## Pengaruh Deformasi Pada Konstruksi Pondasi Menerus Akibat Pembebanan Tanah Timbunan dengan Menggunakan Program *Plaxis* V 8.2

(Skripsi)

Oleh:

Sanitya Pawitrasari



FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS LAMPUNG 2017

#### **ABSTRAK**

## PENGARUH DEFORMASI PADA KONSTRUKSI PONDASI MENERUS AKIBAT PEMBEBANAN TIMBUNAN DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS V 8.2

#### Oleh

#### SANITYA PAWITRASARI

Pondasi merupakan bagian struktur paling bawah dan berhubungan langsung dengan tanah. Pada struktur bangunan, pondasi berfungsi untuk meneruskan beban yang diakibatkan struktur pada bagian atas kepada lapisan tanah yang berada pada bagian bawah struktur tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah, dan penurunan tanah pondasi yang berlebihan .

Penelitian ini menitikberatkan pada kajian deformasi konstruksi pondasi menerus di atas tanah timbunan dengan bantuan program *Plaxis* 2D, dimana program ini dipilih untuk mengetahui deformasi, tegangan efektif, dan faktor aman. Dalam analisis ini digunakan pemodelan pondasi menerus maka perlu diketahui kemampuan tebal pelat menahan beban akibat tanah timbunan diatas pelat tersebut. Ketebalan pelat pondasi yang dianalisa dengan pemodelan adalah ketebalan 40 cm, 30 cm, dan 20 cm.

Berdasarkan hasil analisis didapat hasil Fs maksimum pada tebal pelat 40 cm yaitu sebesar 1,1410 dan Fs minimum pada tebal pelat 20 cm sebesar 0,3660. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa apabila tebal pelat pondasi semakin kecil maka deformasi tanah semakin besar, selain itu pelat pondasi tanpa dibebani tanah timbunan akan memberikan deformasi yang semakin besar. Dengan pemodelan menggunakan program plaxis dapat disimpulkan bahwa pelat pondasi menerus yang dibebani tanah timbunan dengan tinggi tertentu akan memberikan faktor yang lebih aman dibandingkan dengan pelat pondasi tanpa ada pembebanan tanah timbunan.

Kata kunci : deformasi, pondasi menerus, Plaxis

## **ABSTRACT**

# INFLUENCE OF DEFORMATION ON EMBANKMENT OF CONTINUOUS FOUNDATION CONSTRUCTION BY USING PLAXIS PROGRAM V 8.2

 $\mathbf{B}\mathbf{y}$ 

## SANITYA PAWITRASARI

The foundation is the lowest part of the structure and is directly contact to the soil. In the building structure, the foundation is used to forward the load caused by the structure at the top to the soil layer at the bottom of the structure without causing the soil shear collapse, and excessive declining of the soil foundation.

This study focuses on the study of deformation of continuous foundation construction on soil pile with the help of Plaxis 2D program, where the program is selected to know the deformation, effective stress, and safety factor. The modeling of continuous foundation is used in this analysis, therefore it is necessary to know the plate thickness capability to bear the loading due to soil pile above the plate. The thickness of the foundation plate analyzed by modeling is a thickness of 40 cm, 30 cm, and 20 cm.

Based on the analysis results obtained Fs maximum on plate thickness of 40 cm that is equal to 1.1410 and minimum Fs on plate thickness 20 cm equal to 0,3660. The analysis in this study shows that if the thickness of the foundation plate is getting smaller then the soil deformation is getting larger, besides the foundation plate without loading the soil pile will provide greater deformation. In conclusion, by modeling using the plaxis program shows that the continuous foundation plates that is loaded with soil pile with certain height will provide a safer factor compared to the foundation plate without any soil pile loading.

Keywords: deformation, continuous foundation, Plaxis

## Pengaruh Deformasi Pada Konstruksi Pondasi Menerus Akibat Pembebanan Tanah Timbunan dengan Menggunakan Program *Plaxis* V 8.2

Oleh:

## Sanitya Pawitrasari 1315011102

## Skripsi

# Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung



FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS LAMPUNG 2017 Judul Skripsi

PENGARUH DEFORMASI PADA KONSTRUKSI PONDASI MENERUS AKIBAT PEMBEBANAN TANAH TIMBUNAN DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM *PLAXIS* V 8.2

Nama Mahasiswa

: Sanitya Pawitrasari

Nomor Pokok Mahasiswa: 1315011102

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas

: Teknik

## MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Ir. Idharmahadi Adha, M.T. NIP 19590617 198803 1 003

**Amril Ma'ruf Siregar, S.T., M.T.** NIP 19670514 199303 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D. NIP 19700915 199503 1 006

#### MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Ir. Idharmahadi Adha, M.T.

Sekretaris

: Amril Ma'ruf Siregar, S.T., M.T.

Penguji

Bukan Pembimbing : Ir. Setyanto, M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik

\* Prof. Dr. Suharno, M.Sc. NIR-19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 13 Juni 2017

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

- Skripsi dengan judul Pengaruh Deformasi Pada Konstruksi Pondasi Menerus Akibat Pembebanan Tanah Timbunan dengan Menggunakan Program Plaxis V
   adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
- Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung,

2017

Pembuat Pernyataan

Sanitya Pawitrasari

## **RIWAYAT HIDUP**



Penulis dilahirkan di Tulungagung, Provinsi Jawa Timur pada tanggal 12 Agustus 1996, sebagai anak pertama dari 3 bersaudara, dari pasangan Ibu Yuyun Wiji Lestari dan Bapak Muladi Seno yang memiliki 2 adik laki-laki bernama Nandi Ahmad Nugraha dan Afnan Hadyan Adyatma.

Pendidikan formal diawali di taman kanak-kanak (TK) dari tahun 2000 – 2001, sekolah dasar (SD) ditempuh di SD Negeri 006 Jakarta Timur pada tahun 2001 – 2007, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 252 Jakarta pada tahun 2007 – 2010 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Terpadu Krida Nusantara Bandung tahun 2010 - 2013.

Tahun 2013, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) Jalur seleksi Tertulis.

Di jenjang akademik penulis pernah menjadi asistensi dosen pada mata kuliah praktikum mekanika tanah I, praktikum mekanika tanah II dan Struktur Beton Bertulang I di Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

Penulis Mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada periode I Januari – Maret 2017 di desa Simbarwaringin Kecamatan Trimurjo Kabupaten Lampung Tengah, serta melakukan Kerja Praktik selama 3 bulan di Hotel Park Inn by Radisson Lampung di mulai pada bulan November – Februari 2016.

## **PERSEMBAHAN**

## Bismillahirrahmanirrahim

Dengan kerendahan hati dan puji syukur atas kehadirat Allah SWT kupersembahkan karya ini kepada :

Kedua orang tuaku Ibu Yuyun Wiji lestari dan Bapak Muladi Seno yang telah mendoakan, mendidik dan mendukung serta memberi dorongan kepadaku untuk mencapai keberhasilan

Adik-adikku Nandi Ahmad Nugraha dan Afnan Hadyan Adyatma yang senantiasa menantikan keberhasilanku

Dan kepada dosen yang telah membimbingku selama menjalankan perkuliahan

# **MOTTO**

"Bagi manusia ada malaikat-malaikat yang selalu mengikutinya bergiliran, di muka dan di belakangnya, mereka menjaganya atas perintah Allah. Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. Dan apabila Allah menghendaki keburukan terhadap sesuatu kaum, maka tak ada yang dapat menolaknya: dan sekali-kali tak ada pelindung bagi mereka selain Dia"

(Q.S. Al Ra'd ayat 11)

#### **SANWACANA**

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul "Pengaruh Deformasi Pada Konstruksi Pondasi Menerus Akibat Pembebanan Tanah Timbunan dengan Menggunakan Progam *Plaxis* V 8.2" adalah merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus dan sebesarbesarnya kepada :

- Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- 2. Gatot Eko S, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- 3. Ir. Idharmahadi Adha, M.T., selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan kesediaan waktunya untuk sumbangan pemikiran, serta saran dan kritiknya demi kesempurnaan Skripsi.
- 4. Amril Ma'ruf Siregar, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, motivasi dan nasihat.

 Ir. Setyanto, M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran pemikiran dalam penulisan skripsi serta pengarahan dalam penulisan skripsi ini.

6. Dr. Dyah Indriana L, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik

 Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lmpung.

8. Orang tua terkasih ibu dan bapak, Yuyun Wiji Lesatari dan Muladi Seno yang sangat sabar dan pengertian dalam memberikan dukungan, nasehat dan motivasi dalam menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

 Semua pihak yang telah membantu tanpa pamrih yang tidak dapat disebutkan secara keseluruhan satu persatu, serta seluruh pejuang Teknik Sipil, semoga kita semua berhasil menggapai impian. Aamiin.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan khususnya bagi penulis pribadi. Selain itu, penulis berharap dan berdoa semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan dan semangat kepada penulis, mendapatkan ridho dari Allah SWT. Aamiin.

Wassalaamu'alaikum Wr. Wb

Bandar Lampung, 2017

**Penulis** 

Sanitya Pawitrasari

## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	X
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan	3
E. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengertian Pondasi	5
B. Jenis-jenis Pondasi	6
C. Pondasi Telapak Menerus	9
D. Daya Dukung Tanah	10
E. Tegangan Efektif	16
F. Analisis Penurunan Tanah Pondasi Dangkal	19
a. Penurunan Segera	20
b. Penurunan Konsolidasi	21
G. Metode Elemen Hingga Plaxis	24
H. Studi Literatur	26

## BAB III. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian	31
B. Metode Penelitian	33
C. Analisis Data	33
D. Tahapan Analisis Data dengan Program Plaxis V 8.2	33
E. Diagram Alir Penelitian	38
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Umum	39
B. Data Teknis Pondasi Menerus	39
C. Potongan Pondasi	40
D. Analisa Perhitungan pada Program Plaxis V 8.2	40
Proses Penggambaran Geometri	40
2. Proses Input Data	41
3. Proses Kalkulasi Data	43
4. Output Hasil Perhitungan Plaxis 2D V 8.2	44
5. Resume Hasil Analisi Deformed Mesh, Effective Stress	ses dan
Faktor Aman Pondasi Menerus dengan program Plaxi.	s84
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	89
B. Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Pondasi Telapak	6
Gambar 2. Pondasi Telapak Menerus	6
Gambar 3. Pondasi Memanjang	7
Gambar 4. Pondasi Rakit	7
Gambar 5. Pondasi Sumuran	8
Gambar 6. Pondasi Tiang	8
Gambar 7. Perbaikan Tanah Pondasi	9
Gambar 8. Jenis-jenis Pondasi Telapak	10
Gambar 9. Beban, Penurunan, dan Daya Dukung Maksimum Pondasi	11
Gambar 10. Mekanisme Keruntuhan yang Dipakai untuk Persamaan Day	'a
Dukung Terzaghi	12
Gambar 11. Faktor Daya Dukung Tanah untuk Pondasi	13
Gambar 12. Nilai N <sub>c</sub> untuk Menghitung Daya Dukung dengan Memaka	ai
Kekuatan Geser Tak Terdrainasi	16
Gambar 13. Interpretasi Tegangan Efektif	18
Gambar 14. Faktor Pengaruh untuk Penurunan di Sudut Luasan Segiempa	at
Fleksibel yang Mendukung Beban Terbagi Rata	21
Gambar 15. Penggambaran Geometri Pada Program <i>Plaxis</i>	26
Gambar 16. Deformed Mesh	27

Gambar 17. Total Displacements	28
Gambar 18. Effective Stresses	28
Gambar 19. Total Stresses	29
Gambar 20. Active Pore Pressures	29
Gambar 21. Active Groundwater Head	30
Gambar 22. Hasil Calculate Pada Program Plaxis	30
Gambar 23. Hasil Faktor Aman Pada Program <i>Plaxis</i>	31
Gambar 24. Tampilan General Settings Project	34
Gambar 25. Tampilan General Settings Project Dimensions	35
Gambar 26. Tampilan General Settings Calculations	36
Gambar 27. Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 28. Potongan Pondasi Melintang yang Ditinjau	40
Gambar 29. Geometri Tanah pada Pondasi Tanpa Timbunan dengan Tebal	
Pelat 40 cm	41
Gambar 30. Geometri Tanah pada Pondasi Tanpa Timbunan dengan Tebal	
Pelat 40 cm	41
Gambar 31. Deformed Mesh Potongan Melintang Tanpa Timbunan Tebal	
Pelat 40 cm	46
Gambar 32. Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 1,5 m Tebal	
Pelat 40 cm	47
Gambar 33. Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 3 m Tebal	
Pelat 40 cm	48
Gambar 34. Deformed Mesh Pada Pondasi Tanpa Timbunan Tebal Pelat	
30 cm	49

Gambar 35. Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 1,5 m Tebal	
Pelat 30 cm	50
Gambar 36. Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 3 m Tebal	
Pelat 30 cm	51
Gambar 37. Deformed Mesh Pada Pondasi Tanpa Timbunan Tebal Pelat	
20 cm	52
Gambar 38. Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 1,5 m Tebal	
Pelat 20 cm	53
Gambar 39. Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 3 m Tebal	
Pelat 20 cm	54
Gambar 40. Deformed Mesh Potongan Memanjang Tanpa Timbunan Tebal	
Pelat 40 cm	55
Gambar 41. Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 1,5 m Tebal	
Pelat 40 cm	56
Gambar 42. Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 3 m Tebal	
Pelat 40 cm	57
Gambar 43. Deformed Mesh Pada Pondasi Tanpa Timbunan Tebal Pelat	
30 cm	58
Gambar 44. Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 1,5 m Tebal	
Pelat 30 cm	59
Gambar 45. Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 3 m Tebal	
Pelat 30 cm	60
Gambar 46. Deformed Mesh Pada Pondasi Tanpa Timbunan Tebal Pelat	
20 cm	61

Gambar 47.	Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 1,5 m Tebal	
	Pelat 20 cm	62
Gambar 48.	Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 3 m Tebal	
	Pelat 20 cm	63
Gambar 49.	Effective Stresses Pada Potongan Melintang Pondasi Tanpa	
	Timbunan Tebal Pelat 40 cm	65
Gambar 50.	Effective Stresses Pada Pondasi dengan Timbunan 1,5 m Tebal	
	Pelat 40 cm	66
Gambar 51.	Effective Stresses Pada Pondasi dengan Timbunan 3 m Tebal	
	Pelat 40 cm	67
Gambar 52.	Effective Stresses Pada Pondasi Tanpa Timbunan Tebal Pelat	
	30 cm	68
Gambar 53.	Effective Stresses Pada Pondasi dengan Timbunan 1,5 m Tebal	
	Pelat 30 cm	69
Gambar 54.	Effective Stresses Pada Pondasi dengan Timbunan 3 m Tebal	
	Pelat 30 cm	70
Gambar 55.	Effective Stresses Pada Pondasi Tanpa Timbunan Tebal Pelat	
	20 cm	71
Gambar 56.	Effective Stresses Pada Pondasi dengan Timbunan 1,5 m Tebal	
	Pelat 20 cm.	72
Gambar 57.	Effective Stresses Pada Pondasi dengan Timbunan 3 m Tebal	
	Pelat 20 cm	73
Gambar 58.	Effective Stresses Pada Potongan Memanjang Pondasi Tanpa	
	Timbunan Tebal Pelat 40 cm	74

Gambar 59. Effective Stresses Pada Pondasi dengan Timbunan 1,5 m Tebal	
Pelat 40 cm	75
Gambar 60. Effective Stresses Pada Pondasi dengan Timbunan 3 m Tebal	
Pelat 40 cm	76
Gambar 61. Effective Stresses Pada Pondasi Tanpa Timbunan Tebal Pelat	
30 cm	77
Gambar 62. Effective Stresses Pada Pondasi dengan Timbunan 1,5 m Tebal	
Pelat 30 cm	78
Gambar 63. Effective Stresses Pada Pondasi dengan Timbunan 3 m Tebal	
Pelat 30 cm	79
Gambar 64. Effective Stresses Pada Pondasi Tanpa Timbunan Tebal Pelat	
20 cm	80
Gambar 65. Effective Stresses Pada Pondasi dengan Timbunan 1,5 m Tebal	
Pelat 20 cm	81
Gambar 66. Effective Stresses Pada Pondasi dengan Timbunan 3 m Tebal	
Pelat 20 cm	82
Gambar 67. Grafik Hubungan Hasil Perbandingan Deformed Mesh Pada	
Potongan Melintang Pondasi Menerus	86
Gambar 68. Grafik Hubungan Hasil Perbandingan Deformed Mesh Pada	
Potongan Memanjang Pondasi Menerus	86
Gambar 69. Grafik Hubungan Hasil Perbandingan Nilai Faktor Aman Pada	
Potongan Melintang Pondasi Menerus	87
Gambar 70. Grafik Hubungan Hasil Perbandingan Nilai Faktor Aman Pada	
Potongan Memanjang Pondasi Menerus	87

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Faktor Daya Dukung untuk Persamaan Terzhagi	1
Tabel 2. Data Input Soil Properties untuk Pasir	42
Tabel 3. Data Input Soil Properties untuk Timbunan	43
Tabel 4. Data Input Foundations Properties	43
Tabel 5. Hasil Faktor Aman yang Terjadi pada Pondasi Menerus	83
Tabel 6. Hasil Analisis Pondasi dengan Tebal Pelat 40 cm pada Potongan	
Melintang	84
Tabel 7. Hasil Analisis Pondasi dengan Tebal Pelat 30 cm pada Potongan	
Melintang	84
Tabel 8. Hasil Analisis Pondasi dengan Tebal Pelat 20 cm pada Potongan	
Melintang	84
Tabel 9. Hasil Analisis Pondasi dengan Tebal Pelat 40 cm pada Potongan	
Memanjang	85
Tabel 10. Hasil Analisis Pondasi dengan Tebal Pelat 30 cm pada Potongan	
Memanjang	85
Tabel 11. Hasil Analisis Pondasi dengan Tebal Pelat 20 cm pada Potongan	
Memanjang	85

## DAFTAR NOTASI

q = Daya Dukung Pondasi

B = Lebar Pondasi

D = Kedalaman Pondasi

c = Kohesi Tanah

 $\varphi$  = Sudut Geser dalam

γ = Berat Volume Tanah

 $\gamma_{sat}$  = Berat Tanah Jenuh

Nc, Nq,  $N\gamma$  = Faktor Daya Dukung

 $\varepsilon$  = Regangan

 $\sigma$  = Tegangan Normal Total

 $\sigma'$  = Tegangan Normal Efektif

 $\Delta H$  = Settlement

 $E_s$  = Modulus Elastisitas Tanah

S = Penurunan Total

 $S_i$  = Penurunan Segera

 $S_u$  = Penurunan Konsolidasi Primer

 $S_s$  = Penurunan Konsolidasi Sekunder

μ = Angka Poisson

 $I_p \hspace{1.5cm} = \hspace{.1cm} Faktor \hspace{.1cm} Pengaruh \hspace{.1cm} yang \hspace{.1cm} Tergantung \hspace{.1cm} Dari \hspace{.1cm} Kontak \hspace{.1cm} Pondasi \hspace{.1cm} dan$ 

Kekakuan Pondasi

 $\Delta e$  = Perubahan Angka Pori di Laboratorium  $t_1$  ke  $t_2$ 

 $t_1$  = Waktu Konsolidasi Primer Selesai (detik)

 $e_p$  = Angka Pori Saat Konsolidasi Primer Selesai

#### BAB 1

#### **PENDAHULUAN**

## A. Latar Belakang

Tanah mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah adalah pondasi pendukung bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri. Mengingat hampir semua bangunan itu dibuat diatas atau dibawah permukaan tanah, maka harus dibuat pondasi yang dapat memikul beban bangunan itu atau gaya yang berkerja pada bangunan itu (Wesley, 2012)

Pondasi merupakan bagian struktur paling bawah dan berhubungan langsung dengan tanah. Pada struktur bangunan, pondasi berfungsi untuk meneruskan beban yang diakibatkan struktur pada bagian atas kepada lapisan tanah yang berada pada bagian bawah struktur tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah, dan penurunan tanah pondasi yang berlebihan (Canonica, 2013). Maka, untuk mendesain pondasi harus mempertimbangkan penurunan dan daya dukung tanah, dalam beberapa kasus seperti turap, defleksi / lendutan pondasi juga diikutkan dalam pertimbangan. Hal ini dapat menimbulkan masalah bagi struktur yang didukungnya.

Berdasarkan kedalaman tanah serta perubahan-perubahan di dalamnya yang sulit dipastikan, para ahli geoteknik membatasi beban yang bekerja yang diperbolehkan kira-kira sepertiga dari kekuatan desainnya. Jika suatu pondasi dibebani, ia akan menyalurkan beban ke tanah. Akibatnya tanah di sekitar

daerah pondasi mengalami tekanan atau terjadinya tegangan tanah. Partikelpartikel tanah akan berdeformasi dan terjadi penurunan (Gunawan, 1985)

Untuk struktur yang mencakup suatu lokasi yang relatif kecil (tidak luas) maka pemilihan pondasi yang digunakan adalah pondasi dangkal, salah satunya adalah pondasi menerus. Meskipun tipe pondasi dangkal beresiko tinggi terhadap kemungkinan terjadinya penurunan jangka panjang, tetapi dari segi biaya dan pengerjaan nya pondasi ini jauh lebih ekonomis dan efisien untuk dilakukan (Hadihardaja, 1997)

Maka untuk mengetahui deformasi, tegangan efektif, dan faktor aman yang terjadi dibutuhkan suatu analisis daya dukung pondasi yang dapat memodelkan sesuai dengan kondisi tanah dan memudahkan dalam memodelkan penanganannya, salah satunya dengan menggunakkan program *Plaxis*.

Plaxis merupakan program pemodelan dan post processing metode elemen hingga yang mampu melakukan analisa berbagai aplikasi dan masalah geoteknik dalam perencanaan bangunan sipil secara dua dimensi (*Plaxis*, 2012).

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, banyak permasalahan yang muncul seperti berapa besar deformasi, tegangan efektif serta faktor aman yang terjadi pada 2 kondisi yaitu dengan timbunan dan tanpa timbunan, bagaimana tegangan yang terjadi pada dasar tanah apabila diberikan beban. Suatu konstruksi pada lokasi yang relatif kecil dapat digunakan pondasi menerus. Kemudian untuk mengetahui tegangan nya, program plaxis dapat digunakan untuk mensimulasi beban yang terjadi pada pondasi tersebut. Dengan memperhitungkan efisiensi

waktu dan biaya maka perlu dilakukan analisis yang tepat untuk membuktikan apakah pondasi yg akan digunakan dapat memenuhi kriteria yang diinginkan.

## C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan tentang pondasi maka untuk mencapai tujuan dari tulisan ini perlu adanya pembatasan masalah yang diperhatikan dalam penelitian ini, yaitu :

- Besar deformasi, tegangan efektif, dan faktor aman yang terjadi dihitung dengan menggunakan program *Plaxis* V 8.2.
- 2. Tipe pondasi yang dikaji adalah tipe pondasi telapak menerus dengan nenbedakan kondisi dengan dan tanpa timbunan.
- 3. Data *input soil properties* diperoleh dari konsultan perencana di lokasi panelitian.

## D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Menghitung besarnya deformasi, tegangan efektif, dan faktor aman pada pondasi menerus dengan menggunakan program *Plaxis* V 8.2.
- Mengetahui nilai faktor aman pada struktur pondasi menerus dengan kondisi tanpa timbunan.
- Mengetahui nilai faktor aman pada struktur pondasi menerus dengan kondisi dengan timbunan.

## E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu agar dapat mengetahui faktor aman dari sebuah pondasi telapak menerus dan penurunan yang terjadi dengan mengetahui besar dan arah dari tegangan utama efektif pada program *Plaxis*. Selain itu, diharapkan pula penelitian ini memberikan manfaat untuk menangani berbagai aspek struktur geoteknik dan proses konstruksi menggunakan prosedur komputasi.

#### BAB 2

## TINJAUAN PUSTAKA

## A. Pengertian Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukunganya. Untuk tujuan tersebut pondasi bangunan harus di perhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar, seperti tekanan angina, gempa bumi dan lain lain, dan tidak boleh terjadi penurunan pondasi setempat ataupun penurunan pondasi yang lebih merata lebih dari batas tertentu (Rudy Gunawan, 1985).

Menurut kamus Webster (Neufeldt and Guralnik, 1991), kata pondasi memiliki beberapa arti, antara lain adalah "suatu lapisan atau tanah padat dibawah bangunan" atau "bagian struktur paling bawah dari suatu bangunan". Secara umum pondasi dikelompokkan menjadi dua yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Menurut Bowles (1979) pondasi dangkal dinamakan sebagai alas, telapak, telapak tersebar atau pondasi rakit. Kedalaman pada umumnya D/B 1 tetapi mungkin agak lebih.

Selain itu pengertian pondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar struktur / substruktur bangunan yang berfungsi meneruskan beban dari bagian atas strukur bangunan ke lapisan tanah yang berada di bagian bawahnya tanpa

mengakibatkan terjadinya keruntuhan geser tanah dan penurunan (*settlement*) tanah atau pondasiyang berlebihan (Hadihardaja J, 1997)

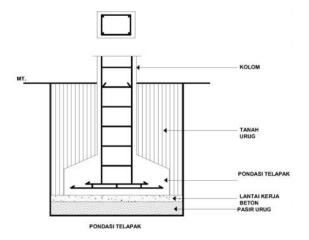
## B. Jenis-jenis Pondasi

Menurut Hardiyatmo (2002), Secara umum pondasi dibedakan menjadi 2 yaitu, pondasi dangkal dan pondasi dalam.

a. Pondasi Dangkal

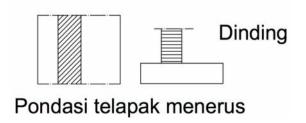
Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban nya secara langsung, contohnya:

 Pondasi telapak (square footing) adalah pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom.



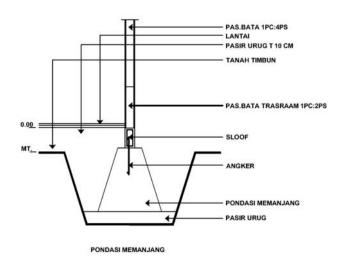
Gambar 1. Pondasi Telapak (Hadihardaja, 1997)

 Pondasi telapak menerus adalah pondasi telapak yang dibuat memanjang sepanjang dinding. Ini adalah pondasi menerus dari pondasi footplate.



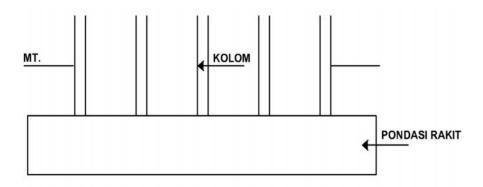
Gambar 2. Pondasi Telapak Menerus (Gunawan, 1985)

3) Pondasi memanjang (continuous footing) adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat, sehingga bila dipakai pondasi telapak sisi-sisinya kan berhimpit satu sama lain.



Gambar 3. Pondasi Memanjang (Hadihardaja, 1997)

4) Pondasi rakit (*raft foundation*) adalahpondasi untuk mendukung bnagunan yang terletak pada taanh lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat di semua arahnya, sehingga bila dipaki pondasi telapak, sisi-sisinya akan berhimpit satu sama lain.

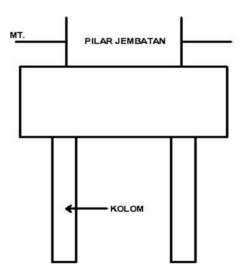


Gambar 4. Pondasi Rakit (Hadihardaja, 1997)

## b. Pondasi Dalam

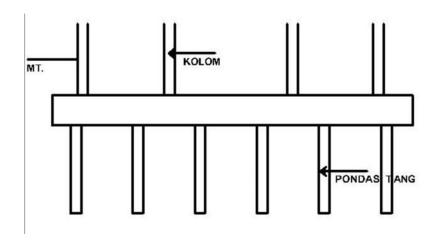
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak relatif jauh dari permukaan, contohnya:

1) Pondasi sumuran (*pier foundation*) yang merupakan bentuk peralihan pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan apabila taanh dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam.



Gambar 5. Pondasi Sumuran (Setyanto, 1999)

2) Pondasi tiang (*pile foundation*), digunakan untuk tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya, dan tanah keras terletak pada kedalaman yang sangat dalam.

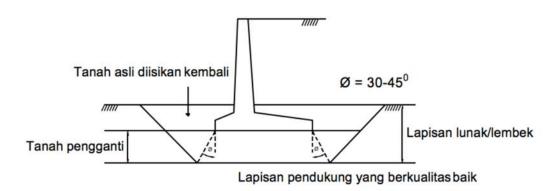


Gambar 6. Pondasi Tiang (Setyanto, 1999)

## C. Pondasi Telapak Menerus

Menurut Terzaghi, pengertian pondasi dangkal adalah jika kedalaman pondasi lebar pondasi, maka pondasi tersebut dikatakan pondasi dangkal. Pada dasarnya pondasi dangkal berupa pondasi telapak, yaitu pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah pondasi. Stabilitas pondasi dangkal dapat ditentukan dengan banyak cara dan stabilitas ini ditentukan oleh beberapa faktor.

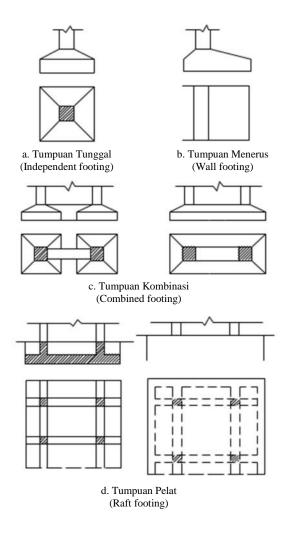
Pondasi telapak adalah suatu pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah pondasi, bila terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas yang baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. Jika dibawah suatu lapisan permukaan yang tipis terdapat suatu lapisan tanah yang baik, maka meskipun kualitas tanah pondasi itu kurang baik, dalam bebearapa hal kita dapat menerapkan suatu cara perbaikan tanah seperti gambar berikut.



Gambar 7. Perbaikan Tanah Pondasi (Hadihardaja, 1997)

Pondasi telapak/pondasi kaki tersendiri dengan bentuk persegi atau bujur sangkar adalah paling ekonomis dan cocok untuk mendukung kolom bangunan yang berdiri sendiri. Tetapi jika jarak antara 2 kolom terlalu dekat, maka akan lebih praktis dan lebih baik untuk menggabung kedua pondasi kaki

masing-masing kolom bangunan (Gunawan, 1985). Pondasi pada umumnya dibangun diatas tanah pendukung pondasi dengan membuat suatu tumpuan yang bentuk dan ukuran nya (dimensinya) sesuai dengan beban bangunan dan daya dukung tanah pondasi itu.



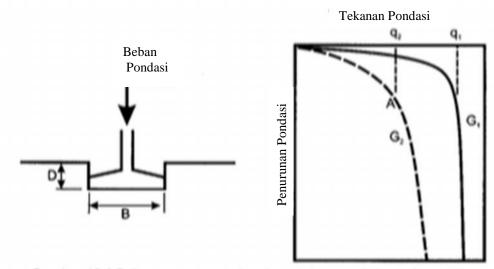
Gambar 8. Jenis-jenis Pondasi Telapak (Sosrodarsono, 2000)

## D. Daya Dukung Tanah

Untuk merencanakan pondasi gedung atau bangunan lain, ada dua hal yang harus di perhatikan, yaitu :

- Daya dukung tanah, yaitu kemampuan tanah menahan beban dari pondasi, hal ini bergantung pada kekuatan geser tanah.
- 2. Penurunan yang mungkin terjadi pada pondasi.

Jika beban pondasi pada permukaan tanah dinaikkan perlahan-lahan secara teratur, maka akan terjadi penurunan seperti gambar berikut.

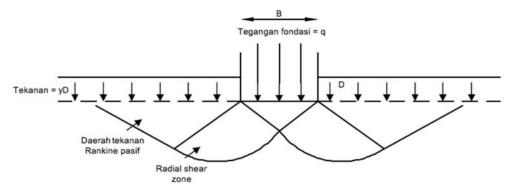


Gambar 9. Beban, Penurunan, dan Daya Dukung Maksimum Pondasi (Wesley,2012)

Dalam kasus tanah keras atau padat, seperti tanah berbutir kasar, garis deformasi akan seperti  $G_1$  pada gambar. Akan tetapi kalau tanah cukup lunak, seperti lempung grafik akan lebih mendekati  $G_2$ . Dengan grafik seperti  $G_1$ , jelas ada batas terhadap beban yang dapat ditahan oleh pondasi. Beban ini disebut beban keruntuhan atau daya dukung maksimun q (*ultimate*) dari tanah. Apabila grafik seperti garis  $G_2$ , beban keruntuhan kurang jelas. Pada umumnya beban maksimum di tentukan pada titik dimana kurva paling cekung yaitu titik A.

Mekanisme keruntuhan pondasi pada permukaan tanah dapat ditentukan secara teoritis dengan mempergunakan teori plastisitas. Tanah dianggap sebagai bahan plastis, dengan kekuatan geser yang terdiri atas dua bagian, yaitu bagian konstan bersifat kohesi dan bagian gesekan yang nilai nya

sebanding dengan nilai tegangan normal. Bentuk mekanisme keruntuhan diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 10. Mekanisme Keruntuhan yang Dipakai untuk Persamaan Daya Dukung Terzaghi (Wesley, 2012)

Dengan analisis pada mekanisme ini, Terzaghi mendapat persamaan umum untuk daya dukung tanah, yaitu:

$$q = c N_c + \gamma D N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma}....(1)$$
dimana :p

q = Daya dukung pondasi (kN/m<sup>2</sup>)adala

B = Lebar pondasi (m)

D = Kedalaman pondasi (m)

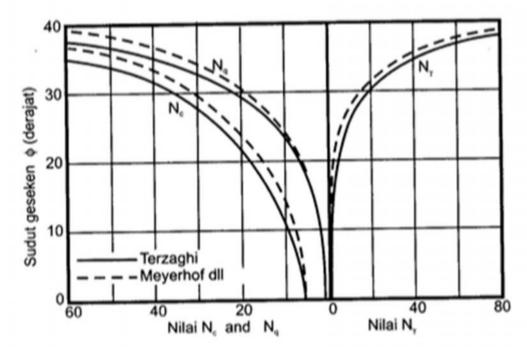
c = Kohesi tanah  $(kN/m^2)$ 

 $\gamma$  = Berat satuan tanah (kN/m<sup>3</sup>)

Nc, Nq, N $\gamma$  adalah Faktor daya dukung yang bergantung pada nilai sudut gesekan  $\phi$ .

Daya dukung terdiri atas tiga bagian, masing-masing berhubungan dengan bagian yang berasal dari kekuatan kohesi tanah. Kedua adalah  $\gamma D N\gamma$ , yaitu bagian yang berasal dari berat tanah diatas dasar pondasi. Ketiga adalah  $\frac{1}{2}\gamma B N_{\gamma}$ , yaitu bagian yang berasal dari berat tanah dibawah dasar pondasi.

Nilai ketiga faktor daya dukung ini pada pondasi diberikan dalam bentuk grafik pada gambar berikut.



Gambar 11. Faktor Daya Dukung Tanah untuk Pondasi (Wesley, 2012)

Analisis Terzaghi menggunakan beberapa anggapan penyederhanaan seperti halnya pada kebanyakan cara analisis dalam bidang mekanika tanah. Ada berbagai usaha untuk mendapatkan penyelesaian yang lebih tepat dari penyelesaian Terzaghi, misalnya Meyerhoff (1963).

Untuk pondasi segi-empat atau lingkaran bentuk mekanisme keruntuhan menjadi berbeda sehingga daya dukung juga berubah. Faktor daya dukung juga menjadi berbeda. Penyelesaian eksak/teoritis untuk daya dukung pada keadaan ini tidak ada, tetapi persamaan-persamaan yang di usulkan Terzaghi dan Peck (1948)masih dipakai secara umum dan dianggap aman (konservatif), yaitu sebagai berikut :

1. Pondasi Bujur Sangkar :  $q_u = 1,3.C.Nc + p_o.Nq + 0.4$ . .B.N ..(2)

2. Pondasi Lingkaran :  $q_{11} = 1,3.C.Nc + p_{0}.Nq + 0.3$ . .B.N ..(3)

3. Pondasi Empat Persegi Panjang :  $q_u = C.Nc \ (1+0.3 \ B/L) + p_o.Nq + 0.5.$  .B.N  $\ (1-0.2 \ B/L)$ .....(4)

## Dimana:

 $q_u = daya dukung ultimit (kN/m^2)$ 

c = Kohesi  $(kN/m^2)$ 

Bw = Lebar pondasi (m)

N, Nc, Nq = Faktor daya dukung untuk setiap metode

Tabel 1. Faktor Daya Dukung untuk Persamaan Terzaghi

	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
Ø deg	Nc	Nq	Νγ	Nc <sup>'</sup>	Nq <sup>'</sup>	Nγ̈́
0	5.7	1.0	0.0	5.7	1.0	0.0
5	7.3	1.6	0.5	6.7	1.4	0.2
10	9.6	2.7	1.2	8.0	1.9	0.5
15	12.9	4.4	2.5	9.7	2.7	0.9
20	17.7	7.4	5.0	11.8	3.9	1.7
25	25.1	12.7	9.7	14.8	5.6	3.2
30	37.2	22.5	19.7	19.0	8.3	5.7
34	52.6	36.5	36	23.7	11.7	9.0
35	57.8	41.4	42.4	25.2	12.6	10.1
40	95.7	81.3	100.4	34.9	20.5	18.8
45	172.3	173.3	297.5	51.2	35.1	37.7
48	258.3	287.9	780.1	66.8	50.5	60.4
50	347.5	415.1	1153.2	81.3	65.6	87.1

Analisis pada bahan teoritis yang kekuatan gesernya terdiri atas bagian tetap yang bergantung pada  $_{\rm c}$  dan bagian tidak tetap yang bergantung pada parameter gesekan  $\phi$ .

#### 2.5.1 Daya Dukung dengan Menggunakan Tegangan Efektif

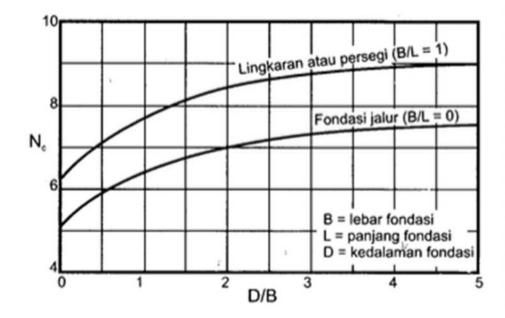
Jika dipakai tegangan efektif, nilai berat satuan tanah ( $\gamma$ ) harus dipilih dengan memperhitungan kedalaman muka air tanah. Jika muka air tanah dalam dibandingkan dengan lebar pondasi, berat satuan biasa boleh dipakai. Pada kedalaman batas ini perlu digunakan cara interpolasi.

# 2.5.2 Daya Dukung dengan Menggunakan Tegangan Total (Keadaan Tak Terdrainasi)

Pada kasus ini nilai c adalah kekuatan geser tak terdrainasi  $s_u$  dan nilai  $\phi$  adalah nol Ini berarti bahwa  $N_q=1$ , dan  $N\gamma=0$ , sehingga persamaan nya menjadi :

$$q = S_u N_c + \gamma D....(5)$$

Persamaan ini adalah untuk pondasi jalur, dan perlu di sesuaikan untuk bentuk pondasi lain dengan memakai factor bentuk yang telah diterangkan di atas (untuk  $N_{\rm c}$ ). Skempton (1951) mengusulkan nilai  $N_{\rm c}$  dalam bentuk grafik seperti berikut yang juga mencakup factor kedalaman.



Gambar 12. Nilai N<sub>c</sub> untuk Menghitung Daya Dukung dengan Memakai Kekuatan Geser Tak Terdrainasi (Skempton,1951 dalam Wesley, 2012)

## E. Tegangan Efektif

Bila tanah mengalami tekanan yang diakibatkan oleh beban, seperti beban pondasi, maka angka pori tanah akan berkurang. Selain itu, tekanan akibat beban pondasi juga dapat mengakibatkan perubahan-perubahan sifat mekanik tanah yang lain, seperti menambah tahanan geser tanah. Jika tanah berada di dalam air, tanah dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas sebagai akibat tekanan air hidrostatis. Berat tanah yang terendam ini, disebut berat tanah efektif, sedang tegangan yang terjadi akibat berat tanah efektif di dalam tanah, disebut tegangan efektif.

Segumpal tanah terdiri dari butiran padat dan ruang pori. Ruang pori yang dapat berisi udara dan air ini kontak terjadi karena bentuk partikel tanah yang merupakan butiran-butiran. Bila tanah jenuh sempurna, ruang pori ini terisi penuh oleh air. Besar bidang kontak antara butiran yang satu dengan yang

lainnya tergantung bentuk dan susunan butiran. Tegangan yang terjadi pada bidang kontak antar butiran akan dipengaruhi oleh tekanan air pori. Untuk hitungan tegangan yang terjadi dalam tanah, dalam prakteknya butiran tanah dan air dianggap tidak mudah mampat, pengurangan volume hanya terjadi kalau sejumlah air meninggalkan ruang pori. Untuk tanah yang kering atau jenuh sebagian pengurangan volume biasanya akibat dari berkurangnya udara yang terdesak keluar dari ruang pori yang dapat memberikan perubahan susunan butiran. Volume tanah secara keseluruhan dapat berubah akibat adanya perubahan susunan yang lama, ke dalam susunan yang baru. Perubahan yang terjadi, dapat dengan cara menggeser atau menggelinding. Dengan demikian, terjadi pula perubahan gaya-gaya yang bekerja di antara butiran (Hardiyatmo, 2006).

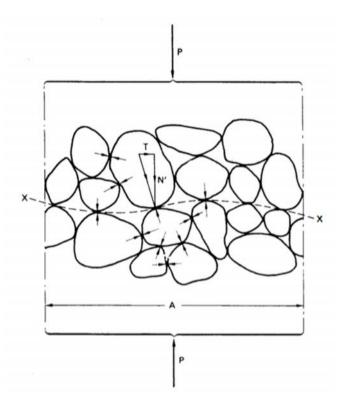
Tegangan geser hanya dapat ditahan oleh butiran-butiran tanah, yaitu oleh gaya-gaya yang berkembang pada bidang singgun antar butiran. Tegangan normal yang bekerja, ditahan oleh tanah melalui penambahan gaya antar butirnya. Jika tanah dalam keadaan jenuh sempurna, air yang mengisi ruang pori dapat juga menahan tegangan normal, dengan akibatnya akan terjadi kenaikan tekanan air pori pada tanah granuler, seperti tanah pasir dan kerikil, secara fisik tegangan efektif terkadang disebut tegangan *intergranuler*.

Terzaghi (1923), memberikan prinsip tegangan efektif yang bekerja pada segumpal tanah. Prinsip tegangan efektif ini hanya berlaku pada tanah yang jenuh sempurna, yaitu:

- 1. Tegangan normal total  $(\sigma)$  pada suatu bidang didalam massa tanah, yaitu tegangan akibat berat tanah total termasuk air dalam ruang pori, per satuan luas, yang arahnya tegak lurus.
- 2. Tekanan pori (*u*), disebut juga dengan tekanan netral yang bekerja ke segala arah sama besar, yaitu tekanan air yang mengisi rongga di antara butiran padat.
- 3. Tegangan normal efektif  $(\sigma')$  pada suatu bidang didalam massa tanah, yaitu tegangan yang dihasilkan dari beban berat butiran taanh persatuan luas bidangnya.

Hubungan dari ketiga nya adalah:

$$\sigma = \sigma' + u.....(6)$$



Gambar 13. Interprestasi Tegangan Efektif (Terzaghi, 1923)

#### F. Analisis Penurunan Tanah Pondasi Dangkal

Penurunan (*settlement*) terjadi jika material tanah menerima beban di atasnya. Settlement yang terjadi merupakan perubahan regangan sepanjang kedalaman (E. Sutarman, 2009)

$$\Delta H = \int \varepsilon \, dH \dots (7)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H} \ atau \ \varepsilon = \frac{\sigma}{E_S}$$
 ....(8)

dimana:

 $\varepsilon$  = Regangan (kN/m<sup>2</sup>)

 $\sigma$  = Tegangan (Pa)

 $\Delta H = Settlement (m)$ 

 $E_s$  = Modulus elastisitas tanah (kg/cm<sup>2</sup>)

Menurut Setyanto (1999) Penurunan pondasi yang terletak pada tanah berbutir halus yang jenuh dapat dibagi menjadi 3 komponen, yaitu : penurunan segera (*immediate settlement*), penurunan konsolidasi primer, dan penurunan konsolidasi sekunder.

Penurunan total adalah jumlah dari ketiga komponen penurunan tersebut, dinyatakan dalam persamaan :

$$S = S_i + S_c + S_s \dots (9)$$

dimana:

S = Penurunan total

 $S_i$  = Penurunan segera

 $S_u$  = Penurunan konsolidasi primer

 $S_s$  = Penurunan konsolidasi sekunder

## a. Penurunan Segera

Penurunan segera atau penurunan elastis adalah penurunan yang dihasilkan oleh distorsi massa tanah yang tertekan, dan terjadi pada volume konstan.

$$S_i = \frac{q_n B}{E} (1 - \mu^2) I_p ....$$
 (10)

dimana:

 $S_i$  = Penurunan segera (m)

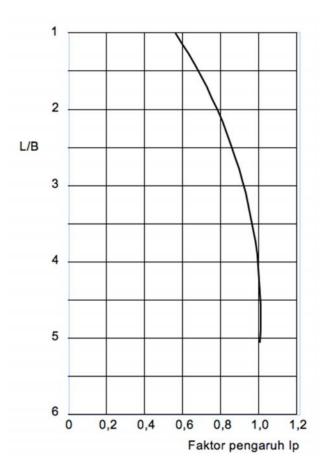
 $q_n \, = Tekanan \; pada \; dasar \; pondasi \; netto \; (kN/m^2) \;$ 

B = Lebar pondasi (m)

μ = Angka Poisson

Es = Modulus elastisitas tanah ( $kN/m^2$ )

 $I_p \ = \ Faktor \ pengaruh \ yang \ tergantung \ dari \ kontak \ pondasi \ dan$   $kekakuan \ pondasi$ 



Gambar 14. Faktor Pengaruh untuk Penurunan di Sudut Luasan Segiempat Fleksibel yang Mendukung Beban Terbagi Rata (Terzaghi,1943)

Penurunan untuk lokasi selain di sudut luasan segi empat, dapat dihitung dengan membagi-bagi luasan dalam bentuk-bentuk segi empat, dengan menggunakan cara superposisi.

## b. Penurunan Konsolidasi

Penurunan konsolidasi terdiri dari 2 tahap, yaitu:

## 1. Tahap penurunan konsolidasi primer

Penurunan konsoliasi primer adalah penurunan yang terjadi sebagai hasil dari pengurangan volume tanah akibat aliran air meninggalkan zona tertekan yang diikuti oleh pengurangan kelebihan tekanan air pori (excess pore water pressure).

#### 2. Tahap penurunan konsolidasi sekunder.

Penurunan konsolidasi merupakan fungsi dari waktu. Penurunan konsolidasi sekunder, adalah penurunan yang tergantung dari waktu juga, namun berlangsung pada waktu setelah konsolidasi primer selesai, dimana tegangan efektif akibat bebannya telah konstan. Besarnya penurunan bergantung pada karakteristik tanah dan penyebaran tekanan pondasi ke tanah di bawahnya. Penurunan pondasi bangunan dapat diestimasi dari hasil-hasil uji laboratorium pada contoh-contoh tanah tak terganggu yang diambil dari pengeboran, atau dari persamaan-persamaan empiris yang dihubungkan dengan hasil pengujian di lapangan secara langsung.

#### a) Penurunan Konsolidasi Primer

Penurunan akibat konsolidasi primer dinyatakan oleh persamaan, yaitu:

$$S_c = \frac{\Delta e}{1 + e_o} H \dots (11)$$

untuk lempung normally consolidated

$$\Delta e = C_c \log \frac{p'_o + \Delta p}{p_{o'}} \dots (12)$$

untuk lempung *overconsolidated*, harus dipertimbangkan pada dua kondisi, yaitu :

1. Jika  $p'_1 < p'_c$ 

$$\Delta e = C_r \log \frac{p_{1'}}{p_{\varrho'}} = C_r \log \frac{p'_{\varrho} + \Delta p}{p_{\varrho'}} \dots (13)$$

dengan 
$$p'_1 = p'_o + \Delta p$$

2. Jika  $p'_o < p_c' < p_1'$ 

$$\Delta e = C_r \log \frac{p_{c'}}{p_{o'}} + C_r \log \frac{p'_o + \Delta p}{p_{c'}} \dots (14)$$

dengan  $p_c'$  adalah tekanan prakonsolidasi.

Bila akibat beban pondasi, tanah lempung dipertimbangkan mengalami deformasi lateral, tekanan air pori yang timbul akan kurang dari tambahan tekanan yang bekerja. Pada kondisi ini, tekanan air pori akan tergantung pada nilai koefisien tekanan air pori A dan nilai penurunan konsolidasi yang dihitung harus dikoreksi dengan :

$$S_c = \beta S_{c(oed)} \dots (15)$$

dengan  $S_{c(oed)}$  adalah penurunan yang dihitung dari hasil uji laboratorium dan  $S_c$  adalah nilai penurunan konsolidasi primer yang diharapkan terjadi di lapangan. Nilai  $\beta$  adalah nilai koreksi dari Skempton dan Bjerrum yang besarnya tergantung dari bentuk pondasi dan nilai koefisien tekanan pori.

#### b) Penurunan Konsolidasi Sekunder

Penurunan konsolidasi sekunder terjadi setelah penurunan konsolidasi primer berhenti. Besarnya penurunan konsolidasi sekunder merupakan fungsi waktu serta kemiringan kurva fase konsolidasi sekunder. Persamaan kemiringan  $C_{\alpha}$  dan  $C_{\alpha\varepsilon}$  diperoleh dari persamaan yaitu:

$$C_{\alpha} = \frac{\Delta e}{\log t_2 - \log t_1} \dots (16)$$

dan

$$C_{\alpha\varepsilon} = \frac{c_{\alpha}}{(1+e_{p})}....(17)$$

Penurunan akibat konsolidasi sekunder dihitung dengan menggunakan salah satu dari persamaan berikut:

$$S_S = H \frac{c_\alpha}{1 + e_p} \log \frac{t_2}{t_1} \dots (18)$$

atau dari:

$$S_S = C_{\alpha\varepsilon} H \log_{t_1}^{t_2} \dots (19)$$

dengan:

 $S_s$  = Penurunan konsolidasi sekunder (m)

Н

 $\Delta e = ext{Perubahan angka pori di laboratorium } t_1 ext{ ke } t_2$  benda uji  $t_2 \approx t_1 + \Delta t ext{ (detik)}$  awal atau  $t_1 = ext{Waktu konsolidasi primer selesai (detik)}$  tebal  $e_p = ext{Angka pori saat konsolidasi primer selesai}$  lapisan lempung (cm)

#### G. Metode Elemen Hingga Plaxis

Plaxis (Finite Elemen Code for Soil and Rock Analyses) merupakan suatu rangkuman program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan-perencanaan sipil.

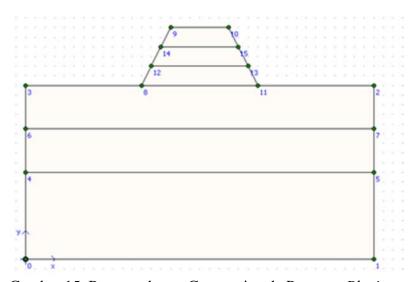
Grafik prosedur-prosedur input data (*soil properties*) yang sederhana mampu menciptakan model-model elemen hingga yang kompleks dan menyediakan *output* tampilan secara detail berupa hasil-hasil perhitungan. Perhitungan program ini seluruhnya secara otomatis dan berdasarkan pada prosedur-prosedur penulisan angka yang tepat. Konsep ini dapat dikuasai oleh pengguna baru dalam waktu yang relatif singkat setelah melakukan beberpa latihan (*Plaxis*, 2012).

Dalam penelitian ini studi kasus yang digunakan yaitu pembangunan gedung 3 lantai. Data tersebut digunakan sebagai input, adapun prosedur dari program plaxis antara lain sebagai berikut :

- a. Menentukan *title* (judul), model, dan elemen pada kotak serta menuliskan perintah atau tujuan yang akan dipakai.
- b. Menuliskan dimensi tanah dari kasus yang akan dipelajari, yaitu sepanjang ke kiri, ke kanan, ke atas, dan ke bawah.
- c. Merangkai bentuk dimensi dari tanah tadi kemudian diberi beban.
- d. Menentukan nilai parameter tanah dengan menekan tombol Maerial
  Sets antara lain , sat, kohesi, rasio poisson, dan lain sebagainya.
- e. Prosedur selanjutnya dapat dipahami lebih lanjut dan lebih jelas lagi pada literatur yang diperoleh dari program *plaxis*.

## H. Studi Literatur

Penelitian dilakukan oleh Jumantoro (2015) tentang pembuatan tanggul (*embankment*) dengan menggunakan program *Plaxis*, dengan hasil sebagai berikut



Gambar 15. Penggambaran Geometri pada Program Plaxis

Ini merupakan contoh lapisan yang akan di modelkan kedalam program plaxis.

Dengan data input sebagai berikut :

a. Untuk Lapisan Pertama Tanah Pasir

a) Material Model: Mohr Coulomb

b) Material Type: Undrained

c)  $E_{ref}$  : 2500 kN/m<sup>2</sup>

d)  $c_{ref}$  :  $10 \text{ kN/m}^2$ 

e)  $\varphi$  (phi) : 10°

f)  $K_x$ ,  $K_y$ : 1e-4 m/day

## b. Untuk Lapisan Kedua Tanah Timbunan

a) Material model: Mohr Coulomb

b) Material Type: Undrained

c)  $E_{ref}$  : 12000 kN/m<sup>2</sup>

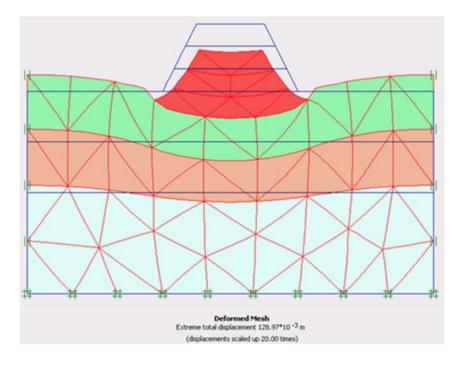
d)  $c_{ref}$  : 20 kN/m<sup>2</sup>

e)  $\varphi$  (phi) : 22°

f)  $K_x$ ,  $K_y$ : 1e-4 m/day

Setelah semua lapisan aktif dan telah di hitung oleh program *plaxis*, buka hasil perhitungan setelah proses *running* selesai. Kemudian akan muncul hasil sebagai berikut :

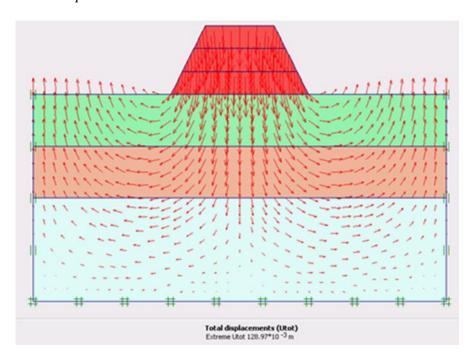
## a. Deformed Mesh



Gambar 16. Deformed Mesh

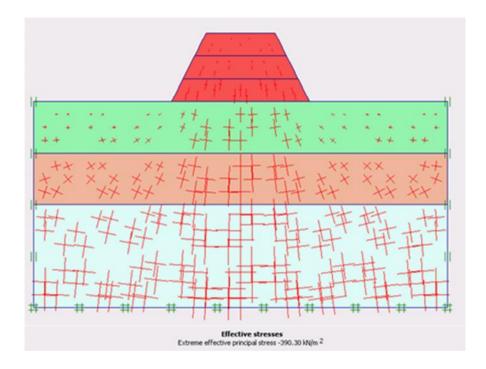
 $\textit{Extreme total displacement} = 128,97 \text{ x } 10^{\text{-}3} \text{ m}$ 

## b. Total Displacement



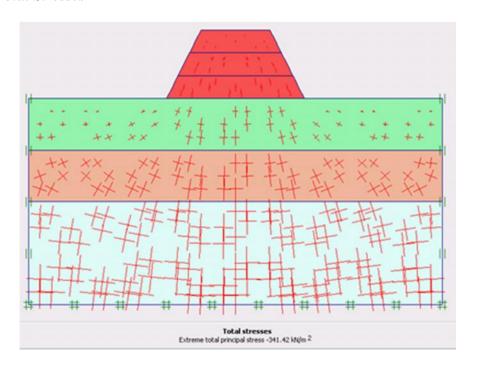
Gambar 17. Total Displacements

# c. Effective Stresses



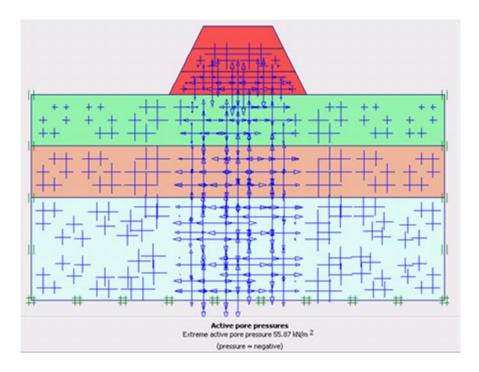
Gambar 18. Effective Stresses

## d. Total Stresses



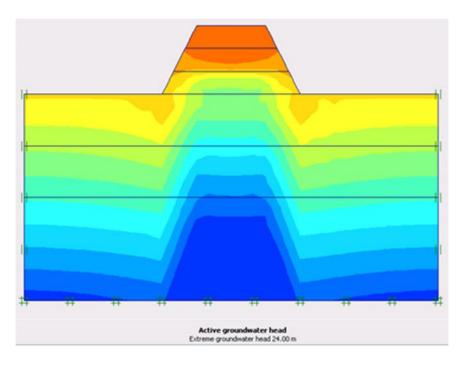
Gambar 19. Total Stresses

## e. Active Pore Pressures



Gambar 20. Active Pore Pressures

## f. Active Groundwater Head



Gambar 21. Active Groundwater Head

Kemudian, untuk mengetahui angka keamanan (*safety factor*) dapat diketahui dengan membuka kembali hasil *calculate* pada program *plaxis* seperti berikut:

				Rext	Insert	Delet	e
Identification	Phase no.	Start from	Calculation	Loading input	Time	Water	Fi
Initial phase	0	0	N/A	N/A	0.00	0	0
mbunan tahap 1	1	0	Plastic	Staged construction	7.00	0	1
Tribunan tahap 2	2	1	Plastic	Staged construction	7.00	0	3
Tribunan tahap 3	3	2	Plastic	Staged construction	7.00	0	9

Gambar 22. Hasil *Calculate* Pada Program *Plaxis* 

Setelah proses running selesai buka jendela multiplier untuk mengetahui besar angka keamanan nya, bias dilihat pada  $\Sigma$ -Msf

Mdisp:	N/A 💠	Σ -Mdisp:	1.0000	\$ A
MloadA:	N/A 💠	∑ -MloadA:	1.0000	\$ A
MloadB:	N/A 💠	∑ -MloadB:	1.0000	\$ A
Mweight:	N/A 💠	∑ -Mweight:	1.0000	•
Maccel:	N/A 💠	∑ -Maccel:	0.0000	\$
Msf:	0.1000 🗅	Σ-Msf:	1.7198	\$

Gambar 23. Hasil Faktor Aman Pada Program Plaxis

Angka keamanan setelah dilakukan proses running diperoleh 1,7198.

#### BAB 3

#### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### A. Desain Penelitian

Pengertian dari desain penelitian adalah sebuah kerangka kerja yang digunakan dalam melakukan sebuah penelitian. Desain penelitian memberikan serangkaian prosedur dalam rangka untuk mendapatkan informasi yang diperlukan untuk menstrukturkan dan atau menjawab permasalahan penelitian (Malhotra, 2004).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif dengan menggunakan pendekatan kuantitatif yaitu penelitian yang kemudian diolah dan dianalisis untuk mengambil kesimpulan. Artinya penelitian yang dilakukan adalah penelitian yang menekankan analisisnya pada data numerik (angka) yang diolah dengan menggunakan metode penelitian ini, akan diperoleh hubungan yang signifikan antar variabel yang diteliti. Penelitian deskriptif merupakan penelitian yang dirancang untuk membantu pembuat keputusan dalam menentukan, mengevaluasi, dan memilih alternatif terbaik dalam memecahkan masalah. Penelitian yang bersifat deskriptif merupakan penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan sesuatu (Malhotra, 2004).

Desain penelitian harus sesuai dengan metode penelitian yang dipilih. Prosedur serta alat yang digunakan (Nazir, 2005). Menurut Hasibuan (2007) dalam melakukan suatu penelitian salah satu hal yang penting ialah

membuat desain penelitian. Desain penelitian merupakan pedoman dalam melakukan proses penelitian diantaranya dalam menentukan instrumen pengambilan data, penentuan sampel, pengumpulan data, serta analisa data. Dengan pemilihan desain penelitian yang tepat diharapkan akan dapat membantu peneliti dalam menjalankan penelitian secara benar. Tanpa desain yang benar seorang peneliti tidak akan dapat melakukan penelitian dengan baik karena tidak memiliki pedoman penelitian yang jelas.

#### **B.** Metode Penelitian

Untuk meninjau kembali perhitungan perencanaan pondasi telapak menerus pada proyek pembangunan gedung bertingkat ini, data diperoleh dari hasil uji laboratorium dari nilai SPT dan data berupa beban struktur.

#### C. Analisis Data

Perencanaan pondasi telapak menerus dilakukan sebagai berikut:

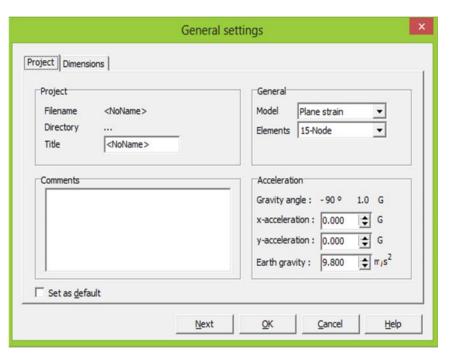
- 1. Mengumpulkan data pembebanan bangunan
- 2. Input pembebanan diperoleh dari data sekunder
- Menghitung kapasitas daya dukung maksimum pondasi telapak menerus yang ditinjau.
- 4. Menganalisis daya dukung pondasi menerus dengan menggunakan program *plaxis* V8.2.

## D. Tahapan Analisis Data dengan Program Plaxis V8.2

 Data yang telah didapatkan dari proyek kemudian di analisis dengan menggunakan metode konvensional (manual) dengan referensi buku tentang Geoteknik dan program Plaxis (V8.2). Plaxis adalah suatu program elemen batas yang secara khusus digunakan untuk analisa dari (deformasi) perubahan bentuk dan stabilitas didalam proyek rancang-bangun geoteknik. Sebagai tambahan, karena tanah adalah suatu material yang multiphase, prosedur yang bersesuaian dengan tekanan pori yang hidrostatis dan tidak hidrostatis dalam tanah tersebut. Walaupun model tanah itu sendiri adalah suatu persoalan yang penting, banyak proyek rancang bangun geoteknik yang melibatkan model dari struktur dan interaksi dari struktur dan tanah. Plaxis juga dilengkapi dengan fitur-fitur khusus yang berhubungan dengan banyak aspek dari struktur geoteknik yang kompleks.

## a. Plaxis Input

Dalam analisis pekerjaan yang akan menggunakan program *plaxis*, haruslah membuat pemodelan sesuai kondisi di lapangan. Berikut ini merupakan tahapan pemodelan lereng dalam program *Plaxis*:



Gambar 24. Tampilan General Settings Project

1. Melakukan input data tampilan *General Settings*. Tampilan *General Settings* terdiri dari dua yaitu *Project* seperti terlihat pada Gambar dan *Dimensions* pada Gambar 16.



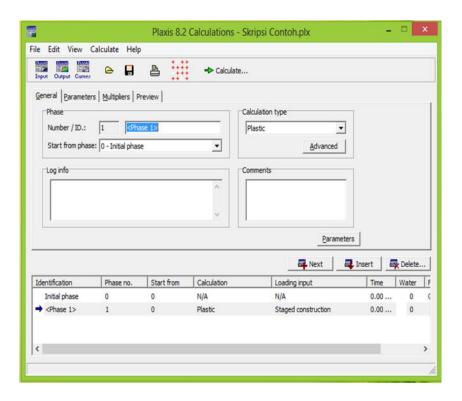
Gambar 25. Tampilan General Settings Project

Pada *Project box* terdapat *file name*, *directory* dan *title*. *File name* dan *directory* belum terisi karena merupakan lembar kerja baru, sedangkan pada *title* dapat diisi dengan nama pekerjaan yang akan dianalisa atau nama judul.

- Menggambar geometri 2 dimensi penampang lereng yang akan dianalisis.
- 3. Menentukan kondisi batas (Standard Fixities).
- 4. Memasukan sifat-sifat material pada menu *Material Sets*.
- 5. Melakukan penyusunan jaring elemen (Generated Mesh).
- 6. Menentukan Closed Consolidation Boundary

#### b. Plaxis Calculations

Plaxis Calculation program digunakan setelah proses input pada pekerjaan yang kita tinjau telah selesai. Program ini dapat secara otomatis terbuka setelah memilih toolbar calculate pada akhir input program, Jika kalkulasi tidak dilakukan langsung setelah proses input, kita dapat membuka program ini dengan memilih Calculation Program pada start menu. Adapun tampilan Plaxis Calculation seperti pada Gambar 26.



Gambar 26. Tampilan General Settings Dimensions.

Untuk menentukan perhitungan safety factor pada program Plaxis dilakukan input terhadap tahap calculations sebagai berikut :

1) Melakukan input untuk mendapatkan nilai safety factor. Pilih Phi/c Reduction pada calculation type. Kemudian pilih incremental multipliers pada loading input lalu klik calculate.

 Memilih titik noda untuk penggambaran kurva beban perpindahan maupun penggambaran lintasan tegangan.

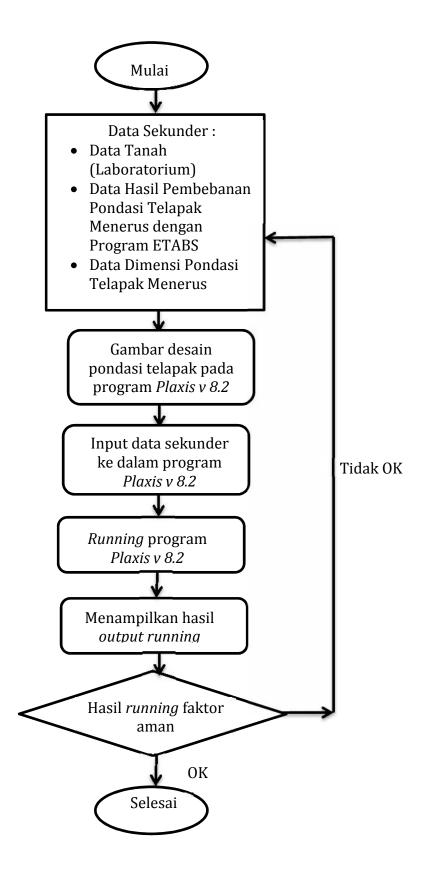
## c. Plaxis Output

Plaxis output dapat dipanggil dengan mengklik toolbar Plaxis output, atau dari start menu yang bersesuaian dengan program plaxis. Toolbar Calculation pada Calculation Program pun dapat juga dipakai untuk masuk ke output program, jika inputnya selesai dan telah memiliih titik yang akan ditinjau.

Selain perpindahan dan tegangan yang terjadi dalam tanah, program keluaran dapat digunakan untuk melihat gaya-gaya yang bekerja pada objek struktural. Untuk menampilkan hasil yang diperoleh dari hasil analisis ini adalah sebagai berikut:

- 1) Pilih peningkatan total dari menu deformasi. Tampilan akan menunjukkan peningkatan dari seluruh titik noda dalam bentuk anak panah. Panjang dari anak panah menunjukkan nilai relatifnya.
- 2) Pilih tegangan efektif dari menu tegangan. Tampilan akan menunjukkan besar dan arah dari tegangan utama efektif.

## E. Diagram Alir Penelitian



Gambar 27. Diagram Alir Penelitia

#### **BAB 5**

#### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### A. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil analisis daya dukung pondasi menerus adalah sebagai berikut :

- Perbedaan tegangan efektif tanah yang terjadi pada pondasi menerus tidak berpengaruh secara signifikan karena pemodelan pada plaxis lebih mengarah kepada faktor aman dan deformasi tanah yang terjadi pada pondasi menerus.
- 2. Adanya timbunan tanah diatas pondasi akan menstabilkan pondasi sehingga daya dukung mendekati tekanan akibat timbunan.
- 3. Dari tabel analisis, diperoleh nilai faktor aman yang paling tinggi berada pada kondisi tanpa timbunan dengan tebal pelat 40 cm sebesar 1,1965, sedangkan nilai faktor aman terkecil berada pada kondisi dengan timbunan 3 m dengan tebal pelat 40 cm dengan nilai 0,3660.

## **B. SARAN**

Berdasarkan hasil analisis daya dukung tanah pada pondasi menerus, saran yang diajukan adalah sebagai berikut:

 Untuk menghitung faktor keamanan pondasi sebaiknya menggunakan metode konvensional, karena pada pemodelan *Plaxis* material pondasi yang dimasukkan hanya beton saja, hal ini mempengaruhi kuat tekan beton yang terjadi apabila diberikan beban. 2. Pada program *Plaxis* bila menggunakan konstruksi beton bertulang, yang diperhitungkan hanya material beton, sebaiknya material baja diperhitungkan untuk mendapatkan angka faktor aman pada tanah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Canonica, Lucio. 2013. Memahami Fondasi. Bandung: Angkasa
- Gunawan, Rudy. 1985. Pengantar Teknik Fondasi. Yogyakarta: Kanisius
- Hadihardaja, Joetata. 1997. Fondasi Dangkal dan Fondasi Dalam. Jakarta: Gunadarma
- Hardiyatmo, H.C. 2002a. Mekanika Tanah I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, H.C. 2003b. Mekanika Tanah II. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hasibuan, Malayu. 2007. Manajemen Sumber Daya Manusia. Jakarta: Bumi Aksara
- Malhotra, N.K. 2004. *Marketing Research: An Applied Orietation.* 4<sup>th</sup> Edition. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Nazir, Moh. 2005. Metode Penelitian. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Plaxis, 2012, Tutorial Manual, A.A. Rotterdam: Balkema
- Santosa, Budi, dkk. 1998. Mekanika Tanah Lanjutan. Jakarta: Gunadarma
- Setyanto. 1999. Rekayasa Fondasi I. Bandar Lampung: Project Heds JICA
- Soedarmo, G. Djatmiko dan Purnomo, S.J. Edy. 1993. Mekanika Tanah 1. Malang: Kanisius
- Sosrodarsono, Suyono. 2000. Mekanika Tanah & Teknik Pondasi. Jakarta: Pradnya Paramita
- Sutarman, E. 2009. Konsep & Aplikasi Mekanika Tanah. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Wesley, Laurence D. 2012. Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu. Yogyakarta: Penerbit Andi

## DAFTAR PUSTAKA

- Gunawan, Rudy. 1985. Pengantar Teknik Fondasi. Yogyakarta: Kanisius
- Hadihardaja, Joetata. 1997. Fondasi Dangkal dan Fondasi Dalam. Jakarta: Gunadarma
- Hardiyatmo, H.C. 2002a. Mekanika Tanah I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, H.C. 2003b. Mekanika Tanah II. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hasibuan, Malayu. 2007. Manajemen Sumber Daya Manusia. Jakarta: Bumi Aksara
- Nazir, Moh. 2005. Metode Penelitian. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Plaxis. 2012. Tutorial Manual. A.A. Rotterdam: Balkema
- Setyanto. 1999. Rekayasa Fondasi I. Bandar Lampung: Project Heds JICA
- Sutarman, E. 2009. Konsep & Aplikasi Mekanika Tanah. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Wesley, Laurence D. 2012. Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu. Yogyakarta: Penerbit Andi