

# **STUDI DISTRIBUSI TEGANGAN DALAM TANAH AKIBAT BEBAN LUAR DENGAN MENGGUNAKAN SIGMA/W GEOSTUDIO**

**Ruth Christyanti**

**NRP: 0621007**

**Pembimbing: Ibrahim Surya, Ir., M.Eng**

## **ABSTRAK**

Kondisi kontur tanah di Indonesia yang relatif tidak rata menyebabkan adanya timbunan dalam proses pembangunan. Proses timbunan dilakukan secara bertahap. Tanah juga menjadi dasar dari suatu bangunan, jika tanah yang dibebani memiliki daya dukung yang lemah maka akan terjadi kelongsoran. Beban yang cukup besar memberikan tegangan adalah beban tangki karena memiliki volume yang besar sehingga menghasilkan beban yang besar pula.

Dalam pemodelan tangki dilakukan berbagai variasi dan untuk pemodelan timbunan ditinjau pada setiap lapisan timbunan. Perhitungan tegangan dan tekanan air pori pada pembebanan tangki dan timbunan dapat dilakukan menggunakan *software* Sigma/W, Geostudio sehingga perhitungan tegangan dapat memberikan hasil yang tepat dan teliti.

Menggunakan *software* Sigma/W, Geostudio dapat melakukan pemecahan masalah secara cepat dan tepat karena bila terjadi kesalahan dalam mendesain akan diketahui sebelum hasil output ditampilkan. Menggunakan *software* Sigma/W, Geostudio pada pemodelan tangki persentase perbedaan hitungan manual dan perhitungan program berkisar antara 45-56.5% dengan nilai tegangan hasil perhitungan program lebih kecil, sedangkan Tekanan air pori maksimum yang terjadi pada tiap tahapan timbunan bernilai sama ini menjelaskan bahwa pada saat penimbunan tiap tahapnya tidak terjadi kegagalan atau kelongsoran.

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur Penyusun panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat yang dilimpahkan oleh-Nya, sehingga dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir. Tugas Akhir merupakan pembahasan laporan penelitian dengan judul **STUDI DISTRIBUSI TEGANGAN DALAM TANAH AKIBAT BEBAN LUAR DENGAN MENGGUNAKAN SIGMA/W, GEOSTUDIO**. Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menempuh ujian sarjana di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna serta masih bersifat sederhana, mengingat terbatasnya waktu dan kemampuan penulis. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir, khususnya kepada:

1. Ir. Ibrahim Surya, M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan Tugas Akhir.
2. Ir. Asriwiyanti Desiani, MT, Hanny.J.D., ST., MT., Ir. Herrianto Wibowo, M.Sc., selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir.
3. Tan Lie Ing, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu dalam penyelenggaraan Tugas Akhir.
4. Yosafat Aji Pranata, ST., MT., selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha.
5. Segenap staf edukatif dan administrasi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha.
6. Mamah, Papah, Teteh, Ko An, Noni, Bing-bing, dan Nyoo atas semangat, doa dan materi makasih banget ”*ade sayang kalian*”.
7. Saut yang selalu memberikan semangat, waktu, dukungan “*De,,buat TAny* *sekarang,,ingat jangan tidur malem-malem*”, dan printer “*ganti tinta print aku ya,,*” dalam pembuatan Tugas Akhir. Nandha selaku partner sejati yang selalu menemani dalam Tugas Akhir “*jangan pernah*

*meninggalkan partner...ingat itu,,,”. Ka Intan dan Ka Yoan yang selalu menyemangati selama penyusunan Tugas Akhir*

8. Ir. Asriwiyanti Desiani.,MT, dan Robby.Y.T.,ST.,MT.,Diplm.IWRM yang selalu sabar memberikan saran-saran dalam pembuatan Tugas Akhir.
9. Sahabatku tersayang Inul dan Ocie yang selalu memberikan pencerahan-pencerahan pada saat jemu mengerjakan Tugas Akhir.
10. Teman-teman seperjuangan Nandha, Titin, Icil, Catra, Rugun, Nisa, Ferri, Aldo, Andre, Inop, Willy yang stres bareng-bareng makasih ya semangat dan saran-sarannya.
11. Semua rekan-rekan angkatan 2006 dan rekan-rekan di Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha yang telah memberikan masukan dan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir.

Akhir kata, penyusun berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan sumbangan nyata bagi kemajuan Teknik Sipil pada khususnya, dan bagi pihak yang memerlukannya.

Bandung, Januari 2010

Penyusun,

Ruth Christyanti

NRP: 0621007

## DAFTAR ISI

Halaman judul	i
Surat Keterangan Tugas Akhir	ii
Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	iii
Lembar Pengesahan	iv
Pernyataan Orisinalitas Laporan Tugas Akhir	v
Pernyataan Publikasi Laporan Penelitian	vi
Abstrak	vii
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xvi
Daftar Notasi	xvii
Daftar Lampiran	xx
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Sistematika Pembahasan	2
1.5 Lisensi Perangkat lunak	3
<b>BAB II TINJAUAN LITERATUR</b>	
2.1 Jenis Tanah	4
2.1.1 Karakteristik tanah.	4
2.1.2 Karakteristik tanah timbunan.	6
2.2 Beban yang bekerja	9
2.2.1 Rumus yang digunakan.	9
2.2.2 Kompaksi.	12
2.2.3 Plastisitas.	13
2.2.4 Konsolidasi.	16
2.3 Distribusi tegangan dalam tanah	16
2.3.1 Teori Boussinesq untuk beban titik	17
2.3.2 Teori Boussinesq untuk beban garis	19
2.3.3 Teori Boussinesq untuk beban terbagi rata berbentuk lajur memanjang	20
2.3.4 Teori Boussinesq untuk beban terbagi rata berbentuk empat persegi panjang	22
2.3.5 Teori Boussinesq untuk beban terbagi rata berbentuk lingkaran	24
2.3.6 Teori Boussinesq untuk beban terbagi rata berbentuk segitiga memanjang tak terhingga	25
2.3.7 Teori Boussinesq untuk beban terbagi rata berbentuk trapesium memanjang tak terhingga	27
<b>BAB III PENGGUNAAN PROGRAM SIGMA/W GEOSTUDIO</b>	
3.1 Pendahuluan	30
3.2 Pembukaan program	31
3.3 Pengaturan awal	31

3.3.1	Pengaturan <i>toolbar</i>	31
3.3.2	Pengaturan lembar kerja	32
3.3.3	Pengaturan skala	33
3.3.4	Pengaturan grid	34
3.3.5	Pengaturan axis	35
3.4	Pengaturan Analisis	37
3.4.1	Pengaturan nama kasus	37
3.4.2	Pengaturan tipe analisis	38
3.4.3	Pengaturan pengontrolan analisis	38
3.4.4	Pengaturan konvergensi	39
3.4.5	Pengaturan waktu	40
3.5	Penggambaran model kasus	41
3.6	Penggambaran nama	42
3.7	Material	44
3.8	Region	45
3.9	Preferensi	48
3.10	Penggambaran beban	48
3.11	Penggambaran Perletakan	49
3.12	<i>Verify</i> (Pemeriksaan)	51
3.13	<i>Solve</i>	52
3.14	Hasil output	53
3.15	Penyimpanan data	55
<b>BAB IV STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Pendahuluan	57
4.2	Pemodelan satu tangki	57
4.2.1	Tangki tipe 1	57
4.2.2	Tangki tipe 2	64
4.2.3	Tangki tipe 3	71
4.3	Pemodelan dua tangki	77
4.4	Pemodelan Timbunan	84
4.4.1	Pemodelan timbunan tahap 1	85
4.4.2	Pemodelan timbunan tahap 2	87
4.4.3	Pemodelan timbunan tahap 3	89
4.4.4	Pemodelan timbunan tahap 4	91
4.4.5	Pemodelan timbunan tahap 5	93
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan	96
5.2	Saran	96
	Daftar Pustaka	97
	Lampiran	98

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian-bagian tanah .....	4
Gambar 2.2 Mineral-mineral Lempung .....	7
Gambar 2.3 Grafik Plastisitas.....	7
Gambar 2.4 Hubungan pori/volume untuk massa tanah.....	9
Gambar 2.5 Dry density, Water content and compactive effort.....	13
Gambar 2.6 Skema alat uji batas cair .....	14
Gambar 2.7 Kurva pada penentuan batas cair tanah lempung .....	14
Gambar 2.8 Stress-Strain Atterberg Limits.....	16
Gambar 2.9 Tambahan tegangan akibat beban titik .....	19
Gambar 2.10 Tambahan tegangan akibat beban garis .....	20
Gambar 2.11 Tambahan tegangan akibat terbagi rata berbentuk lajur memanjang ..	21
Gambar 2.12 Isobar tegangan.....	22
Gambar 2.13 Tegangan di bawah beban terbagi rata berbentuk empat persegi panjang .....	22
Gambar 2.14 Faktor pengaruh I untuk tegangan vertikal di bawah sudut luasan empat persegi panjang akibat beban terbagi rata.....	23
Gambar 2.15 Tegangan dibawah beban terbagi rata berbentuk lingkaran.....	24
Gambar 2.16 Faktor pengaruh I untuk tegangan vertikal di bawah pusat beban terbagi rata berbentuk lingkaran .....	25
Gambar 2.17 Tegangan akibat beban terbagi rata segi tiga memanjang .....	26
Gambar 2.18 Tambahan tegangan vertikal akibat beban timbunan .....	27
Gambar 2.19 Faktor pengaruh akibat beban timbunan.....	29
Gambar 3.1 Contoh kasus tanki.....	30
Gambar 3.2 Menu awal program Geostudio .....	31
Gambar 3.3 Pengaturan <i>Toolbar</i> .....	32
Gambar 3.4 Pengaturan lembar kerja .....	33
Gambar 3.5 Pengaturan skala.....	34
Gambar 3.6 Pengaturan grid.....	35
Gambar 3.7 Pengaturan axis.....	35

Gambar 3.8 Penggambaran axis .....	36
Gambar 3.9 Pengaturan nama kasus .....	37
Gambar 3.10 Pengaturan tipe analisis.....	38
Gambar 3.11 Pengaturan pengontrolan analisis .....	39
Gambar 3.12 Pengaturan Konvergensi .....	40
Gambar 3.13 Pengaturan waktu .....	41
Gambar 3.14 Penggambaran model.....	41
Gambar 3.15 Penggambaran model kasus .....	42
Gambar 3.16 Penggambaran nama .....	43
Gambar 3.17 Penentuan jenis tulisan.....	43
Gambar 3.18 Penggambaran model dan nama.....	44
Gambar 3.19 Pemasukan material .....	44
Gambar 3.20 Pemasukan material secara keseluruhan.....	45
Gambar 3.21 Penggambaran region .....	46
Gambar 3.22 Pemilihan material pada region.....	46
Gambar 3.23 Pengaturan segmen .....	47
Gambar 3.24 Penggambaran Region dengan segmen <i>structures Quad</i> .....	47
Gambar 3.25 Pengaturan <i>Preferences</i> .....	48
Gambar 3.26 Pemilihan Penggambaran beban.....	48
Gambar 3.27 Penggambaran beban .....	49
Gambar 3.28 Pemilihan perletakan.....	50
Gambar 3.29 Penggambaran perletakan .....	50
Gambar 3.30 Tampilan proses Pengecekan .....	51
Gambar 3.31 Pengecekan.....	51
Gambar 3.32 Tampilan <i>Solve</i> .....	52
Gambar 3.33 Proses <i>Solve</i> .....	52
Gambar 3.34 Hasil <i>output</i> dalam bentuk kontur .....	53
Gambar 3.35 Hasil <i>output</i> .....	54
Gambar 3.36 Nilai dari masing-masing kontur .....	54
Gambar 3.37 Hasil <i>output</i> dalam bentuk tabel .....	55
Gambar 3.38 Penyimpanan data.....	56
Gambar 4.1 Pemodelan Tipe 1 .....	58

Gambar 4.2 Pemodelan tipe 1 dengan beban .....	59
Gambar 4.3 Kontur Tegangan total maksimum dengan pemodelan tipe 1 .....	60
Gambar 4.4 Nilai Tegangan total maksimum pada kontur dengan pemodelan tipe 1 .....	60
Gambar 4.5 Kontur Tegangan total minimum dengan pemodelan tipe 1 .....	61
Gambar 4.6 Nilai Tegangan total minimum pada kontur dengan pemodelan tipe 1 .....	62
Gambar 4.7 Lingkaran Mohr pada titik 131 dengan pemodelan tipe 1 .....	62
Gambar 4.8 Keterangan lingkaran Mohr pada pemodelan tangki tipe 1 .....	63
Gambar 4.9 Pemodelan tipe 2 .....	64
Gambar 4.10 Pemodelan tipe 2 dengan beban .....	66
Gambar 4.11 Kontur Tegangan total maksimum dengan pemodelan tipe 2 .....	66
Gambar 4.12 Nilai Tegangan total maksimum pada kontur dengan pemodelan tipe 2 .....	67
Gambar 4.13 Kontur Tegangan total minimum dengan pemodelan tipe 2 .....	68
Gambar 4.14 Nilai Tegangan total minimum pada kontur dengan pemodelan tipe 2 .....	68
Gambar 4.15 Lingkaran Mohr pada titik 142 dengan pemodelan tipe 2 .....	69
Gambar 4.16 Keterangan lingkaran Mohr pada pemodelan tangki tipe 2 .....	70
Gambar 4.17 Pemodelan tipe 3 .....	71
Gambar 4.18 Pemodelan tipe 3 dengan beban .....	72
Gambar 4.19 Kontur Tegangan total maksimum dengan pemodelan tipe 3 .....	72
Gambar 4.20 Nilai Tegangan total maksimum pada kontur dengan pemodelan tipe 3 .....	73
Gambar 4.21 Kontur Tegangan total minimum dengan pemodelan tipe 3 .....	74
Gambar 4.22 Nilai Tegangan total minimum pada kontur dengan pemodelan tipe 3 .....	74
Gambar 4.23 Lingkaran Mohr pada titik 380 dengan pemodelan tipe 3 .....	76
Gambar 4.24 Keterangan lingkaran Mohr pada pemodelan tangki tipe 3 .....	76
Gambar 4.25 Pemodelan dua tangki .....	77
Gambar 4.26 Pemodelan dua tangki dengan beban .....	79
Gambar 4.27 Kontur Tegangan total maksimum dengan pemodelan 2 tangki .....	79
Gambar 4.28 Nilai Tegangan total Maksimum dengan pemodelan 2 tangki .....	80



Gambar 4.29 Lingkaran Mohr pada titik 335.....	80
Gambar 4.30 Keterangan lingkaran Mohr pada pemodelan 2 tangki.....	81
Gambar 4.31 Pemodelan Timbunan .....	84
Gambar 4.32 Pemodelan Timbunan Tahap 1.....	85
Gambar 4.33 Kontur tekanan air pori pemodelan tahap 1 .....	86
Gambar 4.34 Nilai kontur pada tekanan air pori pemodelan timbunan tahap 1.....	86
Gambar 4.35 Pemodelan Timbunan Tahap 2.....	87
Gambar 4.36 Kontur tekanan air pori pemodelan tahap 2 .....	88
Gambar 4.37 Nilai kontur tekanan air pori pada pemodelan timbunan tahap 2.....	88
Gambar 4.38 Pemodelan Timbunan Tahap 3.....	89
Gambar 4.39 Kontur tekanan air pori pemodelan tahap 3 .....	90
Gambar 4.40 Nilai kontur tekanan air pori pada pemodelan timbunan tahap 3.....	90
Gambar 4.41 Pemodelan Timbunan Tahap 4.....	91
Gambar 4.42 Kontur tekanan air pori pemodelan tahap 4 .....	92
Gambar 4.43 Nilai kontur tekanan air pori pada pemodelan timbunan tahap 4.....	92
Gambar 4.44 Pemodelan Timbunan Tahap 5.....	93
Gambar 4.45 Kontur tekanan air pori pemodelan tahap 5 .....	94
Gambar 4.46 Nilai kontur tekanan air pori pada pemodelan timbunan tahap 5.....	94

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi ukuran partikel.....	5
Tabel 2.2 Klasifikasi tanah berdasarkan berat jenis tanah .....	6
Tabel 2.3 Klasifikasi tanah berdasarkan Atterberg limits.....	6
Tabel 2.4 Grup simbol untuk lanau dan lempung.....	8
Tabel 2.5 Nilai perkiraan Modulus Elastisitas tanah .....	11
Tabel 2.6 Perkiraan angka poisson tanah.....	12
Tabel 4.1 Nilai-nilai tegangan pada pemodelan tipe 1 .....	64
Tabel 4.2 Nilai-nilai tegangan pada pemodelan tipe 2 .....	70
Tabel 4.3 Nilai-nilai tegangan pada pemodelan tipe 3 .....	76
Tabel 4.4 Nilai-nilai tegangan pada pemodelan 2 tangki.....	81
Tabel 4.5 Perbandingan hasil tegangan pada tipe tangki .....	82

## DAFTAR NOTASI

- a Panjang alas segitiga yang bekerja pada beban trapesium.
- b* panjang persegi yang bekerja pada beban trapesium.
- b Setengah lebar alas penampang beban segi tiga.
- B Lebar dari beban merata berbentuk empat persegi panjang.
- e Angka pori, perbandingan volume rongga  $V_v$  terhadap volume butir tanah  $V_s$  pada suatu volume bahan dan biasanya dinyatakan sebagai pecahan.
- E Modulus elastisitas.
- G Berat spesifik, berat satuan air suling pada 4°C tetapi suhu laboratorium yang biasa tidak akan menimbulkan kesalahan yang besar pada hasil pengujian tanah.  $G_s$  massanya disubskrip untuk mengindentikan kuantitasnya.
- $I_B$  Faktor pengaruh untuk beban titik.
- $I_f$  Indeks Aliran
- IP Indeks plastisitas, selisih batas cair dan batas plastis.
- L Panjang dari beban merata berbentuk empat persegi panjang.
- LI Indeks cair, kadar tanah asli relatif terdapat pada kedudukan plastis.
- LL Batas cair, kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.
- m* Lebar dibagi kedalaman dalam arah z dari beban sampai titik yang ditinjau.
- n* Panjang dibagi kedalaman dalam arah z dari beban sampai titik yang ditinjau.
- n Porositas, perbandingan volume rongga terhadap volume total  $V_t$  dan bisa dinyatakan sebagai presentase atau sebagai pecahan.
- PL Batas Plastis, kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak ketika digulung.
- Q Beban yang bekerja.

- q Beban merata yang bekerja.
- $q$  Tinggi beban yang bekerja pada beban segitiga dan trapesium.
- r Jarak horisontal dari beban yang bekerja sampai titik yang ditinjau pada beban titik.
- $r$  Jari-jari dari beban lingkaran yang bekerja.
- $R_1$  Panjang garis yang membentuk sudut  $\alpha$  berada pada ujung sebelah kiri beban yang bekerja.
- $R_2$  Panjang garis yang membentuk sudut  $\alpha$  berada pada ujung sebelah kanan beban yang bekerja.
- S perbandingan volume air terhadap volume rongga total tanah, yang dinyatakan dalam persentase tetapi digunakan sebagai pecahan.
- $V_a$  Volume udara
- $V_w$  Volume air
- $V_s$  Volume butir tanah
- $V_v$  Volume rongga
- $V$  Volume keseluruhan (total)
- w Kadar air, perbandingan berat air  $W_w$  terhadap berat butir tanah  $W_s$  dan dinyatakan dalam persentase tetapi biasanya digunakan dalam bentuk pecahan.
- $w_1$  Kadar air (%) pada  $N_1$  pukulan.
- $w_2$  Kadar air (%) pada  $N_2$  pukulan.
- x Jarak horisontal dari beban yang bekerja sampai titik yang ditinjau.
- $x$  Koordinat pada sumbu x pada beban segitiga.
- $z$  Koordinat pada sumbu z pada beban segitiga.
- $z$  Jarak vertikal dari beban yang bekerja sampai titik yang ditinjau.
- $\alpha$  Sudut yang dihasilkan dari ujung-ujung beban merata dilihat dari titik yang ditinjau.
- $\beta$  Sudut yang dihasilkan dari ujung kanan beban sampai pertengahan beban dilihat dari titik yang ditinjau.
- $\delta$  Sudut yang dihasilkan dari ujung sudut  $\alpha$  sampai dengan garis lurus vertikal.

$\gamma$	Berat satuan, berat satuan volume tanah (atau bahan lain) dalam satuan gaya.
$\rho$	Kerapatan satuan, massa per satuan volume.
$\mu$	Angka Poisson.
$\Delta V$	<b>Perubahan Volume</b>
$\sigma_1$	<b>Tegangan utama mayor</b> .
$\sigma_3$	<b>Tegangan utama minor</b> .
$\sigma_x$	<b>Tegangan-tegangan dalam arah x</b> .
$\sigma_y$	<b>Tegangan-tegangan dalam arah y</b> .
$\sigma_z$	<b>Tegangan-tegangan dalam arah z</b> .
$\Delta\sigma_z$	Tambahan tegangan vertikal.
$\Delta\sigma_r$	Tambahan tegangan mendatar dalam arah radial.
$\Delta\sigma_\theta$	Tambahan tegangan mendatar arah tangensial.
$\Delta\sigma_x$	Tambahan tegangan horizontal arah sumbu-x
$\Delta\sigma_z$	Tambahan tegangan vertikal arah sumbu-z.
$\tau_{rz}$	Tegangan geser.

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1 Hasil output beban satu tangki .....	98
Lampiran L.2 Hasil output beban dua tangki.....	114
Lampiran L.3 Hasil output beban timbunan.....	123