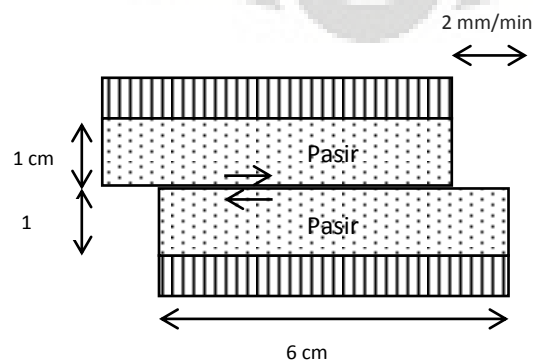
Kampus UI - Depok 16424 Telp. (021)7270029, 78849102 Fax. (021)7270028

ANALISA UJI DIRECT SHEAR PADA PASIR
dengan $w = 17\%$, kec. Putaran = 2mm/min

Deskripsi	Uji		
	1	2	3
Penampang Contoh (cm ²)	28.274	28.274	28.274
Tegangan Normal (kg/cm ²)	0.8	2.4	4.0
Max. Horizontal dial Reading	44.0	128.0	209.0
Max. Gaya geser (kg)	16.016	46.592	76.076
Max. Teg geser τ (kg/cm ²)	0.5665	1.6479	2.6907



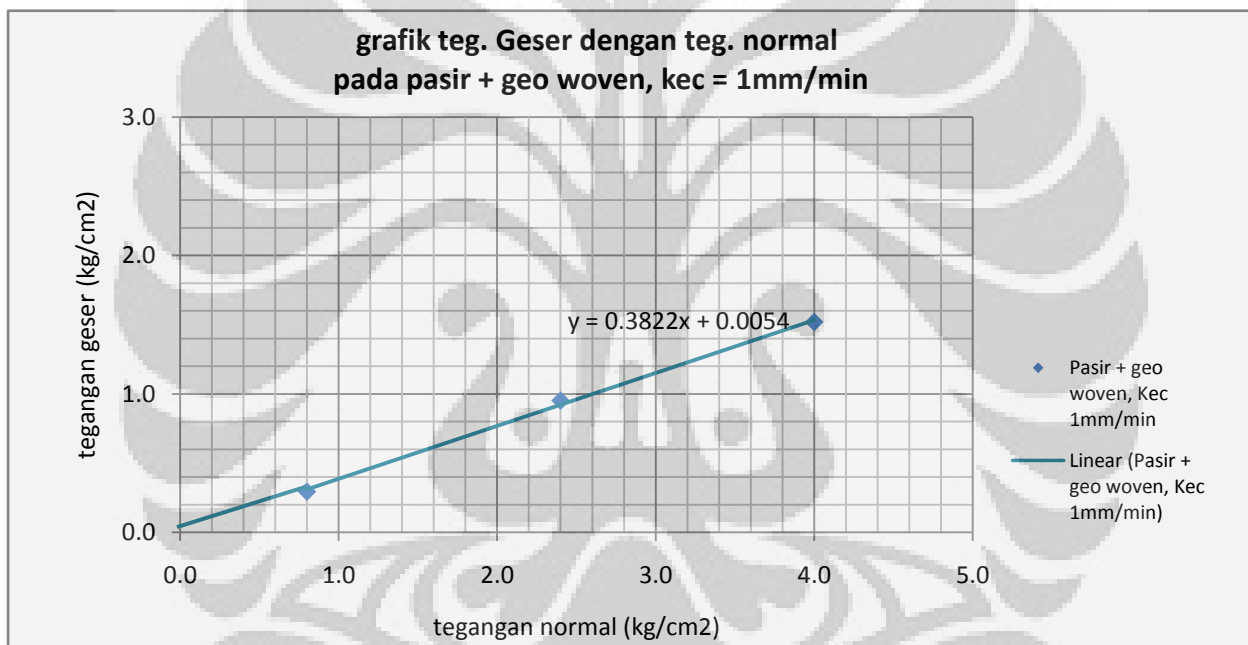
Kohesi tampak (c) =	0 kg/cm ²
Sudut geser (ϕ) =	33.58 deg



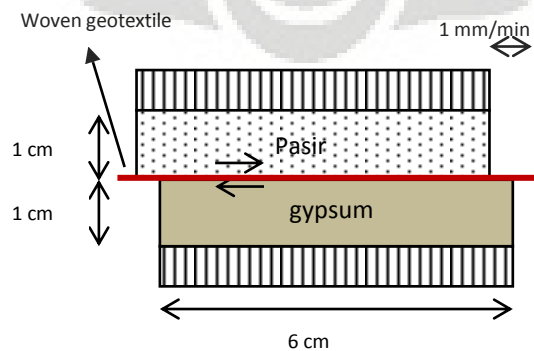
Gambar pengujian : interface pasir - pasir 2mm/menit

ANALISA UJI DIRECT SHEAR PADA PASIR + geotextile woven
 dengan w = 17% , kec. Putaran = 1mm/min

Deskripsi	Uji		
	1	2	3
Penampang Contoh (cm ²)	28.274	28.274	28.274
Tegangan Normal (kg/cm ²)	0.8	2.4	4.0
Max. Horizontal dial Reading	23.0	74.0	118.0
Max. Gaya geser (kg)	8.372	26.936	42.952
Max. Teg geser τ (kg/cm ²)	0.2961	0.9527	1.5191



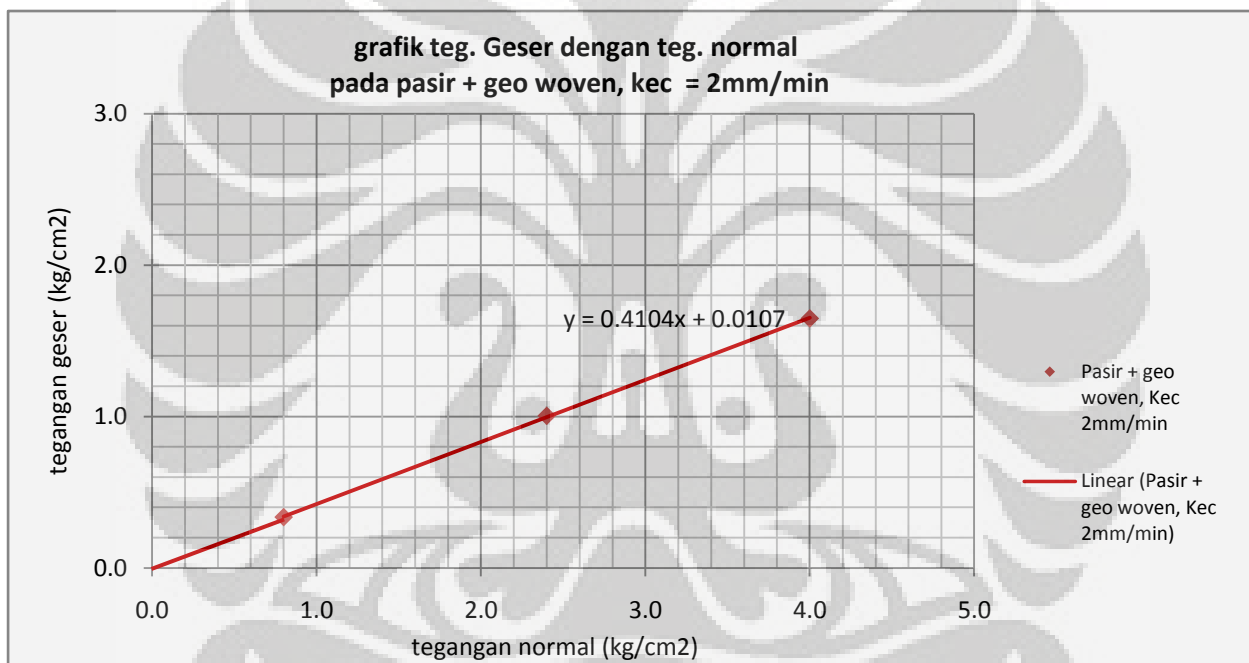
Kohesi tampak (c) =	0.0054 kg/cm ²	0.54 kPa
Sudut geser (δ) =	20.92 deg	



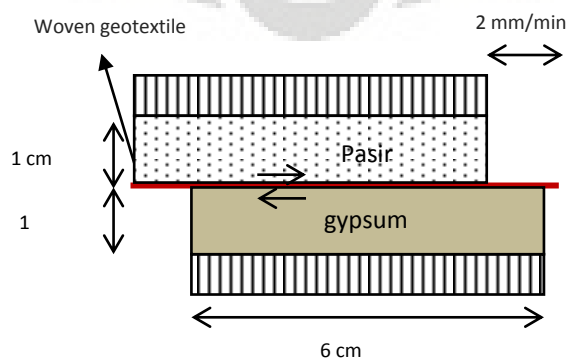
Gambar pengujian : Interface pasir - geotekstil woven, kecepatan 1 mm/menit

ANALISA UJI DIRECT SHEAR PADA PASIR + geotextile woven
 dengan w = 17% , kec. Putaran = 2mm/min

Deskripsi	Uji		
	1	2	3
Penampang Contoh (cm ²)	28.274	28.274	28.274
Tegangan Normal (kg/cm ²)	0.8	2.4	4.0
Max. Horizontal dial Reading	26.0	78.0	128.0
Max. Gaya geser (kg)	9.464	28.392	46.592
Max. Teg geser τ (kg/cm ²)	0.3347	1.0042	1.6479



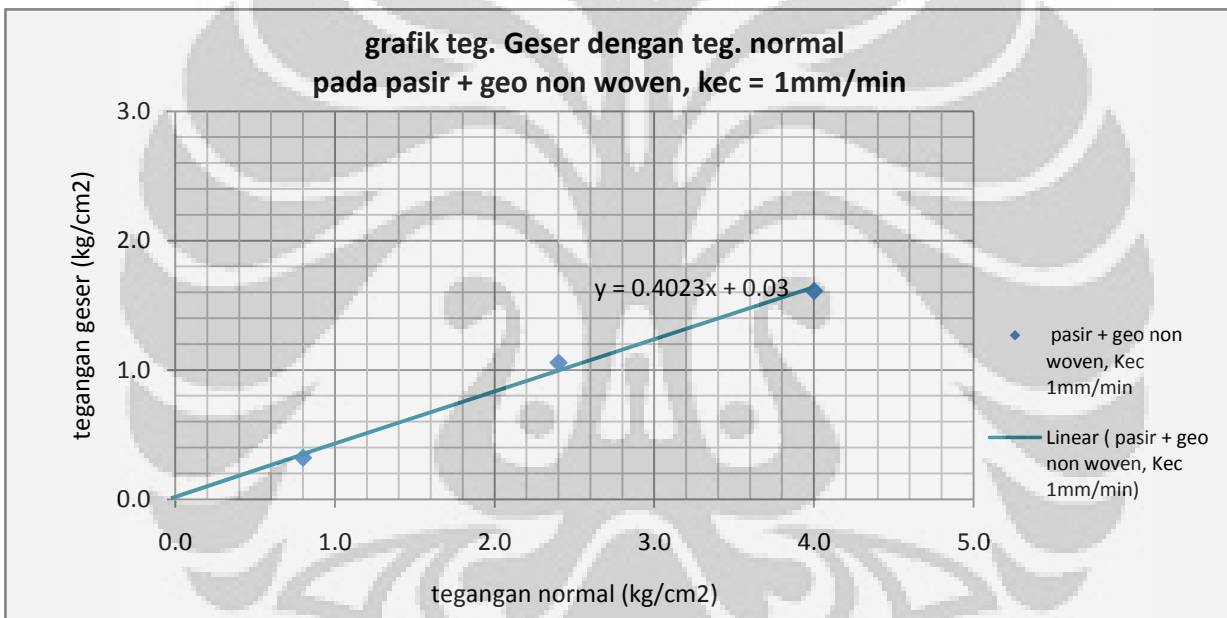
Kohesi tampak (c) =	0.0107 kg/cm ²	1.07 kPa
Sudut geser (δ) =	22.31 deg	



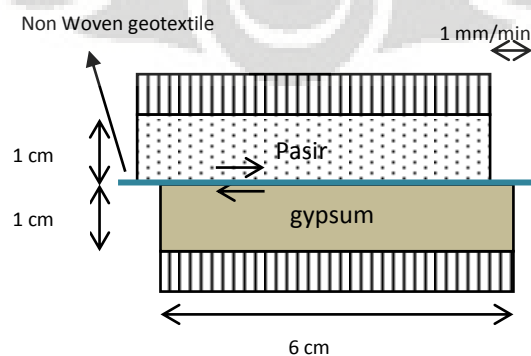
Gambar pengujian : Interface pasir - geotekstil woven, kecepatan 2 mm/menit

ANALISA UJI DIRECT SHEAR PADA PASIR + geo non woven
 dengan w = 17% , kec. Putaran = 1mm/min

Deskripsi	Uji		
	1	2	3
Penampang Contoh (cm ²)	28.274	28.274	28.274
Tegangan Normal (kg/cm ²)	0.8	2.4	4.0
Max. Horizontal dial Reading	25.0	82.0	125.0
Max. Gaya geser (kg)	9.100	29.848	45.500
Max. Teg geser τ (kg/cm ²)	0.3219	1.0557	1.6093



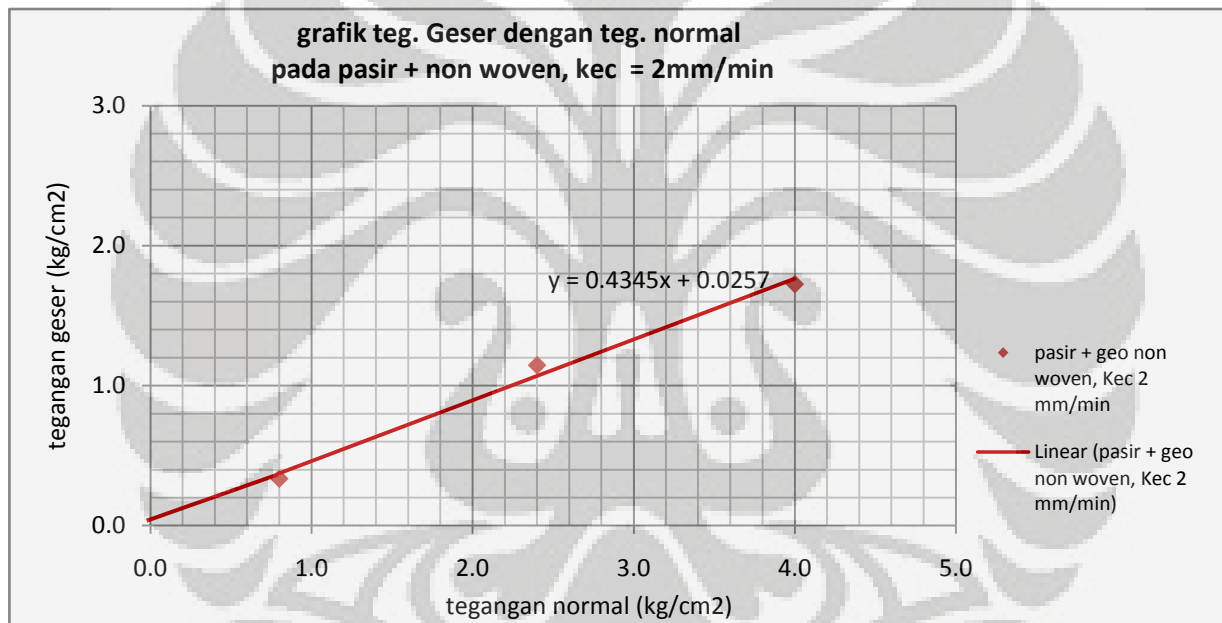
Kohesi tampak (c) =	0.0300 kg/cm ²	3.00 kPa
Sudut geser (δ) =	21.92 deg	



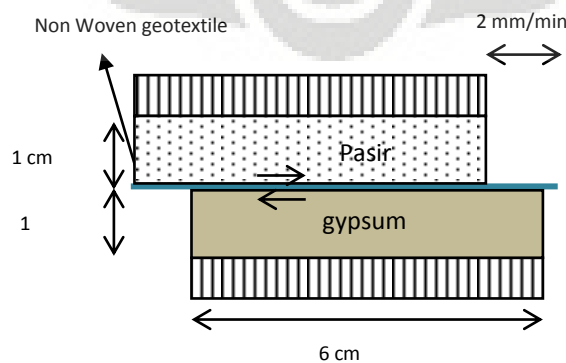
Gambar pengujian: Interface pasir - geotekstil non woven, kecepatan 1mm/menit

ANALISA UJI DIRECT SHEAR PADA PASIR + geo non woven
 dengan $w = 17\%$, kec. Putaran = 2mm/min

Deskripsi	Uji		
	1	2	3
Penampang Contoh (cm^2)	28.274	28.274	28.274
Tegangan Normal (kg/cm^2)	0.8	2.4	4.0
Max. Horizontal dial Reading	26.0	89.0	134.0
Max. Gaya geser (kg)	9.464	32.396	48.776
Max. Teg geser τ (kg/cm^2)	0.3347	1.1458	1.7251



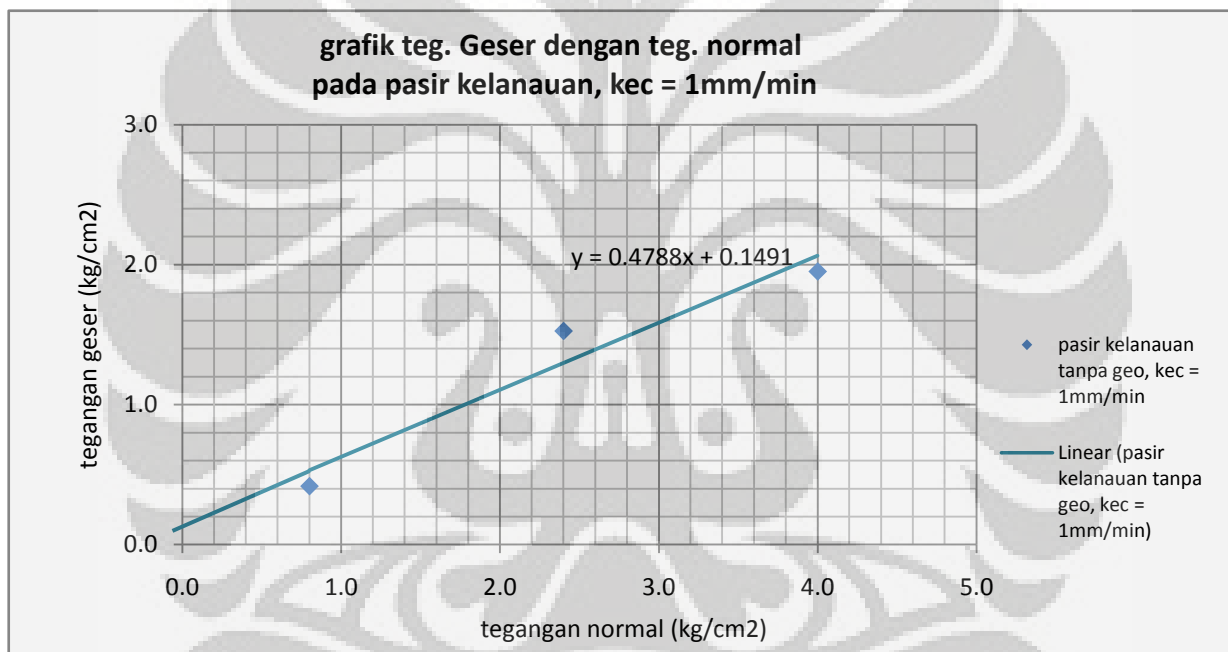
Kohesi tampak (c) =	0.0257 kg/cm^2	2.57 kPa
Sudut geser (δ) =	23.48 deg	



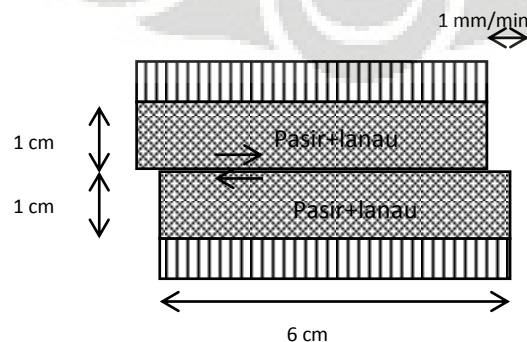
Gambar pengujian: Interface pasir - geotekstil non woven, kecepatan 2mm/menit

ANALISA UJI DIRECT SHEAR PADA PASIR KELANAUAN
 dengan $w = 17\%$, kec. Putaran = 1mm/min

Deskripsi	Uji		
	1	2	3
Penampang Contoh (cm ²)	28.274	28.274	28.274
Tegangan Normal (kg/cm ²)	0.8	2.4	4.0
Max. Horizontal dial Reading	32.5	118.5	151.5
Max. Gaya geser (kg)	11.830	43.134	55.146
Max. Teg geser τ (kg/cm ²)	0.4184	1.5256	1.9504



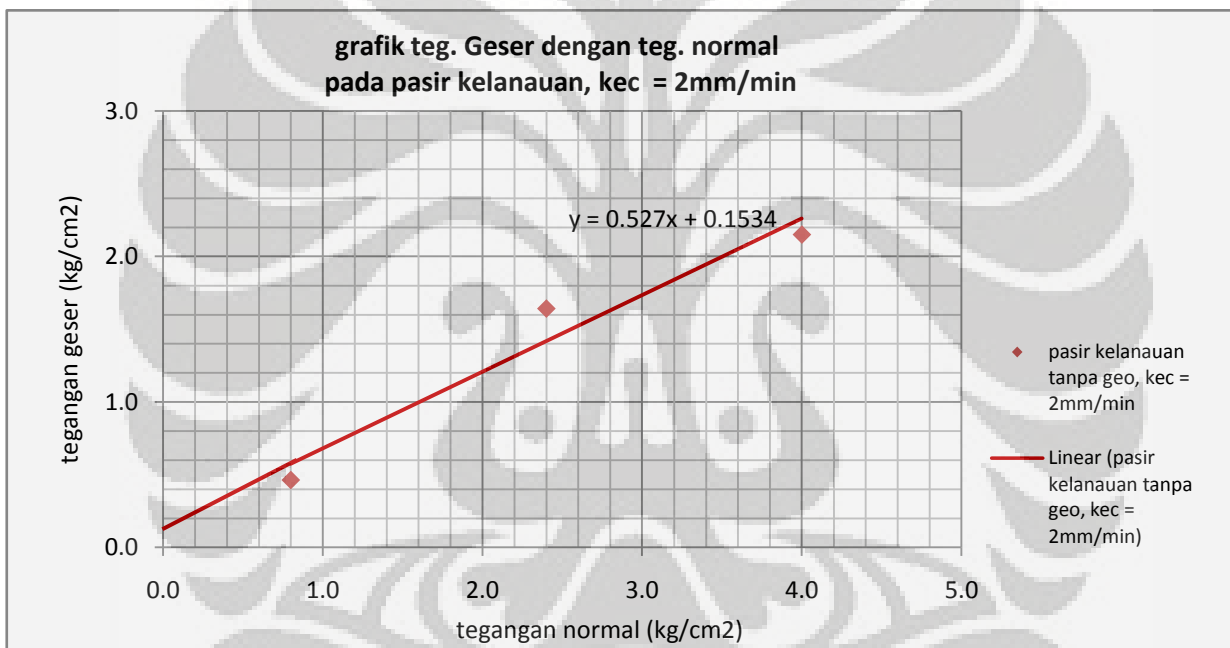
Kohesi tampak (c) =	0.149 kg/cm ²	14.9 kPa
Sudut geser (ϕ) =	25.58 deg	



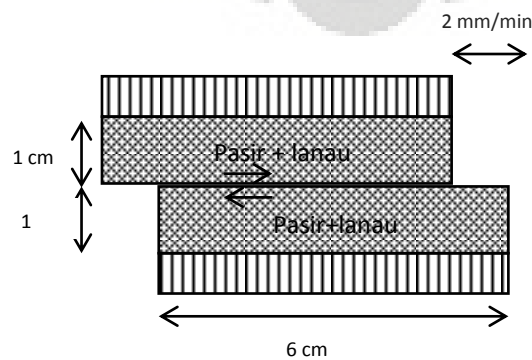
Gambar pengujian : interface pasir kelanauan - pasir kelanauan 1 mm/menit

ANALISA UJI DIRECT SHEAR PADA PASIR KELANAUAN
 dengan $w = 17\%$, kec. Putaran = 2mm/min

Deskripsi	Uji		
	1	2	3
Penampang Contoh (cm^2)	28.274	28.274	28.274
Tegangan Normal (kg/cm^2)	0.8	2.4	4.0
Max. Horizontal dial Reading	36.0	127.5	167.0
Max. Gaya geser (kg)	13.104	46.410	60.788
Max. Teg geser τ (kg/cm^2)	0.4635	1.6414	2.1500



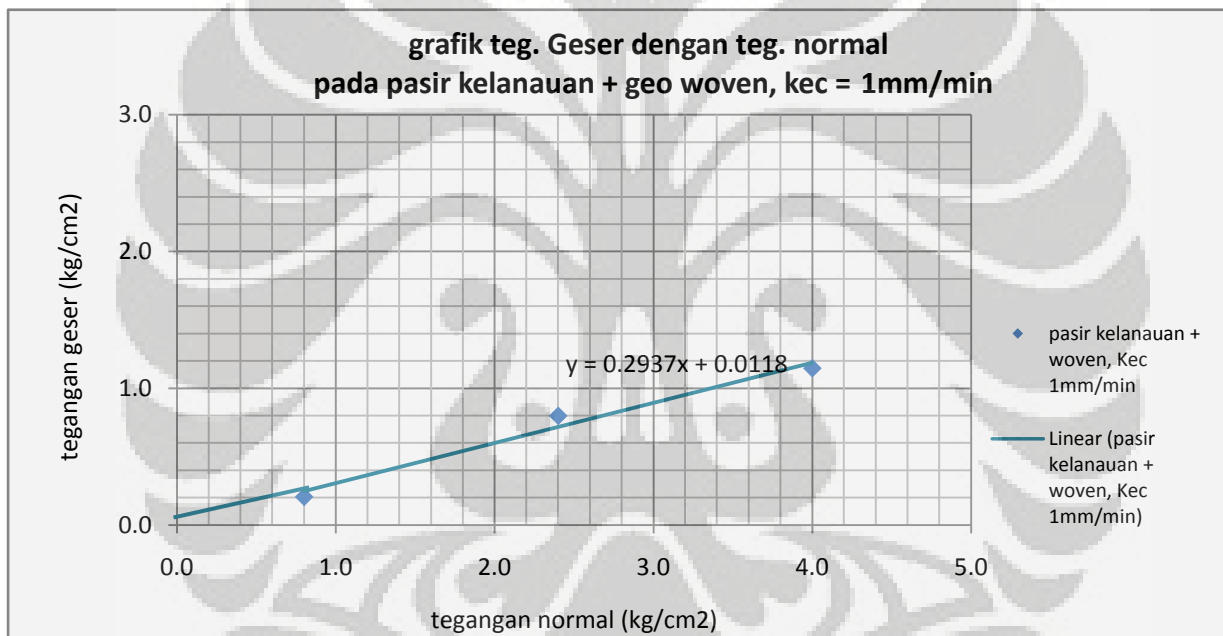
Kohesi tampak (c) =	0.153 kg/cm^2	15.3 kPa
Sudut geser (ϕ) =	27.79 deg	



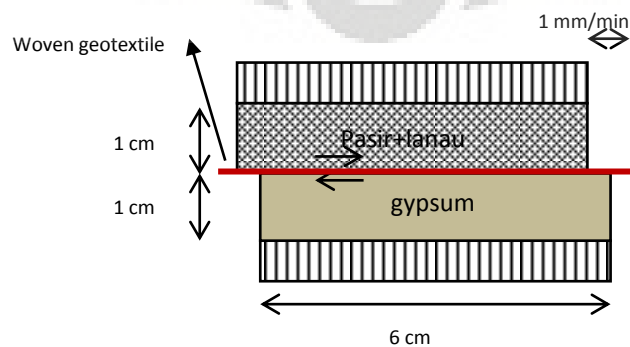
Gambar pengujian : interface pasir kelanauan - pasir kelanauan 2 mm/menit

ANALISA UJI DIRECT SHEAR PADA pasir kelanauan + geotextile woven dengan $w = 17\%$, kec. Putaran = 1mm/min

Deskripsi	Uji		
	1	2	3
Penampang Contoh (cm ²)	28.274	28.274	28.274
Tegangan Normal (kg/cm ²)	0.8	2.4	4.0
Max. Horizontal dial Reading	16.0	62.0	89.0
Max. Gaya geser (kg)	5.824	22.568	32.396
Max. Teg geser τ (kg/cm ²)	0.2060	0.7982	1.1458



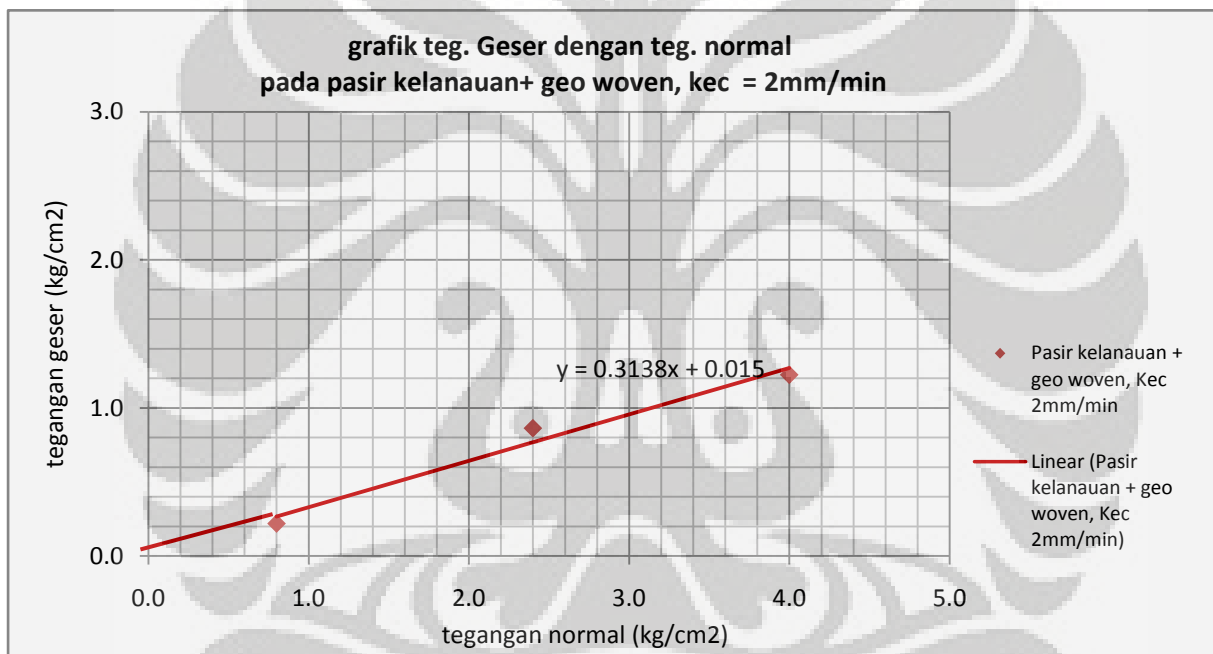
Kohesi tampak (c) =	0.0118 kg/cm ²	1.18 kPa
Sudut geser (δ) =	16.37 deg	



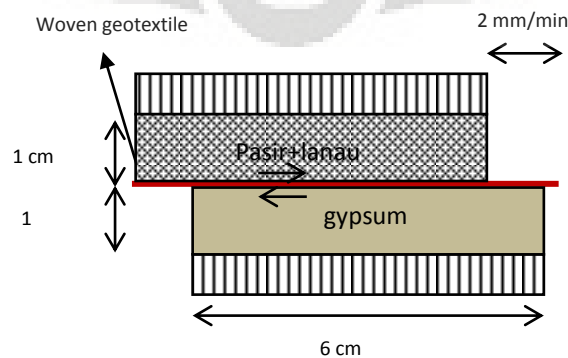
Gambar pengujian : interface pasir kelanauan - geotekstil woven, kecepatan 1 mm/menit

ANALISA UJI DIRECT SHEAR PADA pasir kelanauan + geotextile woven dengan $w = 17\%$, kec. Putaran = 2mm/min

Deskripsi	Uji		
	1	2	3
Penampang Contoh (cm ²)	28.274	28.274	28.274
Tegangan Normal (kg/cm ²)	0.8	2.4	4.0
Max. Horizontal dial Reading	17.0	67.0	95.0
Max. Gaya geser (kg)	6.188	24.388	34.580
Max. Teg geser τ (kg/cm ²)	0.2189	0.8626	1.2230



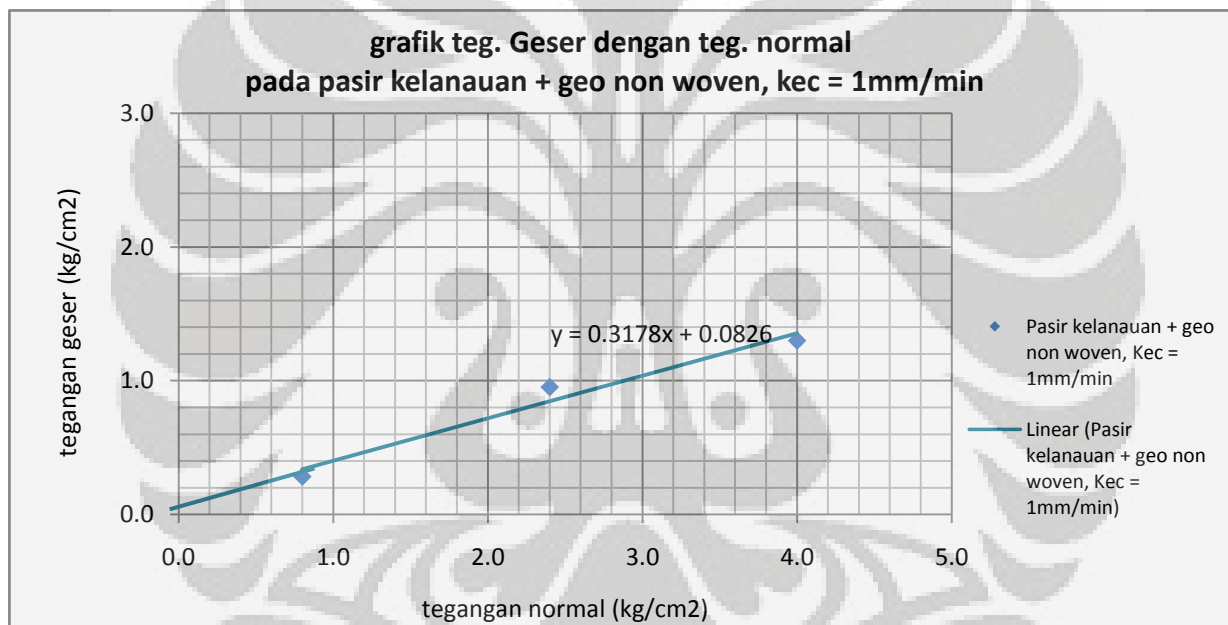
Kohesi tampak (c) =	0.0150 kg/cm ²	1.50 kPa
Sudut geser (δ) =	17.42 deg	



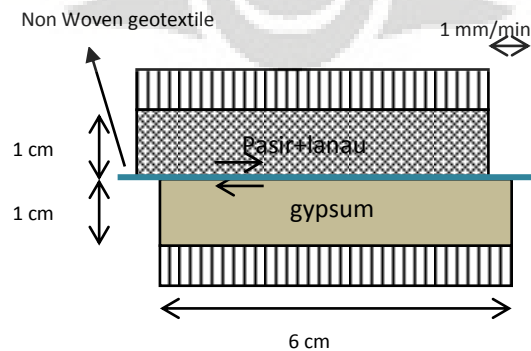
Gambar pengujian : interface pasir kelanauan - geotekstil woven, kecepatan 2 mm/menit

ANALISA UJI DIRECT SHEAR PADA pasir kelanauan + geotextile non woven dengan w = 17% , kec. Putaran = 1mm/min

Deskripsi	Uji		
	1	2	3
Penampang Contoh (cm ²)	28.274	28.274	28.274
Tegangan Normal (kg/cm ²)	0.8	2.4	4.0
Max. Horizontal dial Reading	22.0	74.0	101.0
Max. Gaya geser (kg)	8.008	26.936	36.764
Max. Teg geser τ (kg/cm ²)	0.2832	0.9527	1.3003



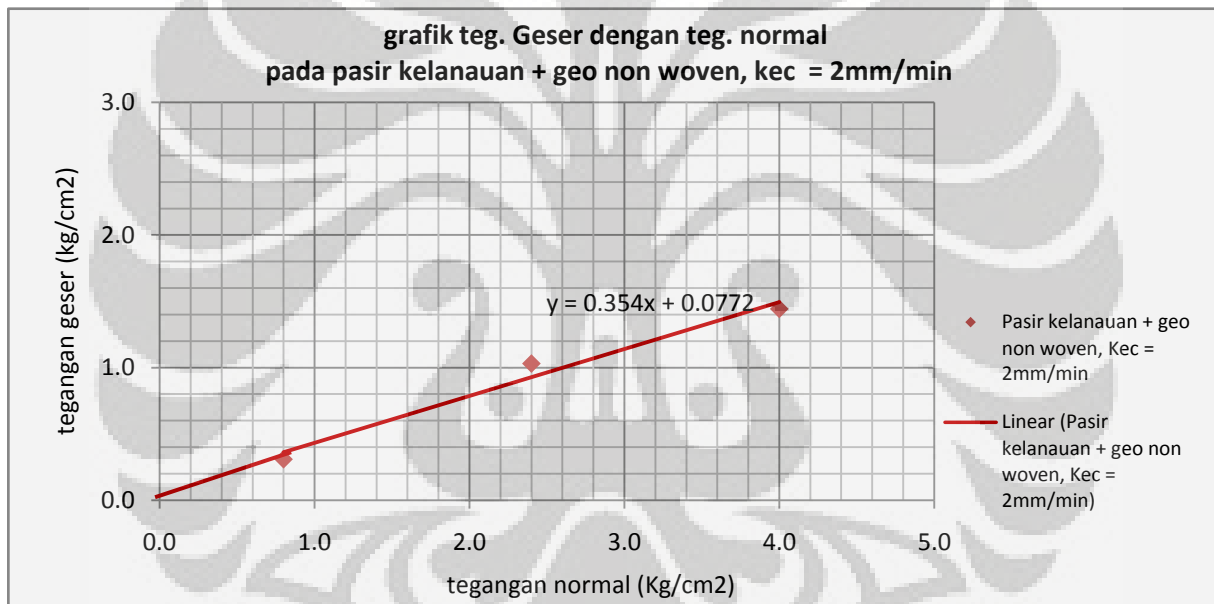
Kohesi tampak (c) =	0.0826 kg/cm ²	8.26 kPa
Sudut geser (δ) =	17.63 deg	



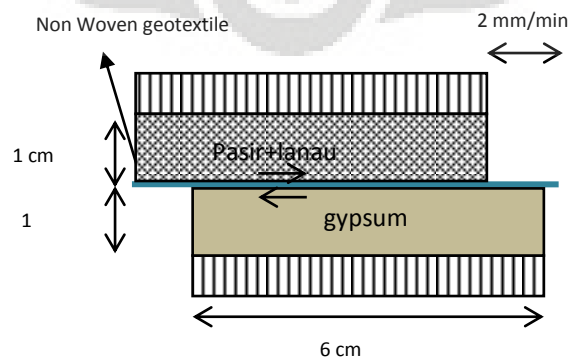
Gambar pengujian : Interface pasir kelanauan geotekstil non woven, kecepatan 1 mm/menit

ANALISA UJI DIRECT SHEAR PADA pasir kelanauan + geotextile non woven dengan w = 17% , kec. Putaran = 2mm/min

Deskripsi	Uji		
	1	2	3
Penampang Contoh (cm ²)	28.274	28.274	28.274
Tegangan Normal (kg/cm ²)	0.8	2.4	4.0
Max. Horizontal dial Reading	24.0	80.0	112.0
Max. Gaya geser (kg)	8.736	29.120	40.768
Max. Teg geser τ (kg/cm ²)	0.3090	1.0299	1.4419



Kohesi tampak (c) =	0.0772 kg/cm ²	7.72 kPa
Sudut geser (δ) =	19.50 deg	

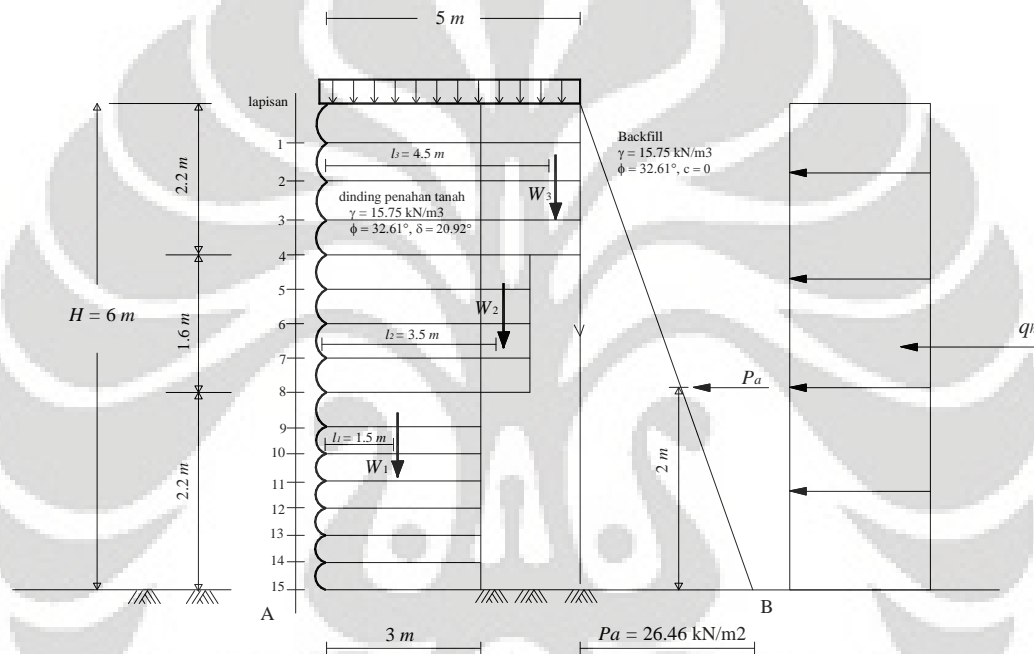


Gambar pengujian : Interface pasir kelanauan - geotekstil non woven, kecepatan 2 mm/menit

APLIKASI STUDI FRIKSI PADA PENGGUNAAN GEOTEKSTIL

Pada Tanah Pasir

Dinding Penahan tanah dengan perkuatan geotekstil. Dinding penahan tanah ini diisi oleh backfilled dengan tanah granular, dengan $\gamma = 15.75 \text{ kN/m}^3$ dan $\phi = 32,61^\circ$. Geotekstil woven silt film dengan (*machine direction*) mempunyai *ultimate wide-width strength* 50 kN/m, dengan sudut friksi antara tanah pasir dengan $\delta = 20,92^\circ$. Penggunaan geotekstil tegak lurus dengan permukaan dinding.



Permasalahan :

- Jumlah jarak per layer geotekstil
- Tentukan Panjang lapis geotekstil (dari pabrik)
- Periksa overlap (slide)
- Periksa stabilitas eksternal

Diketahui backfill mempunyai beban mati (DL) = 10 kN/m^2

Penyelesaian:

- tekanan lateral tanah p_h pada setiap ketinggian z , sebagai berikut :

$$p_h = p_a + q_h$$

$$p_a = \gamma \times z \times K_A ; q_h = q \times K_A, K_A = \tan^2 (45^\circ - 32,61/2) = 0.30$$

substitusi

$$p_h = (15.75 \times 0.30 \times z) + (0.30 \times 10 \text{ kN/m}^2)$$

$$p_h = 4.725 z + 3$$

Dari Persamaan (19.9 – Koerner, 1999) Tegangan izin geotekstil adalah :

$$T_a = T_u \frac{1}{RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_{CD} \times RF_{BD}}$$

$$= 50 \frac{1}{1.2 \times 2.5 \times 1.15 \times 1.1} = 13.2 \text{ kN / m}$$

Dari persamaan (19.17.a), tekanan izin geotekstil pada kedalaman z , dapat dijabarkan :

$$T = T_a = p_h \times h \times F_s$$

$$h = \frac{T_a}{p_h \times F_s}$$

Dimana: h = space vertikal (lift thickness)

T_a = allowable stress in the geotekstil

P_h = tegangan lateral tanah pada kedalaman z

F_s = Faktor Keamanan = 1.4

Substitusikan :

$$h = \frac{13.2}{[4.725(z) + 3]1.4} = \frac{13.2}{6.62(z) + 4.2}$$

Pada $z = 6 \text{ m}$, $h = \frac{13.2}{6.62(6) + 4.2} = 0.301 \text{ m}$ atau ambil 0.3 meter

Pada $z = 4.2 \text{ m}$, $h = \frac{13.2}{6.62(4.2) + 4.2} = 0.412 \text{ m}$ atau ambil 0.4 meter

Pada $z = 1.8 \text{ m}$, $h = \frac{13.2}{6.62(1.8) + 4.2} = 0.819 \text{ m}$ atau ambil 0.6 meter

Ini merupakan proses trial dan error untuk menentukan space (jarak) geotekstil yang cocok, selanjutnya ditabelkan.

(b) Panjang dari pabrik

Dari persamaan (19.26 – V.N.S. Murthy, 2003):

$$L_e = \frac{T \times F_s}{2 \times \gamma \times z \times \tan \delta} = \frac{p_h \times h \times F_s}{2 \times 15,75 \times z \times \tan \delta} = \frac{h \times (4.725 z + 3) \times 1.4}{2 \times 15,75 \times z \times \tan 20.92}$$

$$L_e = \frac{h \times (6.62 z + 4.2)}{12,17 z}$$

Dari gambar 4. Perhitungan L_R adalah:

$$L_R = (H - z) \times \tan(45^\circ - \phi / 2) = (H - z) \times \tan(45^\circ - 32.61 / 2) = (6 - z) \times (0.547)$$

Total Panjang L adalah

$$L = L_R + L_e$$

Perhitungan L dan L (saran) ditabelkan sebagai berikut:

layer no	Depth m	Spacing (h) m	Le m	Le (min) m	LR m	L (cal) m	L (saran) m	L (hitung) OK (m)
1	0.6	0.6	0.67	1	2.95	3.95	4	5
2	1.2	0.6	0.50	1	2.63	3.63		
3	1.8	0.6	0.44	1	2.30	3.30		
4	2.2	0.4	0.28	1	2.08	3.08		
5	2.6	0.4	0.27	1	1.86	2.86	3	4
6	3	0.4	0.26	1	1.64	2.64		
7	3.4	0.4	0.26	1	1.42	2.42		
8	3.8	0.4	0.25	1	1.20	2.20		
9	4.2	0.4	0.25	1	0.98	1.98	2	3
10	4.5	0.3	0.19	1	0.82	1.82		
11	4.8	0.3	0.18	1	0.66	1.66		
12	5.1	0.3	0.18	1	0.49	1.49		
13	5.4	0.3	0.18	1	0.33	1.33		
14	5.7	0.3	0.18	1	0.16	1.16		
15	6	0.3	0.18	1	0.00	1.00		

L_e minimum digunakan 1 meter.

(c) Check overlap

Minimum value $L_o = 1$ meter, Perhitungan L_o sebagai berikut:

$$L_o = \frac{p_h \times h \times F_s}{2 \times 2\gamma \times z \times \tan \delta} = \frac{h \times (4.725 z + 3) \times 1.4}{4 \times 15,75 \times z \times \tan 20.92}$$

Substitusi pada $z = 0,5$

$$L_o = \frac{(0.6) \times (4.725 (0.6) + 3) \times 1.4}{4 \times 15.75 \times 0.6 \times \tan 20.92} = 0.34 \text{ m}$$

Lo terlalu kecil, ambil $L_o = 1.0$ m untuk setiap lapis

(d) Stabilitas luar

Tekanan aktif total tanah (P_a) adalah

$$P_a = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \times K_A = \frac{1}{2} \times 15.75 \times 6^2 \times 0.3 = 85.05 \text{ kN/m}$$

$$F_s = \frac{\text{Resisting moment } M_R}{\text{Driving moment } M_o} = \frac{W_1 l_1 + W_2 l_2 + W_3 l_3 + P_v l_4}{P_a \times (H / 3)}$$

Dimana:

$$W_1 = 6 \times 3 \times 15.75 = 283.5 \text{ kN dan } l_1 = 3/2 = 1.5 \text{ m}$$

$$W_2 = (6 - 2.2) \times (4 - 3) \times 15.75 = 59.85 \text{ kN dan } l_2 = 3.5 \text{ m}$$

$$W_3 = (6 - 3.8) \times (5 - 4) \times 15.75 = 34.65 \text{ kN dan } l_3 = 4.5 \text{ m}$$

$$F_s = \frac{283.5 \times (1.5) + 59.85 \times (3.5) + 34.65 \times (4.5)}{85.05 \times (2)} = 4.65 > 2 \text{ --- OK}$$

Check untuk sliding :

$$F_s = \frac{\text{Total Resisting force } F_R}{\text{Total driving force } F_d}$$

$$F_R = (W_1 + W_2 + W_3) \times \tan \delta$$

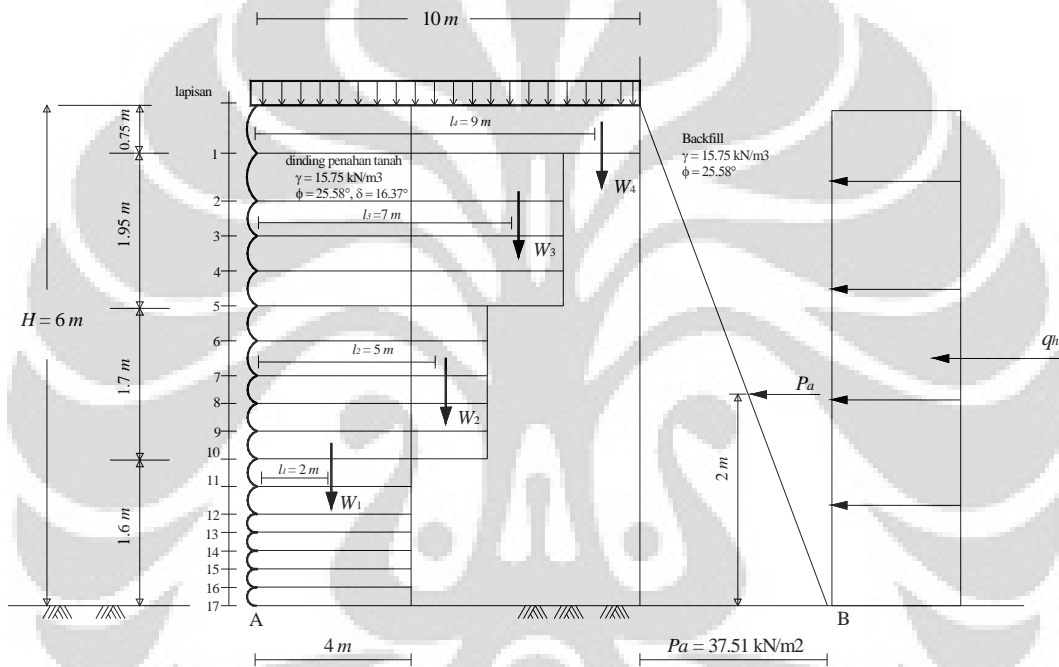
$$F_R = (283.5 + 64.575 + 36.225) \times \tan 20.92^\circ = 148.44 \text{ kN}$$

$$F_d = P_a = 85.05 \text{ kN}$$

$$\text{Maka, } F_s = \frac{148.44}{85.05} = 1.745 > 1.5 \text{-- OK}$$

Pada Tanah Pasir kelanauan

Dinding Penahan tanah dengan perkuatan geotekstil. Dinding penahan tanah ini diisi oleh backfilled dengan tanah pasir kelanauan, dengan $\gamma = 15.75 \text{ kN/m}^3$ dan $\phi = 25.58^\circ$. Geotekstil woven silt film dengan (*machine direction*) mempunyai *ultimate wide-width strength* 50 kN/m, dengan sudut friksi antara tanah pasir dengan $\delta = 16,37^\circ$. Penggunaan geotekstil tegak lurus dengan permukaan dinding.



Permasalahan :

- Jumlah space per layer geotekstil
- Tentukan Panjang lapis geotekstil (dari pabrik)
- Periksa overlap (slide)
- Periksa stabilitas eksternal

Diketahui backfill mempunyai beban mati (DL) = 10 kN/m^2

Penyelesaian:

- Tekanan tanah lateral p_h pada setiap ketinggian z , sebagai berikut :

$$p_h = p_a + q_h$$

$$p_a = \gamma \times z \times K_A ; q_h = q \times K_A, K_A = \tan^2 (45^\circ - 25.58/2) = 0.397$$

substitusi

$$p_h = (15.75 \times 0.30 \times z) + (0.397 \times 10 \text{ kN/m}^2)$$

$$p_h = 4.73 z + 3.97$$

Dari Persamaan (19.9 – Koerner, 1999) Tegangan izin geotekstil adalah :

$$T_a = T_u \frac{1}{RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_{CD} \times RF_{BD}}$$

$$= 50 \frac{1}{1.2 \times 2.5 \times 1.15 \times 1.1} = 13.2 \text{ kN / m}$$

Dari persamaan (19.17.a), tekanan izin geotekstil pada kedalaman z , dapat dijabarkan :

$$T = T_a = p_h \times h \times F_s$$

$$h = \frac{T_a}{p_h \times F_s}$$

Dimana: h = space vertikal (lift thickness)

T_a = allowable stress in the geotekstil

P_h = tegangan lateral tanah pada kedalaman z

F_s = Faktor Keamanan = 1.4

Substitusikan :

$$h = \frac{13.2}{[4.73(z) + 3.97]1.4} = \frac{13.2}{6.62(z) + 5.6}$$

Pada $z = 6$ m, $h = \frac{13.2}{6.62(6) + 5.6} = 0.291$ m atau ambil 0.2 meter

Pada $z = 5$ m, $h = \frac{13.2}{6.62(5) + 5.6} = 0.341$ m atau ambil 0.3 meter

Pada $z = 3.5$ m, $h = \frac{13.2}{6.62(3.5) + 5.6} = 0.459$ m atau ambil 0.4 meter

Pada $z = 1.5$ m, $h = \frac{13.2}{6.62(1.5) + 5.6} = 0.85$ m atau ambil 0.75 meter

Ini merupakan proses trial dan error untuk menentukan space (jarak) geotekstil yang cocok, selanjutnya ditabelkan.

(b) Panjang dari pabrik

Dari persamaan (19.26):

$$L_e = \frac{T \times F_s}{2 \times \gamma \times z \times \tan \delta} = \frac{p_h \times h \times F_s}{2 \times 15,75 \times z \times \tan \delta} = \frac{h \times (4.73 z + 4) \times 1.4}{2 \times 15,75 \times z \times \tan 16.37}$$

$$L_e = \frac{h \times (6.62 z + 5.6)}{9.25 z}$$

Dari gambar 4. Perhitungan L_R adalah:

$$L_R = (H - z) \times \tan(45^\circ - \phi/2) = (H - z) \times \tan(45^\circ - 25.58/2) = (6 - z) \times (0.63)$$

Total Panjang L adalah

$$L = L_R + L_e$$

Perhitungan L dan L (saran) ditabelkan sebagai berikut:

layer no	Depth m	Spacing (h) m	Le m	Le (min) m	LR m	L (cal) m	L (saran) m	L (hitung) OK (m)
1	0.75	0.75	1.11	1.2	3.31	4.51	5	10
2	1.5	0.75	0.82	1	2.84	3.84	4	8
3	1.9	0.4	0.40	1	2.58	3.58		
4	2.3	0.4	0.38	1	2.33	3.33		
5	2.7	0.4	0.37	1	2.08	3.08		
6	3.1	0.4	0.35	1	1.83	2.83	3	6
7	3.5	0.4	0.35	1	1.58	2.58		
8	3.8	0.3	0.26	1	1.39	2.39		
9	4.1	0.3	0.25	1	1.20	2.20		
10	4.4	0.3	0.25	1	1.01	2.01		
11	4.7	0.3	0.25	1	0.82	1.82	2	4
12	5	0.3	0.24	1	0.63	1.63		
13	5.2	0.2	0.16	1	0.50	1.50		
14	5.4	0.2	0.16	1	0.38	1.38		
15	5.6	0.2	0.16	1	0.25	1.25		
16	5.8	0.2	0.16	1	0.13	1.13		
17	6	0.2	0.16	1	0.00	1.00		

L_e minimum digunakan 1 meter.

(c) Check overlap

Minimum value $L_o = 1$ meter, Perhitungan L_o sebagai berikut:

$$L_o = \frac{p_h \times h \times F_s}{2 \times 2\gamma \times z \times \tan \delta} = \frac{h \times (4.73 z + 4) \times 1.4}{4 \times 15.75 \times z \times \tan 16.37}$$

Substitusi pada $z = 0,75$

$$L_o = \frac{(0.75) \times (4.73 (0.75) + 4) \times 1.4}{4 \times 15.75 \times 0.75 \times \tan 16.37} = 0.56 \text{ m}$$

Lo terlalu kecil, ambil $L_o = 1.0 \text{ m}$ untuk setiap lapis

(d) Stabilitas luar

Tekanan aktif total tanah (P_a) adalah

$$P_a = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \times K_A = \frac{1}{2} \times 15.75 \times 6^2 \times 0.397 = 112.55 \text{ kN/m}$$

$$F_s = \frac{\text{Resisting moment } M_R}{\text{Driving moment } M_o} = \frac{W_1 l_1 + W_2 l_2 + W_3 l_3 + P l_4}{P_a \times (H / 3)}$$

Dimana:

$$W_1 = 6 \times 4 \times 15.75 = 378 \text{ kN dan } l_1 = 4/2 = 2 \text{ m}$$

$$W_2 = (6 - 1.6) \times (6 - 4) \times 15.75 = 138.6 \text{ kN dan } l_2 = 5 \text{ m}$$

$$W_3 = (6 - 3.3) \times (4 - 3) \times 15.75 = 85.05 \text{ kN dan } l_3 = 7 \text{ m}$$

$$W_4 = (6 - 5.25) \times (5 - 4) \times 15.75 = 23.625 \text{ kN dan } l_3 = 9 \text{ m}$$

$$F_s = \frac{378 \times (2) + 138.6 \times (5) + 85.05 \times (7) + 23.625 \times (9)}{113.4 \times (2)} = 9.5 > 2 \text{ -- OK}$$

(e) Check untuk *sliding* :

$$F_s = \frac{\text{Total Resisting force } F_R}{\text{Total driving force } F_d}$$

$$F_R = (W_1 + W_2 + W_3) \times \tan \delta$$

$$F_R = (378 + 138.6 + 85.05 + 23.625) \times \tan 16.37^\circ = 188.66 \text{ kN}$$

$$F_d = P_a = 112.55 \text{ kN}$$

$$\text{Maka, } F_s = \frac{188.66}{112.55} = 1.676 > 1.5 \text{ --- OK}$$

PERHITUNGAN JUMLAH BERAT SAMPEL UJI

Perhitungan γ_d yang diinginkan agar semua berat kering pasir dan pasir kelanauan sama.

Perhatikan rumus berikut :

$$\gamma_{wet} = \frac{W}{V}$$
$$\gamma_{dry} = \frac{W_k}{V} = \frac{W}{(1+w) \times V} = \frac{\gamma_{wet}}{(1+w)}$$

Dimana :

W = berat tanah (gr)

W_k = berat tanah kering (gr)

w = kadar air (%)

V = Volume (cm^3)

γ_{wet} = kerapatan basah (gr/cm^3)

γ_{dry} = kerapatan kering (gr/cm^3)

Maka dari sini dapat dihitung. Jika diketahui dari data pasir dengan pemadatan standar, $\gamma_d = 1,567 \text{ gr/cm}^3$ dan OMC = 17%, maka jumlah berat tanah yang akan dimasukkan ke dalam shear box direct shear, yaitu :

- **Berat sampel uji (alat *shear box* tanpa geotekstil)**

Diketahui :

Volume sample :

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times H_{\text{sampel}}$$

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times (6\text{cm})^2 \times 2\text{cm}$$

$$V = 56,55\text{cm}^3$$

Maka berat sampel pasir dan pasir kelanauan dapat dihitung:

$$\gamma_{dry} = \frac{W}{(1+w) \times V}$$

$$1,567 \text{ gr/cm}^3 = \frac{W}{(1+0,17) \times 56,55\text{cm}^3}$$

$$W = 1,567 \text{ gr/cm}^3 \times 66,34\text{cm}^3$$

$$W = 103,95 \text{ gram} \text{ --- } 104 \text{ gram}$$

- **Berat sampel uji (alat *shear box* dengan geotekstil)**

Diketahui :

Volume sample :

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times H_{\text{sampel}}$$

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times (6\text{cm})^2 \times 1\text{cm}$$

$$V = 28,27\text{cm}^3$$

Maka berat sampel pasir dan pasir kelanauan dapat dihitung:

$$\gamma_{\text{dry}} = \frac{W}{(1+w) \times V}$$

$$1,567\text{ gr/cm}^3 = \frac{W}{(1+0,17) \times 28,27\text{cm}^3}$$

$$W = 1,567\text{ gr/cm}^3 \times 33,17\text{cm}^3$$

$$W = 51,97\text{ gram} \text{ --- } 52\text{ gram}$$