

**No: 268/FT.01/TESIS/07/2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI PERILAKU PULL OUT ELEMEN PERKUATAN  
RETAINING WALL DAN PULL OUT BOX**

**TESIS**

**PRIH BUDI SUSILOWATI**

**NPM 0906496415**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM PASCASARJANA TEKNIK SIPIL**

**UNIVERSITAS INDONESIA**

**JULI 2011**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**i**

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

Nama : Prih Budi Susilowati

NPM : 0906496415

Tanda Tangan :



Tanggal : 11 Juli 2011

## ORIGINALITY STATEMENT PAGE

This thesis is my own work, and all sources that be copied or be referenced have been declared correctly by me.

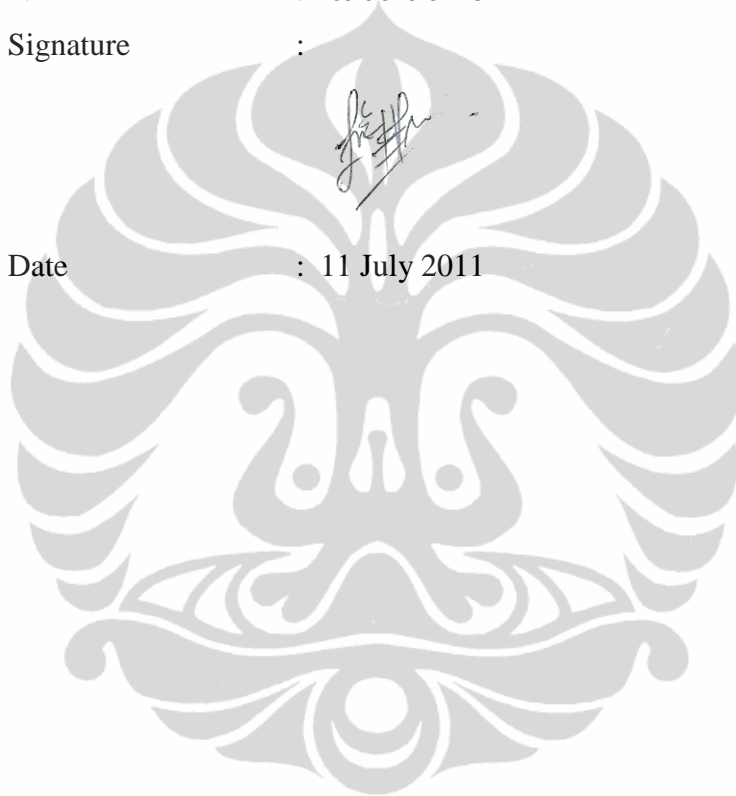
Name : Prih Budi Susilowati

NPM : 0906496415

Signature :



Date : 11 July 2011



## HALAMAN PENGESAHAN

Thesis ini diajukan oleh :

Nama : Prih Budi Susilowati  
NPM : 0906496415  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tesis :

### STUDI PERILAKU PULL OUT ELEMEN PERKUATAN RETAINING WALL DAN PULL OUT BOX

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

#### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Ir. Widjojo A. Prakoso, M. Sc., Ph.D

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

Penguji 2 : Dr. Ir. Damrizal Damoerin M.Sc (Anggota)

Penguji 3 : Dr. Ir, Wiwik Rahayu M.T (Anggota)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 11 Juli 2011

## LEGALIZATION PAGE

This thesis is submitted by :

Name : Prih Budi Susilowati  
NPM : 0906496415  
Study Program : Civil Engineering  
Title :

### PULL OUT BEHAVIOR STUDY OF REINFORCED ELEMENT RETAINING WALL AND PULL OUT BOX

Has been success to be defended in front of the Examiner Council and accepted as a part of requirement that is needed to get the Engineering Master degree at Civil Engineering Study Program, Engineering Faculty, at University of Indonesia.

#### EXAMINER COUNCIL

Adviser : Ir. Widjojo A. Prakoso, M. Sc., Ph.D

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

Examiner 2 : Dr. Ir. Damrizal Damoerin M.Sc

Examiner 3 : Dr. Ir, Wiwik Rahayu M.T

Legalized in : Depok

Date : 11 July 2011

## **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

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

Nama : Prih Budi Susilowati  
NPM : 0906496415  
Program Studi : Teknik Sipil  
Departemen : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Tesis

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

### **STUDI PERILAKU PULL OUT ELEMEN PERKUATAN RETAINING WALL DAN PULL OUT BOX**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini Universitas Indonesia bebas menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (data base), 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 : 11 Juli 2011

Yang menyatakan,



Prih Budi Susilowati

## KATA PENGANTAR

Dengan Rahmat Allah SWT penulis panjatkan, karena atas karunia-Nya lah pengetesan dan penulisan Thesis ini dapat terselesaikan dalam rentang waktu yang cukup pendek. Selain itu saya mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dosen pembimbing saya Bp. Widjojo A Prakoso, p.H.D, yang tidak bosan-bosannya membimbing saya dalam pelaksanaan pengujian maupun penulisan Thesis ini.
2. Dosen Penguji saya Prof. Dr. Ir. Tommy Ilyas, M.Eng., Dr. Ir. Damrizal Damoerin M.Sc, Dr. Ir, Wiwik Rahayu M.T, yang memberikan berbagai masukan dan saran untuk kelancaran pelaksanaan percobaan maupun penulisan karya ini.
3. Karyawan-karyawan Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Indonesia, yang telah membantu pengujian laboratorium saya.
4. Bp. Dandung Sri Harninto, M.T beserta karyawan-karyawan PT. Geoforce Indonesia, terutama Bp. Andre, yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran maupun finansial untuk membantu jalannya pengetesan.
5. Bp. Irfan, dari Prasimax, yang bersedia meluangkan waktu dalam memperbaiki program dan alat-alat pengetesan.
6. Ibu dan Bapak saya yang tercinta, kakak dan keponakan-keponakan saya yang terkasih, yang selalu mendoakan dan memberi dukungan.

Saya sadar sepenuhnya bahwa penulisan thesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu masukan dan saran yang bersifat membangun akan sangat berguna dalam perbaikan penulisan karya ini.

Atas perhatian dan bantuan dari semua pihak saya ucapkan terimakasih.

Depok, 11 Juli 2011

Penulis

## ABSTRAK

Nama : Prih Budi Susilowati  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul :

### STUDI PERILAKU PULL OUT ELEMEN PERKUATAN RETAINING WALL DAN PULL OUT BOX

Salah satu unsur dari *internal stability* pada dinding penahan tanah perkuatan *polyester strip* adalah *pull out resistance*. Komponen utama yang berperan dalam *pull out resistance* adalah interaksi yang terjadi antara tanah timbunan dengan *polyester strip* yang mengakibatkan adanya friksi/gaya penahan pada dinding penahan tanah. Dalam penelitian ini penulis akan mempelajari gaya *pull out* yang terjadi pada pengetesan di lapangan dan gaya *pull out* pada pengetesan dengan *pull out box*. Hasil test tersebut juga akan digunakan untuk untuk mendapatkan nilai sudut geser antara *polyester strip* dengan tanah timbunan dan menghitung kapasitas pull out maksimum berdasarkan persamaan dalam FHWA.

Kata kunci:

*pull out, polyester strip, dinding penahan tanah, pull out box*



## **ABSTRACT**

Name : Prih Budi Susilowati  
Study Program : Civil Engineering  
Title :

### **PULL OUT BEHAVIOR STUDY OF REINFORCED ELEMENT RETAINING WALL AND PULL OUT BOX**

One of the internal stability elements of retaining wall is the pull out resistance. The main components that involve in the pull out resistance is the interaction that occurs between the soil and polyester strip that resulted friction / pull out force. The author will study the result of pull out force obtained in field test and from experimental using the pull out box. The result also will be used to calculate friction angle value between polyester and the soil and to calculate the maximum pull out capacity using the FHWA equation.

Keywords:

pull out and polyester strips, earth wall, pull out box

## DAFTAR ISI

JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian	2
I.4 Manfaat Penelitian	3
I.5 Batasan Penelitian	3
I.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	5
II.1 Perhitungan Desain Pull Out Resistance	5
A. Stabilitas external	5
B. Stabilitas Internal	7
II.2 Tinjauan Pustaka	13
BAB III METODE PENELITIAN	31
III.1 Material Properties	33
A. Material Perkuatan	33
B. Tanah Timbunan	35
III.2 Pull Out Box Test	42
A. Bagian-bagian Alat Pull Out Box Test	42
B. Pelaksanaan Pull Out Box Test	50

III.3	Pull Out Test Lapangan	54
	A. Bagian-bagian Alat Pull out Test Lapangan	54
	B. Pelaksanaan Pull Out Test Lapangan	56
III.4	Rencana Analisa Data	60
BAB IV	ANALISA HASIL PENGETESAN	61
IV.1	Hasil Pull Out	63
	A. Test Pull Out Lapangan	63
	B. Pull Out Box Test	68
IV.2	Analisa Hasil Test	74
	A. Pola Deformasi	74
	B. Penyebaran Regangan	84
	C. Transfer Tegangan	86
	D. Sudut Geser Antara Polyester Strip Dengan Tanah Timbunan	97
	E. Kapasitas Pull Out Maksimum	99
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	100
V.1	Kesimpulan	100
V.2	Saran	101
DAFTAR PUSTAKA		103
LAMPIRAN		

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1. *Overturning*
- Gambar 2.2. *Base Sliding*
- Gambar 2.3. Bearing resistance
- Gambar 2.4. *Tensile Resistance of Reinforced*
- Gambar 2.5. *Internal Sliding*
- Gambar 2.6. *Shear Failure*
- Gambar 2.7. *Conection Failure*
- Gambar 2.8. *Local Overturning*
- Gambar 2.9. *Pull Out Resistance*
- Gambar 2.10. Skema Transfer Tegangan
- Gambar 2.11. Konsep Dinding Penahan Tanah Dengan Perkuatan
- Gambar 2.12. Detail Perkuatan
- Gambar 2.13. Konsep Gaya Geser Sederhana
- Gambar 2.14. Grafik *Interface Shear Stress-Tegangan Vertikal*
- Gambar 2.15. Skema Alat
- Gambar 2.16. Hasil *Pull Out Test*
- Gambar 2.17. Skema *Pull Out Box* (1 x 1 x 1 m)
- Gambar 2.18. Hasil *Pull Out Test*
- Gambar 2.19. Gradasi Material Timbunan
- Gambar 2.20. Skema *Pull Out Box* (1.5 x 0.6 x 0.7 m)
- Gambar 2.21. *Pull Out Box*
- Gambar 2.22. *Pull Out Force*
- Gambar 2.23. *Pull Out Force*
- Gambar 2.24. Koefisien Interaksi Geogrid 1
- Gambar 2.25. Koefisien Interaksi Geogrid 2
- Gambar 2.26. Gradasi Material Timbunan
- Gambar 2.27. Skema *Pull Out Box*
- Gambar 2.28. Material Perkuatan
- Gambar 2.29. Skema Alat *Pull Out Test*

- Gambar 2.30. Hasil *Pull Out Test*
- Gambar 2.31. Skema *Pull Out Box*
- Gambar 2.32. Skema *Field Pull Out Test*
- Gambar 2.33. Hasil Test Tegangan Material Perkuatan
- Gambar 2.34. *Pull Out Box*
- Gambar 2.35. Skema *Pull Out Box* a) *elevation view*, b) *plan view*
- Gambar 2.36. Hasil *Pull Out Test* Material yang Berbeda Panjangnya
- Gambar 2.37. Skema *Pull Out Box*
- Gambar 2.38. Tipikal Pola Sebaran Regangan Pada Tanah *Silty Sand* Akibat *Pull Out*
- Gambar 2.39. Hasil *Pull Out Test* Pada Tanah *Silty Sand* Dengan Tegangan Normal 142kPa a) *Polyester Strip*, b) *Metal Strip*
- Gambar 3.1. Skema Metode Penelitian.
- Gambar 3.2. *Polyester Strip*.
- Gambar 3.3. Kuat Tarik Ijin Material *Single Polyester Strip*
- Gambar 3.4. Kuat Tarik Ijin Material *Couple Polyester Strip*
- Gambar 3.5. Grafik *Tensile Strength-Strain* Material *Polyester Strip*
- Gambar 3.6. Test Kadar Air Awal
- Gambar 3.7. *Specific Gravity* test
- Gambar 3.8. *Hydrometer Test*
- Gambar 3.9. *Sieve Test*
- Gambar 3.10. *Modified Compaction Test*
- Gambar 3.11. *CBR Test*
- Gambar 3.12. *Atterberg Test*
- Gambar 3.13. Sample Tanah Hasil *Triaxial UU Test*
- Gambar 3.14. Skema *Pull Out Box*
- Gambar 3.15. *Pull Out Box*
- Gambar 3.16. Potongan Melintang *Pull Out Box*
- Gambar 3.17. Sistem *Clamping*
- Gambar 3.18. *Power Pack* dan Hidraulik Jack
- Gambar 3.19. *Load cell*

Gambar 3.20. *Display indicator*

Gambar 3.22. *Air Bag*

Gambar 3.23. Potongan Melintang Perkuatan

Gambar 3.24. *Caliper Digital* dan Sensor Kawat Nickel

Gambar 3.25. Laptop dan Converter box

Gambar 3.26. *Display Software* “Terminal”

Gambar 3.27. Proses Kalibrasi Load Cell dan Display Indicator

Gambar 3.28. Skema Alat *Pull Out Test* di lapangan

Gambar 3.29a. Tampak Atas Sistem Clamping

Gambar 3.29b. Tampak Bawah Sistem Clamping

Gambar 3.30. Potongan Posisi Perkuatan dan Rencana *Pull Out Test*

Gambar 3.31. Foto Posisi Perkuatan dan Rencana *Pull Out Test*

Gambar 3.32. Posisi Caliper

Gambar 3.33. Pemasangan Scaffolding

Gambar 4.1. Rencana Posisi titik *Pull Out Test*

Gambar 4.2. Realisasi Posisi Titik *Pull Out Test*

Gambar 4.3. Hasil *pull out test* lapangan titik 4

Gambar 4.4. Hasil *pull out test* lapangan titik 5

Gambar 4.5. Hasil *pull out test* lapangan titik 6

Gambar 4.6. Hasil *pull out box test* titik 4 (test 7)

Gambar 4.7. Hasil *pull out box test* titik 4 (Test 8)

Gambar 4.8. Hasil *pull out box test* titik 4 (test 9)

Gambar 4.9. Hasil *pull out box test* titik 5 (test 4)

Gambar 4.10. Hasil *pull out box test* titik 5 (test 5)

Gambar 4.11. Hasil *pull out box test* titik 5 (test 6)

Gambar 4.13. Hasil *pull out box test* titik 6 (test 2)

Gambar 4.14. Hasil *pull out box test* titik 6 (test 3)

Gambar 4.15. Pola *Deformasi* Titik 4 Test lapangan

Gambar 4.16. Pola *Deformasi* Titik 5 test lapangan

Gambar 4.17. Pola *Deformasi* Titik 6 test lapangan

- Gambar 4.18. Pola *Deformasi* Titik 4 *Pull Out Box Test* 7
- Gambar 4.19. Pola *Deformasi* Titik 4 *Pull Out Box Test* 8
- Gambar 4.20. Pola *Deformasi* Titik 4 *Pull Out Box Test* 9
- Gambar 4.21. Pola *Deformasi* Titik 5 *Pull Out Box Test* 4
- Gambar 4.22. Pola *Deformasi* Titik 5 *Pull Out Box Test* 5
- Gambar 4.23. Pola *Deformasi* Titik 5 *Pull Out Box Test* 6
- Gambar 4.24. Pola *Deformasi* Titik 6 *Pull Out Box Test* 1
- Gambar 4.25. Pola *Deformasi* Titik 6 *Pull Out Box Test* 2
- Gambar 4.26. Pola *Deformasi* Titik 6 *Pull Out Box Test* 3
- Gambar 4.27. Besar beban yang memulai *displacement* pada material polyester strip di tanah silty sand
- Gambar 4.28. Besar Beban Yang Memulai *Displacement* Pada Titik 4 *Pull Out Box Test*
- Gambar 4.29. Besar Beban Yang Memulai *Displacement* Pada Titik 5 *Pull Out Box Test*
- Gambar 4.30. Besar Beban Yang Memulai *Displacement* Pada Titik 6 *Pull Out Box Test*
- Gambar 4.31. Mekanisme transfer gaya *pull out* pada polyester strip
- Gambar 4.32. Sebaran *Displacement* Material Polyester Strip di Tanah *Silty Sand*
- Gambar 4.33. Pola Penyebaran *Displacement Pull Out Box Test*
- Gambar 4.35. Penyebaran Regangan Titik 5 *Pull Out Box Test*
- Gambar 4.36. Penyebaran Rregangan Titik 6 *Pull Out Box Test*
- Gambar 4.37. Penyebaran Regangan Titik 4, 5 dan 6 *Pull Out box test*
- Gambar 4.38. Tipikal Pola Sebaran Regangan Pada Tanah *Silty Sand*
- Gambar 4.39. *Time History Pull Out Test* Lapangan
- Gambar 4.40. *Time History Pull Out Test* lapangan
- Gambar 4.41. Grafik stress-strain pull out test lapangan
- Gambar 4.42. *Time History Pull Out Box Test*
- Gambar 4.43. *Time History Pull Out Box Test* Titik 4
- Gambar 4.44. *Time History Pull Out Box Test* Titik 5
- Gambar 4.45. *Time history pull out box test* titik 6

Gambar 4.46. Time history hasil test pada tanah silty sand

Gambar 4.47. Grafik stress-strain pull out test lapangan dan pull out box test

Gambar 4.48. Tampak Atas Posisi Pemasangan Polyester

Gambar 4.49. Sudut geser *polyester strip* dengan tanah timbunan

Gambar 4.51. Sudut geser polyester strip pada tanah silty sand





## DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1. Material Timbunan
- Tabel 2.2. Material Perkuatan
- Tabel 2.3. Parameter Pengetesan
- Tabel 2.4. Material Perkuatan
- Tabel 2.5. Hasil *Pull Out Test*
- Tabel 2.6. Koefisien Interaksi
- Tabel 2.7. Material Timbunan
- Tabel 2.8. Material Timbunan
- Tabel 2.9. Material Perkuatan
- Tabel 2.10. Perbandingan Hasil *Pull Out Test* Laboratorium dan Lapangan
- Tabel 2.11. Material Timbunan
- Tabel 2.12. Perbandingan Antara Prediksi dan *Pull Out Test*
- Tabel 2.13. Material Timbunan
- Tabel 2.14. Ringkasan hasil *Pull Out Test*
- Tabel 3.1. Property Tanah Timbunan
- Tabel 3.2. Variasi Tegangan Normal yang Digunakan
- Tabel 4.1. Tekanan *Air Bag* Rencana
- Tabel 4.2. Tekanan *Air Bag* Aktual
- Tabel 4.3. Pelaksanaan *Pull Out Test* Lapangan
- Table 4.4. Ringkasan hasil *pull out test* lapangan
- Table 4.5. Pelaksanaan *Pull Out Box Test*
- Table 4.6. Ringkasan hasil *pull out test* lapangan
- Tabel 4.7. Gaya *pull out* awal pergerakan caliper
- Tabel 4.8. *Displacement* pada puncak gaya *pull out*
- Tabel 4.9. Data pull out test Titik 4 Test 8
- Tabel 4.10. Panjang dan Luas *Polyester Strip*
- Tabel 4.11. Stress Saat Gaya *Pull Out* Maksimum Pada *Pull Out Test* Lapangan
- Tabel 4.12. Stress Saat Gaya *Pull Out* maksimum pada *Pull Out Box Test*

Tabel 4.13. *Pull Out Interface Shear Stress-Strain*

Tabel 4.14. Perbandingan Maksimum *Pull Out* capacity factor interaksi berdasarkan FHWA ( $F^* = \mu = \frac{2}{3} \tan\phi = 0.7364$ )

Tabel 4.15. Perbandingan Maksimum *Pull out* capacity factor interaksi berdasarkan *pull out box test* ( $F^* = \mu = \tan\delta = 0.4658$ )



# BAB I

## PENDAHULUAN

### II.1 LATAR BELAKANG

Maraknya perkembangan penggunaan material geosynthetic sebagai material perkuatan pada dinding penahan tanah merupakan imbas dari mahalanya perkuatan jenis lain. Selain harganya lebih murah, pemasangannya juga lebih mudah jika dibandingkan dengan perkuatan jenis lain. Namun geosynthetic memiliki kapasitas yang lebih kecil dan *durability* yang lebih pendek, mengingat bahan utamanya terbuat dari plastik yang rentan terhadap panas. Untuk itu pada struktur dinding penahan tanah dengan perkuatan material geosynthetic harus terhindar dari matahari.

Dalam mendesain dinding penahan tanah dengan perkuatan *polyester strip* terdapat *external stability* dan *internal stability*. Namun perhitungan *internal stability* sering kali diabaikan dan dianggap tidak penting, walaupun *internal stability* merupakan factor penting pada kekakuan struktur dinding penahan tanah. Oleh karena itu penulis ingin mempelajari lebih jauh mengenai salah satu bagian yang berperan penting dalam *internal stability* tersebut, yaitu *pull out resistance* atau gaya cabut pada material perkuatan dalam dinding penahan tanah.

Komponen utama yang berperan dalam *pull out resistance* adalah interaksi yang terjadi antara material perkuatan, yang dalam penelitian ini adalah *polyester strip*, dengan material timbunan *silt and sand*. Interaksi dari kedua material utama tersebutlah yang mengakibatkan adanya friksi / gaya penahan pada dinding penahan tanah. Untuk itu sangat perlu kiranya dilakukan penelitian yang lebih lanjut untuk mempelajari gaya interaksi antara kedua material tersebut.

## II.2 PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang dikupas oleh penulis adalah mengenai *pull out resistance* atau gaya tarik yang terjadi pada dinding penahan tanah dengan perkuatan *polyester strip* dan material timbunan berupa tanah silt and sand. Dalam penelitiannya ini penulis akan mempelajari gaya pull out yang didapat pada pengetesan di lapangan, pada kaki *Fly Over* Busung yang berlokasi di Bintan, dan gaya *pull out* yang didapat dari simulasi *pull out box test* yang dibuat oleh Dandung Sri Harninto (2010), serta gaya *pull out* hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan pada publikasi No. FHWA-NHI-10-024 (2009), *Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume I, chapter 4*, yang dikeluarkan oleh *U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration*. Material perkuatan dan material timbunan yang digunakan pada *pull out box test* adalah sama dengan proyek *Fly Over* Busung.

## II.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mempelajari

1. Untuk mempelajari perilaku *pull out* pada dinding penahan tanah dengan perkuatan polyester strip pada proyek *Fly Over* Busung-Bintan, dengan material timbunan berupa tanah *silt and sand*, yang merupakan tanah asli dari lokasi yang digunakan sebagai material timbunan pada pembangunan dinding penahan tanah tersebut.
2. Untuk mempelajari perilaku *pull out* pada *pull out box test* dengan menggunakan material perkuatan dan material timbunan yang sama dengan yang digunakan pada proyek *Fly Over* Busung-Bintan.
3. Untuk mendapatkan koefisien interaksi ( $F^*=\mu$ ) dan sudut geser ( $\delta$ ) antara polyester strip dengan tanah timbunan.
4. Untuk membandingkan hasil *pull out* test lapangan dengan *pull out box test*.
5. Untuk mendapatkan nilai kapasitas *pull out* dengan menggunakan persamaan pada FHWA

## II.4 MANFAAT PENELITIAN

1. Dapat mempelajari perilaku *pull out* test pada dinding penahan tanah dengan perkuatan *polyester strip* secara nyata dilapangan.
2. Dapat mempelajari perilaku *pull out* test pada dinding penahan tanah dengan perkuatan *polyester strip* pada simulasi dengan menggunakan *pull out box*.
3. Dapat mengetahui nilai koefisien interaksi ( $F^*=\mu$ ) dan sudut geser ( $\delta$ ) antara polyester strip dengan tanah timbunan.
4. Dapat membandingkan hasil *pull out* yang didapat dari pengetestan dilapangan dengan hasil simulasi *pull out box*.
5. Dapat menghitung kapasitas *pull out* maksimum berdasarkan persamaan dalam FHWA.

## II.5 BATASAN PENELITIAN

Batasan penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah sebagai berikut :

1. Permasalahan yang dikupas oleh penulis dalam penelitian ini adalah terbatas pada *pull out resistance* saja.
2. Material perkuatan yang digunakan adalah *polyester strip* dengan spesifikasi yang telah tercantum dalam Bab III.
3. Tanah urugan yang digunakan adalah *silt and sand* dengan spesifikasi yang telah tercantum dalam Bab III.
4. Perhitungan kapasitas pull out dilakukan adalah berdasarkan persamaan dalam publikasi No. FHWA-NHI-10-024 (2009), *Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume I, chapter 4*, yang dikeluarkan oleh U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.

## II.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan yang dilakukan oleh penulis mengacu pada pedoman penulisan tugas akhir (2008), yang meliputi bagian-bagian berikut ini:

### BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menjabarkan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan penelitian dan sistematika penulisan penelitian.

### BAB II. DASAR TEORI

Bab ini menjabarkan mengenai dasar teori dan perhitungan yang digunakan oleh penulis dalam menganalisa hasil penelitiannya, dan juga berisi tentang tinjauan pustaka dari peneliti-peneliti sebelumnya.

### BAB III. METODE PENELITIAN

Bab ini menjabarkan mengenai bagian-bagian alat *pull out test* serta metode pengetesan yang dilakukan oleh penulis pada *pull out test* secara nyata dilapangan dan dengan *pull out box*.

### BAB IV. ANALISA HASIL PENGETESAN

Bab ini menjabarkan mengenai analisa yang dilakukan oleh penulis dari hasil pengetesan *pull out resistance* secara nyata di lapangan dan *pull out box test*. Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan point-point yang telah dijabarkan dalam tujuan penelitian di Bab I.

### BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan yang dapat diambil oleh penulis, setelah penulis melakukan analisa terhadap hasil *pull out test*. Selain itu penulis juga akan memberikan beberapa saran untuk peneliti selanjutnya, supaya hasil yang didapat pada penelitian selanjutnya lebih baik dari yang penulis sajikan

## BAB II DASAR TEORI

### II.1 PERHITUNGAN DESAIN *PULL OUT RESISTANCE*

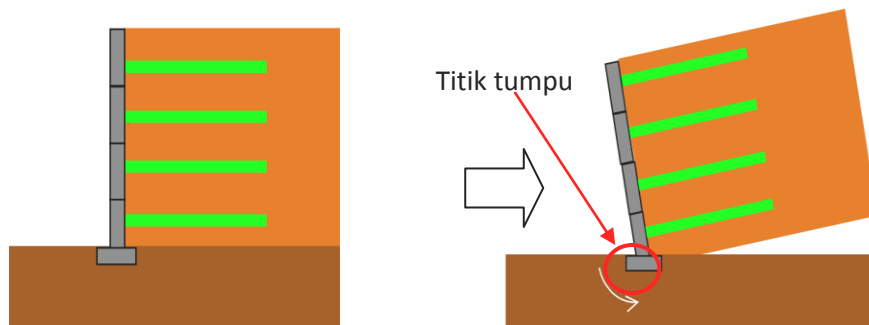
Dalam perhitungan analisisnya stabilitas untuk dinding penahan tanah dengan sistem perkuatan *geosynthetic* pada pembebanan statis melibatkan beberapa perhitungan terpisah pada masing-masing kegagalan eksternal dan internal yang mungkin terjadi pada sistem struktur dinding penahan tanah. Masing-masing perhitungan tersebut digunakan untuk memastikan bahwa struktur dinding penahan tanah dengan perkuatan *geosynthetic* aman dan nyaman untuk digunakan. Berikut ini adalah kegagalan eksternal dan internal yang mungkin terjadi pada struktur dinding penahan tanah dengan perkuatan *geosynthetic*, yang dalam penelitian ini penulis menggunakan material perkuatan *polyester strip*.

#### A. Stabilitas Eksternal

Perhitungan stabilitas eksternal dilakukan dengan mengasumsikan bahwa seluruh area perkuatan berperilaku sebagai suatu kesatuan struktur yang kaku. Karena pada saat suatu dinding perkuatan didesain secara baik, maka dinding penutup dan tanah perkuatan akan berperilaku sebagai suatu kesatuan struktur dengan gaya lateral yang bekerja dibelakang kesatuan struktur tersebut. Adapun yang termasuk dalam stabilitas eksternal tersebut adalah:

##### a. Stabilitas Terhadap *Overturning*

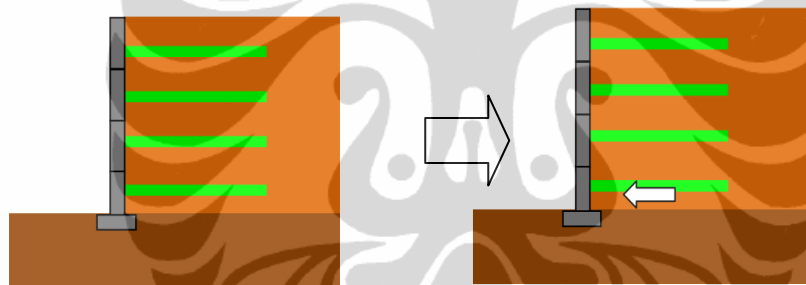
*Overturning* atau yang biasa dikenal sebagai moment guling merupakan gerakan yang terjadi pada dinding penahan tanah, yang diakibatkan oleh tidak adanya keseimbangan antara gaya penggerak dan gaya penahan yang terjadi pada titik tumpu dinding yang mengakibatkan struktur dinding terguling secara bersamaan.



Gambar 2.1. *Overturning*

b. Stabilitas Terhadap *Base Sliding*

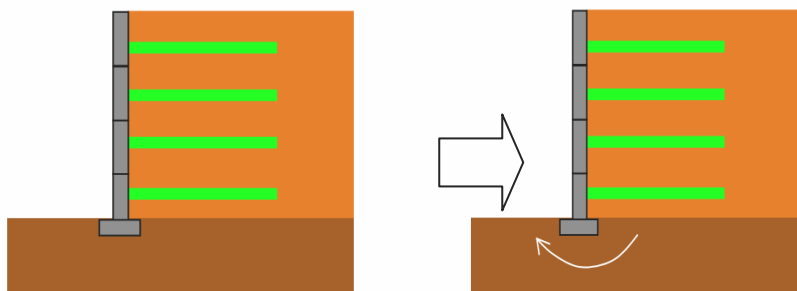
*Base sliding* adalah pergerakan yang terjadi secara bersamaan pada bagian dasar suatu block struktur dinding penahan tanah.



Gambar 2.2. *Base Sliding*

c. *Bearing resistance*

*Bearing resistance* adalah kemampuan atau daya dukung tanah dasar pada suatu dinding penahan tanah untuk menahan beban timbunan tanah di atasnya agar tidak runtuh, ataupun mengalami penurunan yang terlalu besar.



Gambar 2.3. *Bearing Resistance*



## B. Stabilitas Internal

Stabilitas internal merupakan ketahanan masing-masing bagian/komponen perkuatan dalam sistem suatu dinding penahan tanah dalam melawan gaya-gaya yang bekerja terhadap dinding. Kuat tarik dari material perkuatan dan serta tahanan material perkuatan merupakan modal utama dalam menyajikan stabilitas internal. Berikut adalah yang termasuk dalam stabilitas internal yaitu :

### a. *Tensile Resistance of Reinforced*

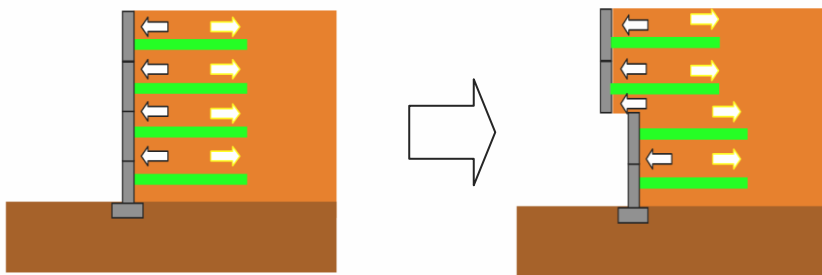
Yaitu kekuatan tarik dari material perkuatannya. Apabila suatu material perkuatan memiliki kuat tarik yang lebih kecil dari gaya friksi yang dihasilkan antara material perkuatan dengan tanah timbunan, maka material perkuatan tersebut dapat putus.



Gambar 2.4. *Tensile Resistance of Reinforced*

### b. *Internal Sliding*

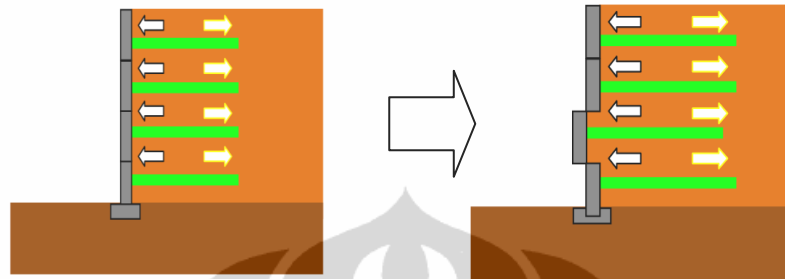
*Internal sliding* atau pergerakan sebagian dari struktur dinding penahan tanah, sedangkan bagian yang lainnya tetap.



Gambar 2.5. *Internal Sliding*

c. *Shear Failure*

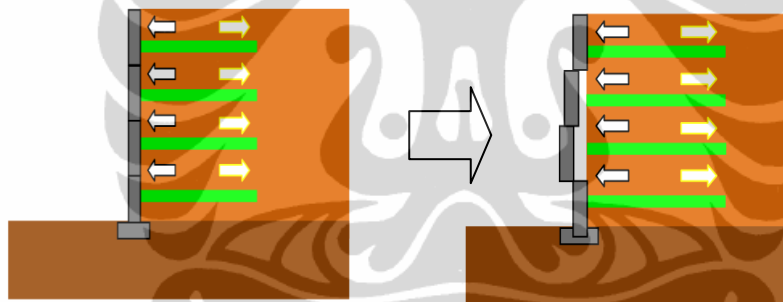
*Shear failure* atau kegagalan yang terjadi pada sambungan antara panel beton dengan panel beton lainnya.



Gambar 2.6. *Shear Failure*

d. *Connection Failure*

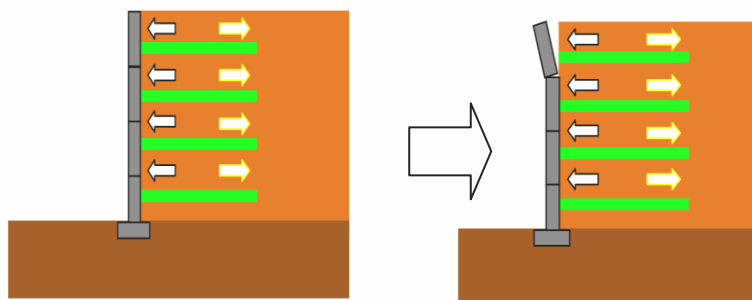
*Connection failure* adalah kegagalan pada pertemuan antara concrete facing dengan material perkuatan.



Gambar 2.7. *Connection Failure*

e. *Local Overturning*

*Local overturning* adalah guling yang terjadi pada sebagian segment dari dinding penahan tanah.



Gambar 2.8. *Local Overturning*

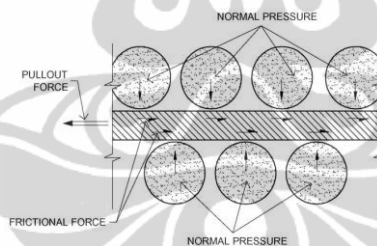
f. *Pull Out Resistance*

Dalam penulisan thesis ini penulis memfokuskan permasalahan pada *pull out resistance*. *Pull out resistance* yaitu besarnya gaya cabut pada material perkuatan, yang dalam hal ini adalah *polyester strip*.

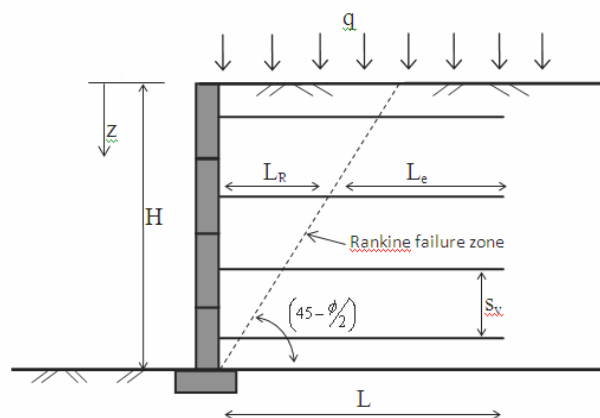


Gambar 2.9. *Pull Out Resistance*

Gaya *pull out* terjadi akibat adanya transfer tegangan pada tanah timbunan yang mengakibatkan gaya friksi antara material perkuatan dengan tanah timbunan. Proses transfer beban tersebut digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.10. Skema Transfer Tegangan



Gambar 2.11. Konsep Dinding Penahan Tanah Dengan Perkuatan

Besarnya gaya *pull out* dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$\phi' L_e \geq \frac{T_{\max}}{F^* \alpha \sigma_v C R_c} \quad (3-1)$$

dengan:

$L_e$  = panjang perkuatan pada zona penahan

$T_{\max}$  = *pull out resistance* pada tiap perkuatan per satuan lebar perkuatan

$F^*$  = *pull out resistance* faktor, atau faktor interaksi antara perkuatan dan timbunan yang besarnya :

$$F^* = a \tan \phi \quad (3-2)$$

dengan  $\phi$  = sudut geser tanah

$a = 2/3$  (menurut FHWA)

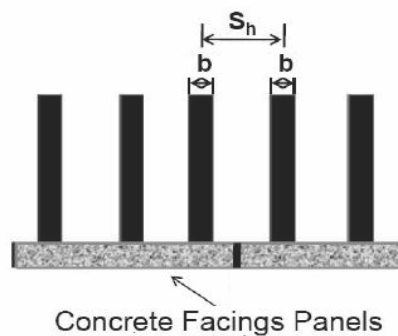
$\alpha$  = faktor koreksi, yang nilainya dapat diambil dari table 3-6 FHWA (*Lampiran 1*).

$\phi'$  = *Resistance factor* untuk *pull out resistance* pada dinding penahan tanah, yang nilainya didapat dari tabel 4-7 FHWA (*Lampiran 2*).

$\sigma_v$  = *overburden stress* atau tegangan vertikal

$C$  = koefisien interaksi (nilainya 2 untuk perkuatan jenis strip)

$R_c$  = Rasio cakupan area, yang nilainya 1 pada perkuatan menerus, dan untuk perkuatan yang tidak menerus dapat dihitung dengan persamaan:



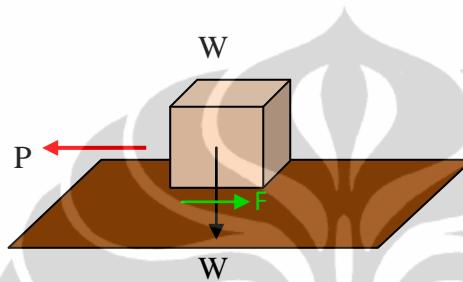
Gambar 2.12. Detail Perkuatan

$$R_c = b / S_h \quad (3-3)$$

$b$  = lebar material perkuatan

$S_h$  = jarak horizontal antara material perkuatan

Dalam analisa perhitungan sudut geser antara polyester strip dengan tanah timbunan penulis mengacu analisa sederhana sebagai berikut :



Gambar 2.13. Konsep Gaya Geser Sederhana

Jika sebuah box dengan luas permukaan  $A$  diletakan diatas lantai yang kemudian ditarik dengan gaya sebesar  $P$ , maka gaya tersebut akan ditahan oleh berat box itu sendiri ( $W$ ) dan gaya geser antara permukaan box dengan permukaan lantai ( $F$ ), sehingga dapat dibuat persamaan gayanya sebagai berikut:

$$\frac{P}{A} = \frac{W}{A} \tan \delta \quad (3-4)$$

Dimana  $\delta$  adalah sudut geser antara box dengan lantai,  $P/A =$  tegangan geser ( $\tau$ ) dan  $W/A =$  tegangan vertical ( $\sigma_v$ ), maka persamaan tersebut menjadi :

$$\tau_f = \sigma_v \tan \delta \quad (3-5)$$

Dalam perhitungan mekanika tanah konsep tersebut dituangkan dalam kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb, yaitu :

$$\tau_f = c + \sigma_v \tan \delta \quad (3-6)$$

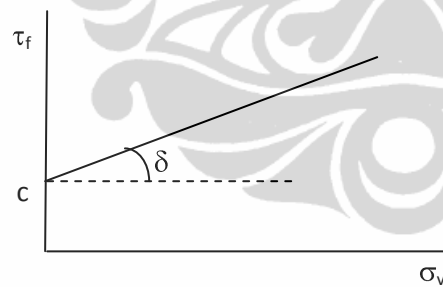
kemudian dengan memasukan nilai kohesi ( $c$ ) = 0, dan faktor interaksi ( $\mu$ ) =  $\tan\delta$ , maka persamaan diatas menjadi:

$$\tau_f = \sigma_v \mu \quad (3-7)$$

dimana :

- $\tau_f$  = *interface shear stress*, tegangan geser
- $\sigma_v$  = *overburden stress*, tegangan vertikal
- $c$  = kohesi yang pada percobaan *pull out* ini nilainya nol, karena tidak ada kohesi antara tanah timbunan dengan *polyester strip*
- $\delta$  = *angle of shearing resistance*, sudut geser antara *polyester strip* dengan tanah timbunan yang nilainya =  $a \phi$
- $\phi$  = sudut geser material tanah timbunan
- $a$  = koefisien  $\delta$

yang dapat pula digambarkan sebagai grafik, sebagai berikut



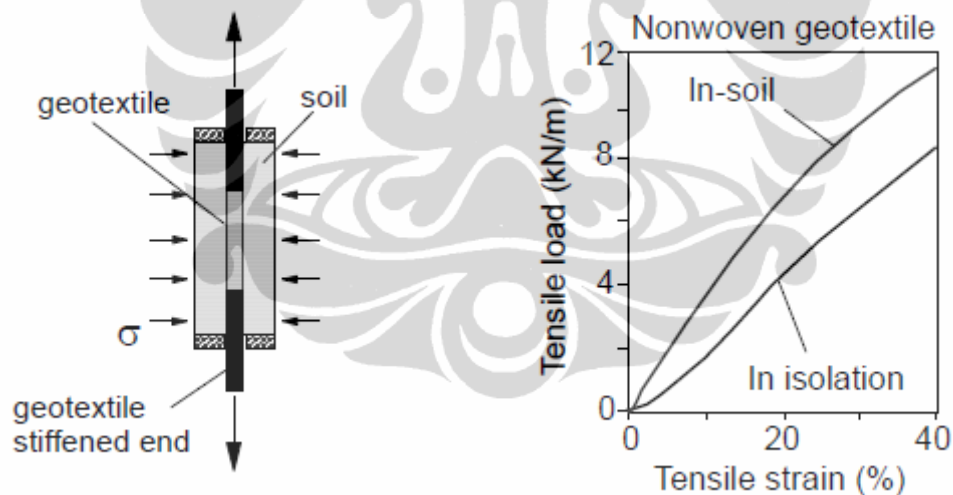
Gambar 2.14 Grafik *Interface Shear Stress*-Tegangan Vertikal

## II.2 TINJAUAN PUSTAKA

Berikut ini adalah tinjauan pustaka yang dilakukan oleh penulis mengenai *pull out resistance test* yang telah dilakukan sebelumnya:

### 1. McGown et al. (1982)

Dalam penelitiannya ini Mc Gown et al. (1982) meneliti tentang perbedaan hasil *pull out test* pada geotextile yang terkekang oleh tanah dan yang tidak terkekang. Material timbunan yang digunakannya tidak dijelaskan spesifikasinya, sedangkan untuk material perkuatannya digunakan *nonwoven* geotextile. Berikut ini adalah skema alat yang digunakan dan hasil *pull out* yang didapat dari pengujian ini.



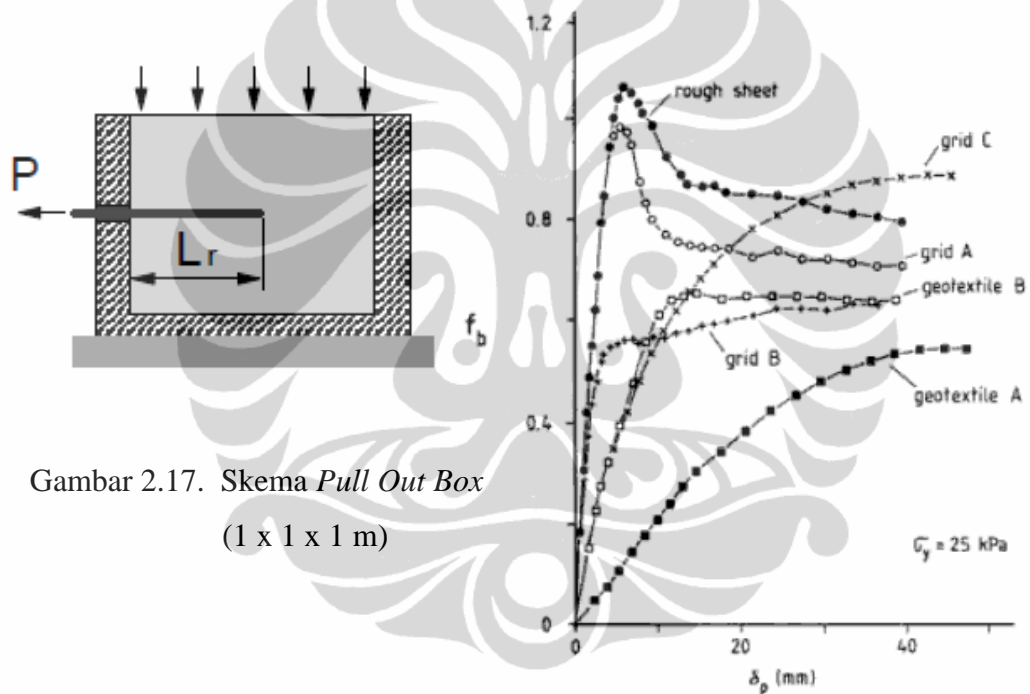
Gambar 2.15 Skema Alat Gambar

2.16 Hasil *Pull Out Test*

Dari penelitiannya tersebut Mc Gown et al. menyimpulkan bahwa pengekanan dapat menaikkan nilai *interlocking* dan *friksi* pada material geotextile dan mengakibatkan naiknya tegangan tarik

## 2. Palmeira (1987)

Dalam penelitiannya Palmeira (1987) ini memfokuskan kepada perilaku *pull out resistance* beberapa material perkuatan pada *normal pressure* 25 kPa. Material timbunan yang digunakan adalah *Leighton Bazard sand* dengan gradasi seragam pada setiap pengetesannya, ukuran butiran pasir yang digunakan adalah 7/14, 14/25 dan 25/52, sedangkan material perkuatannya berupa *geogrid*, *woven geotextile*, *metal strip*. Berikut ini adalah skema *pull out box* yang digunakan dan grafik hasil penelitian tersebut.



Gambar 2.17. Skema *Pull Out Box*  
(1 x 1 x 1 m)

Gambar 2.18 Hasil *Pull Out Test*

Dari hasil penelitiannya Palmeira (1987) menyimpulkan bahwa :

- material perkuatan tipe *rough sheet* memiliki *pull out resistance* tertinggi
- material perkuatan tipe *rough sheet* dan *geogrid A* memiliki tegangan yang besar di awal namun kemudian turun setelah mencapai titik puncaknya, sedangkan material yang lain relative stabil setelah tegangannya mencapai puncak.

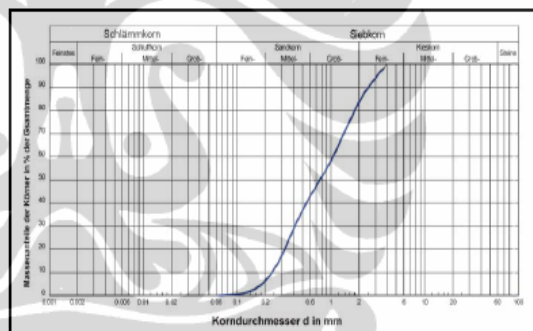


### 3. Norbert Meyer, Axel Nernheim, Ansgar Emersleben (1995)

Norbert Meyer, Axel Nernheim, Ansgar Emersleben (1995) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh gaya normal terhadap gaya pull out, serta besarnya nilai nilai coefisien interaksi antara material timbunan dan material perkuatan. Spesifikasi material timbunan yang digunakan dapat dilihat dari table 2.1 dengan gradasi pada gambar 2.17, sedangkan untuk material perkuatan digunakan 3 type *geogrid*, yaitu PEHD, PET dan PE. *Pull out box* yang digunakan berukuran 1.5 x 0.6 x 0.7 m, gambar skemanya dan fotonya dapat dilihat pada gambar 2.18 dan 2.19. Gaya normal yang diberikan sebesar 30.2, 45.3, 60.4 kN/m<sup>2</sup> untuk tiap type *geogrid*.

Tabel 2.1 Material Timbunan

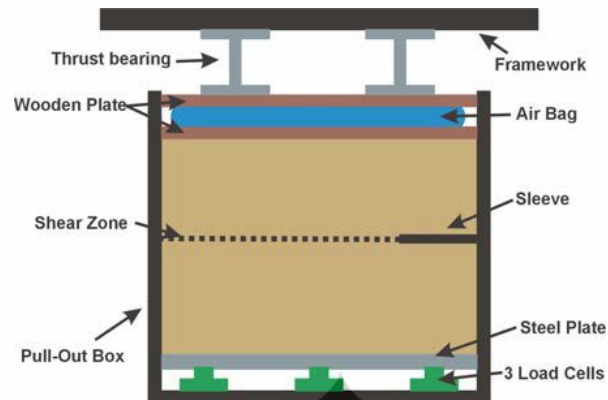
Unit weight $G_s$ [g/cm <sup>3</sup> ]	2.65
Minimum dry density $\gamma_{min}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1.56
Maximum dry density $\gamma_{max}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1.90
Coefficient of uniformity $U$	4.23
Coefficient of curvature $C$	0.59
Friction angle $\phi$ of Soil	36 – 43°



Gambar 2.19. Gradasi Material Timbunan

Tabel 2.2 Material Perkuatan

	Geogrid 1	Geogrid 2	Geogrid 3
Material	PEHD	PET	PE
Fabrication	extruded	woven	welded
Max. pull-out resistance [kN/m]	136.00	110.00	120.00
Strain at failure [%]	11.50	12.50	8.00
Distance between longitudinal members [mm]	16.00	20.00	94.00
Distance between transverse members [mm]	235.00	20.00	38.00
Thickness of transverse members [mm]	5.90	1.30	1.10
Surface structure	stiff	rough	smooth
Embedded length [cm]	49.00	51.00	51.00
Embedded width [cm]	30.00	33.00	22.00



Gambar 2.20. Skema *Pull Out Box* (1.5 x 0.6 x 0.7 m)

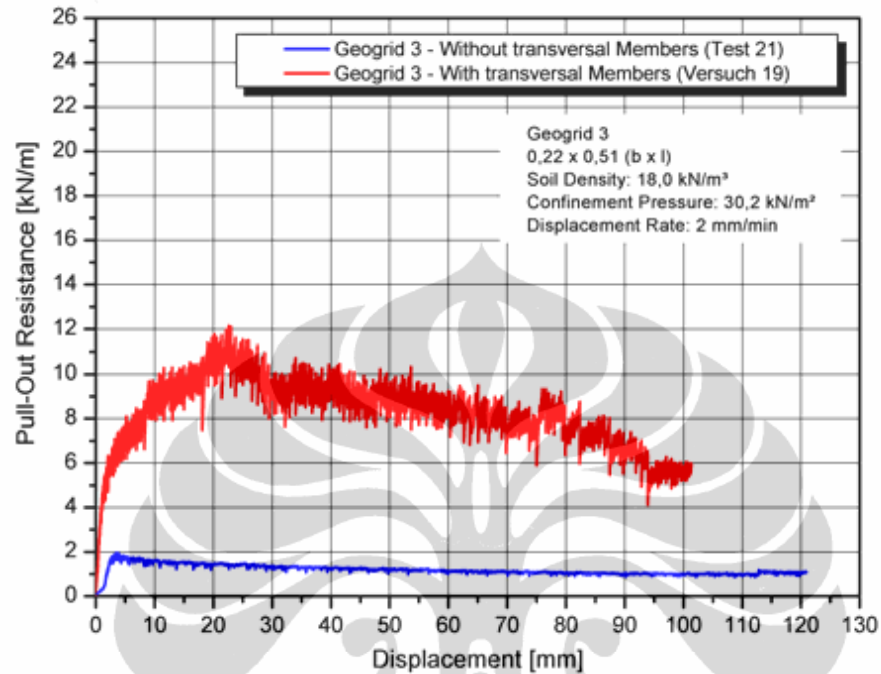


Gambar 2.21 *Pull Out Box*

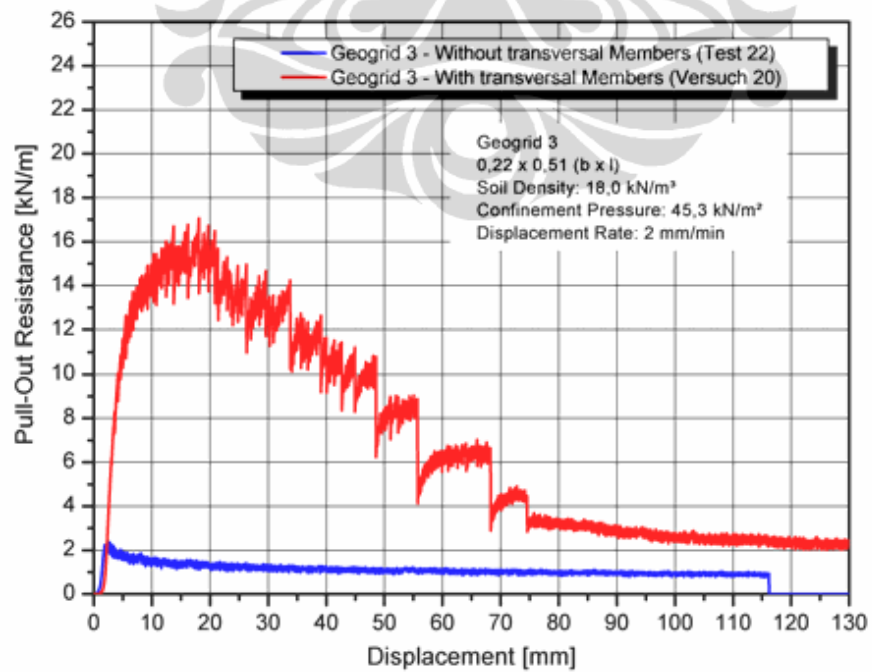
Tabel 2.3 Parameter Pengetesan

Parameter under study	Confinement pressure [kN/m <sup>2</sup> ]	Soil density [kN/m <sup>3</sup> ]	Displacement rate [mm/min]	Test-number
Geogrid 1 (extruded)	30.2	17.0 17.5 18.0	2.00	Test 1 Test 2 Test 3
	45.3	17.0 17.5 18.0	2.00	Test 4 Test 5 Test 6
	60.4	17.0 17.5 18.0	2.00	Test 7 Test 8 Test 9
Geogrid 2 (woven)	30.2	17.0 17.5 18.0	2.00	Test 10 Test 11 Test 12
	45.3	17.0 17.5 18.0	2.00	Test 13 Test 14 Test 15
	60.4	17.0 17.5 18.0	2.00	Test 16 Test 17 Test 18
Geogrid 3 (welded) With transverse members	30.2 45.3	18.0	2.00	Test 19 Test 20
Geogrid 3 (welded) Without transverse members	30.2 45.3	18.0	2.00	Test 21 Test 22

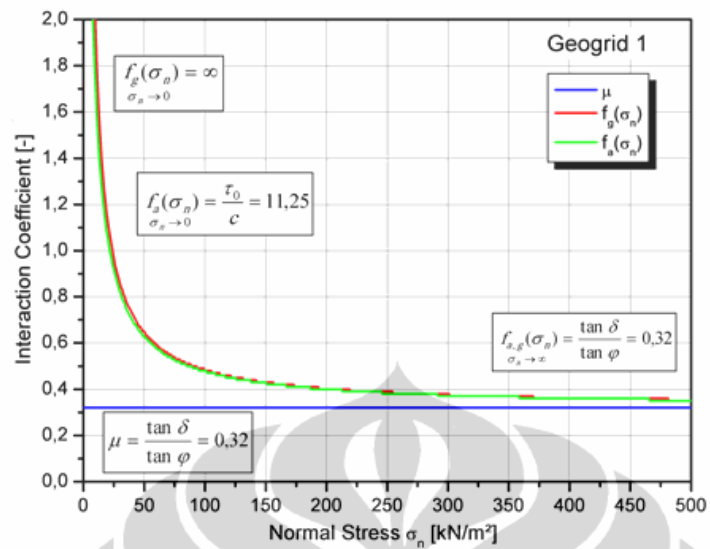
Dari percobaan Norbert Meyer, Axel Nernheim, Ansgar Emersleben (1995) didapatkan hasil *pull out test* sebagai berikut:



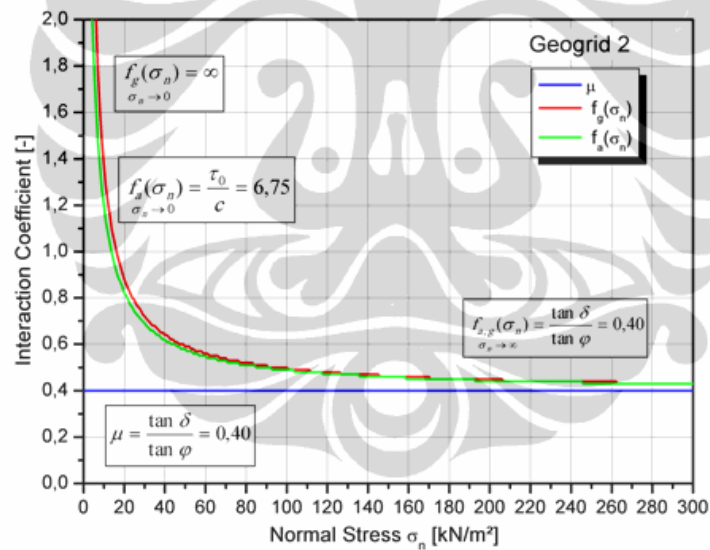
Gambar 2.22 *Pull Out Force*



Gambar 2.23. *Pull Out Force*



Gambar 2.24. Koefisien Interaksi Geogrid 1

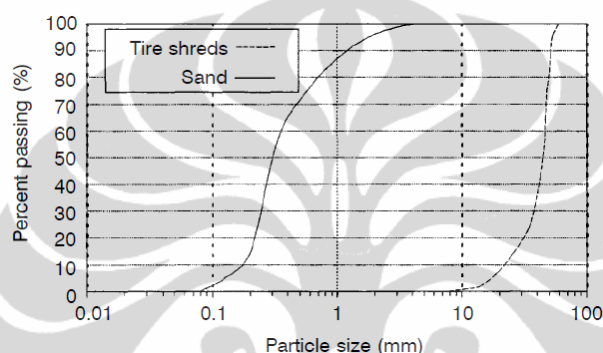


Gambar 2.25. Koefisien Interaksi Geogrid 2

Kemudian Norbert Meyer, Axel Nernheim, Ansgar Emersleben (1995) menyimpulkan bahwa nilai gaya *pull out* maksimum meningkat seiring dengan peningkatan gaya normal dan nilai koefisien interaksi berbeda-beda tergantung jarak geogrid yang digunakan.

#### 4. A. Bernal, R. Salgado R.H. Swan Jr. and C.W. Lovell (1997)

Penelitian yang dilakukan A. Bernal, R. Salgado R.H. Swan Jr. dan C.W. Lovell (1997) dilakukan untuk mengetahui nilai interaksi antara *tire shreds rubber-sand* dengan material perkuatan. Penelitian ini sangat menarik karena memanfaatkan sampah ban yang dicampur dengan pasir sebagai material timbunannya, sedangkan material yang digunakan berupa *geogrid*.

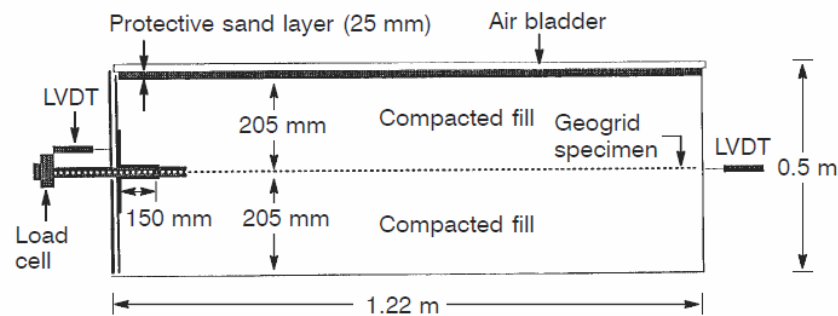


Gambar 2.26 Gradasi Material Timbunan

Tabel 2.4 Material Perkuatan

Property	Geosynthetic			
	Geogrid A	Geogrid B	Geogrid C	Geotextile
Manufacturing process and polymer type	High tenacity, multifilament PET fibers, woven grid coated with PVC			Woven PET
Aperture size (mm <sup>2</sup> )	20 × 20	50 × 50	100 × 100	NA
Mass per unit area (g/m <sup>2</sup> )	305	340	330	440
Percent open area (%)	70	90	95	4
Member thickness/Thickness (mm)	1.7	1.8	1.8	2.0
Ultimate strength in warp direction (kN/m)	55	35	35	200
Ultimate strength in fill direction (kN/m)	30	35	35	45
Elongation at break in warp direction (%)	12	11	11	9
Elongation at break in fill direction (%)	12	11	11	20
Tensile strength at 5% (geogrids) and 6% (geotextile) strain in warp direction (kN/m)	16	14.9	14.9	8.2
Tensile strength at 5% (geogrids) and 6% (geotextile) strain in fill direction (kN/m)	10	14.9	14.9	2.0
Long-term design load for silt and clay (kN/m)	28	19.7	19.7	102
Long-term design load for 380 mm crushed stone and gravel (kN/m)	22	14.9	14.9	97

Notes: PVC = polyvinyl chloride; PET = polyester; NA = not applicable.

Gambar 2.27. Skema *Pull Out Box*Tabel 2.5 Hasil *Pull Out Test*

Test	Geosynthetic	Material	Normal stress $\sigma_n$ (kPa)	Pullout force $F_p$ (kN)	Coefficient of interaction, $C_i$	Failure*
1	Geogrid C	Tire shreds	1.90	1.93	0.33	No
2	Geogrid C	Tire shreds	36.20	10.11	0.28	No
3	Geogrid C	Tire shreds	52.10	13.84	0.28	Rows 1 - 7
4	Geogrid C	Tire shreds	60.30	14.13	0.25	Rows 1 - 4
5	Geogrid B	Tire shreds	1.90	2.37	0.49	No
6	Geogrid B	Tire shreds	32.80	10.79	0.40	All rows
7	Geogrid B	Tire shreds	52.10	13.86	0.34	All rows
8	Geogrid A	Tire shreds	1.90	1.18	0.22	No
9	Geogrid A	Tire shreds	46.90	12.23	0.38	No
10	Geogrid A	Tire shreds	58.60	14.01	0.37	Row 1
11	Geotextile	Tire shreds	1.90	0.72	0.18	No
12	Geotextile	Tire shreds	33.80	12.07	0.53	No
13	Geotextile	Tire shreds	51.00	16.49	0.52	No
14	Geotextile	Tire shreds	57.90	17.34	0.51	No
15	Geogrid C	Rubber-Sand	42.80	13.56	0.29	Rows 1 - 7
16	Geogrid C	Rubber-Sand	67.60	17.23	0.26	Rows 1 - 3
17	Geogrid B	Rubber-Sand	3.00	3.22	0.36	No
18	Geogrid A	Rubber-Sand	3.00	3.44	0.49	No
19	Geogrid A	Rubber-Sand	34.10	11.21	0.53	No
20	Geogrid A	Rubber-Sand	45.50	13.08	0.35	Rows 4 - 5
21	Geogrid A	Rubber-Sand	54.50	14.50	0.34	Rows 1 - 5
22	Geotextile	Rubber-Sand	3.00	1.46	0.28	No
23	Geotextile	Rubber-Sand	34.50	14.69	0.56	No
24	Geotextile	Rubber-Sand	59.60	23.57	0.53	No

Note: \*Failure was determined in geogrids at the end of the pullout test by observing the number of rows of cross machine members in which the junctions had broken, with reference to the front of the specimen. No signs of material failure were observed in the geotextile specimens.

Dari hasil penelitiannya ini A. Bernal, R. Salgado R.H. Swan Jr. dan C.W. Lowell (1997) mendapatkan kesimpulan bahwa *tire shreds* dan *rubber sand* dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi pada dinding penahan tanah dengan perkuatan geotextile dan geogrid. Selain itu dari penelitian ini dia juga menyarankan nilai koefisien interaksi  $C_i$  yang dapat digunakan dalam perhitungan desain sebesar :

Tabel 2.6. Koefisien Interaksi

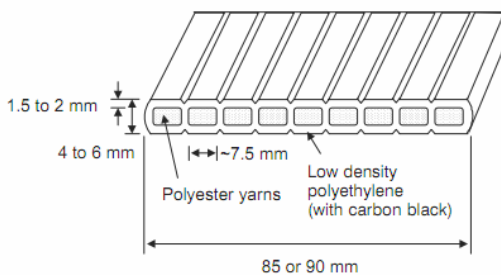
Backfill material	Coefficient of interaction, $C_i$			
	Geotextile	Geogrid A	Geogrid B	Geogrid C
Tire shreds	0.18 - 0.53	0.22 - 0.37	0.34 - 0.49	0.25 - 0.33
Rubber-Sand	0.28 - 0.56	0.34 - 0.53	0.25 - 0.36	0.25 - 0.36

**5. S. C. R. Lo (1998)**

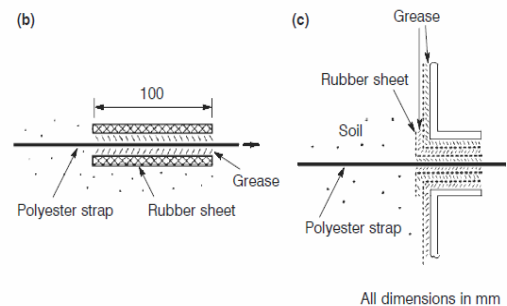
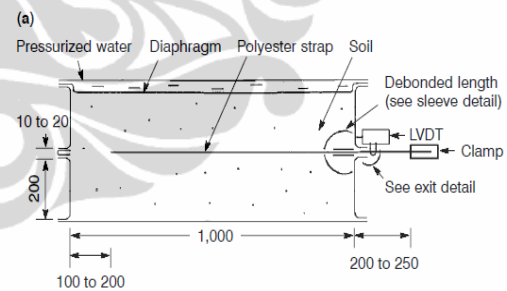
Penelitian yang dilakukan oleh S.C. R. Lo (1998) bertujuan untuk membandingkan hasil *pull out test* pada satu jenis material perkuatan, yaitu *polyester strap* dengan dua dimensi yang berbeda pada tiga *property* tanah yang berbeda pula.

Tabel 2.7. Material Timbunan

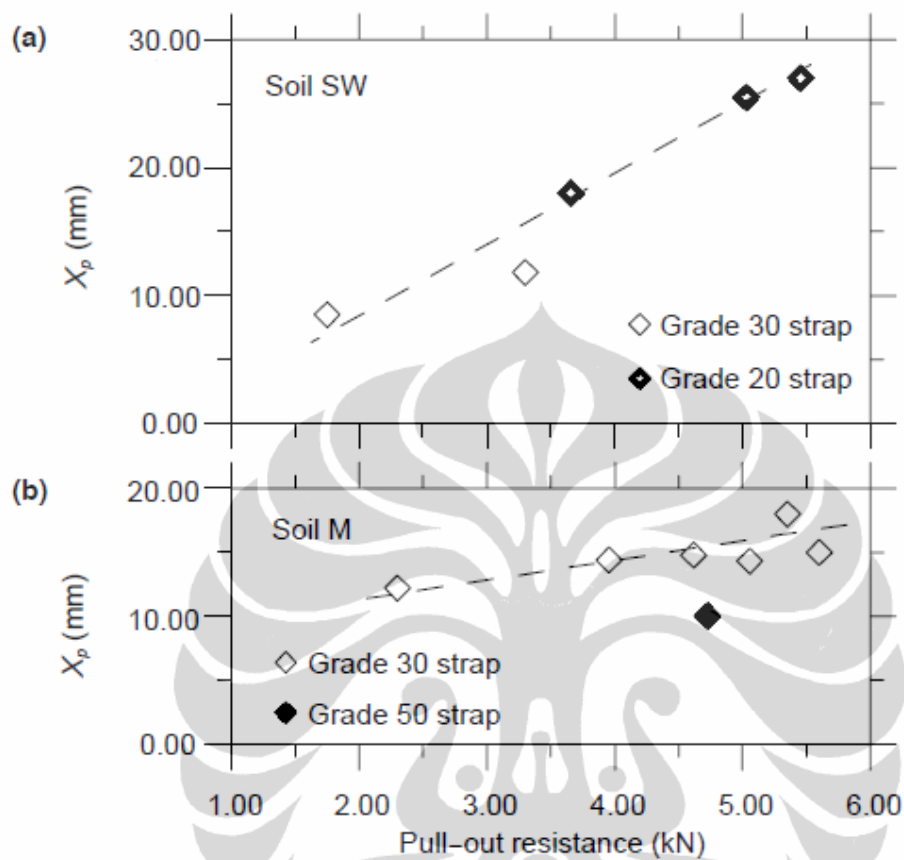
Property	Fill soil		
	PR	SW	M
$Q_{d-max}$ (kg/m <sup>3</sup> )	1,930	1,880	1,950
$w_{opt}$ (%)	15.5	15.0	11.5
$\phi$ (°)	40	40	38
$\phi_{res}$ (°)	38	30	33



Gambar 2.28. Material Perkuatan



Gambar 2.29. Skema Alat *Pull Out Test*



in  $X_p$  values was due to the following effects: (i) deformation along the soil-strap interface; (ii) deformation of the surrounding soil; and (iii) strap extension along the embedded strap. Effect (ii) would cause the constrained dilatancy effect, which complicated the influence of the strap grade on the  $X_p$  versus  $R_p$  relationship.

Gambar 2.30. Hasil *Pull Out Test*

Dalam penelitiannya ini S.C. R. Lo (1998) menggunakan tekanan normal sebesar 100 kPa. Dari hasil penelitian ini juga didapatkan kesimpulan bahwa semakin besar ukuran *strap*, semakin besar *pull out resistancenya*.



## 6. Ather Mohiuddin (2003)

Dalam penelitiannya Ather Mohiuddin (2003) melakukan perbandingan antara hasil *pull out test* di laboratorium dan dilapangan. Selain itu dia juga menganalisa kontribusi tahanan pasif terhadap gaya *pull out* total serta melakukan analisa untuk mendapatkan nilai koefisien interaksi (C) dan faktor koreksi skala ( $\alpha$ ). Material timbunan yang digunakan berupa *clayey silt* dan material perkuatan berupa geogrid dan geotextile.

Tabel 2.8. Material Timbunan

Liquid limit	Plasticity Index	% Silt	% Clay	Cohesion Intercept (C) psi	$\Phi'$ (degrees)	$W_{opt}$ (%)	$\gamma_{max}$ (pcf)
27	6	72.0	19.0	3.0	24	18.75	104

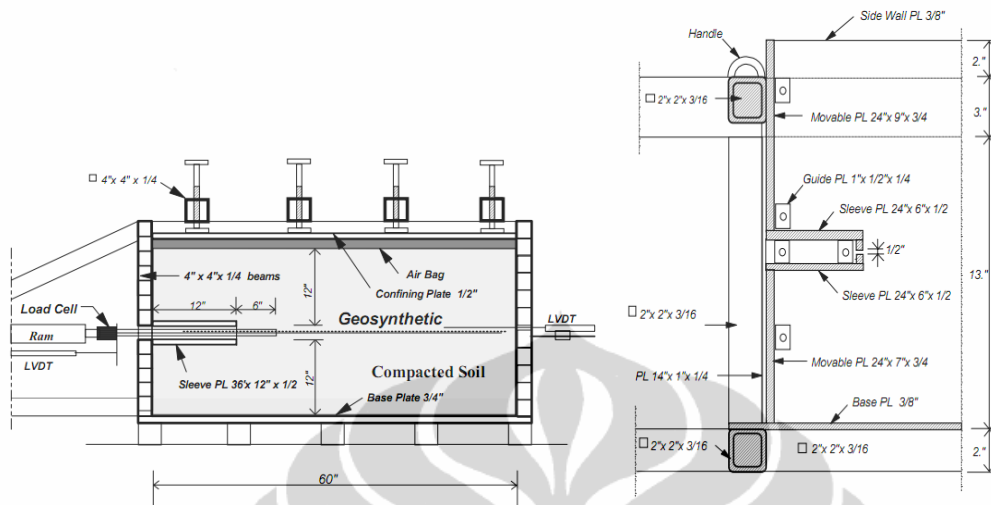
Tabel 2.9 Material Perkuatan

Properties of uniaxial geogrids

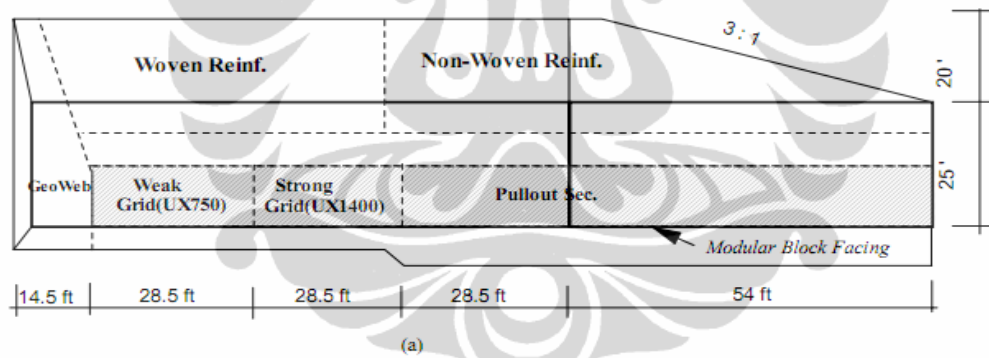
Type	Apertures (inch)		Open area (%)	Thickness (inch)		Tensile Modulus (lb/ft) per 1ft width
	MD	TD		ribs	junctions	
UX1500HS	14.5	0.66	68	0.065	0.167	90,000
UX1700HS	14.5	0.66	68	0.125	0.283	160,000
UX750SB	6	0.66	60	0.018	0.072	27,000
Strata 500	2.30	1.00	55	.050	.060	22,000

Properties of woven and non-woven geotextiles

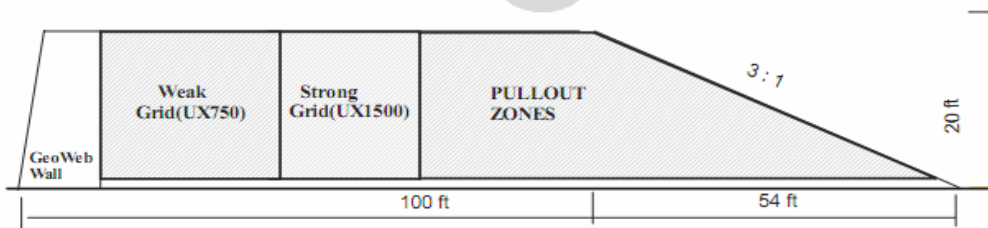
Product Name	Polymer Type	Mass per unit area (gm/m <sup>2</sup> )	Strength at 5% Strain (lb/in)/ft width		Ultimate Strength (lb/in)/1ft width	
			MD	XD	MD	XD
			Geotex(4x4)	Polypropylene	440	110
Geotex(6x6)	Polyester	455	150	250	600	600
TG 700 (NW)	Polypropylene	271	NP	NP	NP	NP



Gambar 2.31. Skema Pull Out Box



(a)



(b)

Gambar 2.32. Skema Field Pull Out Test

Tabel 2.10 Perbandingan Hasil *Pull Out Test* Laboratorium dan Lapangan

Geosynthetic type	Adhesion Intercept (psi)		Interface Friction Angle	
	$C_{ap}$		$\delta_{ap}$ (degrees)	
	Lab Tests	Field Tests	Lab Tests	Field Tests
Stratagrid- 500	4.8	3.67	10.1	3.91
UX750	0.93	1.14	24	9.31
UX1500	3.62	2.125	9.13	9.97
UX1700	2.55	2.7	14.57	15.16
Woven (4x4)	2.29	2.64	12.32	8.86
Woven (6x6)	NA	5.63	NA	9.86
Non-woven (TG700)	NA	1.5	NA	8.13

NA – Not Available.

Dari hasil penelitiannya tersebut Mohiuddin (2003) menyimpulkan bahwa hasil *pull out test* laboratorium dan lapangan hampir sama dan lebih mendekati pada material geotextile mutu tinggi. Kontribusi tahanan pasif berkisar antara 5-30% dari kapasitas *pull out* total. Nilai  $C$  adalah 0.5-1 pada uji lab dan 0.3-1.2 pada uji lapangan sedangkan nilai  $\alpha$  adalah 0.32-0.82 untuk material perkuatan geogrid.

#### 7. Sidnei H. C. Teixeira, Benedito S. Bueno, and Jorge G. Zornberg, M.ASCE (2007)

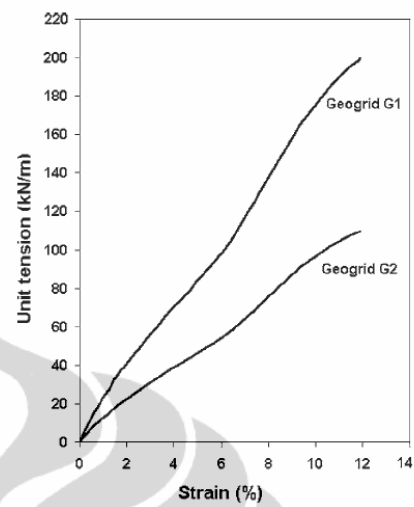
Penelitiannya Sidnei H. C. Teixeira, Benedito S. Bueno, and Jorge G. Zornberg, M.ASCE (2007) bertujuan untuk mengetahui pengaruh panjang perkuatan terhadap hasil *pull out test* dan membandingkan antara hasil *pull out test* geogrid dengan prediksi manual *pull out test* pada geogrid yang dihitung dengan menggunakan hasil *pull out test* komponen *transversal* dan *longitudinal* pada geogrid. Material perkuatan yang digunakan adalah *uniaxial polyester geogrid coated with PVC G1 (Fortrac 200/25-30 internal opening 29x28mm)* dan *G2 (Fortrac 110/30-20 internal opening 20x18mm)*

Tabel 2.11. Material Timbunan

Property	Soil A	Soil B
Specific gravity, $G_s$	2.664	2.666
Liquid limit, $w_L$ (%)	—	18
Plastic limit, $w_p$ (%)	NP <sup>a</sup>	14
Maximum dry unit weight, $\gamma_{d,max}$ (kN/m <sup>3</sup> ) <sup>b</sup>	18.85	19.16
Optimum water content, $w_{op}$ (%) <sup>b</sup>	10.2	10.7
Friction angle, $\phi$ (°)	36	33
Cohesion, $c$ (kPa)	15	25
Degree of compaction (%)	100	95
USCS soil classification	SM-SP	SM

<sup>a</sup>NP=nonplastic soil.

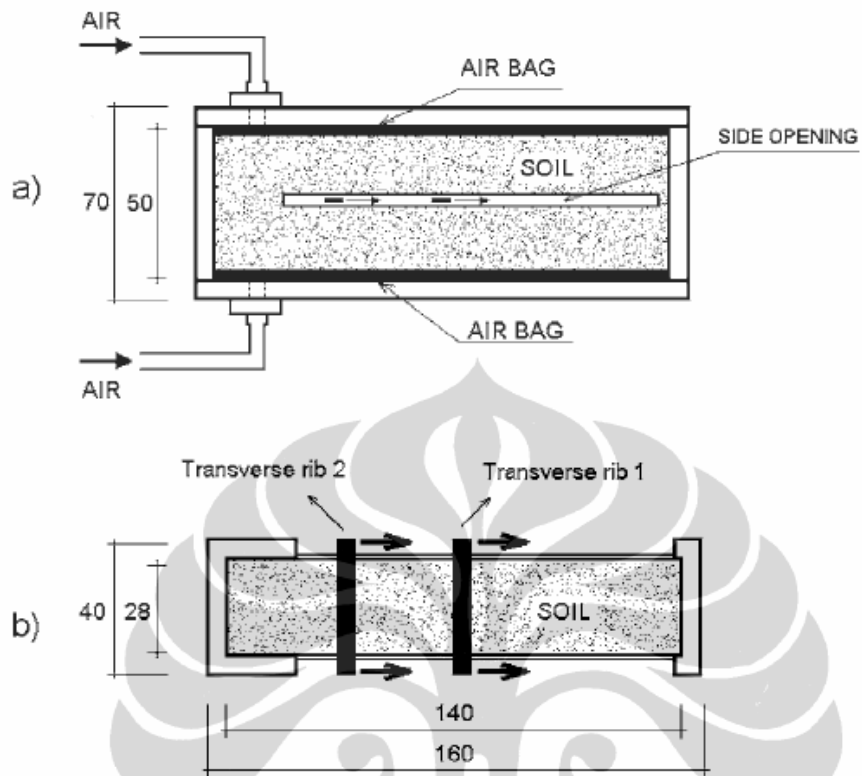
<sup>b</sup>In relation to Standard Proctor test (ASTM D 698).



Gambar 2.33. Hasil Test Tegangan Material Perkuatan

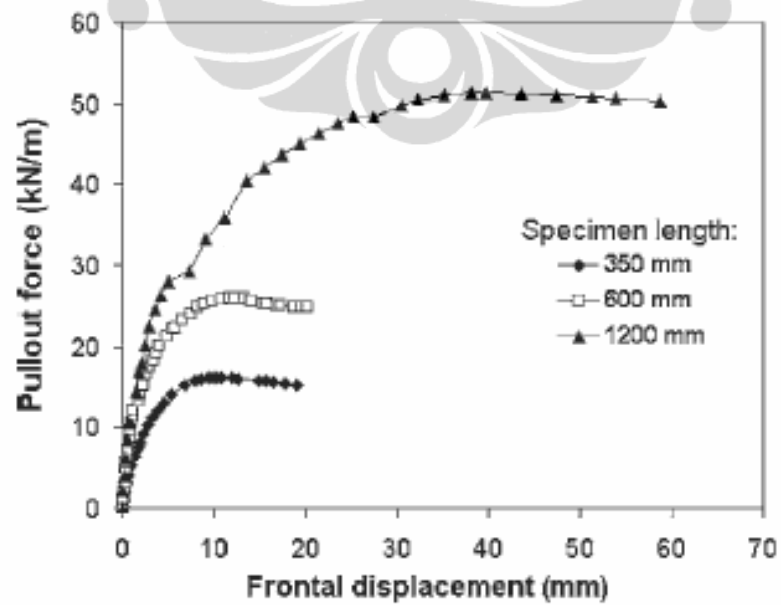


Gambar 2.34. Pull Out Box



Gambar 2.35. Skema Pull Out Box a) elevation view, b) plan view

Note : dimation in mm



Gambar 2.36. Hasil Pull Out Test Material yang Berbeda Panjangnya

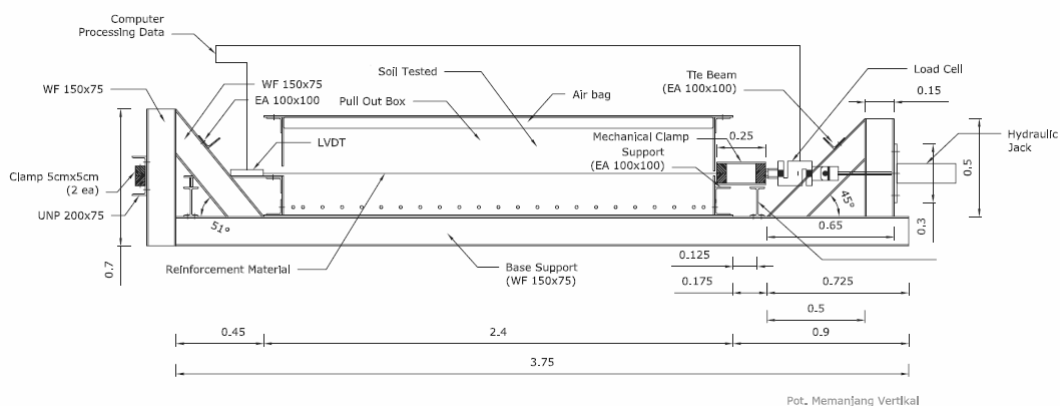
Tabel 2.12. Perbandingan Antara Prediksi dan *Pull Out Test*

Test	Ultimate pullout resistance (kN/m)				
	LS1	LS2	LS3	LS4	LS5
Experimental value from large-scale pullout test	16.2	25.9	51.4	37.8	20.6
Value predicted using from individual-rib test results	14.8	24.7	52.0	38.1	22.6

Dari hasil percobaan disimpulkan bahwa semakin panjang material semakin besar gaya *pull out resistance*-nya, semakin meningkat kekakuan pada awal *pull out*, semakin besar *displacement* yang terjadi pada saat puncak *pull out*. Hasil *pull out test geogrid* hampir sama dengan hasil prediksi manual *pull out test* pada geogrid yang dihitung dengan menggunakan hasil *pull out test* komponen *transversal* dan *longitudinal* pada geogrid

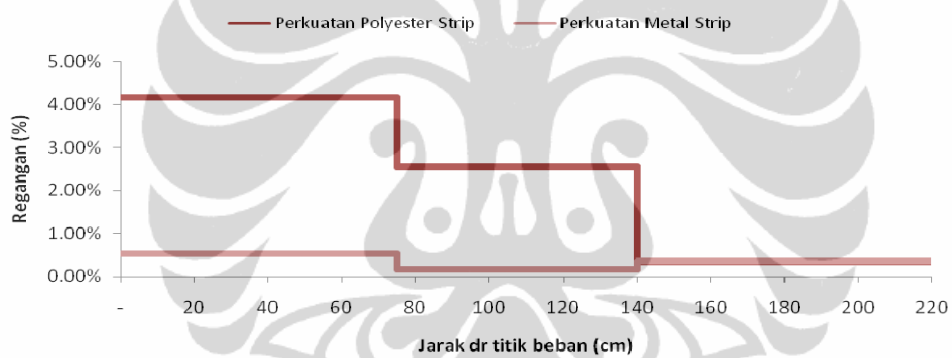
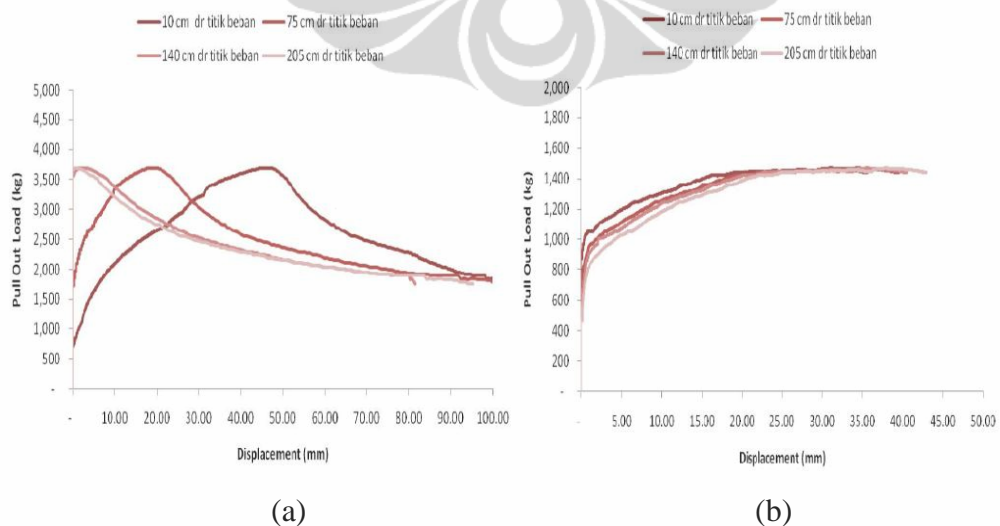
## 8. Dandung Sri Harninto (2010)

Dalam penelitiannya ini Dandung Sriharninto (2010) bertujuan untuk membangun alat *pull out resistance test*, mempelajari perilaku *pull out* secara *comprehensive* dan mendapatkan nilai koefisien interaksi antara tanah timbunan dengan material perkuatan. Dalam penelitian ini digunakan dua jenis material timbunan dan dua jenis material perkuatan, yaitu *Silty Sand* dan *Clayey Silt* sebagai material timbunannya serta *polyester strip* dan *metal strip* sebagai material perkuatannya.

Gambar 2.37. Skema *Pull Out Box*

Tabel 2.13 Material Timbunan

Item	Silty Sand	Clayey Silt	Satuan
Specific gravity ( $G_s$ )	2.65	2.65	
Optimum Moisture Content (OMC)	14.38	37.9	%
Maksimum dry density ( $\gamma_{drv\ max}$ )	18.59	12.77	$kN/m^3$
Optimum wet density ( $\gamma_{wett\ opt}$ )	21.26	17.31	$kN/m^3$
Soil classification			
- LL		81.46	%
- PL		55.58	%
- PI		25.88	%
Kohesi (c)	0.16	38.38	kPa
Sudut geser ( $\phi$ )	46.91	30.83	°
Grain size			
- Sand	72.5	1	%
- Silt	24	73.5	%
- Clay	3.5	25.5	%

Gambar 2.38. Tipikal Pola Sebaran Regangan Pada Tanah *Silty Sand* Akibat *Pull Out*Gambar 2. 39. Hasil *Pull Out Test* Pada Tanah *Silty Sand* Dengan Tegangan Normal 142kPa a) *Polyester Strip*, b) *Metal Strip*

Tabel 2.14 Ringkasan hasil *Pull Out Test*

Jenis Tanah	Material	$\sigma_n$ (kPa)	Peak (kg)	Resd. (kg)
Silty Sand (SS)	Polyester Strip	38	1,323	515
Silty Sand (SS)	Polyester Strip	73	1,844	790
Silty Sand (SS)	Polyester Strip	142	3,698	1,749
Silty Sand (SS)	Metal Strip	38	615	
Silty Sand (SS)	Metal Strip	73	723	
Silty Sand (SS)	Metal Strip	142	1,470	
Clayey Silt (CS)	Polyester Strip	38	639	373
Clayey Silt (CS)	Polyester Strip	73	767	440
Clayey Silt (CS)	Polyester Strip	142	1,741	1,365
Clayey Silt (CS)	Metal Strip	38	664	
Clayey Silt (CS)	Metal Strip	73	791	
Clayey Silt (CS)	Metal Strip	142	941	

Dari hasil penelitiannya Dandung Sriharninto (2010) mendapatkan beberapa kesimpulan, yaitu :

- transfer tegangan yang terjadi pada material perkuatan *polyester strip* tidak merata, sedangkan pada *metal strip* merata.
- displacement pada material *polyester strip* terjadi secara gradual hingga puncak, kemudian *pull out strength*-nya turun secara drastis dan kemudian landai hingga mencapai kondisi residualnya. Sedangkan pada *metal strip pull out strength*-nya meningkat secara menerus hingga mencapai suatu titik konstan tanpa mengalami penurunan yang tiba-tiba.
- Kapasitas *pull out* pada material *silty sand* lebih tinggi daripada *clayey silt*.
- Kombinasi *silty sand* dengan *metal strip* merupakan kombinasi yang nilai *pull out*-nya paling tinggi.
- Nilai koefisien interaksi sebesar 53.29% untuk *silty sand – metal strip*, *silty sand – polyester strip* 44.76%



### BAB III

## METODE PENELITIAN

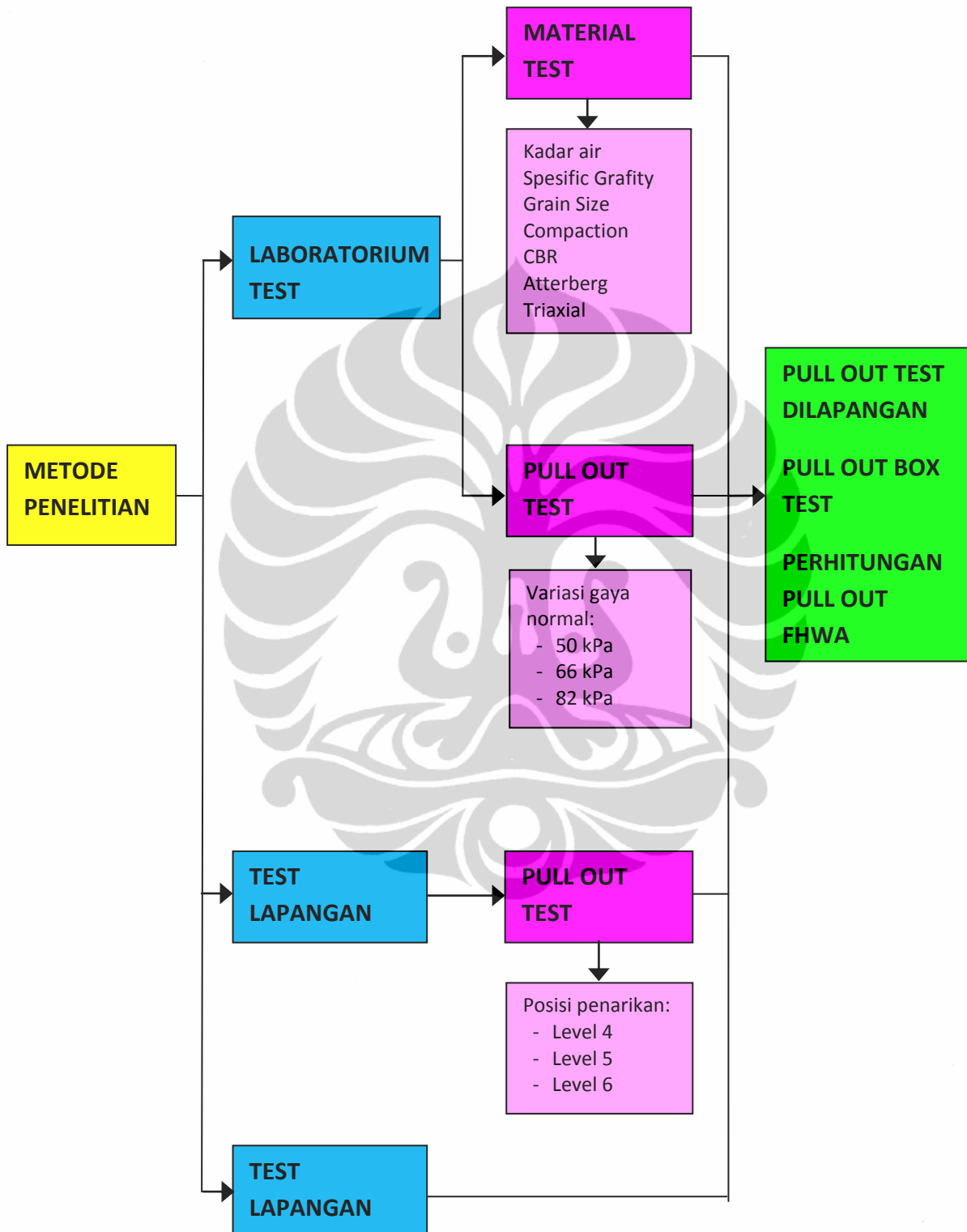
Metode penelitian yang diangkat oleh penulis adalah dengan membandingkan hasil simulasi *pull out test* yang dilakukan menggunakan *pull out box* dengan *pull out test* lapangan yang dilaksanakan pada dinding penahan tanah pada proyek *Fly Over Busung*, yang berlokasi di Pulau Bintan. Tujuan utamanya adalah untuk mendapatkan nilai *pull out* atau besarnya nilai interaksi antara tanah dengan material perkuatan, yang dalam hal ini adalah geosintetis tipe *polyester strip*.

Dengan harapan untuk mendapatkan hasil *pull out* yang relatif mendekati antara *pull out box test* dengan *pull out test* lapangan, penulis menggunakan material perkuatan dan jenis tanah yang sama. Selain itu parameter kepadatan dan kadar air tanah pada pelaksanaan simulasi juga diusahakan mendekati kondisi lapangan.

Dari hasil pengetesan *pull out box test* dan *pull out test* lapangan secara nyata pada dinding penahan tanah tersebut diharapkan pula alat *pull out box test* tersebut nantinya dapat dijadikan parameter sistim pengetesan yang akurat pada desain dinding penahan tanah dengan sistim perkuatan sejenis.

Selain itu, penulis juga akan mencoba menganalisa besarnya nilai sudut geser antara material perkuatan dengan material timbunan. Dengan harapan untuk dapat digunakan dalam perhitungan manual kapasitas *pull out* dinding penahan tanah dengan perkuatan sejenis secara lebih akurat.

Berikut ini adalah skema metode yang akan dilaksanakan oleh penulis :



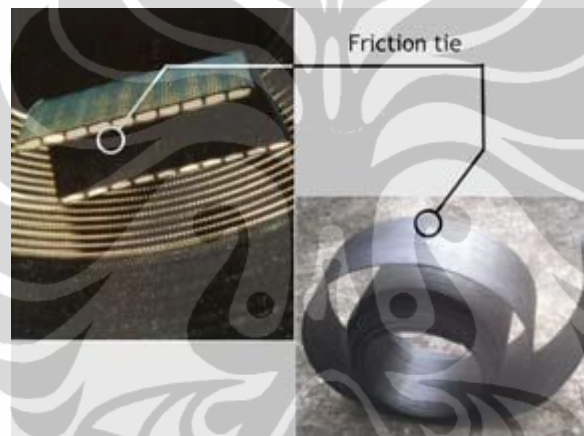
Gambar 3.1. Skema Metode Penelitian.

### II.3 MATERIAL PROPERTIES

Sebelum simulasi *pull out test* dilaksanakan harus diketahui data-data teknis dari dari tanah urugan dan material perkuatan yang akan digunakan, karena hasil pengetesan akan berbeda untuk setiap jenis tanah urugan dan material perkuatan yang berdeda.

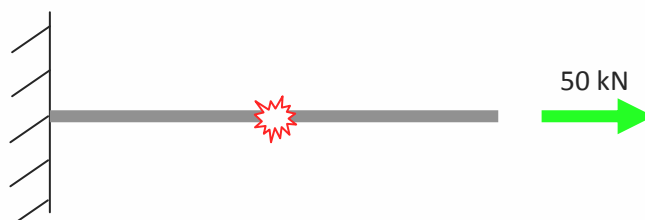
#### i. Material perkuatan

Untuk jenis material perkuatan yang digunakan dalam pengetesan ini adalah *polyester strip* dengan data teknis material perkuatan sebagai berikut:



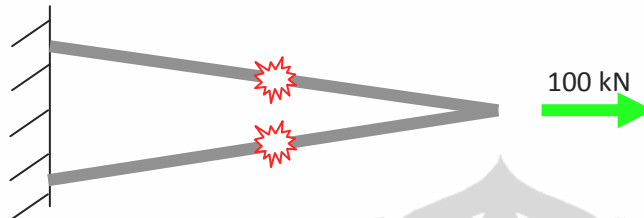
Gambar 3.2. *Polyester Strip*.

Lebar	: 9 cm
Tebal	: 0.2 cm
Kuat tarik dari data supplier	: 50 kN untuk setiap stripnya

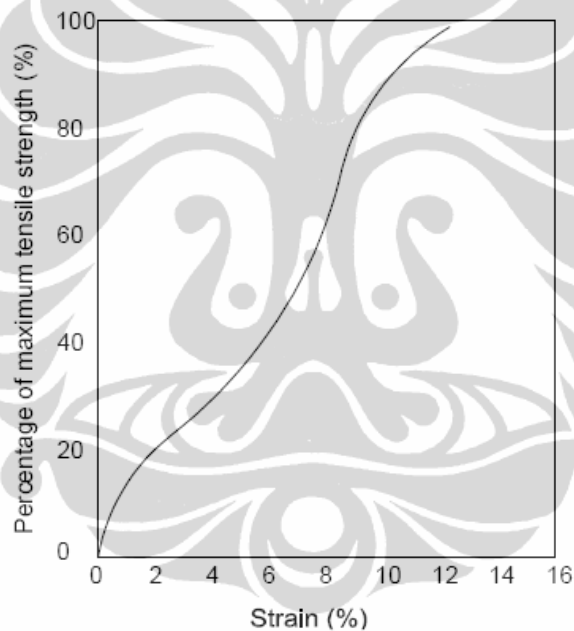


Gambar 3.3. Kuat Tarik Ijin Material *Single Polyester Strip*

Dalam simulasi dan pengujian di lapangan, penulis menggunakan 2 baris *polyester strip*, sehingga kuat tarik ijinnya menjadi 100 kN dan *Tensile Strength-Strain* materialnya dapat dilihat pada gambar



Gambar 3.4. Kuat Tarik Ijin Material *Couple Polyester Strip*



Gambar 3.5. Grafik *Tensile Strength-Strain* Material *Polyester Strip*

Data teknis tersebut dianggap sudah cukup, karena pada pengujian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Dandung Sri Harninto (2010) memperlihatkan bahwa kegagalan yang terjadi adalah dikarenakan interaksi antara material perkuatan dengan tanah timbunan. Tidak ada kegagalan yang terjadi akibat kegagalan dari kuat tarik material perkuatan, sehingga dapat disimpulkan bahwa kuat tarik material perkuatan yang digunakan sangat cukup dalam pengujian ini.

## ii. Tanah Timbunan

Tanah timbunan yang digunakan dalam pengetesan laboratorium ini diambil dari lokasi proyek *Fly Over Busung*, Bintan, dan merupakan type tanah yang sama dengan yang digunakan untuk timbunan pada proyek tersebut, sehingga parameter teknis tanahnya sama.

Kondisi tanah diusahakan mendekati kondisi di lapangan, sehingga diharapkan hasil komparasi antara *pull out test* di *workshop* dengan *pull out test* dilapangan akan lebih mendekati. Adapun parameter mekanis tanah yang harus diketahui sebelum dilaksanakannya *pull out test* adalah sebagai berikut:

### 1. Kadar air tanah

Pengetesan kadar air tanah dilakukan di laboratorium sebelum dilakukannya OMC test, hal ini dilaksanakan untuk mendapatkan jumlah kadar air awal dari contoh tanah, sehingga kita dapat mengkondisikan tanah timbunan nantinya sesuai dengan kadar air yang kita perlukan. Pengetesan kadar air dilakukan dengan cara menimbang tanah basah, kemudian mengeringkan tanah tersebut dengan oven dan menimbang tanah kembali.



Gambar 3.6. Test Kadar Air Awal

Nilai kadar air dapat dihitung dengan rumus :

$$w = \frac{\text{berat tannah basah} - \text{berat tanah kering}}{\text{berat tanah kering}} \quad (3-1)$$

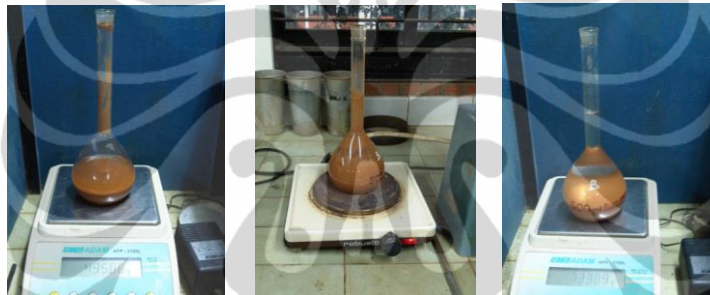
dengan :

$w = \text{kadar air (dalam \%)}$

Nilai berat tanah basah dan berat tanah kering yang digunakan dalam perhitungan harus dikurangi dengan berat cawan yang digunakan.

## 2. *Specific Gravity*

*Specific gravity test* digunakan untuk mengetahui nilai berat jenis dari tanah timbunan yang digunakan. Nilai  $G_s$  yang didapat dari pengetesan ini akan digunakan dalam menentukan  $Z_{av}$  pada *compaction test* untuk mengetahui nilai OMC tanah timbunan.



Gambar 3.7. *Specific Gravity test*

Pengetesan dilakukan dengan cara memasukan tanah yang telah lolos saringan nomer 200 sebanyak 100 gr kedalam tabung yang berisi air suling dengan berat, ketinggian dan suhu yang terukur. Kemudian mengeluarkan udara dalam pori-pori tanah dengan cara memanaskan campuran tersebut. Setelah diendapkan semalam, kemudian ditimbang kembali pada suhu dan batas air yang sama seperti awal. Hasil dari pengetesan ini didapatkan nilai  $G_s = 2.834$ .

## 3. *Grain Size Distribution Test*

*Grain size distribution test* dilakukan untuk mengetahui besarnya distribusi ukuran butiran pada tanah timbunan yang akan digunakan. Semakin besar ukuran butiran tanah timbunan, maka semakin besar gaya *pull out* yang akan dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh *friksi* yang dihasilkan antara tanah dan material perkuatan (*polyester strip*) juga semakin besar.

Untuk mengetahui nilai *gradasi* butiran tanah timbunan ini dilakukan dua buah cara pengetestan, yaitu dengan *hydrometer test* dan *sieve analysis test*.



Gambar 3.8. *Hydrometer Test*

Cara pertama adalah dengan *hydrometer test*, yaitu untuk mengetahui *gradasi* butiran yang lebih kecil dari saringan nomer 200 (0.075mm). Prinsip dasar *hydrometer test* ini adalah mengukur diameter butiran dari nilai kecepatan pengendapan butiran tersebut, semakin besar ukuran butiran semakin cepat mengendap.



Gambar 3.9. *Sieve Test*

*Sieve analysis test* atau test pengayakan digunakan untuk mengetahui *gradasi* butiran yang berada diantara saringan nomer 200 (0.075mm) dan nomer 4 (4.75 mm). Pengetestan ini dilakukan dengan cara mengayak butiran tanah melalui ayakan terbesar sampai ayakan terkecil dan kemudian ditimbang hasilnya.

Dari hasil *hydrometer test* dan *sieve analysis test* didapatkan komposisi tanah :

Sand : 37 %

Silt : 36 %

Clay : 27 %

sehingga deskripsi tanahnya menjadi *Silt and Sand*.

#### 4. *Modified Compaction Test*

*Compaction test* atau test pemadatan tanah digunakan untuk mendapatkan nilai maksimum *dry density* dan *Optimum Moisture Content (OMC)*, sehingga tanah urugan nantinya dapat dikondisikan nilai kadar airnya untuk mendapatkan kondisi pemadatan maksimum. Dalam kasus ini penulis memilih tipe *modified* karena pada kondisi aktual dilapangan beban tanah merupakan beban lalulintas yang cukup tinggi.



Gambar 3.10. *Modified Compaction Test*

*Modified compaction test* dilakukan dengan cara memadatkan tanah yang telah dikondisikan kadar airnya, dengan menggunakan *mold* dan *hammer*, yang kemudian dicari kadar airnya.

Dari hasil pengetesan ini didapatkan:

*Maksimum Dry Density* ( $\gamma_{dry\ max}$ ) : 18.09 kN/m<sup>3</sup>

*Optimum Moisture Content* ( $w_{opt}$ ) : 17.8 %



Pada saat pelaksanaan *pull out box test* nantinya, pemadatan tanah akan diusahakan untuk mendekati nilai *OMC*. Sehingga kepadatan tanah yang didapat mendekati nilai maksimumnya sehingga hasil *pull out box test* juga mencapai nilai maksimum.

#### 5. *California Bearing Ratio (CBR)*

Pengetesan *CBR* dilakukan untuk mengetahui persentase kepadatan tanah pada saat tanah dipadatkan dengan kadar air yang mendekati nilai *OMC*. Nilai kepadatan tanah tersebut juga akan dibandingkan dengan nilai kepadatan yang didapat dilapangan pada saat pelaksanaan pekerjaan dinding penahan tanah pada proyek *Fly Over Busung*.



Gambar 3.11. *CBR Test*

Pengetesan *CBR* dilakukan dengan menggunakan alat test *CBR*, untuk mendekati kondisi tanah seperti dilapangan maka kemudian contoh tanah yang telah di test *CBR* direndam selama empat hari, setelah itu dilakukan test *CBR* kembali.

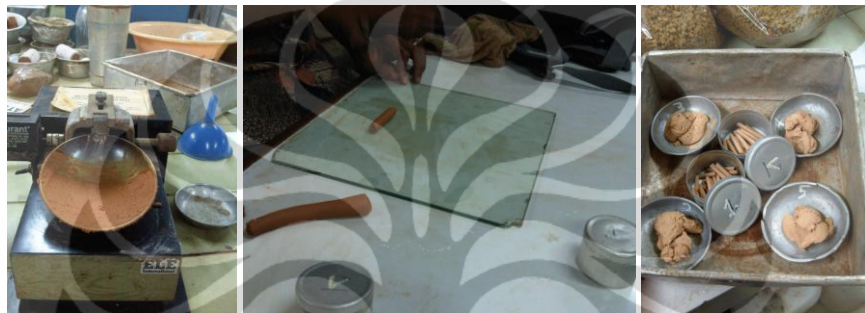
Nilai *CBR* yang didapat dari pengetesan ini pada saat penetrasi 0.1 inc adalah:

*Unsoak* : 75.92%

*Soak* : 22.70%

### 6. *Atterberg limit*

*Atterberg limit test* dilakukan untuk mengetahui klasifikasi jenis tanah timbunan yang digunakan. Pengetesan dilakukan pada contoh tanah yang telah lolos saringan nomer 200 dengan menggunakan *casagrande liquid limit device* untuk *liquid limit test* dan untuk *plastic limit test* dilakukan dengan cara memilin tanah sampai terlihat retak-retak rambut, kemudian keduanya dicari kadar airnya.



Gambar 3.12. *Atterberg Test*

Dari Hasil test ini didapatkan nilai sebagai berikut:

*Liquid Limit (LL)* : 67.40 %

*Plastic Limit (PL)* : 41.96 %

*Plastic Index (PI)* : 25.44 %

maka dapat diambil kesimpulan bahwa tanah tersebut masuk kedalam klasifikasi MH.

### 7. *Triaxial UU*

*Triaxial UU test* dilakukan untuk mendapatkan nilai sudut geser ( $\phi$ ) dan kohesi (c) dari tanah timbunan. Nilai sudut geser dan kohesi ini juga mempengaruhi besarnya nilai *pull out test* yang terjadi. Selain itu, nilai kohesi dan sudut geser tanah timbunan sangat diperlukan pada saat kita menghitung desain suatu dinding penahan tanah.



Gambar 3.13. Sample Tanah Hasil *Triaxial UU Test*

Pengetesan dilakukan dengan cara memberikan tekanan  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  dan  $\sigma_3$  pada contoh tanah sampai dengan contoh tanah tersebut mengalami keruntuhan.

Dari pengetesan ini didapat:

Kohesi ( c ) : 70.95 kPa

Sudut Geser ( $\phi$ ) : 47.84°

Dari semua perhitungan dan pengetesan laboratorium dapat kita rangkum hasilnya sebagai berikut :

Tabel 3.1. Property Tanah Timbunan

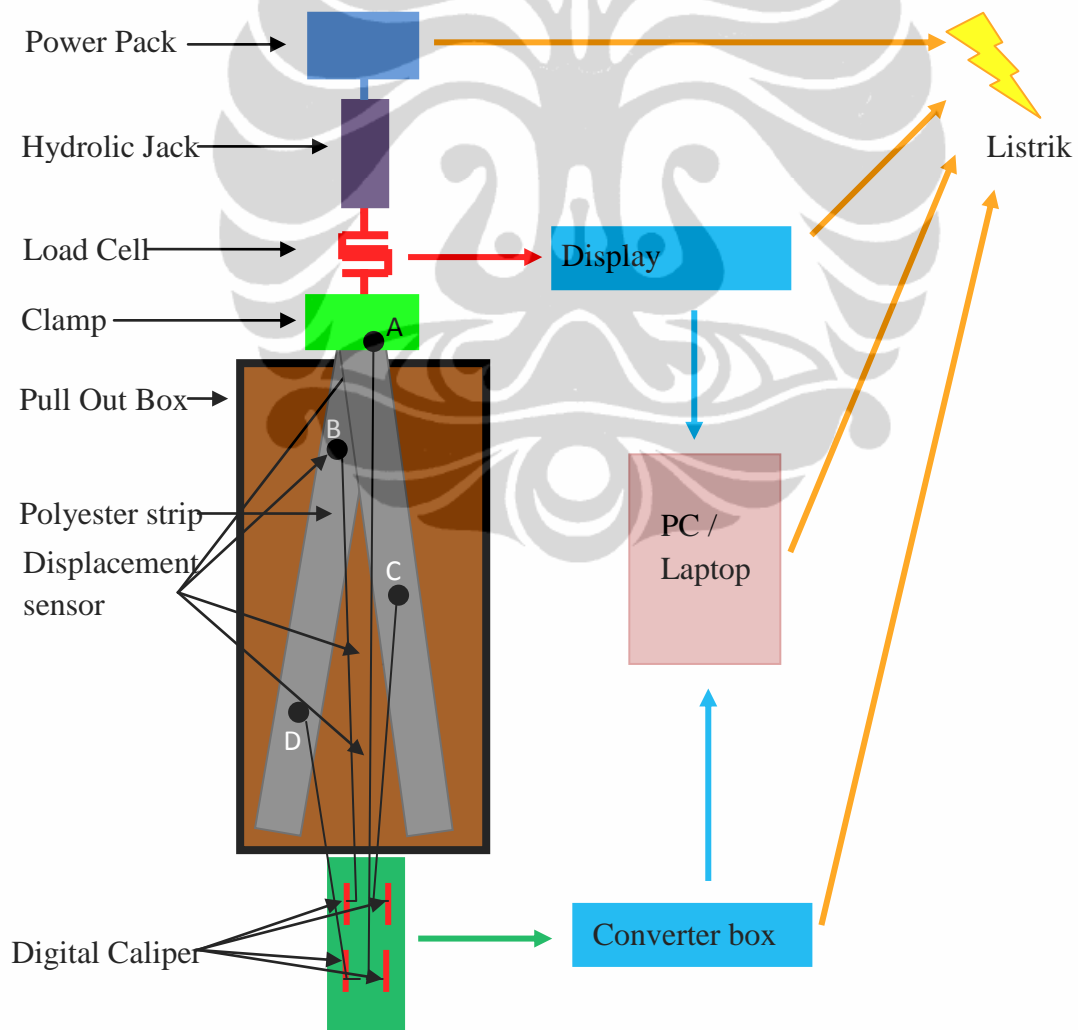
Item	Nilai	Satuan
Spesific gravity ( $G_s$ )	2.834	
Soil Description	Silty Sand	
Optimum Moisture Content (OMC)	17.80	%
Maksimum dry density ( $\gamma_{dry\ max}$ )	18.09	kN/m <sup>3</sup>
Optimum wet density ( $\gamma_{wett\ opt}$ )	21.151	kN/m <sup>3</sup>
CBR (penetrasi 0.1 inc)		
- Unsoak	75.92	%
- Soak	22.70	%
Soil classification	MH	
- LL	67.40	%
- PL	41.96	%
- PI	25.44	%
Kohesi (c)	70.95	kPa
Sudut geser ( $\phi$ )	47.84	

## II.4 PULL OUT BOX TEST

Simulasi *pull out test* akan dilakukan di workshop PT. Geoforce di daerah Jati Bening dengan menggunakan alat *pull ou boxt test*. Alat *pull out test* yang akan digunakan tersebut dibangun oleh penulis sebelumnya, Dandung Sri Harninto dalam Studi Perilaku *Pull Out* Elemen Perkuatan Tanah Pada Sistim Dinding Penahan Tanah (2010).

### i. Bagian-bagian Alat Pull Out Box Test

Alat *pull out test* terdiri dari beberapa bagian, adapun skema dari bagian-bagian alat *pull out test* tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 3.14. Skema *Pull Out Box*

### 1. Pull Out Box

*Pull out box* dibuat dari struktur plat baja yang dirangkai dengan menggunakan baja siku dengan dimensi bagian dalamnya:

Panjang	: 2.2 m
Lebar	: 0.5 m
Tinggi	: 0.5 m
Tebal	: 5 mm

Karena *pull out box* ini hanya diisi tanah setinggi 0.4 m dari dasar *box*, maka dalam sekali pengujian dibutuhkan volume tanah  $0.44 \text{ m}^3$  yang telah terpadatkan. Garis perbedaan warna pada bagian dalam *pull out box* (tinggi 5cm per-warna) digunakan untuk menghitung kepadatan tanah dan disesuaikan dengan kepadatan tanah yang didapat pada saat *OMC*.



Gambar 3.15. *Pull Out Box*

Penambahan air (dalam cc) pada setiap kg tanah untuk mencapai nilai *OMC* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Penambahan air} = \frac{\text{Kadar air OMC} - \text{Kadar air awal}}{1 + \text{Kadar air awal}} \times 1000 \quad (3-2)$$

Setelah kadar air tanah mencapai nilai OMC, maka kebutuhan tanah untuk mencapai kepadatan per-layer (5 cm), dengan vol per-layer sebanyak  $0.055\text{m}^3$ , dapat dihitung melalui beratnya dengan persamaan:

$$\text{Berat tanah} = \gamma_{\text{wet opt}} \text{ kg/m}^3 \times 0.055\text{m}^3 \quad (3-3)$$

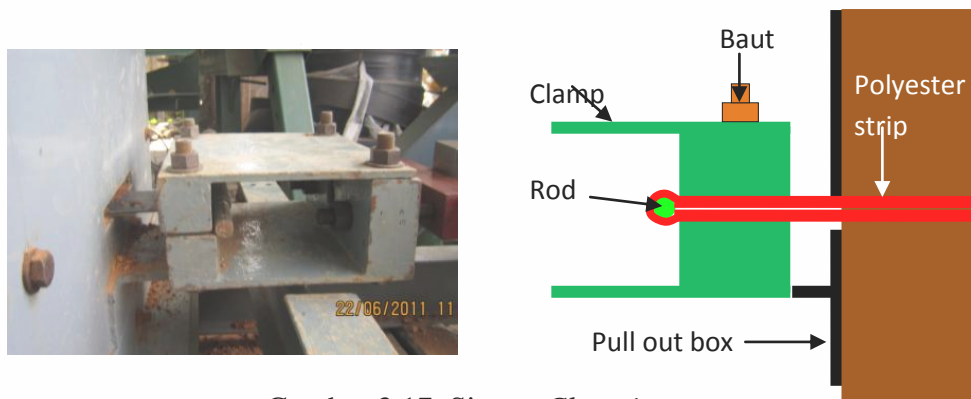


Gambar 3.16. Potongan Melintang *Pull Out Box*

*Polyester strip* diletakkan pada tengah-tengah ketinggian tanah timbunan, yaitu elevasi 20 cm dari dasar box, kemudian di atasnya ditimbun kembali dengan tanah setinggi 20 cm, dan 10 cm sisanya digunakan untuk kantong udara (*air bag*), kemudian ditutup dengan menggunakan plat besi.

## 2. Sistem *Clamping*

*Clamp* yang digunakan terbuat dari baja yang menggunakan baut sebagai penguncinya dan menggunakan besi baja ulir dengan diameter 25mm untuk melilitkan *polyester strip* ke *clamp*, sehingga sistem ini terhindar dari slip pada saat berlangsungnya penarikan.



Gambar 3.17. Sistem *Clamping*

### 3. *Power Pack* dan *Hidraulik Jack*

Spesifikasi *power pack* dan *hidraulik jack* yang digunakan adalah :

Kapasitas tarik	: 100 kN (10ton)
Kapasitas pompa	: 0.85 KW
Diameter stroke hidraulik jack	: 10 cm
Panjang stroke hidraulik jack	: 20 cm

Dalam pengujian ini arah beban *hidraulik jack* yang digunakan adalah mundur atau tarik, sampai dengan batasan sepanjang *stroke*-nya.



Gambar 3.18. *Power Pack* dan *Hidraulik Jack*

### 4. *Load Cell* dan *Display Indicator*

*Load cell* digunakan untuk mengkonversi besaran gaya tarik antara *hidraulik jack* dengan material perkuatan *polyester strip* kedalam signal elektrik. Konversi tersebut terjadi dalam 2 tahap, yaitu :

- a. Pertama : gaya diterima sebagai deformasi oleh *strain gauge*
- b. Kedua : *strain gauge* mengkonversi deformasi tersebut menjadi signal elektrik yang kemudian diterjemahkan menjadi besaran gaya dan ditampilkan pada *display indicator*.



Gambar 3.19. *Load cell*

*Load cell* yang digunakan merk Zemic type H3-C3-10-6B, dengan spesifikasi:

- Tipe S-tarik
- Kapasitas kerja maksimum 10 ton.

*Load cell* ini diaplikasikan untuk mengukur beban tarik dan dihubungkan dengan sebuah *display indicator*.



Gambar 3.20 *Display indicator*

*Display indicator* digunakan untuk menampilkan besarnya beban yang sedang bekerja pada *load cell*. *Display indicator* yang digunakan adalah merk SGW type 3015S. Kabel *output* standar pada *display indicator* adalah RS 232, yang kemudian ditambahkan kabel *converter* dari port RS 232 ke port USB sehingga dapat terhubung ke computer.





Tabel 3.2. Variasi Tegangan Normal yang Digunakan

Posisi	Ketinggian timbunan (dihitung dari atas timbunan)	Berat tanah ( $\gamma_{wet\ opt}$ )	Tekanan air bag
	m	kN/m <sup>3</sup>	kPa
Titik 4	4.08	21.151	82
Titik 6	2.56	21.151	50
Titik 8	1.13	21.151	20

Nilai tersebut akan ditambahkan beban tanah setebal 20 cm di atas *polyester strip*, sesuai dengan penambahan tanah didalam *pull out box*.

#### 6. Caliper Digital

*Caliper digital* yang berfungsi sebagai instrumen *LVDT (Linear Variable Differential Transformer)* digunakan untuk mencatat deformasi yang terjadi pada polyester strip. *Caliper digital* terhubung ke *converter box* melalui kabel data. *Caliper digital* ini terhubung oleh kawat nickel berdiameter 0.25 mm pada titik empat pengukuran displacement di sepanjang polyester strip. *Caliper digital* yang digunakan adalah merk Mitutoyo seri 500-171. Penulis juga menambahkan caliper digital pada *stroke* hidraulik untuk menghitung kecepatan *stroke*.

Gambar 3.24 *Caliper Digital* dan Sensor Kawat Nickel

Untuk menghindari *friksi* antara kawat nickel dengan tanah, maka kawat nickel dimasukan kedalam pipa kuningan diameter luar 2.5 mm atau dapat juga dimasukan kedalam pipa nylon dengan diameter kecil. Untuk mengikat kawat nickel pada material perkuatan digunakan mur-baut dengan diameter 2.5 mm.

### 7. Converter box

*Converter box*, digunakan untuk mengkonversi data dari caliper digital ke format UART (*universal asynchronous receive transmit*), sehingga dapat diolah oleh *software* yang telah di instal di labtop.



Gambar 3.25. *Laptop dan Converter Box*

*Converter* ini memiliki empat buah port input dari yang dapat dihububungkan dengan empat buah digital caliper dan terdapat sebuah output kabel USB untuk dihubungkan ke labtop.

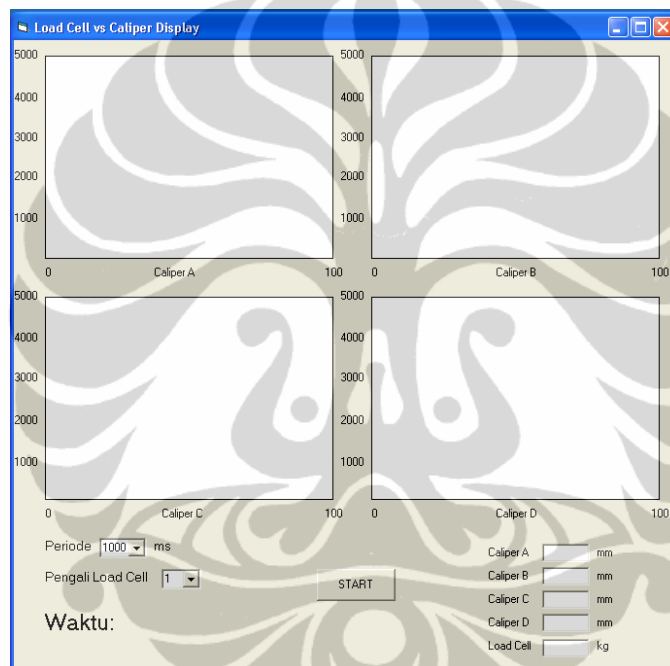
### 8. Software terminal

*Software* terminal digunakan untuk menangkap dan mengolah sinyal digital yang didapat dari:

- *Display indicator* pada pembacaan beban
- *Converter box* yang pada pembacaan displacement dari empat port data pada *caliper digital*.

Data-data yang didapat ditampilkan dalam format grafik scatter x-y hubungan *displacement* dan beban dengan periode *akuisisi* data yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Data disimpan oleh *software* dalam bentuk 6 buah kolom *spread sheet excel*, yakni:

- |              |              |
|--------------|--------------|
| 1) waktu     | 4) caliper b |
| 2) beban     | 5) caliper c |
| 3) caliper a | 6) caliper d |



Gambar 3.26 *Display Software* “Terminal”

## ii. Pelaksanaan *Pull Out box Test*

Tahapan pengetesan yang dilakukan oleh penulis mengacu pada tahap pengujian yang dilakukan oleh Dandung Sri Harninto dalam Studi Perilaku *Pull Out* Elemen Perkuatan Tanah Pada Sistem Dinding Penahan Tanah, 2010, yang mencakup persiapan material, persiapan alat dan pelaksanaan pull out test. Berikut adalah penjabaran tahapan-tahapan tersebut:

## 1. Persiapan Material

Adapun tahap persiapan material yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Mencari nilai kadar air aktual dari tanah yang akan digunakan.
- b. Membuat kondisi tanah mendekati atau sama dengan OMC. Jika terlalu basah maka dikeringkan/dijemur terlebih dahulu, juga jika terlalu kering maka ditambahkan air. Banyaknya air yang harus ditambahkan dihitung dengan menggunakan persamaan (3-2).
- c. Mencari kadar air setelah tanah dikondisikan
- d. Memotong polyester strip sepanjang 4.5 m.

## 2. Persiapan Alat

Bagian-bagian utama alat *pull out test* yang perlu dipersiapkan / disetting terlebih dahulu adalah sebagai berikut :

### a. *Hidraulik jack*

Kecepatan piston (*loading rate*) pada sistem *hidraulic jack* ini harus diset terlebih dahulu. Setting *loading rate* ini dilakukan secara manual pada dua sistem kontrol, yaitu :

- i. Pengontrol tekanan cairan minyak *hidraulik* yang ditetapkan konstan sebesar 350 Psi
- ii. Pengontrol tekanan kecepatan melalui rangkaian solenoid yang harus diatur bukaan solenoid-nya untuk mendapatkan kecepatan yang dibutuhkan. Dilakukan trial and error pada bukaan solenoid katup tarik, mulai dari bukaan yang kecil kemudian semakin membesar. Setiap bukaan diukur kecepatannya dalam waktu satu menit sampai dengan mendapatkan kecepatan sekitar 2 mm/menit.

### b. Load cell dan *display indicator*

Sebelumnya digunakan load cell dan *display indicator* ini dilakukan kalibrasi terlebih dahulu.



Gambar 3. 27. Proses Kalibrasi Load Cell dan Display Indicator

c. Air bag

Karena *air bag* yang digunakan dibuat dari karet sintetis dan difabrikasi secara manual, maka resiko kebocorannya sangat tinggi. Selain itu juga tidak terdapat sistem otomatis penambahan tekanan, sehingga selama pengetasan secara berkala besarnya tekanan *air bag* harus dicek dengan manometer dan jika berkurang maka ditambahkan angin dengan menggunakan kompresor.

d. Sensor *displacement*

Pemasangan sensor *displacement* dilakukan dengan menempelkan kawat nickel diameter 0.25 mm pada jarak 10cm, 75 cm, 140 cm dan 205 cm dari titik beban atau muka *clamping* dengan menggunakan mur-baut kecil.

e. *Software* terminal

*Software* terminal harus dipastikan siap menangkap, mengolah, menyimpan dan menampilkan data dari *display indicator* dan *converter box*

### 3. Pull Out Test

Urutan tahap *pull out* test untuk setiap satu kali pengujian, satu type tanah, satu type perkuatan, satu type pembebanan adalah sebagai berikut:

- a. Memasukan tanah timbunan kedalam *pull out* box dan memadatkannya per layer (@ 5 cm), sesuai dengan perhitungan kepadatan yang telah dihitung sebelumnya sampai dengan 4 layer (20 cm)

- b. Meletakkan polyester strip yang telah dipasang sensor displacement kedalam pull out box dengan melilitkannya pada clamping, serta menghubungkan sensor displacement tersebut ke *caliper digital* yang kemudian di re-set pada posisi 0.00 mm.
- c. Memasukan dan memadatkan kembali tanah timbunan sampai dengan 4 layer (20cm).
- d. Memasukan air bag kedalam pull out box.
- e. Menutup *pull out box* dengan menggunakan plat besi.
- f. Memompa *air bag* hingga batas tekanan yang dibutuhkan dengan menggunakan kompresor.
- g. Memberikan beban pada polyester strip dengan menggunakan hidraulik jack hingga terjadi slip dan besar beban pada *load cell* telah relatif konstan. Dengan *loading rate* yang relatif kecil yakni sekitar 2 mm/menit, secara umum dapat dikatakan pengujian ini dalam kondisi ter-drainasi.
- h. Pengecekan pada manometer dilakukan secara berkala selama proses pembebanan sebanyak 4 hingga 5 kali, sehingga apabila terjadi penurunan pada tekanan manometer dapat dilakukan penambahan tekanan anginnya
- i. Selama pelaksanaan *pull out test*, selain data telah tercatat secara otomatis oleh caliper digital dan display indicator, juga dilakukan pencatatan secara manual dengan rentan waktu 30 detik.
- j. Setelah proses pembebanan berhenti, software di “*closed*” dan secara otomatis semua data akan tersimpan dalam format spread sheet excel.
- k. Untuk memulai pengetesan berikutnya tanah dibongkar hingga kurang lebih 5 cm di bawah posisi material perkuatan tanah. Dan proses diulang dari item b s/d j untuk tekanan normal yang berbeda. Pada pengetesan ini polyester strip yang digunakan harus selalu baru.

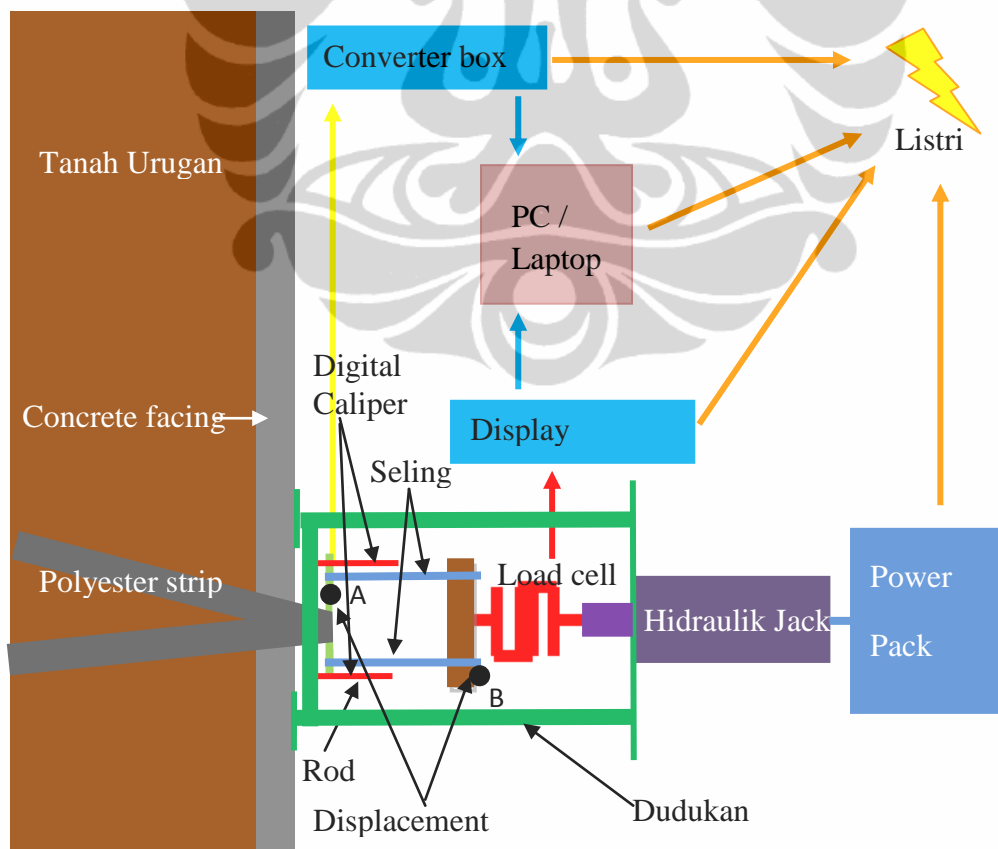
Pengujian dilakukan mulai dari tekanan normal rendah, hal ini untuk menghindari kegagalan pengetesan yang mungkin terjadi akibat air bag yang tdk mampu memberikan tekanan sesuai kebutuhan pada tekanan tinggi.

## II.5 PULL OUT TEST LAPANGAN

Bagian-bagian pelaksanaan *pull out test* simulasi dan lapangan pada prinsipnya hampir sama, perbedaannya hanya pada pengetesan lapangan tidak menggunakan *pull out box* tapi langsung pada perkuatan yang telah dipasang pada *retaining wall*. Modifikasi alat pun juga dilakukan, berikut ini adalah penjabarannya:

### i. Bagian-bagian Alat Pull Out Test Lapangan

Prinsip kerja dan bagian-bagian dari alat *pull out test* di lapangan tidak jauh berbeda dari alat yang digunakan di laboratorium dan lebih sederhana. Metode yang digunakan juga sama, yaitu menarik material perkuatan tanah (*polyester strip*) yang telah dipasang dengan menggunakan hidraulic jack sampai material tersebut mencapai titik failure-nya. Adapun skema dan bagian-bagian alat *pull out test* di lapangan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.28. Skema Alat *Pull Out Test* di lapangan



### 1. Sistim Clamping

Berbeda dengan pengetesan pada *pull out box*, sistim clamping yang digunakan pada pengetesan *pull out* lapangan ini adalah dengan menggunakan dua buah seling yang dililitkan pada *rod* dan dudukan *load cel*.



Gambar 3.29a. Tampak Atas Sistim Clamping



Gambar 3.29b. Tampak Bawah Sistim Clamping

### 2. *Power Pack* dan *Hidraulic Jack*

Spesifikasi *power pack* dan *hidraulic jack* yang digunakan adalah sama dengan yang digunakan pada *pull out box test*.

### 3. *Load Cell* dan *Display Indicator*

*Load cell* dan *display indicator* yang digunakan juga sama dengan yang digunakan di pada *pull out box test*.

### 4. *Caliper Digital*

*Caliper digital* yang digunakan sama spesifikasi dan fungsinya dengan yang digunakan pada *pull out box test*. Pada pengujian di lapangan ini hanya dipasang dua buah caliper digital pada ujung *polyester stripe* yang akan ditarik. Sehingga data deformasi yang didapat hanya dua grafik saja.

### 5. Converter Box

*Converter box* yang digunakan sama spesifikasi dan fungsinya dengan yang digunakan pada simulasi *pull out test*.

### 6. Software terminal

Software terminal yang digunakan sama spesifikasi dan fungsinya dengan yang digunakan pada *pull out box test*. Namun data yang dihasilkan pada Caliper C dan D adalah nol:

- 1) Waktu
- 2) Beban
- 3) Caliper A
- 4) Caliper B
- 5) Caliper C
- 6) Caliper D

## ii. Pelaksanaan Pull Out Test Lapangan

Tahapan yang dilakukan oleh penulis pada saat pengetesan *pull out* dilapangan adalah sebagai berikut:

### 1. Persiapan Material

Dalam pengetesan ini penulis tidak melakukan pemasangan material perkuatan, karena pemasangan material perkuatan tersebut telah dilakukan oleh penulis sebelumnya Dandung Sri Harninto 2010. Penulis hanya menentukan posisi titik penarikannya saja. Adapun gambar posisi pemasangan material perkuatan (polyester strip) dan titik rencana *pull out* test adalah sebagai berikut:



## 2. Persiapan Alat

Seperti halnya pada simulasi *pull out test*, pada pengetesan lapanganpun harus dilakukan persiapan dan perakitan alat, dan arena keterbatasan titik pengujian, maka persiapan alat harus benar-benar diperhatikan. Sehingga kegagalan pada alat selama berlangsungnya pengetesan dapat diminimalisir sekecil mungkin. Berikut adalah alat-alat yang perlu dipersiapkan :

### a. Hidraulik jack

Kecepatan piston (*loading rate*) pada sistem *hidraulic jack* ini harus diset terlebih dahulu.

### b. Load cell dan display indicator

Sebelum digunakan *load cell* dan *display indicator* ini telah dilakukan kalibrasi terlebih dahulu.

### c. Sensor displacement

Pemasangan sensor *displacement* dilakukan dengan melilitkan kawat nikel ke batang tambahan.



Gambar 3.32. Posisi Caliper

d. *Software terminal*

*Software terminal* harus dipastikan siap menangkap, mengolah, menyimpan dan menampilkan data dari *display indicator* dan *converter box*

3. *Pull Out Test*

Urutan tahap *pull out test* untuk setiap satu kali titik pengujian dilapangan adalah sebagai berikut:

a. Pemasangan *scaffolding* sesuai dengan level yang dibutuhkan

Dikarenakan variasi level titik pengetesan yang ada di lapangan sampai dengan ketinggian 6m, maka perlu digunakan *scaffolding* untuk membantu pekerjaan. Pemasangan *scaffolding* dengan baik sangat diperlukan untuk mempermudah dan memperlancar jalannya pengetesan.



Gambar 3.33. Pemasangan Scaffolding

- b. Setting dudukan alat  
Dudukan alat pada scaffolding harus fix dan aman untuk menghindari gangguan yang mungkin terjadi akibat ketidak stabilan posisi alat yang dapat menyebabkan kurang akurasi data yang dihasilkan.
- c. Material perkuatan diletakkan pada sistem *clamping*.
- d. Pemasangan caliper pada ujung *polyester stripe*
- e. Pembebanan hidraulik dilakukan hingga terjadi slip dan juga hingga besar beban pada *load cell* telah relatif konstan. Pada saat proses pembebanan berlangsung secara berkala dilakukan pencatatan deformasi secara manual.
- f. Setelah proses pembebanan berhenti, software di “*closed*” dan secara otomatis semua data akuisisi tersimpan dalam format spread sheet excel.
- g. Setelah selesai pengetesan dilakukan pada titik berikutnya dimulai dengan proses a lagi sampai dengan semua titik selesai di test.

### III.3 RENCANA ANALISA DATA

Dengan harapan untuk mendapatkan hasil *pull out test* yang mendekati antara simulasi dengan lapangan, penulis menggunakan material perkuatan dan jenis tanah yang sama. Selain itu parameter kepadatan dan kadar air tanah pada pelaksanaan simulasi juga akan diusahakan mendekati kondisi lapangan. Adapun rencana analisa data yang akan dilakukan adalah:

1. Pola deformasi yang pada *pull out test* lapangan dan *pull out box test*
2. Penyebaran regangan pada *pull out test* lapangan dan *pull out box test*
3. Transfer tegangan pada *pull out test* lapangan dan *pull out box test*
4. Nilai sudut geser antara *polyester strip* dan tanah timbunan
5. Kapasitas *pull out* maksimum

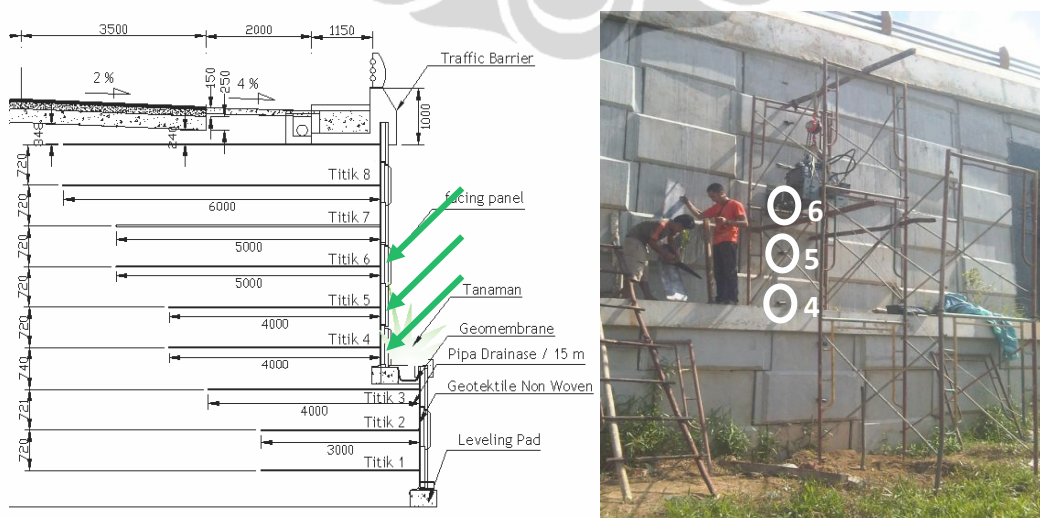
## BAB IV

### ANALISA HASIL PENGETESAN

Dikarenakan oleh kondisi peralatan yang ada, dalam hal ini *scaffolding* yang sudah tidak meyakinkan keamanannya, maka pada pengetesan *pull out* dilapangan yang rencananya akan dilaksanakan pada tiga buah titik dengan level ketinggian yang berbeda, yaitu titik 4, 6 dan 8, hanya dapat dilaksanakan pada titik 4, 5 dan 6.



Gambar 4.1. Rencana Posisi titik *Pull Out Test*



Gambar 4.2. Realisasi Posisi Titik *Pull Out Test*

Oleh karena adanya perubahan titik pengetesan, maka tekanan *air bag* pada *pull out box test* juga disesuaikan menjadi sbb:

Tabel 4.1. Tekanan *Air Bag* Rencana

Posisi	Ketinggian timbunan (dihitung dari atas timbunan)	Berat tanah ( $\gamma_{wet\ opt}$ )	Tekanan air bag
	m		
Titik 4	4.08	21.151	82
Titik 6	2.56	21.151	50
Titik 8	1.13	21.151	20

Tabel 4.2. Tekanan *Air Bag* Aktual

Posisi	Ketinggian timbunan (dihitung dari atas timbunan)	Berat tanah ( $\gamma_{wet\ opt}$ )	Tekanan air bag
	m		
Titik 4	4.08	21.151	82
Titik 5	3.29	21.151	66
Titik 6	2.56	21.151	50

Analisa yang akan dilakukan oleh penulis dari hasil data *pull out test* lapangan dan *pull out box test*, adalah sebagai berikut:

6. Pola deformasi yang pada *pull out test* lapangan dan *pull out box test*
7. Penyebaran regangan pada *pull out test* lapangan dan *pull out box test*
8. Transfer tegangan pada *pull out test* lapangan dan *pull out box test*
9. Nilai sudut geser antara *polyester strip* dan tanah timbunan
10. Kapasitas *pull out* maksimum



## IV.1 HASIL PULL OUT

### A. Pull Out Test Lapangan

Pelaksanaan *pull out test* dilapangan dimulai pada tanggal 23 Mei 2011 dan berakhir pada tanggal 4 Juni 2011. Adapun secara urutan jalannya pelaksanaan *pull out test* dilapangan secara singkatnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3. Pelaksanaan *Pull Out Test* Lapangan

No	Tanggal	Keterangan
1	Senin, 23 Mei 2011	Persiapan dan perangkaian alat pull out
2	Selasa, 24 Mei 2011	Setting alat dilapangan, gagal karena kapasitas genset tidak mencukupi
3	Rabu, 25 Mei 2011	Setting alat dilapangan, gagal karena capasitor pada power pack terbakar
4	Kamis, 26 Mei 2011	Tidak ada pengetesan, cari spare part
5	Jumat, 27 Mei 2011	Tidak ada pengetesan, hidraulik jack dan power pack masih diservice
6	Sabtu, 28 Mei 2011	Tidak ada pengetesan, hidraulik jack dan power pack masih diservice
7	Minggu, 29 Mei 2011	Tidak ada pengetesan, hidraulik jack dan power pack masih diservice
8	Senin 30 Mei 2011	Test 1, untuk trial pada titik 2, gagal karena rodmelengkung
9	Selasa, 31 Mei 2011	Tidak ada pengetesan, cari pengganti rod
10	Rabu, 1 Juni 2011	Test 2, untuk trial alat pada titik 2, pengetesan berjalan dengan lancar Test 3, pada titik 4, pengetesan berjalan dengan lancar
11	Kamis, 2 Juni 2011	Test 4, pada titik 5, pengetesan berjalan dengan lancar
12	Jumat, 3 Juni 2011	Test 5, pada titik 6, pengetesan terhenti karena hujan Test 6, pada titik 6, pengetesan berjalan dengan lancar Test 7, pada titik 6, pengetesan berjalan dengan lancar Test 8, pada titik 5, pengetesan berjalan dengan lancar
13	Sabtu, 4 Juni 2011	Alat pull out dikirim kembali ke Jakarta

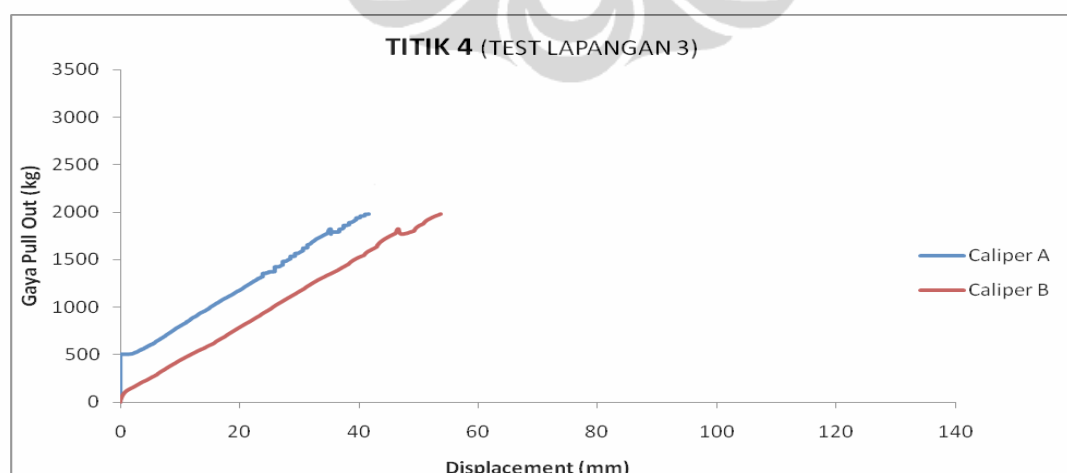
Selama pelaksanaan *pull out test* dilapangan terdapat beberapa kendala yang merupakan catatan dan pertimbangan pada pengetesan ini untuk dapat diperbaiki pada pengetesan selanjutnya. Beberapa kendala tersebut adalah :

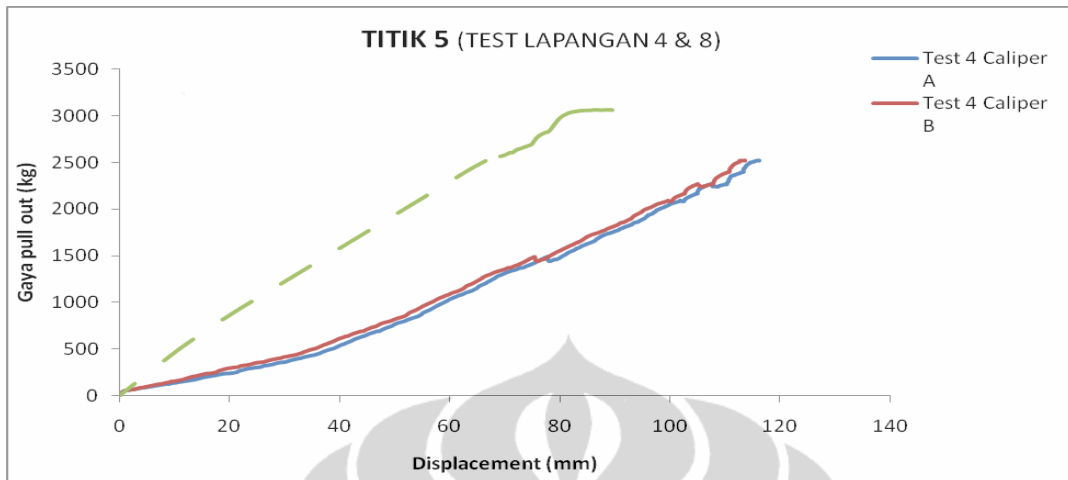
- Seperti yang telah disebutkan dalam pengetesan pertama oleh Dandung Sri Harninto (2010), kapasitas tarik dari *hidraulik jack* belum cukup untuk pengetesan ini, dan pembatasan yang dilakukannya adalah tekanan *air bag* maksimum 20 Psi atau 137 kPa. Tekanan *air bag* sebesar 137 kPa tersebut setara dengan timbunan 6.5 m dengan tanah yang digunakan pada pengetesan *pull out* lapangan oleh penulis, namun tidak dikatakan panjang maksimum dari *polyester strip*-nya. Sehingga pada pengetesan dilapangan ini pada ketinggian timbunan 4.08 m dan panjang *polyester strip* 4m *hidraulik jack* tidak kuat. Hal tersebut dipengaruhi oleh kecepatan *hidraulik jack* yang diatur cukup rendah, sehingga kekuatan tariknya menurun. Kecepatan *hidraulik jack* juga tidak konstan, sehingga mempengaruhi hasil yang didapat. Tekanan pada *power pack* seringkali menurun, sehingga harus dilakukan pengecekan dan penambahan secara periodik.
- Apabila digunakan seling sebagai pengganti clamp, maka sebaiknya dipastikan bahwa seling tersebut sudah cukup tegang dan kencang ikatan pada sambungannya, sehingga perpanjangan seling tidak mempengaruhi *displacement* pada caliper.

Berikut ini adalah hasil pengetesan *pull out test* dilapangan pada setiap titik *pull out*. Data-data yang disajikan berikut adalah data yang akan digunakan sebagai dasar analisa selanjutnya:

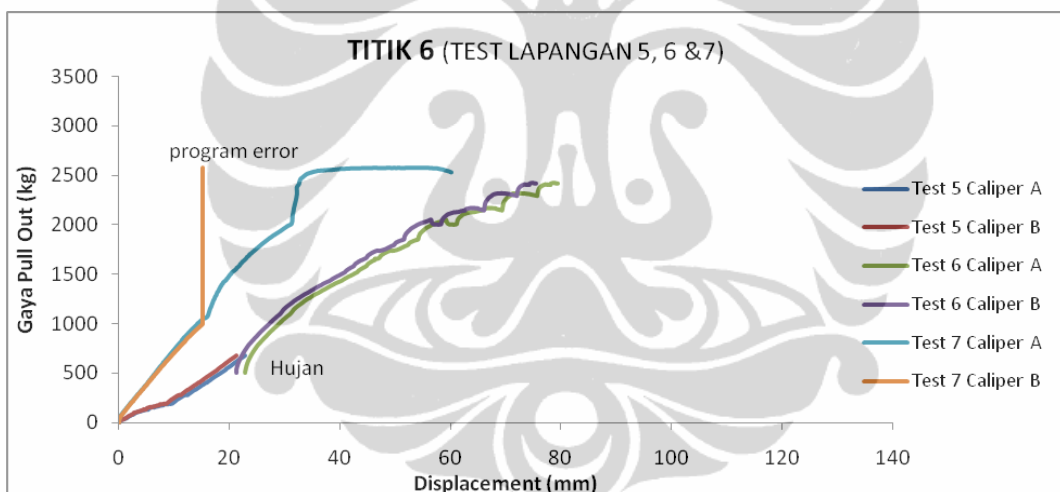
Table 4.4. Ringkasan hasil *pull out test* lapangan

Item	Titik 4	Titik 5		Titik 6	
	Lapangan	Lapangan		Lapangan	
	Test 3	Test 4	Test 8	Test 5 -6	Test 7
Hidraulic Pressure (Psi)	350	350	350 - 450	350	350
Ketinggian timbunan (meter)	4.075	3.285	3.285	2.56	2.56
Panjang polyester strip (m)	4.235	4.235	4.235	5.232	5.232
Luas polyester strip (m <sup>2</sup> )	1.33	1.33	1.33	1.66	1.66
Gaya pull out max yang didapat (kg)	1978	2519	3062	2421	2583
Displacement ( <i>saat gaya pull out max</i> ):					
- Caliper A (mm)	41.58	116.28	88.64	78.75	52.77
- Caliper B (mm)	53.76	113.65		74.83	15.24
Displacement ( <i>pada akhir pengetesan</i> ):					
- Caliper A (mm)	41.58	116.29	89.5	79.52	60.11
- Caliper B (mm)	53.76	113.67		75.56	15.24
Lama Pengetesan (menit)	31.12	61.4	30	70.15	20
Kecepatan rata-rata (mm/menit)	1.66	1.90	2.95	2.25	1.12

Gambar 4.3. Hasil *pull out test* lapangan titik 4



Gambar 4.4. Hasil *pull out test* lapangan titik 5



Gambar 4.5. Hasil *pull out test* lapangan titik 6

Dari ketiga grafik diatas dapat dilihat bahwa pada pengetesan di titik 4, titik puncak dari gaya *pull out* belum dicapai, sehingga pengetesan seharusnya dilanjutkan kembali. Dapat dilihat pula bahwa pola displacement pada caliper A di titik 4 berbeda dengan pola yang ada di titik-titik lainnya. Caliper B pada titik 4 bergerak jauh lebih awal dari caliper A. Hal ini disebabkan oleh seling yang digunakan belum cukup tegang pada saat *pull out test* dimulai.

Pada titik 5 dilakukan dua kali pengetesan, yaitu test 4 dan test 8. Awalnya dilakukan test pertama (test 4) dan tidak didapatkan titik puncaknya, kemudian *polyester strip* di *release* karena caliper yang digunakan telah mencapai maksimum. Pengetesan dilanjutkan dihari berikutnya (test 8), karena melihat pada titik 6 didapatkan data puncaknya pada pengetesan ketiga, dan ternyata memang pada pengetesan kedua didapatkan data puncak untuk titik 5. Dapat dilihat bahwa terdapat garis putus-putus pada hasil test 8, hal ini disebabkan hilangnya sebagian data pada awal pengetesan yang diakibatkan oleh error-nya program.

Pada titik 6 ini dilakukan pengetesan sebanyak 3 kali berturut-turut dalam satu hari, yaitu test 5, 6 dan 7. Pengetesan pertama (test 5) terhenti pada saat baru berjalan selama 10 menit karena hujan, namun tidak dilakukan *release* pada *polyester strip*. Pada pengetesan tersebut gaya *pull out* baru mencapai 675 kg, dan Caliper A 22.78 mm serta Caliper B 21.21 mm.

Pengetesan kemudian dilanjutkan setelah hujan berhenti (test 6) dengan nilai start awal caliper dan load cell 0 kembali. Dari pengetesan ini didapat gaya *pull out* sebesar 1915 kg, *displacement* caliper A 56.74 mm dan caliper B 54.35 mm, dengan lama pengetesan sekitar 70 menit. Pengetesan dihentikan saat caliper A sudah hampir habis, kemudian dilakukan *release* pada *polyester strip* dan dites kembali karena belum didapatkan puncak gaya *pull out*-nya.

Dengan tidak di *realease*-nya pada saat pengetesan pertama, maka penulis melakukan penyambungan hasil test dengan nilai overlap gaya *pull out* sebesar 25% dari pengetesan pertama. Hal ini dilakukan karena melihat grafik hasil dari kedua pengetesan tersebut dapat hampir tersambung pada saat gaya *pull out* overlap sebesar 25% dari test pertama. Dari hasil penyambungan tersebut didapat gaya *pull out* terbesar sebesar 2421 kg, *displacement* akhir caliper A 78,75 mm dan caliper B 74.83 mm.

Pada pengetesan berikutnya (Test 7) hidraulik jack sempat seret walaupun katup solenoid sudah dalam posisi terbuka semua, maka penulis memutuskan untuk

menambah *pressure* pada *power pack* dari 350 Psi menjadi 450 Psi. Dari grafik dapat terlihat tekukan pada saat dilakukan penambahan *pressure* pada *power pack*. Dari pengetesan ini didapat gaya *pull out* maksimum sebesar 2583 kg dan *displacement* akhir pengetesan 60.11 mm.

Pengetesan kemudian dilanjutkan (test 8) pada titik dibawahnya, yaitu titik 5 dan didapatkan titik puncaknya pada 3062 kg dengan *displacement* pada saat puncak tersebut sebesar 88.64 mm. Sempat terjadi error pada program akuisisi data, sehingga data yang didapat merupakan data manual dengan interval pembacaan setiap 30 detik.

## B. Pull Out Box Test

Pelaksanaan *pull out box test* di lakukan di *workshop* mulai tanggal 10 Juni 2011 dan berakhir pada tanggal 22 juni 2011. Sesuai dengan rencana awal, dilakukan tiga buah pengetesan *pull out box* untuk masing-masing titik tarik. Adapun secara urutan jalannya pelaksanaan *pull out box test* adalah sebagai berikut:

Table 4.5. Pelaksanaan *Pull Out Box Test*

No	Tanggal	Keterangan
1	Jumat 10 Juni 2011	Persiapan dan setting pull out box
2	Senin, 13 Juni 2011	Test 1, untuk titik 6, berjalan dengan lancar
3	Selasa, 14 Juni 2011	Test 2, untuk titik 6, berjalan dengan lancar
4	Rabu, 15 Juni 2011	Test 3, untuk titik 6, berjalan dengan lancar
5	kamis, 16 Juni 2011	Test 4, untuk titik 5, berjalan dengan lancar
6	Jumat, 17 Juni 2011	Test 5, untuk titik 5, berjalan dengan lancar
7	Sabtu, 18 Juni 2011	Tidak ada pengetesan
8	Minggu, 19 Juni 2011	Tidak ada pengetesan
9	Senin, 20 Juni 2011	Test 6, untuk titik 5, berjalan dengan lancar Test 7, untuk titik 4, berjalan dengan lancar
10	Selasa, 21 Juni 2011	Test 8, untuk titik 4, berjalan dengan lancar Test 9, untuk titik 4, gagal air bag bocor
11	Rabu, 22 Juni 2011	Test 9, pada titik 4, pengetesan berjalan dengan lancar Bongkar pull out box dan simpan

Selama pelaksanaan *pull out box test* diworkshop ini terdapat beberapa kendala yang merupakan catatan untuk pengetesan selanjutnya. Beberapa kendala tersebut adalah :

- Seperti halnya pengetesan dilapangan kapasitas tarik dari hidraulik jack pada pengetesan *pull out box* ini pun belum cukup, sehingga sempat banyak pengetesan yang belum mencapai residual. Kecepatan hidraulik jack juga tidak konstan, sehingga mempengaruhi hasil yang didapat.
- Tekanan pada *air bag* kerap menurun selama pengetesan berlangsung dan harus dilakukan penambahan tekanan, yang mengakibatkan meningkatnya gaya *pull out* pada saat penambahan tekanan tersebut.
- Seperti pada pengetesan sebelumnya, pada pengetesan ini pun ditemukan beberapa slip pada clamping, hal ini dapat dilihat dari grafik-grafik hasil pengetesan yang memiliki dua puncak.

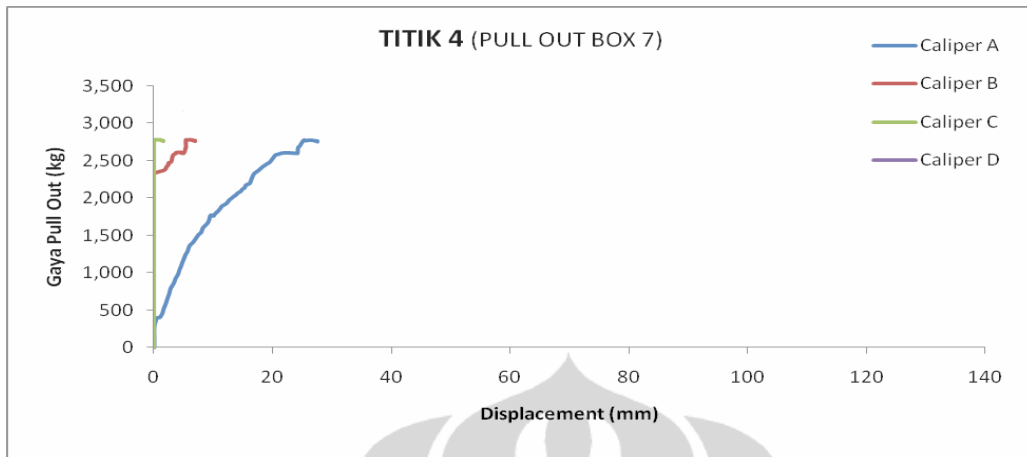
Berikut ini adalah hasil pengetesan *pull out test* dilapangan pada setiap titik *pull out*. Data-data yang disajikan berikut adalah data yang akan digunakan sebagai dasar analisa selanjutnya:

Table 4.6. Ringkasan hasil *pull out* test lapangan

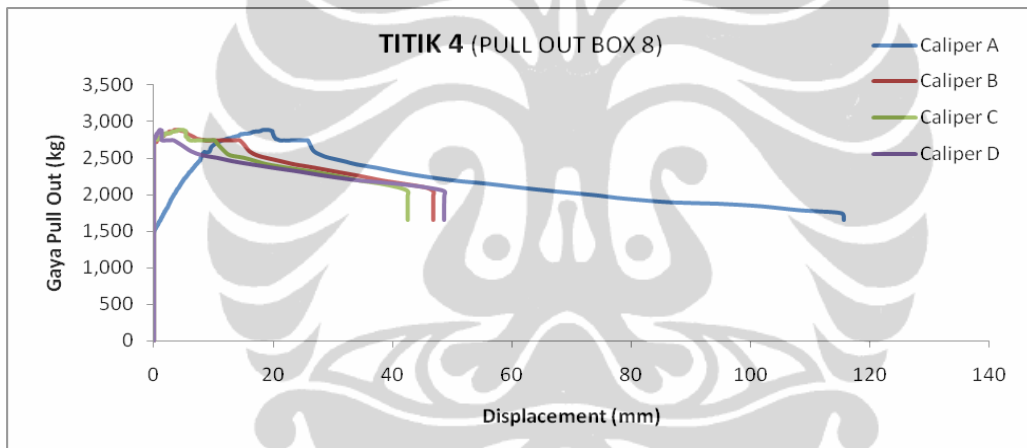
Item	Titik 4			Titik 5					
	Pull Out Box			Pull Out Box			Pull Out Box		
	Test 7	Test 8	Test 9	Test 4	Test 5	Test 6	Test 1	Test 2	Test 3
Hidraulic Pressure (Psi)	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Tekanan Air bag (kPa)	81.96	81.96	81.96	65.25	65.25	65.25	49.91	49.91	49.91
Panjang polyester strip (m)	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
Luas polyester strip (m <sup>2</sup> )	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734
Gaya pull out max yang didapat (kg)	2776	2882	2543	2687	2871	2708	1510	1614	1983
Displacement ( <i>saat gaya pull out max</i> ):									
- Caliper A	26.36	18.74	22.41	39.27	38.81	19.09	18.68	18.73	23.68
- Caliper B	5.81	3.68	8.96	18.58	19.79	0	9.13	6.45	9.69
- Caliper C	0.21	4.28	5.41	7.27	3.52	0.72	5.65	3.94	3.72
- Caliper D		1.09	0.92						
Displacement ( <i>pada akhir pengetesan</i> ):									
- Caliper A	27.47	115.68	25.59	39.69	43.08	21.8	62.97	57.31	70.81
- Caliper B	6.94	46.83	12.85	19.75	23.19	0	56.88	51.66	53.54
- Caliper C	1.68	42.54	11.32	8.25	5.81	1.45	53.36	52.1	55.16
- Caliper D		48.56	8.07				41.56		
Lama Pengetesan (menit)	50	27.6	20.98	40	60	40	40.83	36.66	40
Kecepatan rata-rata (mm/menit)	0.62	4.22	1.23	1.14	0.78	0.63	1.78	1.83	2.05
Kepadatan tanah %	86.58	85.24	85.60	84.98	86.21	87.85	83.11	81.57	83.39



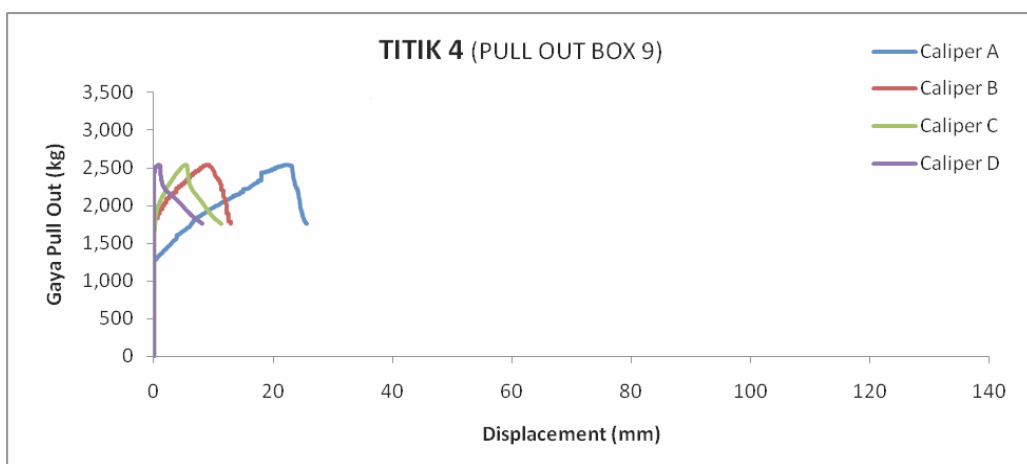
Berikut ini adalah grafik hasil pengetesan untuk titik 4 :



Gambar 4.6. Hasil *pull out box test* titik 4 (test 7)

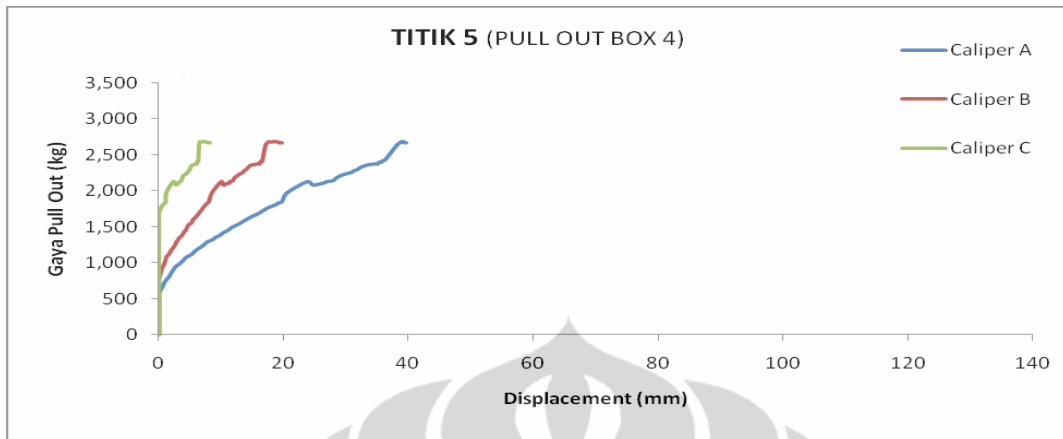


Gambar 4.7. Hasil *pull out box test* titik 4 (Test 8)

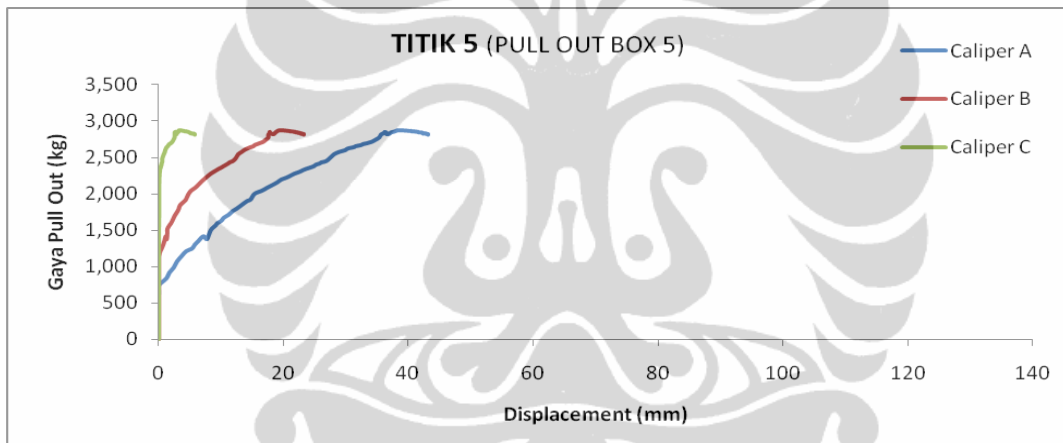


Gambar 4.8. Hasil *pull out box test* titik 4 (test 9)

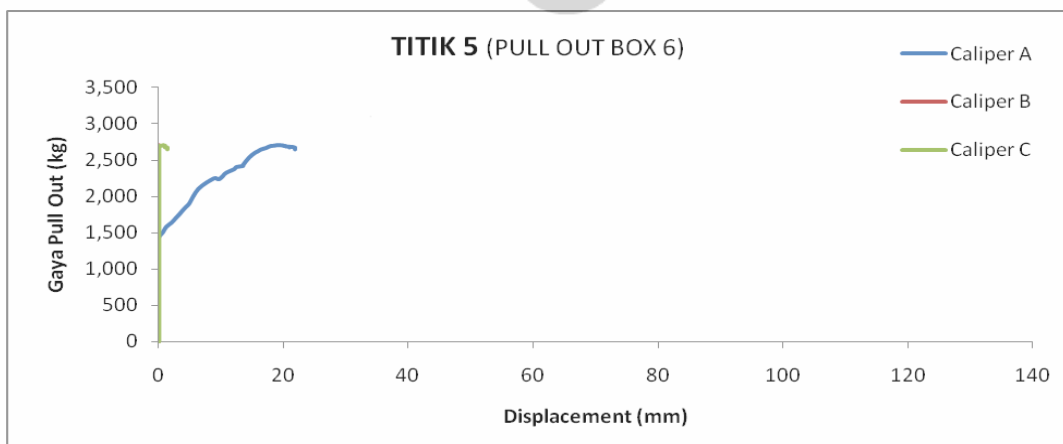
Berikut ini adalah grafik hasil pengetesan untuk titik 5 :



Gambar 4.9. Hasil *pull out box test* titik 5 (test 4)

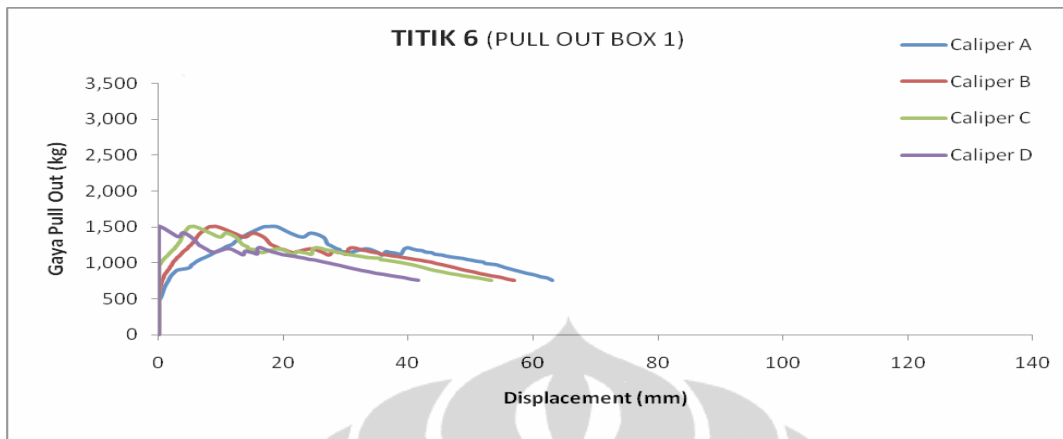


Gambar 4.10. Hasil *pull out box test* titik 5 (test 5)

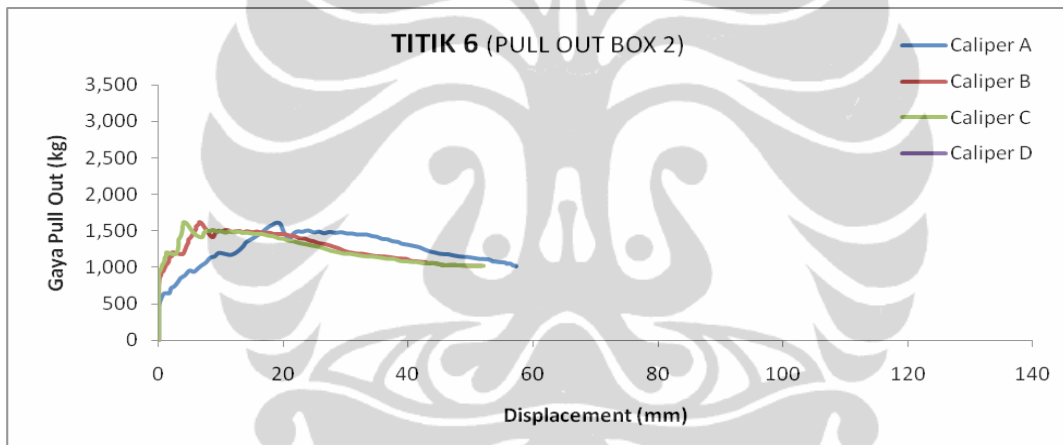


Gambar 4.11. Hasil *pull out box test* titik 5 (test 6)

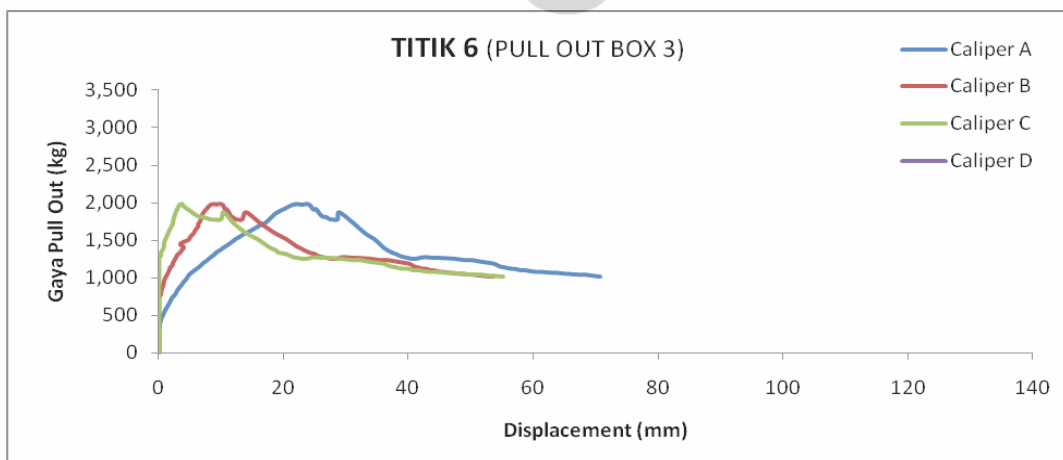
Berikut ini adalah grafik hasil pengetesan untuk titik 6 :



Gambar 4.12. Hasil *pull out box test* titik 6 (test 1)



Gambar 4.13. Hasil *pull out box test* titik 6 (test 2)



Gambar 4.14. Hasil *pull out box test* titik 6 (test 3)

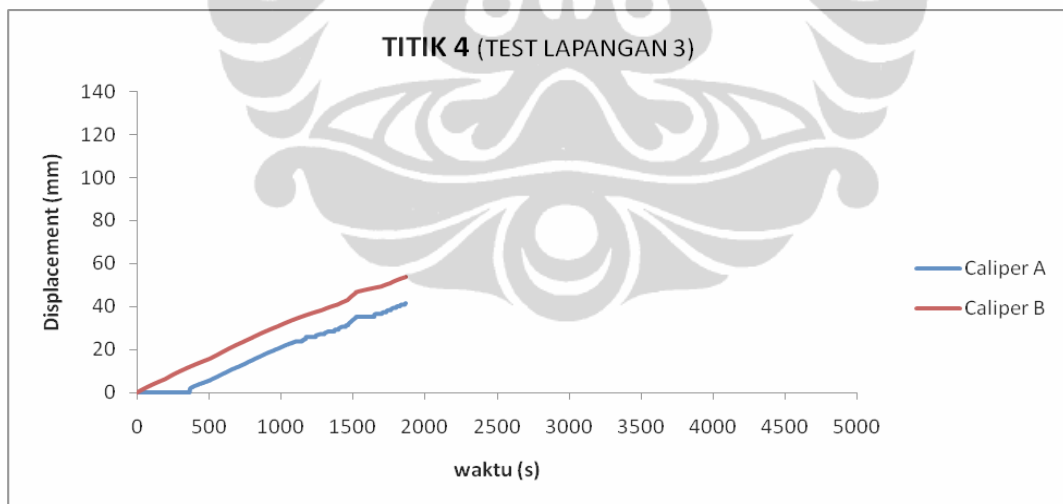
## IV.2 ANALISA HASIL TEST

Pada analisa hasil test ini penulis lebih banyak mengamati pada caliper A karena hanya posisi caliper A yang letak indikatornya sama pada *pull out test* lapangan dan *pull out box test*, yaitu pada ujung tarik *polyester strip*.

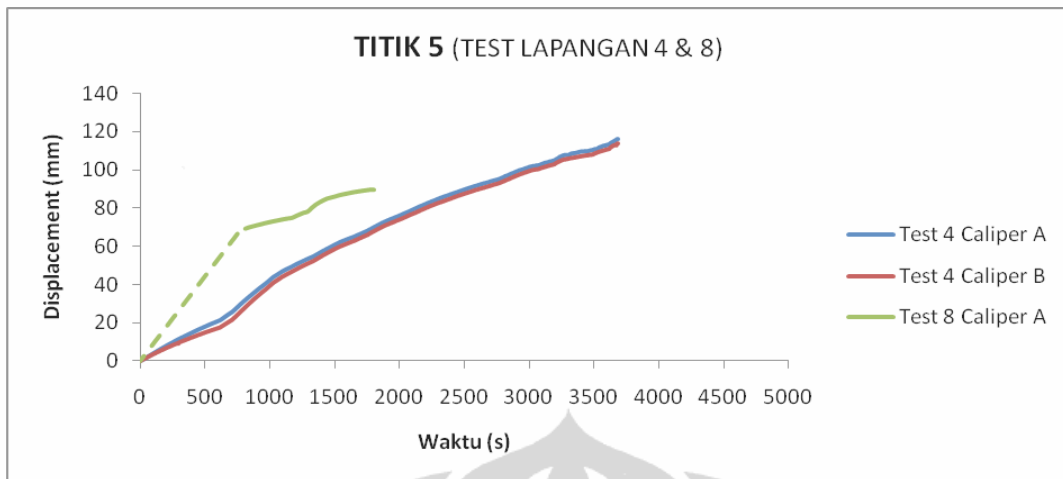
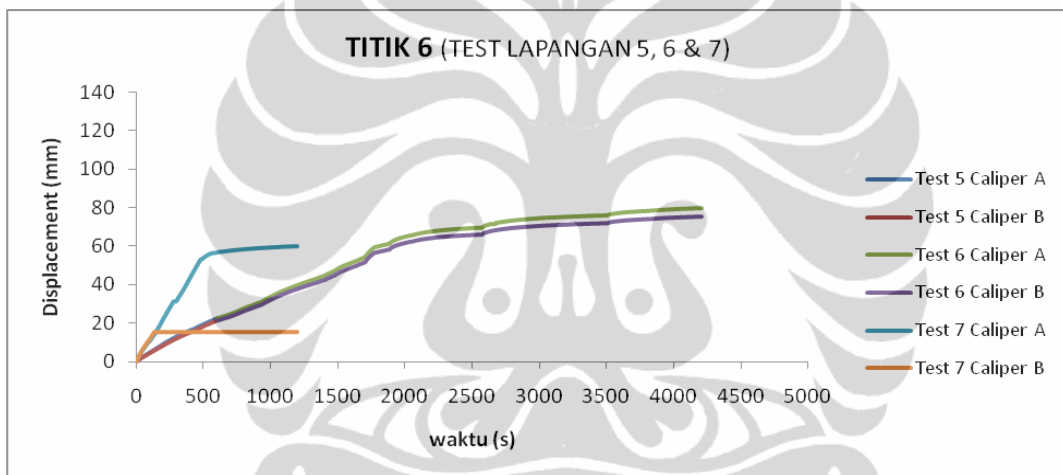
### A. Pola Deformasi

#### 1. Pull Out Test Lapangan

Tidak seperti pada *pull out box test*, pada *pull out test* lapangan ini tidak dilakukan pengamatan pola *deformasi* secara detail pada titik-titik di sepanjang *polyester strip*. Pada pengtesan *pull out* lapangan ini penulis hanya menggunakan dua buah caliper yang indikatornya diletakkan pada root untuk Caliper A dan pada *Load cell* untuk caliper B. dari hasil pengtesan tersebut



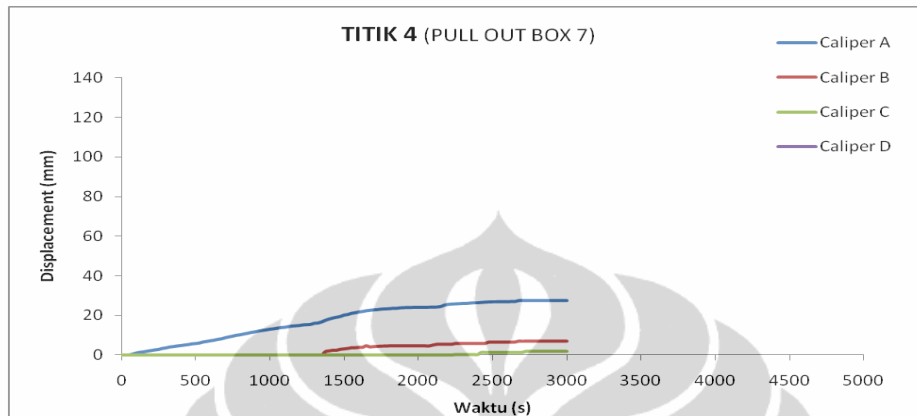
Gambar 4.15. Pola *Deformasi* Titik 4 Test lapangan

Gambar 4.16. Pola *Deformasi* Titik 5 test lapanganGambar 4.17. Pola *Deformasi* Titik 6 test lapangan

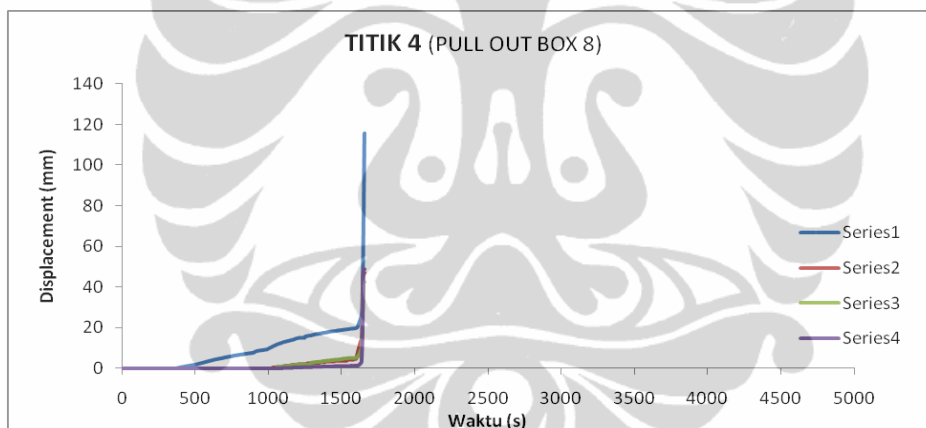
Pola deformasi yang terlihat adalah hampir linier sejak awal pengetesan sampai puncak beban. Perbedaan deformasi yang tercatat pada pengetesan *pull out* lapangan ini tidak besar antara caliper A dengan baliper B, mengingat letaknya yang juga berdekatan dan memang sejak awal diperkirakan akan sama. Namun terdapat perbedaan yang cukup besar pada pengetesan Titik 4, hal ini disebabkan oleh seling yang digunakan pada proses penarikan belum sepenuhnya tegang, masih ada rongga antara seling dengan dudukan *load cell*, sehingga pada saat caliper B sudah berdeformasi jauh, caliper A masih belum bergerak. Pada Titik 6 test 7 caliper B hasilnya sempat naik kemudian datar, hal ini disebabkan oleh berhentinya program mencatat data (error).

## 2. Pull Out Box Test

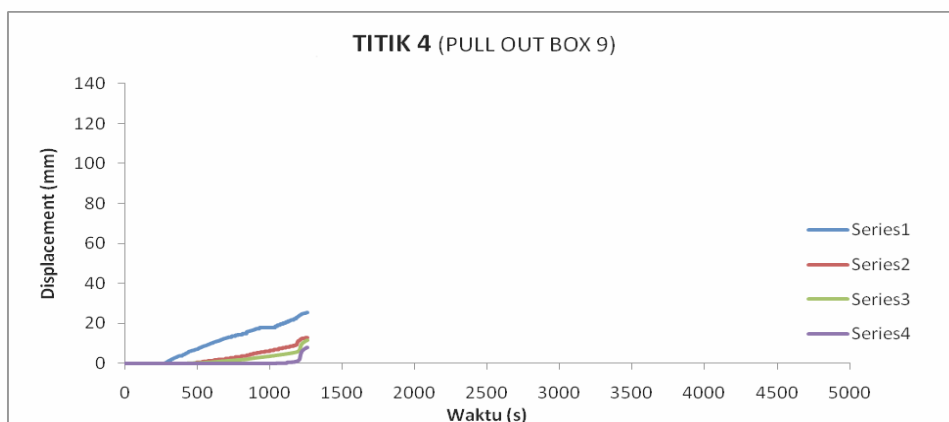
Pola deformasi yang terjadi pada *pull out box test* berbeda dengan *pull out test* lapangan, pola pada *pull out box test* cenderung tidak mendekati linier.



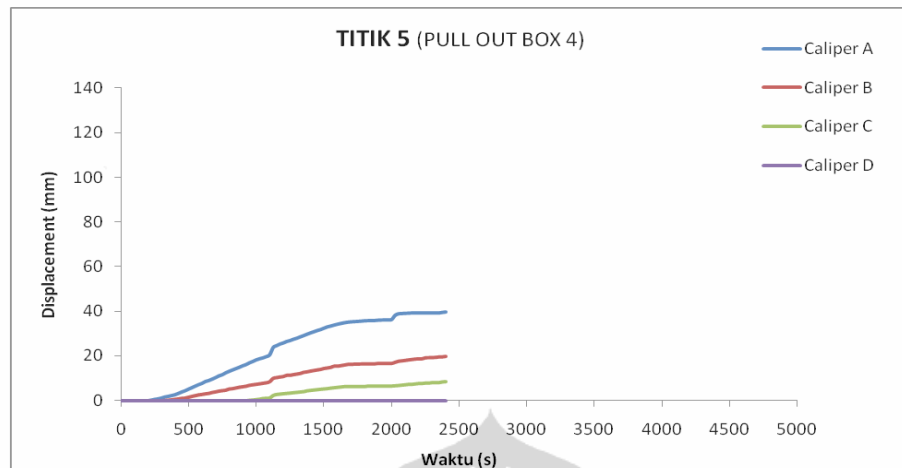
Gambar 4.18. Pola Deformasi Titik 4 Pull Out Box Test 7



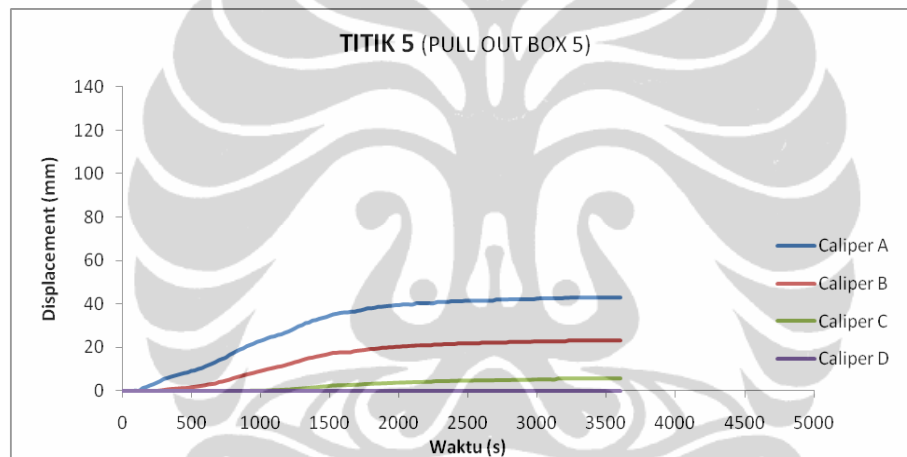
Gambar 4.19. Pola Deformasi Titik 4 Pull Out Box Test 8



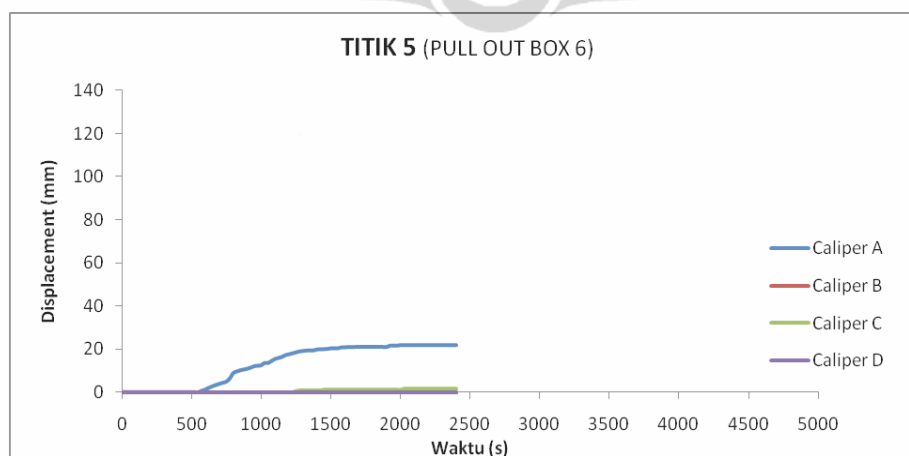
Gambar 4.20. Pola Deformasi Titik 4 Pull Out Box Test 9



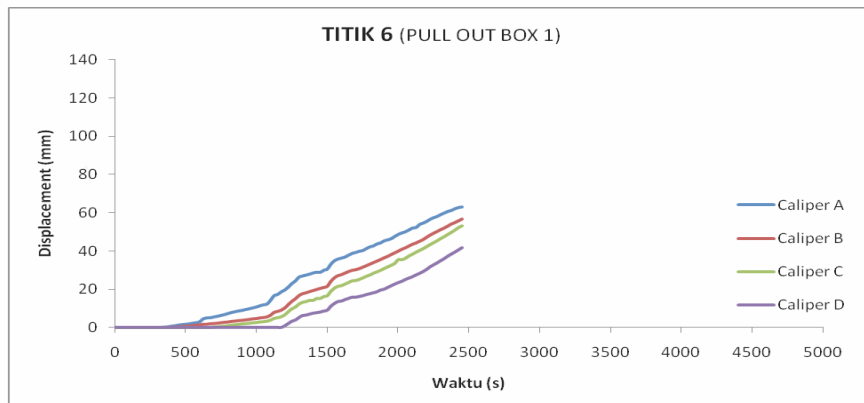
Gambar 4.21. Pola Deformasi Titik 5 Pull Out Box Test 4



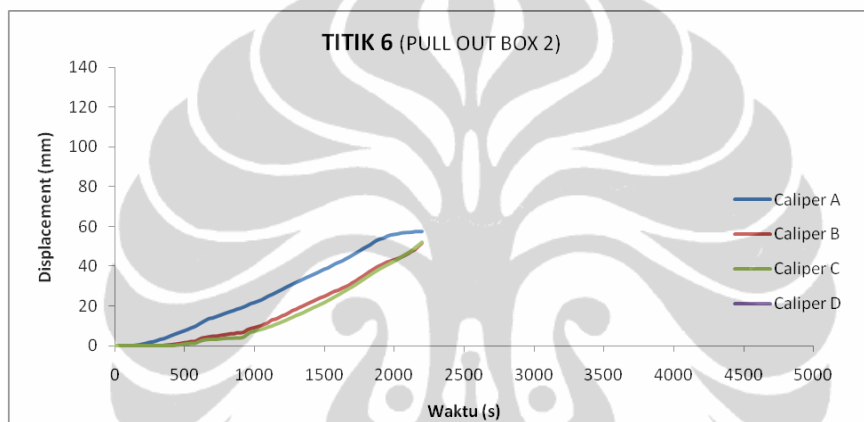
Gambar 4.22. Pola Deformasi Titik 5 Pull Out Box Test 5



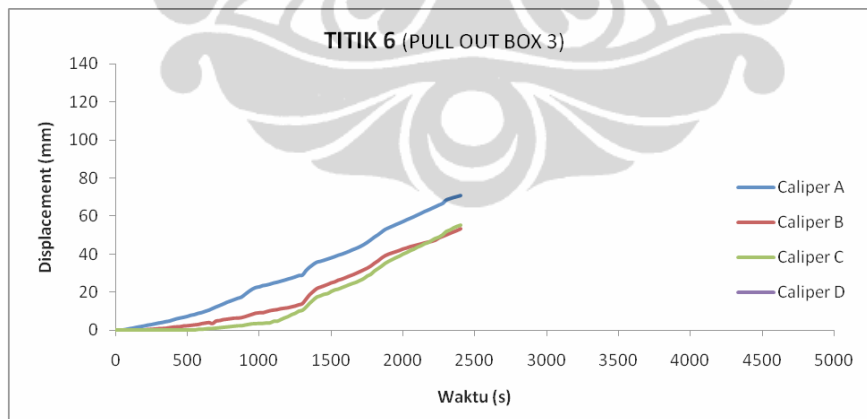
Gambar 4.23. Pola Deformasi Titik 5 Pull Out Box Test 6



Gambar 4.24. Pola Deformasi Titik 6 Pull Out Box Test 1



Gambar 4.25. Pola Deformasi Titik 6 Pull Out Box Test 2



Gambar 4.26. Pola Deformasi Titik 6 Pull Out Box Test 3

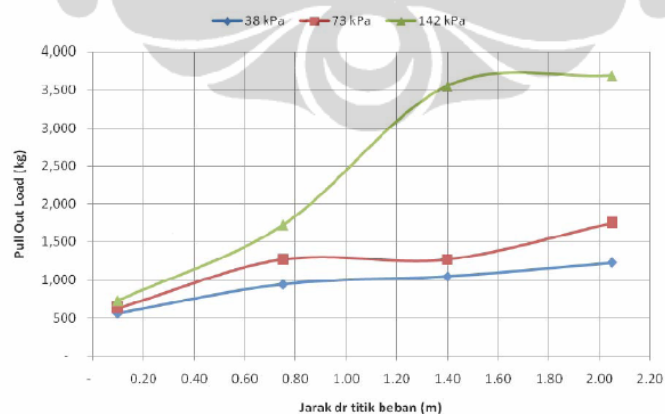
Pola deformasi yang didapat pull out box test hampir sama semua, hanya terdapat perbedaan pada titik 4 pull out box test 8 (gambar 4.19). Hal ini disebabkan oleh kalahnya friksi melawan gaya pull out yang juga mengakibatkan kecepatan hidrolik jack naik.



Dalam pengujian *pull out box* sebelumnya dandung Sri Harninto (2010) melakukan pengukuran pergerakan facing pada 10cm dari muka *pull out box* untuk mengetahui besarnya deformasi yang terjadi pada facing panel. Sedangkan pada pengujian ini pengukuran dilakukan pada ujung *polyester strip*, karena hanya titik itulah yang dapat diukur dilapangan. Namun hal ini juga belum sepenuhnya dapat mewakili pergerakan facing pada kondisi aktual dilapangan. Karena pada kondisi aktual seluruh *polyester strip* berada di belakang facing dan tertimbun tanah. Berikut ini merupakan nilai gaya *pull out* yang menyebabkan awal displacement pada pengujian *pull out box*.

Tabel 4.7 Gaya *pull out* awal pergerakan caliper

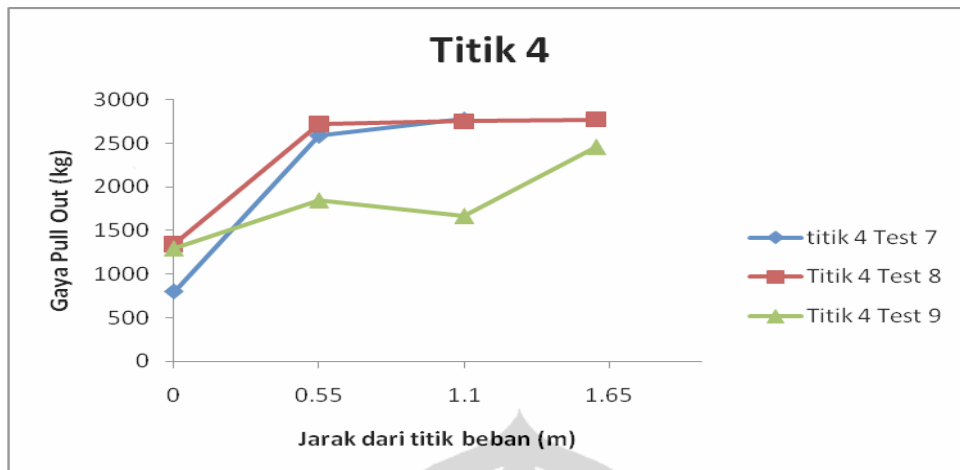
	CA	CB	CC	CD
Jarak Dari ujung (m)	0	0.55	1.1	1.6
	Gaya Pull Out (kg)			
Titik 4 Test 7	796	2590	2775	
Titik 4 Test 8	1343	2723	2752	2773
Titik 4 Test 9	1298	1846	1668	2454
Titik 5 Test 4	627	816	1739	
Titik 5 Test 5	648	1209	1566	
Titik 5 Test 6	1514		2701	
Titik 6 Test 1	496	616	991	1477
Titik 6 Test 2	534	809	957	
Titik 6 Test 3	442	772	1300	



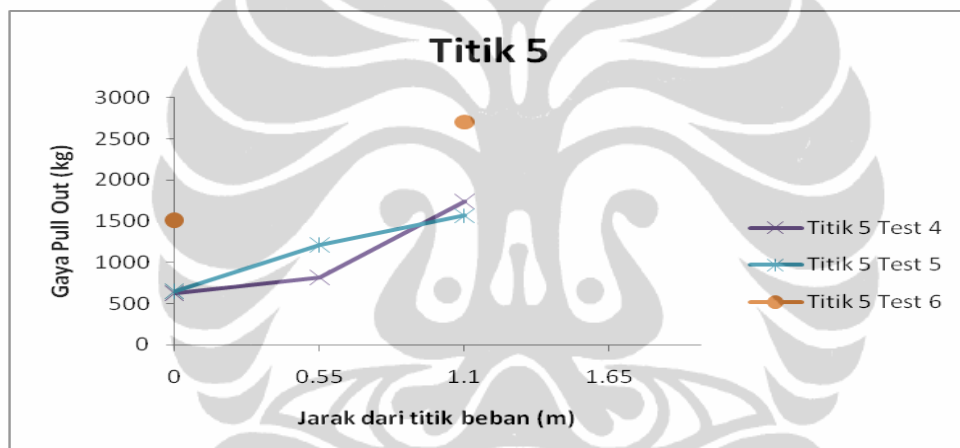
Gambar 6.25. Besar Beban Yang Memulai Displacement Pada Material Polyester Strip Di Tanah Silty Sand

Gambar 4.27. Besar beban yang memulai displacement pada material polyester strip di tanah silty sand

Sumber Dandung Sri Harninto (2010)



Gambar 4.28. Besar Beban Yang Memulai *Displacement* Pada Titik 4 *Pull Out Box Test*



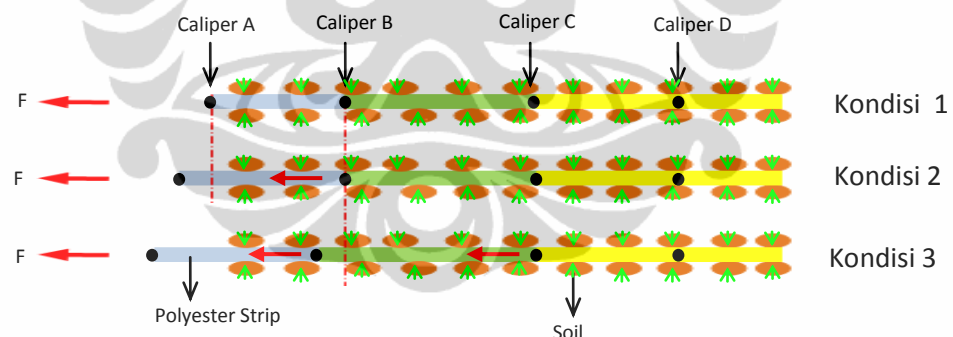
Gambar 4.29. Besar Beban Yang Memulai *Displacement* Pada Titik 5 *Pull Out Box Test*



Gambar 4.30. Besar Beban Yang Memulai *Displacement* Pada Titik 6 *Pull Out Box Test*

Jika dibandingkan pola yang terbentuk antara *pull out box test* yang dilaksanakan sebelumnya oleh Dandung Sri Harninto (2010) dengan yang dilakukan oleh penulis adalah hampir sama, namun ada satu buah grafik yang aneh pada titik 4 test 9, dimana caliper C bergerak lebih awal dibandingkan caliper B, hal ini disebabkan oleh letak indikator caliper C dan caliper B yang terpisah pada pengetesan ini, sehingga mungkin posisi clamp pada saat seting peralatan miring, sehingga gaya *pull out* yang bekerja lebih terfokus pada caliper C dan mengakibatkan caliper C jalan lebih awal.

*Displacement* yang terjadi pada saat gaya *pull out* maksimum pada titik awal adalah yang terbesar, sedangkan pada titik akhir adalah yang terkecil. Hal ini dikarenakan pada saat gaya *pull out* diberikan pada material *polyester strip*, maka gaya tersebut akan ditahan oleh material yang dekat dengan gaya *pull out* yang diberikan sampai dengan batas maksimum ketahanannya (*friksi* dan perpanjangan dari material) baru kemudian gaya *pull out* ditransfer kebelakangnya.



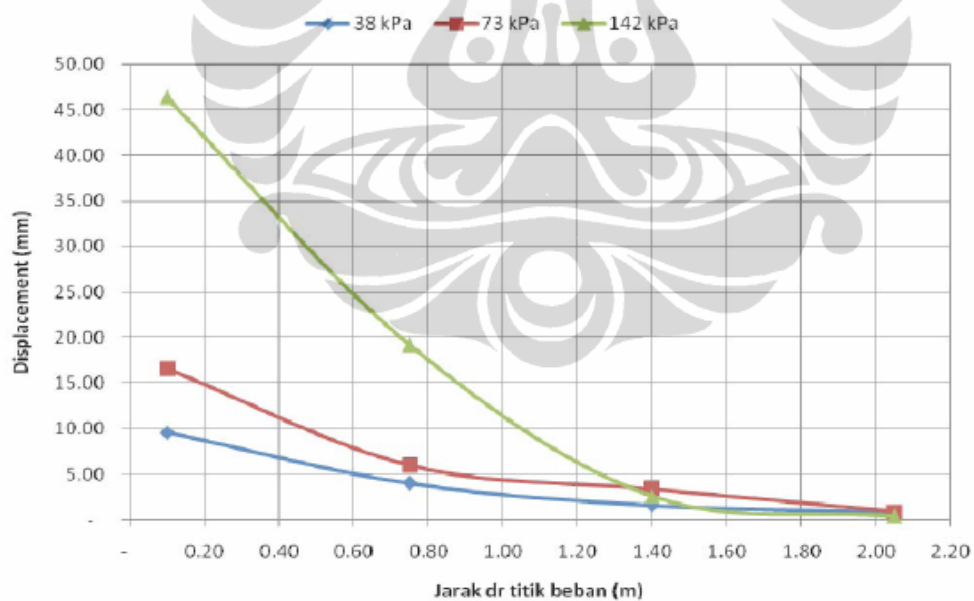
Gambar 4.31. Mekanisme transfer gaya *pull out* pada polyester strip

Kondisi 1 pada gambar diatas menggambarkan posisi caliper pada awal penarikan, belum terjadi *displacement* pada caliper-caliper tersebut karena gaya yang terjadi masih kecil. Kondisi 2 menggambarkan *displacement* yang terjadi pada caliper A, sedangkan pada caliper B, C dan D masih belum terjadi *displacement*. Hal ini menggambarkan bahwa gaya yang diberikan masih dapat ditahan oleh interaksi tanah timbunan dan *polyester strip* sepanjang *segment* Caliper A-B.

Kondisi 3 menggambarkan *displacement* yang terjadi pada caliper B, sedangkan pada caliper C dan D masih belum terjadi *displacement*. Hal ini menggambarkan bahwa gaya yang diberikan sudah tidak dapat ditahan semua oleh *segment* caliper A-B, sehingga butuh bantuan dari *segment* caliper B-C. Siklus ini terus berlanjut sampai akhirnya semua caliper mengalami *displacement*.

Tabel 4.8. *Displacement* pada puncak gaya *pull out*

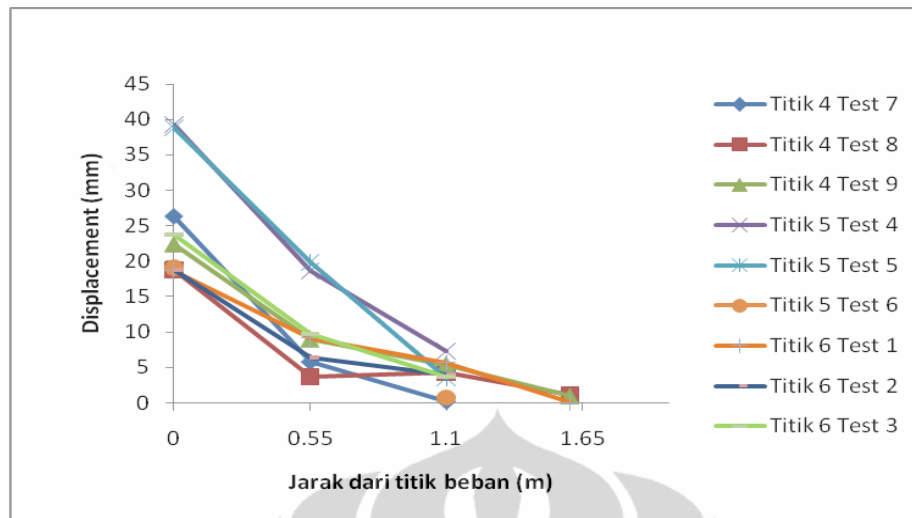
	CA	CB	CC	CD
Jarak Dari ujung (m)	0	0.55	1.1	1.6
	Displacement (mm)			
Titik 4 Test 7	26.36	5.81	0.21	
Titik 4 Test 8	18.74	3.68	4.28	1.09
Titik 4 Test 9	22.41	8.96	5.41	0.92
Titik 5 Test 4	39.27	18.58	7.27	
Titik 5 Test 5	38.81	19.79	3.52	
Titik 5 Test 6	19.09	0.00	0.72	
Titik 6 Test 1	18.68	9.13	5.65	0.00
Titik 6 Test 2	18.73	6.45	3.94	
Titik 6 Test 3	23.68	9.69	3.72	



Gambar 6.29. Sebaran Displacement Material Polyester Strip Pada Tanah Silty Sand

Gambar 4.32. Sebaran *Displacement* Material Polyester Strip di Tanah Silty Sand

Sumber Dandung Sri Harninto (2010)



Gambar 4.33. Pola Penyebaran *Displacement Pull Out Box Test*

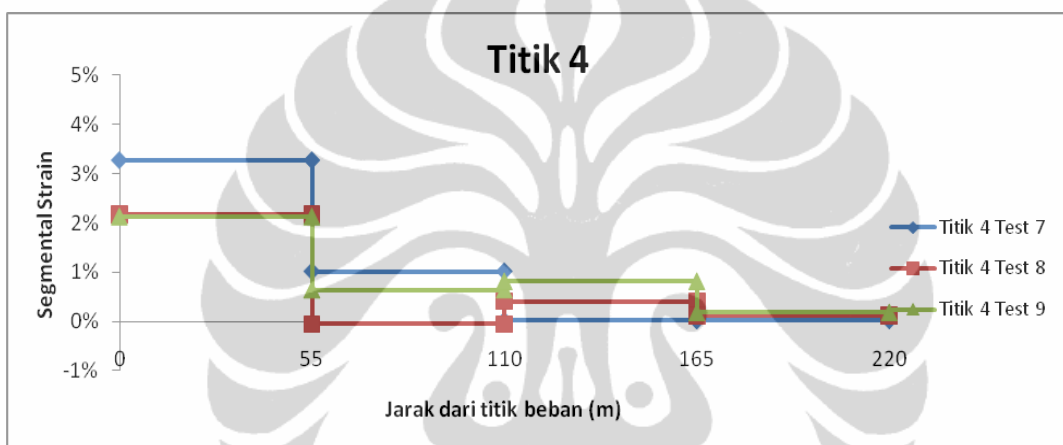
Terdapat kesamaan pola *displacement* antara hasil pengetesan Dandung Sri Harninto dengan penulis, namun ada sedikit kejanggalan pada Titik 4 Test 8. Apabila kita amati data aslinya, pada Titik 4 Test 8 ini mulai dari detik ke 1291 melonjak melebihi caliper B sampai dengan detik ke 1601. Hal ini mungkin disebabkan oleh miringnya posisi clamp, sehingga gaya yang diterima *polyester strip* tidak seimbang.

Tabel 4.9. Data pull out test Titik 4 Test 8

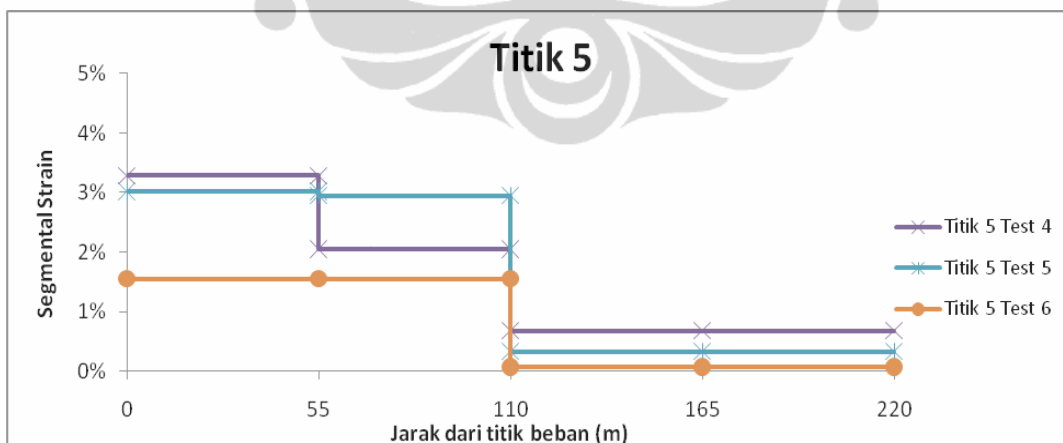
Waktu (s)	Load Cell (kg)	Stress (kPa)	Caliper A (mm)	Strain Caliper A	Caliper B (mm)	Strain Caliper B	Caliper C (mm)	Strain Caliper C	Caliper D (mm)	Strain Caliper D
1287	2836	38.64	16.19	0.0072	2.5	0.0011	1.96	0.0009	0.61	0.0003
1288	2836	38.64	16.24	0.0072	2.54	0.0011	1.96	0.0009	0.61	0.0003
1289	2836	38.64	16.25	0.0072	2.54	0.0011	1.96	0.0009	0.61	0.0003
1290	2836	38.64	16.25	0.0072	2.55	0.0011	1.96	0.0009	0.61	0.0003
1291	2837	38.65	16.25	0.0072	2.55	0.0011	2.85	0.0013	0.61	0.0003
1292	2839	38.68	16.25	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1293	2841	38.71	16.25	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1294	2842	38.72	16.25	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1295	2843	38.73	16.25	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1296	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1297	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1298	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1299	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1300	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1301	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1302	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1303	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1304	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1305	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1306	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1307	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1308	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1309	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1310	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1311	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1312	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1313	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1314	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1315	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1316	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1317	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1318	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1319	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1320	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1321	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1322	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1323	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1324	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1325	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1326	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1327	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1328	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1329	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1330	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1331	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1332	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1333	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1334	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1335	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1336	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1337	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1338	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1339	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1340	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1341	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1342	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1343	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1344	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1345	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1346	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1347	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1348	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1349	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1350	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1351	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1352	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1353	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1354	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1355	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1356	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1357	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1358	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1359	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1360	2843	38.73	16.24	0.0072	2.54	0.0011	2.86	0.0013	0.61	0.0003
1361	2842	38.72	19.91	0.0088	5.49	0.0024	5.36	0.0024	1.31	0.0006
1362	2822	38.45	19.98	0.0089	5.68	0.0025	5.36	0.0024	1.31	0.0006
1363	2815	38.35	20.04	0.0089	5.88	0.0026	5.36	0.0024	1.31	0.0006
1364	2801	38.16	20.09	0.0089	6.29	0.0028	5.36	0.0024	1.3	0.0006

## B. Penyebaran Regangan

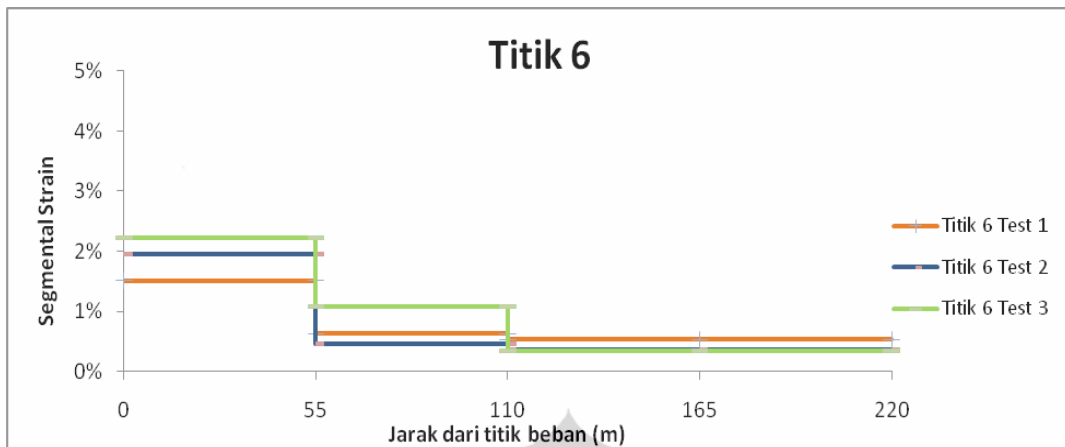
Analisa penyebaran regangan tidak dapat dilakukan pada *pull out test* lapangan, karena *indikator caliper* tidak dipasang pada *polyester strip* didalam dinding penahan tanah, untuk itu hanya dilakukan pada *pull out box test* saja. Analisa penyebaran regangan ini dilakukan hanya pada puncak gaya *pull out*, yang nilainya dihitung berdasarkan selisih displacement antara caliper dibagi dengan jarak antar caliper tersebut. Dari perhitungan didapat grafik sebagai berikut :



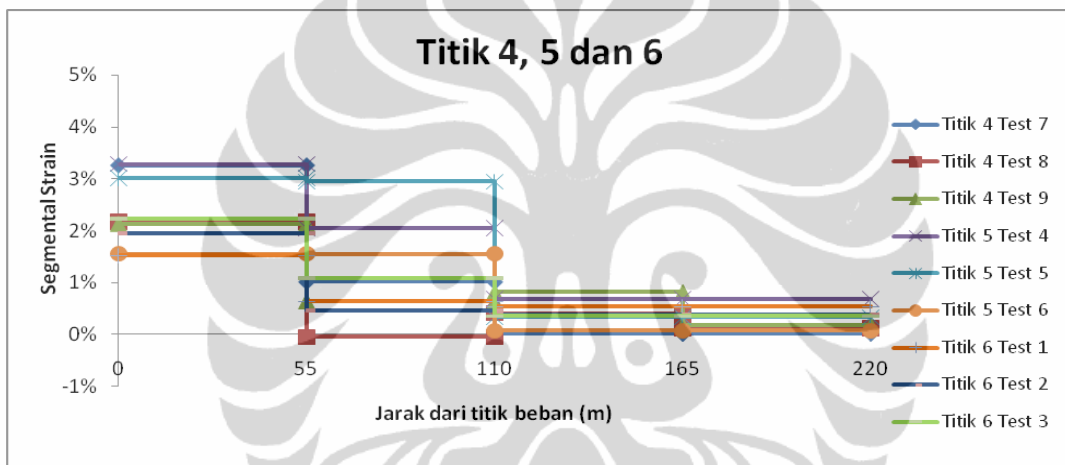
Gambar 4.34. Penyebaran Regangan Titik 4 Pull Out Box Test



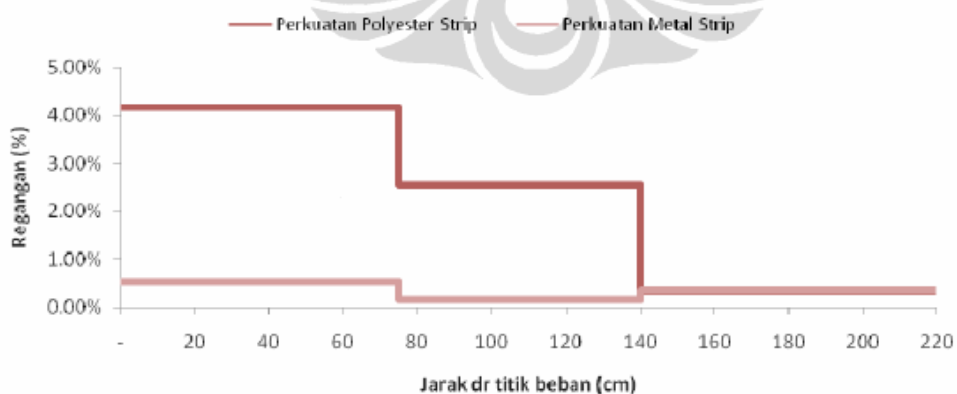
Gambar 4.35. Penyebaran Regangan Titik 5 Pull Out Box Test



Gambar 4.36. Penyebaran Rregangan Titik 6 *Pull Out Box Test*



Gambar 4.37. Penyebaran Regangan Titik 4, 5 dan 6 *Pull Out Box Test*



Gambar 6.33. Tipikal Pola Sebaran Regangan Pada Tanah Silty Sand

Gambar 4.38. Tipikal Pola Sebaran Regangan Pada Tanah *Silty Sand*

Sumber Dandung Sri Harninto (2010)

Pola sebaran regangan yang terjadi pada pengetesan ini sama dengan pola sebaran regangan pada pengetesan sebelumnya yang dilakukan oleh Dandung Sri Harninto (2010) adalah sama persis. Hanya pada hasil Titik 4 test 8 terdapat kejanggalan, yaitu nilainya negatif, seperti yang telah dijelaskan pada point sebelumnya, hal ini mungkin disebabkan oleh miringnya posisi clamp, sehingga gaya yang diterima *polyester strip* tidak seimbang.

### C. Transfer tegangan

Dalam analisa transfer tegangan ini digunakan metode limit equilibrium, dimana dimana pada setiap titik pada perkuatan yang digunakan mencapai kondisi batas secara simultan. Sehingga diasumsikan bahwa *interface shear stress* yang terjadi disepanjang bentang adalah sama. Oleh karena itu dalam perhitungan nilai *interface shear stress* gaya *pull out* dibagi dengan luas area perkuatan yang terdapat didalam tanah.

Secara aktual *interface shear stress* yang bekerja disepanjang bentang tidaklah sama, hal ini dapat dilihat dari perbedaan displacement yang terjadi di setiap caliper pada hasil *pull out box test*, namun karena belum dapat dilakukan pengujian terhadap nilai *interface shear stress* di setiap titik tersebut, maka digunakan pendekatan limit equilibrium.

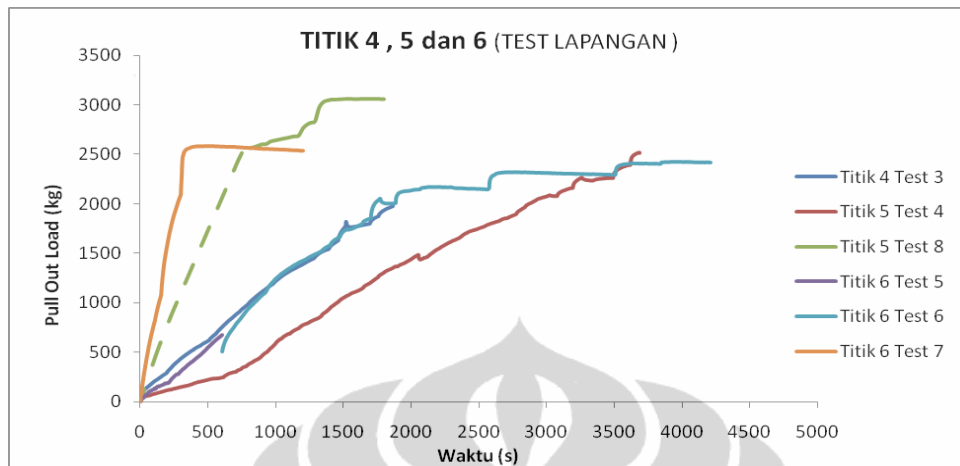
Nilai *interface shear stress* didapat dari nilai *pull out* maksimum dibagi dengan luas area *polyester strip* yang bersentuhan langsung dengan material timbunan dan pada *pull out test* lapangan luasnya dikurangi dengan area yang bersentuhan dengan *polyester strip* pada perkuatan *non test*. Berikut ini adalah luas masing-masing *polyester strip* tersebut:

Tabel 4.10. Panjang dan Luas *Polyester Strip*

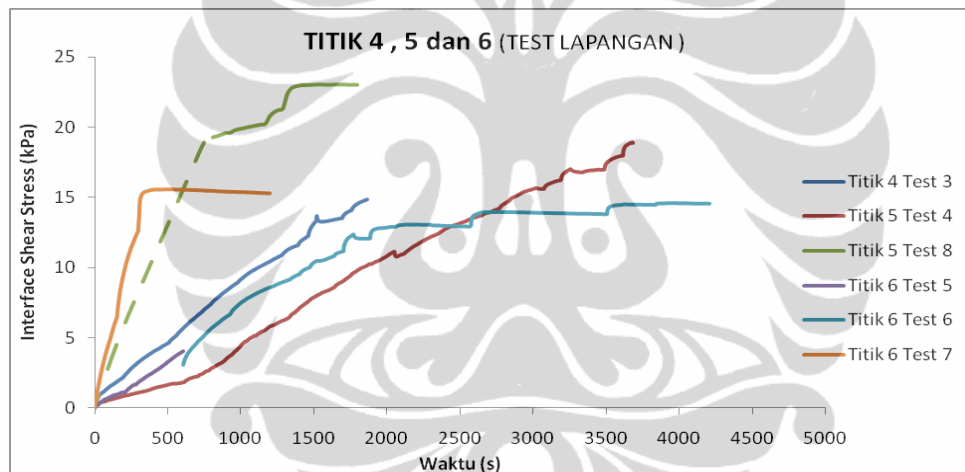
Titik	Panjang total (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Jum Permukaan	Overlap	Luas Total (m <sup>2</sup> )
4	4.235	0.712	2	0.094	1.330
5	4.235	0.712	2	0.094	1.330
6	5.232	0.888	2	0.116	1.660
Box	2.250	0.367	2	0	0.734



## 1. Pull Out test Lapangan

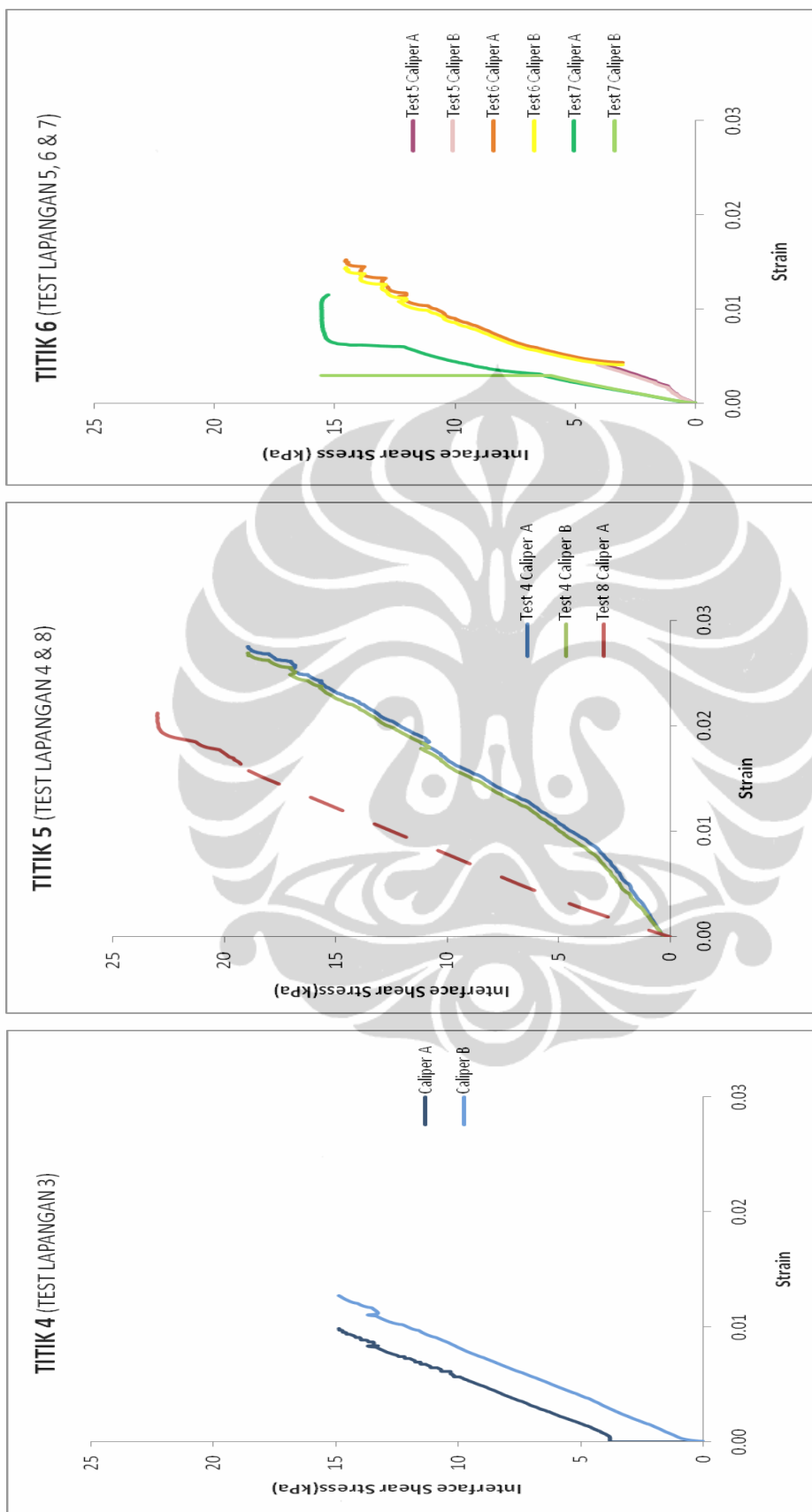


Gambar 4.39. Time History Pull Out Test Lapangan



Gambar 4.40. Time History Pull Out Test lapangan

Dari grafik time history *pull out* test lapangan tersebut dapat kita lihat bahwa gaya *pull out* yang bekerja naik secara hampir linier mendekati titik puncaknya, namun kemudian datar dan turun perlahan. Kemudian dari grafik maupun tabel dapat dilihat bahwa gaya *pull out* maksimum dan *interface shear stress* maksimum yang terjadi pada titik 5 lebih besar dari titik 6. Hal ini jelas dikarenakan oleh adanya perbedaan level timbunan tanah yang mengakibatkan perbedaan tekanan normalnya, karena panjang perkuatan yang digunakan adalah sama.



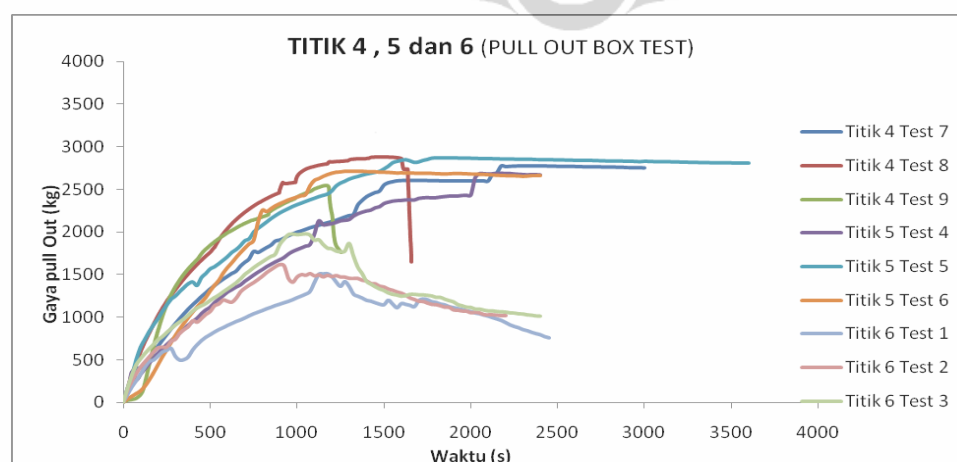
Gambar 4.41. Grafik *Interface Shear Stress-Strain Pull Out Test Lapangan*

Grafik diatas merupakan plot antara *interface shear stress* dan strain pada *pull out test* lapangan di calipper A. Besarnya nilai strain diperoleh dari nilai *displacement* yang dibagi dengan panjang perkuatan yang digunakan. Dapat dilihat bahwa pola pada grafik tersebut adalah mendekati linier sejak awal pengetesan sampai dengan puncak *pull out*-nya, kemudian datar dan baru turun perlahan.

Tabel 4.11. Stress Saat Gaya *Pull Out* Maksimum Pada *Pull Out Test* Lapangan

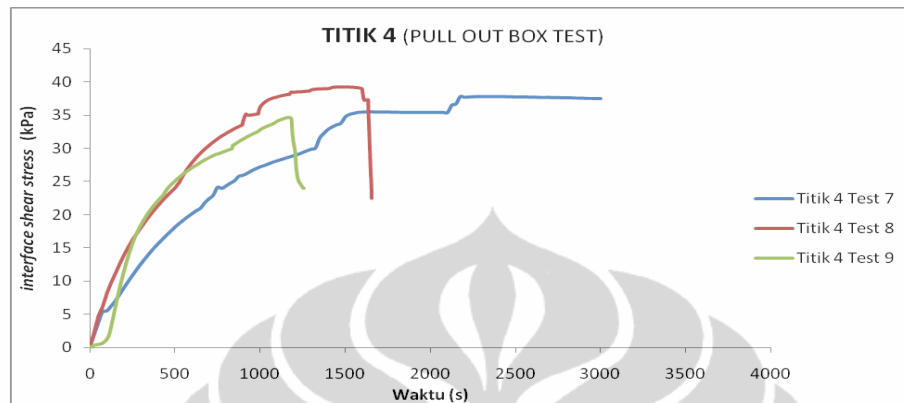
Item	Titik 4	Titik 5		Titik 6	
	Test 3	Test 4	Test 8	Test 5 -6	Test 7
Panjang polyester strip (m)	4.235	4.235	4.235	5.232	5.232
Luas polyester strip (m <sup>2</sup> )	1.33	1.33	1.33	1.66	1.66
Gaya pull out max yang didapat (kg)	1978	2519	3062	2421	2583
Stress saat gaya pull out max (kPa)	14.87218	18.93985	23.02256	14.58434	15.56024
Displacement (saat gaya pull out max) :					
- Caliper A mm)	41.58	116.28	88.64	78.75	52.77
Strain (saat gaya pull out max) :					
- Caliper A (mm)	0.009818	0.027457	0.02093	0.015052	0.010086
Ketinggian timbunan (meter)	4.075	3.285	3.285	2.56	2.56

## 2. Pull Out Box Test

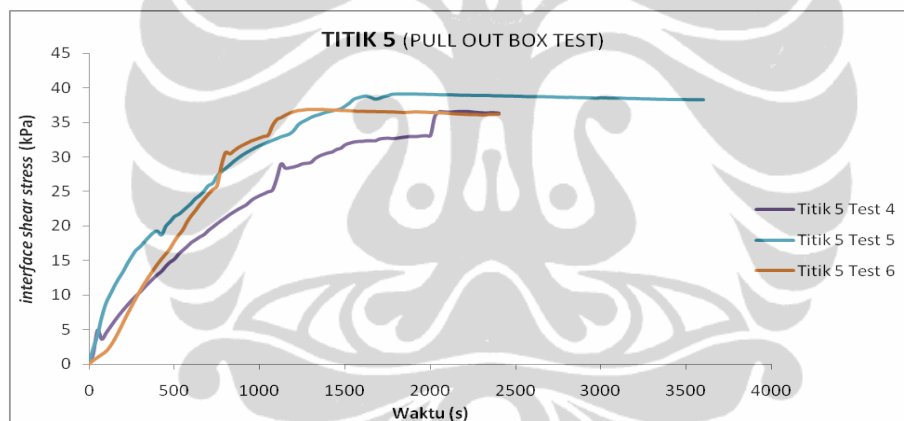


Gambar 4.42. Time History *Pull Out* Box Test

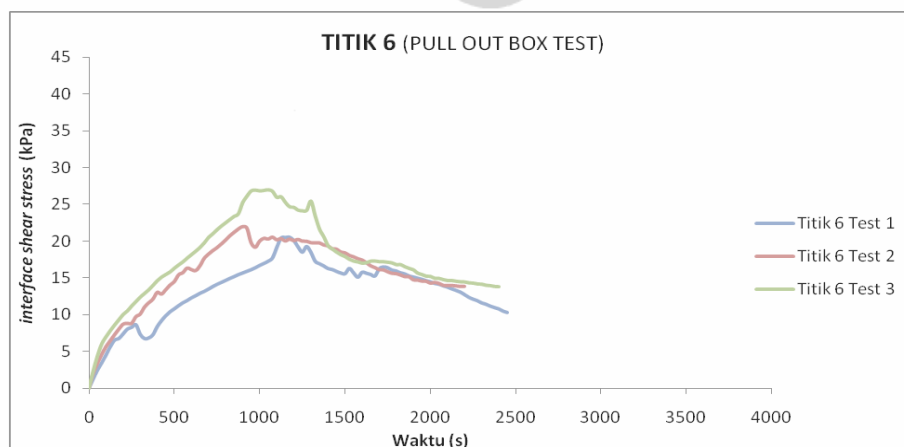
Dari grafik dapat dilihat bahwa gaya *pull out* meningkat dengan tidak linier sampai titik puncak, kemudian setelah mencapai puncak datar dan menurun atau ada juga yang langsung menurun.



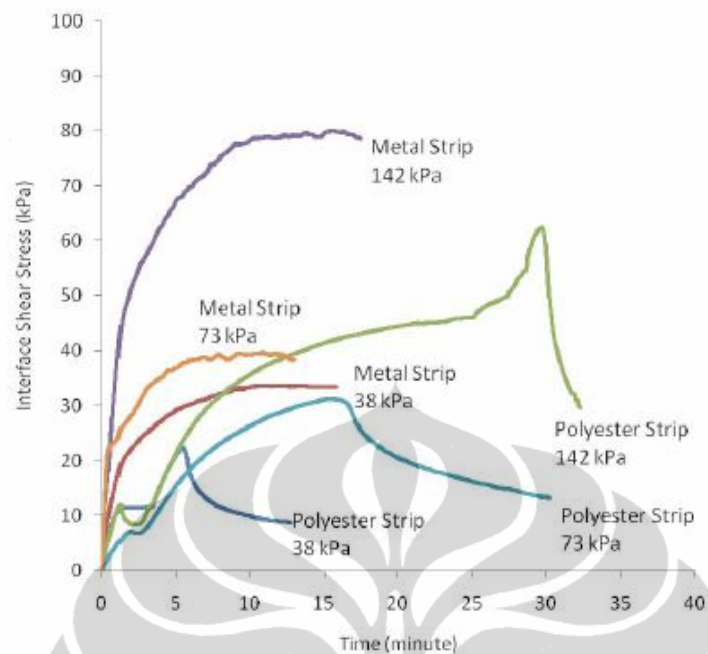
Gambar 4.43. *Time History Pull Out Box Test Titik 4*



Gambar 4.44 *Time History Pull Out Box Test Titik 5*



Gambar 4.45. *Time history pull out box test titik 6*



Gambar 6.37. Time Histori Hasil Test Pada Tanah Silty Sand

Gambar 4.46. Time history hasil test pada tanah silty sand

Sumber Dandung Sri Harninto (2010)

Dari grafik time history pada titik 4, 5 dan 6, jika dibandingkan dengan hasil yang didapat oleh Dandung Sri Harninto (2010) hanya hasil pada titik 6 yang polanya sudah sama. Namun tidak menutup kemungkinan bahwa pada titik 5 dan 6 akan terjadi pola yang sama, mengingat dalam penggetesan ini penulis belum mencapai titik residual.

Dari tabel dibawah dapat dilihat bahwa gaya *pull out* maksimum pada titik 4 dan 5 hampir sama. Mungkin hal ini disebabkan oleh turunnya tekanan air bag pada saat penggetesan, kepadatan tanah ataupun karena penggetesan pada titik 9 sempat dipending selama semalam.

Tabel 4.12. Stress Saat Gaya *Pull Out* maksimum pada *Pull Out Box Test*

Item	Titik 4			Titik 5			Titik 6		
	Test 7	Test 8	Test 9	Test 4	Test 5	Test 6	Test 1	Test 2	Test 3
Hidraulic Pressure (Psi)	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Panjang polyester strip (m)	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
Luas polyester strip (m <sup>2</sup> )	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734	0.734
Gaya pull out max yang didapat (kg)	2776	2882	2543	2687	2871	2708	1510	1614	1983
Interface shear Stress saat gaya pull out max (kPa)	37.82	39.26	34.65	36.61	39.11	36.89	20.57	21.99	27.02
Displacement (saat gaya pull out max) : - Caliper A mm)	26.36	18.74	22.41	39.27	38.81	19.09	18.68	18.73	23.68
Strain (saat gaya pull out max) : - Caliper A (mm)	0.0117	0.0083	0.0099	0.0175	0.0175	0.0085	0.0083	0.0083	0.0105
Tekanan Air bag (kPa)	81.96	81.96	81.96	65.25	65.25	65.25	49.92	49.92	49.92
Kepadatan tanah (%)	86.58	85.24	85.60	84.98	86.21	87.85	83.11	81.57	83.40

### 3. Perbandingan *Pull Out Test* Lapangan Dengan *Pull Out Box Test*

Dari tabel perbandingan *pull out interface shear stress* yang dicapai pada *pull out test* lapangan dan *pull out box test* dapat dilihat bahwa pada titik 5 selisih maksimum *interface shear stress* antara lapangan dan *pull out box*, berkisar antara 59-60 %, sedangkan pada titik 6 berkisar antara 32-74%. Nilai selisih yang didapat dari perbandingan maksimum *pull out interface shear stress* tersebut cukup besar. Untuk rentang strain-nya titik 5 sebesar 17-59%, nilai tersebut cukup besar jika dibandingkan dengan titik 6 yang kisarannya hanya 4-18%. Untuk titik 4 nilai *pull out test* lapangan yang ada tidak dapat digunakan sebagai perbandingan karena pengetesan belum mencapai titik maksimum *pull out*-nya.

Berikut adalah table perbandingan *pull out interface shear stress* yang dicapai pada *pull out* test dilapangan dan *pull out box test* di workshop beserta displacement yang didapat pada saat *pull out* maksimum tersebut :

Tabel 4.13 *Pull Out Interface Shear Stress-Strain*

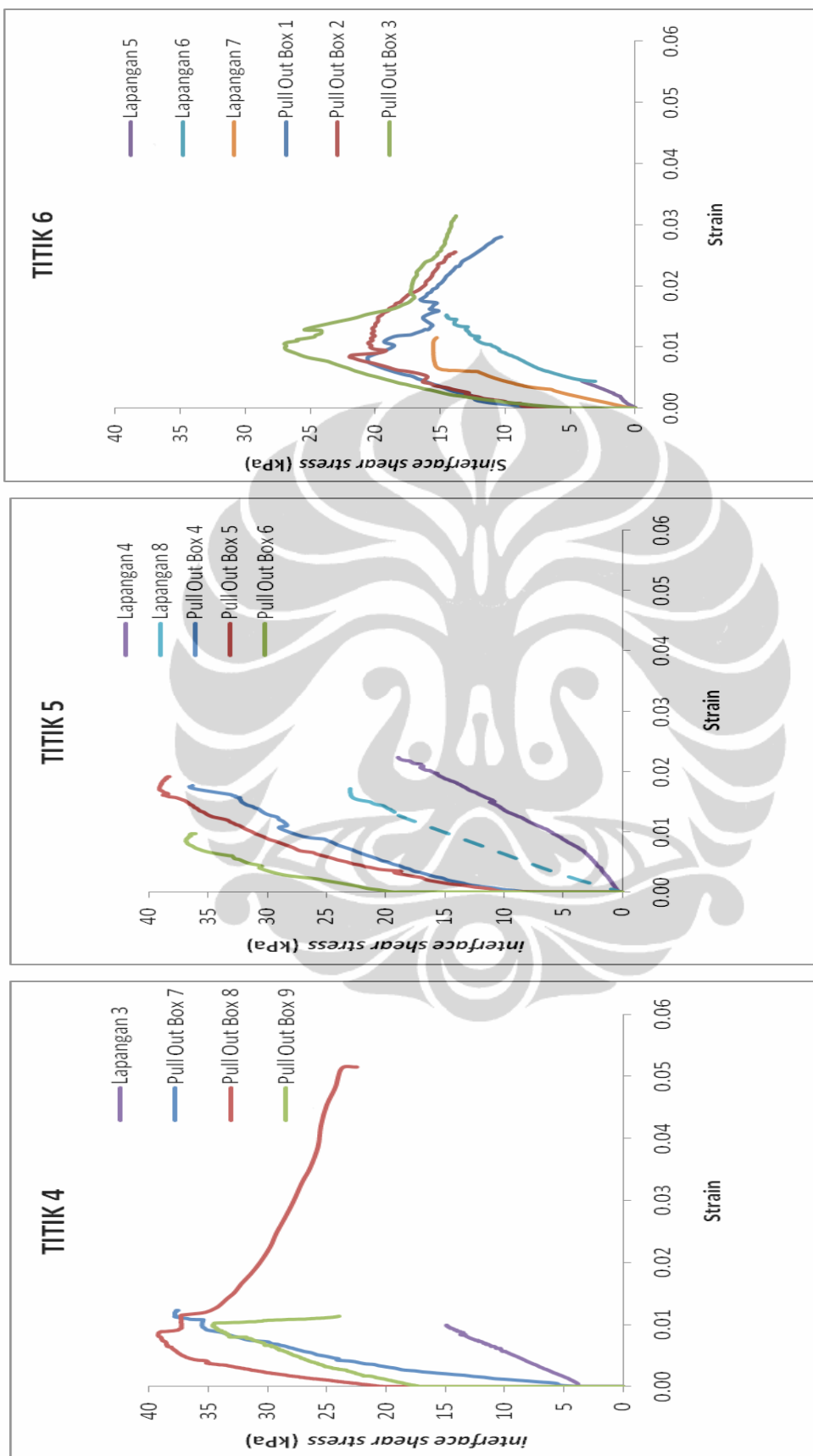
Item	Titik 4				Titik 5					Titik 6				
	Lapangan	Pull Out Box			Lapangan		Pull Out Box			Lapangan		Pull Out Box		
	Test 3	Test 7	Test 8	Test 9	Test 4	Test 8	Test 4	Test 5	Test 6	Test 5-6	Test 7	Test 1	Test 2	Test 3
Panjang polyester strip (m)	4.235	2.25	2.25	2.25	4.235	4.235	2.25	2.25	2.25	5.232	5.232	2.25	2.25	2.25
Luas polyester strip (m <sup>2</sup> )	1.33	0.734	0.734	0.734	1.33	1.33	0.734	0.734	0.734	1.66	1.66	0.734	0.734	0.734
Gaya pull out max (kg)	1978	2776	2882	2543	2519	3062	2687	2871	2708	2421	2583	1510	1614	1983
Interface shear stress saat gaya pull out max (kPa)	14.9	37.8	39.3	34.6	18.9	23.0	36.6	39.1	36.9	14.6	15.6	20.6	22.0	27.0
Rata-rata (kPa)	(Belum mencapai maksimum)	37.2					37.5					23.2		
selisih (kPa)							13.6	16.1	13.9			5.0	6.4	11.5
							59%	70%	60%			32%	41%	74%
Displacement (saat gaya pull out max) :														
- Caliper A (mm)	41.58	26.36	18.74	22.41	116.28	88.64	39.27	38.81	19.09	78.75	52.77	18.68	18.73	23.68
Strain (saat gaya pull out max) :														
- Caliper A (mm)	0.010	0.012	0.008	0.010	0.027	0.021	0.017	0.017	0.008	0.015	0.010	0.008	0.008	0.011
							0.014					0.009		
							0.003	0.004	0.012			0.002	0.002	0.000
							17%	18%	59%			18%	17%	4%
Tekanan Air bag (kPa)		81.96	81.96	81.96			65.25	65.25	65.25			49.92	49.92	49.92
Kepadatan tanah (%)		86.58	85.24	85.60			84.98	86.21	87.85			83.11	81.57	83.40

Terdapat kejanggalan pada pola stress rata-rata dari pengetesan *pull out box* dimana seharusnya pada titik 4 lebih besar dari titik 5, ternyata sebaliknya. Pada titik 4 nilainya 37.2 kPa, sedangkan pada titik 5 nilainya 37.5 kPa. Hal ini disebabkan oleh hasil *pull out box test* pada test 9 yang drop akibat adanya kebocoran pada *air bag*-nya sebelum dilakukan pengetesan, sehingga pengetesan ditunda selama satu malam. Kemungkinan kadar air pada tanah sudah banyak menguap dan mengakibatkan penurunan pada hasil *pull out box test*.

Pola pada grafik antara *pull out test* lapangan dan *pull out box test* sangat berbeda. Pola yang terjadi pada pengetesan *pull out* lapangan adalah mendekati linier mulai dari awal pengetesan sampai titik puncaknya dan kemudian datar baru turun perlahan. Sedangkan pola *pull out box test* adalah non linier dari awal pengetesan sampai puncak kemudian turun.

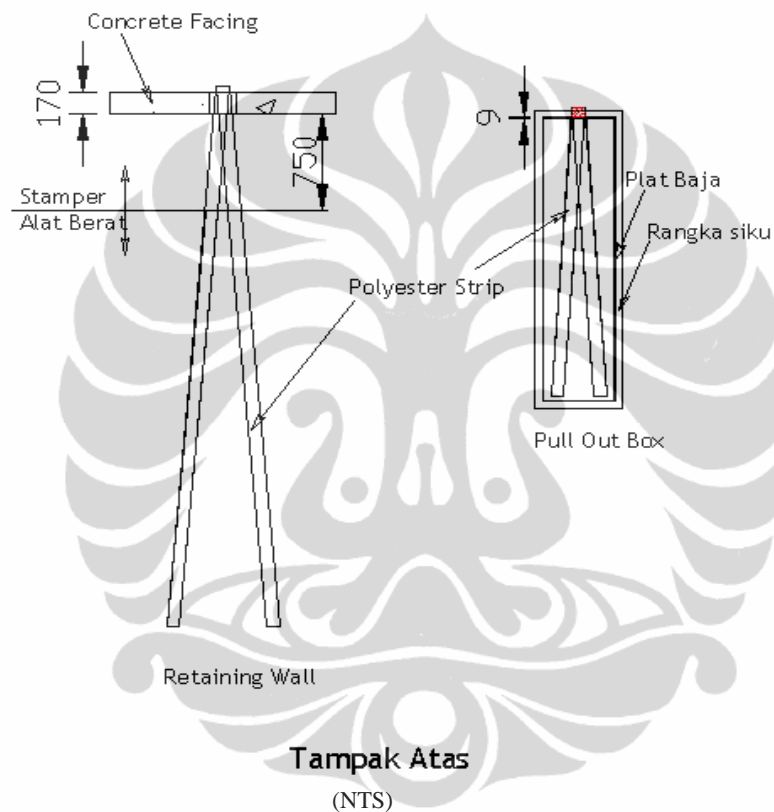
Grafik *pull out test* lapangan berada dibawah grafik *pull out box test*, sehingga pada saat *interface shear stress* yang sama pada *pull out test* lapangan strainnya lebih besar. Hal ini juga dapat diartikan pada saat gaya *pull out* yang sama deformasi yang terjadi pada *pull out test* lapangan lebih besar dari deformasi pada *pull out box test*. Sehingga dapat dikatakan bahwa hasil *pull out test* dilapangan lebih lemah daripada hasil yang didapat dari *pull out box*.





Gambar 4.47. Grafik stress-strain pull out test lapangan dan pull out box test

Lebih besarnya nilai deformasi yang terjadi pada *pull out test* lapangan dibandingkan dengan *pull out box test* pada saat nilai *interface shear stress*-nya sama disebabkan oleh kondisi timbunan yang berbeda antara *pull out test* lapangan dengan *pull out box test*. Pada timbunan dilapangan sejauh 75 cm dari facing hanya dilakukan pemadatan ringan saja, untuk menjaga agar facing tidak miring. Sedangkan pada pengetesan *pull out box* dilaksanakan pemadatan secara merata.

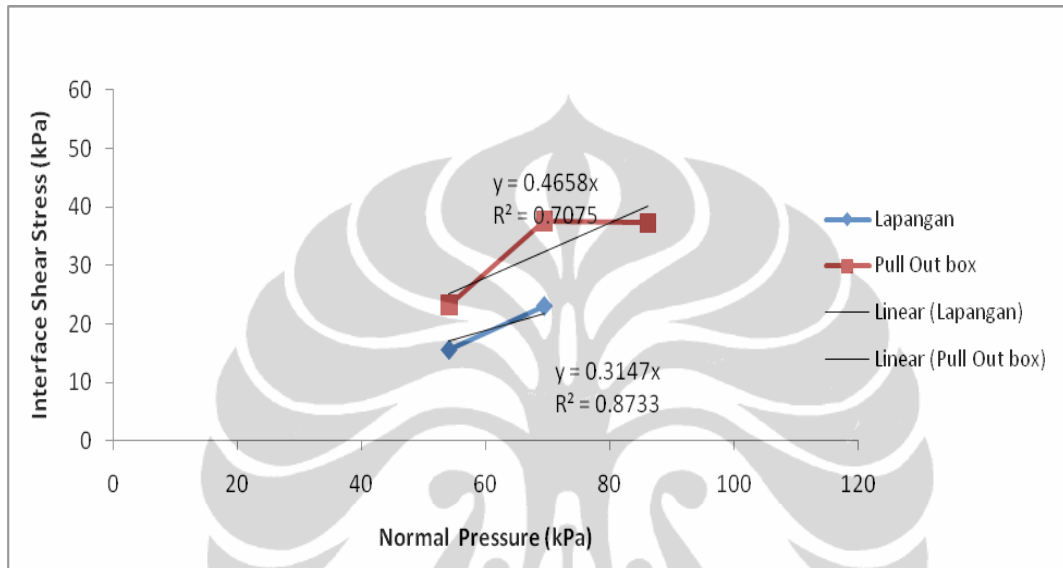


Gambar 4.48. Tampak Atas Posisi Pemasangan Polyester

Selain itu tebal facing dilapangan adalah 17 cm, dan sepanjang 17 cm tersebut tidak terjepit tanah, sehingga gaya *pull out* hanya dilawan oleh *polyester strip* saja. Sedangkan pada *pull out box* tebal box hanya 0.9 cm saja.

#### D. Sudut Geser Antara Polyester Strip Dengan Tanah Timbunan

Besarnya nilai sudut geser antara material timbunan dengan material perkuatan dapat dilihat berdasarkan grafik antara tegangan normal dengan *interface shear stress* pada saat gaya *pull out* maksimum sebagai berikut:



Gambar 4.49. Sudut geser *polyester strip* dengan tanah timbunan

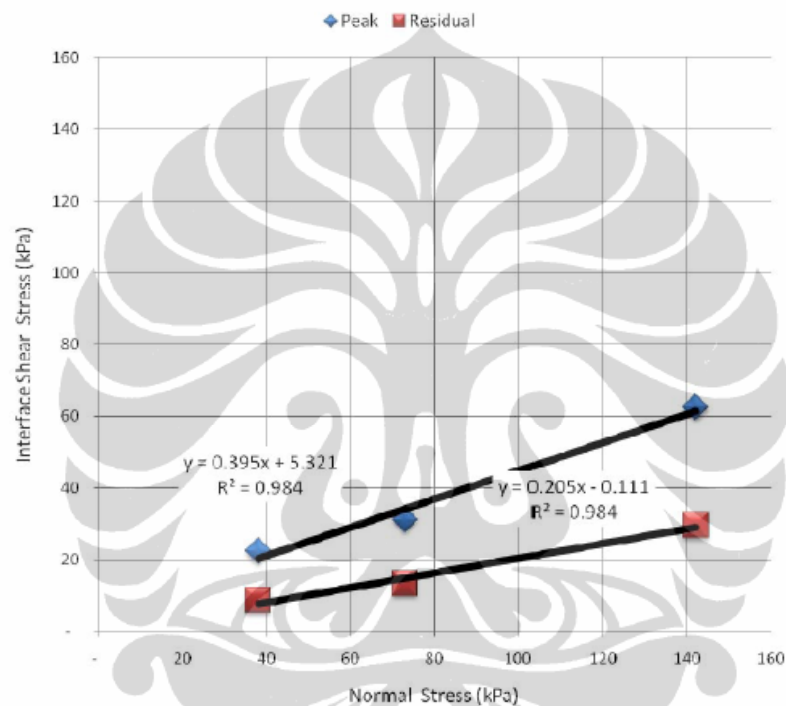
Dari grafik diatas dapat kita lihat bahwa hubungan antara tegangan normal dengan *interface shear stress* pada *pull out test* adalah :

$$\text{Pull out box test} \quad y = 0.4658x$$

$$\text{Pull out test lapangan} \quad y = 0.3147x$$

Dari persamaan tersebut didapat besarnya sudut geser antara polyester strip dengan tanah timbunan ( $\delta$ ) pada *pull out box test*  $24.98^\circ$  sedangkan pada *pull out test lapangan* adalah  $17.47^\circ$ . Selisih keduanya hanya  $7.51^\circ$ , lebih besar *pull out box test*. Adapun kelemahan dari hasil *pull out test* yang perlu dipertimbangkan juga adalah:

1. Pada *pull out test* lapangan grafik hanya didapat dari 2 titik saja, yaitu titik 5 dan 6, hal ini dikarenakan oleh tidak dicapainya kapasitas *pull out* maksimum pada pengetesan titik 4.
2. Pada *pull out box test* terjadi kegagalan pada hasil *pull out* maksimum titik 4 yang nilainya jauh dari kedua hasil lainnya, yang disebabkan oleh tertundanya pengetesan selama semalam akibat bocornya *air bag*.



Gambar 6.43. Sudut Geser Polyester Strip Pada Tanah Silty Sand

Gambar 4.51. Sudut geser polyester strip pada tanah silty sand

Sumber Dandung Sri Harninto (2010)

Jika dibandingkan dengan hasil yang didapat dari pengujian sebelumnya yang dilakukan oleh Dandung Sri Harninto (2010) dengan nilai sudut geser untuk *polyester strip* dan tanah timbunan *silty sand* sebesar  $21^\circ$ , hasil yang didapat penulis cukup dekat.

### E. Kapasitas *Pull Out* Maksimum

Berikut ini adalah perbandingan perhitungan gaya *pull out* maksimum berdasarkan persamaan dari FHWA yang dibandingkan dengan hasil *pull out* test lapangan dengan menggunakan nilai faktor interaksi antara material perkuatan dan tanah timbunan ( $F^*=\mu$ ) yang didapat dari persamaan dalam FHWA, *pull out test* lapangan dan *pull out box test*.

Tabel 4.14 Perbandingan Maksimum *Pull Out* capacity factor interaksi berdasarkan FHWA ( $F^* = \mu = \frac{2}{3} \tan\phi = 0.7364$ )

Titik	Tinggi Timbunan (m)	b (m)	$S_h$ (m)	$\phi'$ (m)	$L_e$ (m)	$F^*=\mu$	$\alpha$	$\sigma_v$ (kg/m <sup>2</sup> )	C	R	$T_{max}$ (kg)			
											FHWA	Aktual Lapangan	Selisih	
5	3.29	0.09	0.35	0.8	4.24	0.7364	0.6	6948	2	0.26	5,349	3,062	2,287	42.8%
6	2.56	0.09	0.35	0.8	5.23	0.7364	0.6	5415	2	0.26	5,150	2,583	2,567	49.8%

Selisih terbesar yang didapat dari perhitungan desain kapasitas *pull out* dengan menggunakan persamaan FHWA dan koefisien interaksi ( $F^*$ ) berdasarkan FHWA adalah 49.8%, lebih besar dari hasil *pull out* aktual di lapangan.

Tabel 4.15. Perbandingan Maksimum *Pull out* capacity factor interaksi berdasarkan *pull out box test* ( $F^*=\mu=\tan\delta=0.4658$ )

Titik	Tinggi Timbunan (m)	b (m)	$S_h$ (m)	$\phi'$ (m)	$L_e$ (m)	$F^*=\mu$	$\alpha$	$\sigma_v$ (kg/m <sup>2</sup> )	C	R	$T_{max}$ (kg)			
											FHWA	Aktual Lapangan	Selisih	
5	3.29	0.09	0.35	1	4.24	0.4658	0.6	6948	2	0.26	4,229	3,062	1,167	27.6%
6	2.56	0.09	0.35	1	5.23	0.4658	0.6	5415	2	0.26	4,072	2,583	1,489	36.6%

Selisih terbesar yang didapat dari perhitungan desain kapasitas *pull out* dengan menggunakan persamaan FHWA dan koefisien interaksi ( $F^*$ ) berdasarkan hasil *pull out box test* adalah 36.6%, lebih besar dari hasil *pull out* aktual di lapangan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### IV.2 KESIMPULAN

Dari hasil analisa *pull out test* lapangan dan *pull out box test* yang telah dilakukan pada bab IV, maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Regangan yang terjadi disepanjang polyester strip tidak sama, semakin jauh jaraknya dari titik beban semakin kecil nilainya.
2. Dari grafik *interface shear stress – strain pull out test* lapangan didapat bahwa gaya *pull out* yang bekerja naik secara hampir linier mendekati titik puncaknya, namun kemudian datar dan turun perlahan. Kemudian dari grafik maupun tabel dapat dilihat bahwa gaya *pull out* maksimum dan *interface shear stress* maksimum yang terjadi pada titik 5 lebih besar dari titik 6. Hal ini jelas dikarenakan oleh posisi titik 5 yang berada dibawah titik 6, sehingga tegangan vertikalnya lebih tinggi dan menyebabkan gaya *pull out* yang lebih besar pula.
3. Pada saat *interface shear stress* yang sama antara *pull out test* lapangan dengan *pull out box test*, pada *pull out test* lapangan nilai *strain*-nya lebih besar. Sehingga dapat dikatakan bahwa hasil *pull out test* dilapangan berbeda dengan *pull out box*. Hal tersebut disebabkan oleh kondisi timbunan yang lebih terjaga pada *pull out box test* dan perbedaan metode pemadatan antara *pull out box* dan *pull out* lapangan.
4. Sudut geser antara *polyester strip* dengan tanah timbunan ( $\delta$ ) pada *pull out box test* adalah  $24.98^\circ$  sedangkan pada *pull out test* lapangan adalah  $17.47^\circ$ . Selisih keduanya adalah  $7.51^\circ$ , lebih besar *pull out box test*.
5. Selisih gaya *pull out* maksimum yang didapat dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan FHWA dan koefisien interaksi dari hasil *pull out box test* dengan adalah 36.6%, lebih besar dari hasil *pull out test* lapangan.

### IV.3 SARAN

Berikut adalah beberapa saran dari penulis yang merupakan kendala yang dihadapi penulis pada saat pelaksanaan pengujian, semoga dapat dimanfaatkan dalam pengujian selanjutnya

#### A. Pull Out Test Lapangan

1. Kapasitas tarik dan panjang *stroke hidraulik jack* belum cukup untuk pengetesan ini, dan sebaiknya diganti dengan *hidraulik jack* dengan kapasitas lebih tinggi dan lebih panjang *stroke*-nya, selain itu kecepatan *hidraulik jack* juga tidak konstan, sehingga perlu dilakukan pengecekan secara periodik.
2. Kapasitas caliper juga belum cukup untuk pengetesan lapangan, dibutuhkan caliper yang lebih panjang.
3. Jumlah dan kondisi *scaffolding* yang cukup juga sangat menentukan, karena pada pengetesan lapangan kali ini penulis tidak mendapatkan *scaffolding* dengan jumlah dan kondisi yang cukup, sehingga pengetesan hanya dapat dilakukan terbatas pada ketinggian 3.5 m dari permukaan tanah.
4. Rod yang digunakan pada proses penarikan harus merupakan baja mutu tinggi, dalam hal ini disarankan menggunakan as mesin. Karena sebelumnya penulis menggunakan besi tulangan biasa dan ternyata melengkung.
5. Pada pengetesan lapangan sebaiknya tidak digunakan clamp, selain sulit dalam pemasangannya juga besar kemungkinannya *polyester strip* yang dipasang tidak cukup panjang ujungnya, sehingga tidak dapat masuk kedalam clamp.
6. Dikarenakan sensitifnya peralatan yang digunakan, terutama caliper, maka sebaiknya dihindari pengetesan saat mendung / hujan, sehingga pengetesan tidak perlu terhenti ditengah jalan.
7. Penambahan caliper di *stroke hidraulik jack* sangat berguna untuk melakukan pengecekan kecepatan.

## B. Pull Out Box Test

1. Posisi caliper sebaiknya dirubah agak dimundurkan dan diberi jarak yang lebih panjang antara caliper yang didepan dengan yang dibelakangnya, karena pada pengujian caliper belakang menabrak caliper depannya
2. Pengecekan *air bag* sangat perlu dilakukan secara periodik, karena tekanan *air bag* sering menurun selama jalannya pengetesan
3. Penambahan caliper pada *stroke hidraulik jack* sangat berguna untuk melakukan pengecekan kecepatan, mengingat kecepatan *hidraulik jack* yang tidak konstan.





## DAFTAR PUSTAKA

R. F. Craig (1989), *Soil Mechanics Fourth Edition*, Van Nostrood Reinhold (UK) Co.Ltd.

FHWA-NHI-10-024 (2009), *Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume I, chapter 4*, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.

McGown, A., Andrawes, K.Z. & Kabir, M.H. (1982), *Load-extension testing of geotextiles confined in soil*, 2<sup>nd</sup> International Conference on Geotextiles, Las Vegas, USA, Vol. 3, 793-798.

Palmeira, Ennio Marques (1987), *The Study of Soil Reinforcement Interaction by Means of Large Scale Laboratory Test*, a Thesis Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy at the University of Oxford.

Norbert Meyer, Axel Nernheim, Ansgar Emersleben (1995), *Influence of confining pressure, soil density and types of geogrids on Soil-Geogrid interaction coefficient*, Institute for Geotechnical Engineering and Mine Surveying, Technical University Clausthal Erzstraße 18, D-38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany

Bernal, A., Salgado, R., Swan, Jr., R.H. and Lovell, C.W. (1997), *Interaction Between Tire Shreds, Rubber-Sand and Geosynthetics*, Geosynthetics International, Vol. 4, No. 6, pp. 623-643

Lo, S.C.R. (1998), *Pull-Out Resistance of Polyester Straps at Low Overburden Stress*, Geosynthetics International, Vol. 5, No. 4, pp. 361-382.

Mohiuddin, Ather (2002), *Analysis of Laboratory and Field Pull-Out Test of Geosynthetics in Clayey Soils*, a Thesis of Master of Science in Civil Engineering Louisiana State University

Sidnei H. C. Teixeira, Benedito S. Bueno, and Jorge G. Zornberg, M.ASCE (2007), *Pullout Resistance of Individual Longitudinal and Transverse Geogrid Ribs*, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 133, No. 1, January 1, 2007

Dandung Sriharninto (2010), *Studi Perilaku Pull Out Elemen Perkuatan Tanah pada Sistem Dinding Penahan Tanah*, A Thesis Submitted for the Degree of Master the University of Indonesia

**Table 3-6. Summary of Pullout Capacity Design Parameters.**

Reinforcement Type	$S_{opt}$	Grid Spacing	Tan $\rho$	$F_q$	$\alpha_\beta$	$\alpha$ Default Value
Inextensible strips		NA	Obtain Tan $\rho$ from tests, or use default values	NA	NA	1.0
Inextensible grids (bar mats and welded wire)	$\frac{t F_q}{2 \tan \phi}$	$S_t \leq S_{opt}$	Obtain Tan $\rho$ from tests	NA	NA	1.0*
	$\frac{t F_q}{2 \tan \phi}$	$S_t > S_{opt}$	NA	Obtain $F_q$ from tests, or use default values	$\frac{t}{2 S_t}$	1.0*
Extensible grids with $\frac{\text{min. grid opening}}{d_{50}} > 1$	$\frac{t F_q}{2 \tan \phi}$	$S_t \leq S_{opt}$	Obtain Tan $\rho$ from tests	NA	NA	0.8
	$\frac{t F_q}{2 \tan \phi}$	$S_t > S_{opt}$	NA	Obtain $F_q$ from tests, or use default values	$\frac{f_b t}{2 S_t}$	0.8
Extensible grids with $\frac{\text{min. grid opening}}{d_{50}} < 1$		NA	Obtain Tan $\rho$ from tests	NA	NA	0.8
Extensible sheets		NA	Obtain Tan $\rho$ from tests	NA	NA	0.6

**NOTES:**

(i) It is acceptable to use the empirical values provided in or referenced by this table to determine  $F^*$  in the absence of product and backfill specific test data, provided granular reinforced fill as specified in Table 3-1 for MSE walls is used and  $C_u \geq 4$ . For fill outside these limits, tests must be run.

(ii) Pullout testing to determine  $\alpha$  is recommended if  $\alpha$  shown in table is less than 1.0. These values of  $\alpha$  represent highly extensible geosynthetics.

(iii) For grids where Tan  $\rho$  is applicable, apply Tan  $\rho$  to the entire surface area of the reinforcement sheet (i.e., soil and grid), not just the surface area of the grid elements.

(iv) NA means "not applicable."  $\phi$  is the soil friction angle.  $\rho$  is the interface friction angle mobilized along the reinforcement.  $S_{opt}$  is the optimum transverse grid element spacing to mobilize maximum pullout resistance as obtained from pullout tests (typically 6 in. (150 mm) or greater).  $S_t$  is the spacing of the transverse grid elements.  $t$  is the thickness of the transverse elements.  $F_q$  is the embedment (or surcharge) bearing capacity factor.  $\alpha_\beta$  is a structural geometric factor for passive resistance.  $f_b$  is the fraction of the transverse member on which bearing can be fully developed (typically ranging from 0.6 to 1.0) as obtained from an evaluation of the bearing surface shape.  $D_{50}$  is the backfill grain size at 50% passing by weight.  $\alpha$  is the scale effect correction factor.

(v) Definitions of the geometric variables are illustrated in Figure 3-4.

\* For longitudinal bars/wires spacing greater than 6 inches,  $\alpha$  may be less than 1.0 and pullout tests are required.

**Table 4-7. Resistance Factors,  $\phi$ , for Tensile and Pullout Resistance for MSE Walls (after Table 11.5.6-1, AASHTO {2007}).**

Reinforcement Type and Loading Condition		Resistance Factor
Metallic reinforcement and connectors	Strip reinforcements <sup>(A)</sup>	
	Static loading	0.75
	Combined static/earthquake loading	1.00
	Combined static/traffic barrier impact <sup>(B)</sup>	1.00
	Grid reinforcements <sup>(A, C)</sup>	
	Static loading	0.65
Geosynthetic reinforcement and connectors	Combined static/earthquake loading	0.85
	Combined static/traffic barrier impact <sup>(B)</sup>	0.85
	Static loading	0.90
Pullout resistance of tensile reinforcement (metallic and geosynthetic)	Combined static/earthquake loading	1.20
	Combined static/traffic barrier impact <sup>(B)</sup>	1.20
	Static loading	1.00
Notes:		
<p>A. Apply to gross cross-section less sacrificial area. For sections with holes, reduce gross area in accordance with AASHTO (2007) Article 6.8.3 and apply to net section less sacrificial area.</p> <p>B. Combined static/traffic barrier impact resistance factors are not presented in AASHTO.</p> <p>C. Applies to grid reinforcements connected to rigid facing element, e.g., a concrete panel or block. For grid reinforcements connected to a flexible facing mat or which are continuous with the facing mat, use the resistance factor for strip reinforcements.</p>		

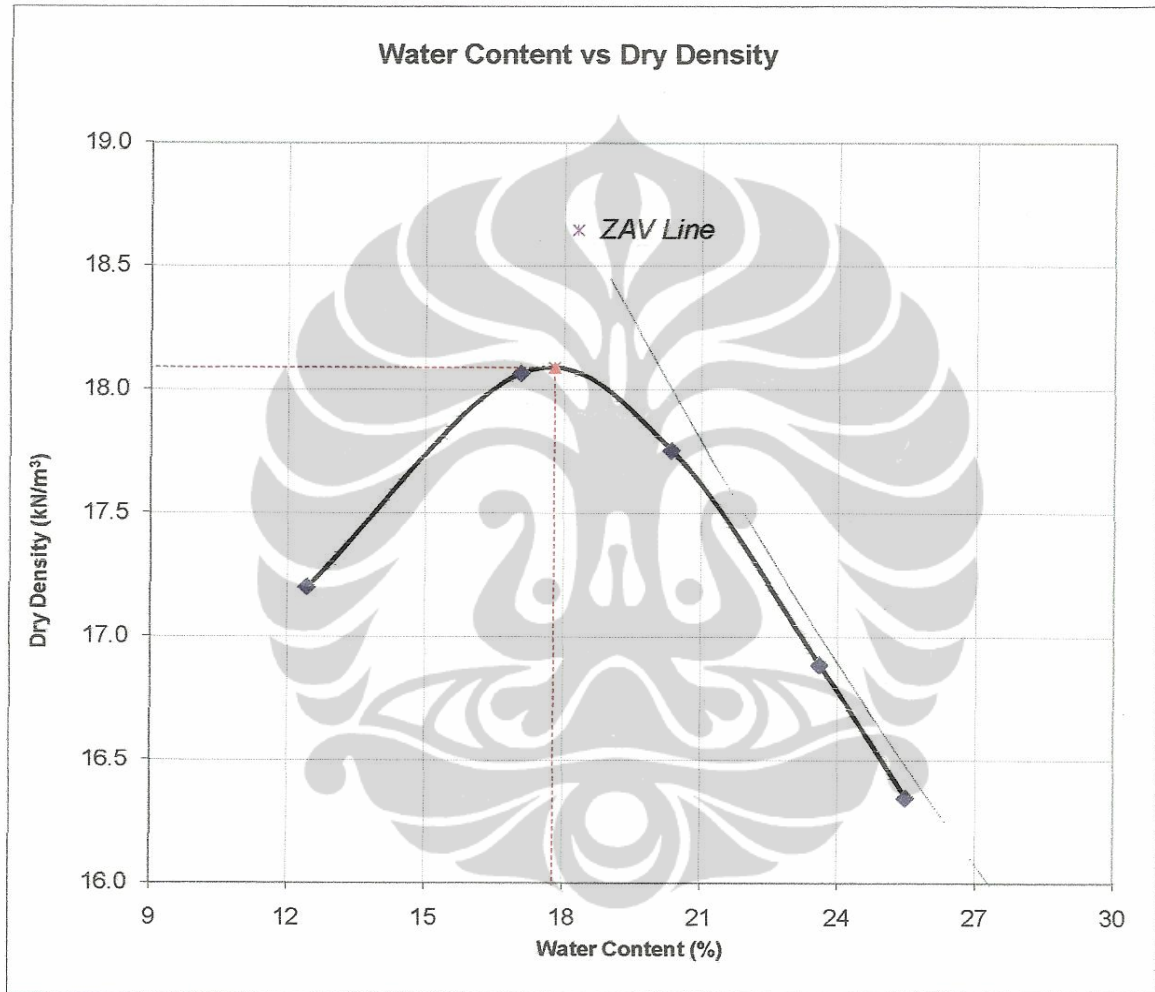


**MODIFIED COMPACTION TEST**

<b>PROJECT</b> FLY OVER BUSUNG	<b>DATE OF TESTING</b> 28 Maret 2011
-----------------------------------	---

<b>LOCATION</b> BINTAN	<b>SAMPLE</b> -	<b>TESTED BY</b> WATI
---------------------------	--------------------	--------------------------

PROJECT NUMBER:



<b>MAXIMUM DRY DENSITY (<math>\gamma_{dry,max}</math>)</b>	<b>18.09 kN/m<sup>3</sup></b>
<b>OPTIMUM WATER CONTENT (<math>w_{opt}</math>)</b>	<b>17.8 %</b>
<b>SPECIFIC GRAVITY (<math>G_s</math>)</b>	<b>2.84</b>



**LABORATORY CBR**

<b>PROJECT</b> FLY OVER BUSUNG	<b>DATE OF TESTING</b> 11/04/2011
-----------------------------------	--------------------------------------

<b>LOCATION</b> BINTAN	<b>SAMPLE</b> -	<b>TESTED BY</b> WATI
---------------------------	--------------------	--------------------------

PROJECT NUMBER: 2

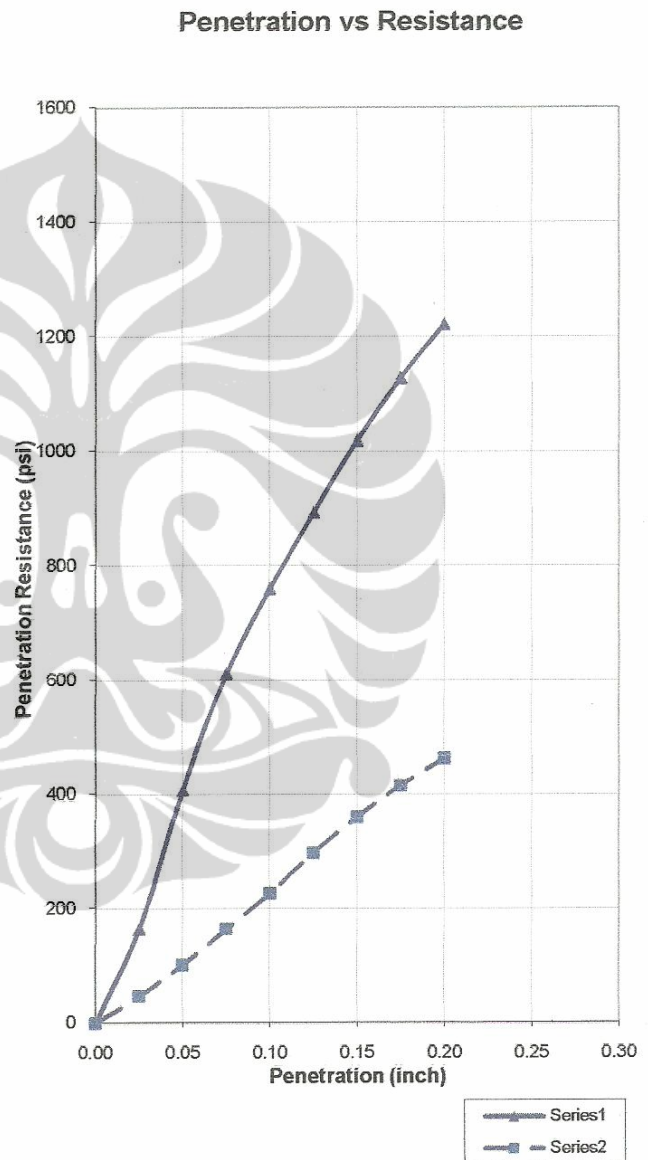
Penetration (inch)	Dial Reading		Stress (psi)	
	unsoaked	soaked	unsoaked	soaked
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	21.0	6.0	164.4	47.0
0.050	52.0	13.0	407.0	101.8
0.075	78.0	21.0	610.5	164.4
0.100	97.0	29.0	759.2	227.0
0.125	114.0	38.0	892.3	297.4
0.150	130.0	46.0	1017.5	360.0
0.175	144.0	53.0	1127.1	414.8
0.200	156.0	59.0	1221.0	461.8

Penetration (inch)	CBR (%)	
	unsoaked	soaked
0.1	75.92	22.70
0.2	81.40	30.79

Dry Density (gr/cm <sup>3</sup> )	
Unsoaked	17.962
Soaked	17.638

Water content (%)	
Unsoaked	
Soaked	

Swelling (%)	2.0452
--------------	--------



Remarks

Proving Ring : no. 4824  
 Brand : Leonard F. -England  
 LRC : 23.481 lbf/div

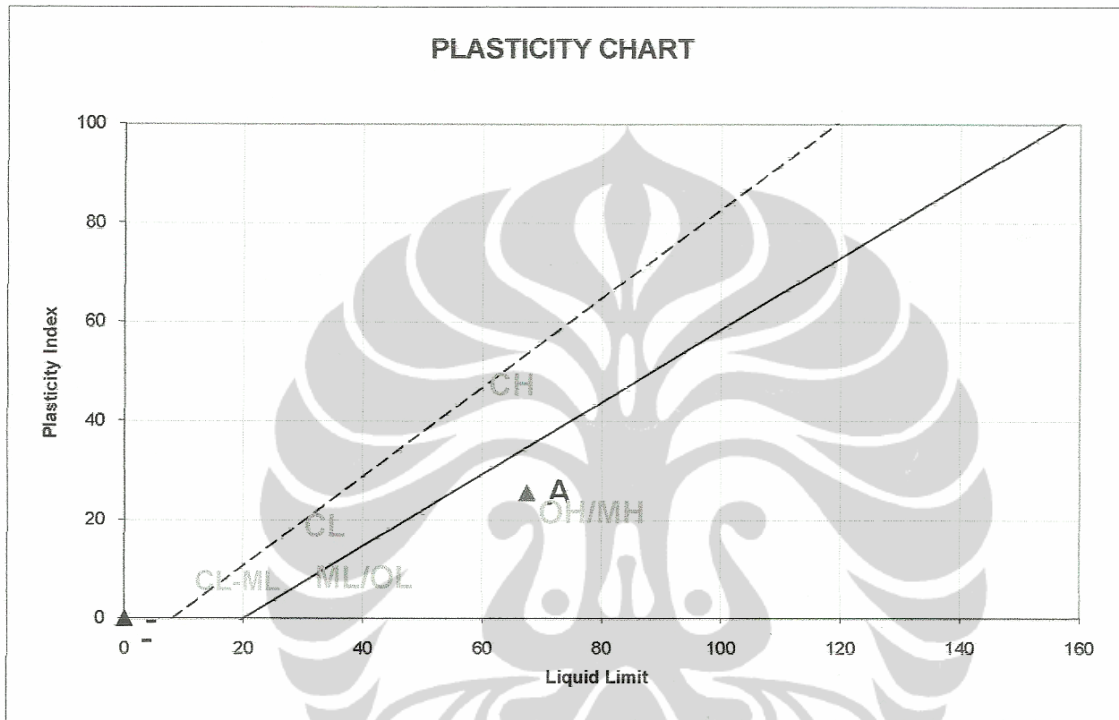


**ATTERBERG LIMIT**

<b>PROJECT</b> FLY OVER BUSUNG	<b>DATE OF TESTING</b> 18/03/2011 - 19/03/2011
-----------------------------------	---

<b>LOCATION</b> BINTAN	<b>TESTED BY</b> WATI
---------------------------	--------------------------

PROJECT NUMBER:



Borehole No.	Depth (m)	Symbol	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Unified Classification
1	0 - 0.5	A	67.40	41.96	25.44	MH
-	- - -	-	-	-	-	-
-	- - -	-	-	-	-	-
-	- - -	-	-	-	-	-
-	- - -	-	-	-	-	-

Lampiran 5



**SPECIFIC GRAVITY TEST**

<b>PROJECT</b> FLY OVER BUSUNG	<b>DATE OF TESTING</b> 31/03/2011
<b>LOCATION</b> BINTAN	<b>TESTED BY</b> WATI
<b>PROJECT NUMBER:</b> 1	

	Soil Samples			
	A	B	C	D
Bor No.				
Sample No.	-	-	-	-
Depth of Sample (m)	- 0.5	-	-	-
Wt. flask + water + soil = $W_{bus}$ (gram)	732.82			
Temperature ( $^{\circ}$ C)	29			
Wt. flask + water = $W_{bu}$ (gram)	667.96			
Evap. Dish No.	B			
Wt. evap. Dish + dry soil (gram)	495.86			
Wt. of evap. Dish (gram)	395.86			
Wt. of dry soil = $W_s$ (gram)	100			
$W_u = W_s + W_{bu} - W_{bus}$ (gram)	35.14			
$\alpha$	0.996			
$G_s = \alpha W_s / W_u$	2.834			

<b>Average Specific Gravity of Soil Soilds</b>	<b>(Gs)</b>	<b>2.834</b>
--	-------------	--------------





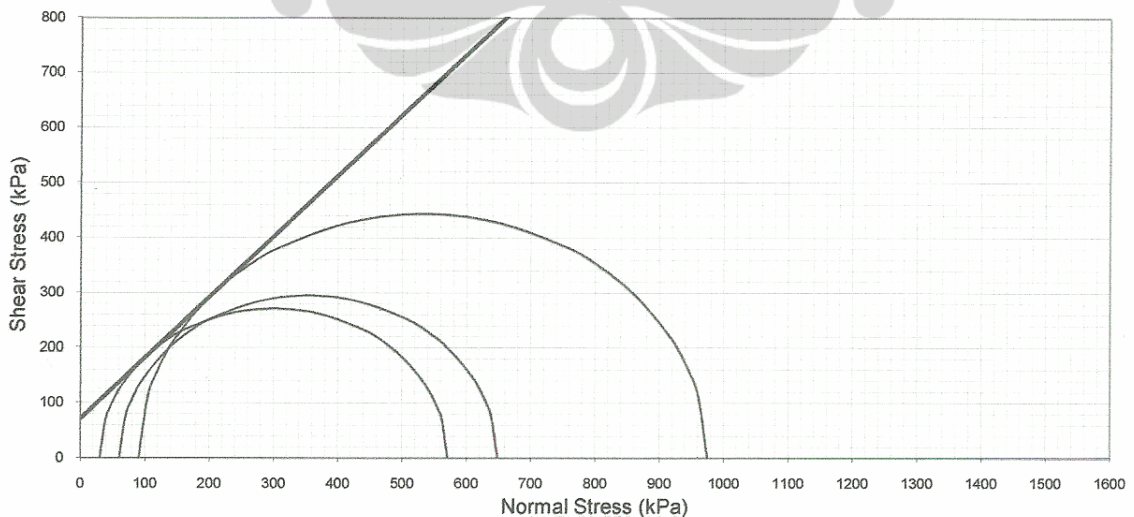
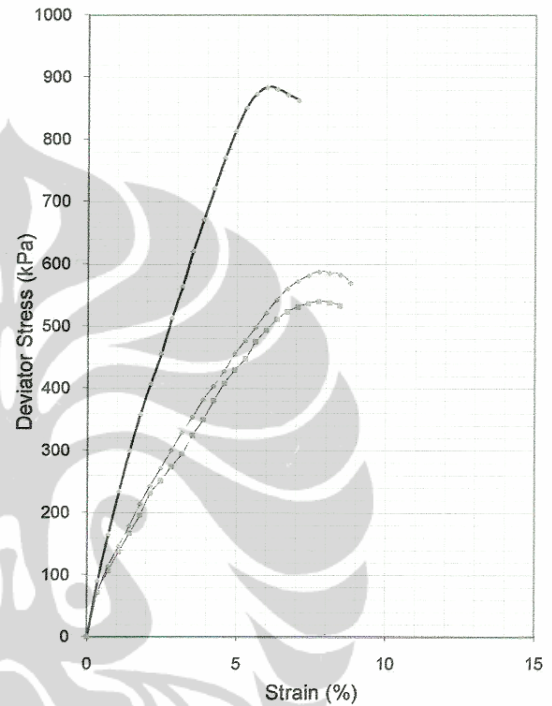
**TRIAXIAL UU TEST**

<b>PROJECT</b> FLY OVER BUSUNG	<b>DEPTH OF SAMPLE</b> 0.00 - 0.50 m
<b>LOCATION</b> BINTAN	<b>DATE</b> bln/hr/thn
<b>BOREHOLE NO.</b> 0	<b>TESTED BY</b> WATI
<b>PROJECT NUMBER:</b> 1	

MACHINE, LRC	0.61 kg/div
SAMPLE DIAMATER	3.57 cm
SAMPLE HEIGHT	7.10 cm

	SPECIMEN			
	1	2	3	
$\sigma_3$	30.00	60.00	90.00	kPa
$\Delta\sigma$	540.12	587.70	884.03	
$\sigma_1$	570.12	647.70	974.03	

$\gamma_{wet}$	21.46 kN/m <sup>3</sup>
$\gamma_{dry}$	17.91 kN/m <sup>3</sup>
w	19.81 %
c	70.95 kPa
$\phi$	47.84 °



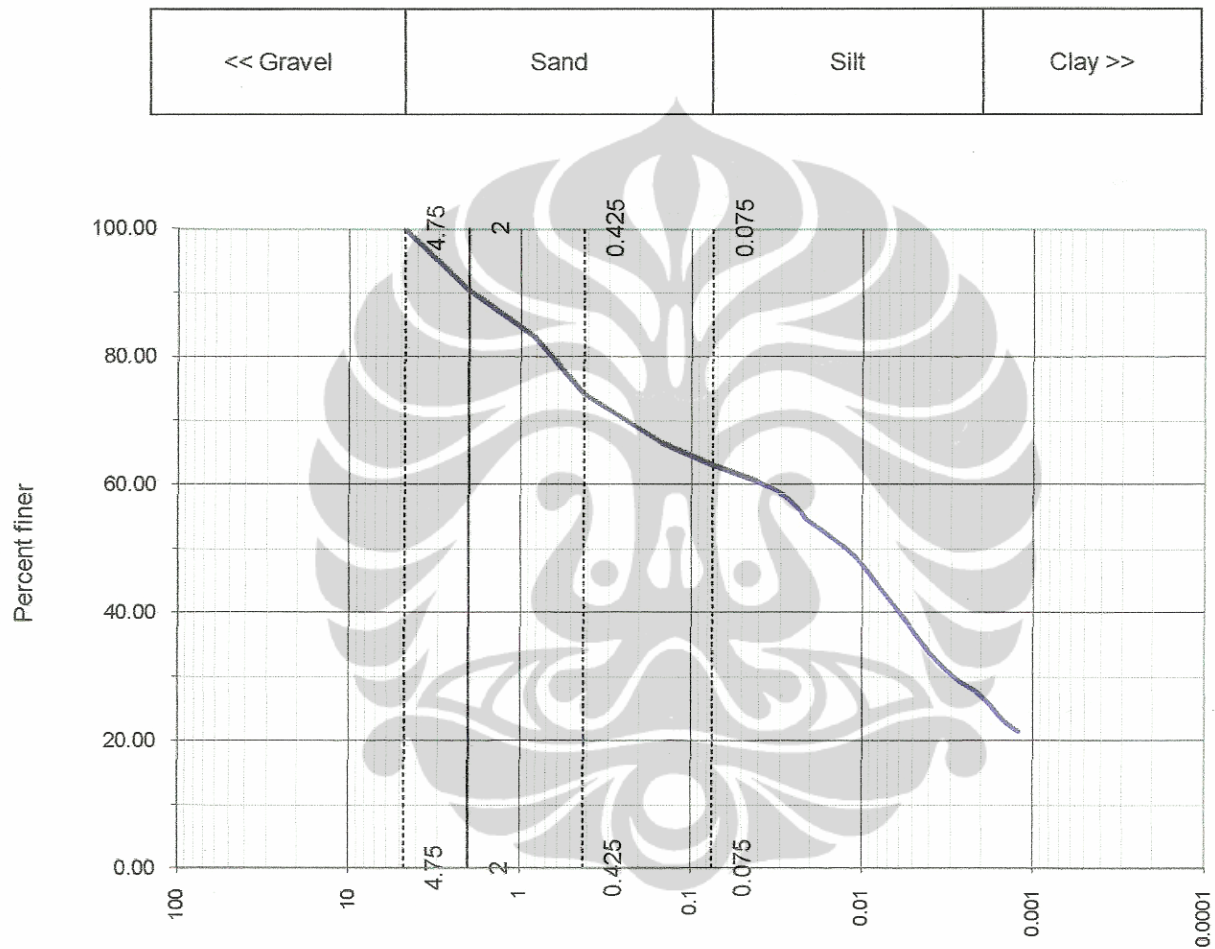
Lampiran 7



**GRAIN SIZE DISTRIBUTION**

<b>PROJECT</b> FLY OVER BUSUNG		<b>DEPTH OF SAMPLE</b> 0.00 - 0.50 m
<b>LOCATION</b> BINTAN		<b>DATE OF TESTING</b> 21/03/2011
<b>BOREHOLE NO.</b> 0	<b>SAMPLE NO.</b> 0	<b>TESTED BY</b> WATI

PROJECT NUMBER:



Composition	
Sand	37 %
Silt	36 %
Clay	27 %

<b>Visual Soil Description</b>	SILT AND SAND
<b>Soil Classification</b>	UNIFIED SOIL CLASSIFICATION

Lampiran 8



Soil Mechanics Laboratory  
 Civil Engineering Department, Faculty of Engineering University of Indonesia  
 Depok 16424 Telp. +62 21 788 49102, Fax. +62 21 788 49102

**SAND CONE TEST**

<b>PROJECT</b>	Simulasi Fly Over Busung	<b>DATE OF TEST</b>	13 Juni 2011
<b>LOCATION</b>	Bintan	<b>TESTED BY</b>	Wati
<b>PROJECT NUMBER:</b>	2011		
	<b>LAYER</b>		
	1		

Hole No.	W1 (gr)	W2 (gr)	W3 (gr)	W4 (gr)	w (%)	V (cm <sup>3</sup> )	$\gamma_{dry}$ field (kN/m <sup>3</sup> )	$\frac{\gamma_{dry} \text{ field}}{\gamma_{dry} \text{ lab}} * 100\%$
1	6966	2841	1462	3098	17	1761.24	15.03	83.11
2	6840	3200	1462	2487	17	1440.48	14.76	81.57
3	6787	3121	1462	2573	17	1457.67	15.09	83.40
4	7719	3909	1462	2793	17	1552.91	15.37	84.98
5	7567	4147	1462	2363	17	1294.97	15.60	86.21
6	7426	3960	1462	2454	16.5	1325.40	15.89	87.85
8	6712	3323	1462	2319	18	1274.47	15.42	85.24
9	6644	3119	1462	2493	18	1364.42	15.48	85.60

**NOTE:**

- W1 Weight of glass jar + weight of cone + weight of sand (glass jar is full of sand)
- W2 Weight of glass jar + weight of cone + weight of remaining sand in glass jar
- W3 Weight of sand cone
- W4 Weight of soil
- w Water content
- V Volume of soil

$$= \frac{W1 - (W2 + W3)}{W1 - (W2 + W3)}$$

$$= \frac{\gamma_{sand}}{15.12} \text{ kN/m}^3$$

$$= \frac{W4/V}{1 + w}$$

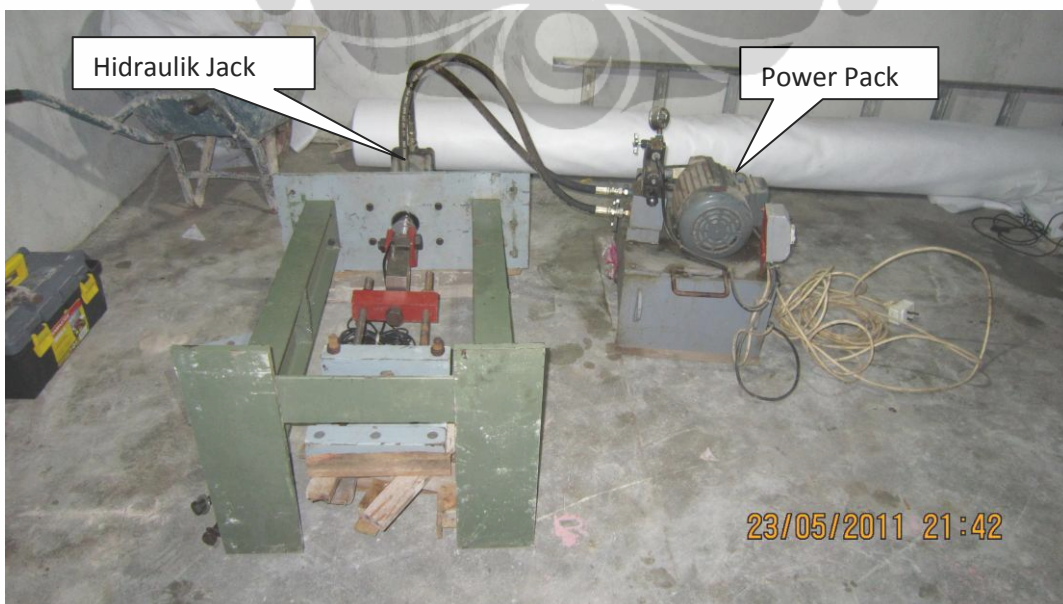
$$= 18.09 \text{ kN/m}^3$$

## CATATAN HARIAN

### *PULL OUT TEST LAPANGAN*

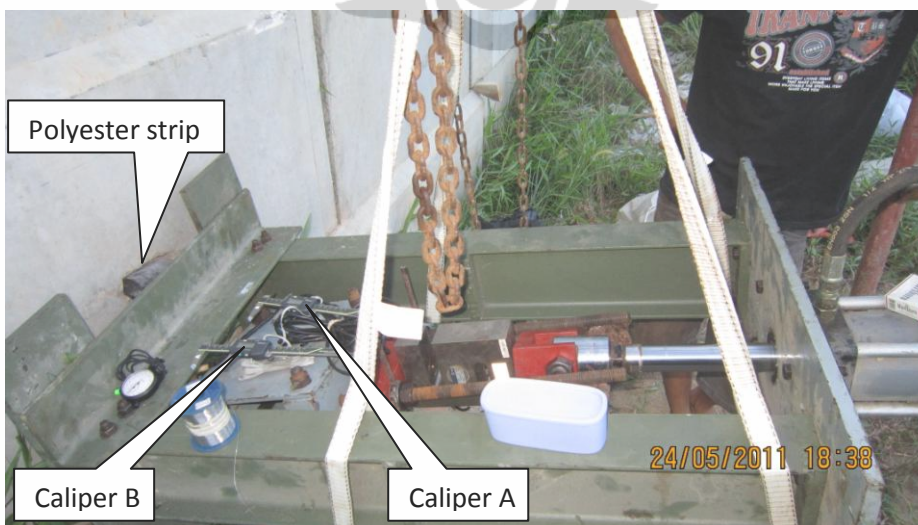
Senin, 23 Mei 2011

Persiapan dan perangkaian alat pull out, karena alat dikirim ke lokasi proyek dalam bentuk potong-potongan, maka sesampainya di lokasi harus dirakit kembali.



**Selasa, 24 Mei 2011**

Perakitan scaffolding telah selesai dan alat *pull out test* telah digantung sesuai dengan posisi titik percobaan test tarik, namun sayang percobaan test gagal karena kapasitas genset tidak mencukupi. Hal ini terlihat pada saat power pack dinyalakan genset mulai menggerung tidak seperti sebelumnya. Karena takut tidak kuatnya genset dapat berakibat kerusakan pada power pack, maka pengetesan tidak jadi dilaksanakan dan akan dicari genset yang lain yang kapasitasnya lebih besar. Pada power pack Kapasita genset yang digunakan 3000 watt, namun karena kondisi genset yang sudah tua, mungkin kapasitasnya juga sudah menurun.

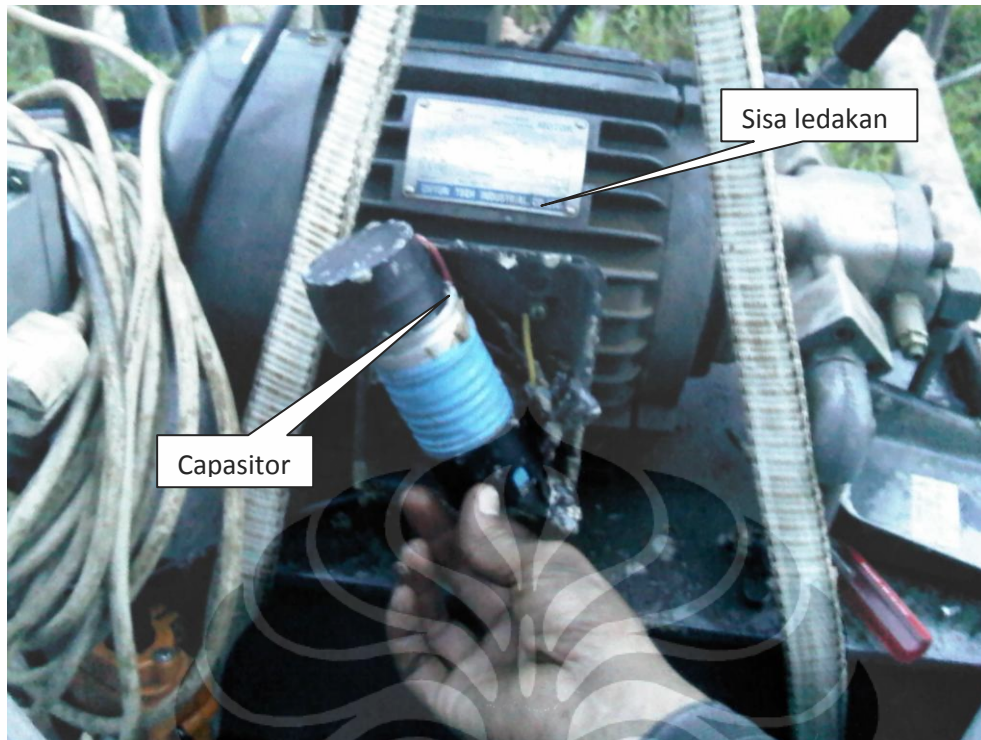


**Rabu, 25 Mei 2011**

Genset sudah diganti dengan kapasitas 10000 watt dan dengan kondisi yang baik. Terlalu besar memang, ini karena dilokasi sulit untuk mencari penyewaan gense. Test awal alat dalam kondisi baik semua, kemudian dilakukan setting kecepatan pada hidraulik jack, namun pada saat kecepatan di setting lambat, mencapai + 3 mm/menit dengan pressure hidraulik 200 Psi, motor pada power pack tersendat dan MCB turun.

Setelah dicoba berulang kali dengan jeda waktu 10 menit, karena pada saat disentuh MCB terasa sangat panas sehingga butuh waktu untuk mendinginkannya. Dengan saran dari pegawai PLN (penyedia genset) maka MCB diganti, karena menurut pegawai PLN tersebut kemungkinan MCB pada power pack sudah lemah. MCB power pack 6 ampere, diganti dengan MCB 10 ampere, sesuai dengan saran pegawai PLN juga, dengan asumsi disesuaikan dengan MCB pada Genset.





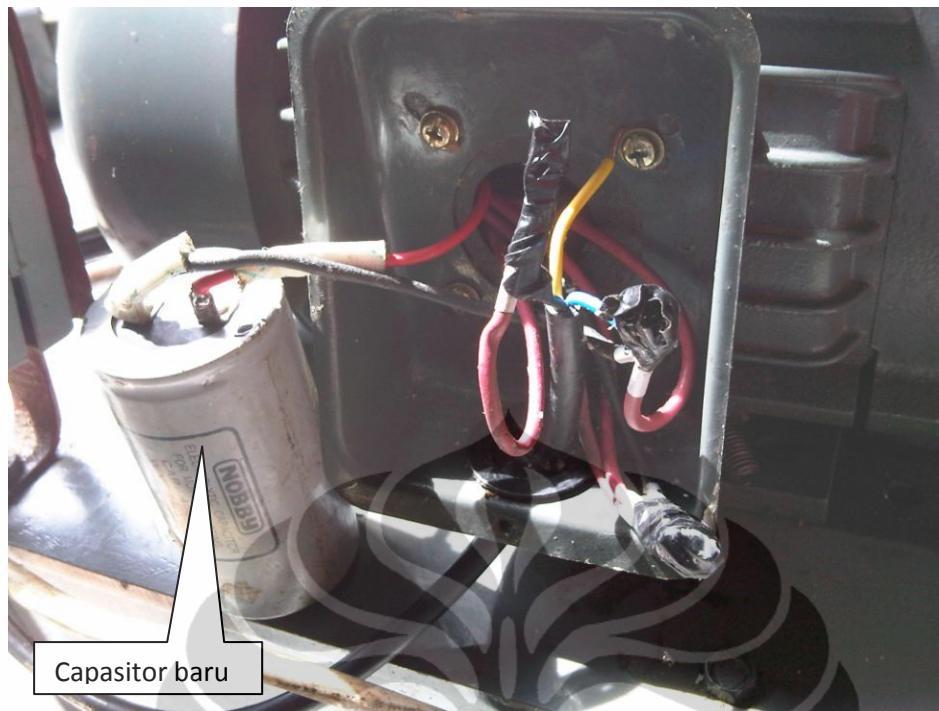
Setting kecepatan pada hidraulik jack dilanjutkan setelah MCB diganti, namun dalam waktu kurang dari 5 menit terdengar ledakan dan asap hitam mengepul dari power pack. Setelah asal ledakan dibuka, ternyata kapasitor terbakar. Dengan kejadian ini diputuskan untuk mengganti kembali MCB pada power pack menjadi 6 ampere.

#### **Kamis, 26 Mei 2011**

Tidak ada pengetesan, karena ketidak tersediaanya spare part (kapasitor dan MCB) didekat lokasi, maka harus menyebrang ke batam untuk mendapatkan kapasitor dengan kapasitas yang sama (400  $\mu$ f). Disarankan untuk pengetesan lapangan selanjutnya untuk membawa kapasitor back up dari Jakarta.

#### **Jumat, 27 Mei 2011**

Setelah kapasitor dan MCB diganti dilakukan pengetesan awal di mess, namun motor pada power pack tetap tersendat pada saat loading rate diatur rendah dengan.

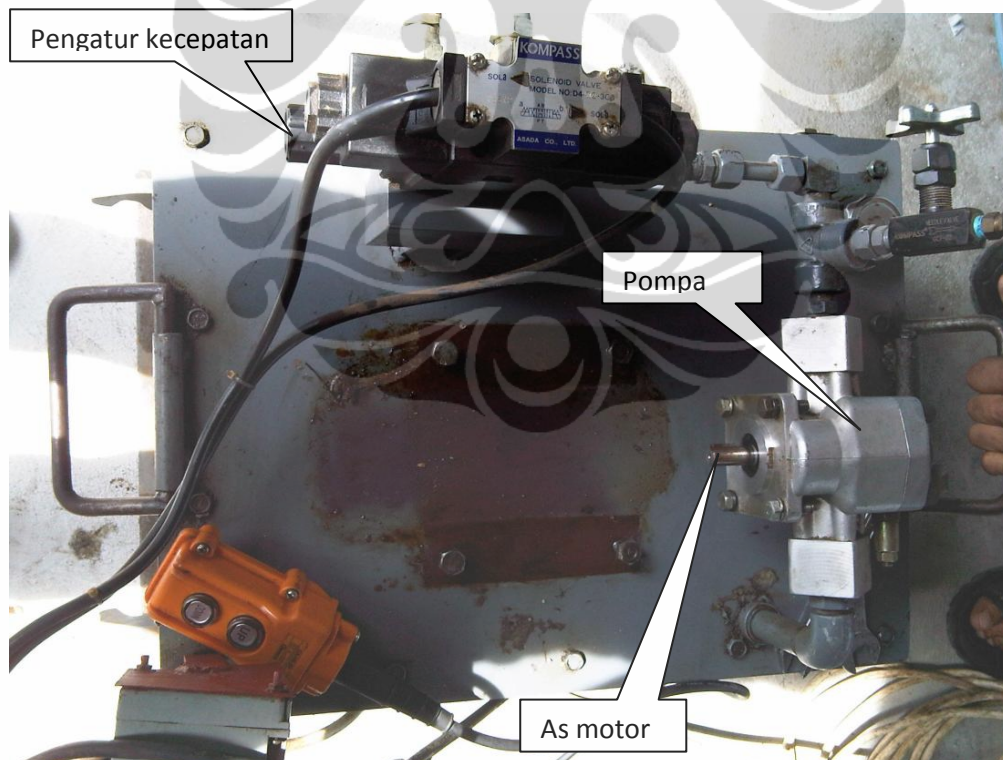
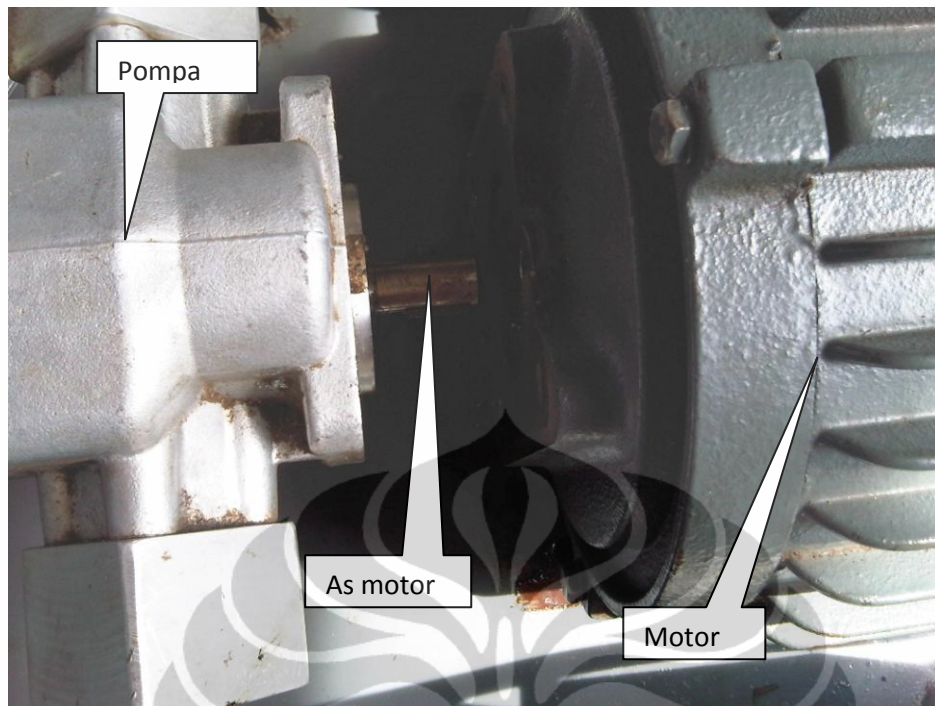


Disini dilakukan juga pengecekan kecepatan hidraulik kosong / non beban selama 15 menit dengan kecepatan yang masih sanggup ditahan oleh motor pada power pack, yaitu sekitar 6 mm/menit dan ternyata dalam 15 menit itu kecepatan hidraulik per menit tidak konstan dan cenderung turun sampai sekitar 4 mm/menit. Maka diputuskan untuk menservice power pack dan hidraulik jack.

### **Sabtu, 28 Mei 2011**

Dari hasil analisa tukang service lokal, kemungkinan gulungan pada dinamo motor power pack telah lemah dan perlu digulung ulang. Dengan asumsi jika dilakukan penggulangan akan lama, diputuskan untuk mengganti motor pada power pack dengan motor yang baru. Namun setelah motor dilepas ternyata jenis motor pada power pack berbeda dengan motor yang ada di pasaran, as-nya terletak bukan pada motor-nya melainkan pada pompa-nya, sedangkan as motor standar yang ada di pasaran langsung menempel di motornya.



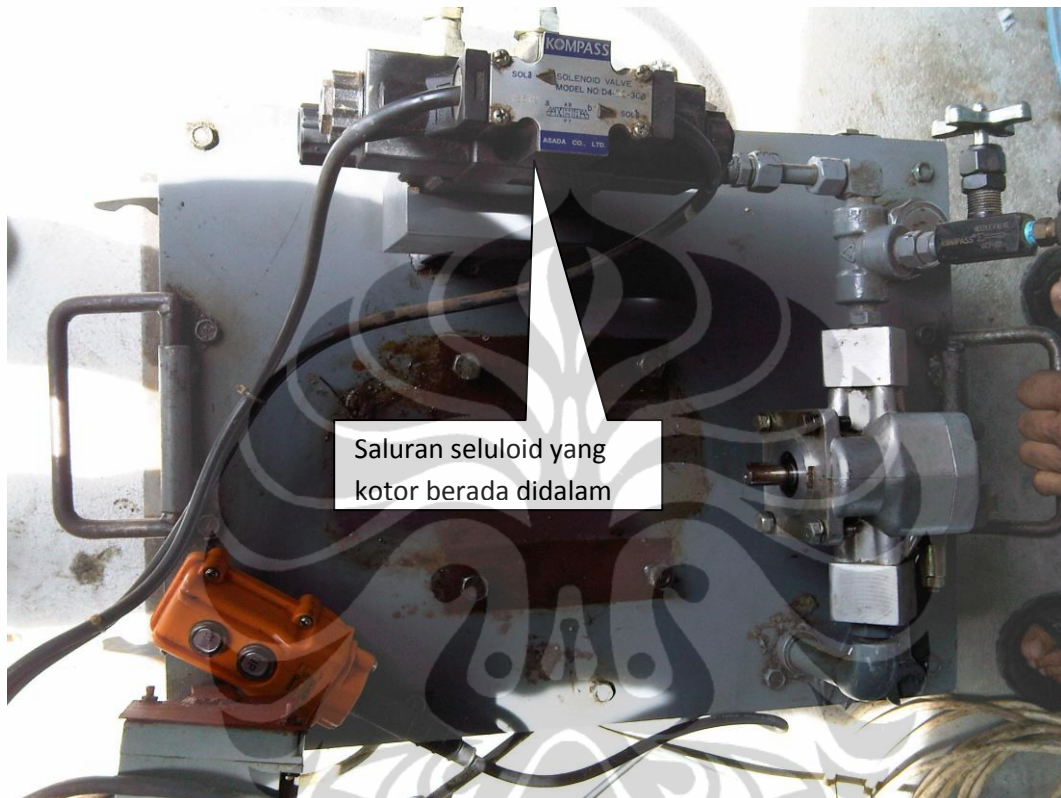


Minggu, 29 Mei 2011

Lampiran 10

Studi perilaku..., Prih Budi Susilowati, FT UI, 2011.

Tidak berhasil dengan service lokal, akhirnya power pack dan hidraulik jack dibawa ke Batam untuk diservice di tempat service khusus hidraulik (PT. Naveltech Engineering Service) di Batam.



Setelah dilakukan pengecekan, ternyata power pack tidak rusak, hanya kotor pada saluran selenoidnya, sehingga pada saat dilakukan penurunan kecepatan, katup seluloid menyempit dan kotoran-kotoran yang ada mengakibatkan penyumbatan. Dan karena penyumbatan pada katup seluloid maka kerja pompa menjadi lebih berat dan mengakibatkan motor tersendat dan kemudian MCB turun.

Disarankan pada pengetesan selanjutnya untuk melakukan pembersihan dengan menggunakan kompressor pada saluran seluloid di area katub pengaturan kecepatan sebelum dilakukan pengetesan untuk menghindari kejadian yang sama.

**Senin 30 Mei 2011**

Test 1, untuk trial pada titik 2, pengetesan gagal karena rod melengkung, sehingga displacement yang terbaca pada caliper bukan murni merupakan displacement pada polyester strip, namun sudah bercampur dengan displacement pada rod.

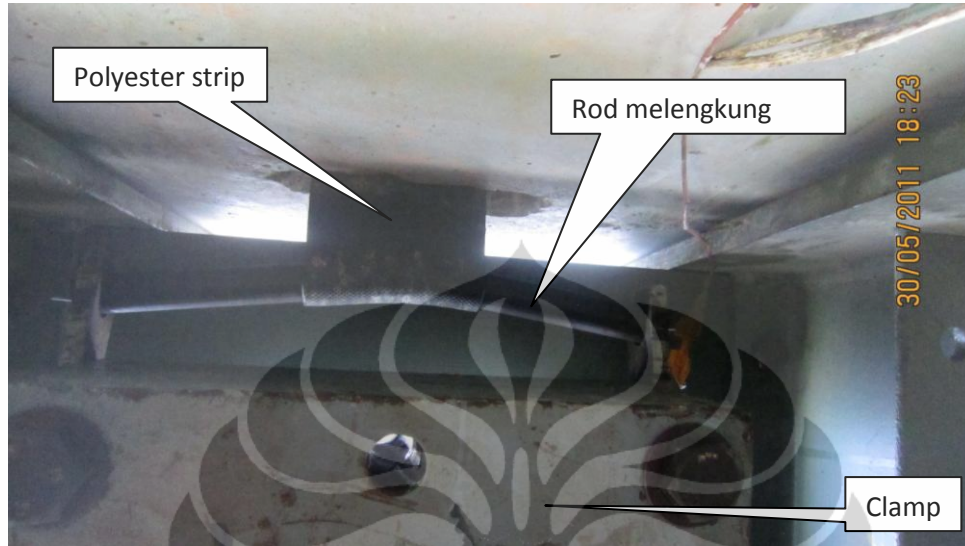
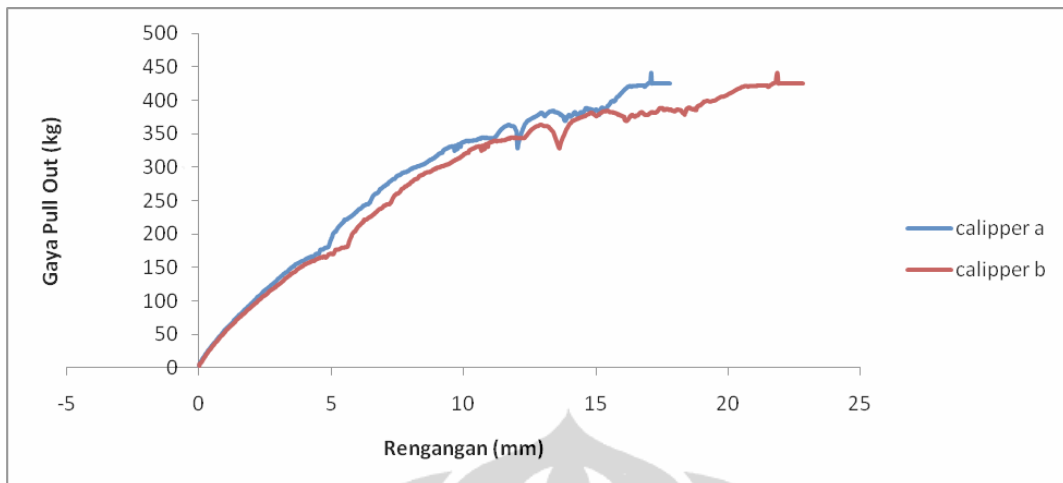


Foto tersebut diambil dari bagian bawah alat pull out test, dalam foto tersebut terlihat jelas lengkungan yang terjadi pada rod karena tidak kuat menahan tarik dari hidraulik jack.



Selain itu pada saat setting alat pull out test pemasangan clamp sangat susah dan menghabiskan waktu, sehingga diputuskan untuk mencari alternatif pengganti clamp.



Gambar diatas merupakan grafik hasil Test 1 pada titik 2 yang merupakan trial test.

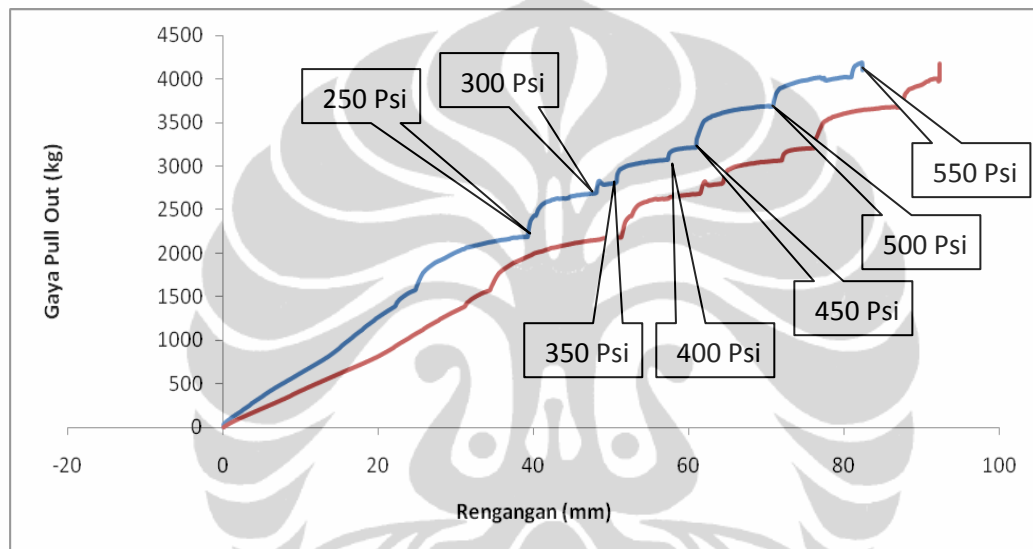
### Selasa, 31 Mei 2011

Tidak ada pengetesan, dapatkan pengganti rod, yaitu as baja dan untuk pengganti clamp digunakan seling yang dikundi dengan kuku macan untuk pengetesan pada hari berikutnya.



### Rabu, 1 Juni 2011

Test 2, untuk trial alat pada titik 2, pengetesan berjalan dengan lancar. Selama pengetesan berlangsung hidraulik jack terlihat tidak mampu menarik polyester strip meskipun kecepatan pada hidraulik sudah di posisi maksimum, untuk itu dicoba dilakukan penambahan pada pressure hidrauliknya secara perlahan mulai dari start awal 200 Psi, dinaikan dengan interval 50 Psi, sampai dengan mencapai 550 Psi dan MCB pada power pack turun. Dari hasil Test 2 ini didapat grafik sebagai berikut :

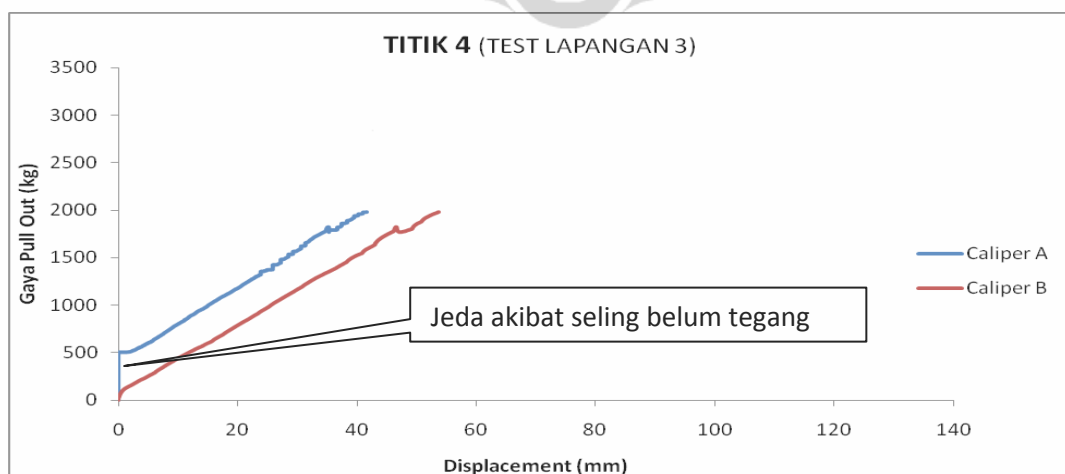


Dari hasil pengetesan diketahui bahwa power pack hanya mampu beroperasi sampai dengan 550 Psi, dan dengan dinaikannya pressure gaya pull out yang didapat semakin besar. Dari hasil test ini diputuskan untuk pengetesan selanjutnya digunakan pressure hidraulik sebesar 350 Psi, dengan pertimbangan pada pressure sebesar ini masih bisa didapat loading rate 2 mm/menit.

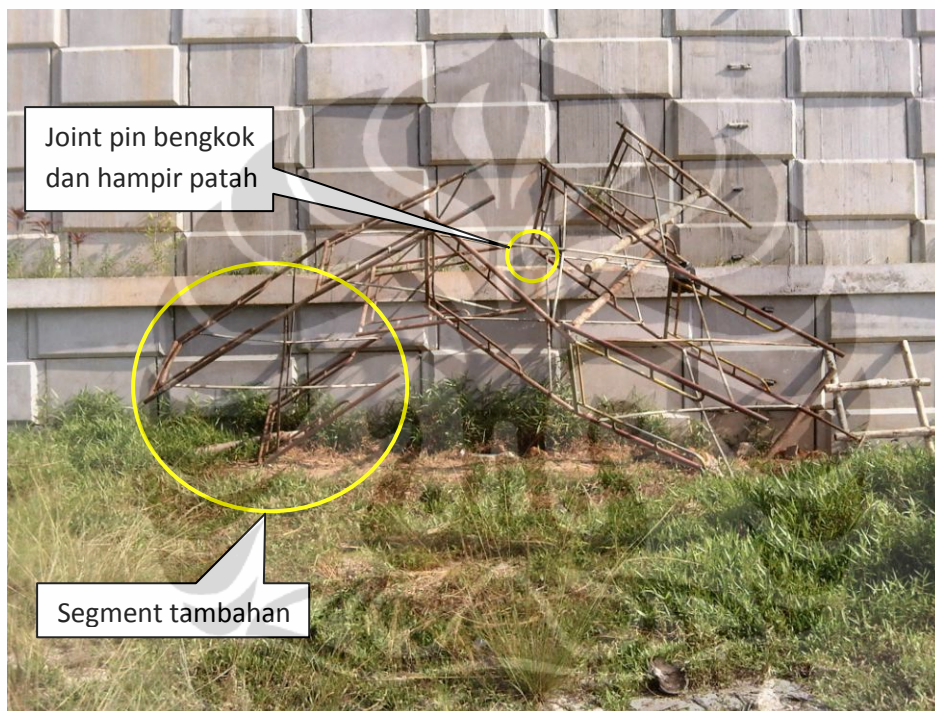
Pengetesan dilanjutkan, Test 3 pada titik 4 dan bukan trial test lagi. Pengetesan dilakukan dengan loading rate awal 2 mm/menit dan pressure hidraulik 350 Psi, sesuai dengan kesimpulan yang didapat pada pengetesan sebelumnya.



Pengetesan berjalan dengan lancar, namun puncak pull out belum didapat, karena caliper sudah mencapai kapasitas maksimum, namun beban masih terus naik. Berikut grafik hasil testnya:



Dari ketiga grafik diatas dapat dilihat bahwa pada pengetesan di titik 4, titik puncak dari gaya *pull out* belum dicapai, sehingga pengetesan seharusnya dilanjutkan kembali. Dapat dilihat pula bahwa pola displacement pada caliper A di titik 4 berbeda dengan pola yang ada di titik-titik lainnya. Caliper B pada titik 4 bergerak jauh lebih awal dari caliper A. Hal ini disebabkan oleh seling yang digunakan belum cukup tegang pada saat *pull out test* dimulai.

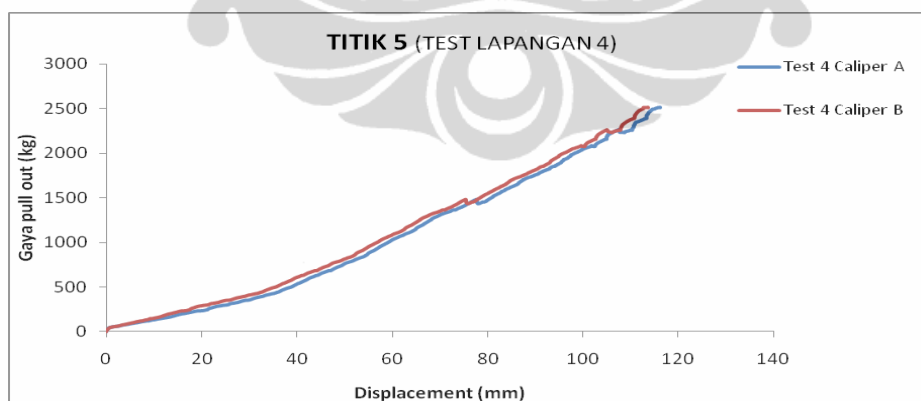


Sempat terjadi kecelakaan setelah pengetesan selesai berjalan, hal ini disebabkan oleh penambahan segment scaffolding sebanyak satu trap diatas trap teratas, dengan harapan untuk bisa dilakukan pengetesan disemua titik tarik. Namun karena kondisi scaffolding yang kurang baik, maka penambahan trap tersebut mengakibatkan scaffolding menjadi kurang stabil. Dengan adanya kecelakaan ini, dan untuk menghindari kejadian yang sama, diputuskan untuk melakukan pull out test hanya pada titik 4, 5 dan 6 saja.

Untuk pengetesan lapangan berikutnya disarankan untuk menggunakan scaffolding yang lebih baik kondisinya dan lebih banyak jumlahnya agar lebih stabil.

**Kamis, 2 Juni 2011**

Test 4, pada titik 5, berjalan dengan lancar, namun titik maksimum pull out juga belum dicapai sedangkan kapasitas caliper telah habis.



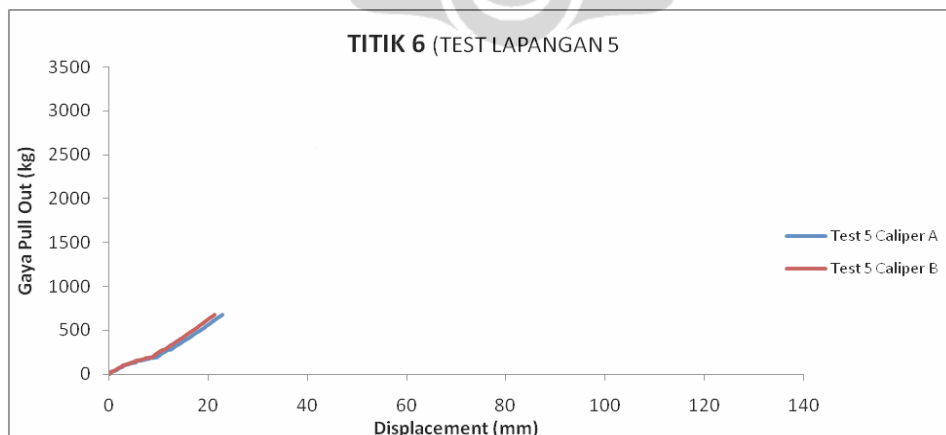
Grafik pull out test masih linier naik, sehingga titik puncak pull out belum didapatkan.

**Jumat, 3 Juni 2011**



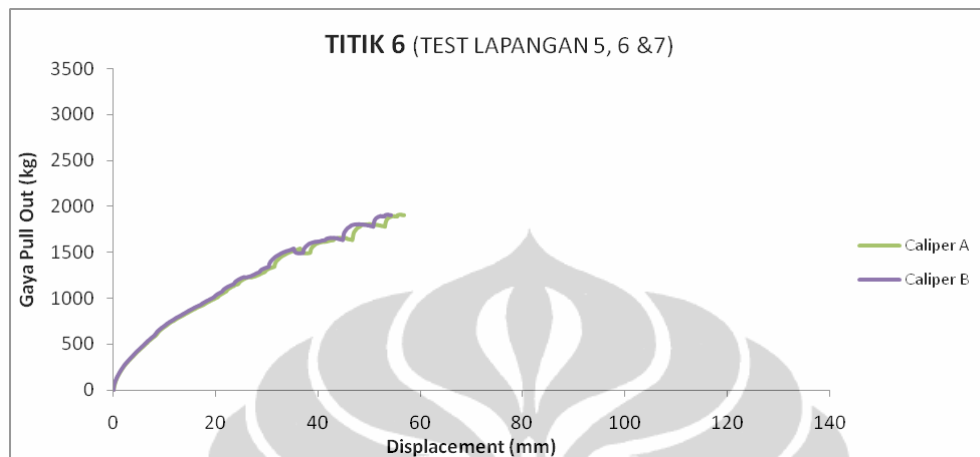


Pada titik 6 ini dilakukan pengetesan sebanyak 3 kali berturut-turut dalam satu hari, yaitu test 5, 6 dan 7. Pengetesan pertama (test 5) terhenti pada saat baru berjalan selama 10 menit karena hujan, namun tidak dilakukan *release* pada *polyester strip*. Pada pengetesan tersebut gaya *pull out* baru mencapai 675 kg, dan Caliper A 22.78 mm serta Caliper B 21.21 mm, dengan grafik hasil pull out test sbb:



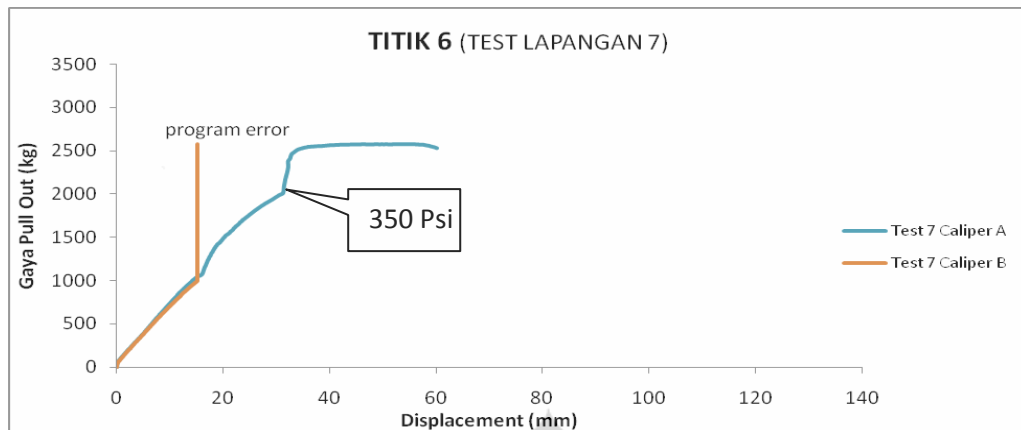
Pengetesan kemudian dilanjutkan setelah hujan berhenti (test 6) dengan nilai start awal caliper dan load cell 0 kembali. Dari pengetesan ini didapat gaya *pull out* sebesar 1915 kg, *displacement* caliper A 56.74 mm dan caliper B 54.35 mm,

dengan lama pengetesan sekitar 70 menit. Pengetesan dihentikan saat caliper A sudah hampir habis, kemudian dilakukan release pada *polyester strip* dan ditest kembali karena belum didapatkan puncak gaya *pull out*-nya.

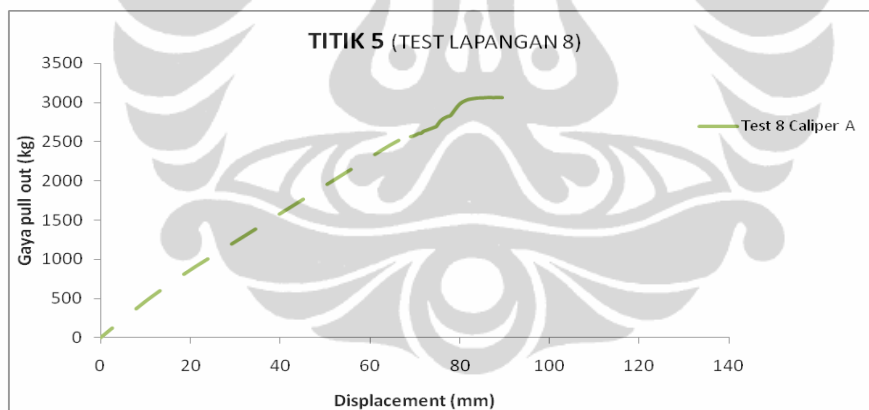


Dengan tidak di *realease*-nya pada saat pengetesan pertama, maka penulis melakukan penyambungan hasil test dengan nilai overlap gaya *pull out* sebesar 25% dari pengetesan pertama. Hal ini dilakukan karena melihat grafik hasil dari kedua pengetesan tersebut dapat hampir tersambung pada saat gaya *pull out* overlap sebesar 25% dari test pertama. Dari hasil penyambungan tersebut didapat gaya *pull out* terbesar sebesar 2421 kg, *displacement* akhir caliper A 78,75 mm dan caliper B 74.83 mm.

Pada pengetesan berikutnya (Test 7) hidraulik jack sempat seret walaupun katup solenoid sudah dalam posisi terbuka semua, maka penulis memutuskan untuk menambah *pressure* pada *power pack* dari 350 Psi menjadi 450 Psi. Dari grafik dapat terlihat tekukan pada saat dilakukan penambahan *pressure* pada *power pack*. Dari pengetesan ini didapat gaya *pull out* maksimum sebesar 2583 kg dan *displacement* akhir pengetesan 60.11 mm.



Dengan harapan untuk bisa mendapatkan nilai puncak pull out test, maka pengetesan kemudian dilanjutkan (test 8) pada titik dibawahnya, yaitu titik 5 dan didapatkan titik puncaknya pada 3062 kg dengan *displacement* pada saat puncak tersebut sebesar 88.64 mm. Sempat terjadi error pada program akuisisi data, sehingga data yang didapat merupakan data manual dengan interval pembacaan setiap 30 detik.



Pengetesan selesai tidak dilanjutkan lagi ke titik 4, karena hidraulik jack tidak akan mampu mencapai titik puncak pada titik 4.

### **Sabtu, 4 Juni 2011**

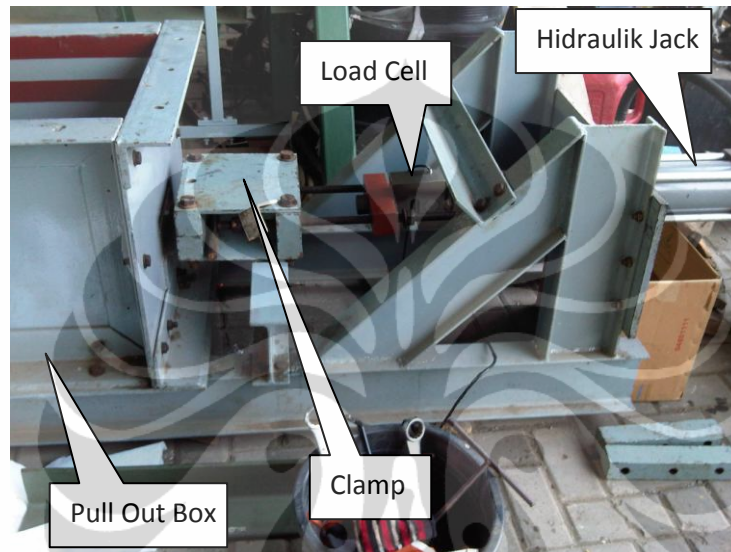
Alat pull out dikirim kembali ke Jakarta

## CATATAN HARIAN

### *PULL OUT BOX TEST*

**Jumat 10 Juni 2011**

Pull out box telah selesai dirangkai dan ditest semua peralatan sudah siap untuk pengetesan.



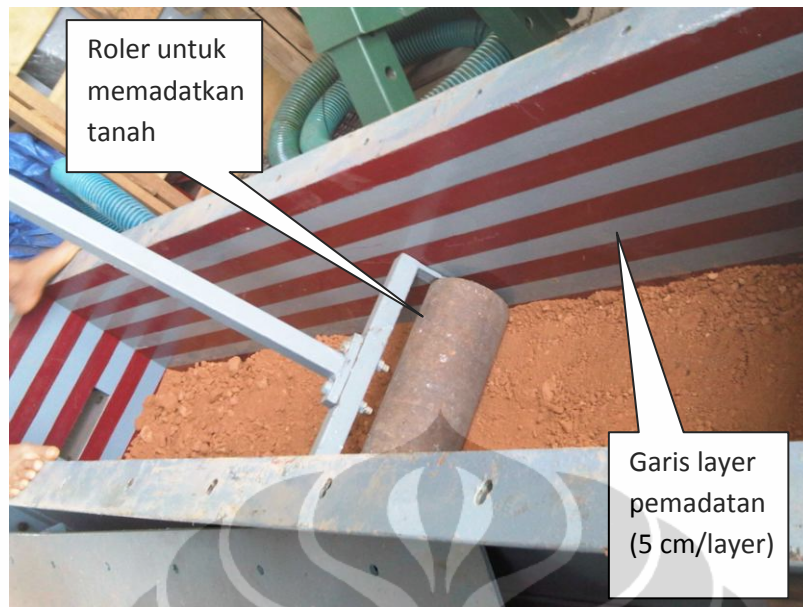
**Senin, 13 Juni 2011**

Test 1, untuk Titik 6, berjalan dengan lancar



Pengetesan dimulai dengan mengeluarkan sample tanah dan dilakukan test kadar air dengan speedy, kemudian tanah diberi air hingga mendekati OMC.

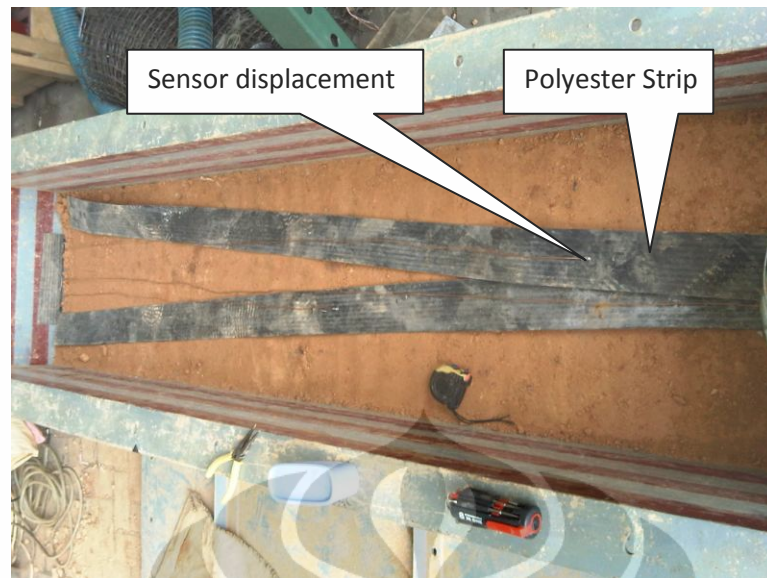
Lampiran 11



Setelah didapatkan kadar air mendekati OMC kemudian tanah ditimbang dan dimasukkan kedalam pull out box lalu dipadatkan per layer, dengan ketebalan 5 cm per layer.



Untuk mengetahui kepadatan tanah dilakukan Sand Cone Test dengan nilai kepadatan tanah yang didapat sebesar 83.11%.



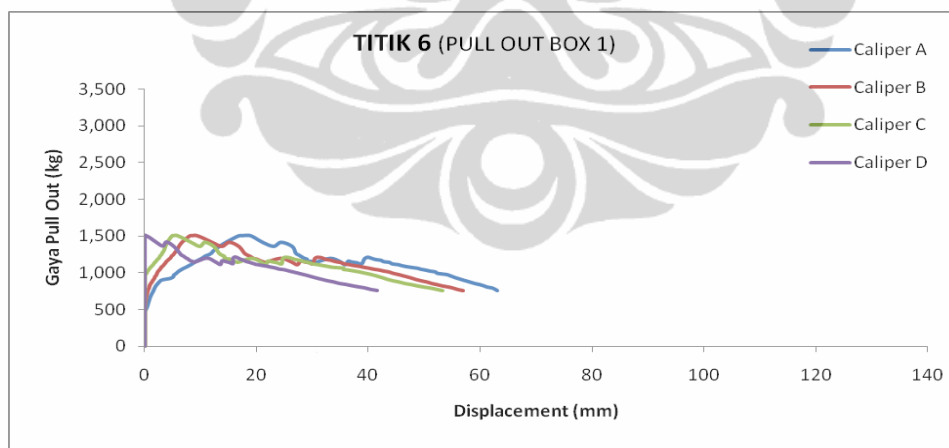
Pemasangan polyester strip dan sensor displacement dilakukan pada ketinggian tanah 20 cm dari bawah pull out box, kemudian ditimbun lagi dengan tanah dan dilakukan pemadatan kembali.



Setelah selesai pemadatan tanah setinggi 40 cm, air bag dipasang dan pull out box ditutup, Kemudian air bag dipompa sesuai dengan tekanan yang dibutuhkan, dalam pengetesan kali ini adalah 50 kPa.



Pengetesan dilakukan dengan pressure hidraulik sebesar 350 Psi dan berjalan dengan lancar meskipun tekanan pada air bag menurun perlahan sehingga harus dilakukan penambahan secara periodik. Hasil yang didapat pada pengetesan adalah sebagai berikut:

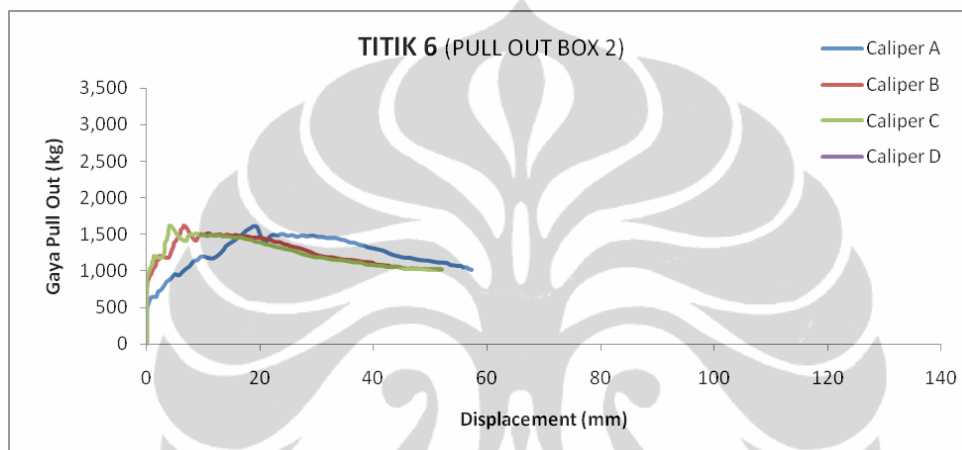


Dikarenakan oleh tidak terjadinya transfer data dari caliper ke program, walaupun pada saat sebelum test telah dilakukan pengecekan dan data dapat tertransfer, maka data yang didapat dari pengetesan ini merupakan data hasil pencatatan secara manual. Pengetesan dihentikan pada saat diperkirakan telah tercapai posisi residual.

### **Selasa, 14 Juni 2011**

Test 2, untuk Titik 6, berjalan dengan lancar

Prosedur pengetesan yang dilakukan adalah sama dengan hari sebelumnya, namun karena salah satu caliper error maka hanya digunakan 3 buah caliper. Kepadatan tanah yang didapat dari Sand Cone Test adalah 81.57%, pressure pada air bag sebesar 50 kPa dan pressure pada hidraulik 350 Psi. Hasil yang didapat dari pengetesan adalah sebagai berikut:



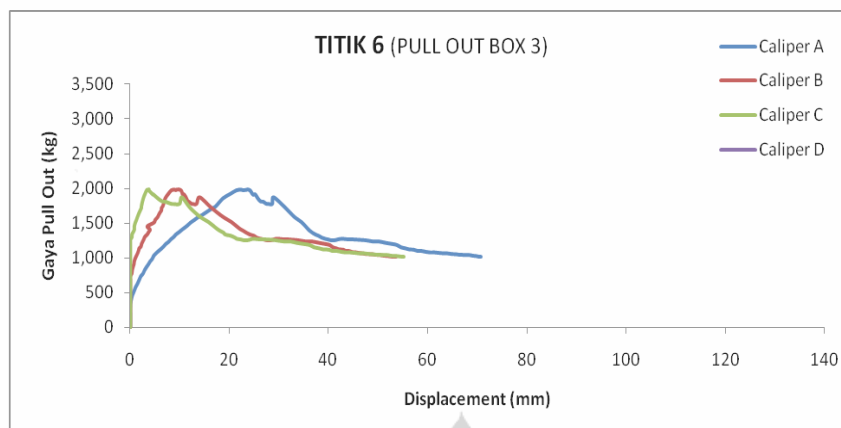
Dikarenakan oleh tidak terjadinya transfer data dari caliper ke program, walaupun pada saat sebelum test telah dilakukan pengecekan dan data dapat tertransfer, maka data yang didapat dari pengetesan ini merupakan data hasil pencatatan secara manual. Pengetesan dihentikan pada saat diperkirakan telah tercapai posisi residual.

### **Rabu, 15 Juni 2011**

Test 3, untuk Titik 6, berjalan dengan lancar

Prosedur pengetesan yang dilakukan adalah sama dengan hari sebelumnya, namun karena salah satu caliper masih dalam perbaikan, maka hanya digunakan 3 buah caliper. Kepadatan tanah yang didapat dari Sand Cone Test adalah 83.39% pressure pada air bag sebesar 50 kPa dan pressure pada hidraulik 350 Psi. dan hasil yang didapat dari pengetesan adalah sebagai berikut:



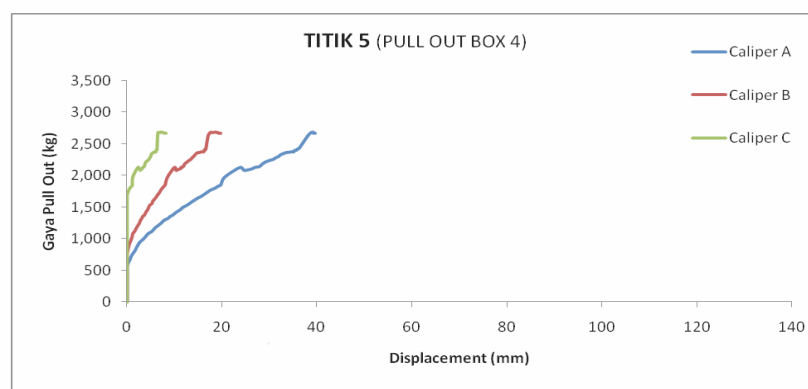


Dikarenakan oleh tidak terjadinya transfer data dari caliper ke program, walaupun pada saat sebelum test telah dilakukan pengecekan dan data dapat tertransfer, maka data yang didapat dari pengetesan ini merupakan data hasil pencatatan secara manual. Pengetesan dihentikan pada saat diperkirakan telah tercapai posisi residual.

#### **Kamis, 16 Juni 2011**

Test 4, untuk titik 5, berjalan dengan lancar

Prosedur pengetesan yang dilakukan adalah sama dengan hari sebelumnya, namun karena salah satu caliper masih dalam perbaikan, maka hanya digunakan 3 buah caliper. Kepadatan tanah yang didapat dari Sand Cone Test adalah 84.98%, pressure pada air bag sebesar 66 kPa dan pressure pada hidraulik 350 Psi. Sempat terjadi kebocoran pada air bag pada saat pemompaan karena ujung air bag terjepit antara pull out box dengan tutupnya, namun pengetesan tetap dapat dilangsungkan setelah air bag ditambal. Hasil yang didapat dari pengetesan adalah sebagai berikut:

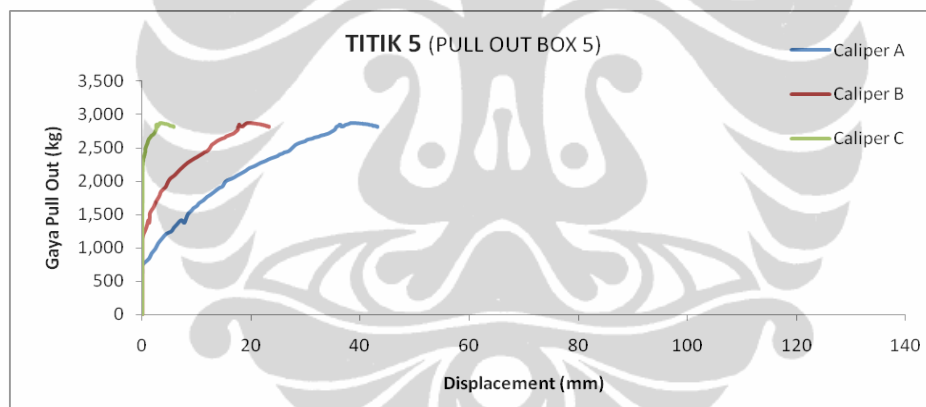


Dikarenakan oleh tidak terjadinya transfer data dari caliper ke program, walaupun pada saat sebelum test telah dilakukan pengecekan dan data dapat tertransfer, maka data yang didapat dari pengetesan ini merupakan data hasil pencatatan secara manual. Pengetesan dihentikan pada saat gaya pull out telah turun, dan hidraulik jack telah kehilangan kecepatannya.

### **Jumat, 17 Juni 2011**

Test 5, untuk Titik 5

Prosedur pengetesan yang dilakukan adalah sama dengan hari sebelumnya, namun karena salah satu caliper masih dalam perbaikan, maka hanya digunakan 3 buah caliper. Kepadatan tanah yang didapat dari Sand Cone Test adalah 86.21% pressure pada air bag sebesar 66 kPa dan pressure pada hidraulik 350 Psi. Hasil yang didapat dari pengetesan adalah sebagai berikut:



Dikarenakan oleh tidak terjadinya transfer data dari caliper ke program, walaupun pada saat sebelum test telah dilakukan pengecekan dan data dapat tertransfer, maka data yang didapat dari pengetesan ini merupakan data hasil pencatatan secara manual. Pengetesan dihentikan pada saat gaya pull out telah turun, dan hidraulik jack telah kehilangan kecepatannya

### **Sabtu, 18 Juni 2011**

Tidak ada pengetesan

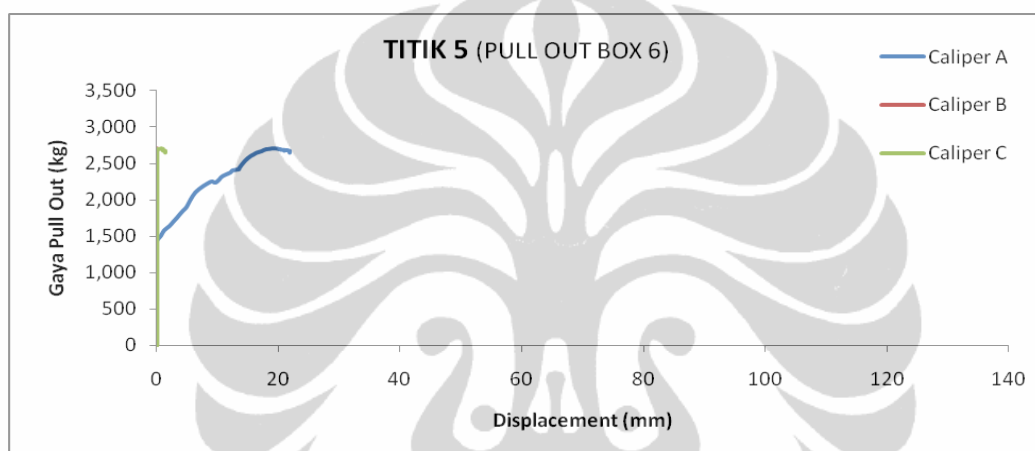
### **Minggu, 19 Juni 2011**

Tidak ada pengetesan

**Senin, 20 Juni 2011**

Test 6, untuk Titik 5, berjalan dengan lancar

Prosedur pengetesan yang dilakukan adalah sama dengan hari sebelumnya, namun karena salah satu caliper masih dalam perbaikan, maka hanya digunakan 3 buah caliper. Kepadatan tanah yang didapat dari Sand Cone Test adalah 87.85% pressure pada air bag sebesar 66 kPa dan pressure pada hidraulik 350 Psi. Hasil yang didapat dari pengetesan adalah sebagai berikut:

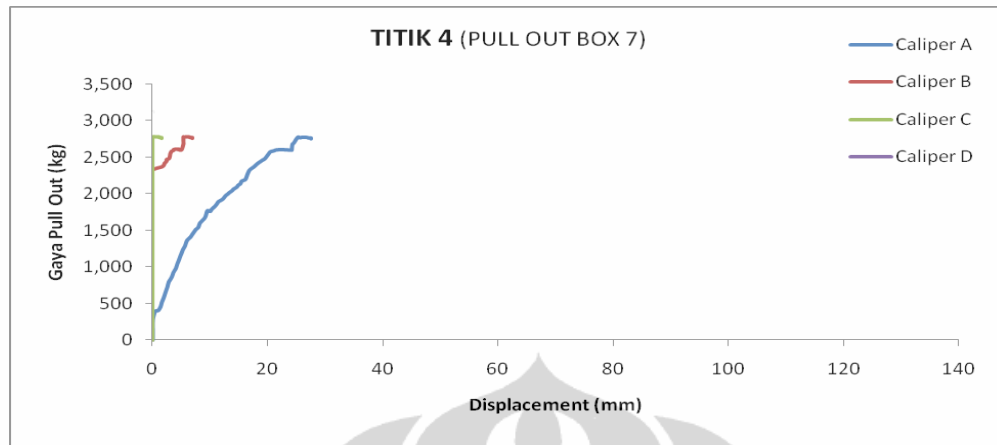


Dari grafik terlihat hanya ada 2 buah caliper saja, yaitu caliper A dan Caliper C. Untuk caliper B kemungkinan ikatannya lepas dari polyester strip pada saat dilakukan pemadatan, sehingga tidak terjadi displacement samasekali.

Dikarenakan oleh tidak terjadinya transfer data dari caliper ke program, walaupun pada saat sebelum test telah dilakukan pengecekan dan data dapat tertransfer, maka data yang didapat dari pengetesan ini merupakan data hasil pencatatan secara manual. Pengetesan dihentikan pada saat gaya pull out telah turun, dan hidraulik jack telah kehilangan kecepatannya

Test 7, untuk Titik 4, berjalan dengan lancar

Prosedur pengetesan yang dilakukan adalah sama dengan hari sebelumnya, namun karena salah satu caliper masih dalam perbaikan, maka hanya digunakan 3 buah caliper. Kepadatan tanah yang didapat dari Sand Cone Test adalah 86.58%, pressure pada air bag sebesar 82 kPa dan pressure pada hidraulik 350 Psi. Hasil yang didapat dari pengetesan adalah sebagai berikut:

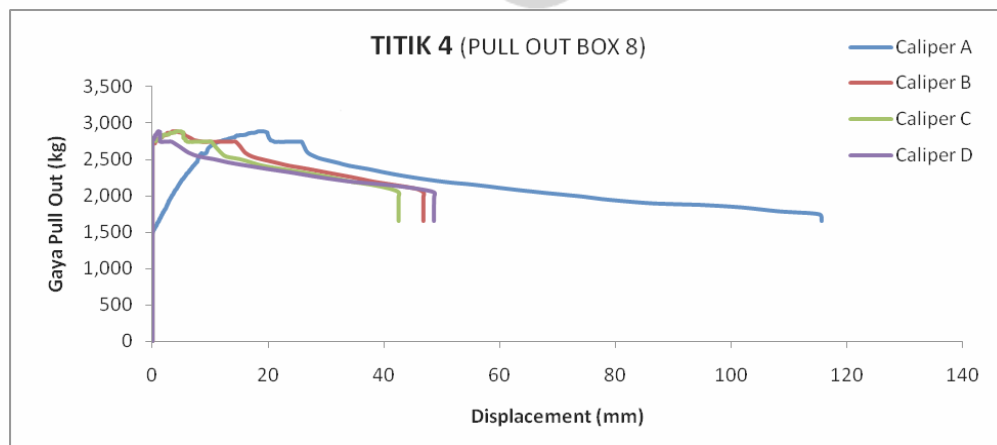


Dikarenakan oleh tidak terjadinya transfer data dari caliper ke program, walaupun pada saat sebelum test telah dilakukan pengecekan dan data dapat tertransfer, maka data yang didapat dari pengetesan ini merupakan data hasil pencatatan secara manual. Pengetesan dihentikan pada saat gaya pull out telah turun, dan hidraulik jack telah kehilangan kecepatannya

### Selasa, 21 Juni 2011

Test 8, untuk Titik 4, berjalan dengan lancar

Prosedur pengetesan yang dilakukan adalah sama dengan hari sebelumnya. Kepadatan tanah yang didapat dari Sand Cone Test adalah 85.24%, pressure pada air bag sebesar 82 kPa dan pressure pada hidraulik 350 Psi. hasil yang didapat dari pengetesan adalah sebagai berikut:



Transfer data digital berjalan dengan baik, sehingga data yang didapat pada pengetesan ini berupa data digital dan data manual. Pengetesan dihentikan pada

saat gaya pull out telah mencapai posisi residual. Pada pengetesan ini kecepatan hidraulik jack sempat naik secara tiba-tiba pada saat akhir pengetesan, hal ini diakibatkan oleh kalahnya gaya friksi tanah dengan polyester melawan gata yang diberikan oleh hidraulik jack.

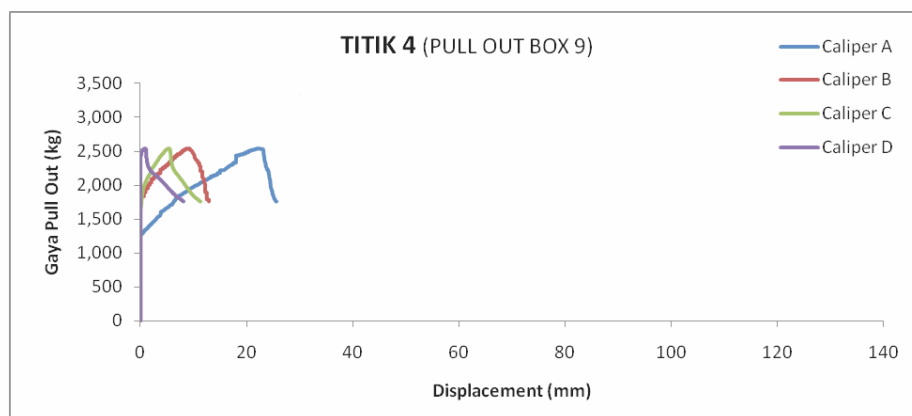
Test 9, untuk titik 4, gagal air bag bocor

Prosedur pengetesan yang dilakukan adalah sama dengan hari sebelumnya. Kepadatan tanah yang didapat dari Sand Cone Test adalah 85.60%. Pengetesan gagal dilakukan karena terjadi kebocoran pada air bag pada saat sedang dipompa, sehingga pull out box dibuka kembali dan dilakukan penambalan pada air bag. Mengingat hari sudah malam dan butuh waktu yang cukup lama untuk menambal air bag, maka diputuskan untuk melakukan pengetesan besok pagi.

Rabu, 22 Juni 2011

Test 9, pada titik 4, pengetesan berjalan dengan lancar

Karena sebagian prosedur telah dilakukan sehari sebelumnya hari ini hanya dilakukan pemberian tekanan pada air bag sebesar 82 kPa kemudian langsung dilakukan pengetesan dengan pressure hidraulik sebesar 350 Psi. Hasil yang didapat dari pengetesan adalah sebagai berikut:



Transfer data digital berjalan dengan baik, sehingga data yang didapat pada pengetesan ini berupa data digital dan data manual. Pengetesan dihentikan pada

saat gaya pull out telah turun jauh dari titik puncaknya dan hidraulik jack telah kehilangan kecepatannya.

Setelah 9 series pengujian selesai dilakukan, maka dilakukan pembersihan pada alat alat yang digunakan.



Tabel 4.13. *Pull Out Interface Shear Stress-Strain*

Tabel 4.14. Perbandingan Maksimum *Pull Out* capacity factor interaksi berdasarkan FHWA ( $F^* = \mu = \frac{2}{3} \tan \phi = 0.7364$ )

Tabel 4.15. Perbandingan Maksimum *Pull out* capacity factor interaksi berdasarkan *pull out box test* ( $F^* = \mu = \tan \delta = 0.4658$ )



PT. Tri Artha  
Manunggal

## LABORATORIUM KALIBRASI

**PT. TRI ARTHA MANUNGGAL**

**CALIBRATION-REPAIR-NDT-TRAINING SERVICES**

Komp. LUK Blok L-10 Baktijaya, Serpong Tangerang 15315

Tel : 021-70909386, 021-70262886 , Hp : 0816-4849645, Fax : 021-75873738

Home Page : <http://www.tri-artha.co.id>

Email : [info@tri-artha.co.id](mailto:info@tri-artha.co.id)



Komite Akreditasi Nasional  
Laboratorium Kalibrasi  
LK-099-IDN

### SERTIFIKAT KALIBRASI

#### Calibration Certificate

Nomor : **S-1105622**

Nomor Order : **1105-146**

Order Number

#### IDENTITAS ALAT

Instrument Identification

Nama Alat

Instrument Name

Merk Pabrik

Manufacturer

Model / Tipe

Model / Type

Nomor Seri

Series Number

Kapasitas / Divisi

Capacity / Division

Tanggal Penerimaan

Received Date

Tanggal Kalibrasi

Calibration Date

Tempat Kalibrasi

Place of Calibration

#### IDENTITAS PEMILIK

Owner Identification

Nama

Name

Alamat

Address

: **PRESSURE GAUGE**

: **Wipro**

: **Analog**

: **PG. UI-01**

: **0 ~ 2,5 kg/cm<sup>2</sup> / 0,05 kg/cm<sup>2</sup>**

: **04 Mei 2011**

: **04 Mei 2011**

: **Lab. Kalibrasi PT. Tri Artha Manunggal**

: **Laboratorium Mekanika Universitas Indonesia**

: **Kampus Universitas Indonesia Depok**

Sertifikat ini terdiri dari 2 halaman

This Certificate comprises of 2 pages

Diterbitkan tanggal, **05 Mei 2011**

Kepala Laboratorium Kalibrasi

Head of Calibration Laboratory



Sertifikat ini sah bila telah dibubuhi cap PT. TRI ARTHA MANUNGGAL dan ditandatangani oleh pejabat yang berwenang

This certificate is valid if has been approved and signed by authorized person

Form sertifikat ini berlaku sejak tanggal 02 Januari 2009 sebagai pengganti form sebelumnya

This version of certificate is issued since January 02 2009 as replacement of the previous version



**LABORATORIUM KALIBRASI**  
**PT. TRI ARTHA MANUNGGAL**  
**CALIBRATION-REPAIR-NDT-TRAINING SERVICES**

Komp. LUK Blok L-10 Baktijaya, Serpong Tangerang 15315  
 Tel : 021-70909386, 021-70262886 , Hp : 0816-4849645, Fax : 021-75873738  
 Home Page : <http://www.tri-arta.co.id> Email : [info@tri-arta.co.id](mailto:info@tri-arta.co.id)



**LAMPIRAN SERTIFIKAT**  
**Attachment of Certificate**

Nomor : S-1105622  
 Number  
 Halaman : 2 dari 2  
 Page of

**Metoda dan Standar Kalibrasi**

*Calibration Method and Standard Technical Specification*

Alat ini di kalibrasi dengan menggunakan Peralatan Standar Pressure Calibrator, Merek Martel / 5000G No. Seri : 1153100, tertelusur ke satuan Internasional (SI) melalui National Institute of Standards and Technology (NIST)  
*This instrument was calibrated by standard Calibration Pressure Manufacturer : Martel / 5000G Series number 1153100 Traceable to international System of unit (SI) through National Institute of Standards and Technology (NIST)*

Metode Kalibrasi yang digunakan sesuai dengan Prosedur Kerja No. PK-P-01, Pembacaan alat dibandingkan dengan standar pada titik ukur yang ditentukan, yang Mengacu pada BS EN 837 - 1 : 1998

*The Calibration Method of Instrument, The working procedure No : PK-P-01, Reading from the instrument are compared to standard at each measurement point which is determined, Which refer to the BS EN 837 - 1 : 1998*

Perhitungan ketidakpastian pengukuran yang merepresentasikan ketidakpastian dari koreksi mengacu pada ISO TAG 4 - 1993, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", yang dinyatakan pada tingkat kepercayaan 95 % dengan factor Cakupan k = 2

*The Calculation of the Uncertainty Measurement which is presented uncertainty from the correction which refer to ISO TAG 4 -1993: " Guide to expression of Uncertainty in Measurement" which is expressed at a 95 % Confidence Level by coverage factor k= 2*

Temperatur Ruang / Room Temperature	Kelembaban Relatif / Relative Humidity
31 ± 1 °C	43 ± 5 %

**HASIL KALIBRASI**  
**Calibration Result**

Nama Alat : **PRESSURE GAUGE**  
*Instrument Name*  
 Merk : Wipro  
*Manufacture*  
 Nomor Seri : PG. UI-01  
*Series Number*

Instrument Indication (kg/cm <sup>2</sup> )	Standard indication		Correction	
	Up (kg/cm <sup>2</sup> )	Down (kg/cm <sup>2</sup> )	Up (kg/cm <sup>2</sup> )	Down (kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000
0,5	0,507	0,498	0,007	-0,002
1,0	1,006	0,994	0,006	-0,006
1,5	1,507	1,492	0,007	-0,008
2,0	2,005	1,996	0,005	-0,004
2,5	2,506	2,506	0,006	0,006




Uncertainty U 95 % : ± 0,0024 kg/cm<sup>2</sup>

The Uncertainty is taken a Confidence Level 95 % and Coverage Factor (k) = 2  
 Catatan : - Penunjukan sebenarnya penunjukan alat ditambah dengan koreksi



Sertifikat ini sah bila telah dibubuhi cap PT. TRI ARTHA MANUNGGAL dan ditandatangani oleh pejabat yang berwenang  
*This certificate is valid if has been approved and signed by authorized person*  
 Form sertifikat ini berlaku sejak tanggal 02 Januari 2009 sebagai pengganti form sebelumnya  
*This version of certificate is assued since January 02 2009 as replacement of the previous version*



 <p>PT Tri Artha Manunggal</p>	<b>LABORATORIUM KALIBRASI</b> <b>PT. TRI ARTHA MANUNGGAL</b> <b>CALIBRATION-REPAIR-NDT-TRAINING SERVICES</b> Komp. LUK Blok L-10 Baktijaya, Serpong Tangerang 15315 Tel : 021-70909386, 021-70262886 , Hp : 0816-4849645, Fax : 021-75873738 Home Page : <a href="http://www.tri-artha.co.id">http://www.tri-artha.co.id</a> Email : <a href="mailto:info@tri-artha.co.id">info@tri-artha.co.id</a>		 <p>Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Kalibrasi LK-099-IDN</p>
	<b>SERTIFIKAT KALIBRASI</b> <b>Calibration Certificate</b> <b>Nomor : S-1105623</b> <b>Nomor Order : 1105-146</b> <i>Order Number</i>		
<b>IDENTITAS ALAT</b> <i>Instrument Identification</i>			
<b>Nama Alat</b> <i>Instrument Name</i>	<b>: DIGITAL CALIPER</b>		
<b>Merk Pabrik</b> <i>Manufacturer</i>	<b>: Mitutoyo</b>		
<b>Model / Tipe</b> <i>Model / Type</i>	<b>: CD-6" C</b>		
<b>Nomor Seri</b> <i>Series Number</i>	<b>: 03039615</b>		
<b>Kapasitas / Divisi</b> <i>Capacity / Division</i>	<b>: 0 - 150 mm / 0.01 mm</b>		
<b>Tanggal Penerimaan</b> <i>Received Date</i>	<b>: 04 Mei 2011</b>		
<b>Tanggal Kalibrasi</b> <i>Calibration Date</i>	<b>: 04 Mei 2011</b>		
<b>Tempat Kalibrasi</b> <i>Place of Calibration</i>	<b>: Lab. Kalibrasi PT. Tri Artha Manunggal</b>		
<b>IDENTITAS PEMILIK</b> <i>Owner Identification</i>			
<b>Nama</b> <i>Name</i>	<b>: Laboratorium Mekanika Universitas Indonesia</b>		
<b>Alamat</b> <i>Address</i>	<b>: Kampus Universitas Indonesia Depok</b>		
Sertifikat ini terdiri dari 2 halaman <i>This Certificate comprises of 2 pages</i>			
Diterbitkan tanggal, 05 Mei 2011 Kepala Laboratorium Kalibrasi <i>Head of Calibration Laboratory</i>			
 <b>KETUT SUADA</b>			
Sertifikat ini sah bila telah dibubuhi cap PT. TRI ARTHA MANUNGGAL dan ditandatangani oleh pejabat yang berwenang <i>This certificate is valid if has been approved and signed by authorized person</i> Form sertifikat ini berlaku sejak tanggal 02 Januari 2009 sebagai pengganti form sebelumnya <i>This version of certificate is issued since January 02 2009 as replacement of the previous version</i>			



**LABORATORIUM KALIBRASI**  
**PT. TRI ARTHA MANUNGGAL**  
**CALIBRATION-REPAIR-NDT-TRAINING SERVICES**

Komp. LUK Blok L-10 Baktijaya, Serpong Tangerang 15315  
 Tel : 021-70909386, 021-70262886, Hp : 0816-4849645, Fax : 021-75873738  
 Home Page : <http://www.tri-arthas.co.id> Email : [info@tri-arthas.co.id](mailto:info@tri-arthas.co.id)



Komite Akreditasi Nasional  
 Laboratorium Kalibrasi  
 LK-099-IDN

**LAMPIRAN SERTIFIKAT**  
**Attachment of Certificate**

Nomor : S-1105623  
 Number  
 Halaman : 2 dari 2  
 Page of

**Metoda dan Standar Kalibrasi**

*Calibration Method and Standard Technical Specification*

Alat ini di kalibrasi dengan menggunakan Peralatan Standar Caliper checker, Merk Mitutoyo CC 300C tertelusur ke Satuan Internasional ( SI ) melalui Lab Kalibrasi BBLM ( LK-001-IDN)

*This instrument was calibrated by standard Caliper Checker Manufacture Mitutoyo CC 300 CTraceable to international System of unit (SI) through National Standard BBLM ( LK-001-IDN)*

Metode Kalibrasi yang digunakan sesuai dengan Prosedur Kerja No. PK-D-04, Pembacaan alat dibandingkan dengan standar pada titik ukur yang ditentukan, yang Mengacu pada JIS B 7507-1993

*The Calibration Method of Instrument, The working procedure No : PK-D-04, Reading from the instrument are compared to standard at each measurement point which is determined, Which refer to the JIS B 7507-1993*

Perhitungan ketidakpastian pengukuran yang merepresentasikan ketidakpastian dari koreksi mengacu pada ISO TAG 4 - 1993, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", yang dinyatakan pada tingkat kepercayaan 95 % dengan factor Cakupan k = 2

*The Calculation of the Uncertainty Measurement which is presented uncertainty from the correction which refer to ISO TAG 4 -1993: " Guide to expression of Uncertainty in Measurement" which is expressed at a 95 % Confidence Level by coverage factor k= 2*

Temperatur Ruang / Room Temperature	Kelembaban Relatif / Relative Humidity
20 ± 1 °C	50 ± 10 %

**HASIL KALIBRASI**  
**Calibration Result**

Nama Alat : **DIGITAL CALIPER**  
 Instrument Name  
 Merk : Mitutoyo  
 Manufacture  
 Nomor Seri : 03039615  
 Serial Number

Number	Standard Indication (mm)	Instrument Indication (mm)	Correction (mm)
1	0,000	0,00	0,00
2	20,000	20,00	0,00
3	50,000	50,00	0,00
4	100,000	100,00	0,00
5	150,000	150,00	0,00
Uncertainty U95 % ± 0,004 mm			

The Uncertainty is taken a Confidence Level 95 % and Coverage Factor (k) = 2



Sertifikat ini sah bila telah dibubuhi cap PT. TRI ARTHA MANUNGGAL dan ditandatangani oleh pejabat yang berwenang  
 This certificate is valid if has been approved and signed by authorized person  
 Form sertifikat ini berlaku sejak tanggal 02 Januari 2009 sebagai pengganti form sebelumnya  
 This version of certificate is issued since January 02 2009 as replacement of the previous version



PT. Tri Artha  
Manunggal

## LABORATORIUM KALIBRASI

**PT. TRI ARTHA MANUNGGAL**

**CALIBRATION-REPAIR-NDT-TRAINING SERVICES**

Komp. LUK Blok L-10 Baktijaya, Serpong Tangerang 15315

Tel : 021-70909386, 021-70262886, Hp : 0816-4849645, Fax : 021-75873738

Home Page : <http://www.tri-artha.co.id>

Email : [info@tri-artha.co.id](mailto:info@tri-artha.co.id)



Komite Akreditasi Nasional  
Laboratorium Kalibrasi  
LK-099-IDN

### **SERTIFIKAT KALIBRASI**

**Calibration Certificate**

**Nomor : S-1105624**

**Nomor Order : 1105-146**

**Order Number**

#### **IDENTITAS ALAT**

*Instrument Identification*

**Nama Alat**

*Instrument Name*

**: DIGITAL CALIPER**

**Merk Pabrik**

*Manufacturer*

**: Mitutoyo**

**Model / Tipe**

*Model / Type*

**: CD-6°C**

**Nomor Seri**

*Series Number*

**: 03039709**

**Kapasitas / Divisi**

*Capacity / Division*

**: 0 - 150 mm / 0.01 mm**

**Tanggal Penerimaan**

*Received Date*

**: 04 Mei 2011**

**Tanggal Kalibrasi**

*Calibration Date*

**: 04 Mei 2011**

**Tempat Kalibrasi**

*Place of Calibration*

**: Lab. Kalibrasi PT. Tri Artha Manunggal**

#### **IDENTITAS PEMILIK**

*Owner Identification*

**Nama**

*Name*

**: Laboratorium Mekanika Universitas Indonesia**

**Alamat**

*Address*

**: Kampus Universitas Indonesia Depok**

Sertifikat ini terdiri dari 2 halaman

*This Certificate comprises of 2 pages*

Diterbitkan tanggal, 05 Mei 2011

Kepala Laboratorium Kalibrasi

*Head of Calibration Laboratory*






**L. KETUT SUADA**




Sertifikat ini sah bila telah dibubuhi cap PT. TRI ARTHA MANUNGGAL dan ditandatangani oleh pejabat yang berwenang

*This certificate is valid if has been approved and signed by authorized person*

Form sertifikat ini berlaku sejak tanggal 02 Januari 2009 sebagai pengganti form sebelumnya

*This version of certificate is issued since January 02 2009 as replacement of the previous version*

 <p><b>PT. TRI ARTHA MANUNGGAL</b></p>	<p><b>LABORATORIUM KALIBRASI</b>  <b>PT. TRI ARTHA MANUNGGAL</b>  <b>CALIBRATION-REPAIR-NDT-TRAINING SERVICES</b></p> <p>Komp. LUK Blok L-10 Baktijaya, Serpong Tangerang 15315          Tel : 021-70909386, 021-70262886 , Hp : 0816-4849645, Fax : 021-75873738          Home Page : <a href="http://www.tri-arthas.co.id">http://www.tri-arthas.co.id</a> Email : <a href="mailto:info@tri-arthas.co.id">info@tri-arthas.co.id</a></p>		 <p><b>KAN</b>          Komite Akreditasi Nasional          Laboratorium Kalibrasi          LK-099-IDN</p>																												
	<p><b>LAMPIRAN SERTIFIKAT</b>  <b>Attachment of Certificate</b></p>																														
		Nomor : S-1105624 Number																													
		Halaman : 2 dari 2 Page of																													
<p><b>Metoda dan Standar Kalibrasi</b>  <i>Calibration Method and Standard Technical Specification</i></p> <p>Alat ini di kalibrasi dengan menggunakan Peralatan Standar Caliper checker, Merk Mitutoyo CC 300C tertelusur ke Satuan Internasional ( SI ) melalui Lab Kalibrasi BBLM ( LK-001-IDN)  <i>This instrument was calibrated by standard Caliper Checker Manufacture Mitutoyo CC 300 CTraceable to international System of unit (SI) through National Standard BBLM ( LK-001-IDN)</i></p> <p>Metode Kalibrasi yang digunakan sesuai dengan Prosedur Kerja No. PK-D-04, Pembacaan alat dibandingkan dengan standar pada titik ukur yang ditentukan, yang Mengacu pada JIS B 7507-1993  <i>The Calibration Method of Instrument, The working procedure No : PK-D-04, Reading from the instrument are compared to standard at each measurement point which is determined, Which refer to the JIS B 7507-1993</i></p> <p>Perhitungan ketidakpastian pengukuran yang merepresentasikan ketidakpastian dari koreksi mengacu pada ISO TAG 4 - 1993, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", yang dinyatakan pada tingkat kepercayaan 95 % dengan factor Cakupan k = 2  <i>The Calculation of the Uncertainty Measurement which is presented uncertainty from the correction which refer to ISO TAG 4 -1993: " Guide to expression of Uncertainty in Measurement" which is expressed at a 95 % Confidence Level by coverage factor k= 2</i></p>																															
<table border="1"> <tr> <td><b>Temperatur Ruang / Room Temperature</b></td> <td><b>Kelembaban Relatif / Relative Humidity</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20 ± 1 °C</td> <td style="text-align: center;">50 ± 10 %</td> </tr> </table>		<b>Temperatur Ruang / Room Temperature</b>	<b>Kelembaban Relatif / Relative Humidity</b>	20 ± 1 °C	50 ± 10 %																										
<b>Temperatur Ruang / Room Temperature</b>	<b>Kelembaban Relatif / Relative Humidity</b>																														
20 ± 1 °C	50 ± 10 %																														
<p><b>HASIL KALIBRASI</b>  <b>Calibration Result</b></p>																															
Nama Alat <i>Instrument Name</i>	: <b>DIGITAL CALIPER</b>																														
Merk <i>Manufacture</i>	: Mitutoyo																														
Nomor Seri <i>Serial Number</i>	: 03039709																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Number</th> <th>Standard Indication (mm)</th> <th>Instrument Indication (mm)</th> <th>Correction (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,000</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20,000</td> <td>20,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>50,000</td> <td>50,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>100,000</td> <td>100,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>150,000</td> <td>150,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Uncertainty U95 % ± 0,004 mm</td> </tr> </tbody> </table>				Number	Standard Indication (mm)	Instrument Indication (mm)	Correction (mm)	1	0,000	0,00	0,00	2	20,000	20,00	0,00	3	50,000	50,00	0,00	4	100,000	100,00	0,00	5	150,000	150,00	0,00	Uncertainty U95 % ± 0,004 mm			
Number	Standard Indication (mm)	Instrument Indication (mm)	Correction (mm)																												
1	0,000	0,00	0,00																												
2	20,000	20,00	0,00																												
3	50,000	50,00	0,00																												
4	100,000	100,00	0,00																												
5	150,000	150,00	0,00																												
Uncertainty U95 % ± 0,004 mm																															
<p>The Uncertainty is taken a Confidence Level 95 % and Coverage Factor (k) = 2</p>																															
																															
<p>Sertifikat ini sah bila telah dibubuhi cap PT. TRI ARTHA MANUNGGAL dan ditandatangani oleh pejabat yang berwenang  <i>This certificate is valid if has been approved and signed by authorized person</i>          Form sertifikat ini berlaku sejak tanggal 02 Januari 2009 sebagai pengganti form sebelumnya  <i>This version of certificate is issued since January 02 2009 as replacement of the previous version</i></p>																															

 <p>PT Tri Artha Manunggal</p>	<p><b>LABORATORIUM KALIBRASI</b>  <b>PT. TRI ARTHA MANUNGGAL</b>  <b>CALIBRATION-REPAIR-NDT-TRAINING SERVICES</b>          Komp. LUK Blok L-10 Baktijaya, Serpong Tangerang 15315          Tel : 021-70909386, 021-70262886 , Hp : 0816-4849645, Fax : 021-75873738          Home Page : <a href="http://www.tri-artha.co.id">http://www.tri-artha.co.id</a> Email : <a href="mailto:info@tri-artha.co.id">info@tri-artha.co.id</a></p>	 <p><b>KAN</b>          Komite Akreditasi Nasional          Laboratorium Kalibrasi          LK-099-IDN</p>
<p><b>SERTIFIKAT KALIBRASI</b>  <b>Calibration Certificate</b></p>		
<p><b>Nomor : S-1105625</b>      <b>Nomor Order : 1105-146</b>  <i>Order Number</i></p>		
<p><b>IDENTITAS ALAT</b>  <i>Instrument Identification</i></p>		
<p><b>Nama Alat</b>  <i>Instrument Name</i></p>	<p><b>: DIGITAL CALIPER</b></p>	
<p><b>Merk Pabrik</b>  <i>Manufacturer</i></p>	<p><b>: Mitutoyo</b></p>	
<p><b>Model / Tipe</b>  <i>Model / Type</i></p>	<p><b>: CD-6"C</b></p>	
<p><b>Nomor Seri</b>  <i>Series Number</i></p>	<p><b>: 03039705</b></p>	
<p><b>Kapasitas / Divisi</b>  <i>Capacity / Division</i></p>	<p><b>: 0 - 150 mm / 0.01 mm</b></p>	
<p><b>Tanggal Penerimaan</b>  <i>Received Date</i></p>	<p><b>: 04 Mei 2011</b></p>	
<p><b>Tanggal Kalibrasi</b>  <i>Calibration Date</i></p>	<p><b>: 04 Mei 2011</b></p>	
<p><b>Tempat Kalibrasi</b>  <i>Place of Calibration</i></p>	<p><b>: Lab. Kalibrasi PT. Tri Artha Manunggal</b></p>	
<p><b>IDENTITAS PEMILIK</b>  <i>Owner Identification</i></p>		
<p><b>Nama</b>  <i>Name</i></p>	<p><b>: Laboratorium Mekanika Universitas Indonesia</b></p>	
<p><b>Alamat</b>  <i>Address</i></p>	<p><b>: Kampus Universitas Indonesia Depok</b></p>	
<p>Sertifikat ini terdiri dari 2 halaman  <i>This Certificate comprises of 2 pages</i></p>		
<p>Diterbitkan tanggal, 05 Mei 2011          Kepala Laboratorium Kalibrasi  <i>Head of Calibration Laboratory</i></p>		
 <p><b>T. KETUT SUADA</b></p>		
<p><small>Sertifikat ini sah bila telah dibubuhi cap PT. TRI ARTHA MANUNGGAL dan ditandatangani oleh pejabat yang berwenang          This certificate is valid if has been approved and signed by authorized person          Form sertifikat ini berlaku sejak tanggal 02 Januari 2009 sebagai pengganti form sebelumnya          This version of certificate is issued since January 02 2009 as replacement of the previous version</small></p>		



**LABORATORIUM KALIBRASI**  
**PT. TRI ARTHA MANUNGAL**  
**CALIBRATION-REPAIR-NDT-TRAINING SERVICES**

Komp. LUK Blok L-10 Baktijaya, Serpong Tangerang 15315  
 Tel : 021-70909386, 021-70262886 , Hp : 0816-4849645, Fax : 021-75873738  
 Home Page : <http://www.tri-arthaco.id> Email : [info@tri-arthaco.id](mailto:info@tri-arthaco.id)



**LAMPIRAN SERTIFIKAT**  
**Attachment of Certificate**

Nomor : S-1105625  
 Number  
 Halaman : 2 dari 2  
 Page of

**Metoda dan Standar Kalibrasi**

*Calibration Method and Standard Technical Specification*

Alat ini di kalibrasi dengan menggunakan Peralatan Standar Caliper checker, Merk Mitutoyo CC 300C tertelusur ke Satuan Internasional ( SI ) melalui Lab Kalibrasi BBLM ( LK-001-IDN)

*This instrument was calibrated by standard Caliper Checker Manufacture Mitutoyo CC 300 C traceable to international System of unit (SI) through National Standard BBLM ( LK-001-IDN)*

Metode Kalibrasi yang digunakan sesuai dengan Prosedur Kerja No. PK-D-04, Pembacaan alat dibandingkan dengan standar pada titik ukur yang ditentukan, yang Mengacu pada JIS B 7507-1993

*The Calibration Method of Instrument, The working procedure No : PK-D-04, Reading from the instrument are compared to standard at each measurement point which is determined, Which refer to the JIS B 7507-1993*

Perhitungan ketidakpastian pengukuran yang merepresentasikan ketidakpastian dari koreksi mengacu pada ISO TAG 4 - 1993, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", yang dinyatakan pada tingkat kepercayaan 95 % dengan factor Cakupan k = 2

*The Calculation of the Uncertainty Measurement which is presented uncertainty from the correction which refer to ISO TAG 4 -1993: " Guide to expression of Uncertainty in Measurement" which is expressed at a 95 % Confidence Level by coverage factor k= 2*

Temperatur Ruang / Room Temperature	Kelembaban Relatif / Relative Humidity
20 ± 1 °C	50 ± 10 %

**HASIL KALIBRASI**  
**Calibration Result**




Nama Alat : **DIGITAL CALIPER**  
*Instrument Name*  
 Merk : Mitutoyo  
*Manufacture*  
 Nomor Seri : 03039705  
*Serial Number*




Number	Standard Indication (mm)	Instrument Indication (mm)	Correction (mm)
1	0,000	0,00	0,00
2	20,000	20,00	0,00
3	50,000	50,00	0,00
4	100,000	100,00	0,00
5	150,000	150,00	0,00
Uncertainty U95 % ± 0,004 mm			

The Uncertainty is taken a Confidence Level 95 % and Coverage Factor (k) = 2



Sertifikat ini sah bila telah dibubuhi cap PT. TRI ARTHA MANUNGAL dan ditandatangani oleh pejabat yang berwenang  
*This certificate is valid if has been approved and signed by authorized person*  
 Form sertifikat ini berlaku sejak tanggal 02 Januari 2009 sebagai pengganti form sebelumnya  
*This version of certificate is assued since January 02 2009 as replacement of the previous version*

 <p>PT Tri Artha Manunggal</p>	<p><b>LABORATORIUM KALIBRASI</b>  <b>PT. TRI ARTHA MANUNGGAL</b>  <b>CALIBRATION-REPAIR-NDT-TRAINING SERVICES</b>          Komp. LUK Blok L-10 Baktijaya, Serpong Tangerang 15315          Tel : 021-70909386, 021-70262886 , Hp : 0816-4849645, Fax : 021-75873738          Home Page : <a href="http://www.tri-arta.co.id">http://www.tri-arta.co.id</a> Email : <a href="mailto:info@tri-arta.co.id">info@tri-arta.co.id</a></p>	 <p>Komite Akreditasi Nasional          Laboratorium Kalibrasi          LK-099-IDN</p>
<p><b>SERTIFIKAT KALIBRASI</b>  <b>Calibration Certificate</b></p>		
<p>Nomor : <b>S-1105626</b> Nomor Order : <b>1105-146</b>          Order Number</p>		
<p><b>IDENTITAS ALAT</b>  <i>Instrument Identification</i></p>		
<p>Nama Alat : <b>DIGITAL CALIPER</b>  <i>Instrument Name</i></p>		
<p>Merk Pabrik : <b>Mitutoyo</b>  <i>Manufacturer</i></p>		
<p>Model / Tipe : <b>CD-6°C</b>  <i>Model / Type</i></p>		
<p>Nomor Seri : <b>004079010</b>  <i>Series Number</i></p>		
<p>Kapasitas / Divisi : <b>0 - 150 mm / 0.01 mm</b>  <i>Capacity / Division</i></p>		
<p>Tanggal Penerimaan : <b>04 Mei 2011</b>  <i>Received Date</i></p>		
<p>Tanggal Kalibrasi : <b>04 Mei 2011</b>  <i>Calibration Date</i></p>		
<p>Tempat Kalibrasi : <b>Lab. Kalibrasi PT. Tri Artha Manunggal</b>  <i>Place of Calibration</i></p>		
<p><b>IDENTITAS PEMILIK</b>  <i>Owner Identification</i></p>		
<p>Nama : <b>Laboratorium Mekanika Universitas Indonesia</b>  <i>Name</i></p>		
<p>Alamat : <b>Kampus Universitas Indonesia Depok</b>  <i>Address</i></p>		
<p>Sertifikat ini terdiri dari 2 halaman  <i>This Certificate comprises of 2 pages</i></p>		
<p>Diterbitkan tanggal, <b>05 Mei 2011</b></p>		
<p>Kepala Laboratorium Kalibrasi  <i>Head of Calibration Laboratory</i></p>		
 <p><b>KETUT SUADA</b></p>		
<p><small>Sertifikat ini sah bila telah dibubuhi cap PT. TRI ARTHA MANUNGGAL dan ditandatangani oleh pejabat yang berwenang          This certificate is valid if has been approved and signed by authorized person          Form sertifikat ini berlaku sejak tanggal 02 Januari 2009 sebagai pengganti form sebelumnya          This version of certificate is issued since January 02 2009 as replacement of the previous version</small></p>		

 <p><b>PT Tri Artha Manunggal</b></p>	<p align="center"><b>LABORATORIUM KALIBRASI</b>  <b>PT. TRI ARTHA MANUNGGAL</b>  <b>CALIBRATION-REPAIR-NDT-TRAINING SERVICES</b></p> <p align="center">Komp. LUK Blok L-10 Baktijaya, Serpong Tangerang 15315          Tel : 021-70909386, 021-70262886 , Hp : 0816-4849645, Fax : 021-75873738          Home Page : <a href="http://www.tri-arthaco.id">http://www.tri-arthaco.id</a> Email : <a href="mailto:info@tri-arthaco.id">info@tri-arthaco.id</a></p>	 <p><b>KAN</b>          Komite Akreditasi Nasional          Laboratorium Kalibrasi          LK-099-IDN</p>																													
			<p><b>LAMPIRAN SERTIFIKAT</b>  <b>Attachment of Certificate</b></p>	Nomor : S-1105626 Number Halaman : 2 dari 2 Page of																											
<p><b>Metoda dan Standar Kalibrasi</b>  <i>Calibration Method and Standard Technical Specification</i></p> <p>Alat ini di kalibrasi dengan menggunakan Peralatan Standar Caliper checker, Merk Mitutoyo CC 300C tertelusur ke Satuan Internasional ( SI ) melalui Lab Kalibrasi BBLM ( LK-001-IDN)</p> <p><i>This instrument was calibrated by standard Caliper Checker Manufacture Mitutoyo CC 300 CTraceable to international System of unit (SI) through National Standard BBLM ( LK-001-IDN)</i></p> <p>Metode Kalibrasi yang digunakan sesuai dengan Prosedur Kerja No. PK-D-04, Pembacaan alat dibandingkan dengan standar pada titik ukur yang ditentukan, yang Mengacu pada JIS B 7507-1993</p> <p><i>The Calibration Method of Instrument, The working procedure No : PK-D-04, Reading from the instrument are compared to standard at each measurement point which is determined, Which refer to the JIS B 7507-1993</i></p> <p>Perhitungan ketidakpastian pengukuran yang merepresentasikan ketidakpastian dari koreksi mengacu pada ISO TAG 4 - 1993, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", yang dinyatakan pada tingkat kepercayaan 95 % dengan factor Cakupan k = 2</p> <p><i>The Calculation of the Uncertainty Measurement which is presented uncertainty from the correction which refer to ISO TAG 4 -1993: " Guide to expression of Uncertainty in Measurement" which is expressed at a 95 % Confidence Level by coverage factor k= 2</i></p>																															
<table border="1"> <tr> <td><b>Temperatur Ruang / Room Temperature</b></td> <td><b>Kelembaban Relatif / Relative Humidity</b></td> </tr> <tr> <td align="center">20 ± 1 °C</td> <td align="center">50 ± 10 %</td> </tr> </table>		<b>Temperatur Ruang / Room Temperature</b>	<b>Kelembaban Relatif / Relative Humidity</b>	20 ± 1 °C	50 ± 10 %																										
<b>Temperatur Ruang / Room Temperature</b>	<b>Kelembaban Relatif / Relative Humidity</b>																														
20 ± 1 °C	50 ± 10 %																														
<p align="center"><b>HASIL KALIBRASI</b>  <b>Calibration Result</b></p> <p>Nama Alat : <b>DIGITAL CALIPER</b>  <i>Instrument Name</i>          Merk : Mitutoyo  <i>Manufacture</i>          Nomor Seri : 04079010  <i>Serial Number</i></p>																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Number</th> <th>Standard Indication (mm)</th> <th>Instrument Indication (mm)</th> <th>Correction (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">1</td> <td align="center">0,000</td> <td align="center">0,00</td> <td align="center">0,00</td> </tr> <tr> <td align="center">2</td> <td align="center">20,000</td> <td align="center">20,00</td> <td align="center">0,00</td> </tr> <tr> <td align="center">3</td> <td align="center">50,000</td> <td align="center">50,00</td> <td align="center">0,00</td> </tr> <tr> <td align="center">4</td> <td align="center">100,000</td> <td align="center">100,00</td> <td align="center">0,00</td> </tr> <tr> <td align="center">5</td> <td align="center">150,000</td> <td align="center">150,00</td> <td align="center">0,00</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="4">Uncertainty U95 % ± 0,004 mm</td> </tr> </tbody> </table>				Number	Standard Indication (mm)	Instrument Indication (mm)	Correction (mm)	1	0,000	0,00	0,00	2	20,000	20,00	0,00	3	50,000	50,00	0,00	4	100,000	100,00	0,00	5	150,000	150,00	0,00	Uncertainty U95 % ± 0,004 mm			
Number	Standard Indication (mm)	Instrument Indication (mm)	Correction (mm)																												
1	0,000	0,00	0,00																												
2	20,000	20,00	0,00																												
3	50,000	50,00	0,00																												
4	100,000	100,00	0,00																												
5	150,000	150,00	0,00																												
Uncertainty U95 % ± 0,004 mm																															
<p>The Uncertainty is taken a Confidence Level 95 % and Coverage Factor (k) = 2</p>																															
																															
<p align="center">Sertifikat ini sah bila telah dibubuhi cap PT. TRI ARTHA MANUNGGAL dan ditandatangani oleh pejabat yang berwenang  <i>This certificate is valid if has been approved and signed by authorized person</i>          Form sertifikat ini berlaku sejak tanggal 02 Januari 2009 sebagai pengganti form sebelumnya  <i>This version of certificate is assued since January 02 2009 as replacement of the previous version</i></p>																															