



UNIVERSITAS INDONESIA

ANALISA DINDING PENAHAN TANAH YANG
MENGUNAKAN EARTH BERM SEBAGAI SUPPORT
DENGAN PROGRAM PLAXIS

SKRIPSI

INDRA THURTON P

0404010341

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
KEKHUSUSAN GEOTEKNIK

DEPOK

JUNI 2009



UNIVERSITAS INDONESIA

ANALISA DINDING PENAHAN TANAH YANG
MENGUNAKAN EARTH BERM SEBAGAI SUPPORT
DENGAN PROGRAM PLAXIS

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

INDRA THURTON P

0404010341

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
KEKHUSUSAN GEOTEKNIK
DEPOK
JUNI 2009

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk**

telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Indra Thurton

NPM : 0404010341

Tanda Tangan :

Tanggal : 16 Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Indra Thurton
NPM : 0404010341
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Dinding Penahan Tanah yang Menggunakan Earth Berm sebagai Support dengan Program Plaxis

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Widjojo Adi Prakoso M.Sc. Ph.D ()
Penguji : Dr.Ir. Damrizal Damoerin M.Sc ()
Penguji : Ir. Syahril A. Rahim M.Eng ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 16 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya tugas skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Skripsi dengan judul **Analisa Dinding Penahan Tanah Yang Menggunakan Earth Berm Sebagai Support Dengan Program Plaxis** ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan akademis dalam meraih gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil FTUI.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr.Ir.Widjojo A. Prakoso, PhD, selaku dosen pembimbing saya dalam tugas ini. Terima kasih atas segala bantuan serta diskusinya.
2. Ayah, Ibu, Kakak, Abang, dan Adik tersayang
3. Kepada teman-teman sipil yang telah membantu saya dalam mengerjakan skripsi ini.

Depok, 26 Juni 2009

Indra Thurton P

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

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

Nama : Indra Thurton
NPM : 0403010341
Program Studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

Analisa Dinding Penahan Tanah Yang Menggunakan Earth Berm Sebagai Support Dengan Program Plaxis

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 16 Juli 2009

Yang menyatakan

(Indra Thurton P)

ABSTRAK

Nama : Indra Thurton P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Analisa Dinding Penahan Tanah yang Menggunakan Earth Berm sebagai Support dengan Program Plaxis

Di kota-kota besar di Indonesia, sudah mulai kekurangan lahan untuk tempat parkir pada suatu gedung bertingkat, hal ini membuat para insiyur teknik sipil mendisain *basement* untuk tempat parkir. Oleh karena itu muncul ide-ide untuk membuat dinding penahan tanah dengan menggunakan suport.

Salah satu contoh suport yang digunakan adalah earth berm. Earth berm ini menggunakan ketinggian, lebar, dan sudut yang dibentuk terhadap tanah galian sebagai suport untuk menahan dinding penahan tanah agar tidak roboh. Dalam penelitian ini, dilakukan berbagai variasi terhadap earth berm dan kekakuan struktur untuk mendapatkan suatu pola dimana variasi bentuk dari earth berm menghasilkan deformasi dinding yang kecil, tekanan tanah pasif yang besar, serta tekanan tanah aktif yang kecil.

Kata kunci:

Dinding penahan tanah, *earth berm*, kekakuan struktur, deformasi dinding, tekanan tanah pasif, tekanan tanah aktif

ABSTRACT

Name : Indra Thurton P
Study Programme : Teknik Sipil
Thesis Title : Analysis Of Earth Berm Supported Retaining Walls
Using Plaxis

In many big cities in Indonesia, there are lack of spaces for parking area in several buildings, due to this matter the civil engineers design basement for parking area. Therefor came up several ideas to make retaining wall using support.

One of the examples of wall support is earth berm. Earth berm uses height, width, and angle formed to the excavation as a support to keep the retaining wall so that it would not be fell down. In this research, various earth berms and structure stiffnesses are performed to get a pattern where various earth berms give less wall deflection, bigger passive pressure, and less active pressure.

Keywords:

Retaining wall, earth berm, structure stiffness, wall deformation, passive pressure, active pressure.

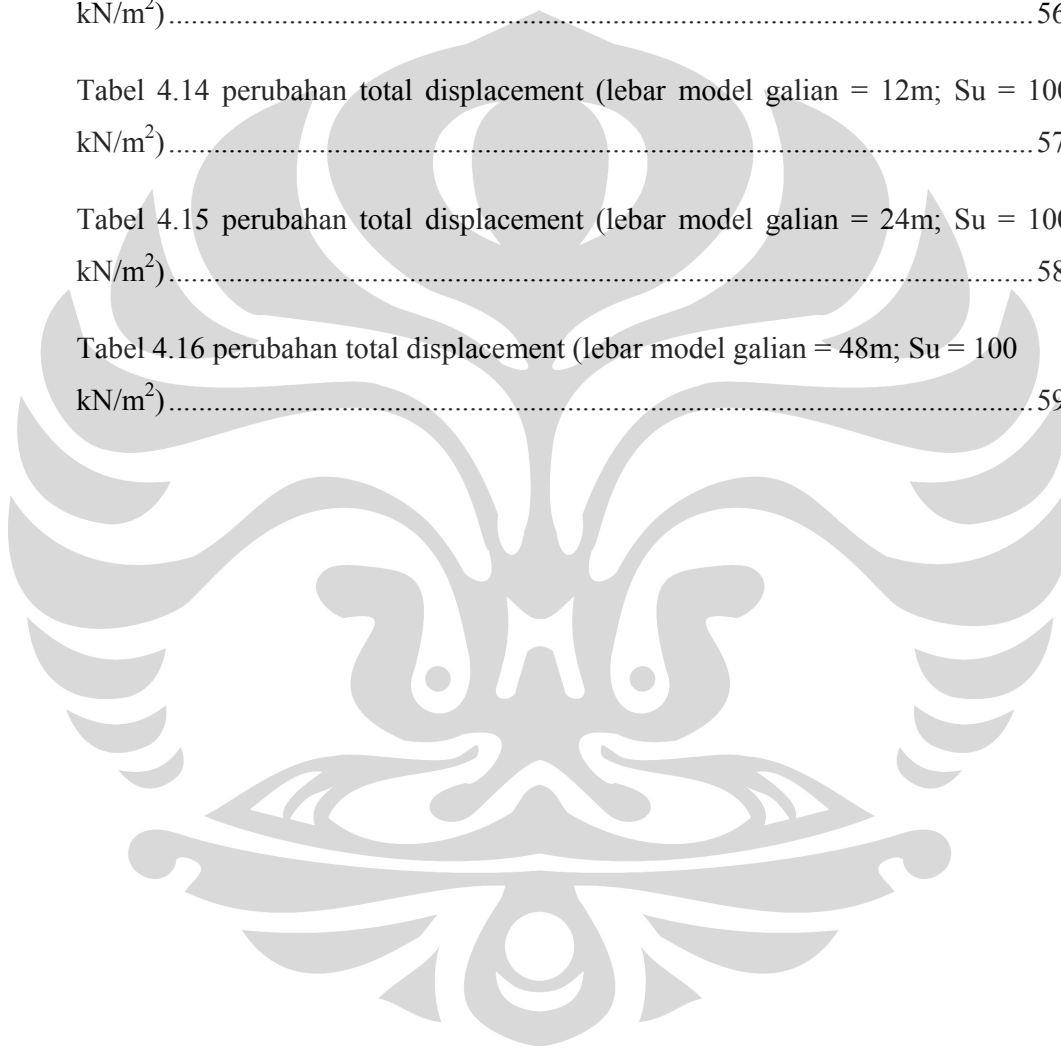
Daftar Isi

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel.....	ix
Daftar Gambar.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	2
1.1 LATAR BELAKANG.....	2
1.2 RUANG LINGKUP PERMASALAHAN.....	3
1.3 TUJUAN PENULISAN.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 PENDAHULUAN.....	4
2.2 JENIS-JENIS LAPISAN TANAH.....	4
2.2.1 LAPISAN TANAH LEMPUNG.....	4
2.2.2 LAPISAN TANAH PASIR.....	6
2.3 TEKANAN TANAH LATERAL.....	8
2.3.1 TEORI RANKINE.....	10
2.3.2 TEORI COULOMB.....	12
2.4 DINDING PENAHAN TANAH.....	16
2.5 EARTH BERMS.....	22
2.6 STABILITAS LERENG.....	23
2.7 PROGRAM PLAXIS.....	27
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	31
BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA	37
4.1 DATA TANAH DAN STRUKTUR DINDING PENAHAN TANAH.....	37
4.2 HASIL SIMULASI PLAXIS VER.8.....	40
4.3 HASIL DAN ANALISA DINDING PENAHAN TANAH FEM PLAXIS.....	47
4.3.1 Analisa deformasi lateral berdasarkan kekakuan struktur.....	47
4.3.3 Analisa Tekanan Tanah Pasif.....	81
4.3.3.1 Analisa Tekanan Tanah Pasif terhadap Perubahan Tinggi Earth Berm.....	81
4.3.3.3 Analisa Tekanan Tanah Pasif terhadap Perubahan Sudut Earth Berm terhadap Galian Tanah.....	116
4.3.4 Analisa Tekanan Tanah Aktif.....	119
BAB 5 KESIMPULAN	132

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Konsistensi tanah lempung dalam kisaran N.....	5
Tabel 2.2 Klasifikasi kekuatan tak-terdrainase/undrained.....	6
Table 2.3 Koefisien friksi dari mineral-mineral pembentuk pasir.....	7
Table 2.4 Rentang nilai Φ' untuk pasir.....	8
Tabel 2.5 Dimensi profil atas dan tengah.....	19
Tabel 2.6 Karakteristik luas penampang.....	21
tabel 3.1 Daftar input.....	33
Tabel 4.1 Sifat material tanah lempung.....	37
Tabel 4.2 Diaphragm wall tebal = 0,400 m/m'.....	38
Tabel 4.3 Diaphragm wall tebal = 0,600 m/m'.....	38
Tabel 4.4 Diaphragm wall tebal = 0,85 m/m'.....	39
Tabel 4.5 perubahan total displacement (lebar model galian = 12m; Su = 50 kN/m ²).....	48
Tabel 4.6 perubahan total displacement (lebar model galian = 24m; Su = 50 kN/m ²).....	49
Tabel 4.7 perubahan total displacement (lebar model galian = 48m; Su = 50 kN/m ²).....	50
Tabel 4.8 perubahan total displacement (lebar model galian = 12m; Su = 100 kN/m ²).....	51
Tabel 4.9 perubahan total displacement (lebar model galian = 24m; Su = 100 kN/m ²).....	52
Tabel 4.10 perubahan total displacement (lebar model galian = 48m; Su = 100 kN/m ²).....	53

Tabel 4.11 perubahan total displacement (lebar model galian = 12m; Su = 50 kN/m ²).....	54
Tabel 4.12 perubahan total displacement (lebar model galian = 24m; Su = 50 kN/m ²).....	55
Tabel 4.13 perubahan total displacement (lebar model galian = 48m; Su = 50 kN/m ²).....	56
Tabel 4.14 perubahan total displacement (lebar model galian = 12m; Su = 100 kN/m ²).....	57
Tabel 4.15 perubahan total displacement (lebar model galian = 24m; Su = 100 kN/m ²).....	58
Tabel 4.16 perubahan total displacement (lebar model galian = 48m; Su = 100 kN/m ²).....	59



Daftar Gambar

Gambar 2.1. Mineral lempung	5
Gambar 2.2. Hubungan tegangan-regangan yang diidealisasikan	8
Gambar 2.3. Kondisi keseimbangan plastis	10
Gambar 2.4. Keping keruntuhan (failure wedge).....	14
Gambar 2.5. Keruntuhan Tanah.....	15
Gambar 2.6. Segitiga Gaya	15
Gambar 2.7. Profil Corrugated.....	19
Gambar 2.8. Profil Corrugated.....	19
Gambar 2.9. An equivalent surcharge method.....	22
Gambar 2.10. Daly	23
Gambar 2.11. Tipe Kelongsoran Lereng.....	23
Gambar 2.12. Metode Irisan.....	24
Gambar 2.13. Model Plain Stain dan Axi-Simetris.....	28
Gambar 2.14. Posisi titik-titik nodal dan titik-titik tegangan pada elemen tanah .	30
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1. Permodelan penggalian	39
Gambar 4.2. Deformasi Mesh dengan kekakuan = 10, pada kedalaman basement 6 m penetrasi 3 m.....	40
Gambar 4.3. Bending momen dengan kekakuan = 10, pada kedalaman basement 6 m penetrasi 3 m.....	41
Gambar 4.4. Total Displacement dengan kekakuan = 10 pada kedalaman basement 6 m penetrasi 3m.....	41
Gambar 4.5. Effective normal stresses dengan kekakuan = 10 pada kedalaman basement 6 m penetrasi 3m	42
Gambar 4.6. Vertical displacement dengan kekakuan = 10 pada kedalaman basement 6 m penetrasi 3 m.....	42

Gambar 4.7. Horizontal displacement dengan kekakuan = 10 pada kedalaman basement 6 m penetrasi 3 m	43
Gambar 4.8 Total displacement 29,37 mm (H=1,5m; W=3m;30°;Su = 50 kN/m ²)	43
Gambar 4.9 Total displacement 29,9 mm (H=1,5m; W=3m;30°;Su = 50 kN/m ²)	44
Gambar 4.10 total displacement 38,59 mm (H=1,5m; W=3m;30°;Su = 50 kN/m ²)	44
Gambar 4.11 total displacement 50,76 mm (H=1,5m; W=3m;30°;Su = 50 kN/m ²)	45
Gambar 4.12 total displacement 56,60 mm (H=1,5m; W=3m;30°;Su = 50 kN/m ²)	45
Gambar 4.13 total displacement 64,88 mm (H=1,5m; W=3m;30°;Su = 50 kN/m ²)	46
Gambar 4.14 total displacement 68,72 mm (H=1,5m; W=3m;30°;Su = 50 kN/m ²)	46

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan berkembangnya ilmu pengetahuan dibidang teknik sipil yang menyebabkan semakin sempitnya lahan yang tersedia, terutama di kota-kota besar, maka untuk mendapatkan ketersediaan lahan dibutuhkan pembangunan gedung bertingkat. Pembangunan gedung bertingkat yang menggunakan lantai basement sebagai area parker, perlu menggunakan dinding penahan tanah. Tujuan utama konstruksi dinding penahan tanah adalah untuk menahan tanah agar tidak terjadi longsor akibat beban yang bekerja. Jenis konstruksi dinding penahan tanah juga banyak dijumpai pada *under pass*, lereng bukit.

Pemilihan konstruksi penahan tanah tergantung pada kedalaman galian tanah, jenis tanah yang ada, Muka Air Tanah (M.A.T.), dan apabila kedalaman tanah yang akan digali tidak terlalu dalam biasanya menggunakan konstruksi penahan tanah adalah *sheet pile* atau turap.

Pada saat fase konstruksi, terutama pada fase penggalian tanah terutama galian dalam, maka harus diperhatikan deformasi dari struktur dinding penahan tanah terutama arah lateral. Agar mengurangi deformasi arah lateral, maka dibutuhkan penyangga, jenis-jenis penyangga tersebut, antara lain: angkur,

Teori klasik (Rankine dan Coulomb), dapat digunakan untuk menghitung gaya-gaya lateral akibat tekanan tanah yang bekerja pada dinding dengan memasukan berbagai parameter tanah, sehingga akan didapatkan gaya-gaya dalam dan momen yang bekerja pada dinding penahan tanah, besar kecilnya ukuran profil dari penampang dinding tergantung pada momen yang terjadi. Kelemahan dari teori ini adalah tidak memperhitungkan pengaruh deformasi dari suatu struktur dinding akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan beban konstruksi di atasnya (*surchage load*), muka air tanah, kedalaman galian tanah.

Untuk mensimulasikan dan menyelesaikan masalah tersebut digunakanlah program plaxis ver.8. Plaxis adalah program elemen hingga untuk aplikasi

geoteknik dimana permodelan tanah digunakan untuk mensimulasikan perilaku tanah. Dengan menggunakan analisa program plaxis, maka didapatkan hasil yang diinginkan sebagai parameter kondisi tanah yang sebenarnya untuk pelaksanaan konstruksi.

1.2 RUANG LINGKUP PERMASALAHAN

Skripsi ini pada dasarnya merupakan studi perbandingan mengenai dinding penahan tanah yang menggunakan tanah untuk membantu dinding penahan tanah (brem) dalam menahan beban yang bekerja pada dinding pada fase galian tanah. Adapun jenis tanah yang dibandingkan adalah tanah lempung dengan pasir, untuk menganalisisnya digunakan sebuah program, yaitu Plaxis ver.8. Metode ini meliputi beberapa spesifikasi yang akan ditentukan untuk digunakan sebagai permodelan simulasi berdasarkan tahap-tahap yang ada sehingga keadaan yang terjadi di lapangan dapat disimulasikan.

1.3 TUJUAN PENULISAN

Studi mengenai efek kekakuan dinding terhadap perilaku mekanik dinding yang bertujuan untuk mendapatka serta menentukan pengaruh kekakuan struktur dinding terhadap maksimum pergerakan lateral tanah (*maximum lateral wall movement*), vertical settlement, tekanan tanah aktif dan pasif, bending momen akibat variasi kedalaman, jenis tanah.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENDAHULUAN

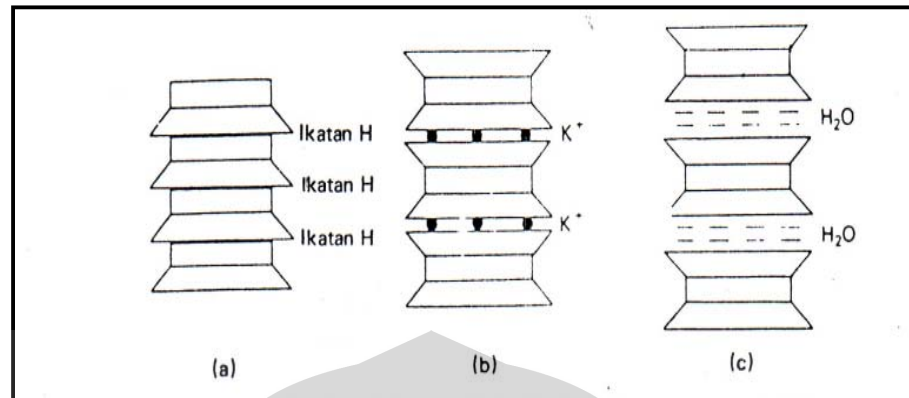
Bab ini memberikan penjelasan tentang teori-teori yang digunakan dalam penulisan skripsi ini. Dasar teori yang dijelaskan pada penulisan skripsi ini meliputi jenis-jenis tanah, tekanan tanah lateral, jenis-jenis dinding penahan tanah, jenis-jenis penyokong, dan program plaxis.

2.2 JENIS-JENIS LAPISAN TANAH

2.2.1 LAPISAN TANAH LEMPUNG

Tanah lempung adalah kelompok-kelompok partikel Kristal berukuran koloid yang dihasilkan dari pelapukan kimiawi batuan, yang salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam atau alkali, oksigen, dan karbondioksida. Hampir semua mineral lempung berbentuk lempengan yang mempunyai permukaan spesifik (perbandingan antara luas permukaan dengan massa) yang tinggi. Akibatnya sifat-sifat partikel ini sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan.

Satuan struktural dasar dari struktural mineral lempung terdiri dari silika tetrahedron dan alumina oktahedron, seperti pada gambar 2.1a. Silikon dan aluminium dapat diganti sebagian dengan unsur lain, yang disebut *substitusi isomorfis*. Satuan-satuan dasar tersebut bergabung membentuk lembaran yang secara simbolis terlihat pada gambar 2.1b. Jenis-jenis mineral lempung tergantung dari kombinasi susunan satuan lembaran dasar. Yang membedakan jenis-jenis mineral lempung adalah kombinasi tumpukan dan macam ikatan antara masing-masing lembaran. Struktur-struktur utama mineral lempung dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Mineral lempung (a) kaolinit, (b) ilit, (c) montmoril onit

Tanah lempung memiliki sifat, sebagai berikut:

- 1) Bersifat kohesif
- 2) Sudut gesernya kecil atau dianggap nol
- 3) Permeabilitasnya rendah
- 4) Volumennya menyusut saat kering dan mengembang saat basah

Konsistensi tanah lempung mempunyai nilai SPT dalam kisaran N yang bervariasi, tergantung banyak air yang terkandung di dalamnya yang ditunjukkan pada table 2.1 dan 2.2

Tabel 2.1 Konsistensi tanah lempung dalam kisaran N

	Tanah Kohesif				
Penetrasi, N	<4	4-6	6-15	16-25	>25
Berat isi, γ (KN/m³)	14-18	16-18	16-18	16-18	>20
Konsistensi	Sangat Lunak	Lunak	Sedang	Kenyal	Keras

Tabel 2.2 Klasifikasi kekuatan tak-terdrainase/undrained

Konsistensi Tanah	C_u (KN/m ²)
Sangat kaku/keras	>150
Kaku (stiff)	100-150
Teguh sampai kaku	75-100
Teguh	50-75
Lunak sampai teguh	40-50
Lunak	20-40
Sangat lunak	<20

Sumber : Craig, 1987

2.2.2 LAPISAN TANAH PASIR

Distribusi ukuran partikel tanah berbutir kasar dapat ditentukan dengan metode pengayakan (*sieving*). Dari hasil pengayakan, pasir dan kerikil dapat dibagi menjadi fraksi-fraksi kasar, medium, dan halus. Pasir dan kerikil dapat dideskripsikan sebagai bergradasi baik jika tidak ada partikel-partikel yang ukurannya menyolok dalam rentang distribusi dan jika masih terdapat partikel-partikel yang berukuran sedang, bergradasi buruk jika ukurannya seragam atau jarang terdapat partikel berukuran sedang (terdapat loncatan ukuran tanah).

Untuk material pasir, gaya friksi yang terjadi antara butiran-butiran dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu tipe-tipe mineral pasir, bentuk, densitas, berat jenis.

Table 2.3 Koefisien friksi dari mineral-mineral pembentuk pasir

Mineral	Static Coefficient of Friction
Clear quartz	0.11
Milky quartz	0.14
Rose quartz	0.13
Microcline feldspar	0.12
Calcite	0.14
Muscovite	0.43
Chlorite	0.53
Talc	0.36

Sumber : Horn and Deere (1962)

Karakteristik kekuatan geser pasir dapat ditentukan dari hasil-hasil uji triaksial dalam kondisi terdrainasi maupun hasil-hasil pengujian geser langsung, yang dinyatakan dalam parameter-parameter tegangan efektif c' dan Φ' . Karakteristik pasir kering dan pasir jenuh adalah sama.

Untuk pasir rapat, sudut tahanan geser maksimum (Φ'_{maks}) jauh lebih besar dari sudut friksi sesungguhnya (Φ_u) antara permukaan-permukaan masing-masing partikel dimana perbedaan tersebut menunjukkan energi yang dibutuhkan untuk mengatasi keterikatan dan menyusun kembali partikel-partikel tersebut. Di dalam praktek pada umumnya, dimana dipakai faktor keamanan untuk kekuatan geser dan regangan yang relatif rendah, digunakan tegangan puncak untuk menentukan keruntuhan.

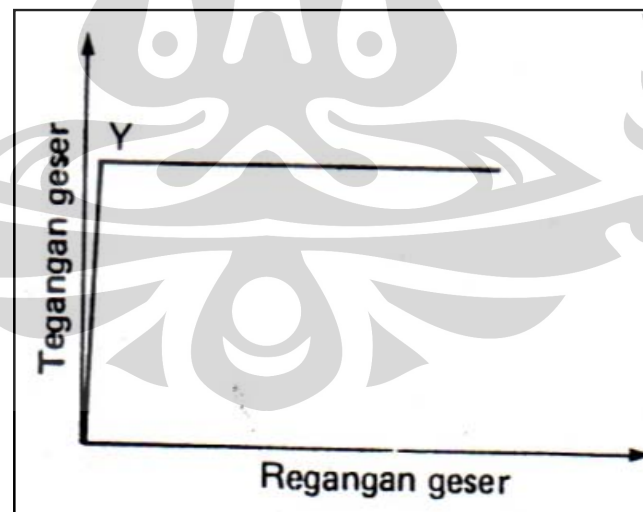
Di dalam praktek, hanya kekuatan pada keadaan terdrainasi untuk pasir saja yang relevan dan nilai parameter kekuatan geser Φ' (c' nol) diberikan pada tabel 2.4

Table 2.4 Rentang nilai Φ' untuk pasir

	Lepas (Φ'_{cv})	Rapat (Φ'_{maks})
Pasir berukuran seragam, partikel bualt	27°	-35°
Pasir bergradasi baik, partikel bulat	33°	-45°
Kerikil berpasir	35°	-50°
Pasir berlanau	(27-30)°	-(30-34)°

2.3 TEKANAN TANAH LATERAL

Tekanan tanah lateral dapat memperlihatkan hubungan distribusi dan besarnya tekanan tanah antara struktur penahan tanah dengan tanah. Analisis eksak dalam masalah tekanan tanah jarang sekali dilakukan. Tetapi, kondisi keruntuhan massa tanah yang ditahan merupakan tinjauan utama dan dalam konteks ini, kita menggunakan konsep keruntuhan plastis (plastic collapse).



Gambar 2.2 Hubungan tegangan-regangan yang diidealisasikan

Perilaku tanah dapat diwakili oleh hubungan tegangan-regangan yang diidealisasi seperti pada gambar 2.3.1, dimana setelah mengalami leleh (yielding)

tanah akan berperilaku seperti material plastis sempurna dengan regangan plastis tak terbatas terjadi pada suatu tegangan konstan, dengan kata lain regangan setelah keadaan leleh, bersifat plastis sepenuhnya. Suatu tanah dikatakan berada dalam keseimbangan plastis jika tegangan geser pada titik pada tanah tersebut mencapai keadaan tegangan yang diwakili oleh titik Y.

Keruntuhan plastis terjadi setelah tercapai keseimbangan plastis pada sebagian tanah, yang menghasilkan pembentukan mekanisme yang tidak stabil dimana sebagian tanah akan tergelincir relatif terhadap tanah-tanah yang tersisa. Sistem beban yang bekerja adalah beban runtuh (*collapse load*) dan teorema batas plastisitas dapat digunakan untuk menghitung batas bawah dan batas atas terhadap beban runtuh yang sebenarnya.

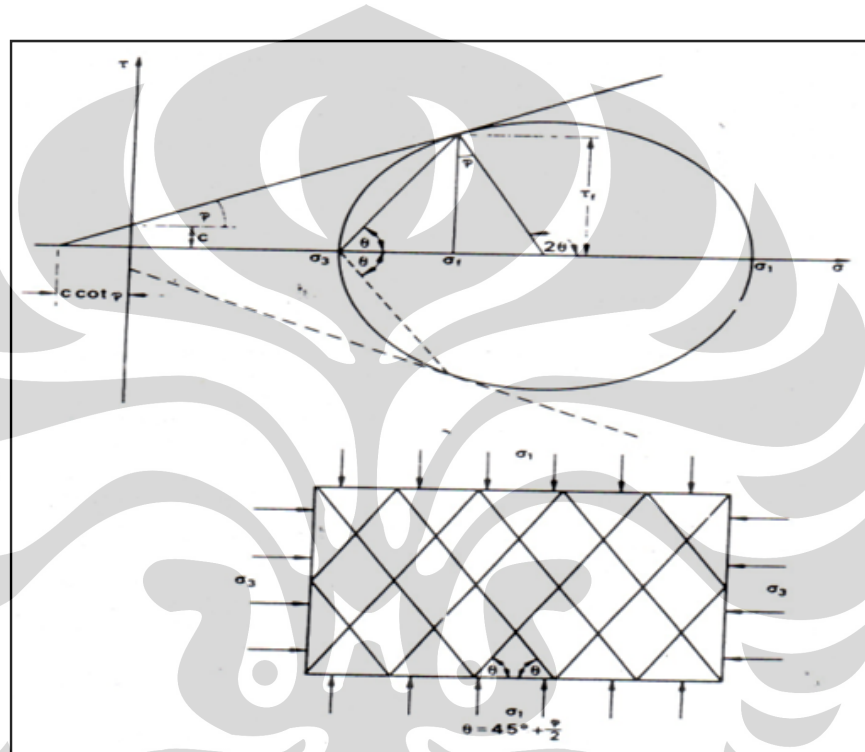
Teori batas dapat didefinisikan sebagai berikut:

- Teori batas bawah (lower bound theorem). Jika suatu keadaan tegangan berada dalam suatu kondisi dimana tidak terdapat titik yang melebihi kriteria keruntuhan tanah dan berada dalam kondisi seimbang dengan suatu sistem beban luar (termasuk berat sendiri tanah), maka tidak terjadi kondisi runtuh. Jadi sistem beban luar merupakan batas dari beban runtuh yang sebenarnya.
- Teori batas atas (upper bound theorem). Jika suatu mekanisme keruntuhan plastis dimisalkan terjadi pada tanah dan jika diberikan suatu penambahan perpindahan sehingga laju usaha yang dilakukan oleh beban-beban luar sama dengan laju disipasi energi oleh tegangan-tegangan dalam, maka akan terjadi kondisi runtuh. Sistem beban luar merupakan batas atas dari beban runtuh yang sebenarnya.

Suatu mekanisme keruntuhan plastis dibentuk dari permukaan gelincir yang sejalan dengan kontinuitasnya dan dengan batas-batasnya. Dapat ditunjukkan bahwa untuk kondisi tak-terdrainase (undrained), permukaan gelincirnya dapat berbentuk satu garis atau satu busur lingkaran. Sedangkan untuk kondisi terdrainasi (drained), permukaan gelincir dapat berbentuk satu garis lurus atau spiral logaritmik. ini memenuhi persyaratan bahwa permukaan-permukaan gelincir harus saling berpotongan membentuk sudut ($90^\circ + \Phi$).

2.3.1 TEORI RANKINE

Teori Rankine (1857) mempertimbangkan keadaan tegangan pada massa tanah ketika kondisi keseimbangan plastisnya telah tercapai, yaitu ketika keruntuhan gesernya pada suatu titik terjadi pada seluruh tanah. Teori tersebut memenuhi kondisi pemecahan plastisitas batas bawah.



Gambar 2.3 Kondisi keseimbangan plastis

Dari gambar diatas terlihat bahwa kondisi tegangan pada saat keruntuhan elemen dua-dimensi, dimana parameter-parameter kekuatan geser yang dinyatakan dengan c dan Φ . Keruntuhan geser terjadi sepanjang suatu bidang yang membentuk sudut sebesar $(45^\circ + \Phi/2)$ terhadap bidang utama. Kondisi keseimbangan plastis hanya dapat dibentuk jika pada tanah yang bersangkutan terjadi deformasi yang cukup besar. Untuk suatu tanah semi tak-terbatas dengan permukaan horizontal dan memiliki batas vertikal yang terbuat dari dinding berpermukaan halus dengan kedalaman semi tak-terbatas. Tanah diasumsikan bersifat homogen dan isotropik. suatu elemen tanah pada kedalaman z akan

menerima tegangan vertical σ_z dan tegangan horizontal σ_x . Oleh sebab itu, tegangan-tegangan vertikal dan horizontal menjadi tegangan-tegangan utama.

Jika terjadi pergerakan dinding menjauhi tanah, maka nilai σ_x berkurang karena tanah berdilatasi atau mengembang ke luar, dimana pengurangan σ_x merupakan suatu fungsi yang tidak diketahui dari regangan lateral pada tanah. Jika pengembangan tanah yang terjadi cukup besar, nilai σ_x berkurang sampai suatu nilai minimum sedemikian rupa sehingga terbentuk kondisi keseimbangan plastis. Kondisi ini terjadi karena penurunan tegangan horizontal σ_x , maka σ_x merupakan tegangan utama kecil (σ_3). Tegangan vertical merupakan tegangan utama besar (σ_1).

Hubungan antara σ_1 dan σ_3 pada saat tanah mencapai kondisi keseimbangan plastis dapat diturunkan dari lingkaran mohr. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\sin \phi = \frac{\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)}{\frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3 + 2c \cot \phi)} \quad (1)$$

$$\sigma_3 = \sigma_1 \left(\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right) - 2c \sqrt{\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}} \quad (2)$$

σ_1 adalah tekanan overburden pada kedalaman z, yaitu

$$\sigma_1 = \gamma z$$

Tegangan horizontal untuk kondisi ini didefinisikan sebagai tekanan aktif (P_A), yaitu tekanan akibat berat sendiri tanah. Jika

$$K_A = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

didefinisikan sebagai koefisien tekanan aktif, maka persamaan 2 dapat ditulis sebagai

$$P_A = K_A \gamma z - 2c \sqrt{K_A} \quad (3)$$

Jika dinding bergerak ke arah massa tanah, maka yang akan terjadi kompresi lateral pada tanah dan nilai σ_x akan bertambah sampai mencapai kondisi plastis. Untuk kondisi ini, σ_x mencapai nilai maksimum dan merupakan tegangan utama besar σ_1 . Tegangan σ_z , sama dengan tekanan overburden, yaitu merupakan tegangan utama kecil.

$$\sigma_3 = \gamma z$$

Hubungan antara σ_1 dan σ_3 pada saat tanah mencapai kondisi keseimbangan plastis dapat diturunkan dari lingkaran mohr. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\sigma_3 = \sigma_1 \left(\frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta} \right) + 2c \sqrt{\frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta}} \quad (4)$$

jika $K_p = \frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta}$ didefinisikan sebagai koefisien tekanan pasif, maka persamaan (4) dapat ditulis sebagai

$$P_p = K_p \gamma z + 2c \sqrt{K_p} \quad (5)$$

Pada dasarnya rumusan Rankine diturunkan dengan mengasumsikan $c=0$.

2.3.2 TEORI COULOMB

Teori tekanan tanah yang dikemukakan oleh C.A.Coulomb sekitar tahun 1776, sebagai berikut:

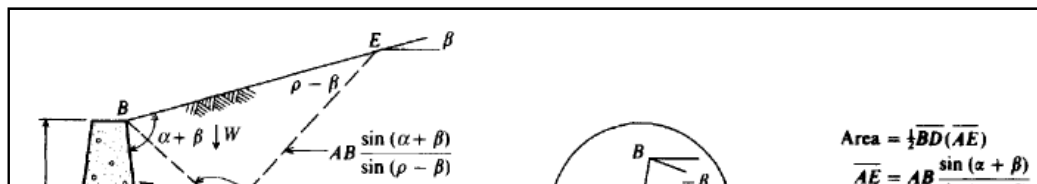
- a. Tanah adalah isotropik dan homogen yang mempunyai gesekan dalam dan kohesi
- b. Bidang runtuh adalah sebuah bidang rata (seperti pada gambar 2.3.3). Permukaan urugan balik (backfill surface) merupakan bidang datar

- c. Dengan nilai yang sama tahanan gesekan didistribusikan sepanjang permukaan runtuh yang rata, dan koefisien gesekan tanah ke tanah $f \cdot \tan \Phi$
- d. Keping runtuh (failure wedge) adalah melalui translasi sebuah benda tegar
- e. Adanya gesekan dinding, yaitu keping runtuh bergerak dalam kaitan terhadap bagian dari punggung dinding, maka berkembanglah suatu gaya gesek antara tanah dan dinding. Sudut gesekan ini biasanya dinamakan δ
- f. Keruntuhan adalah suatu persoalan peregangan dinding; tinjaulah satu satuan panjang dari sebuah benda yang panjangnya tak berhingga

Kekurangan utama dari teori coulomb ini ialah asumsinya bahwa, tanah ideal dan permukaan runtuh adalah bidang rata (meskipun untuk pasir bersih dalam kasus tekanan aktif, gambar-gambar dari dinding-dinding model menunjukkan bahwa daerah patahan itu hampir merupakan suatu bidang seperti BC pada gambar 2.3.3.

Persamaan-persamaan yang didasarkan pada teori Coulomb untuk tanah tak kohesi didapat dari gambar 2.4 dan gambar 2.5. Berat potongan tanah ABE adalah

$$W = \gamma A \quad (1) = \frac{\gamma H^2}{2 \sin^2 \alpha} \left[\sin(\alpha + \rho) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\alpha - \beta)} \right] \quad (6)$$



Gambar 2.4. Keping keruntuhan (failure wedge) yang dalam menurunkan persamaan Coulomb untuk tekanan aktif. Perhatikan β dapat mempunyai harga \pm dan $0 < \alpha < 180$

Gaya aktif P_a adalah suatu komponen dari vektor berat seperti yang digambarkan dalam gambar 2.4.c. Dengan memakai rumus sinus, maka kita dapatkan

$$\frac{P_a}{\sin(\rho - \phi)} = \frac{W}{\sin(180 - \alpha - \rho + \phi + \delta)}$$

atau

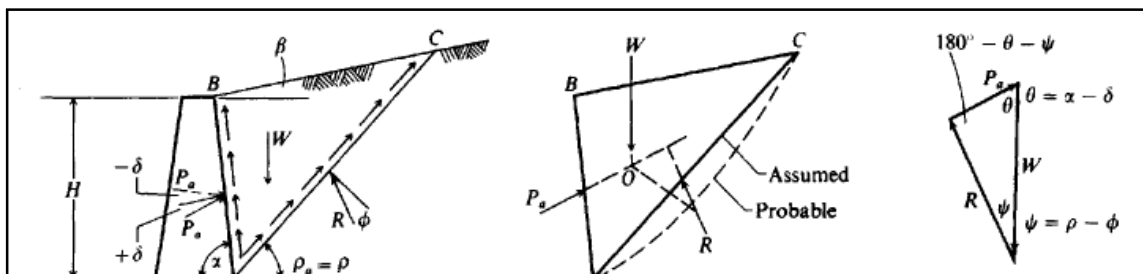
$$P_a = \frac{W \sin(\rho - \phi)}{\sin(180 - \alpha - \rho + \phi + \delta)} \quad (7)$$

Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa harga $P_a = f(\rho)$; artinya semua factor lainnya yang diberikan adalah konstan, sedangkan harga P_a yang paling diperlukan adalah harga yang terbesar. Dengan menggabungkan Persamaan (a) dan (b), kita dapatkan

$$P_a = \frac{\gamma H^2}{2 \sin^2 \alpha} \left[\sin(\alpha + \rho) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\alpha - \beta)} \right] \frac{W \sin(\rho - \phi)}{\sin(180 - \alpha - \rho + \phi + \delta)} \quad (8)$$

maka harga maksimum dari gaya dinding aktif P_a diperoleh sebesar $dP_a/d\rho = 0$ untuk menghasilkan

$$P_a = \frac{\gamma H^2}{2} \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$



Gambar 2.5. Keruntuhan Tanah : (a) Kondisi keruntuhan yang diasumsikan; (b) menunjukkan bahwa gaya-gaya resultan tidak melalui titik 0; sehingga keseimbangan statis tidak dipenuhi; (c) segitiga gaya untuk menghasilkan P_a (Bowles, 1991)

Jika $\beta = \delta = 0$ dan $\alpha = 90^\circ$ (untuk sebuah dinding vertikal licin yang mempunyai urugan balik horizontal), maka persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi

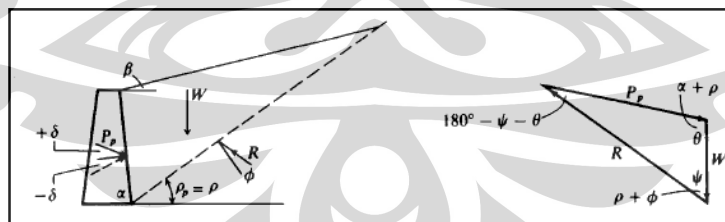
$$P_a = \frac{\gamma H^2 (1 - \sin \phi)}{2 (1 + \sin \phi)} = \frac{\gamma H^2}{2} \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\text{jika } K_a = \frac{(1 - \sin \phi)}{(1 + \sin \phi)}$$

$$\text{maka } P_a = \frac{\gamma H^2}{2} K_a$$

$$\text{dimana } K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

Tekanan tanah pasif diturunkan dengan cara serupa kecuali inklinasi pada dinding dan segitiga gayanya seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 2.6 Segitiga Gaya

Berat dari massa yang runtuh yang diasumsikan adalah

$$W = \frac{\gamma H^2}{2} \sin(\alpha + \rho) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\rho - \beta)} \quad (9)$$

dan dengan menggunakan rumus dari segitiga gaya diperoleh

$$P_p = W \frac{\sin(\rho+\phi)}{\sin(180-\rho-\phi-\delta-\alpha)} \quad (10)$$

Dengan menetapkan turunan $dP_p/d\rho = 0$ maka diperoleh harga minimum dari P_p sebagai berikut:

$$P_p = \frac{\gamma H^2}{2} \frac{\sin^2(\alpha-\phi)}{\sin^2 \sin(\alpha-\delta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi+\beta)}{\sin(\alpha+\delta)\sin(\alpha+\beta)}} \right]^2} \quad (11)$$

Untuk sebuah dinding vertical licin (smooth vertical wall) yang mempunyai urugan balik horizontal ($\delta=\beta=0$ dan $\alpha = 90^\circ$), maka persamaan (f) disederhanakan menjadi:

$$P_p = \frac{\gamma H^2}{2} \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} = \frac{\gamma H^2}{2} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (12)$$

dapat ditulis juga:

$$P_p = \frac{\gamma H^2}{2} K_p$$

2.4 DINDING PENAHAN TANAH

Dinding penahan tanah (retaining walls) adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk menahan tanah dan memberikan stabilitas pada lereng.

Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, Dinding penahan tanah dibagi menjadi 7 jenis. Yaitu :

- a) Dinding gravitasi. Dinding yang mengandalkan beratnya untuk mencapai kestabilan tanah.
- b) Dinding kantilever. Dinding beton bertulang yang menggunakan aksi dari bagian kantilever dindingnya untuk menahan massa tanah yang berada berada dibelakang dinding
- c) Dinding pertebalan belakang (counterfort retaining wall). Mirip dengan dinding kantilever hanya saja memiliki bagian dinding kantilever yang cukup panjang untuk menahan tekanan yang sangat tinggi dibelakang dinding dan juga memiliki pertebalan pada bagian belakang dinding.

- d) Dinding pertebalan depan (*buttressed retaining wall*). Mirip dengan dinding pertebalan belakang, hanya saja petebalannya berada disebelah depan.
- e) Dinding kisi (*crib walls*). Dinding yang dibangun dari potongan-potongan beton precast, logam, atau kayu, dan topang oleh angkur-angkur yang ditanak didalam tanah untuk mencapai kestabilan tanah.
- f) Dinding semi gravitasi. Dinding yang terletak antara sebuah dinding gravitasi dan dinding
- g) Tumpuan jembatan (*bridge abutment*). Dinding dengan perluasan dinding tumpuan (*wing wall*) untuk menahan urugan jalan masuk (*approach fill*) dan juga menahan erosi.

Sheet Pile Wall

Sheet pile adalah dinding vertikal relatif tipis yang berfungsi untuk menahan tanah serta untuk menahan air ke dalam daerah galian.

Pada bangunan tinggi yang memiliki basement, konstruksi penahan tanah yang cocok untuk menahan tanah dan air adalah sheet pile. Sheet pile sering digunakan karena kemudahaan dalam menggunakannya dan biaya konstruksinya yang rendah di dalam pemasangan di lapangan, karena ketahanannya yang sangat tinggi terhadap lingkungan sekitarnya.

Dalam perhitungan untuk menentukan faktor keamanan sheet pile, baik menggunakan prosedur elemen hingga atau metode klasik, dinding itu dipengaruhi oleh tekanan tanah aktif terhadap garis keruk oleh karena bahan urugan dan ditahan oleh tanah di depan dinding dibawah garis keruk dengan memakai pegas simpul. Pada metode klasik kita akan memakai tekanan pasif sebagaimana ditentukan oleh koefisien tekanan Coulomb dan koefisien Rankine.

Tipe-tipe Material *Sheet Pile*

Tipe Sheet pile dapat dibedakan menurut bahan yang digunakan. Bahan sheet pile tersebut bermacam-macam, Contohnya: beton, dan baja.

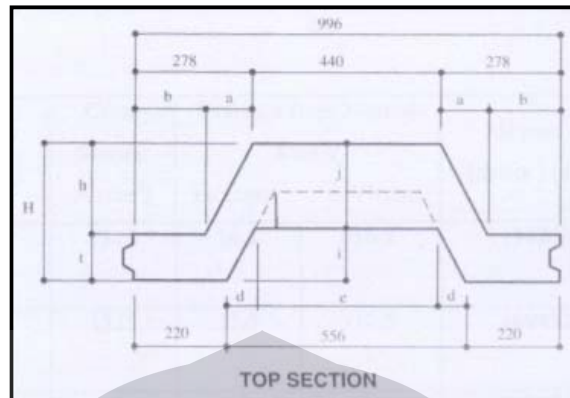
- Sheet Pile Beton

Dinding penahan tanah bias digunakan pada konstruksi tetap (permanen) atau konstruksi sementara (*temporary*), ukuran profil yang digunakan mengacu kepada kemudahan dalam pengerjaan dan biaya dalam pemasangan di lapangan. Oleh karena, ketahanan yang tinggi terhadap lingkungan sekitarnya, maka dinding penahan tanah pada umumnya digunakan sebagai struktur yang permanen.

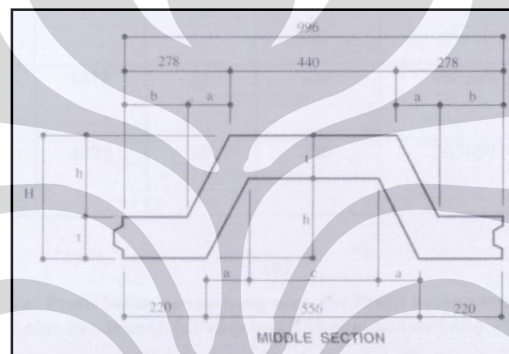
Tiang-tiang turap ini termasuk dalam anggota beton pracetak, biasanya dilengkapi dengan sambungan lidah-alur. Suku-suku tersebut dirancang untuk tegangan layanan yang dihitung, tetapi pertimbangan berat tegangan penanganan dan tegangan pemancangan yang mungkin sangat besar bobotnya, juga harus diperhitungkan.

Ukuran-ukuran yang besar dengan demikian akan memindahkan volume tanah yang relatif besar. Pemindahan tanah yang besar ini cenderung menambah tahanan pemancangan. Ukuran-ukuran yang relatif besar dan dikaitkan dengan berat satuan beton, menandakan bahwa tiang pancang tersebut sangat berat dan mungkin tak mampu bersaing dengan jenis-jenis tiang pancang yang lain, kecuali bila tiang pancang tersebut dicor didekat tempat pekerjaan. Dengan membersihkan dan mengisi adukan encer ke dalam sambungan sesudah pemancangan, maka akan diperoleh sebuah dinding kedap air.

Di bawah ini terdapat bentuk profil beton yang diambil dari produk Wika beton dimana terdapat dua jenis dinding yang terbuat dari beton, yaitu Corrugated type (bentuk bergelombang) dan bentuk datar. Contoh di bawah ini adalah profil Corrugated, yang dilengkapi dengan dimensi dan luas profil (Gambar 2.7 dan Gambar 2.8), untuk pemasangan di lapangan pengangkatan dari dinding ini menggunakan tower craine.



Gambar 2.7 Profil Corrugated Sumber : Wika beton, 1997



Gambar 2.8 Profil Corrugated Sumber : Wika beton, 1997

Tabel 2.5 Dimensi profil atas dan tengah

Top End	TOP END SECTION (mm)						MIDDLE SECTION (mm)						Cross Section (m ²)
	H	t	i	j	e	a	b	c	d	h	f		
W-325 A	1000	325	110	125	200	430	109	169	338	63	215	100	0,1315
B													
W-350 A	1000	350	120	150	200	404	117.3	160.7	321.4	76	230	100	0.1468

B													
W-400 A B	1000	400	120	200	200	370	130	148	296	93	280	100	0.1598
W-450 A B	1000	450	120	250	200	322	155	123	246	117	330	100	0.1835
W-500 A B	1000	500	120	300	200	336	140	138	276	110	380	100	0.1818
W-600 A B	1000	120	400	200	306	150	128	256	125	480	100	100	0.2078

Sumber : Wika beton, 1997

Tabel 2.6 karakteristik luas penampang

Type	Heigh H (cm)	Cross Section A(cm ²)	Momen of Inertia I (cm ⁴)
W-325 A 1000 B	32,5	1315	134261
W-350 A 1000 B	35	1315	169432
W-400 A 1000 B	40	1598	248684
W-450 A 1000 B	45	1835	353354
W-500 A 1000 B	50	1818	463262
W-600 A 1000 B	60	2078	765907

Sumber : Wika beton, 1997

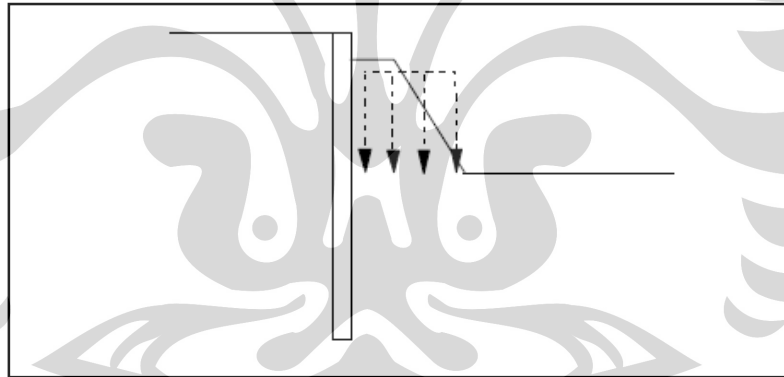
2.5 EARTH BERMS

Earth berms adalah salah satu sistem penyangga yang menggunakan berat tanah sebagai tekanan pasif untuk menahan dinding penahan tanah, namun sistem penyangga ini kurang ekonomis dan kurang praktis jika ukurannya terlalu besar, karena dapat menghalangi akses kerja dan ruang kerja dalam area proyek. Dalam membuat earth berms, haruslah memperhatikan sudut yang terbentuk antara dasar galian dengan tanah pembentuk earth berms, biasanya ratio sudut antara sisi horizontal dengan vertical adalah 5:1.

Ada beberapa metode yang digunakan dalam mendesain earth berms:

- An equivalent surcharge method

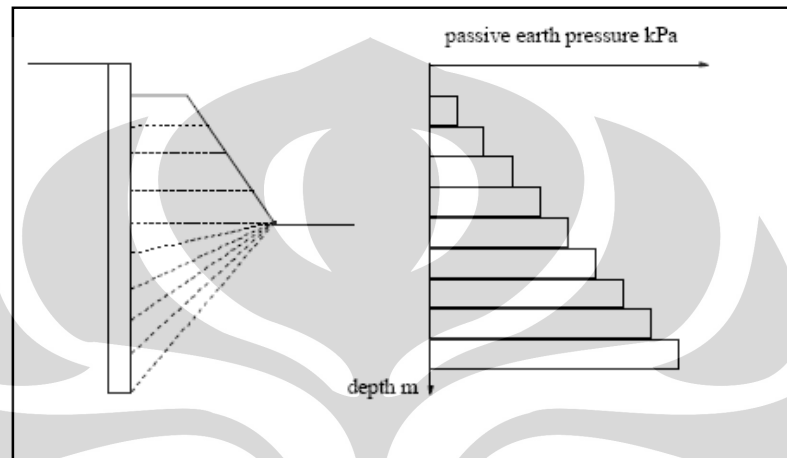
Berat dari earth berms dihitung sebagai beban untuk dasar galian sebesar lebar dari berms tersebut, seperti pada gambar dibawah ini;



Gambar 2.9 An equivalent surcharge method

- Daly (1996)

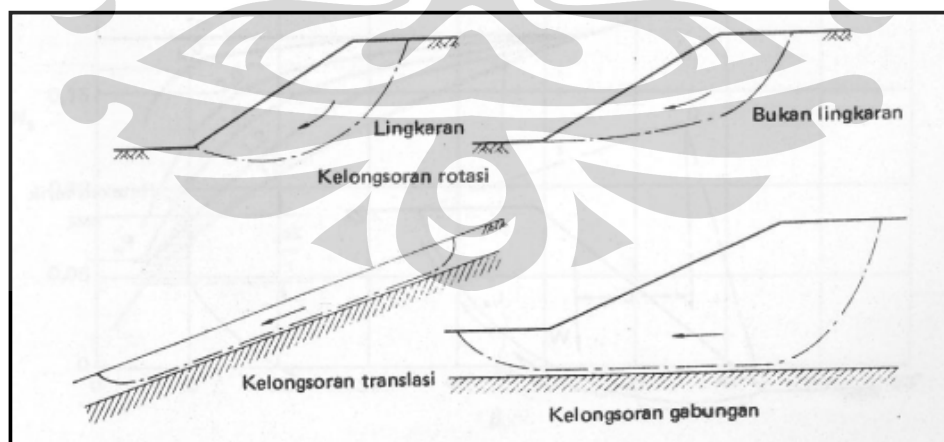
Daly (1996) menjelaskan analisis modifikasi tegangan yang mana dibutuhkan dalam perhitungan *lateral support* untuk earth berms, seperti pada gambar dibawah ini;



Gambar 2.10 Daly

2.6 STABILITAS LERENG

Kestabilan pada lereng yang dibentuk dengan cara penggalian, haruslah diperhatikan agar tidak terjadi longsor. Tipe-tipe kelongsoran lereng digambarkan pada gambar dibawah ini,



Gambar 2.11 Tipe Kelongsoran Lereng

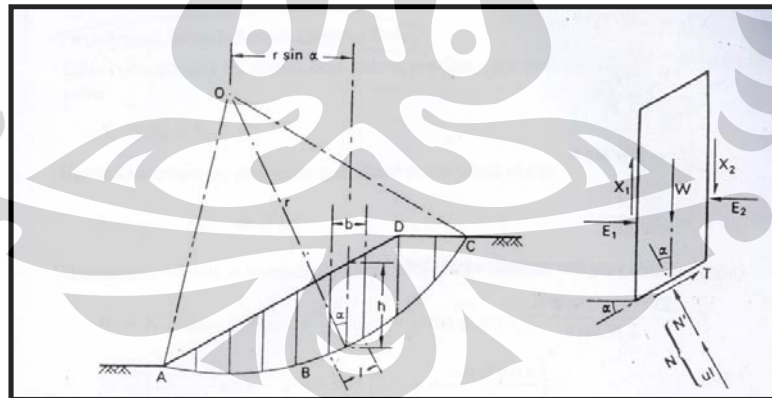
Pada umumnya, kelongsoran lingkaran berhubungan dengan kondisi tanah yang homogeny dan kelongsoran bukan lingkaran berhubungan dengan kondisi tidak homogen.

Di dalam praktek, metode keseimbangan batas (limiting equilibrium method) digunakan dalam menganalisa stabilitas lereng. Dianggap bahwa keruntuhan (failure) terjadi pada titik di sepanjang permukaan runtuh yang diasumsikan maupun diketahui. Kekuatan geser yang dibutuhkan untuk mempertahankan kondisi keseimbangan batas dibandingkan dengan kekuatan geser yang ada pada tanah, dan akan memberikan faktor keamanan rata-rata sepanjang permukaan runtuh. Masalah tersebut dianggap dua-dimensi.

Ada 2 metode untuk menghitung stabilitas lereng,

1. METODE IRISAN

Dalam metode ini, permukaan runtuh potensial pada potongan, diasumsikan berbentuk busur lingkaran dengan pusat O dan jari-jari r . Massa tanah ($ABCD$) di atas permukaan runtuh coba-coba (AC) dibagi oleh bidang-bidang vertikal menjadi sejumlah irisan dengan lebar b , seperti diperlihatkan pada gambar 2.12



Gambar 2.12 Metode Irisan

Dasar dari setiap irisan diasumsikan sebagai garis lurus. Untuk setiap irisan, sudut yang dibentuk oleh dasar irisan dan sumbu horizontal adalah α dan tingginya, yang diukur pada garis sumbu adalah h . Faktor keamanan didefinisikan

sebagai rasio kekuatan geser yang ada (τ_f) terhadap kekuatan geser (τ_m) yang harus dikerahkan untuk mempertahankan syarat batas keseimbangan, yaitu

$$F = \frac{\tau_f}{\tau_m} \quad (13)$$

Faktor keamanan diambil sama untuk setiap irisan, agar terdapat keadaan yang saling mendukung di antara irisan-irisan, jadi harus ada gaya yang bekerja di antara irisan-irisan tersebut.

Gaya (per satuan ukuran yang tegak lurus terhadap potongan) yang bekerja pada irisan adalah

- 1) Berat total irisan, $W = \gamma bh$ (γ_{sat} bila diperlukan)
- 2) Gaya normal total pada dasar, N (sama dengan σl). Umumnya, gaya ini memiliki dua buah komponen, yaitu gaya normal efektif N' (sama dengan $\sigma' l$) dan gaya air batas U (boundary water force), (sama dengan ul), dimana u adalah tekanan air pori pada pusat dasar l adalah panjang dasar.
- 3) Gaya geser pada tanah, $T = \tau_m l$
- 4) Gaya normal total pada sisi E_1 dan E_2
- 5) Gaya geser pada sisi X_1 dan X_2

Setiap gaya luar juga harus diperhitungkan dalam analisis.

Masalah ini adalah statis tak-tentu dan untuk mendapatkan penyelesaian, harus dibuat asumsi tentang gaya-gaya antar irisan (*inter slice forces*) E dan X , dimana factor keamanan yang didapat tidak eksak.

Dengan meninjau momen terhadap O , maka jumlah momen akibat gaya-gaya geser T pada busur keruntuhan AC harus sama dengan momen akibat berat massa tanah $ABCD$.

Untuk setiap irisan, lengan momen W adalah $r \sin \alpha$, sehingga

$$\sum Tr = \sum W r \sin \alpha \quad (14)$$

Sekarang,

$$T = \tau_m l = \frac{\tau_f}{F} l \quad (15)$$

$$\therefore \sum \frac{\tau_f}{F} l = \sum W r \sin \alpha \quad (16)$$

$$\therefore F = \frac{\sum \tau_f l}{\sum W r \sin \alpha} \quad (17)$$

Untuk analisa yang menggunakan tegangan efektif,

$$F = \frac{\sum (c' + \sigma' \tan \phi') l}{\sum W \sin \alpha}$$

atau

$$F = \frac{c' L_a + \tan \phi' \sum N'}{\sum W \sin \alpha} \quad (18)$$

dimana L_a adalah panjang busur Ac . Persamaan diatas cukup tepat tetapi tetap ada pendekatan dalam menentukan gaya N' . Untuk busur keruntuhan yang diberikan, nilai F akan tergantung pada bagaimana gaya N' tersebut diperkirakan.

2. FELLENIUS

Dalam penyelesaian ini diasumsikan bahwa untuk setiap irisan, resultan gaya-gaya antar irisan adalah nol. Penyelesaian tersebut meliputi penyelesaian ulang untuk gaya-gaya pada setiap irisan yang tegak lurus terhadap dasar, yaitu

$$N' = W \cos \alpha - ul \quad (19)$$

Kemudian, faktor keamanan yang dinyatakan dalam tegangan efektif (Persamaan 19) diberikan oleh

$$F = \frac{c' L_a + \tan \phi' \sum W \cos \alpha - ul}{\sum W \sin \alpha} \quad (20)$$

Komponen-komponen $W \cos \alpha$ dan $W \sin \alpha$ dapat ditentukan secara grafis untuk setiap irisan. Alternatif lain, nilai α dapat diukur atau dihitung. Sekali lagi, sejumlah permukaan keruntuhan coba-coba harus dipilih untuk mendapatkan

faktor keamanan yang minimum. Penyelesaian ini menghasilkan perkiraan faktor keamanan yang lebih kecil.

Untuk suatu analisis yang menggunakan tegangan total, digunakan parameter-parameter c_u dan Φ_u , dan untuk nilai u pada persamaan 2 adalah nol. Bila $\Phi_u = 0$ factor keamanannya adalah

$$F = \frac{c_u L_a}{\Sigma W \sin \alpha}$$

2.7 PROGRAM PLAXIS

Seiring kemajuan teknologi yang ada di dunia sipil, terutama di bidang struktur, maka diperlukan suatu metode untuk menganalisisnya. Metode yang selama ini digunakan, biasanya untuk kasus-kasus yang sederhana dan apabila metode tersebut digunakan untuk menyelesaikan kasus-kasus struktur yang rumit dan kompleks, akan memakan waktu yang lama.

Oleh karena itu, para pakar teknologi mulai berusaha mengembangkan suatu metode yang dapat menyelesaikan masalah-masalah struktur yang rumit dan kompleks. Metode yang dikembangkan adalah metode numerik yang merupakan pendekatan terhadap solusi eksak dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Metode numerik adalah suatu rekayasa matematik yang mentransformasikan ekspresi mekanika kontinyu (bentuk kalkulus dan persamaan diferensial) menjadi ekspresi mekanika diskrit (matriks). Aplikasi metode numerik biasanya telah terintegrasi dalam bentuk sebuah software yang dibuat dari bahasa pemrograman komputer. Elemen Hingga adalah salah satu metode numerik yang populer dikembangkan.

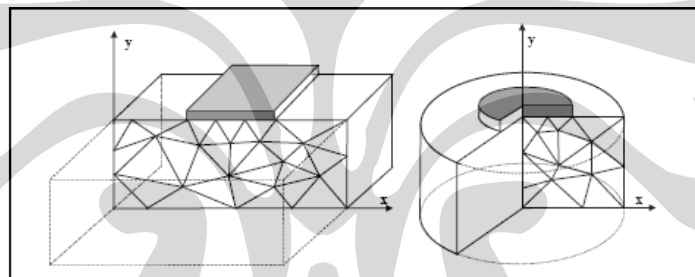
Metode tersebut digunakan dalam bidang geoteknik untuk menyelesaikan masalah-masalah, sebagai berikut :

- Interaksi yang tiombul antara tanah dan struktur disebelahnya
- Masalah nilai eigen, diantaranya fraksi natural dan mode getar pada kombinasi tanah struktur
- Masalah perambatan, diantaranya konsolidasi aliran pada media deformable porous, interaksi dinamis tanah dan struktur.

- Sifat dari struktur tanah yang sangat heterogen.

Plaxis adalah program komputer berdasarkan metode elemen hingga dua-dimensi yang digunakan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik. Kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara axi-simetri. Program ini menerapkan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin dianalisa. Model-model yang digunakan, terdiri dari: Plain strain dan axi-simetris. Plain strain adalah model yang digunakan untuk struktur bangunan memanjang. Sedangkan axi-simetris adalah model yang digunakan untuk struktur melingkar.

Berikut adalah gambar dari masing-masing model:



model plain strain

model axi-simetris

Gambar 2.13 Model Plain Stain dan Axi-Simetris

Aspek Permodelan Umum

Untuk menganalisa suatu proyek konstruksi, diperlukan suatu permodelan geometri. Model geometri harus dapat menginterpretasikan kondisi yang nyata dalam suatu proyek konstruksi. Model tersebut menggambarkan lapisan-lapisan tanah, objek struktural, tahapan-tahapan konstruksi, dan pembebanan.

Komponen-komponen yang membentuk model geometri, terdiri dari:

- *Points*

Points atau titik berfungsi untuk menunjukkan awal dan akhir dari garis.

- *Lines*

Lines digunakan untuk membuat batas-batas fisik geometri suatu model.

- *Cluster*

Cluster adalah area yang tertutup oleh line. Plaxis secara otomatis mengenali cluster berdasarkan input dari geometri line. Di dalam cluster tersebut, terkandung property tanah yang homogen. Oleh sebab itu, cluster bisa dikatakan sebagai bagian dari lapisan tanah. Beban yang bekerja pada cluster akan diterima oleh seluruh lemen dalam cluster.

Setelah modelisasi geometri selesai, model tersebut secara otomatis bisa dihidupkan berdasarkan susunan dari cluster dan line dalam model geometri. Tiga tipe komponen dalam elemen hingga bisa dibedakan sebagai berikut :

Elements:

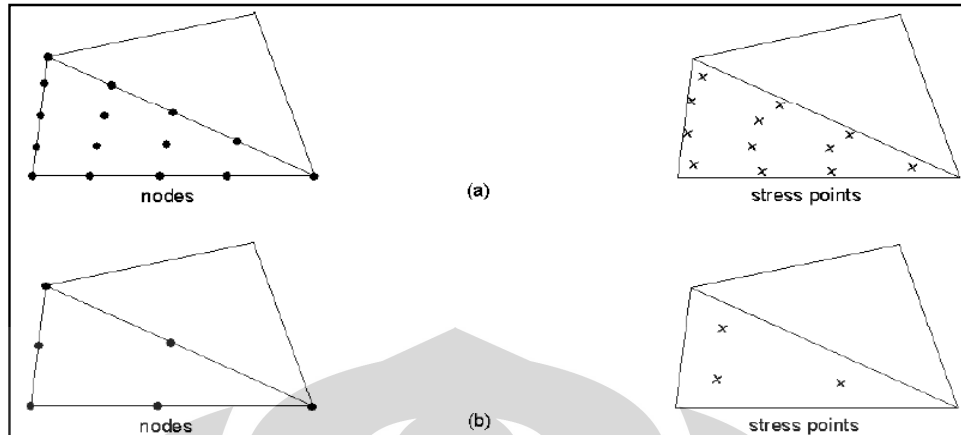
Selama menghidupkan model, cluster terbagi kedalam elemen triangular. Elemen triangular tersebut terdiri dari 6 noda elemen. Di samping itu, triangular dengan 15 noda juga tersedia untuk perhitungan tegangan dan pembebanan yang lebih akurat.

Nodes:

Noda bisa dikatakan merupakan awal dan akhir dari suatu elemen.

Stress points:

Stress (tegangan) dihitung berdasarkan pont-point yang terintegrasi. Sebuah model triangular dengan 15 noda, misalnya, terdiri dari 12 titik tegangan (stress point) seperti pada gambar 2.14.a. Sedangkan sebuah model triangular dengan 6 noda terdiri dari 3 titik tegangan seperti pada gambar 2.14.b Stress point ditentukan terlebih dulu sebelum model dihidupkan.



Gambar 2.14 Posisi titik-titik nodal dan titik-titik tegangan pada elemen tanah

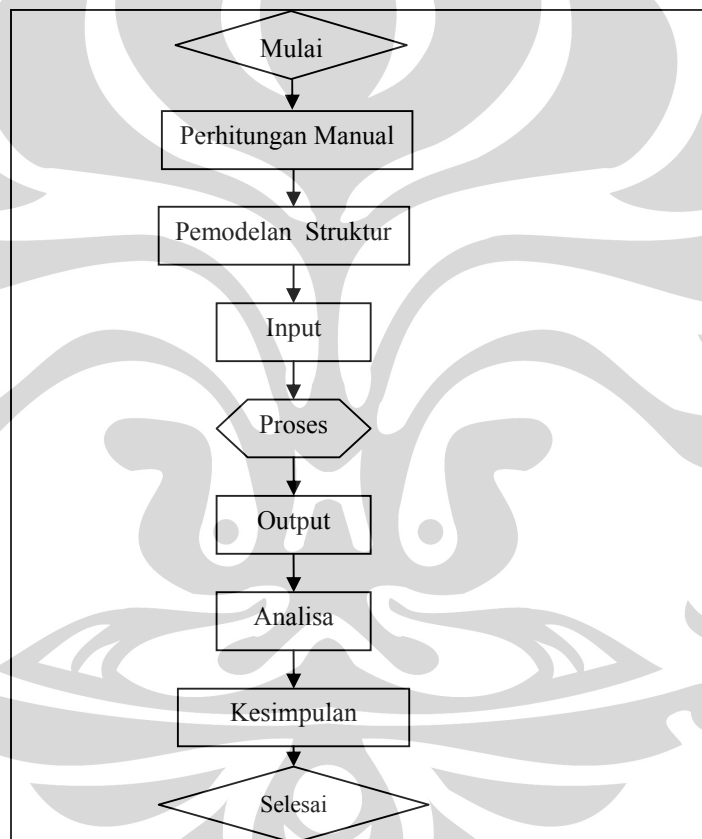
Proses simulasi program plaxis ada tiga tahapan, yaitu :

1. Input data : Membuat dan memodifikasi model geometri elemen hingga yang sesuai dengan kondisi kasus di lapangan. Permodelan terdiri dari tiga :
 - Model : Plain strain dan axisimetri
 - Elemen : Terdiri dari elemen 6 nodal dan 15 nodal
 - Properti material : Tanah, pelat, geogrid, dan angkur
2. Perhitungan
3. Output : Hasil perhitungan yang berupa :
 - Displacement total (vertikal dan horizontal)
 - Tegangan dan regangan
 - Faktor keamanan
 - Bending momen pada dinding
 - Gaya geser pada dinding

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai prosedur penelitian analisa dinding penahan tanah yang menggunakan earth berm sebagai sistem penyangga menggunakan program plaxis. Analisa ini akan membandingkan ketinggian, ataupun kemiringan dari earth berm dari modelisasi struktur yang dibuat, kemudian dilihat pengaruh terhadap perilaku struktur yang ditimbulkan yaitu deformasi, displacement, gaya dalam. Adapun prosedur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

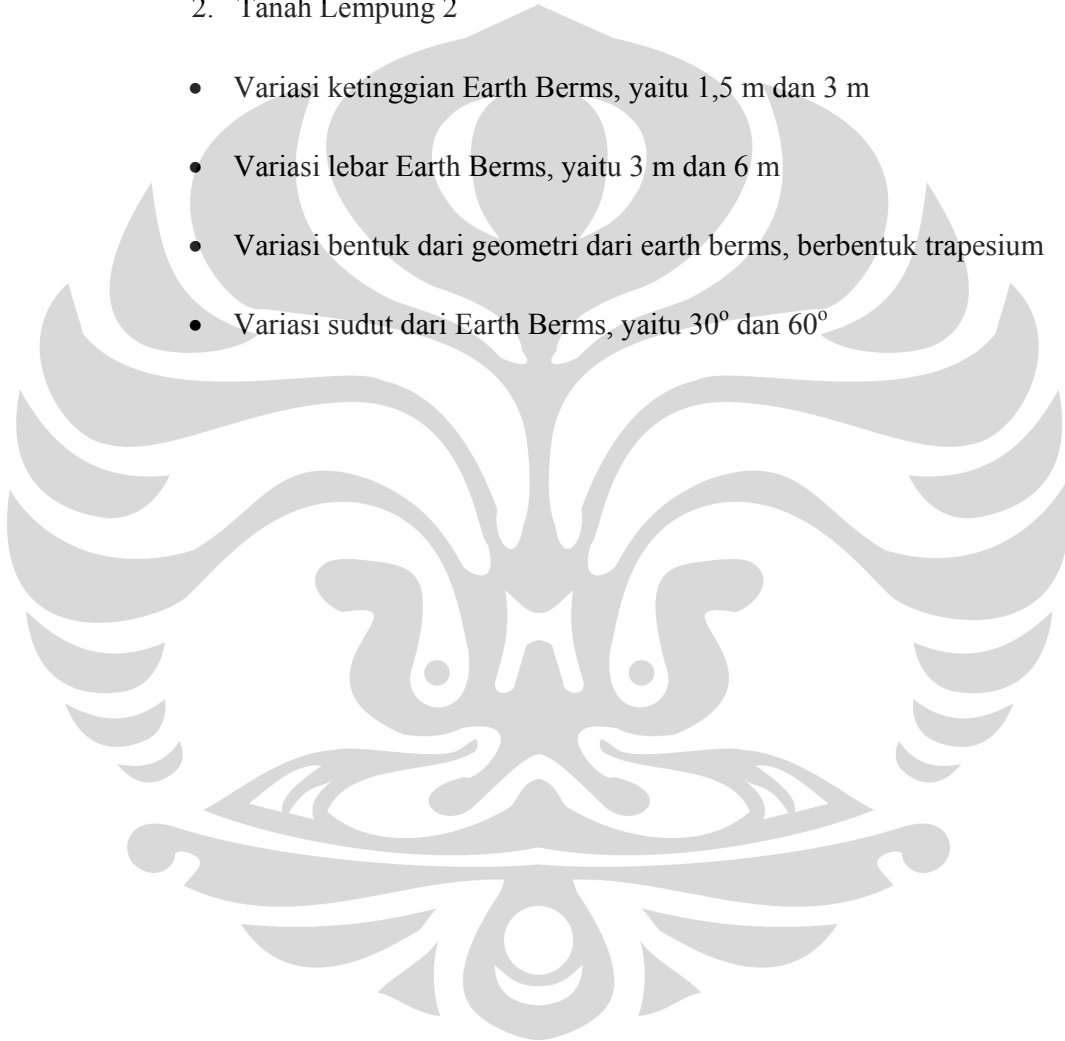


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Input

Input data yang dilakukan dalam analisa adalah sebagai berikut.

- Variasi tanah:
 1. Tanah Lempung 1
 2. Tanah Lempung 2
- Variasi ketinggian Earth Berms, yaitu 1,5 m dan 3 m
- Variasi lebar Earth Berms, yaitu 3 m dan 6 m
- Variasi bentuk dari geometri dari earth berms, berbentuk trapesium
- Variasi sudut dari Earth Berms, yaitu 30° dan 60°



Data input tersebut dibentuk dalam suatu tabel 3.1 sebagai berikut:

Jumlah permodelan	TANAH LEMPUNG			Berm Height (m)		Berm Width (m)				Lebar Galian Model (m)			Kekakuan			Berm Angle	
	1	2	1,5	3	3	6	12	24	48	10	30	100	30°	60°			
1	+		+		+		+			+			+				
2	+			+	+		+			+			+				
3	+		+			+	+			+			+				
4	+			+		+	+			+			+				
5	+		+		+			+		+			+				
6	+			+	+			+		+			+				
7	+		+			+		+		+			+				
8	+			+		+		+		+			+				
9	+		+		+				+	+			+				
10	+			+	+				+	+			+				
11	+		+			+				+	+		+				
12	+			+		+			+	+			+				
13	+		+		+		+				+		+				
14	+			+	+		+				+		+				
15	+		+			+	+				+		+				
16	+			+	+	+	+			+			+				
17	+		+		+			+		+			+				
18	+			+	+			+			+		+				
19	+		+			+			+	+			+				
20	+			+		+		+		+			+				
21	+		+		+				+		+		+				
22	+			+	+				+	+			+				
23	+		+			+			+	+			+				
24	+			+		+			+		+		+				
25	+		+		+		+					+	+				
26	+			+	+		+					+	+				
27	+		+			+	+					+	+				
28	+			+	+	+	+					+	+				
29	+		+		+			+				+	+				
30	+			+	+			+				+	+				
31	+		+			+			+			+	+				
32	+			+		+		+				+	+				
33	+		+		+				+			+	+				
34	+			+	+				+			+	+				

Jumlah permodelan	TANAH LEMPUNG		Berm Height (m)		Berm Width (m)			Lebar Galian Model (m)			Kekakuan			Berm Angle	
	1	2	1,5	3	3	6	12	24	48	10	30	100	30°	60°	
35	+		+			+			+			+	+		
36	+			+		+			+			+	+		
37	+		+		+		+			+				+	
38	+			+	+		+			+				+	
39	+		+			+	+			+				+	
40	+			+		+	+			+				+	
41	+		+		+			+		+				+	
42	+			+	+			+		+				+	
43	+		+			+		+		+				+	
44	+			+		+		+		+				+	
45	+		+		+				+	+				+	
46	+			+	+				+	+				+	
47	+		+			+			+	+				+	
48	+			+		+			+	+				+	
49	+		+		+		+				+			+	
50	+			+	+		+				+			+	
51	+		+			+	+				+			+	
52	+			+		+	+				+			+	
53	+		+		+			+			+			+	
54	+			+	+			+			+			+	
55	+		+			+		+			+			+	
56	+			+		+		+			+			+	
57	+		+		+				+		+			+	
58	+			+	+				+		+			+	
59	+		+			+			+		+			+	
60	+			+		+			+		+			+	
61	+		+		+		+					+		+	
62	+			+	+		+					+		+	
63	+		+			+	+					+		+	
64	+			+		+	+					+		+	
65	+		+		+			+				+		+	
66	+			+	+				+			+		+	
67	+		+			+		+				+		+	
68	+			+		+		+				+		+	
69	+		+		+				+			+		+	
70	+			+	+				+			+		+	
71	+		+			+			+			+		+	
72	+			+		+			+			+		+	
73		+	+		+		+			+			+		
74		+		+	+		+			+			+		
75		+	+			+	+			+			+		
76		+		+		+	+			+			+		
77		+	+		+			+		+			+		
78		+		+	+			+		+			+		
79		+	+			+		+		+			+		
80		+		+		+		+		+			+		
81		+	+		+				+	+			+		
82		+		+	+				+	+			+		
83		+	+			+			+	+			+		
84		+		+		+			+	+			+		
85		+	+		+		+				+		+		
86		+		+	+		+			+			+		
87		+	+			+	+			+			+		
88		+		+		+	+			+			+		
89		+	+		+			+		+			+		
90		+		+	+			+		+			+		
91		+	+			+		+		+			+		

Jumlah permodelan	TANAH LEMPUNG		Berm Height (m)				Berm Width (m)			Lebar Galian Model (m)			Kekakuan			Berm Angle	
	1	2	1,5	3	3	6	12	24	48	10	30	100	30°	60°			
92		+		+		+		+					+		+		
93		+	+		+			+					+		+		
94		+		+		+			+				+		+		
95		+	+			+			+				+		+		
96		+		+		+			+				+		+		
97		+	+		+		+						+		+		
98		+		+		+		+					+		+		
99		+	+			+		+					+		+		
100		+		+		+		+					+		+		
101		+	+		+			+					+		+		
102		+		+		+		+					+		+		
103		+	+			+		+					+		+		
104		+		+		+		+					+		+		
105		+	+		+			+					+		+		
106		+		+		+		+					+		+		
107		+	+			+		+					+		+		
108		+		+		+		+					+		+		
109		+	+		+		+		+				+		+		
110		+		+		+		+		+			+		+		
111		+	+			+		+		+			+		+		
112		+		+		+		+		+			+		+		
113		+	+			+		+		+			+		+		
114		+		+		+		+		+			+		+		
115		+	+			+		+		+			+		+		
116		+		+		+		+		+			+		+		
117		+	+		+			+		+			+		+		
118		+		+		+		+		+			+		+		
119		+	+			+		+		+			+		+		
120		+		+		+		+		+			+		+		
121		+	+		+		+			+			+		+		
122		+		+		+		+					+		+		
123		+	+			+		+					+		+		
124		+		+		+		+					+		+		
125		+	+			+		+					+		+		
126		+		+		+		+					+		+		
127		+	+			+		+					+		+		
128		+		+		+		+					+		+		
129		+	+			+		+		+			+		+		
130		+		+		+		+		+			+		+		
131		+	+			+		+		+			+		+		
132		+		+		+		+		+			+		+		
133		+	+			+		+				+	+		+		
134		+		+		+		+				+	+		+		
135		+	+			+		+				+	+		+		
136		+		+		+		+				+	+		+		
137		+	+			+		+				+	+		+		
138		+		+		+		+				+	+		+		
139		+	+			+		+				+	+		+		
140		+		+		+		+				+	+		+		
141		+	+			+		+		+		+	+		+		
142		+		+		+		+				+	+		+		
143		+	+			+		+				+	+		+		
144		+		+		+		+				+	+		+		

3.2 Proses

Dengan memasukan input kedalam program plaxis kemudian diproses berdasarkan parameter-parameter yang divariasikan sehingga akan diperoleh berbagai out put

3.3 Output Data

Hasil keluaran program plaxis merupakan beberapa nilai yang menunjukkan:

- Besarnya deformasi mesh
- Bending moment pada dinding
- Gaya geser dari dinding
- Displacement total (vertikal dan horizontal)
- Tekanan tanah (pasif dan aktif) berupa tegangan efektif

3.4 Analisa

Dari nilai output yang diperoleh akan dibandingkan dengan perhitungan klasik, hasil yang dibandingkan antara lain bending momen, gaya dalam, tekanan tanah aktif dan pasif. Dimana desain yang optimum ditunjukkan dengan defleksi yang terjadi tidak terlalu besar, daya dukung tanah lateral yang memenuhi.

3.5 Kesimpulan

Setelah dianalisa setiap modelisasi maka diperoleh kesimpulan akhir bentuk yang terbaik dan terefisien dari geometri earth berms.

BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA

Pada bab IV ini menjelaskan pengolahan data dan analisa dari struktur dinding penahan tanah yang sudah dimodelisasikan, data-data yang ada pada bab sebelumnya diolah dan diinterpretasikan kedalam bentuk gambar dan grafik sehingga memudahkan dalam menganalisa struktur dinding penahan tanah yang menggunakan program Plaxis Ver 8. Output dari program plaxis ini dibandingkan dengan perhitungan manual (teori Rankine)

4.1 DATA TANAH DAN STRUKTUR DINDING PENAHAN TANAH

Data tanah yang digunakan dalam permodelan, sebagai berikut :

Tabel 4.1 Sifat material tanah lempung

Tanah	No.	ϕ ($^{\circ}$)	Su (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	E _{tanah} (kN/m ²)
Tanah	1	5	50	16	20000
Lempung	2	10	100	18	35000

Untuk data struktur dinding penahan tanah menggunakan berbagai variasi yang terdiri dari : variasi dimensi earth berm (variasi tinggi, lebar, dan sudut dari Earth Berm), variasi kedalaman turap, serta variasi kenaikan kekakuan struktur (kekakuan 10, 30, 100).

Variasi-varisi yang dilakukan dalam permodelan :

1. Variasi tanah :
 - a) Lempung Su = 50 kN/m²
 - b) Lempung su = 100 kN/m²
2. Variasi dimensi :
 - a) Tinggi Earth Berm = 25-50% dari tinggi galian
 - b) Lebar Earth Berm = 50-100% dari tinggi galian
 - c) Sudut yang dibentuk dari Earth Berm dengan dasar galian = 30^o dan 60^o
 - d) Lebar galian permodelan = 2-8 kali dari tinggi galian

3. Kekakuan Struktur $\left(\frac{EI}{\gamma_w \times H^4}\right)$

3.1.a. Menggunakan diaphragm wall dengan $\frac{EI}{\gamma_w \times H^4} = 10$, ekuivalen dengan $\frac{EI}{\gamma_w \times H^4} = 10,43$

Tabel 4.2 Diaphragm wall tebal = 0,400 m/m'

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Simbol	Nilai	Satuan
Modulus Elastisitas	E	2.5 E+07	kN/m ²	EA	1.00E+07	kN/m
Luas penampang profil	A	0.400	m ²	EI	1.325E+05	kN/m ² /m
Inersia profil	I	0.00533	m ⁴	$\left(\frac{EI}{\gamma_w \times H^4}\right)$	10.43	

3.1.b. Menggunakan diaphragm wall dengan $\frac{EI}{\gamma_w \times H^4} = 30$, ekuivalen dengan $\frac{EI}{\gamma_w \times H^4} = 35,43$

Tabel 4.3 Diaphragm wall tebal = 0,600 m/m'

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Simbol	Nilai	Satuan
Modulus Elastisitas	E	2.50E+07	kN/m ²	EA	1.50E+07	kN/m
Luas penampang profil	A	0.600	m ²	EI	4.50E+05	kN/m ² /m
Inersia profil	I	0.0180	m ⁴	$\left(\frac{EI}{\gamma_w \times H^4}\right)$	35.43	

3.1.c. Menggunakan diaphragm wall dengan $\frac{EI}{\gamma_w \times H^4} = 100$, ekuivalen dengan

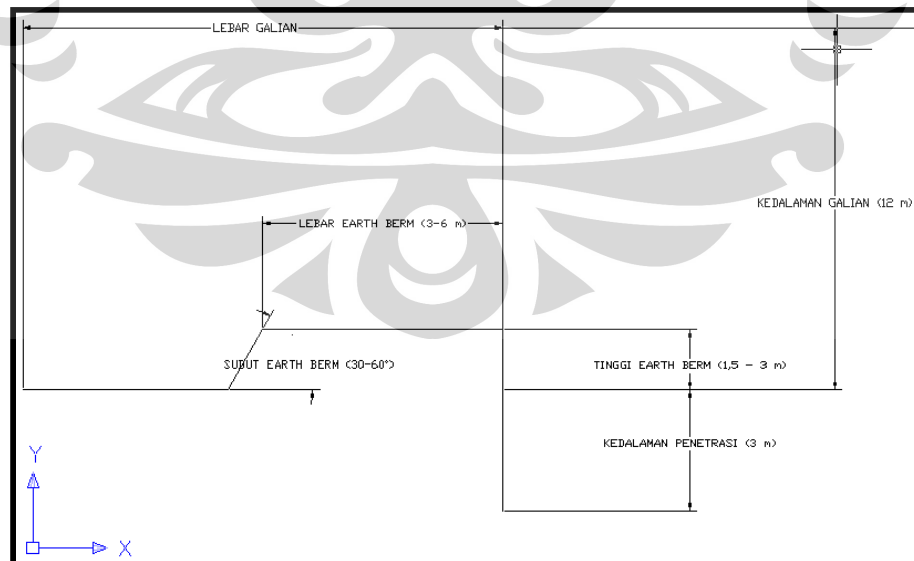
$$\frac{EI}{\gamma_w \times H^4} = 98,77$$

Tabel 4.4 Diaphragm wall tebal = 0,85 m/m'

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Simbol	Nilai	Satuan
Modulus Elastisitas	E	2.5 E+07	kN/m ²	EA	2.13E+07	kN/m
Luas penampang profil	A	0.85	m ²	EI	1.28E+06	kN/m ² /m
Inersia profil	I	0.0512	m ⁴	$\left(\frac{EI}{\gamma_w \times H^4}\right)$	98.77	

Contoh fase-fase penggalian untuk ketinggian earth berm sebesar 1,5m, lebar 6 m, sudut earth berm = 60°, lebar galian = 12 m:

1. Tanah digali untuk setiap lapisan sedalam 1 m, hingga kedalaman 4 m
2. Tanah digali sebesar 0,5 m
3. Lalu tanah ditandai dengan dari dinding penahan tanah sepanjang 6 m
4. Tanah digali kembali sedalam 1 m dengan membentuk sudut 60°
5. Tanah digali sedalam 0,5 m dengan membentuk sudut 60°



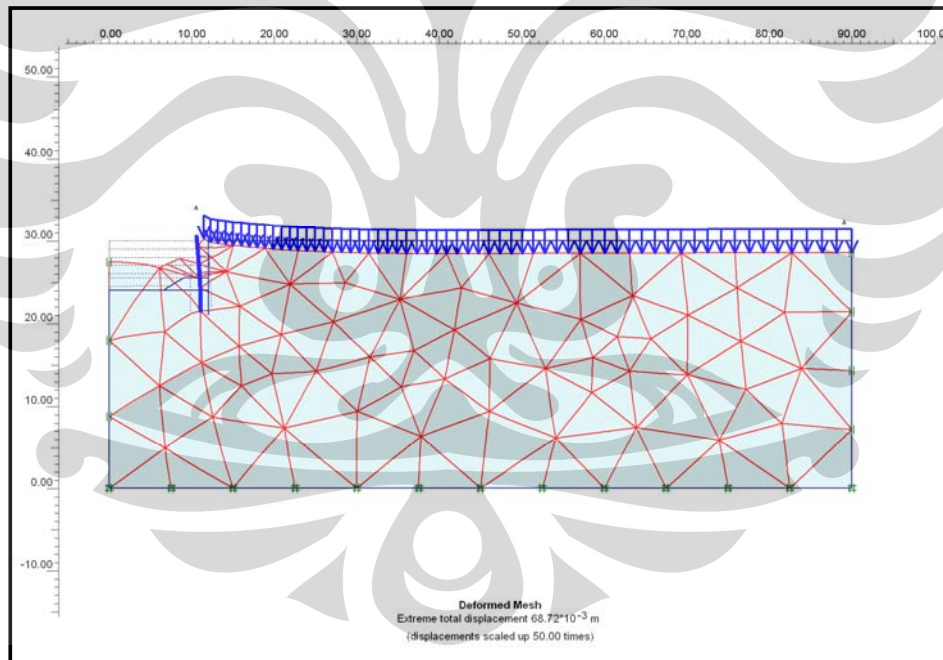
Gambar 4.1 permodelan penggalian

4.2 HASIL SIMULASI PLAXIS VER.8

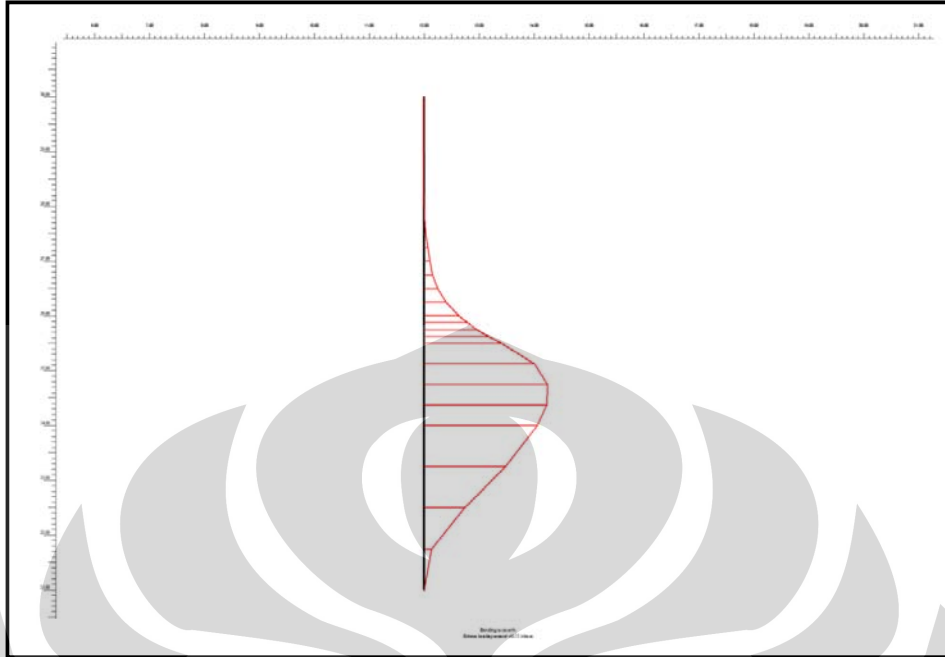
Hasil yang didapat dari program PLAXIS ver.8, sebagai berikut :

1. Deformasi lateral yang terjadi
 2. Bending momen pada dinding penahan tanah
 3. Tekanan tanah aktif dan pasif berupa tekanan efektif
 4. vertikal settlement pada permukaan tanah
- 4.2 Contoh output program plaxis

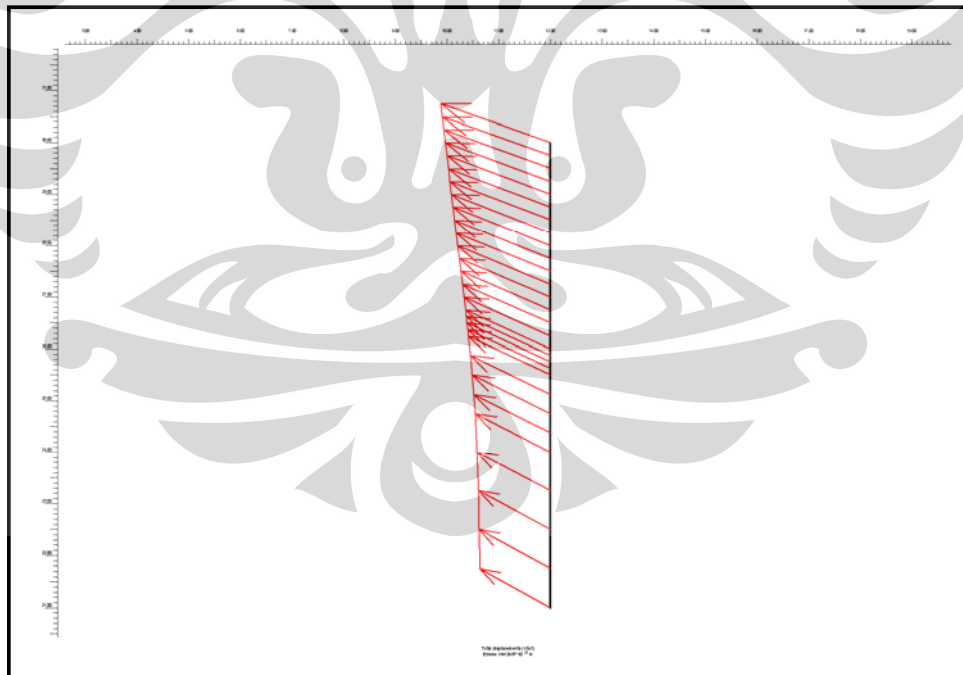
A. Deformasi lateral ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$, kedalaman galian = 6 m dan penetrasi 3 m)



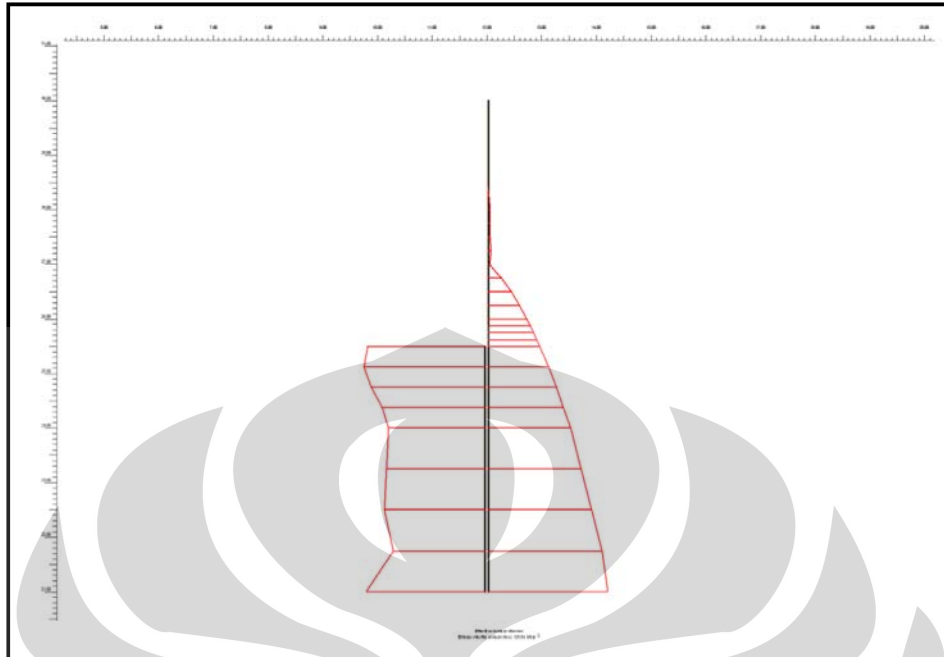
Gambar 4.2 Deformasi Mesh dengan kekakuan = 10, pada kedalaman basement 6 m penetrasi 3 m (Extreme Displacement 68,72 mm)



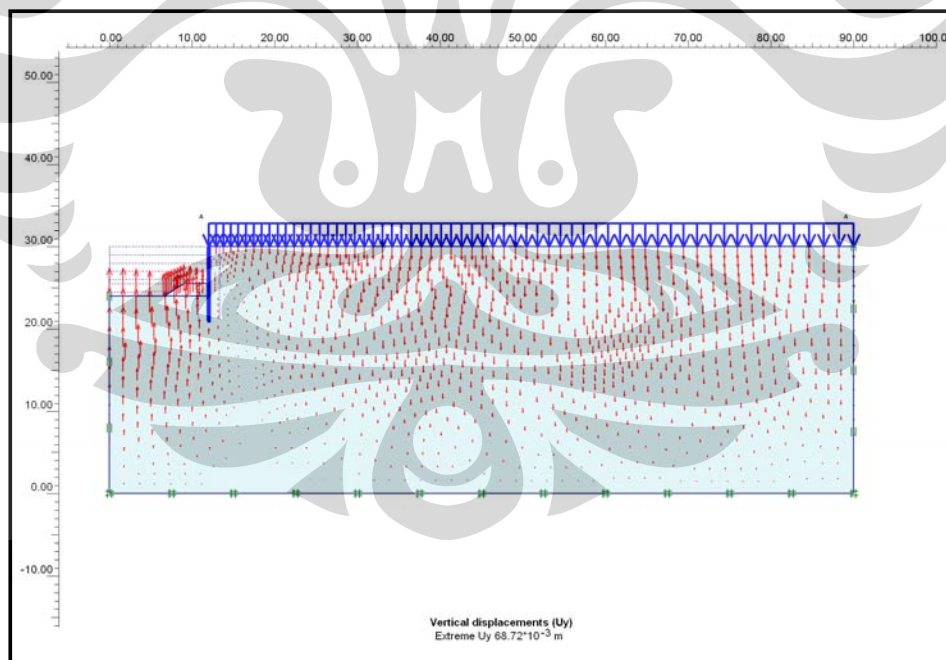
Gambar 4.3 Bending momen dengan kekakuan = 10, pada kedalaman basement 6 m penetrasi 3 m



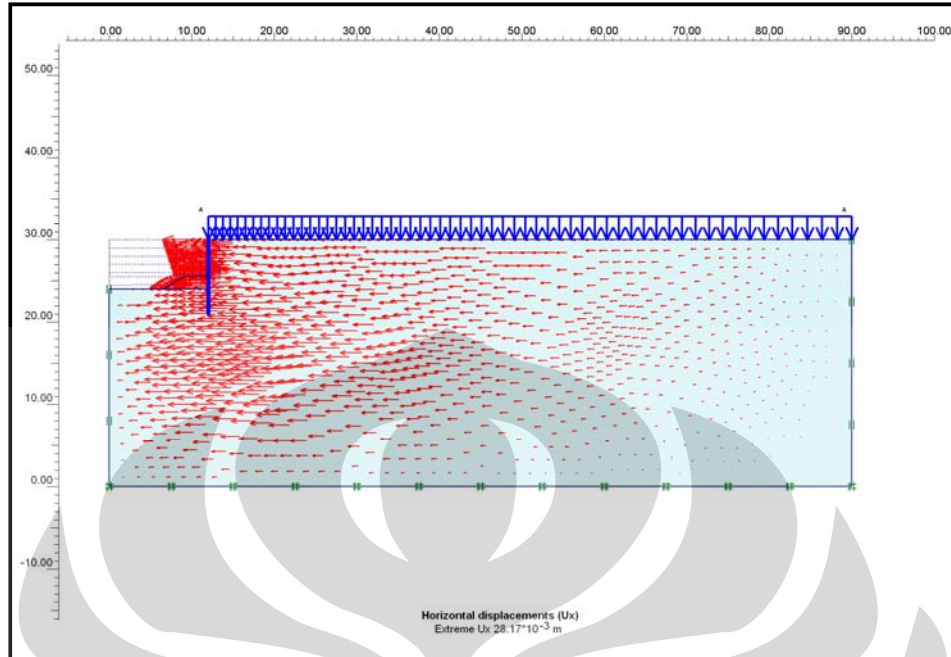
Gambar 4.4 Total Displacement dengan kekakuan = 10 pada kedalaman basement 6 m penetrasi 3m (Total displacement = 29,87 mm)



Gambar 4.5 Effective normal stresses dengan kekakuan = 10 pada kedalaman basement 6 m penetrasi 3m

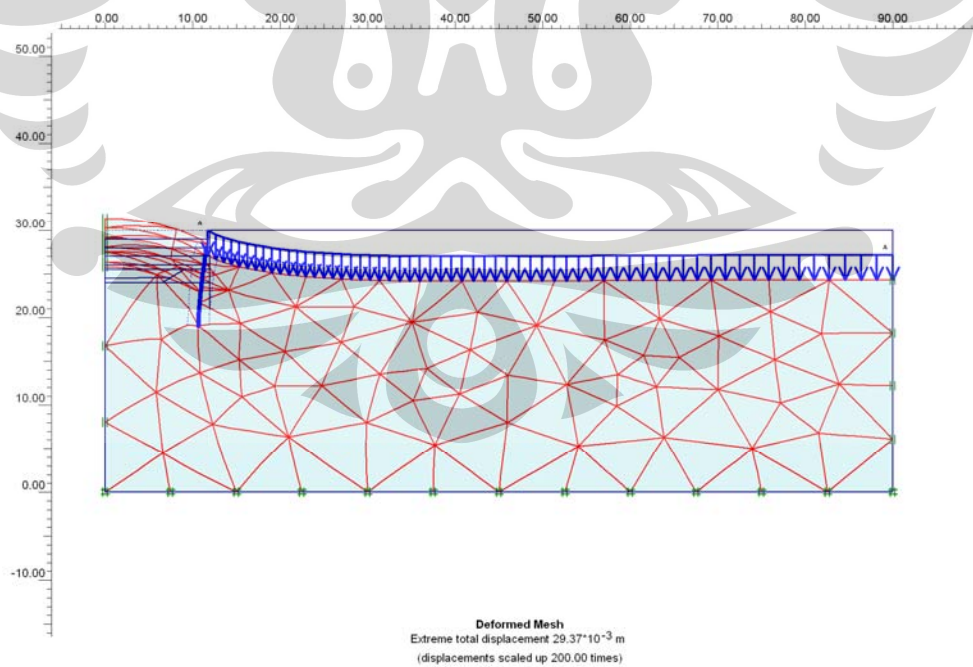


Gambar 4.6 Vertical displacement dengan kekakuan = 10 pada kedalaman basement 6 m penetrasi 3 m

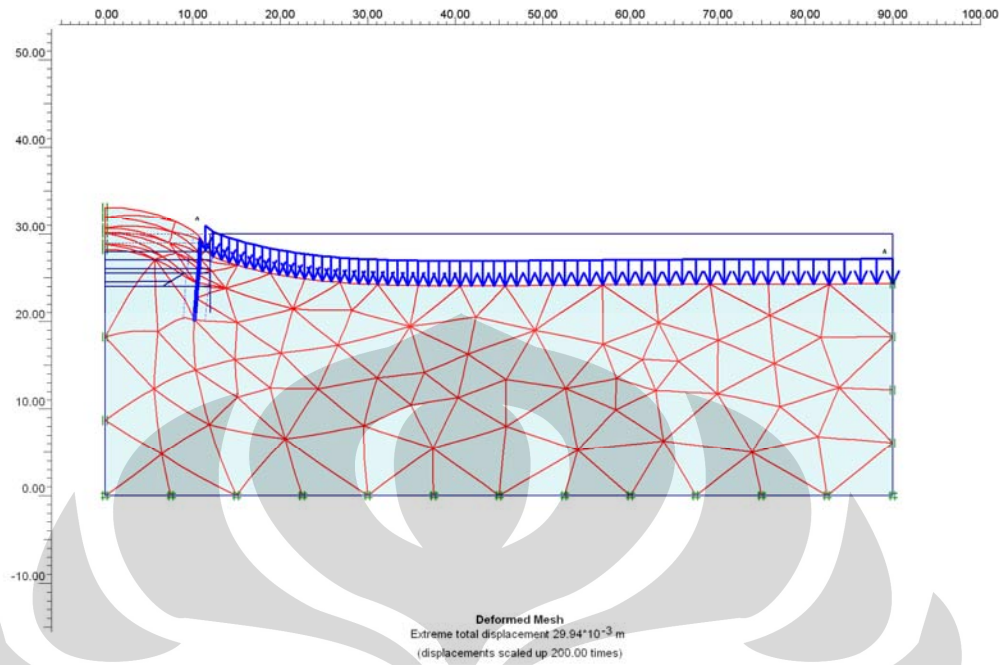


Gambar 4.7 Horizontal displacement dengan kekakuan = 10 pada kedalaman basement 6 m penetrasi 3 m

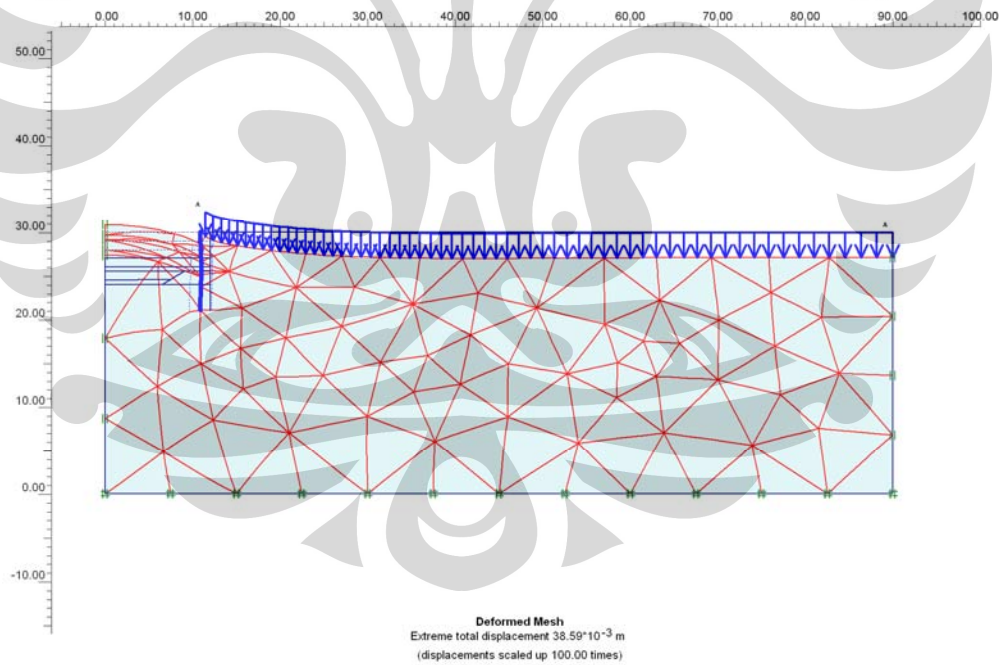
Contoh deformasi tiap-tiap tahapan galian (H=1,5m; W=3m;30°;Su = 50 kN/m²)



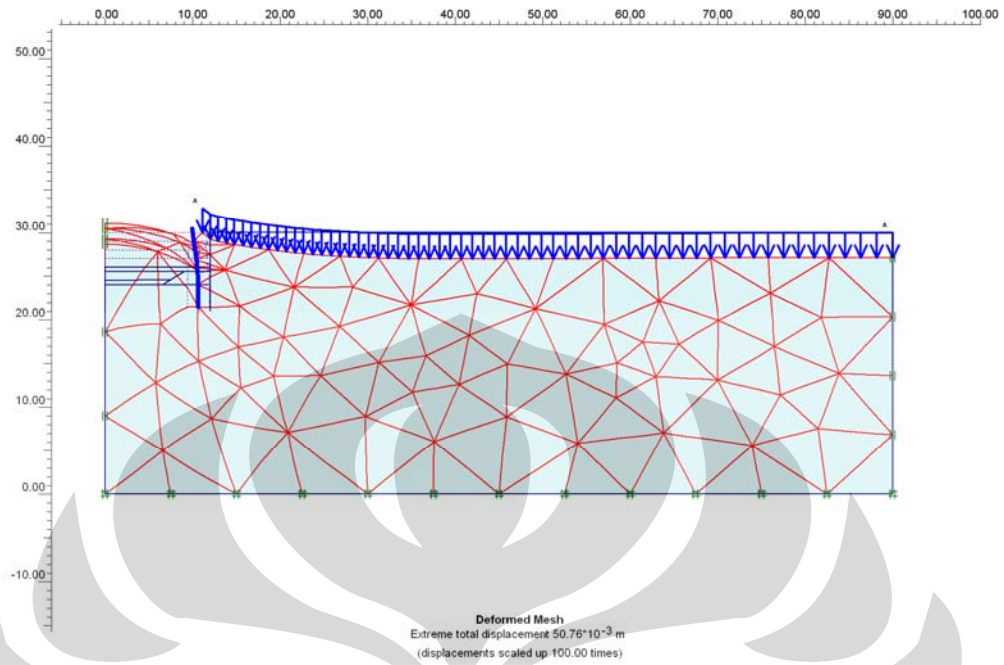
Gambar 4.8 total displacement 29,37 mm



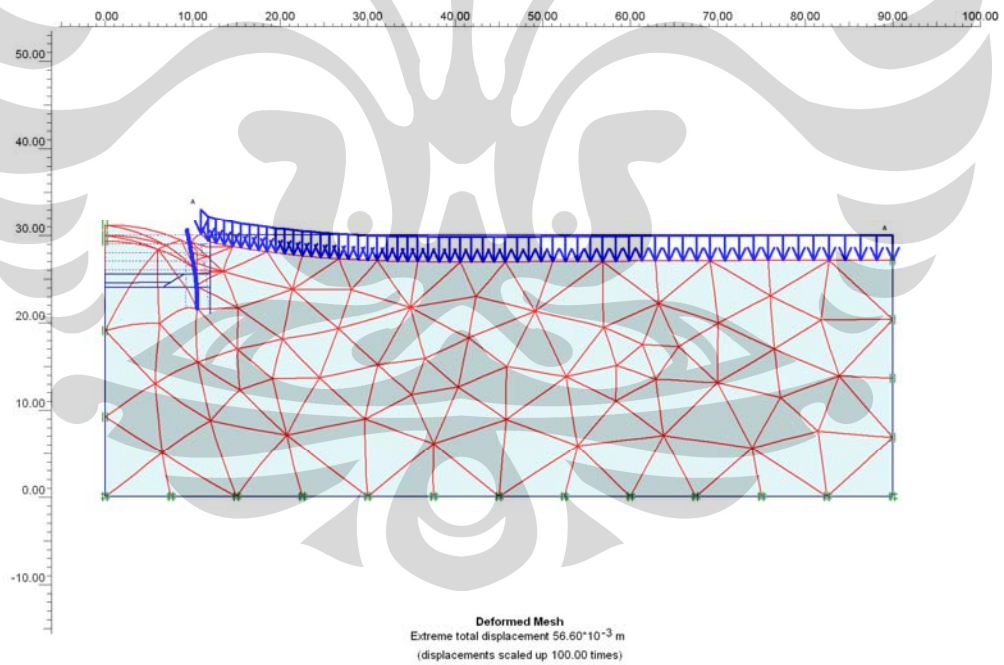
Gambar 4.9 total displacement 29,9 mm



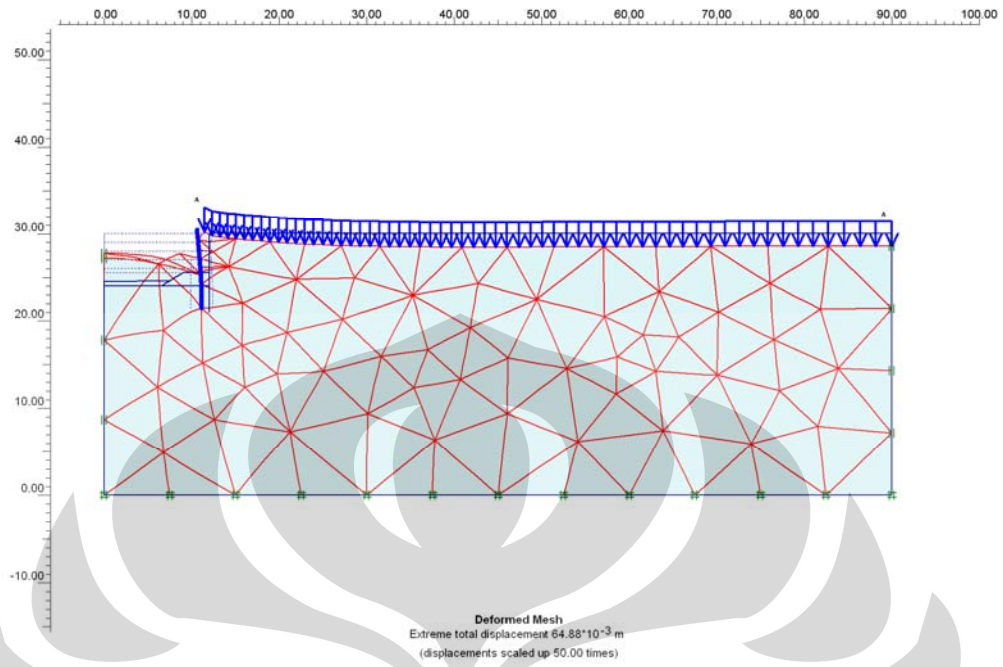
Gambar 4.10 total displacement 38,59 mm



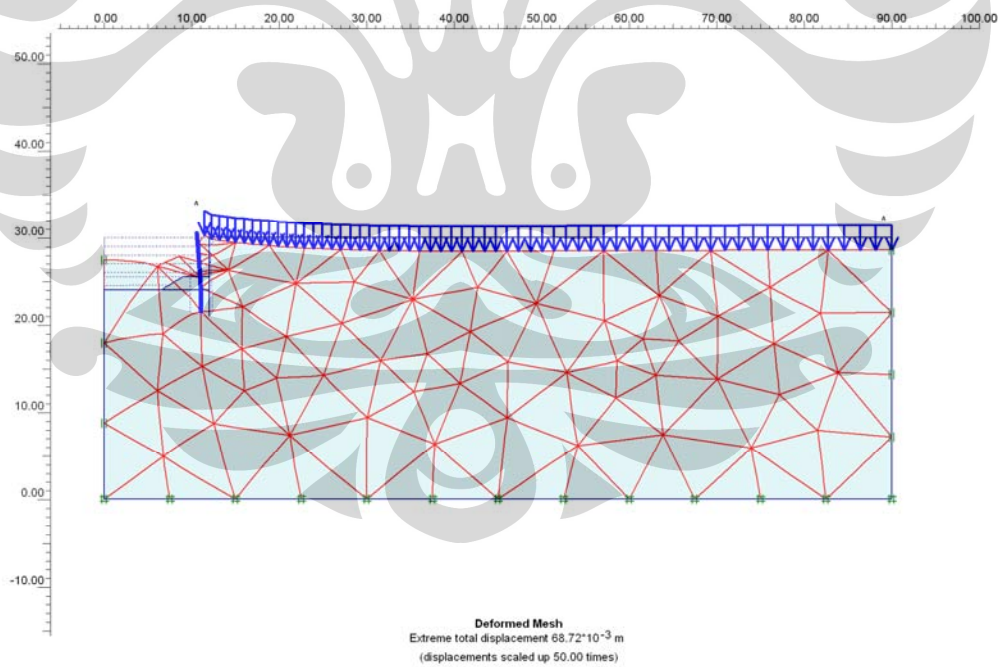
Gambar 4.11 total displacement 50,76 mm



Gambar 4.12 total displacement 56,60 mm



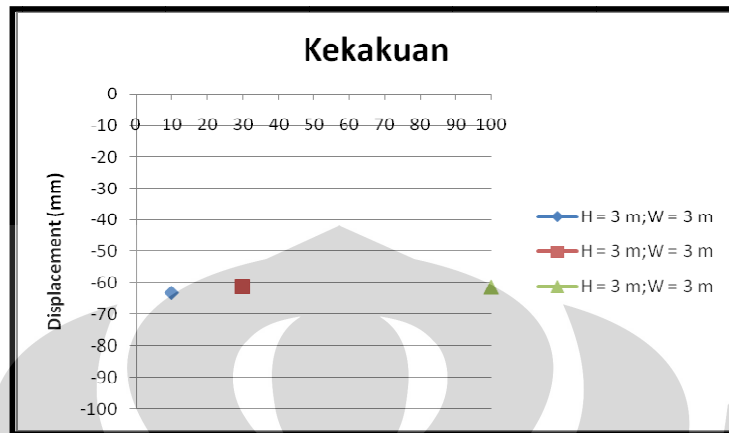
Gambar 4.13 total displacement 64,88 mm



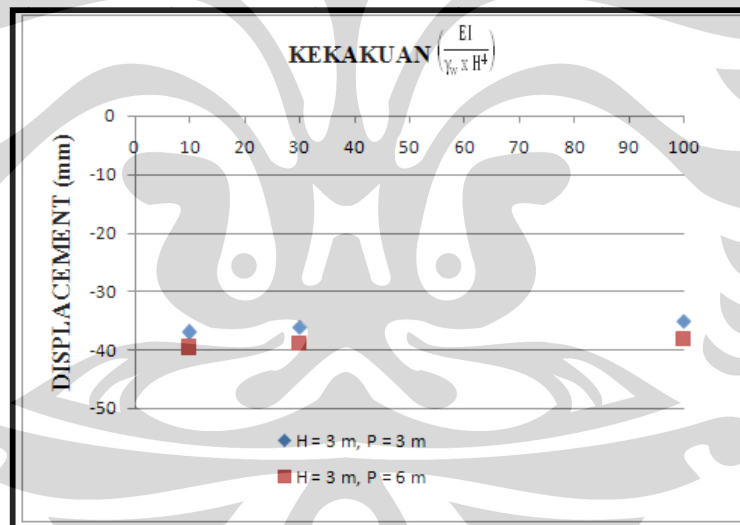
Gambar 4.14 total displacement 68,72 mm

4.3 HASIL DAN ANALISA DINDING PENAHAN TANAH FEM PLAXIS

4.3.1 Analisa deformasi lateral berdasarkan kekakuan struktur



Grafik 4.1 deformasi lateral pada kedalaman 6 m ($H = 3$ m, $W = 3$ m)
dengan $S_u = 50$ kN/m², sudut Earth Berm = 30°



Grafik 4.2 deformasi lateral pada kedalaman 6 m ($H = 3$ m, $W = 3$ m)
dengan $S_u = 100$ kN/m², sudut Earth Berm = 30°

Tabel 4.5 perubahan total displacement
(lebar model galian = 12m; $S_u = 50 \text{ kN/m}^2$)

Kekakuan	Dimensi Earth Berm	Displacement (mm)
10	H = 1,5 m W = 3 m 30°	68,72
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	64,68
	H = 3 m W = 3 m 30°	61,39
	H = 3 m W = 6 m 30°	50,91
30	H = 1,5 m W = 3 m 30°	68,68
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	64,62
	H = 3 m W = 3 m 30°	61,38
	H = 3 m W = 6 m 30°	50,89
100	H = 1,5 m W = 3 m 30°	68,67
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	64,60
	H = 3 m W = 3 m 30°	61,37
	H = 3 m W = 6 m 30°	50,88

Tabel 4.6 perubahan total displacement
(lebar model galian = 24m; $S_u = 50 \text{ kN/m}^2$)

Kekakuan	Dimensi Earth Berm	Displacement (mm)
10	H = 1,5 m W = 3 m 30°	83,06
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	82,69
	H = 3 m W = 3 m 30°	82,49
	H = 3 m W = 6 m 30°	81,38
30	H = 1,5 m W = 3 m 30°	83,04
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	82,67
	H = 3 m W = 3 m 30°	82,48
	H = 3 m W = 6 m 30°	81,37
100	H = 1,5 m W = 3 m 30°	83,03
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	82,66
	H = 3 m W = 3 m 30°	82,47
	H = 3 m W = 6 m 30°	81,35

Tabel 4.7 perubahan total displacement
(lebar model galian = 48m; $S_u = 50 \text{ kN/m}^2$)

Kekakuan	Dimensi Earth Berm	Displacement (mm)
10	H = 1,5 m W = 3 m 30°	79,48
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	79,35
	H = 3 m W = 3 m 30°	79,43
	H = 3 m W = 6 m 30°	79,28
30	H = 1,5 m W = 3 m 30°	79,47
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	79,34
	H = 3 m W = 3 m 30°	79,42
	H = 3 m W = 6 m 30°	79,27
100	H = 1,5 m W = 3 m 30°	79,46
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	79,33
	H = 3 m W = 3 m 30°	79,40
	H = 3 m W = 6 m 30°	79,26

Tabel 4.8 perubahan total displacement
(lebar model galian = 12m; $S_u = 100 \text{ kN/m}^2$)

Kekakuan	Dimensi Earth Berm	Displacement (mm)
10	H = 1,5 m W = 3 m 30°	39,31
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	37,07
	H = 3 m W = 3 m 30°	35,25
	H = 3 m W = 6 m 30°	29,41
30	H = 1,5 m W = 3 m 30°	39,29
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	37,04
	H = 3 m W = 3 m 30°	35,24
	H = 3 m W = 6 m 30°	29,39
100	H = 1,5 m W = 3 m 30°	39,28
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	37,02
	H = 3 m W = 3 m 30°	35,23
	H = 3 m W = 6 m 30°	29,38

Tabel 4.9 perubahan total displacement
(lebar model galian = 24m; $S_u = 100 \text{ kN/m}^2$)

Kekakuan	Dimensi Earth Berm	Displacement (mm)
10	H = 1,5 m W = 3 m 30°	47,43
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	47,22
	H = 3 m W = 3 m 30°	47,12
	H = 3 m W = 6 m 30°	46,51
30	H = 1,5 m W = 3 m 30°	47,42
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	47,22
	H = 3 m W = 3 m 30°	47,11
	H = 3 m W = 6 m 30°	46,51
100	H = 1,5 m W = 3 m 30°	47,41
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	47,21
	H = 3 m W = 3 m 30°	47,11
	H = 3 m W = 6 m 30°	46,50

Tabel 4.10 perubahan total displacement
(lebar model galian = 48m; $S_u = 100 \text{ kN/m}^2$)

Kekakuan	Dimensi Earth Berm	Displacement (mm)
10	H = 1,5 m W = 3 m 30°	45,36
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	45,32
	H = 3 m W = 3 m 30°	45,33
	H = 3 m W = 6 m 30°	45,29
30	H = 1,5 m W = 3 m 30°	45,35
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	45,32
	H = 3 m W = 3 m 30°	45,33
	H = 3 m W = 6 m 30°	45,28
100	H = 1,5 m W = 3 m 30°	45,34
	H = 1,5 m W = 6 m 30°	45,31
	H = 3 m W = 3 m 30°	45,33
	H = 3 m W = 6 m 30°	45,27

Tabel 4.11 perubahan total displacement
(lebar model galian = 12m; $S_u = 50 \text{ kN/m}^2$)

Kekakuan	Dimensi Earth Berm	Displacement (mm)
10	H = 1,5 m W = 3 m 60°	69,57
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	65,15
	H = 3 m W = 3 m 60°	65,85
	H = 3 m W = 6 m 60°	57,87
30	H = 1,5 m W = 3 m 60°	69,54
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	65,10
	H = 3 m W = 3 m 60°	65,84
	H = 3 m W = 6 m 60°	57,87
100	H = 1,5 m W = 3 m 60°	69,53
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	65,08
	H = 3 m W = 3 m 60°	65,84
	H = 3 m W = 6 m 60°	57,86

Tabel 4.12 perubahan total displacement
(lebar model galian = 24m; $S_u = 50 \text{ kN/m}^2$)

Kekakuan	Dimensi Earth Berm	Displacement (mm)
10	H = 1,5 m W = 3 m 60°	83,18
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	82,85
	H = 3 m W = 3 m 60°	83,00
	H = 3 m W = 6 m 60°	82,22
30	H = 1,5 m W = 3 m 60°	83,17
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	82,83
	H = 3 m W = 3 m 60°	82,99
	H = 3 m W = 6 m 60°	82,21
100	H = 1,5 m W = 3 m 60°	83,11
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	82,83
	H = 3 m W = 3 m 60°	82,99
	H = 3 m W = 6 m 60°	82,21

Tabel 4.13 perubahan total displacement
(lebar model galian = 48m; $S_u = 50 \text{ kN/m}^2$)

Kekakuan	Dimensi Earth Berm	Displacement (mm)
10	H = 1,5 m W = 3 m 60°	79,53
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	79,44
	H = 3 m W = 3 m 60°	79,52
	H = 3 m W = 6 m 60°	79,41
30	H = 1,5 m W = 3 m 60°	79,48
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	79,40
	H = 3 m W = 3 m 60°	79,49
	H = 3 m W = 6 m 60°	79,41
100	H = 1,5 m W = 3 m 60°	79,48
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	79,39
	H = 3 m W = 3 m 60°	79,49
	H = 3 m W = 6 m 60°	79,40

Tabel 4.14 perubahan total displacement
(lebar model galian = 12m; $S_u = 100 \text{ kN/m}^2$)

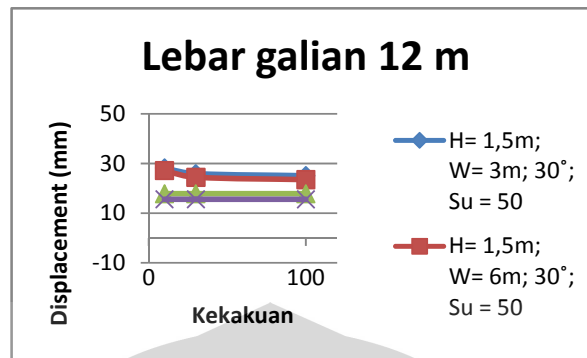
Kekakuan	Dimensi Earth Berm	Displacement (mm)
10	H = 1,5 m W = 3 m 60°	39,73
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	37,83
	H = 3 m W = 3 m 60°	38,23
	H = 3 m W = 6 m 60°	33,24
30	H = 1,5 m W = 3 m 60°	39,71
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	37,80
	H = 3 m W = 3 m 60°	37,65
	H = 3 m W = 6 m 60°	33,23
100	H = 1,5 m W = 3 m 60°	39,70
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	37,78
	H = 3 m W = 3 m 60°	37,65
	H = 3 m W = 6 m 60°	33,22

Tabel 4.15 perubahan total displacement
(lebar model galian = 24m; $S_u = 100 \text{ kN/m}^2$)

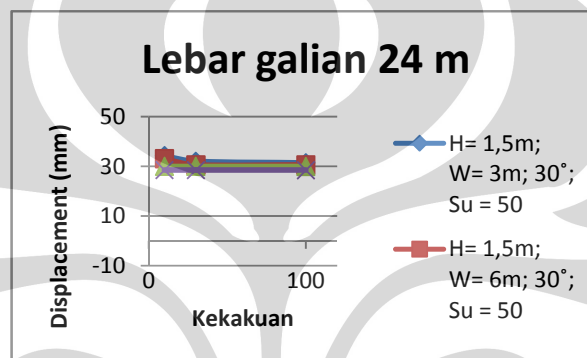
Kekakuan	Dimensi Earth Berm	Displacement (mm)
10	H = 1,5 m W = 3 m 60°	47,48
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	47,31
	H = 3 m W = 3 m 60°	47,37
	H = 3 m W = 6 m 60°	46,96
30	H = 1,5 m W = 3 m 60°	47,48
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	47,30
	H = 3 m W = 3 m 60°	47,36
	H = 3 m W = 6 m 60°	46,95
100	H = 1,5 m W = 3 m 60°	47,44
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	47,30
	H = 3 m W = 3 m 60°	47,35
	H = 3 m W = 6 m 60°	46,95

Tabel 4.16 perubahan total displacement
(lebar model galian = 48m; $S_u = 100 \text{ kN/m}^2$)

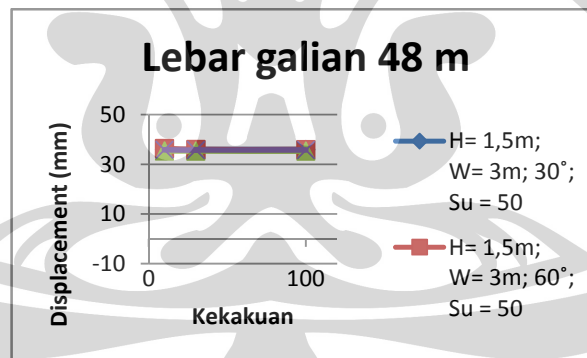
Kekakuan	Dimensi Earth Berm	Displacement (mm)
10	H = 1,5 m W = 3 m 60°	45,38
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	45,32
	H = 3 m W = 3 m 60°	45,38
	H = 3 m W = 6 m 60°	45,32
30	H = 1,5 m W = 3 m 60°	45,37
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	45,32
	H = 3 m W = 3 m 60°	45,36
	H = 3 m W = 6 m 60°	45,30
100	H = 1,5 m W = 3 m 60°	45,36
	H = 1,5 m W = 6 m 60°	45,31
	H = 3 m W = 3 m 60°	45,35
	H = 3 m W = 6 m 60°	45,29



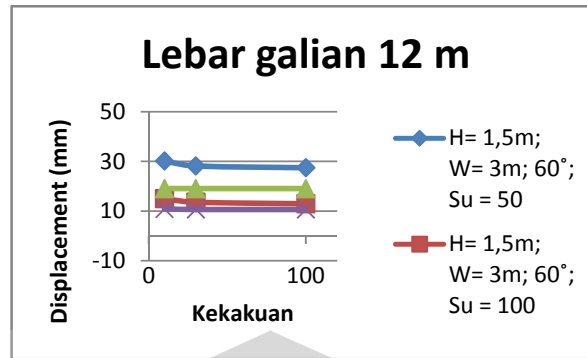
Grafik 4.3 displacement arah x



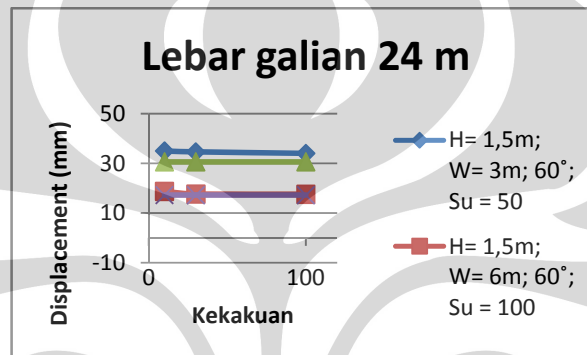
Grafik 4.4 displacement arah x



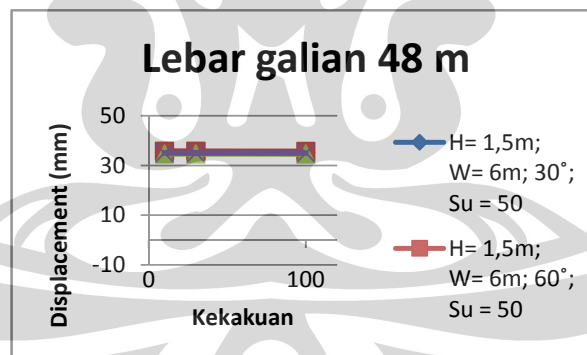
Grafik 4.5 displacement arah x



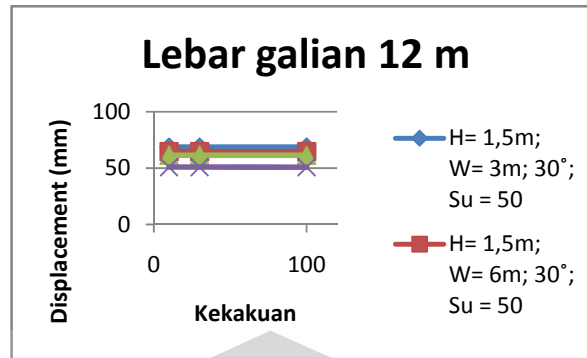
Grafik 4.6 displacement arah x



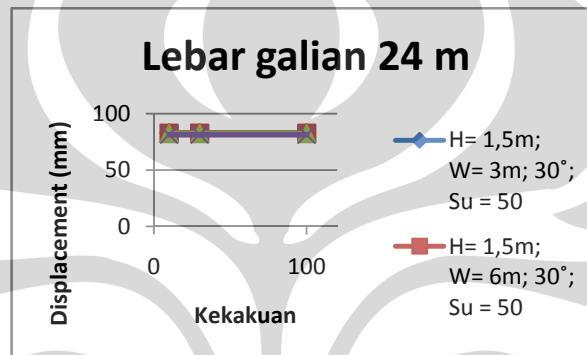
Grafik 4.7 displacement arah x



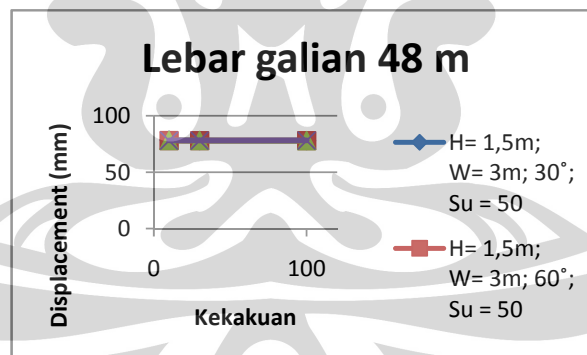
Grafik 4.8 displacement arah x



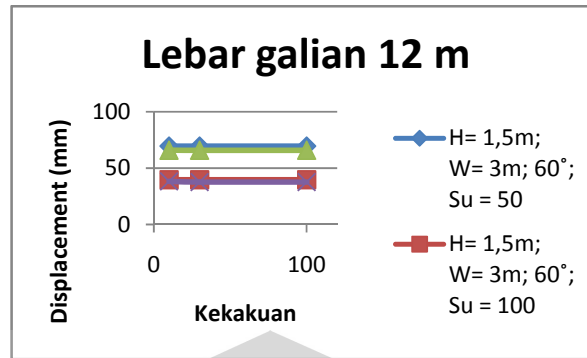
Grafik 4.9 displacement arah y



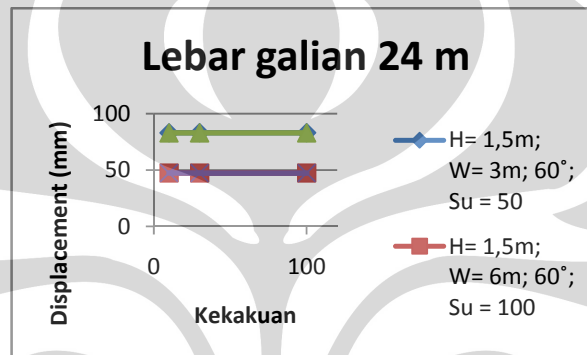
Grafik 4.10 displacement arah y



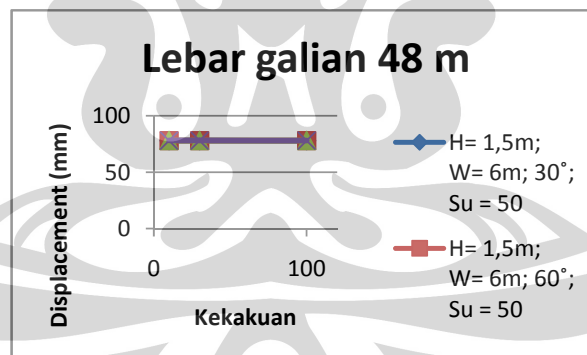
Grafik 4.11 displacement arah y



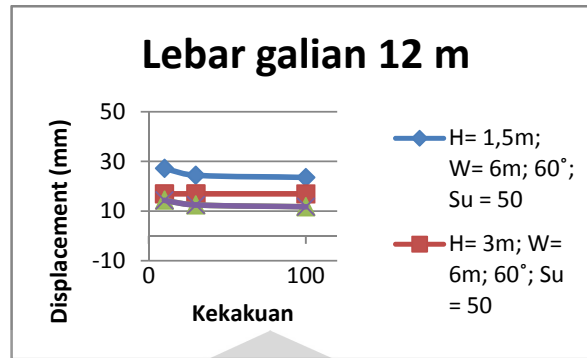
Grafik 4.12 displacement arah y



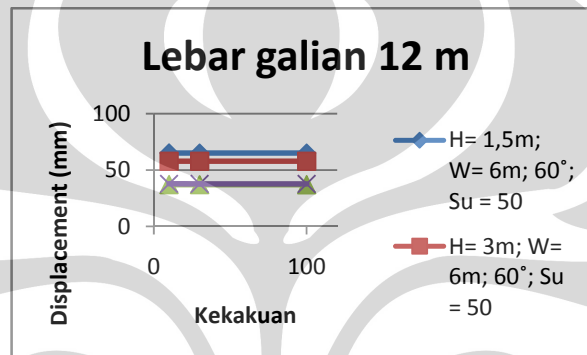
Grafik 4.13 displacement arah y



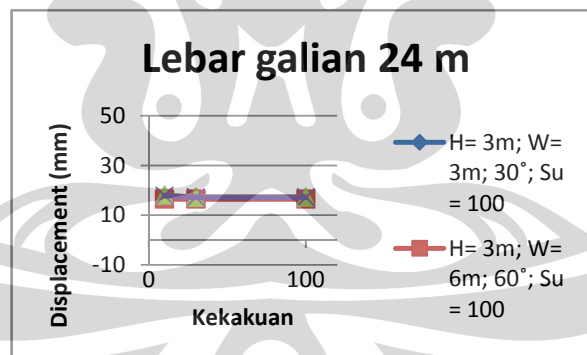
Grafik 4.14 displacement arah y



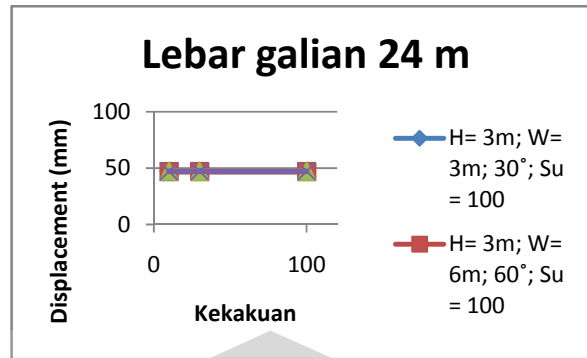
Grafik 4.15 displacement arah x



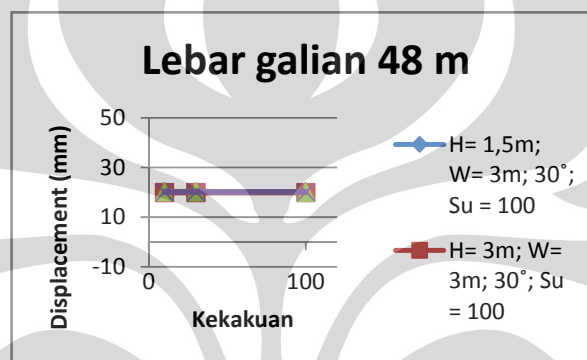
Grafik 4.16 displacement arah y



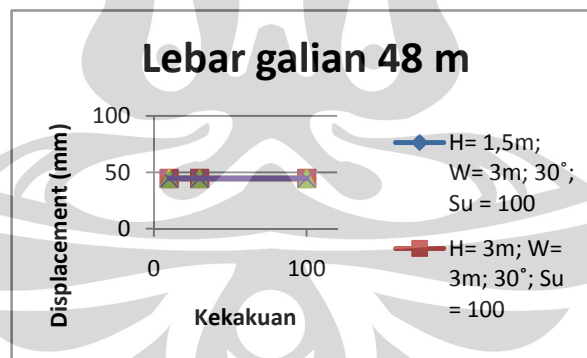
Grafik 4.17 displacement arah x



Grafik 4.18 displacement arah y



Grafik 4.19 displacement arah x



Grafik 4.20 displacement arah y



Pada grafik 4.1 dan 4.2, dapat disimpulkan bahwa semakin besar kekakuan struktur, maka deformasi yang terjadi semakin kecil, serta semakin besar nilai kohesinya (S_u), maka deformasi yang terjadi semakin kecil, sebagai contohnya pada kekakuan 10, 30, 100 secara berurutan deformasi yang terjadi sebesar 39,31 mm, 39,29 mm, 39,28 mm untuk $S_u = 100 \text{ kN/m}^2$ serta dengan tinggi earth berm (H) = 1,5 m, lebar earth berm (W) = 3 m, dan sudut earth berm dengan galian tanah sebesar 30° , dan deformasi yang terjadi secara berurutan sesuai dengan kenaikan nilai kekakuan struktur, maka didapat nilai deformasinya sebesar 68,72 mm, 68,68 mm, 68,67 mm untuk untuk $S_u = 50 \text{ kN/m}^2$ serta dengan tinggi earth berm (H) = 1,5 m, lebar earth berm (W) = 3 m, dan sudut earth berm dengan galian tanah sebesar 30° .

Untuk variasi ketinggian earth berm yang dipakai dalam permodelan, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi ketinggian earth berm yang dipakai, maka deformasi yang terjadi akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan massa tanah pada tanah pasif bertambah banyak seiring pertambahan nilai ketinggian dari earth berm, yang menyebabkan pertambahan gaya dorong pada tanah pasif, sehingga deformasi yang terjadi semakin kecil, untuk kondisi dimana pada tanah aktif tidak terjadi penambahan ataupun pengurangan massa tanah dan beban yang ada pada tanah aktif adalah tetap. Sebagai contohnya, pada tabel 4.6 nilai deformasi yang terjadi sebesar 83,06 mm, dan 83,49 mm untuk $S_u = 50 \text{ kN/m}^2$, $H = 1,5\text{m}$, $W = 3\text{m}$, sudut earth berm terhadap tanah galian = 30° , serta lebar galian sebesar 24m dengan nilai kekakuan = 10.

Untuk variasi lebar earth berm, semakin lebar earth berm yang dipakai, maka deformasi yang terjadi akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan seiring dengan pertambahan lebar dari earth berm, maka gaya dorong pada tanah pasif akan semakin bertambah, yang menyebabkan terjadinya pengurangan deformasi lateral pada dinding penahan tanah. Sebagai contohnya, pada tabel 4.7, untuk nilai $S_u = 50 \text{ kN/m}^2$ dan nilai kekakuan = 10, besar deformasi yang terjadi untuk $H = 1,5\text{m}$, $W = 3\text{m}$, sudut earth berm = 30° adalah 79,48 mm, dan untuk $H = 1,5\text{m}$, $W = 6\text{m}$, sudut earth berm = 30° adalah 79,35 mm.

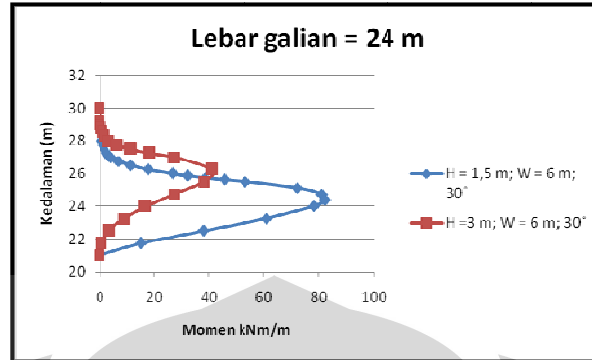
Untuk variasi sudut earth berm, semakin besar sudut earth berm yang digunakan, maka deformasi lateral yang terjadi akan semakin besar. Hal ini

dikarenakan dengan variasi sudut earth berm yang makin besar, maka massa tanah pada tanah pasif akan semakin kecil, sehingga gaya dorong pada tanah pasif akan berkurang seiring dengan penambahan sudut earth berm. Sebagai contohnya, pada tabel 4.7 dan tabel 4.13, dengan $S_u = 50 \text{ kN/m}^2$ dan kekakuan = 10, besar deformasi yang terjadi untuk $H = 1,5\text{m}$, $W = 3\text{m}$, sudut earth berm = 30° adalah 79,48 mm dan untuk $H = 1,5\text{m}$, $W = 3\text{m}$, sudut earth berm = 60° , deformasi yang terjadi sebesar 79,53 mm.

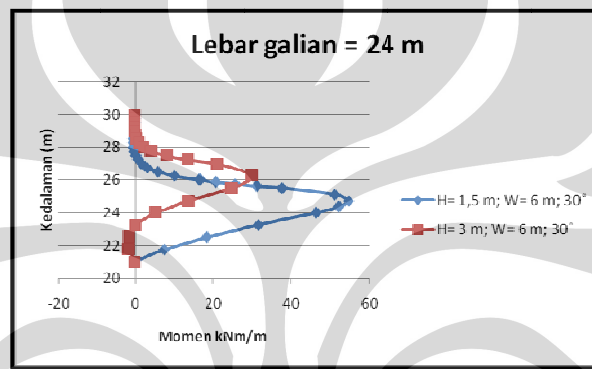
Variasi-variasi untuk permodelan earth berm ini, jika dibandingkan semua variasinya maka dapat diambil suatu kesimpulan yang mendasar bahwa variasi dari ketinggian earth berm inilah, yang menyebabkan terjadinya perubahan deformasi lateral yang paling signifikan daripada variasi lebar ataupun sudut dari earth berm. Hal ini dapat dilihat dari delta (pertambahan atau pengurangan) pada setiap-setiap variasi yang dibuat. Sebagai contoh, untuk variasi ketinggian, besar nilai deltanya sebesar 0,43 mm, untuk variasi lebar earth berm, besar nilai deltanya sebesar 0,13 mm, dan untuk variasi sudut earth berm, besar nilai deltanya sebesar 0,05 mm, hal ini disebabkan karena pertambahan massa tanah pada tanah aktif untuk variasi ketinggian earth berm lebih besar daripada variasi lebar maupun sudut earth berm.

Pada grafik 4.3 dan 4.9, dapat disimpulkan bahwa variasi ketinggian, memberikan deformasi arah x dan y cukup besar, jika dibandingkan dengan variasi lebar dan sudut earth berm. Hal ini dapat dilihat pada grafik 4.4 dan 4.10, sehingga dapat dikatakan bahwa variasi ketinggian earth berm lah yang memberikan nilai deformasi yang signifikan daripada variasi lebar ataupun sudut earth berm.

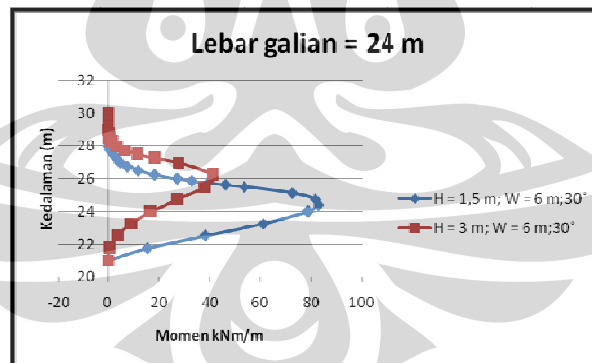
4.3.2 Analisa momen berdasarkan variasi permodelan dari earth berm



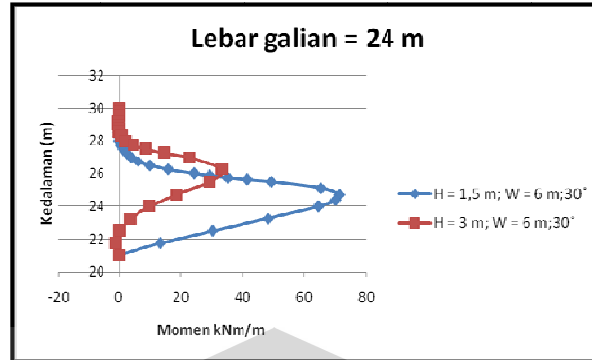
Grafik 4.21 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 10



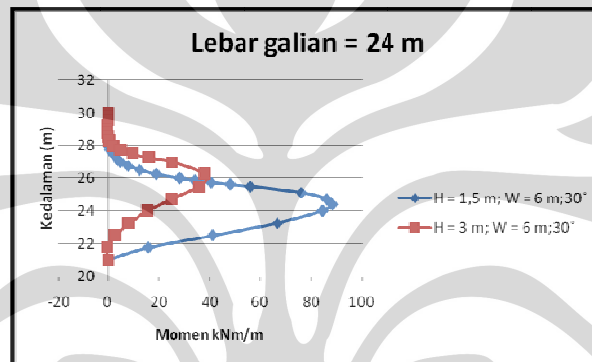
Grafik 4.22 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 10



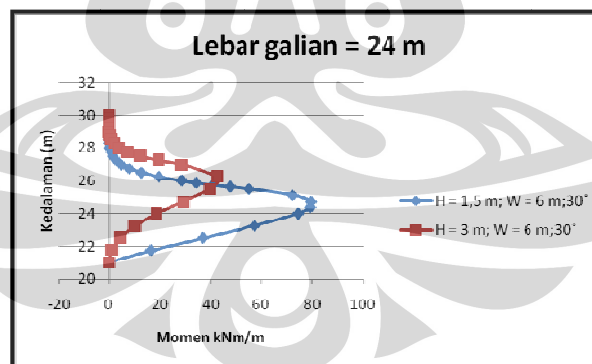
Grafik 4.23 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 30



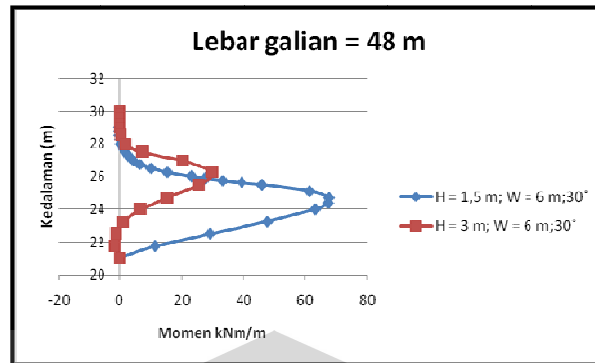
Grafik 4.24 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 30



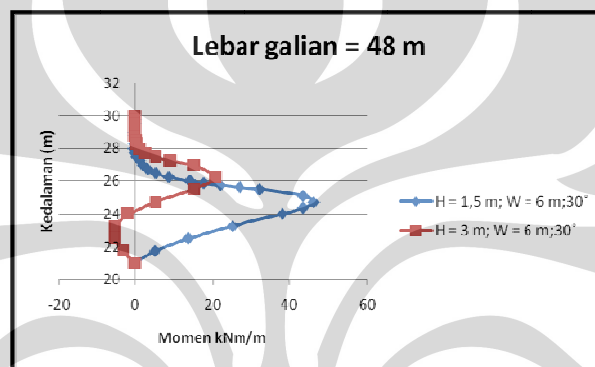
Grafik 4.25 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 100



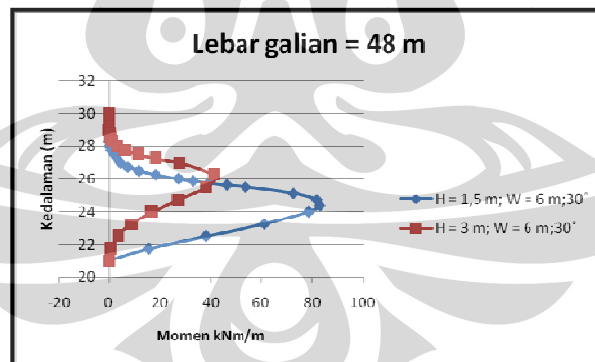
Grafik 4.26 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 100



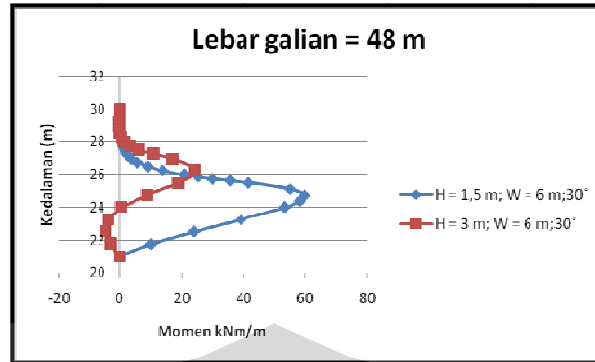
Grafik 4.27 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 10



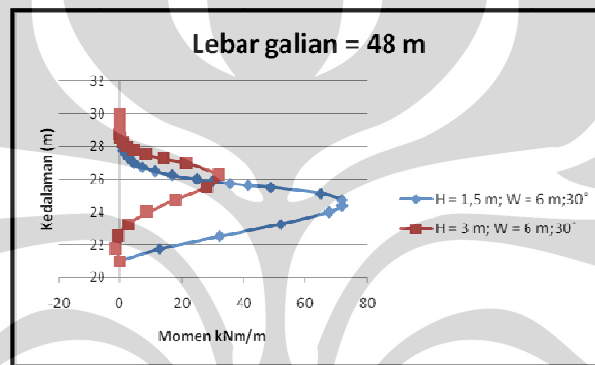
Grafik 4.28 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 10



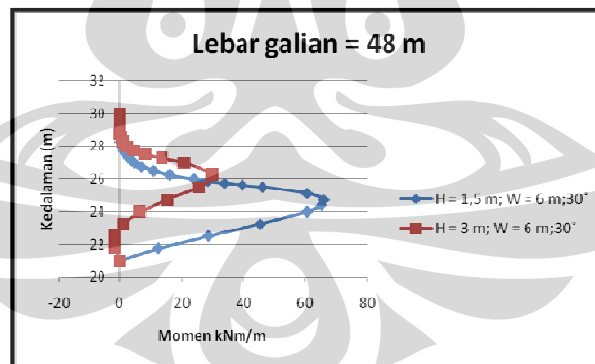
Grafik 4.29 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 30



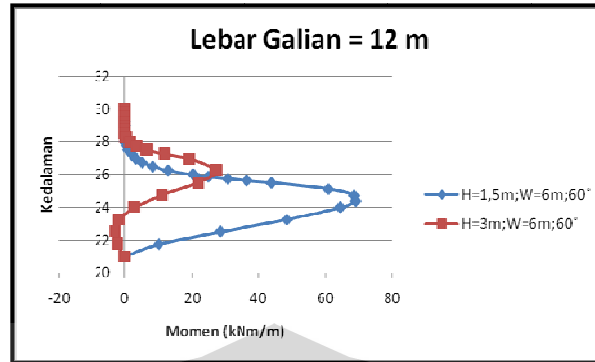
Grafik 4.30 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 30



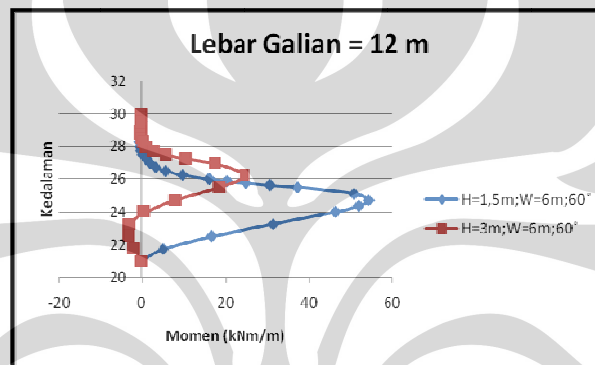
Grafik 4.31 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 100



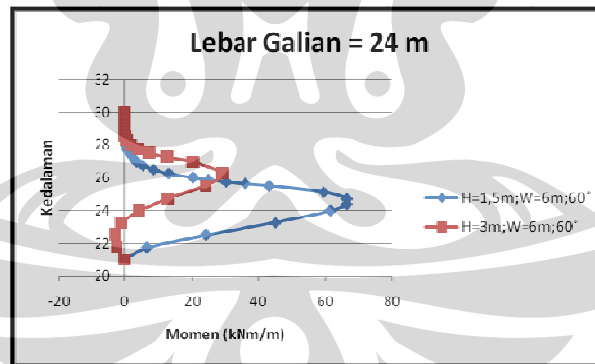
Grafik 4.32 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 100



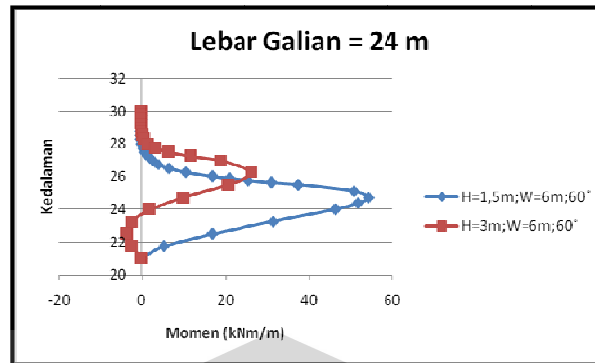
Grafik 4.33 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 10



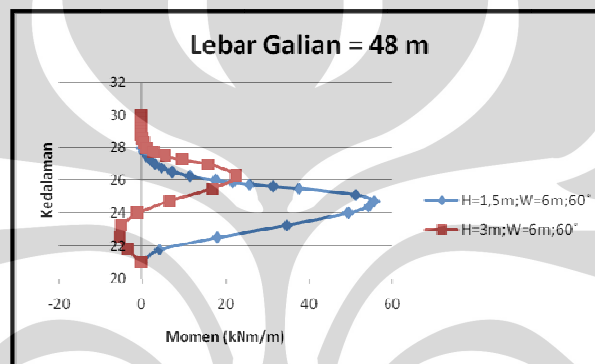
Grafik 4.34 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 10



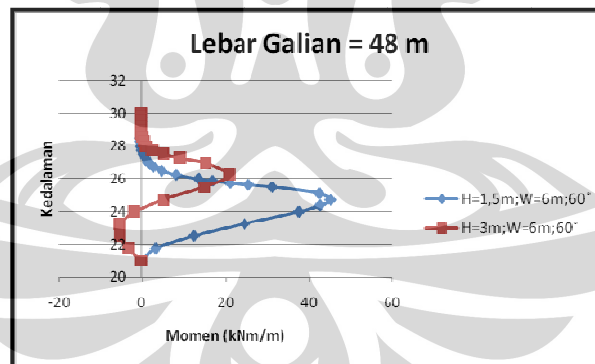
Grafik 4.35 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 10



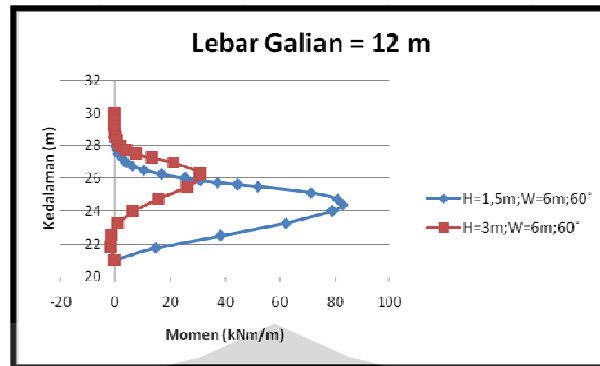
Grafik 4.36 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 10



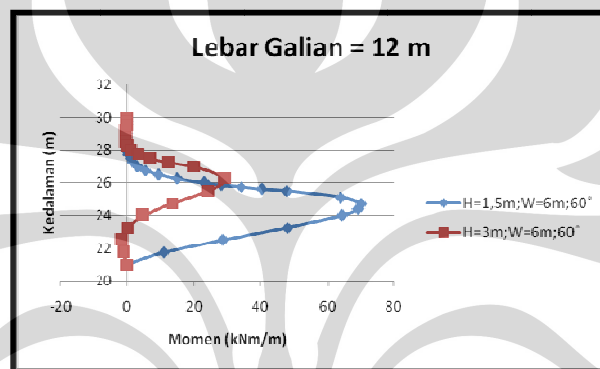
Grafik 4.37 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 10



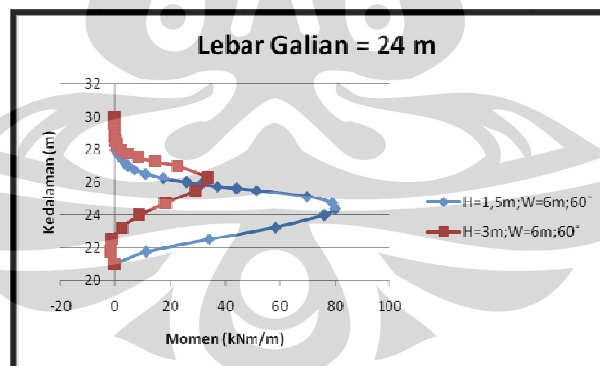
Grafik 4.38 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 10



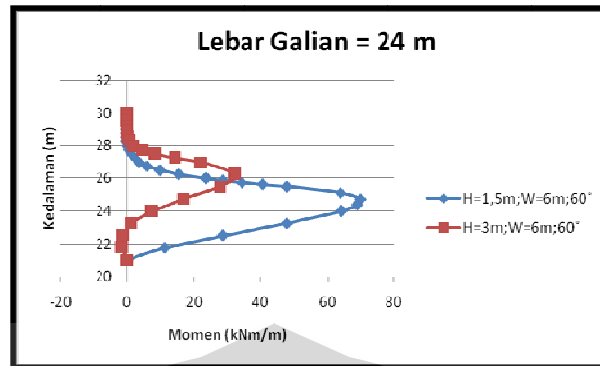
Grafik 4.39 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 30



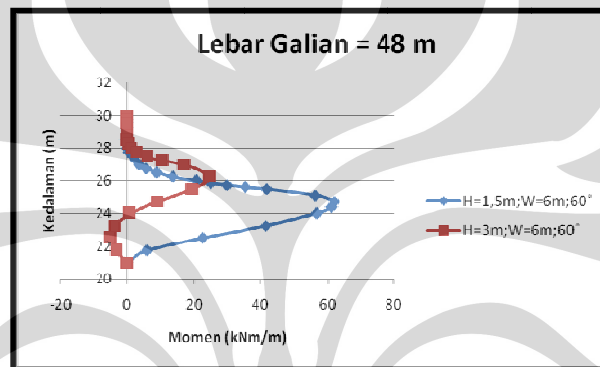
Grafik 4.40 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 30



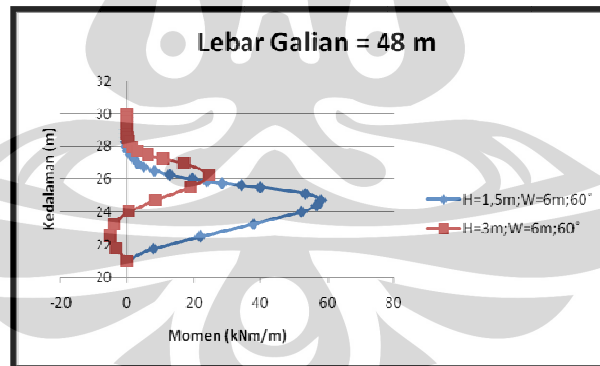
Grafik 4.41 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 30



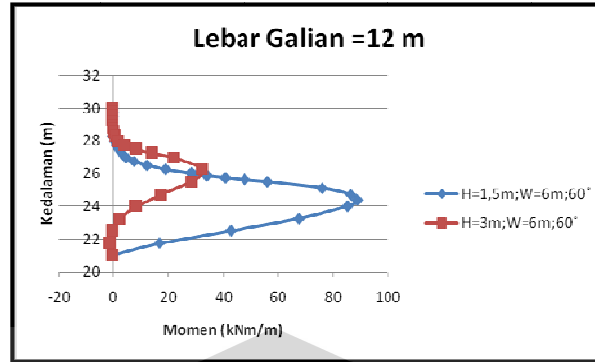
Grafik 4.42 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 30



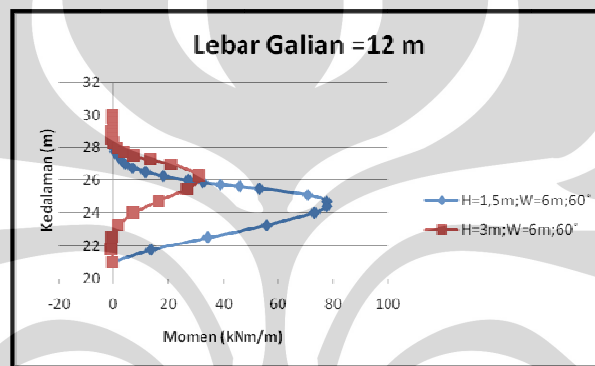
Grafik 4.43 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 30



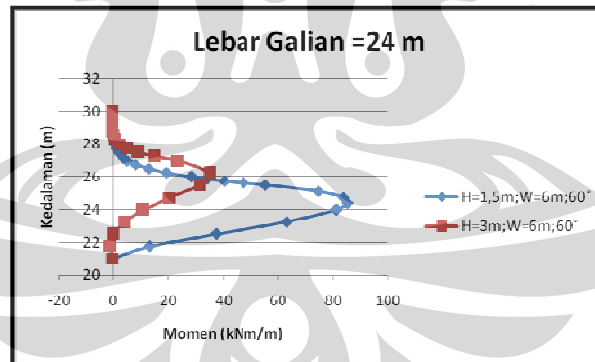
Grafik 4.44 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 30



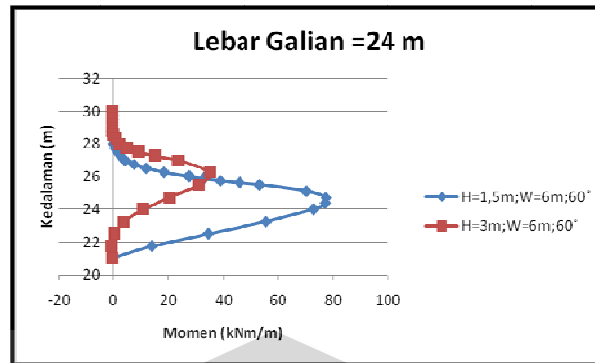
Grafik 4.45 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 100



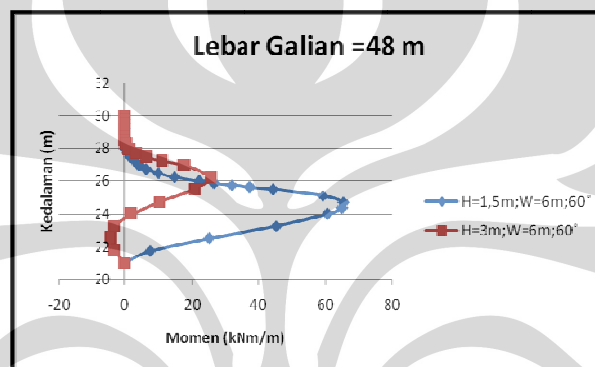
Grafik 4.46 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 100



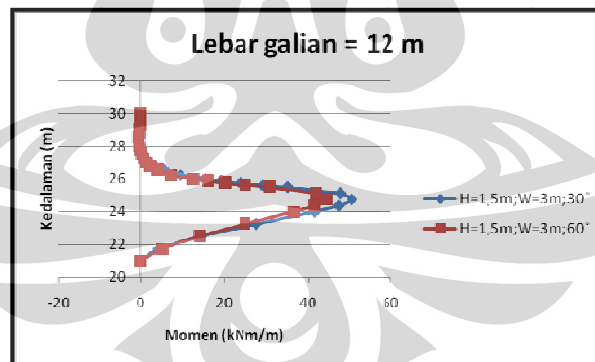
Grafik 4.47 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 100



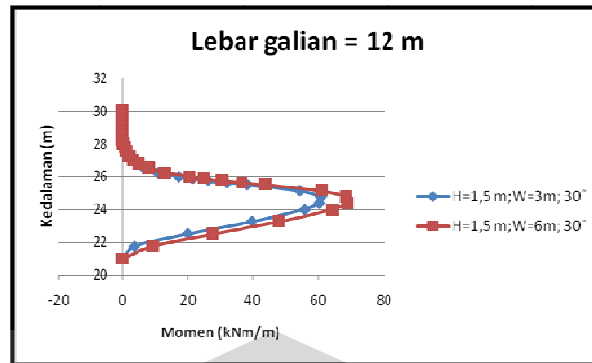
Grafik 4.48 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 100



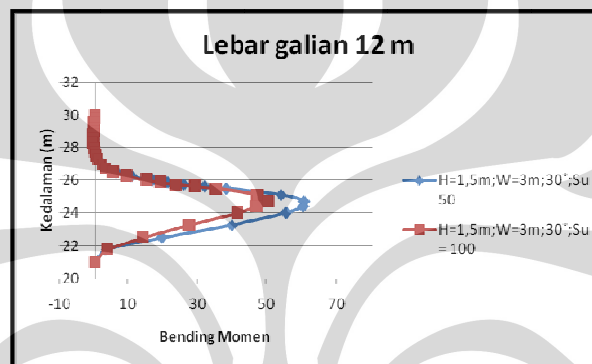
Grafik 4.49 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 100



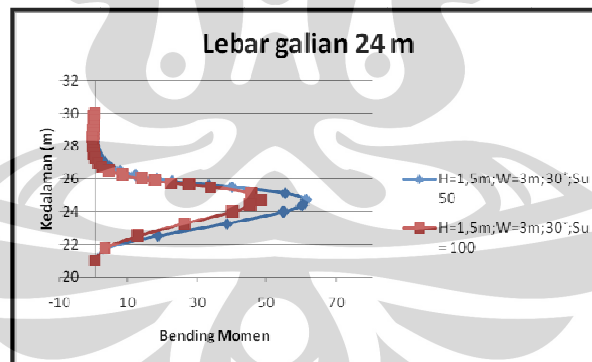
Grafik 4.50 Momen vs kedalaman ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 10



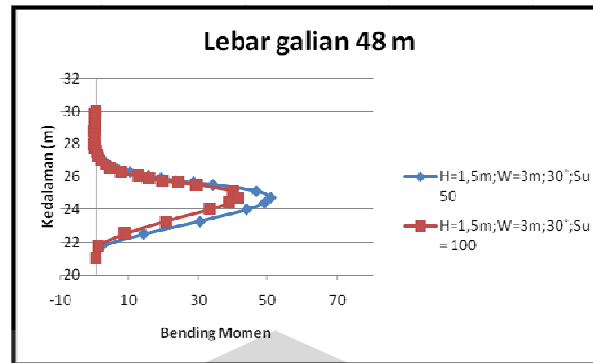
Grafik 4.51 Momen vs kedalaman ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); kekakuan 10



Grafik 4.52 Momen vs kedalaman kekakuan 10



Grafik 4.53 Momen vs kedalaman kekakuan 10



Grafik 4.54 Momen vs kedalaman kekakuan 10

Pada grafik 4.21, 4.23, 4.25, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai kekakuan struktur, maka semakin besar pula nilai momen yang terjadi. Hal ini dikarenakan nilai kekakuan struktur berbanding lurus dengan momen.

Untuk variasi lebar galian dengan nilai kekakuan struktur yang sama, nilai kohesi tanah yang sama, serta dimensi earth berm yang sama, maka dapat disimpulkan bahwa semakin lebar galian yang dibuat dalam permodelan, nilai momen yang terjadi akan semakin kecil momen yang terjadi, hal ini dapat dilihat dari perbandingan momen maksimum yang terjadi pada grafik 4.26 dan 4.32, nilai momen maksimum yang terjadi sebesar 79,21 kNm untuk lebar galian = 24m, H= 1,5m; W= 6m; sudut earth berm dengan dasar galian = 30° dan sebesar 66,00 kNm untuk lebar galian = 24m, H= 1,5m; W= 6m; sudut earth berm dengan dasar galian = 30°, hal ini disebabkan karena penambahan massa tanah pada daerah galian yang menyebabkan nilai momennya menjadi berkurang.

Untuk variasi dimensi earth berm, untuk variasi ketinggian, semakin tinggi earth berm yang digunakan dalam permodelan, maka terjadi pengurangan momen. Hal ini, dikarenakan bertambahnya massa tanah pada daerah galian, yang menyebabkan bertambahnya gaya dorong dari arah galian tanah, sehingga gaya dorong pada tanah aktif dapat ditahan lebih banyak oleh tanah pasif, oleh karena itu momen yang terjadi kecil.

Untuk variasi lebar dari earth berm, semakin lebar earth berm yang dipakai dalam permodelan ini, maka bending momen yang terjadi akan semakin besar. Hal ini, disebabkan oleh penambahan massa tanah pada tanah pasif, yang

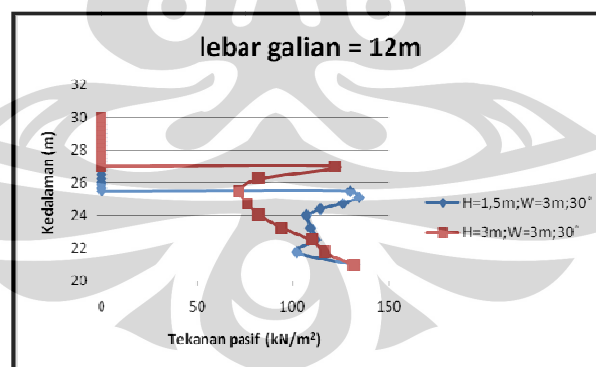
menyebabkan penambahan gaya dorong, yang mengakibatkan terjadinya penambahan momen untuk setiap kenaikan nilai lebar earth berm.

Untuk variasi sudut earth berm, kenaikan nilai dari sudut earth berm akan diiringi oleh penurunan dari momen. Hal ini dikarenakan pengurangan massa tanah pada tanah pasif untuk setiap kenaikan nilai dari sudut earth berm, sehingga menimbulkan terjadi pengurangan momen.

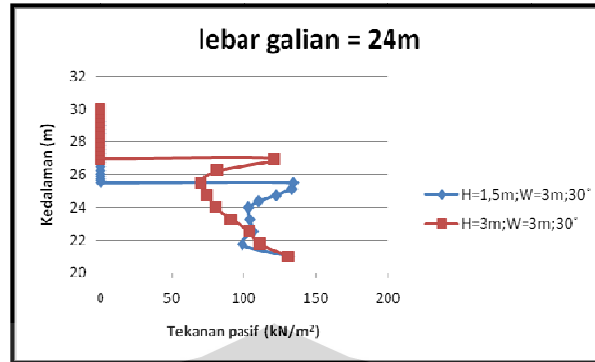
Dari grafik 4.52-4.54, dapat diambil kesimpulan bahwa, untuk kenaikan nilai kohesi yang cukup tinggi, maka nilai bending momen yang terjadi makin kecil. Hal ini dikarenakan, gaya pada tanah pasif akan bertambah seiring dengan pertambahan nilai kohesi, sehingga gaya pada tanah aktif dapat ditahan lebih besar oleh tanah pasif untuk nilai kohesi tanah pada tanah pasif yang bertambah besar pula. Dan juga, untuk lebar galian yang bertambah panjang, maka bending momen yang terjadi makin kecil, hal ini dikarenakan gaya pada tanah aktif, makin berkurang.

4.3.3 Analisa Tekanan Tanah Pasif

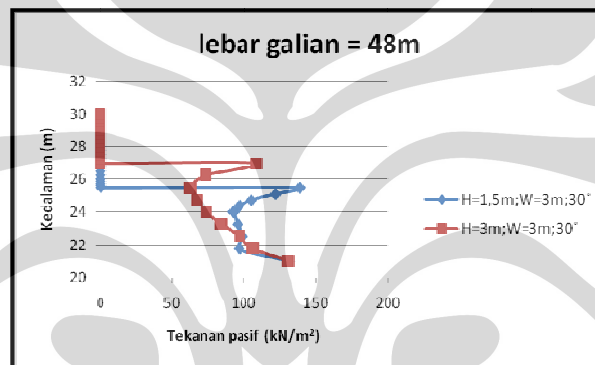
4.3.3.1 Analisa Tekanan Tanah Pasif terhadap Perubahan Tinggi Earth Berm



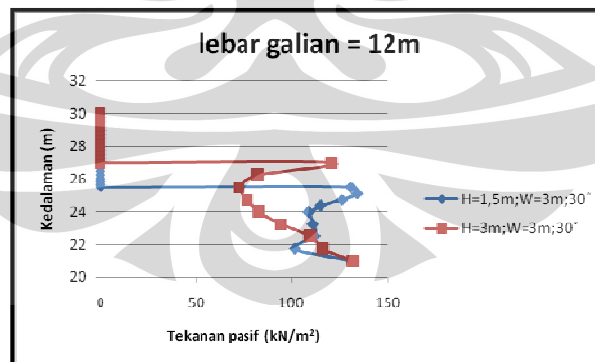
Grafik 4.55 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



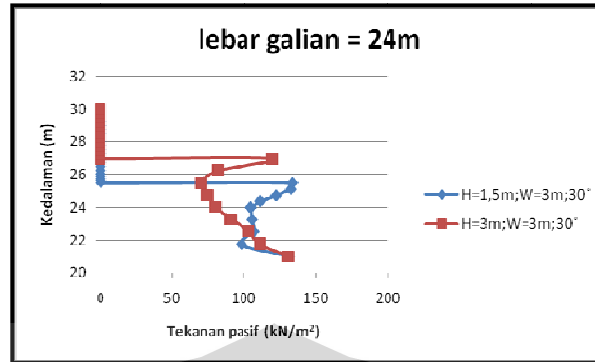
Grafik 4.56 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 10



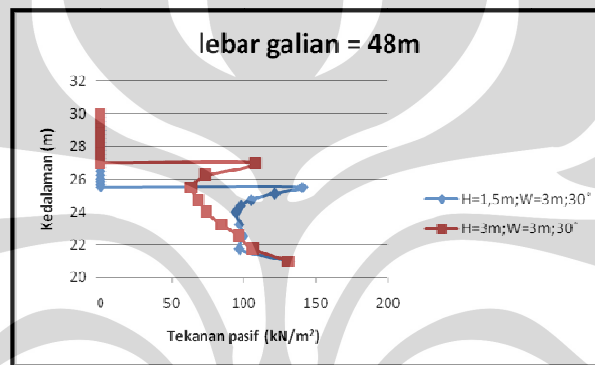
Grafik 4.57 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 10



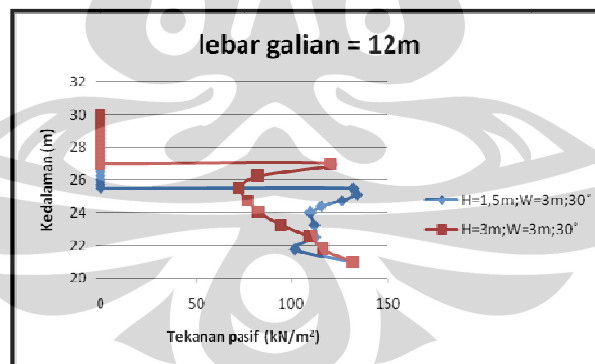
Grafik 4.58 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 30



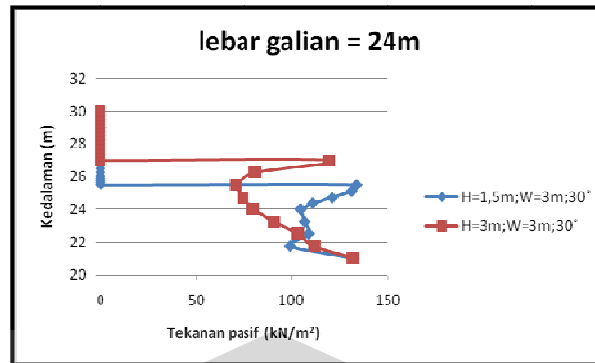
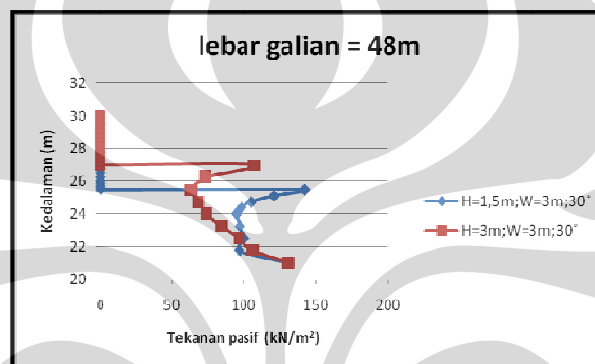
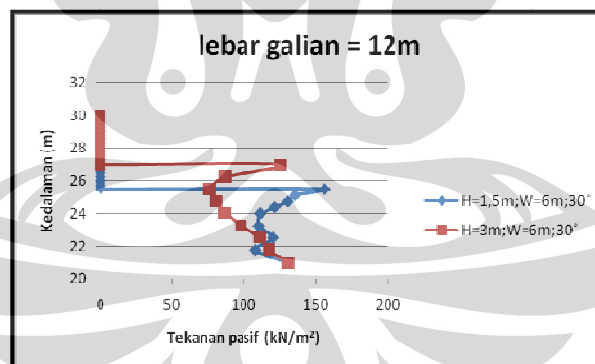
Grafik 4.59 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 30

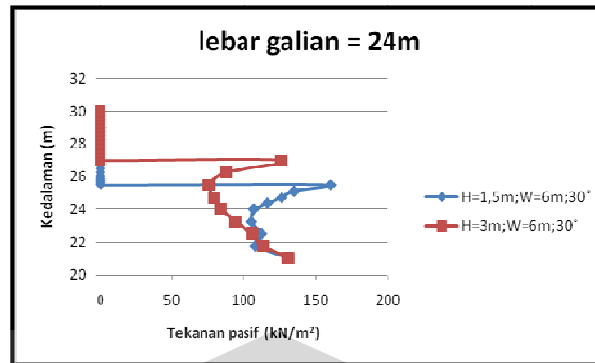


Grafik 4.60 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 30

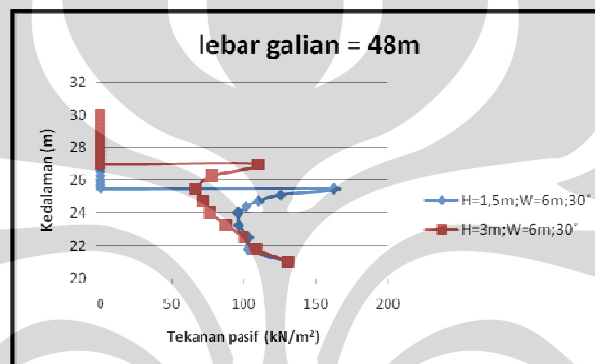


Grafik 4.61 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 100

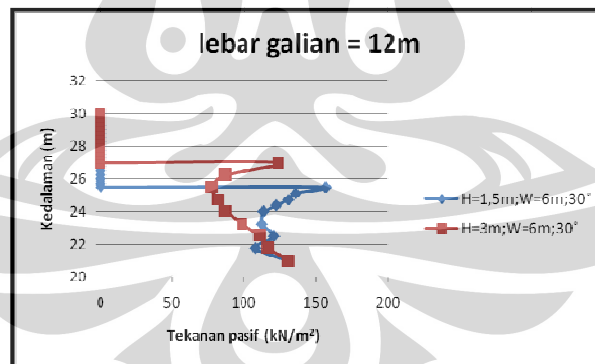
Grafik 4.62 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 100Grafik 4.63 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 100Grafik 4.64 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 10



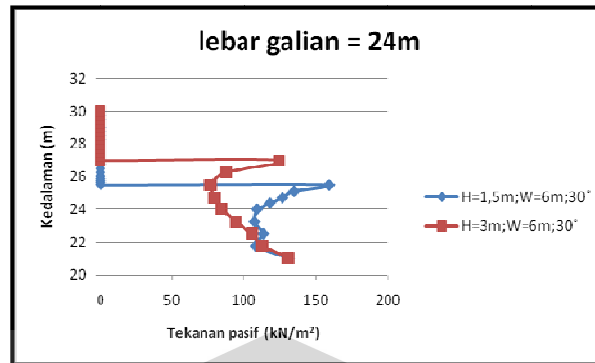
Grafik 4.65 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 10



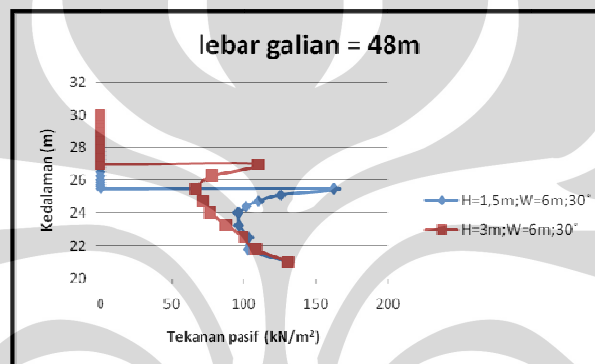
Grafik 4.66 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 10



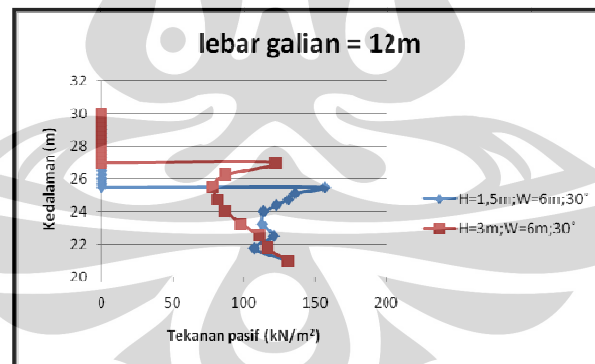
Grafik 4.67 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 30



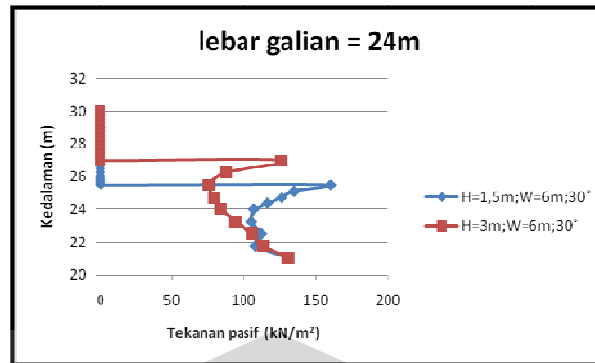
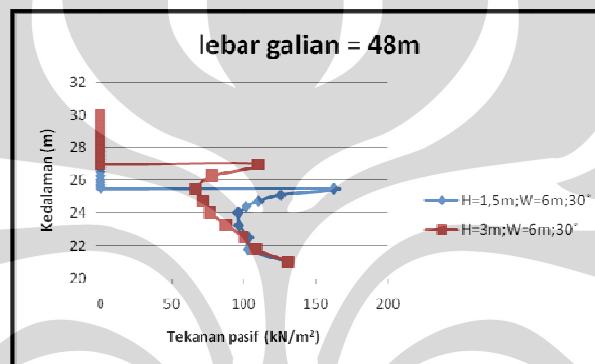
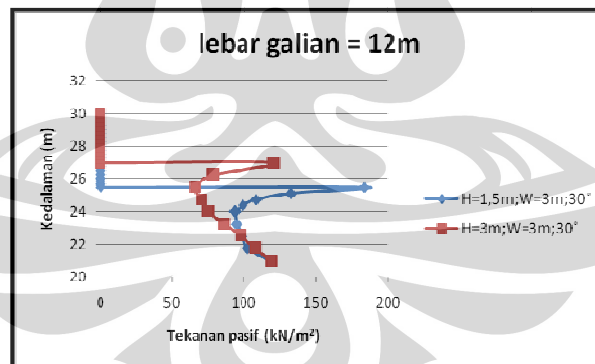
Grafik 4.68 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 30

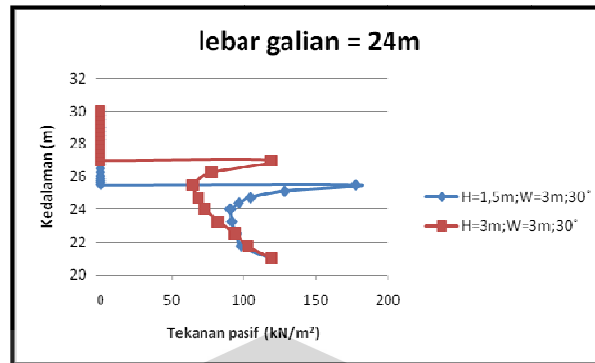
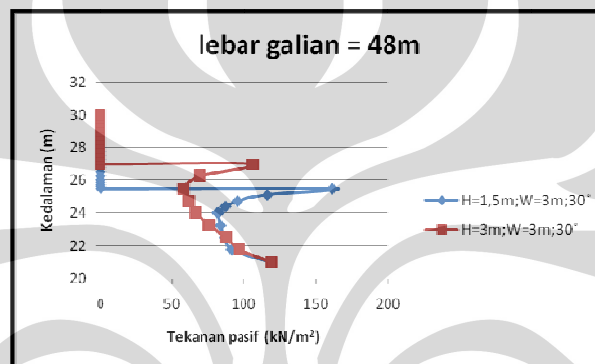
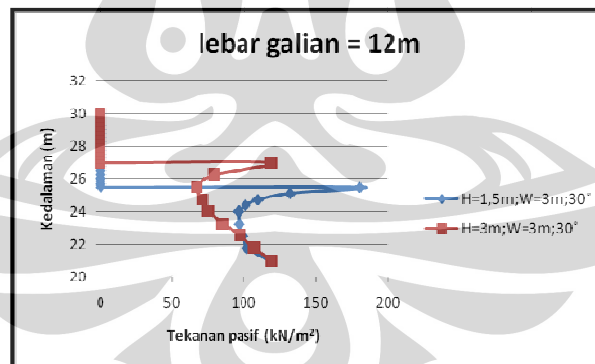


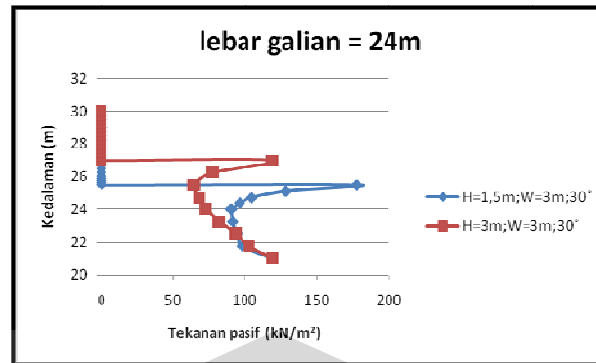
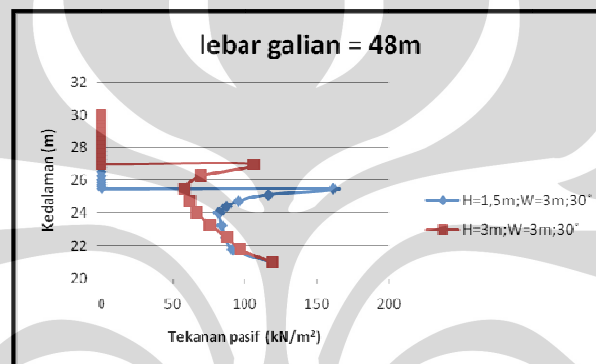
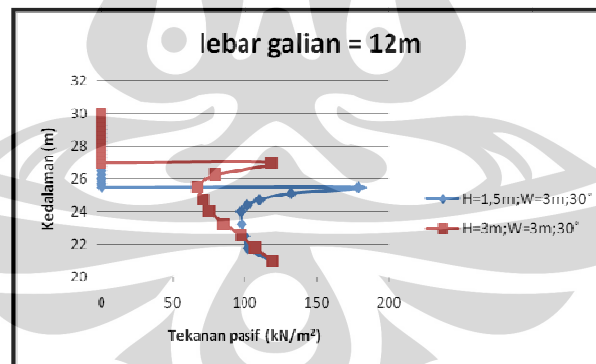
Grafik 4.69 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 30

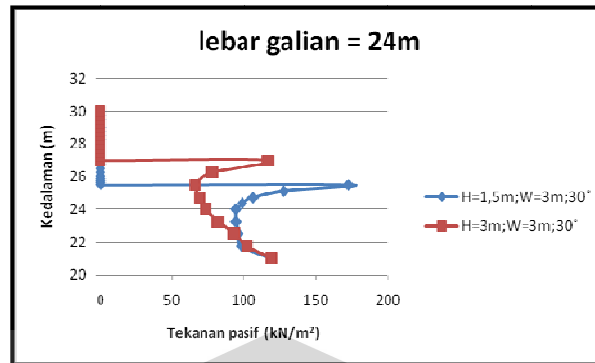
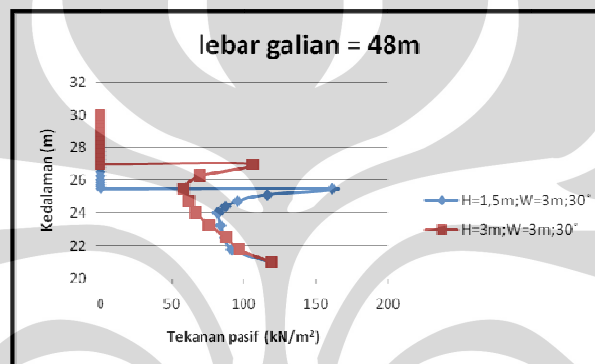
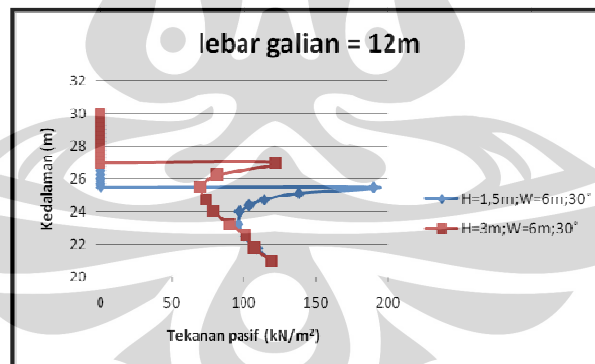


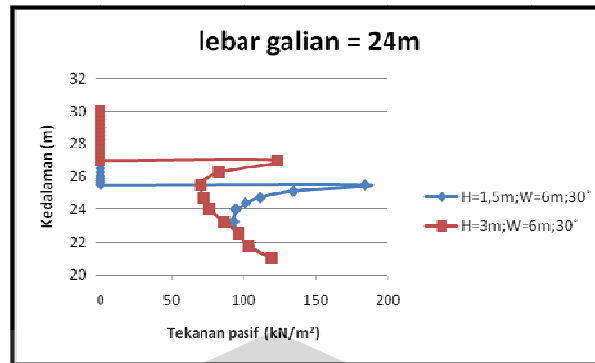
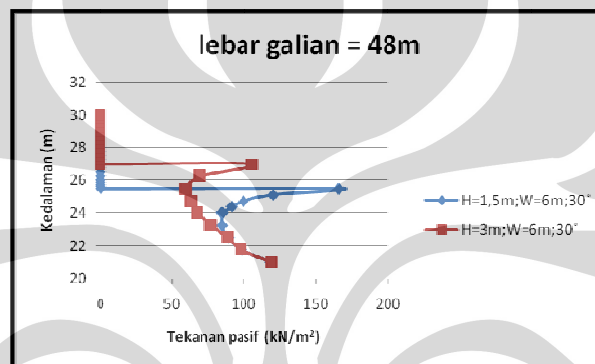
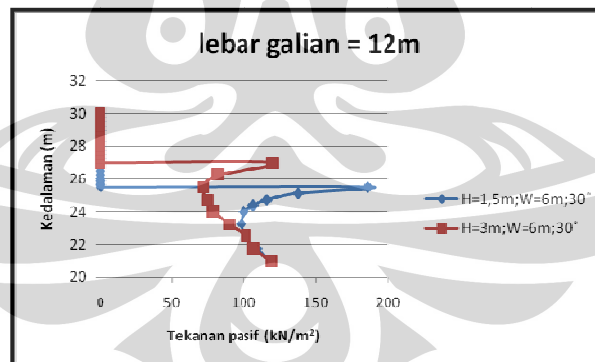
Grafik 4.70 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 100

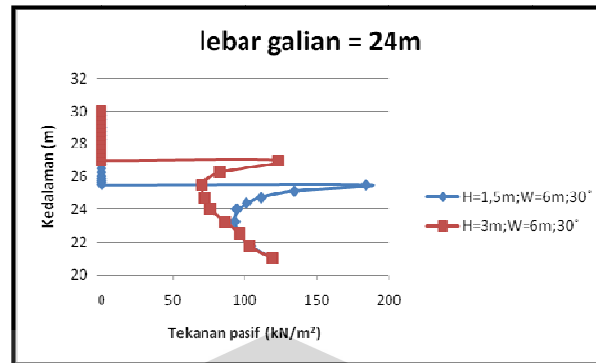
Grafik 4.71 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 100Grafik 4.72 Tekanan Pasif ($S_u = 50 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 100Grafik 4.73 Tekanan Pasif ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 10

Grafik 4.74 Tekanan Pasif ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 10Grafik 4.75 Tekanan Pasif ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 10Grafik 4.76 Tekanan Pasif ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 30

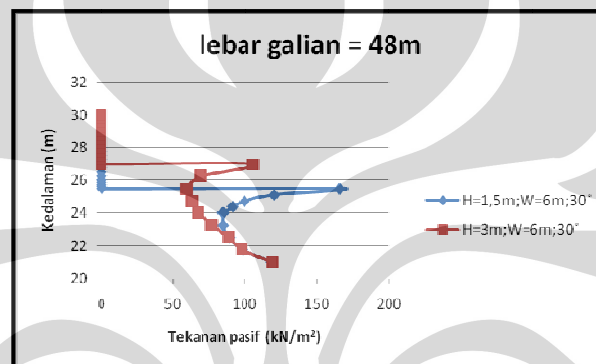
Grafik 4.77 Tekanan Pasif ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 30Grafik 4.78 Tekanan Pasif ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 30Grafik 4.79 Tekanan Pasif ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 100

Grafik 4.80 Tekanan Pasif ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 100Grafik 4.81 Tekanan Pasif ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 100Grafik 4.82 Tekanan Pasif ($S_u = 100 \text{ kN/m}^2$); Kekakuan 10

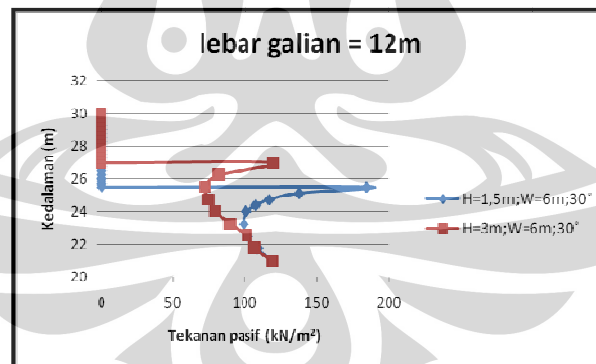
Grafik 4.83 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10Grafik 4.84 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10Grafik 4.85 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



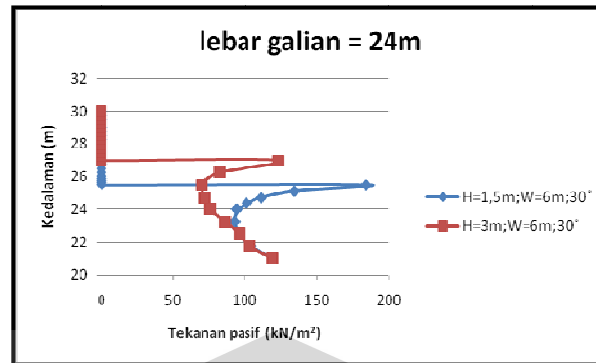
Grafik 4.86 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



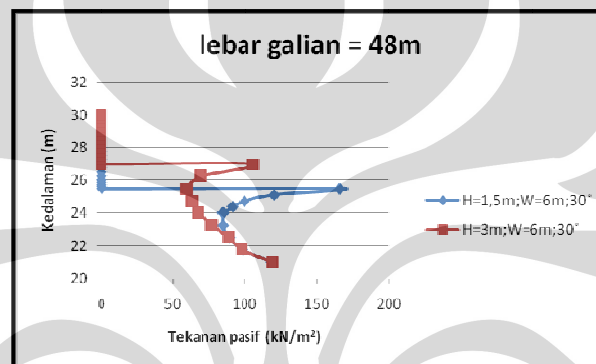
Grafik 4.87 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



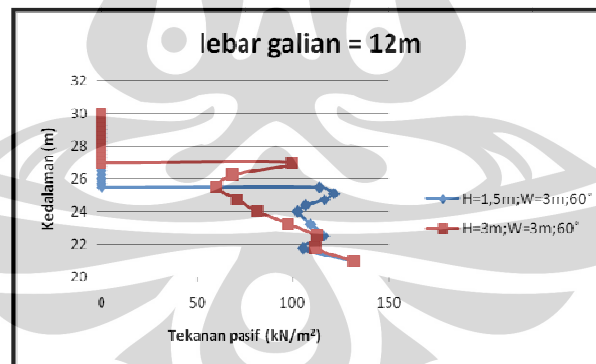
Grafik 4.88 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



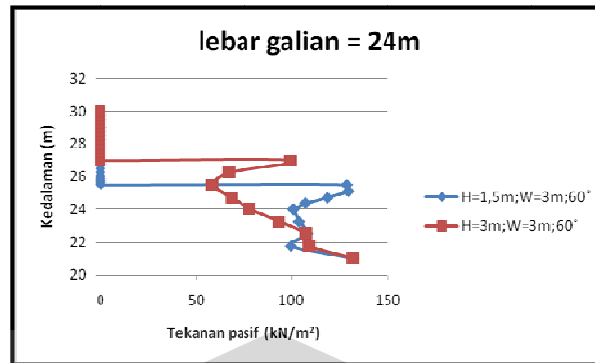
Grafik 4.89 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



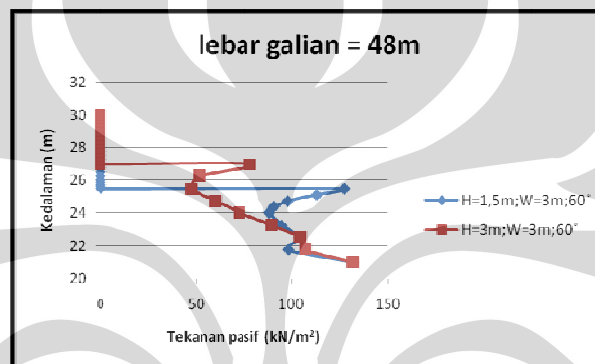
Grafik 4.90 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



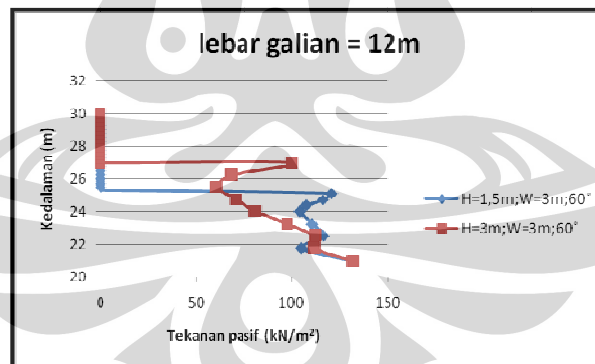
Grafik 4.91 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



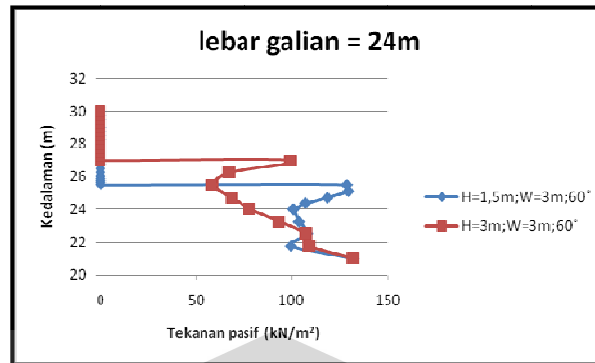
Grafik 4.92 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



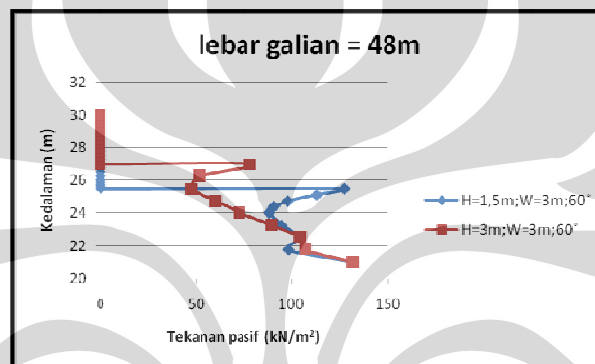
Grafik 4.93 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



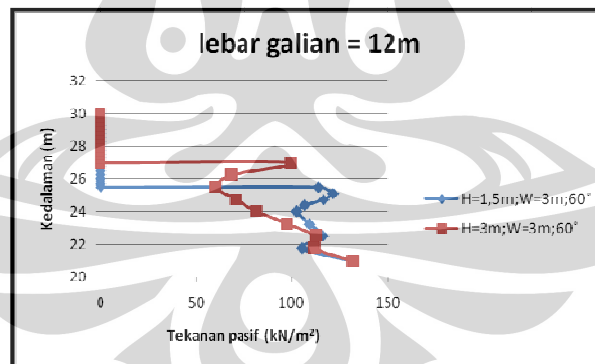
Grafik 4.94 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



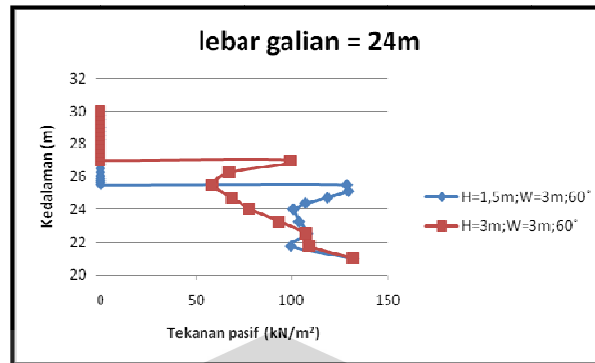
Grafik 4.95 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



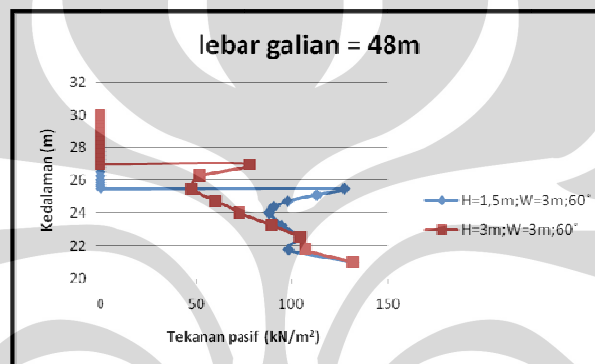
Grafik 4.96 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



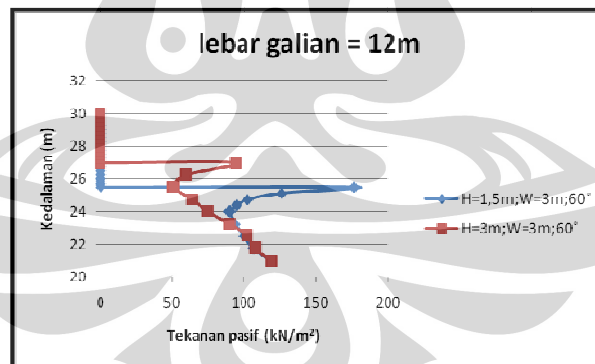
Grafik 4.97 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



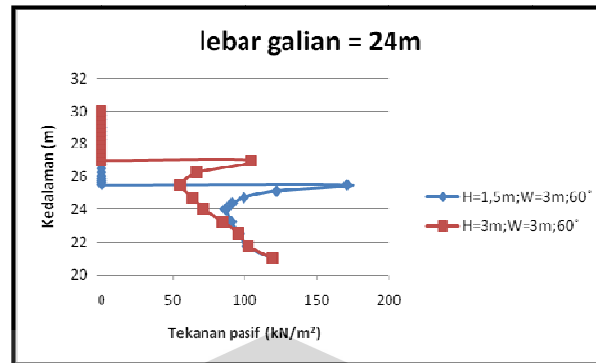
Grafik 4.98 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



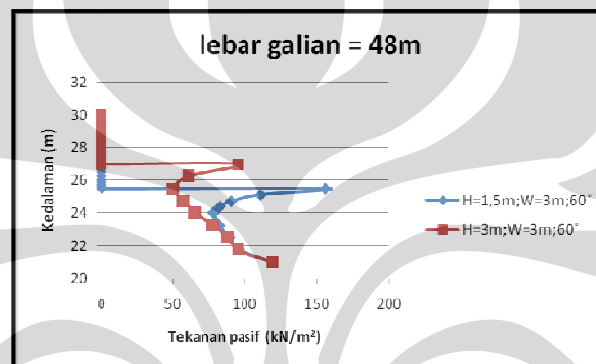
Grafik 4.99 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



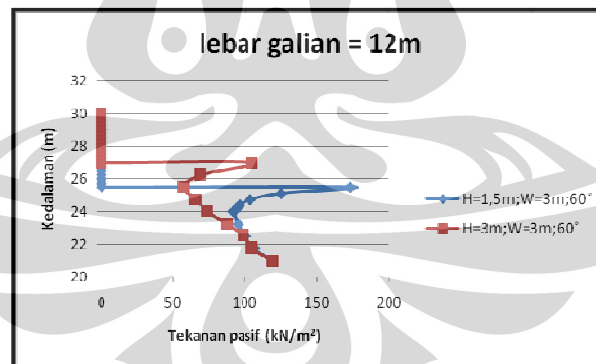
Grafik 4.100 tekanan pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); kekakuan 10



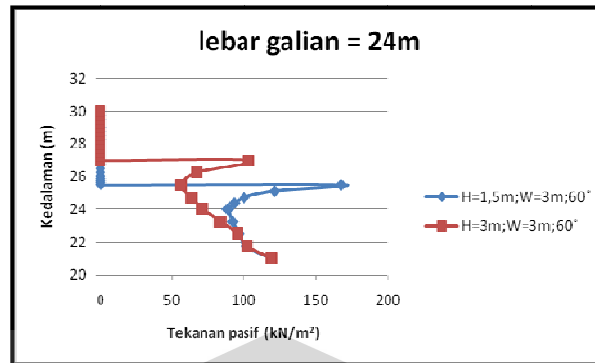
Grafik 4.101 tekanan pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); kekakuan 10



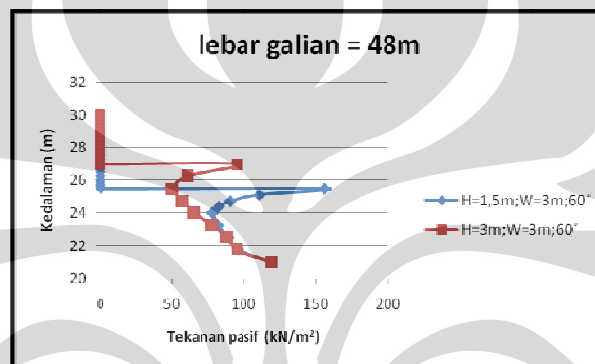
Grafik 4.102 tekanan pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); kekakuan 10



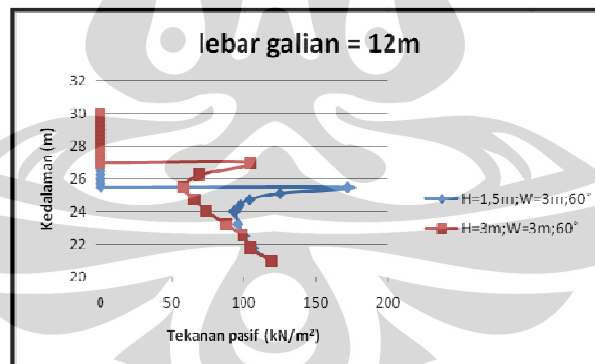
Grafik 4.103 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



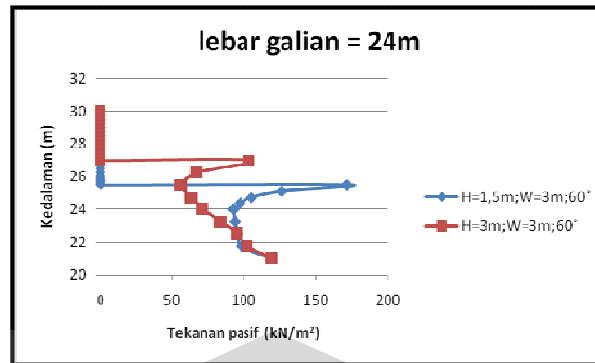
Grafik 4.104 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



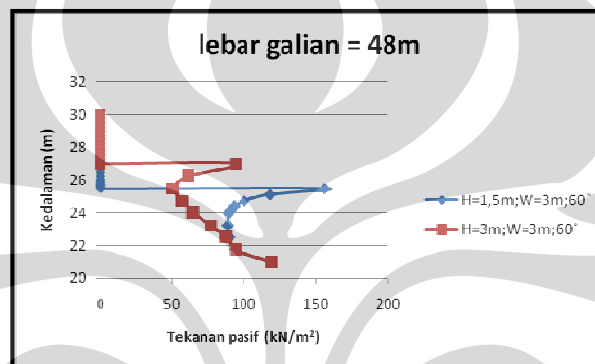
Grafik 4.105 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



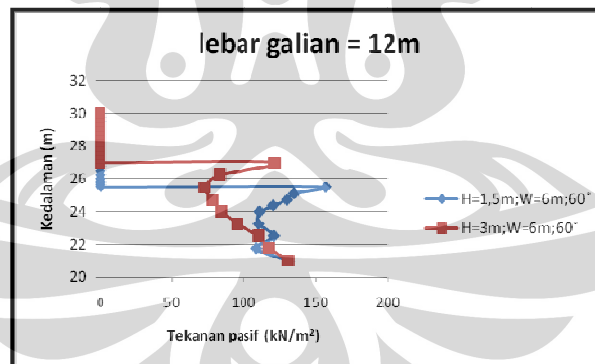
Grafik 4.106 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



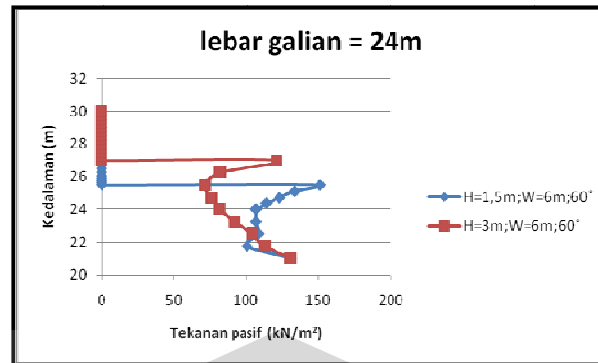
Grafik 4.107 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



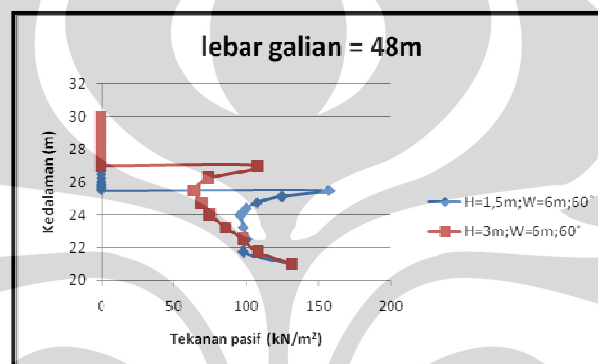
Grafik 4.108 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



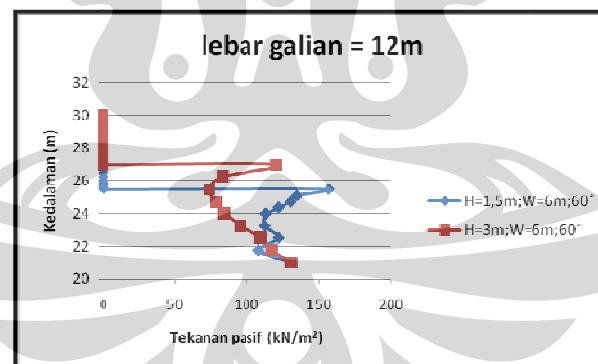
Grafik 4.109 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



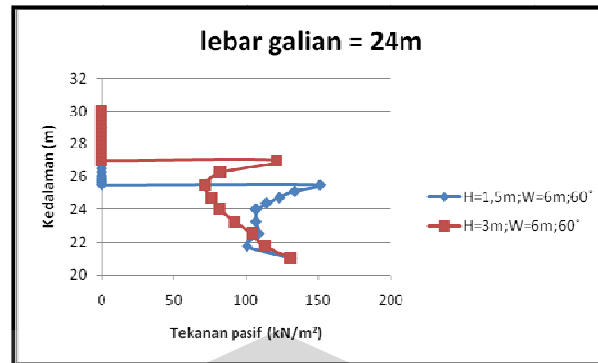
Grafik 4.110 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



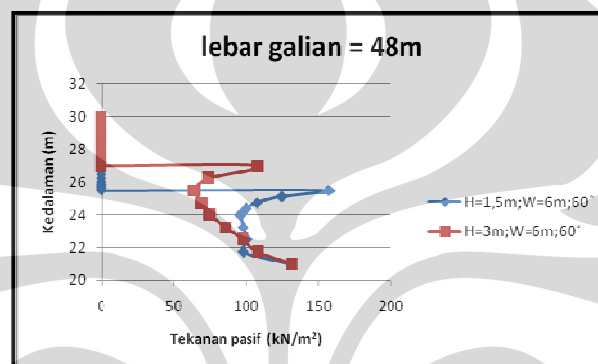
Grafik 4.111 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



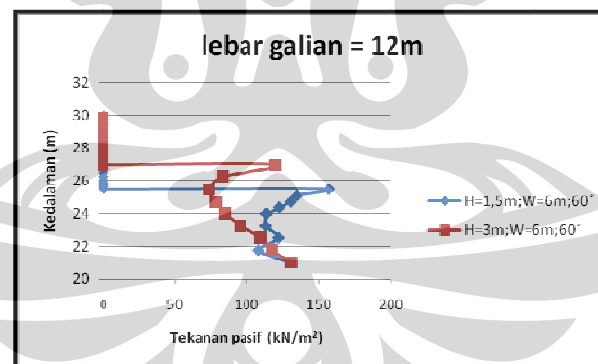
Grafik 4.112 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



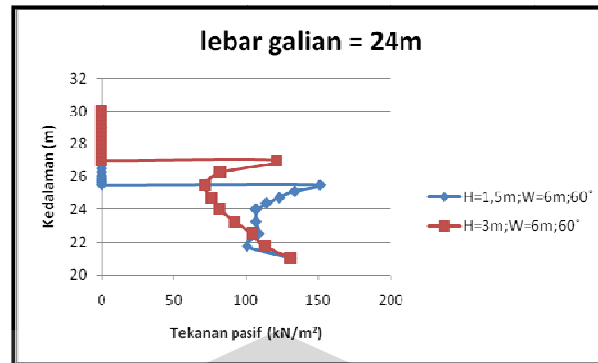
Grafik 4.113 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



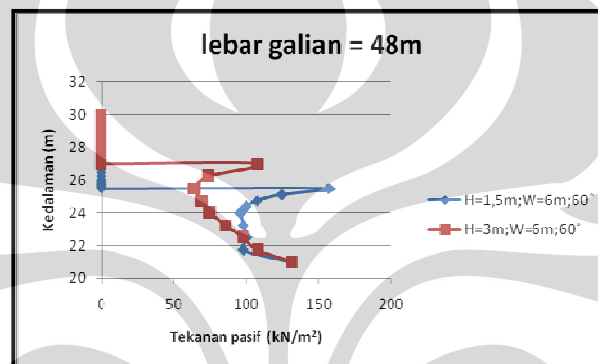
Grafik 4.114 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



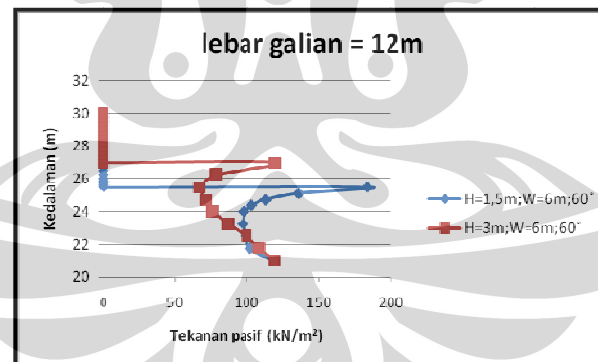
Grafik 4.115 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



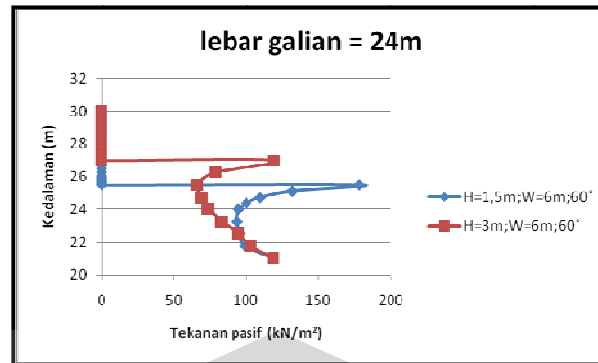
Grafik 4.116 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



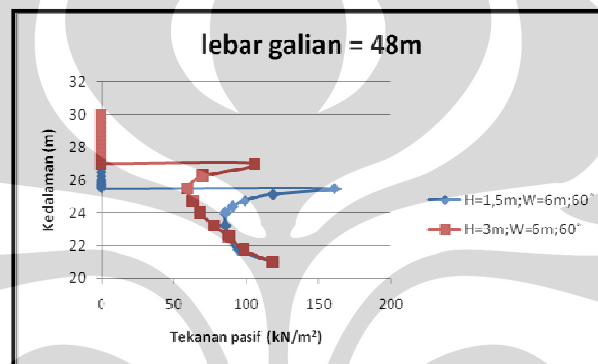
Grafik 4.117 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



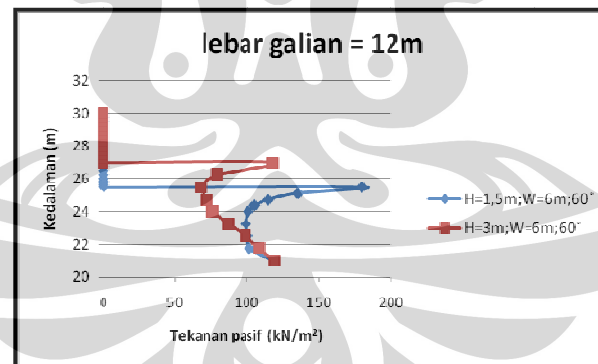
Grafik 4.118 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



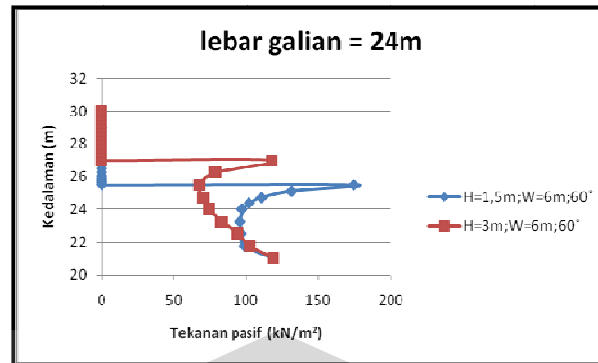
Grafik 4.119 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



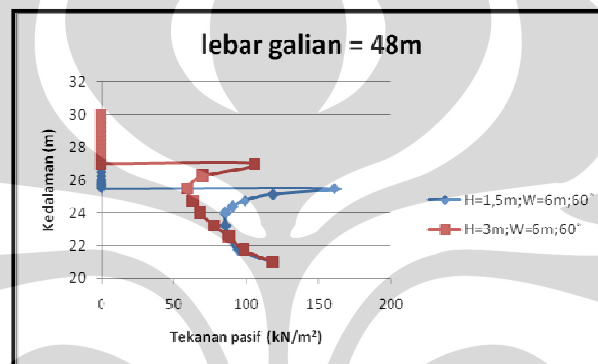
Grafik 4.120 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



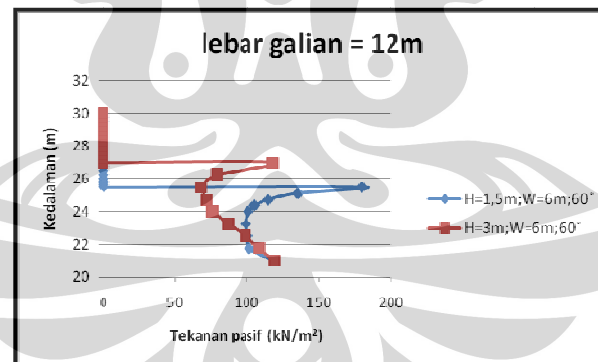
Grafik 4.121 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



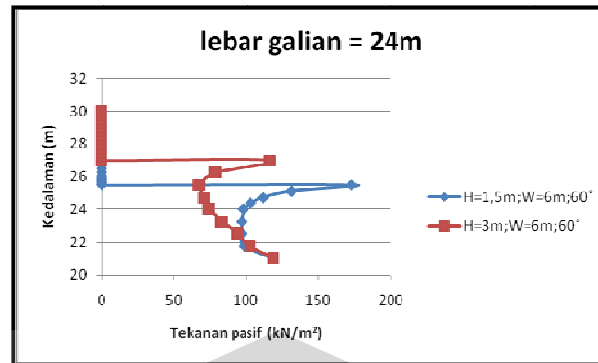
Grafik 4.122 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



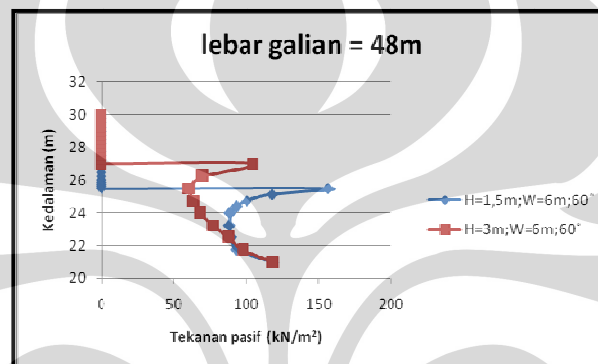
Grafik 4.123 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



Grafik 4.124 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



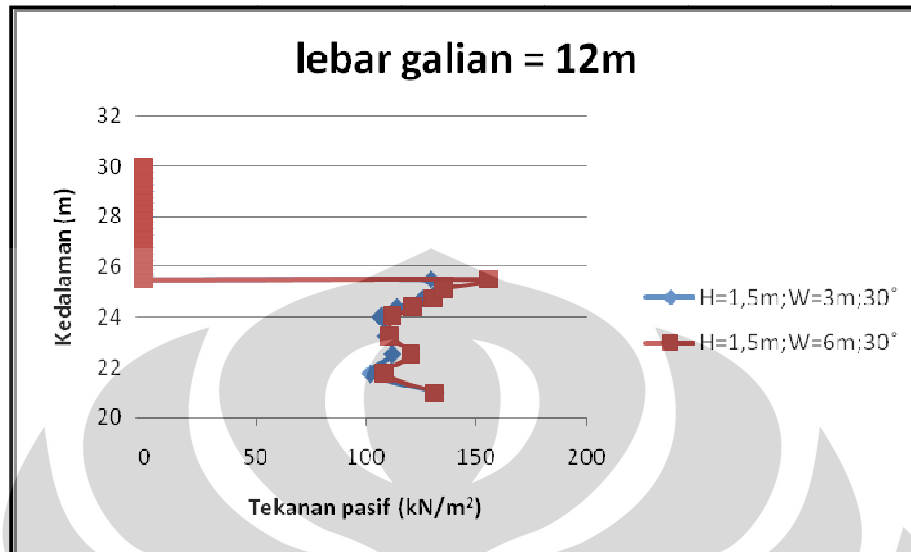
Grafik 4.125 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100



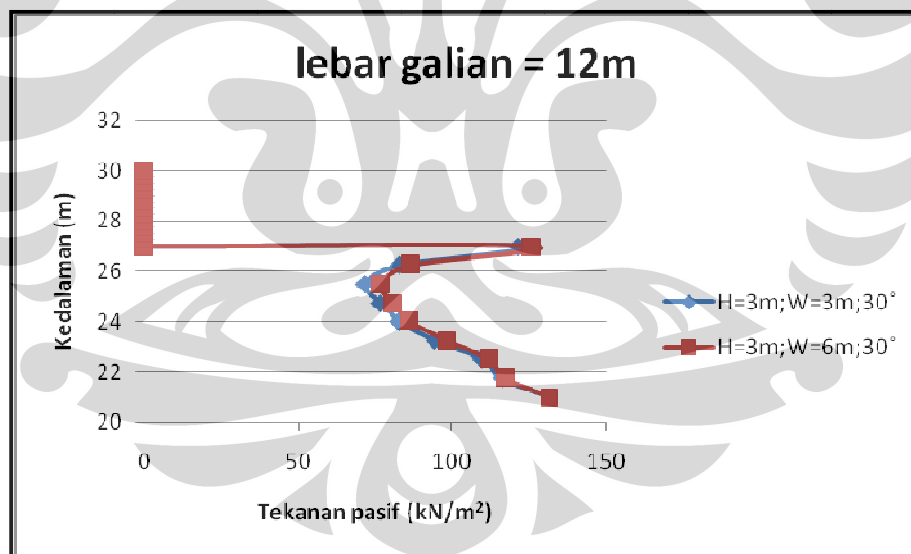
Grafik 4.126 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 100

Untuk tekanan tanah pasif dengan variasi permodelan, yaitu ketinggian earth berm dengan nilai kohesi yang sama, kekakuan struktur yang sama, serta lebar, sudut earth berm yang sama, maka semakin tinggi earth berm dalam permodelan plaxis ini, semakin kecil nilai dari tekanan tanah pasif. Hal ini menggambarkan hubungan antara tekanan tanah pasif dengan deformasi dinding, hubungan tersebut adalah karena ketinggian earth berm bertambah besar, maka massa tanah pada tanah pasif bertambah besar pula, hal ini mengakibatkan deformasi dinding berkurang karena gaya dorong yang disebabkan tanah aktif dapat ditahan lebih banyak oleh tanah pasif, sehingga tekanan tanah pasifnya berkurang pula. Sebagai contoh, pada grafik 4.55, dapat dilihat bahwa tekanan pasif pada kedalaman 25,5 m sebesar $129,53\text{ kN/m}^2$, untuk $H=1,5\text{ m}; W=3\text{ m}; 30^\circ$ dan sebesar $71,34\text{ kN/m}^2$, untuk $H=3\text{ m}; W=3\text{ m}; 30^\circ$.

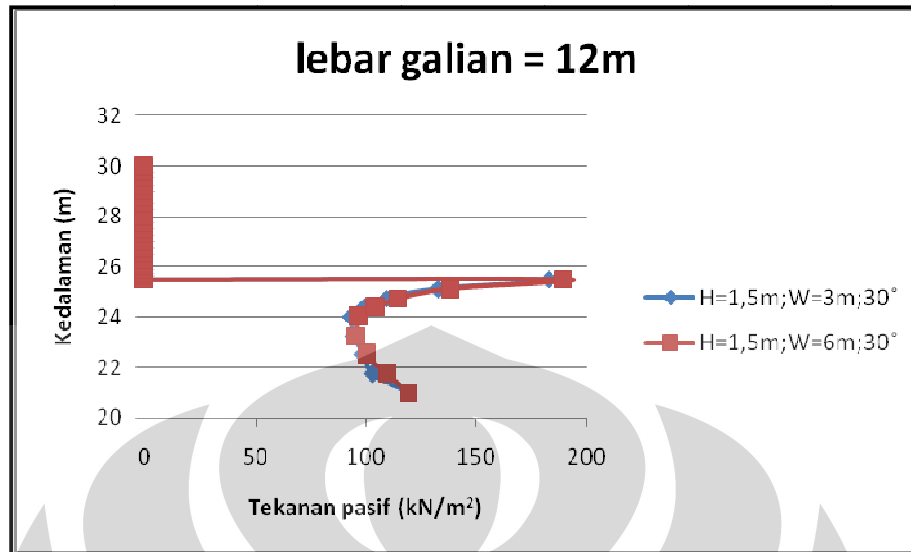
4.3.3.2 Analisa Tekanan Tanah Pasif terhadap Perubahan Lebar Earth Berm



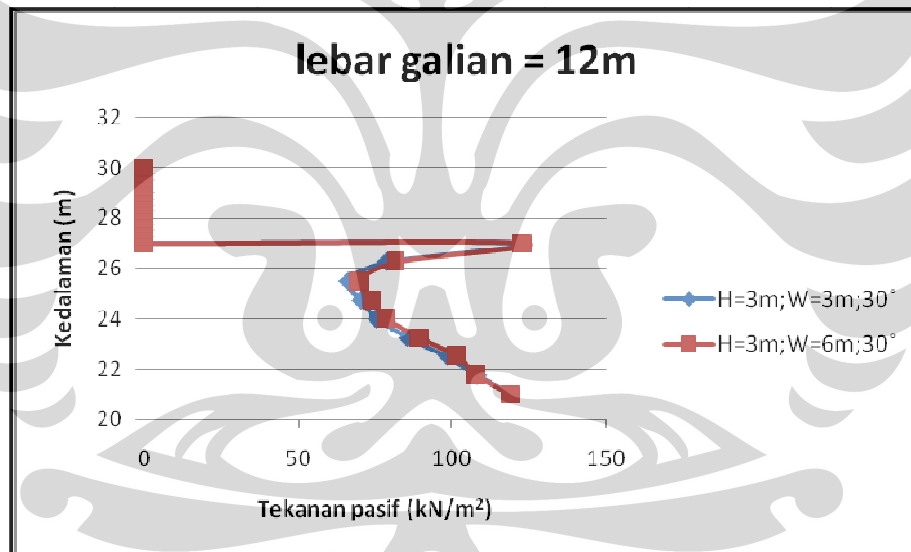
Grafik 4.106 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



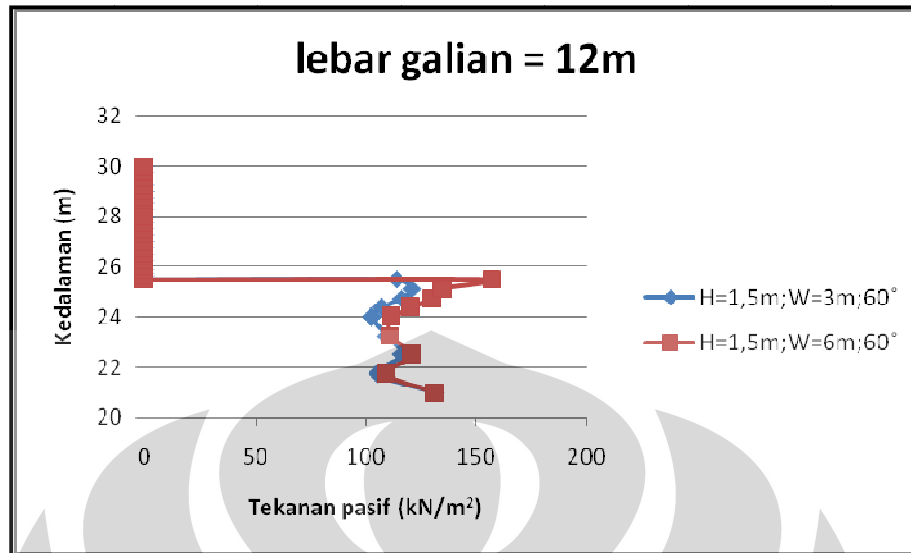
Grafik 4.107 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



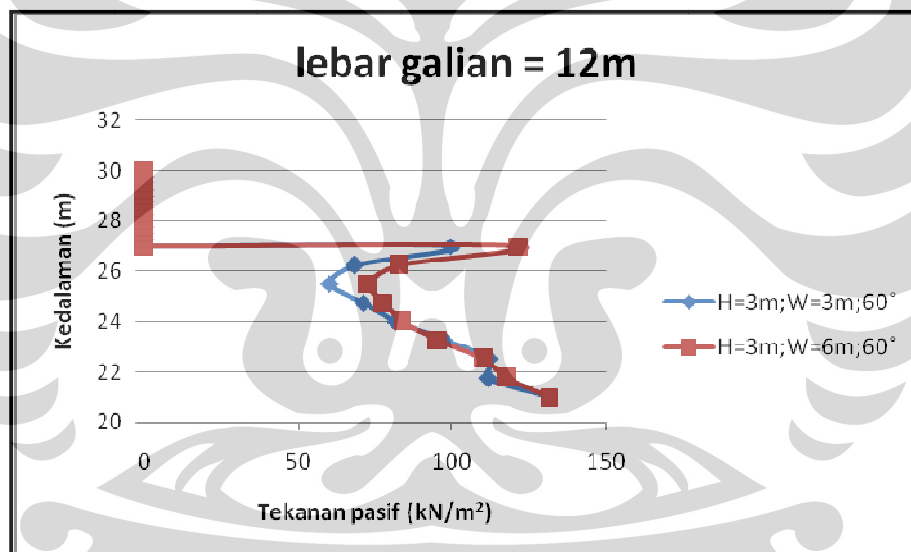
Grafik 4.108 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



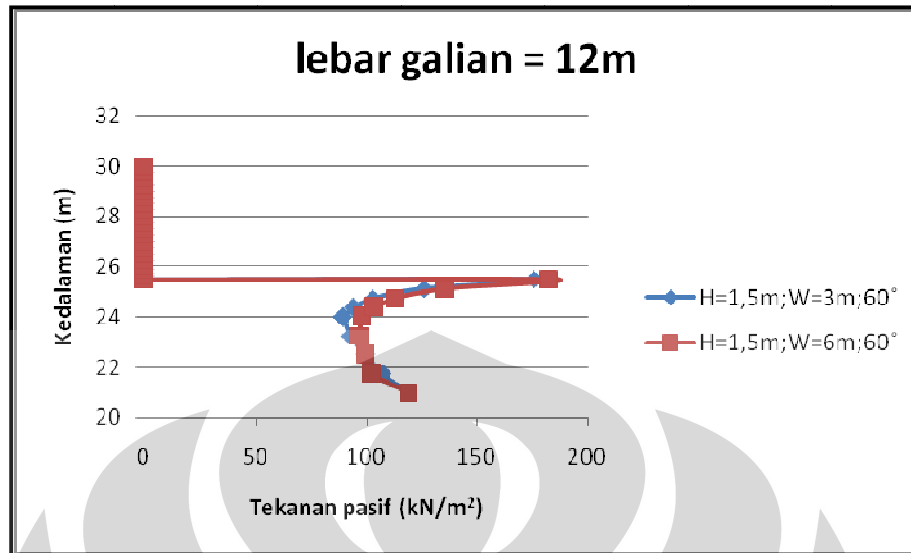
Grafik 4.109 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



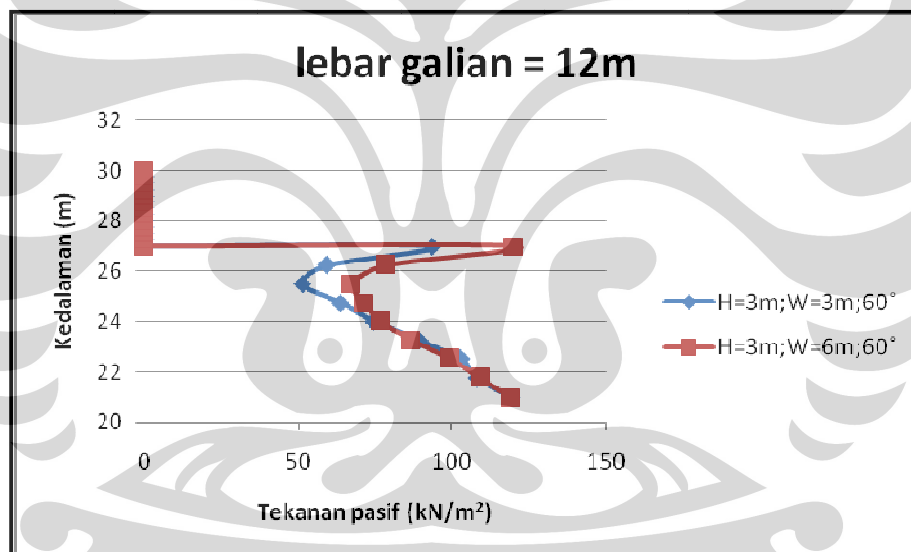
Grafik 4.110 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



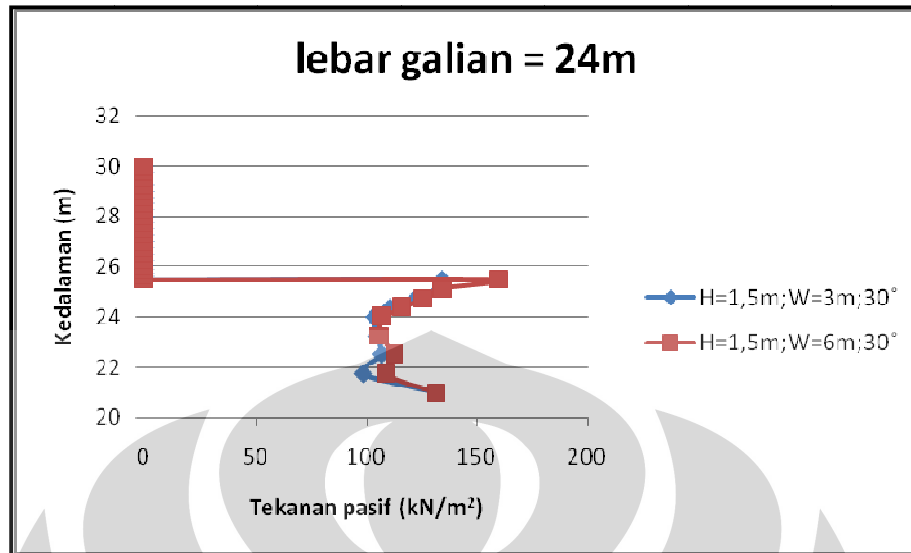
Grafik 4.111 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



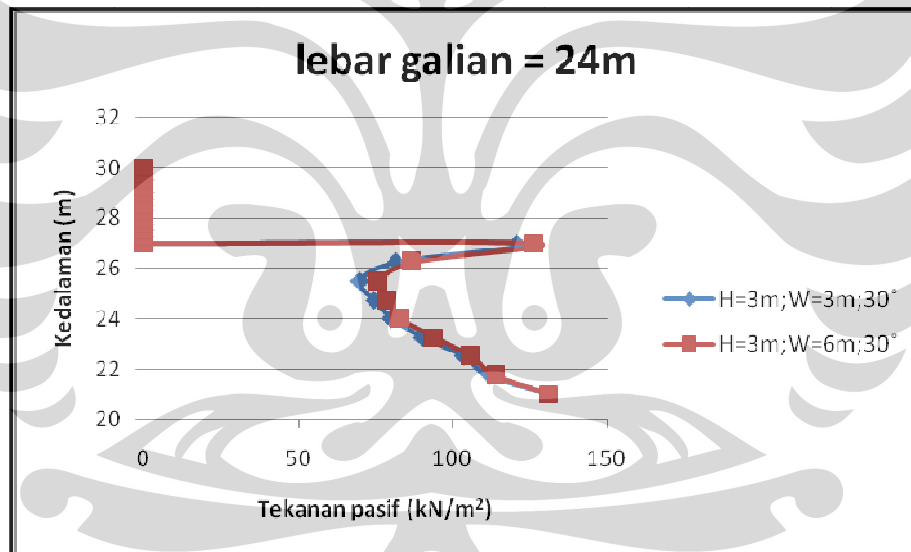
Grafik 4.112 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



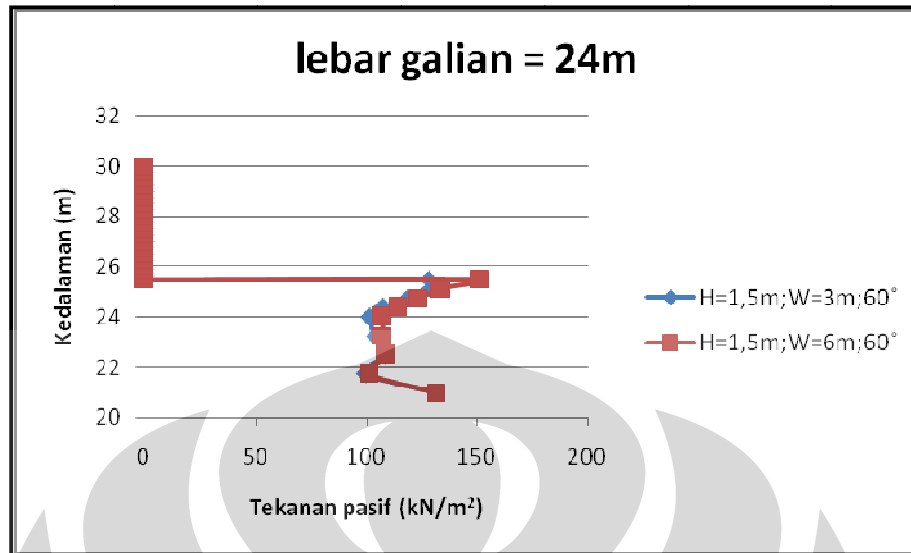
Grafik 4.113 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



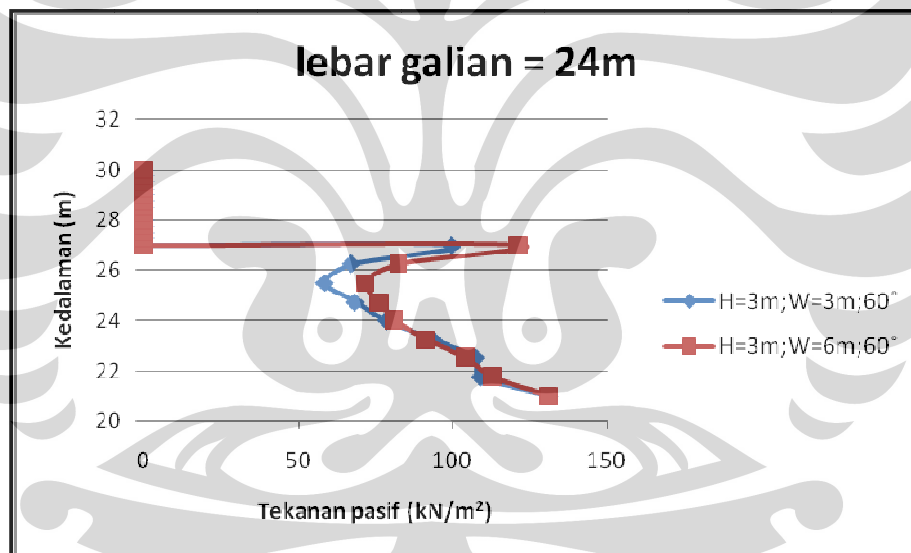
Grafik 4.114 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



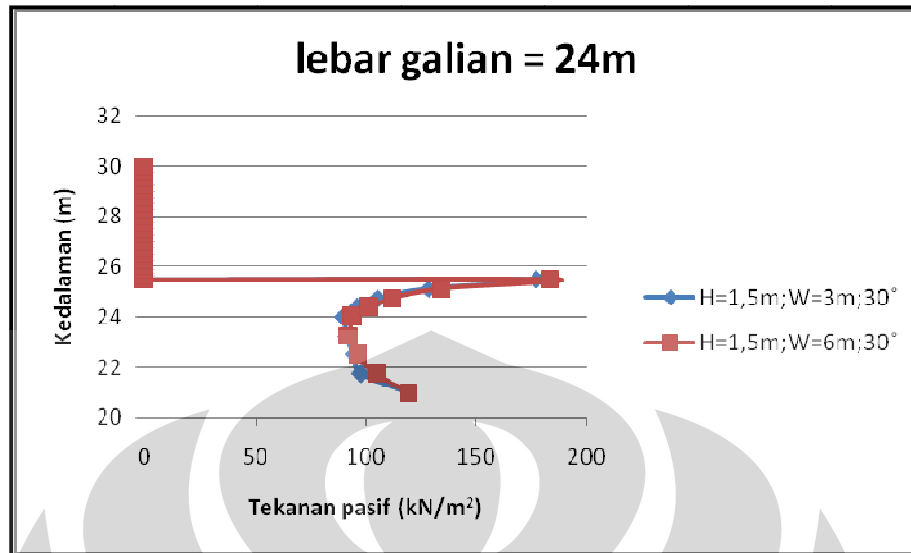
Grafik 4.115 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



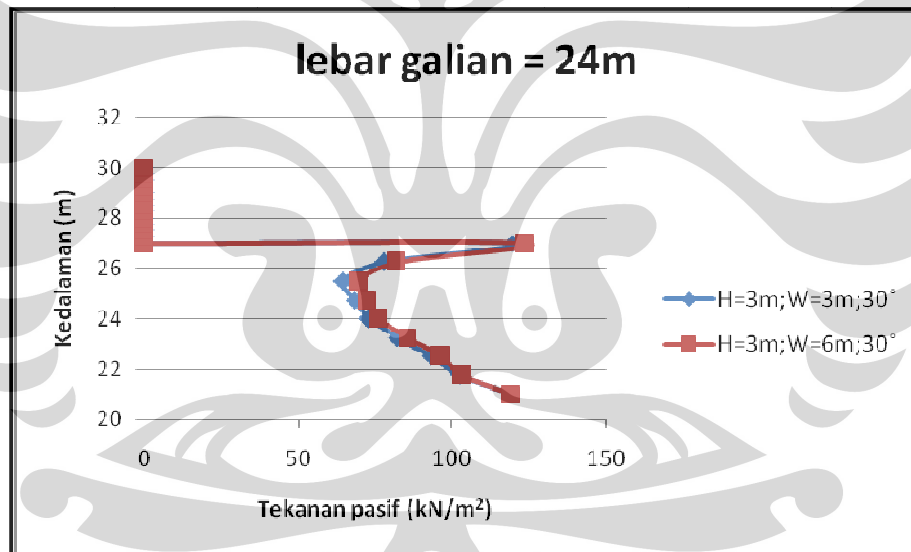
Grafik 4.116 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



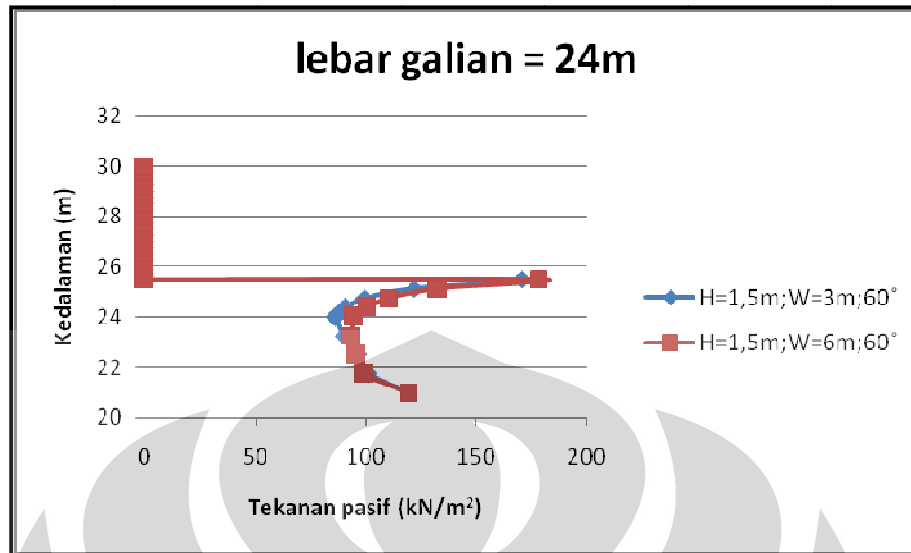
Grafik 4.117 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



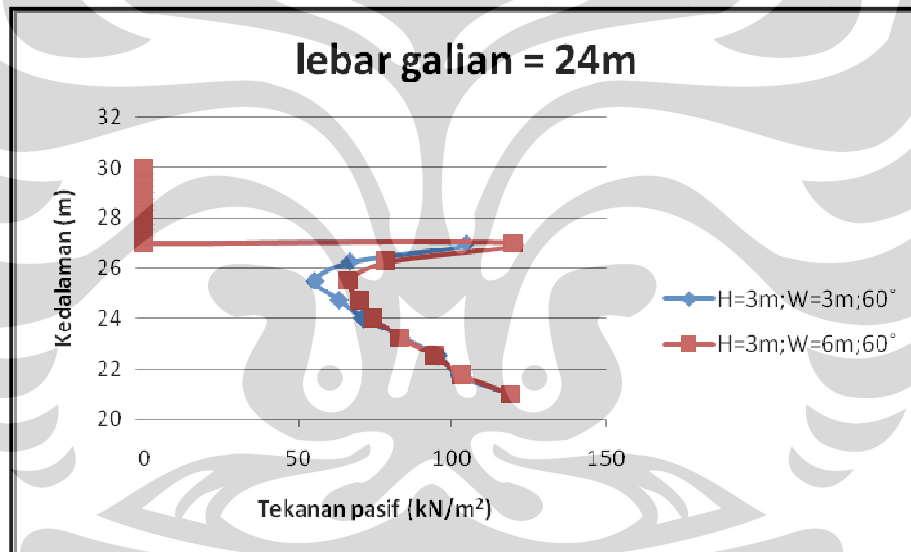
Grafik 4.118 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



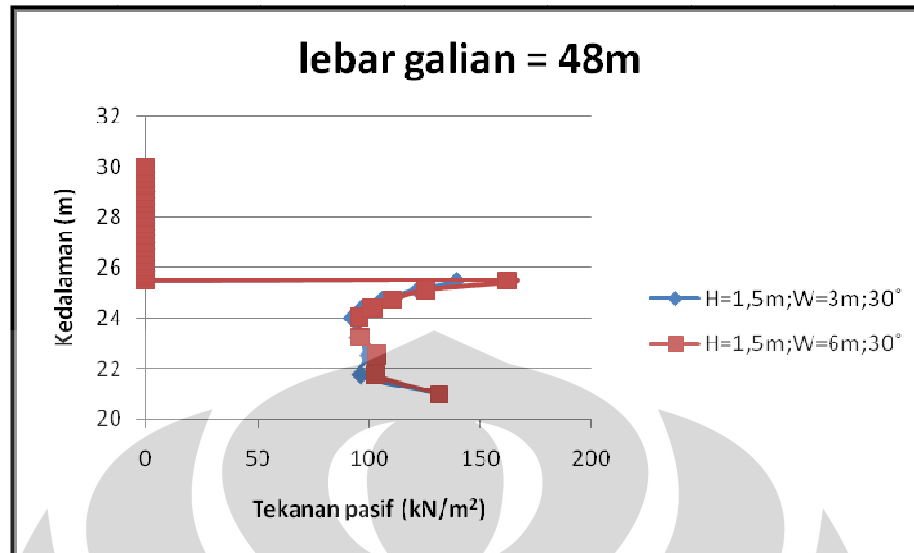
Grafik 4.119 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



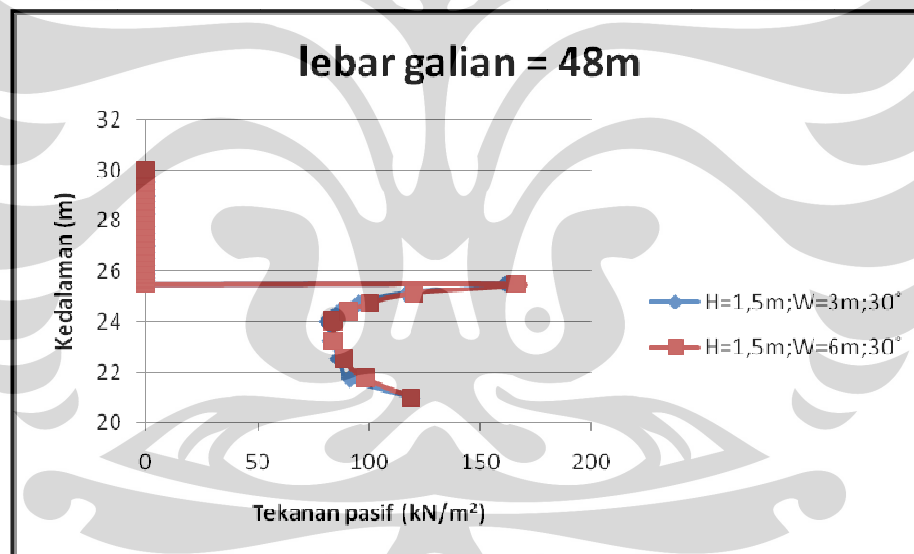
Grafik 4.120 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



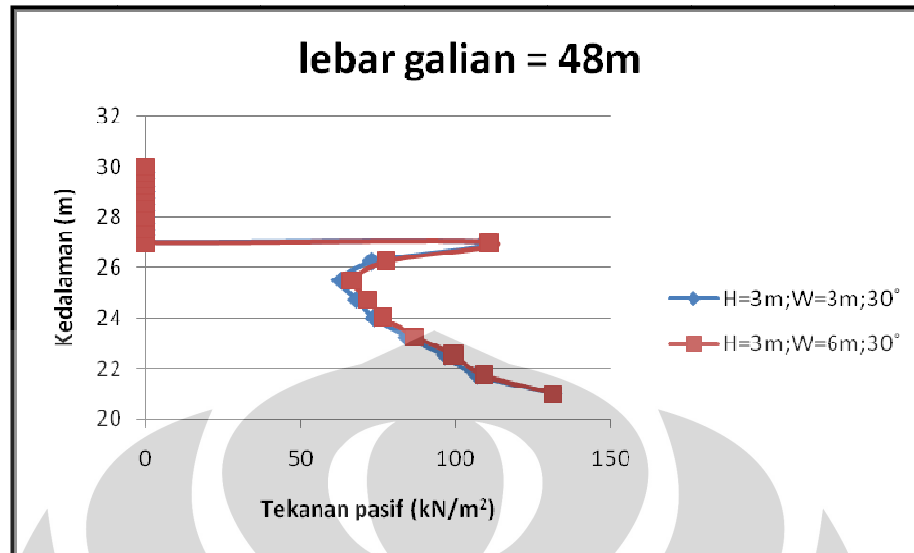
Grafik 4.121 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 30



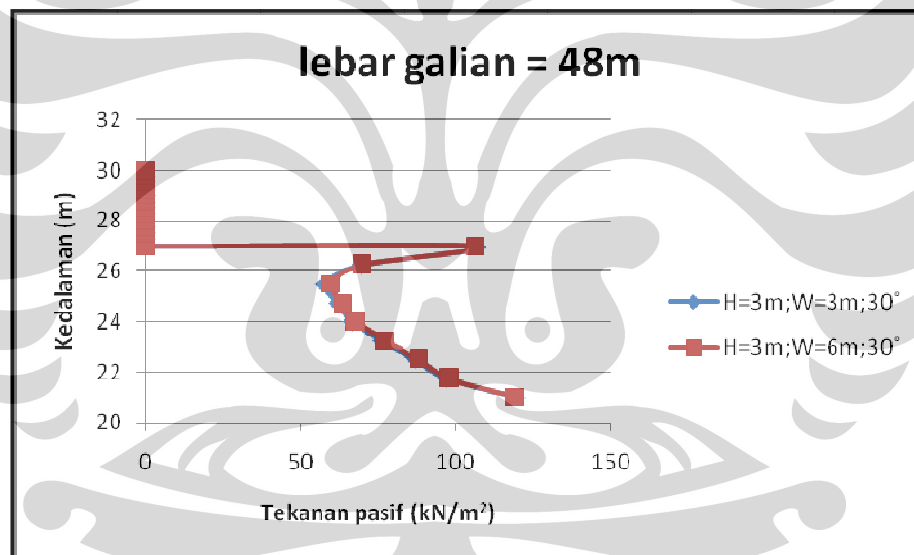
Grafik 4.122 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



Grafik 4.123 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10



Grafik 4.124 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10

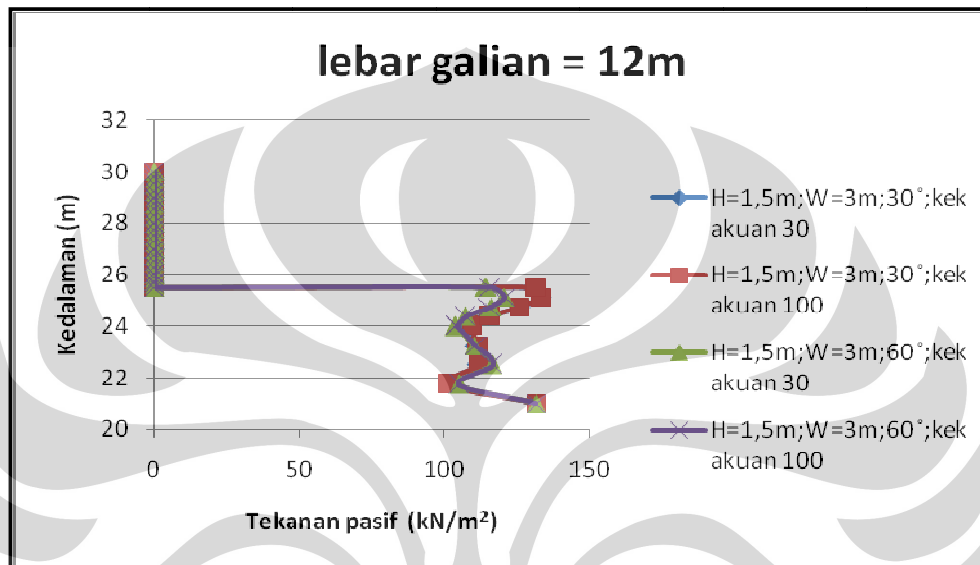


Grafik 4.125 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$); Kekakuan 10

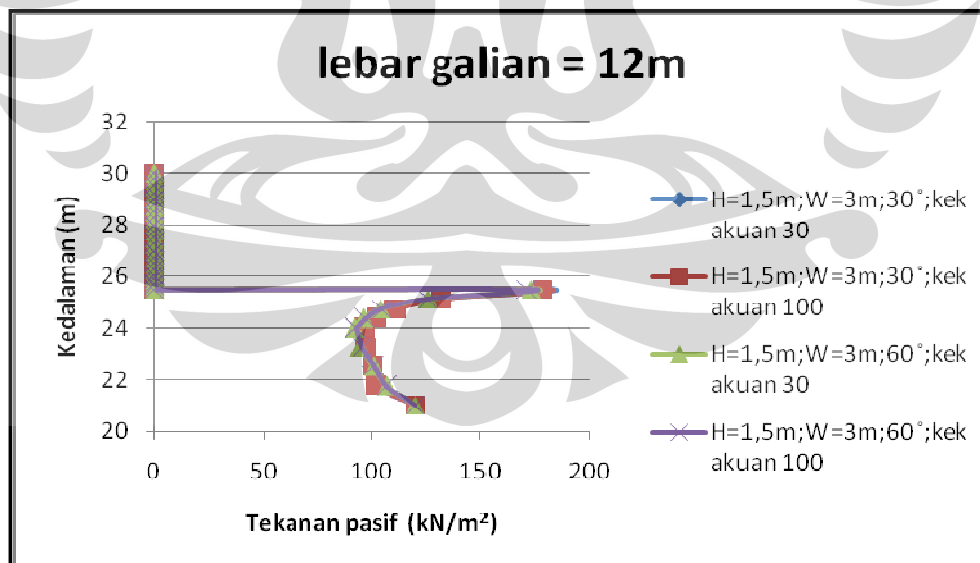
Untuk variasi lebar earth berm, makin lebar earth berm, maka makin besar nilai tekanan tanah pasifnya. Hal ini, dikarenakan penambahan massa setiap terjadi penambahan lebar earth berm, yang menyebabkan terjadinya penambahan gaya dorong tanah pasif, serta tekanan tanah pasif, sebagai contohnya, pada grafik 4.121, terlihat jelas pada kedalaman yang sama, nilai tekanan tanah pasif untuk $H=1,5\text{m};W=3\text{m};30^\circ$ (sudut yang dibentuk dari earth berm terhadap galian tanah),

lebih kecil dibandingkan dengan $H=1,5\text{m}; W=6\text{m}; 30^\circ$, tetapi peningkatan nilai tekanan pasif yang terjadi tidak terlalu besar, hal ini dapat dilihat pada grafik 4.119.

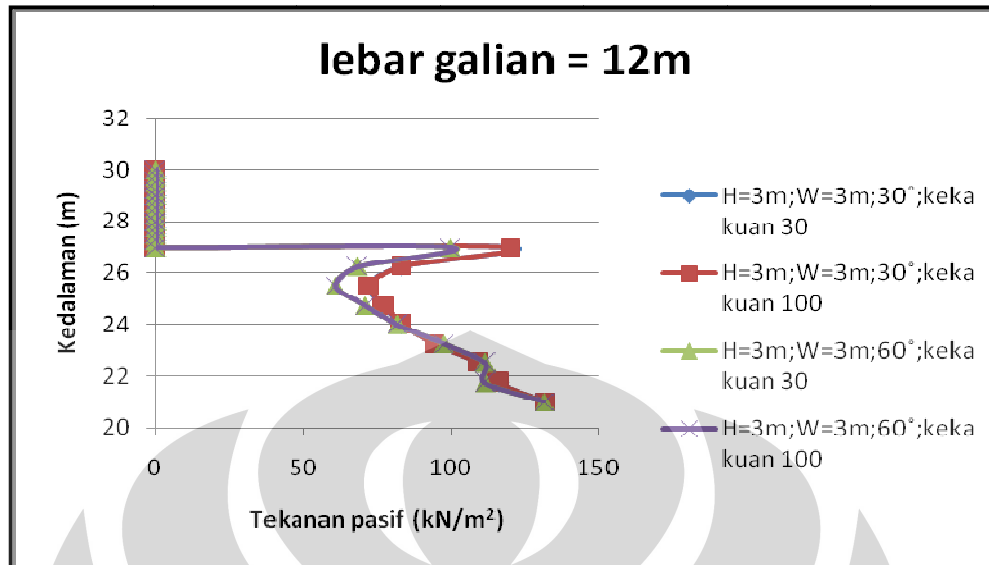
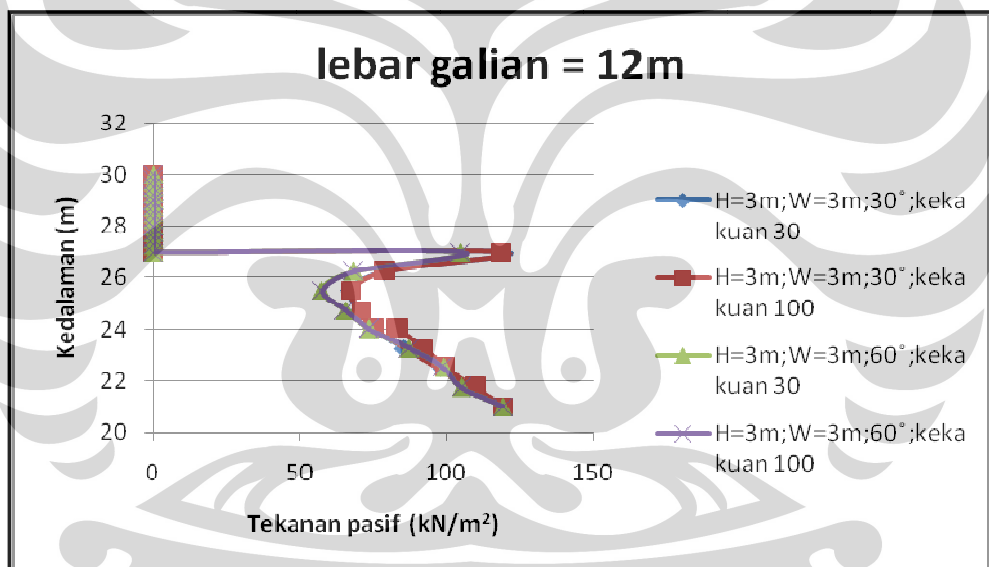
4.3.3.3 Analisa Tekanan Tanah Pasif terhadap Perubahan Sudut Earth Berm terhadap Galian Tanah



Grafik 4.126 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)



Grafik 4.127 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$)

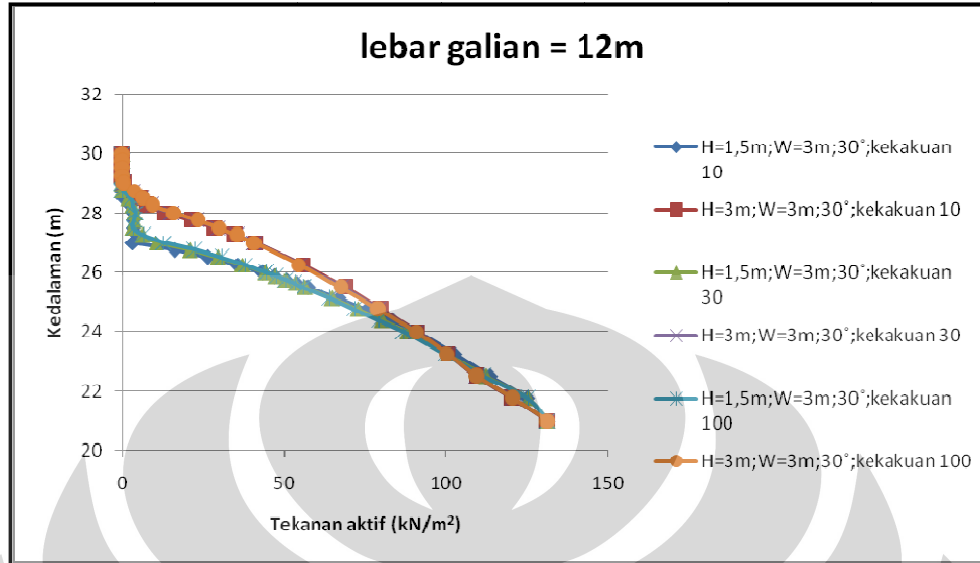
Grafik 4.128 Tekanan Pasif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)Grafik 4.129 Tekanan Pasif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$)

Untuk variasi sudut earth berm terhadap galian tanah, semakin besar sudut yang dipakai dalam permodelan, maka tekanan tanah pasifnya semakin berkurang. Hal ini dikarenakan massa tanah untuk sudut earth berm = 30° lebih besar daripada sudut earth berm = 60° untuk nilai kekakuan yang sama dan nilai kohesi yang sama pula, serta ketinggian dan lebar earth berm yang sama.

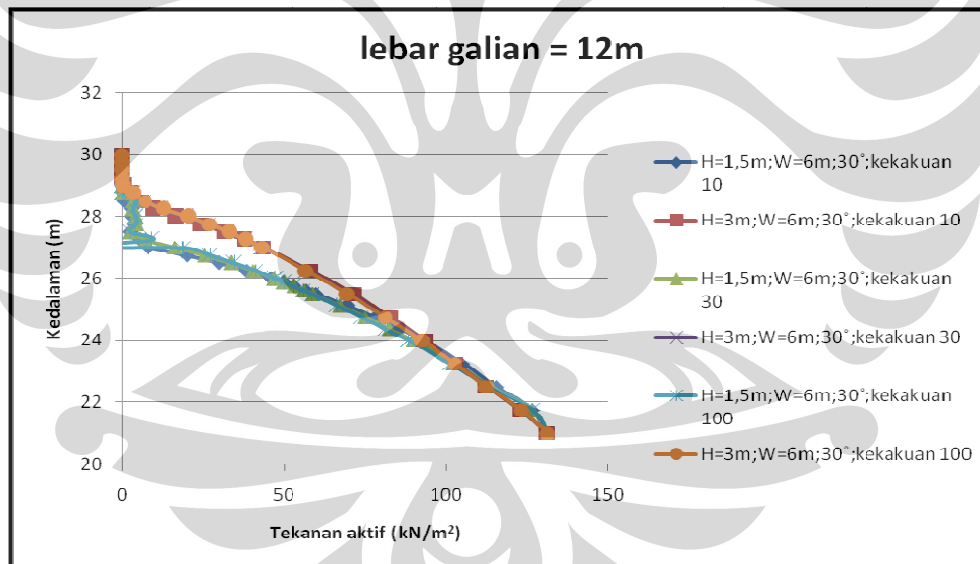
Untuk kenaikan kekakuan struktur dengan dimensi earth berm yang sama, nilai kohesi yang sama pula, dapat disimpulkan bahwa semakin kaku suatu struktur yang digunakan dalam permodelan ini, maka semakin kecil nilai tekanan tanah pasifnya. Hal ini dikarenakan deformasi yang terjadi akan semakin kecil seiring dengan kenaikan nilai kekakuan strukturnya.

Untuk semua variasi dari ketinggian, lebar, serta sudut earth berm, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk variasi dari ketinggian earth berm didapat bahwa variasi ketinggian earth berm, menghasilkan nilai tekanan tanah pasif yang signifikan daripada variasi lebar ataupun sudut earth berm. Hal ini dikarenakan penambahan tanah pada tanah pasif, untuk variasi ketinggian earth berm, memberikan penambahan massa tanah yang cukup besar daripada variasi-variasi seperti lebar maupun sudut earth berm. Penambahan massa tanah tersebut, yang menimbulkan gaya dorong pada tanah pasif bertambah, yang menyebabkan bertambahnya juga tekanan tanah pasifnya.

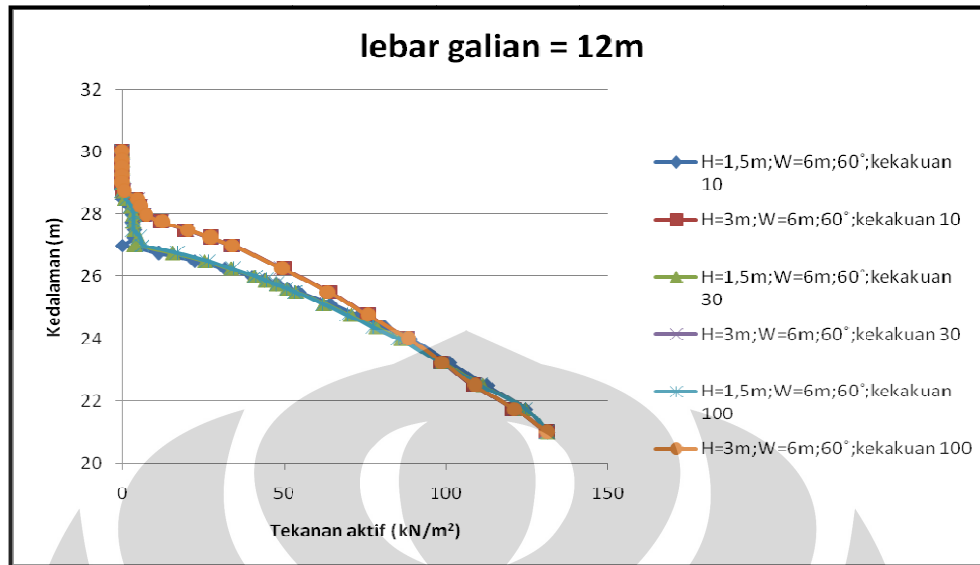
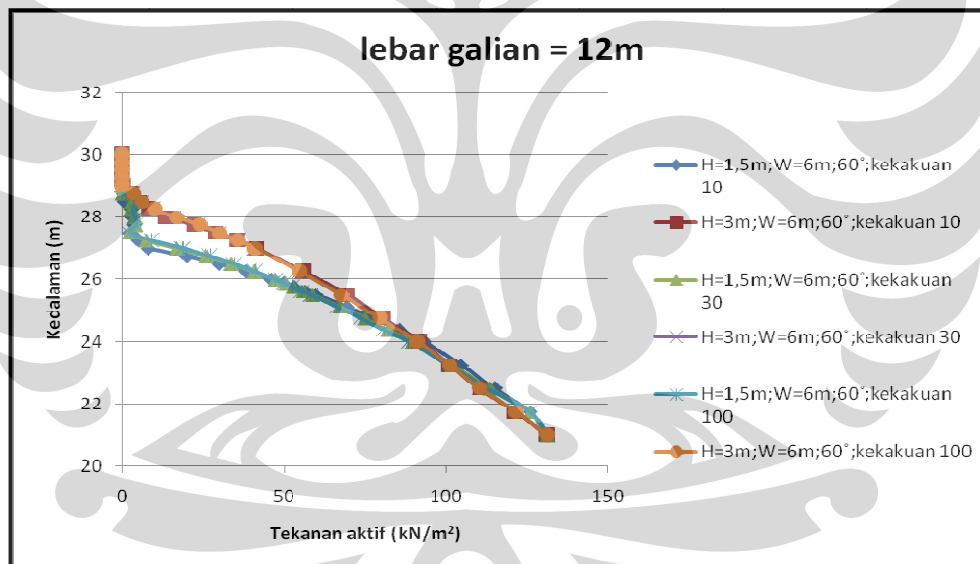
4.3.4 Analisa Tekanan Tanah Aktif

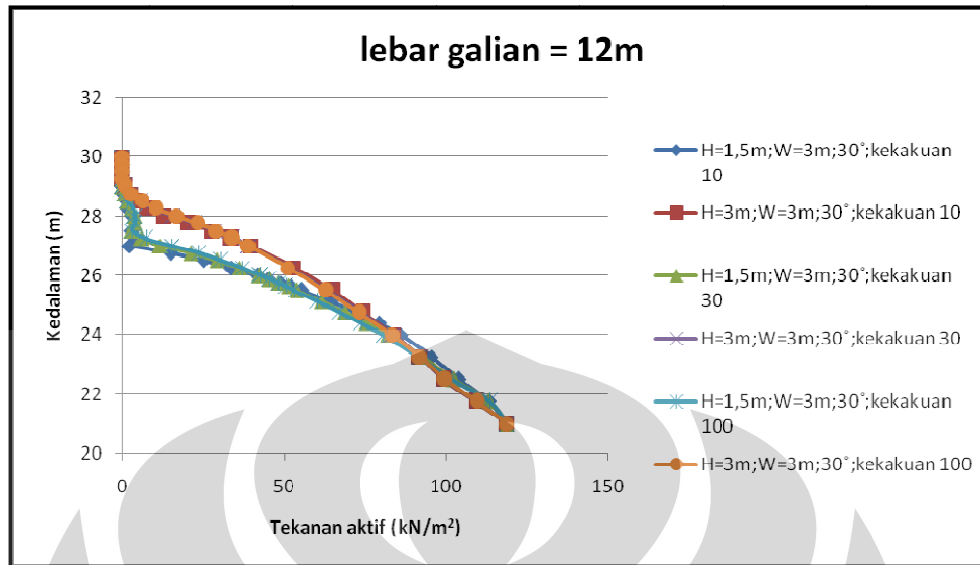
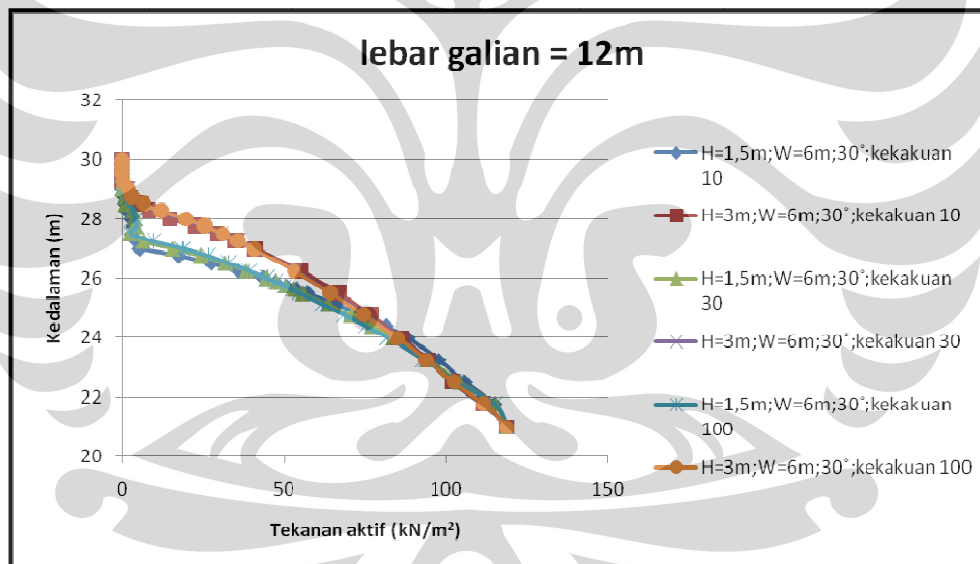


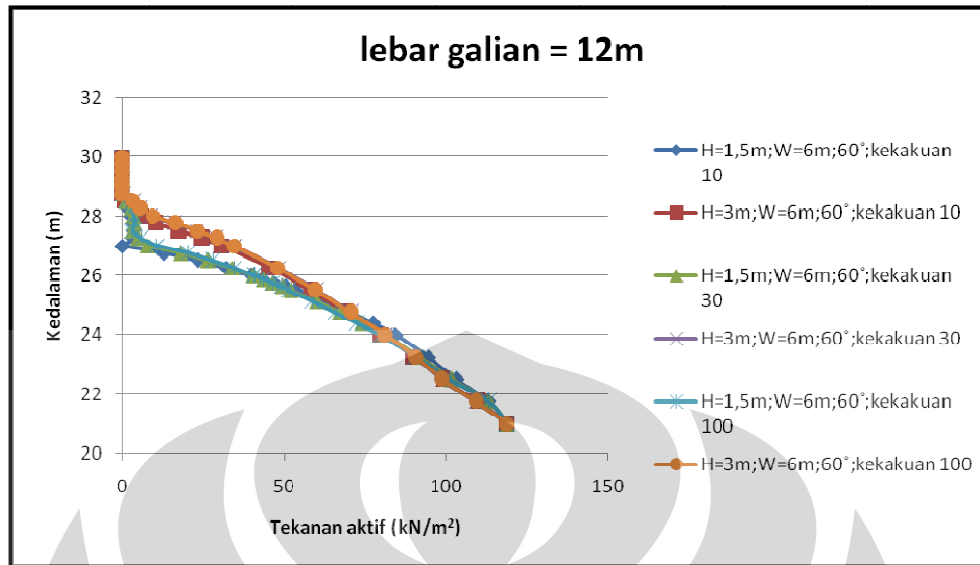
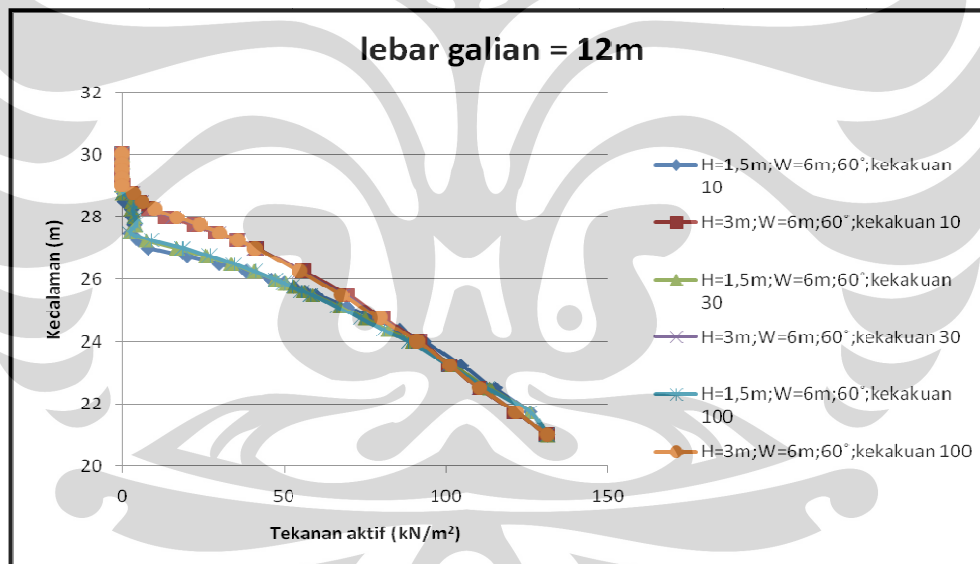
Grafik 4.130 Tekanan Aktif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)

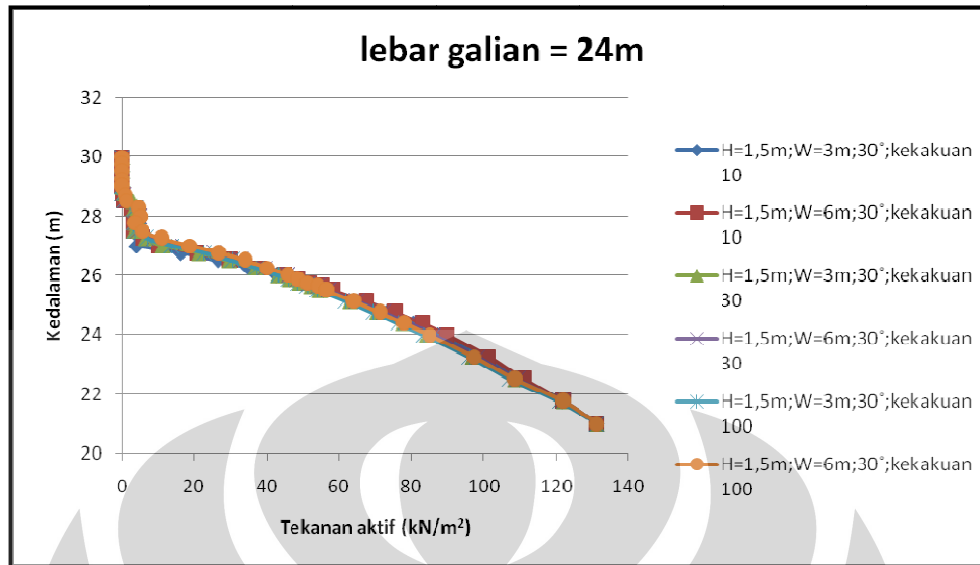
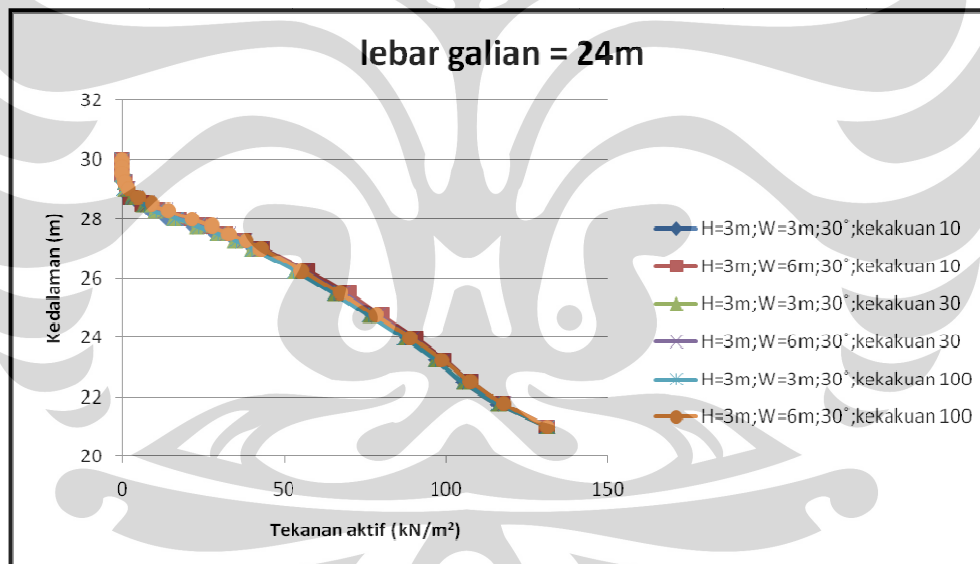


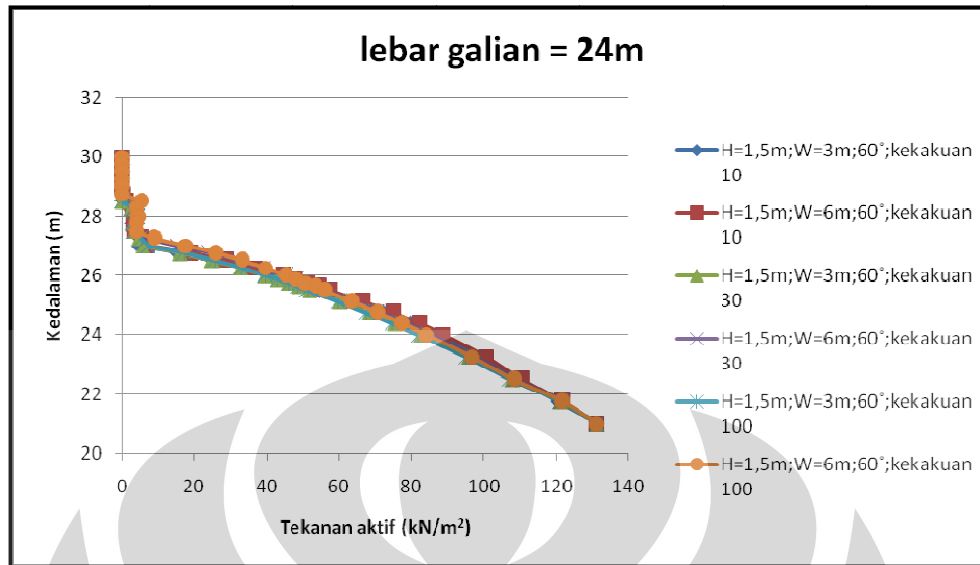
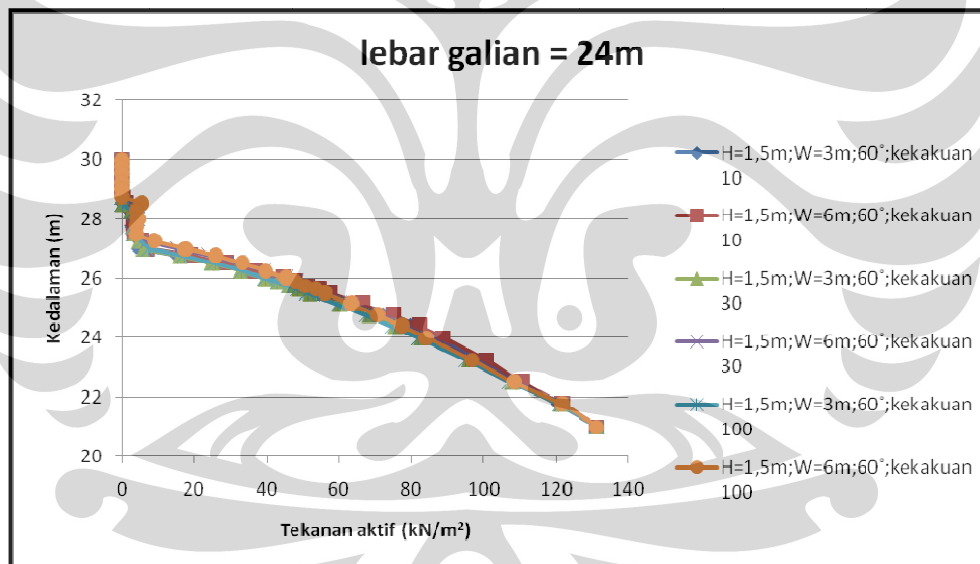
Grafik 4.131 Tekanan Aktif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)

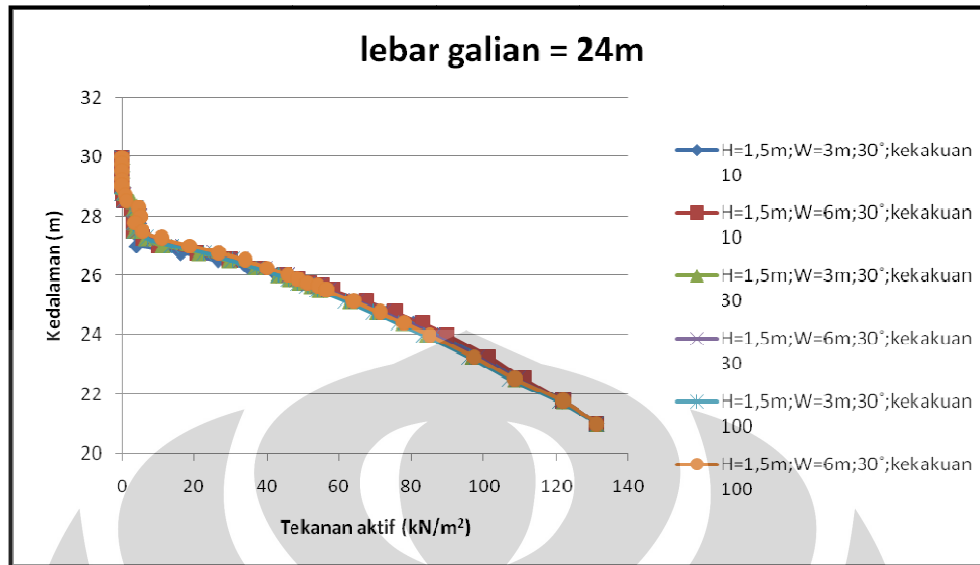
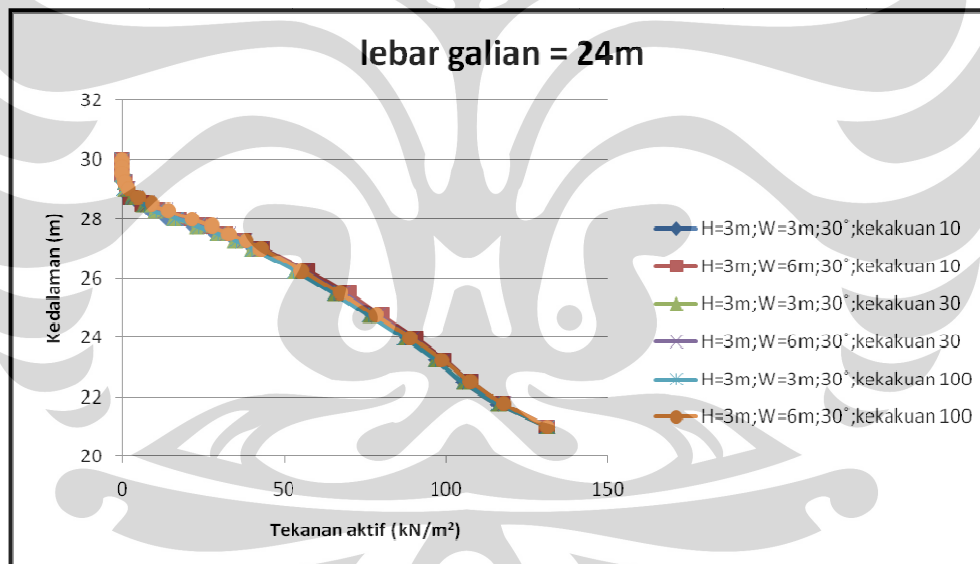
Grafik 4.132 Tekanan Aktif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)Grafik 4.133 Tekanan Aktif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)

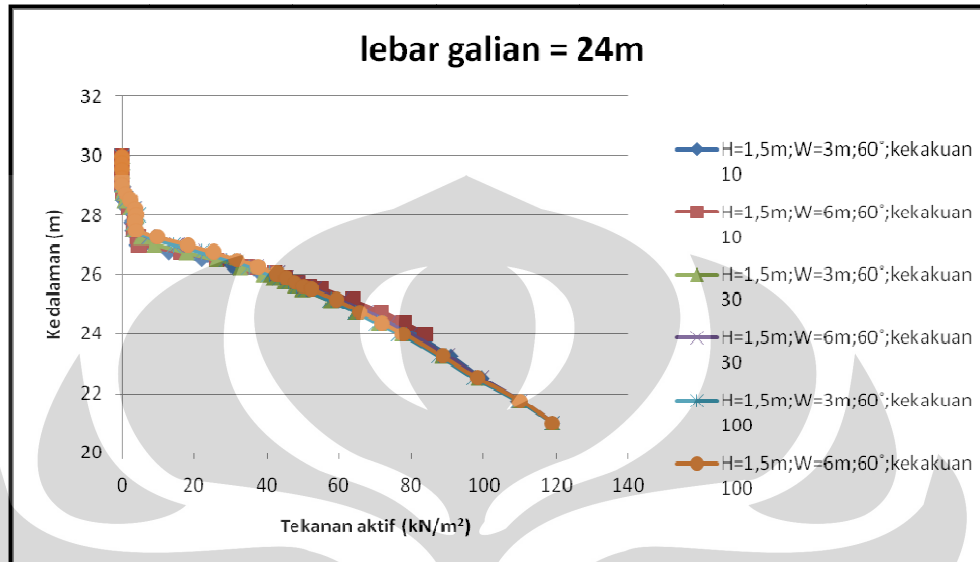
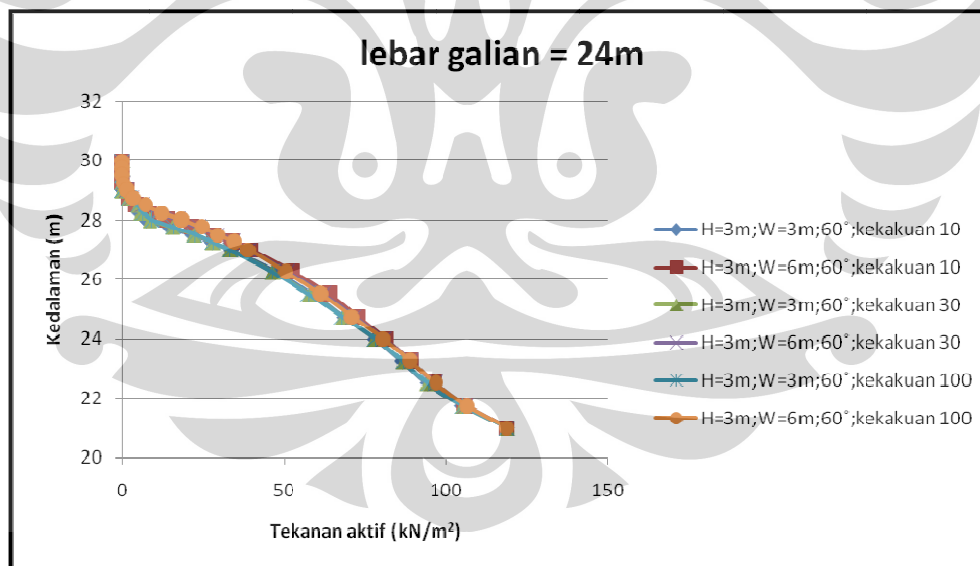
Grafik 4.134 Tekanan Aktif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$)Grafik 4.135 Tekanan Aktif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$)

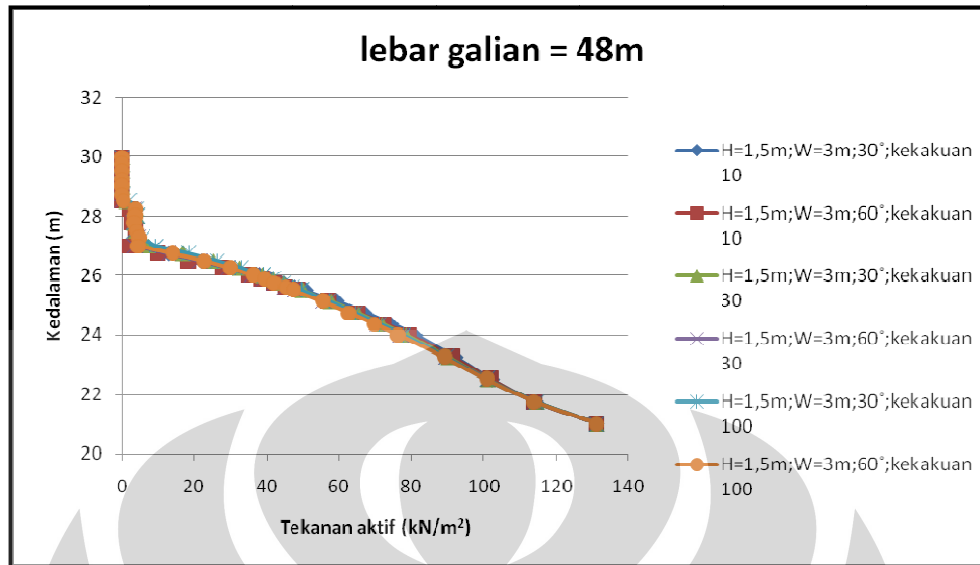
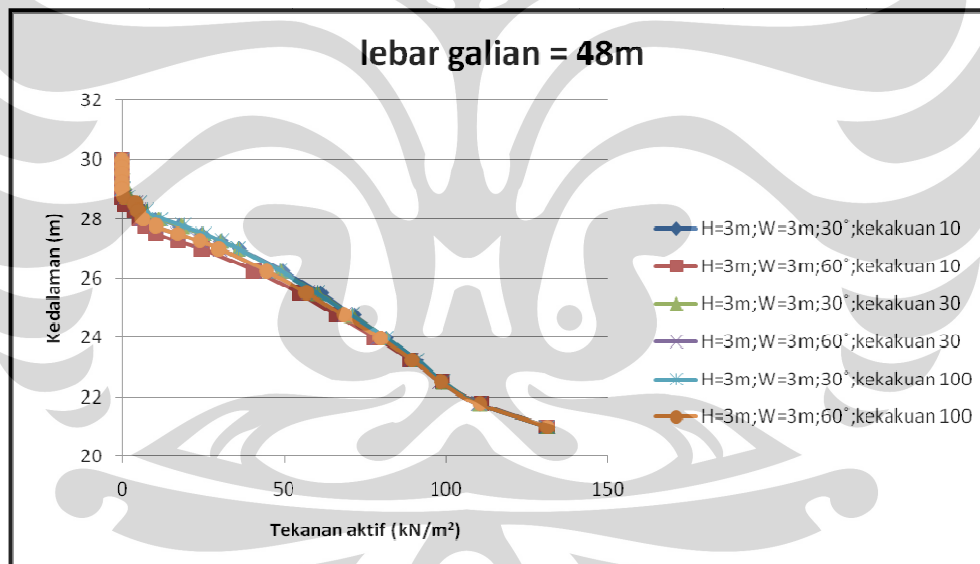
Grafik 4.136 Tekanan Aktif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$)Grafik 4.137 Tekanan Aktif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$)

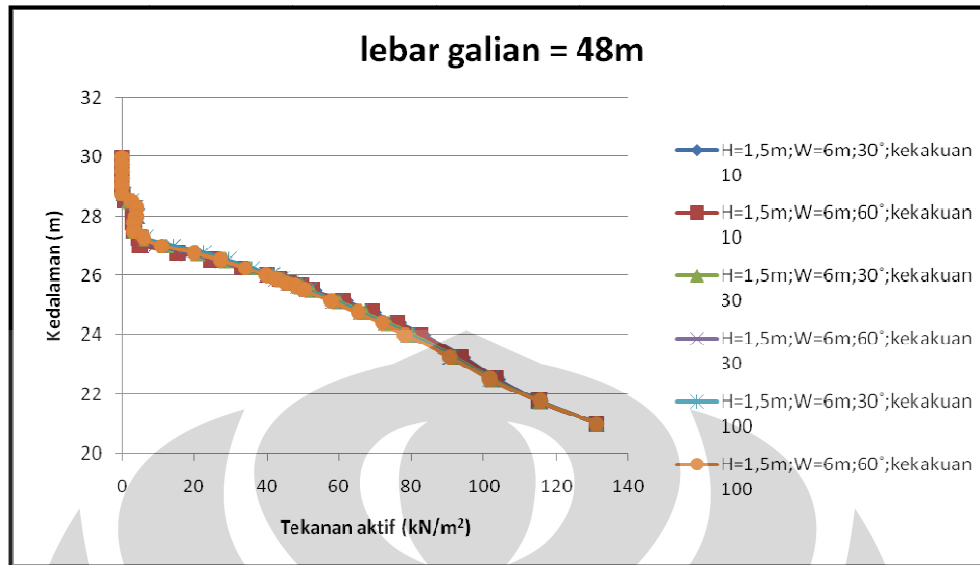
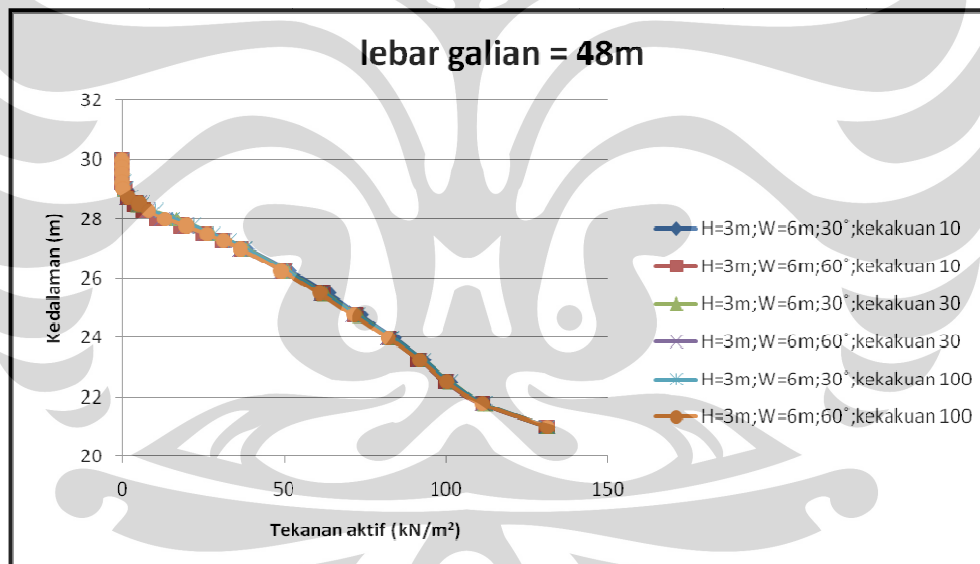
Grafik 4.138 Tekanan Aktif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)Grafik 4.139 Tekanan Aktif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)

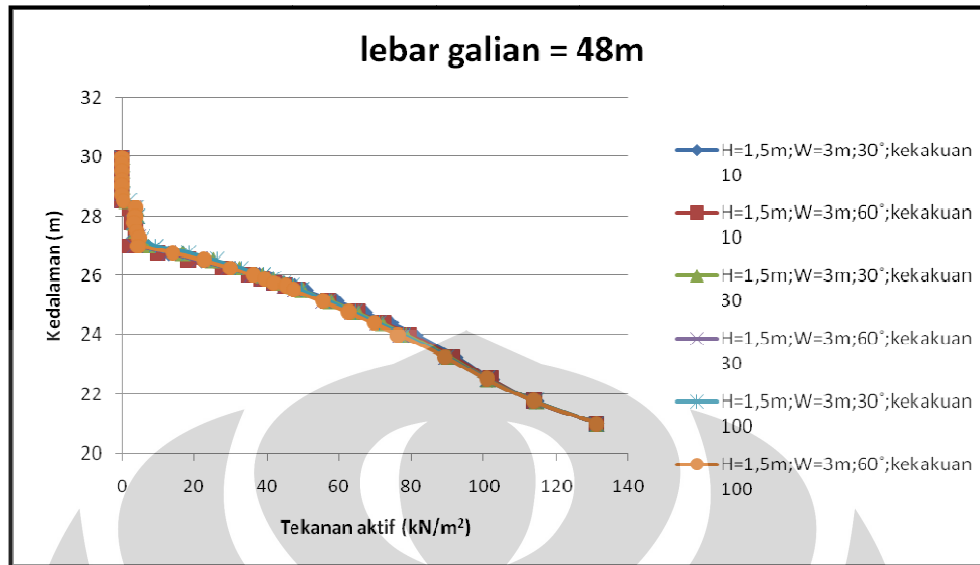
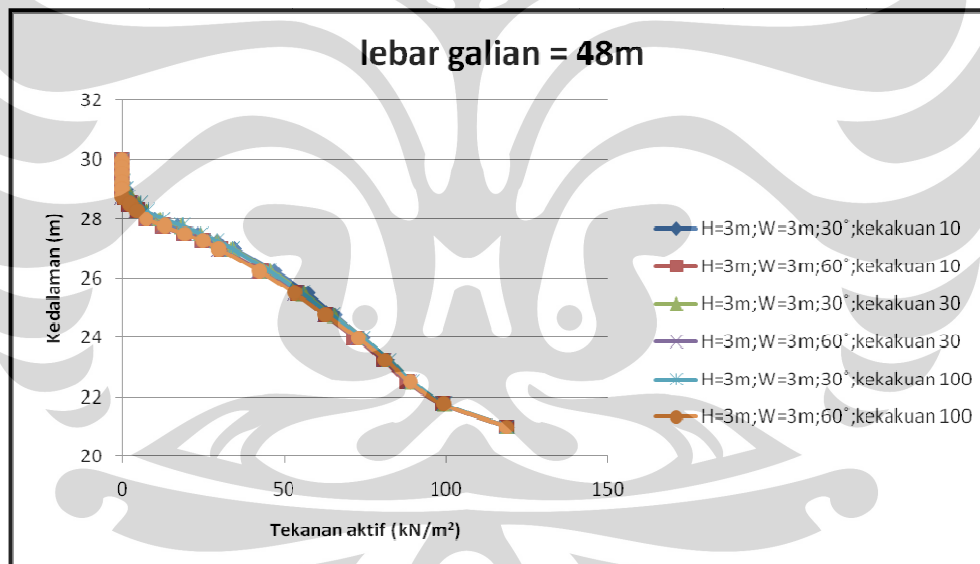
Grafik 4.140 Tekanan Aktif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)Grafik 4.141 Tekanan Aktif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)

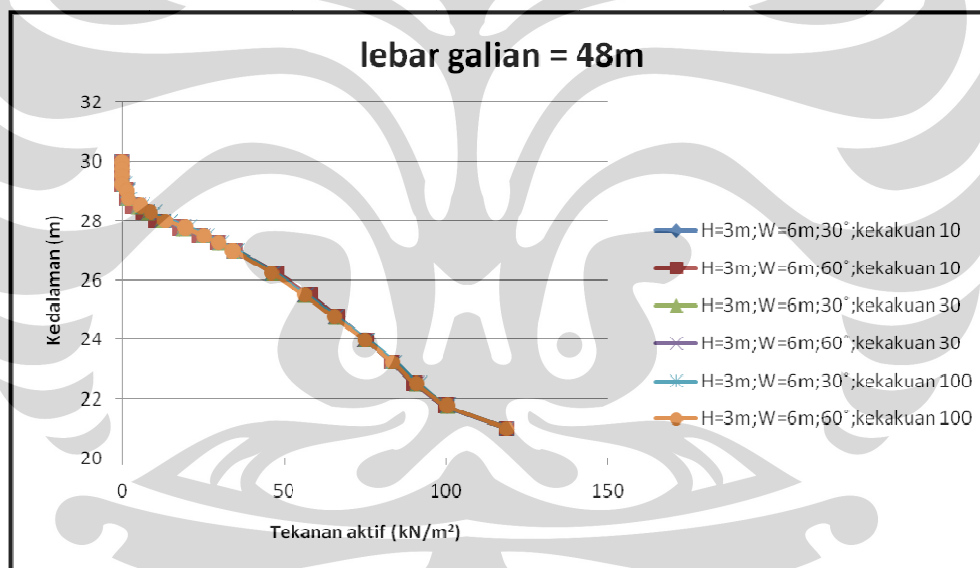
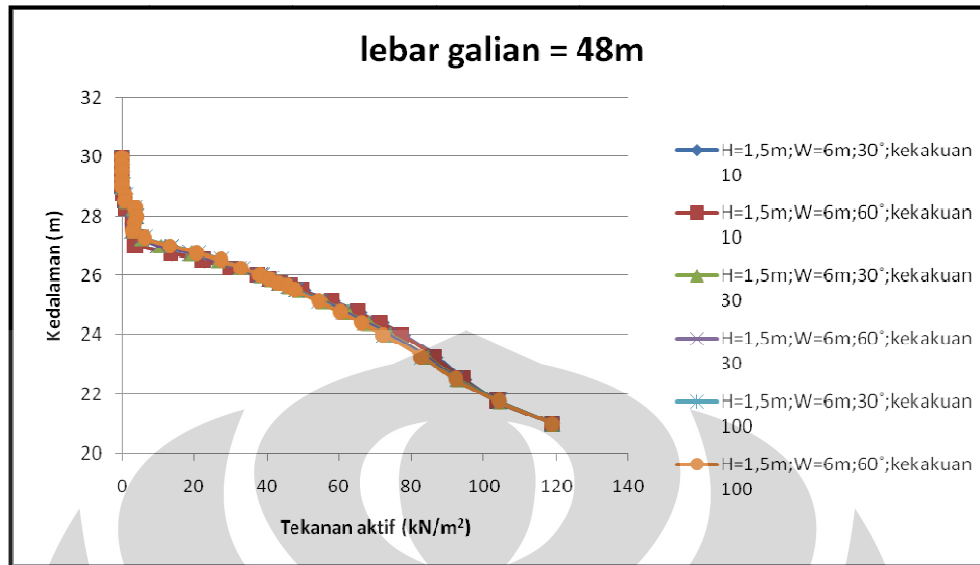
Grafik 4.142 Tekanan Aktif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$)Grafik 4.143 Tekanan Aktif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$)

Grafik 4.144 Tekanan Aktif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$)Grafik 4.145 Tekanan Aktif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$)

Grafik 4.146 Tekanan Aktif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)Grafik 4.147 Tekanan Aktif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)

Grafik 4.148 Tekanan Aktif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)Grafik 4.149 Tekanan Aktif ($S_u = 50\text{kN/m}^2$)

Grafik 4.150 Tekanan Aktif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$)Grafik 4.151 Tekanan Aktif ($S_u = 100\text{kN/m}^2$)



Pada grafik-grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai kekakuan struktur, maka semakin besar nilai tekanan tanah aktifnya. Hal ini disebabkan karena kenaikan kekakuan diikuti oleh penurunan deformasi dinding, yang menyebabkan tekanan tanah aktif bertambah.

Untuk variasi dimensi earth berm, semakin tinggi ketinggian permodelan earth berm, maka semakin besar nilai tekanan aktifnya, dapat dilihat pada grafik 4.128 sampai grafik 4.135, hal ini disebabkan karena kenaikan ketinggian earth berm akan diiringi oleh kenaikan massa tanah pada tanah pasif, sehingga gaya dorong pada tanah pasif bertambah besar, yang menyebabkan penurunan deformasi dinding, sehingga tekanan tanah aktifnya bertambah besar.

Untuk variasi lebar earth berm, semakin lebar earth berm yang dipakai dalam permodelan ini, maka semakin tekanan tanah aktifnya semakin besar, dapat dilihat dari grafik 4.136 samapi grafik 4.143, hal ini disebabkan karena semakin lebar earth berm akan diiringi oleh kenaikan massa tanah pada tanah pasif, sehingga gaya dorong pada tanah pasif bertambah besar, yang menyebabkan penurunan deformasi dinding, sehingga tekanan tanah aktifnya bertambah besar.

Untuk variasi sudut earth berm terhadap galian tanah, untuk sudut 30° dan untuk sudut 60° , perbedaan tekanan aktifnya tidak terlalu besar atau relatif sama besarnya, hal ini dikarenakan besarnya pertambahan massa pada tanah pasif tidak terlalu signifikan.

Untuk semua variasi dari ketinggian, lebar, serta sudut dari earth berm, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi dari ketinggian earth berm, yang menimbulkan tekanan tanah aktif yang cukup besar daripada variasi lebar ataupun sudut earth berm. Hal ini, dikarenakan pada variasi ketinggian earth berm, penambahan massa pada tanah pasif, cukup besar sehingga menimbulkan gaya dorong pada tanah pasif bertambah seiring pertambahan massa tanah tersebut, yang mengakibatkan deformasi pada dinding penahan tanah berkurang cukup besar dibandingkan dengan variasi-variasi lainnya, seperti lebar ataupun sudut earth berm. Pengurangan deformasi pada dinding penahan tanah, menimbulkan penambahan tekanan tanah aktif.

BAB 5

KESIMPULAN

Dalam skripsi ini, dilakukan berbagai variasi permodelan untuk mendapatkan pengaruh efek earth berm terhadap perilaku dari struktur dinding penahan tanah dengan menggunakan program Plaxis, variasi yang digunakan adalah :

1. Variasi tanah lempung $S_u = 50 \text{ kN/m}^2$ dan $S_u = 100 \text{ kN/m}^2$
2. 3 jenis variasi kekakuan struktur $\frac{EI}{\gamma_w \times H^4} = 10, 30, \text{ dan } 100$
3. Variasi dari earth berm : variasi ketinggian, variasi lebar, variasi sudut

Hasil Analisa ini, dapat disimpulkan, sebagai berikut :

1. Untuk kedalaman galian basement 6 m dengan kekakuan struktur yang makin tinggi, maka deformasi lateral yang terjadi akan semakin kecil, serta untuk nilai kohesi yang lebih besar, misal untuk $S_u = 50 \text{ kN/m}^2$ dan $S_u = 100 \text{ kN/m}^2$, maka semakin besar nilai kohesinya akan memperkecil deformasi lateral yang terjadi.
2. Untuk variasi dari model earth berm yang dipakai, untuk variasi ketinggian dari earth berm, semakin besar ketinggian earth berm dalam permodelan plaxis, maka semakin kecil deformasi lateral yang terjadi. Begitu pula untuk variasi lebar dari earth berm.
3. Momen maksimum yang terjadi akan semakin besar seiring dengan peningkatan kekakuan struktur.
4. Untuk variasi tinggi earth berm, semakin besar ketinggian earth berm yang digunakan dalam permodelan dengan lebar earth berm yang sama, maka nilai bending momen yang terjadi akan semakin besar. Hal ini didasari oleh penambahan massa tanah pada area galian, sehingga meningkatkan nilai tekanan pada area galian tersebut.
5. Untuk variasi lebar earth berm, semakin besar lebar dari earth berm dalam permodelan dengan ketinggian yang sama, maka nilai bending momen yang terjadi akan semakin besar.

6. Semakin besar nilai kekakuan struktur yang digunakan dalam permodelan, maka nilai tekanan tanah pasif yang terjadi akan semakin besar.
7. Untuk variasi ketinggian earth berm, semakin besar tinggi earth berm yang digunakan dalam permodelan, maka nilai tekanan tanah pasif yang terjadi akan semakin besar. Hal ini dikarenakan jumlah massa tanah semakin meningkat seiring peningkatan ketinggian earth berm, yang menyebabkan deformasi arah galian kecil, sehingga nilai tekanan tanah pasifnya akan semakin besar.
8. Untuk variasi lebar earth berm, semakin besar lebar earth berm yang digunakan, maka tekanan tanah pasif yang terjadi akan semakin besar.
9. Semakin besar nilai kekakuan struktur yang digunakan dalam permodelan, maka nilai tekanan tanah aktif yang terjadi akan semakin besar.
10. Untuk variasi ketinggian earth berm, semakin besar tinggi earth berm yang digunakan dalam permodelan, maka nilai tekanan tanah aktif yang terjadi akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan jumlah massa tanah semakin meningkat seiring peningkatan ketinggian earth berm, yang menyebabkan deformasi arah galian kecil, sehingga nilai tekanan tanah aktifnya akan semakin besar.
11. Untuk variasi lebar earth berm, semakin besar lebar earth berm yang digunakan, maka tekanan tanah aktif yang terjadi akan semakin besar.
12. Untuk variasi sudut earth berm, semakin besar sudut dari earth berm yang digunakan pada permodelan plaxis, maka deformasi yang terjadi akan semakin besar pula.
13. Untuk variasi sudut earth berm, kenaikan nilai dari sudut earth berm akan diiringi oleh penurunan dari momen.
14. Untuk variasi sudut earth berm terhadap galian tanah, semakin besar sudut yang dipakai dalam permodelan, maka tekanan tanah pasifnya semakin berkurang.
15. Kesimpulan yang mendasar dari hasil analisa skripsi ini adalah variasi ketinggian yang memberikan hasil deformasi, tekanan tanah pasif, tekanan tanah aktif cukup signifikan daripada variasi dari lebar ataupun sudut earth berm

DAFTAR PUSTAKA

1. Craig. F, R. (1991) : Mekanika Tanah, Erlangga, Jakarta
2. XI Young Geotechnical Engineers' Conference, September 24-27 1997, Madrid. September 25, 2008 <http://www.geotechnical.com>
3. Bowles, J.E. (1988) : Foundation Analysis and Design.
4. Lisa Oksri Nelfia (2006/2007) : ANALISA EFEK KEKAKUAN DINDING TERHADAP PRILAKU MEKANIK DINDING PENAHAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA PLAXIS

