

**PENGARUH BEBAN TANAH TIMBUNAN TERHADAP DAYA DUKUNG
PONDASI RAKIT MENGGUNAKAN PROGRAM *PLAXIS***

(Skripsi)

Oleh

LINTANG KURNIA ARIDINI



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

PENGARUH BEBAN TANAH TIMBUNAN TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI RAKIT MENGGUNAKAN PROGRAM *PLAXIS*

Oleh

LINTANG KURNIA ARIDINI

Pondasi rakit menjadi salah satu alternatif yang digunakan dalam pembangunan gedung bertingkat. Pondasi ini berupa plat beton besar yang berfungsi meneruskan beban melalui sekumpulan kolom atau dinding ke lapisan tanah di bawahnya, dan menghubungkan permukaan antara satu atau lebih kolom di dalam beberapa garis (jalur) dengan tanah dasar. Untuk mengatasi permasalahan yang ada, banyak perencana menggunakan pondasi *raft* atau pondasi rakit, karena dianggap mampu memberikan faktor keamanan yang memadai dalam menghadapi kegagalan daya dukung *ultimate*.

Pada penelitian ini akan memperhitungkan penurunan akibat tanah timbunan pada suatu pondasi rakit pada konstruksi gedung 3 lantai dengan program *Plaxis* v8.2. Secara garis besar langkah pelaksanaan pengerjaannya adalah pengumpulan data sekunder (data tanah (laboratorium), data hasil pembebanan, data dimensi pondasi rakit) , menggambar desain pondasi rakit pada program *Plaxis*, menginput data sekunder ke dalam program *Plaxis*, menjalankan program *Plaxis*, dan menampilkan hasil dari output program *Plaxis*.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diperoleh nilai faktor aman yang paling tinggi berada pada kondisi tanpa timbunan dengan tebal pelat 30 cm sebesar 1,1782, sedangkan nilai faktor aman terkecil berada pada kondisi dengan timbunan 3 m dengan tebal pelat 40 cm dengan nilai 0,4560. Perbedaan tegangan efektif tanah yang terjadi pada pondasi rakit tidak berpengaruh secara signifikan karena pemodelan pada *Plaxis* lebih mengarah kepada faktor aman dan deformasi tanah yang terjadi pada pondasi rakit .

Kata Kunci : pondasi rakit, *plaxis*, penurunan

ABSTRACT

EFFECT OF LOAD SOIL EMBANKMENT ON THE RAFT FOUNDATION USING *PLAXIS* PROGRAM

BY

LINTANG KURNIA ARIDINI

Raft foundation became one of the alternatives used in the construction of high buildings. The foundation is a large concrete plate that serves to pass the load through a set of columns or walls to the subsoil, and connect the surface between one or more columns in several lines (lines) with the ground. To overcome the existing problems, many planners use raft foundations, as they are capable of providing enough safety factors to reduce ultimate carrying capacity failures.

This research will calculate the settlement of embankment soil on a raft foundation with *plaxis* program. Outline of the implementation step is the collection of secondary data, loading results data, raft foundation dimension data, drawing raft foundation design on the *plaxis* program, input secondary data into the *plaxis* program, run *plaxis* program, and display the results of the *plaxis* output program.

Based on the analysis that has been done, the highest safety factor is found in condition without soil embankment with the thickness of 30 cm plate of 1.1782, while lowest value of safety factor is in the condition with soil embankment with 3 meters with thick plate 40 cm with value 0,4560. The difference in the effective stress of the soil occurring on the raft foundation has no significant effect as the modeling of *Plaxis* leads more to the safety factor and the soil deformation occurring on the raft foundation.

Keywords: raft foundation, Plaxis, settlement

**PENGARUH BEBAN TANAH TIMBUNAN TEHADAP DAYA DUKUNG
PONDASI RAKIT MENGGNAKAN PROGRAM *PLAXIS***

Oleh

LINTANG KURNIA ARIDINI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik**



**UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi

: **PENGARUH BEBAN TANAH TIMBUNAN
TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI
RAKIT MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS**

Nama Mahasiswa

: **Lintang Kurnia Aridini**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315011066

Jurusan

: Teknik Sipil

Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Ir. Setyanto, M.T.

NIP 19550830 198403 1 001



Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.

NIP 19670514 199303 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil



Dr. Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Pembimbing Utama : **Ir. Setyanto, M.T.**



Anggota
Pembimbing

Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.



Penguji

Bukan Pembimbing : **Ir. Idharmahadi Adha, M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **15 Agustus 2017**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul Pengaruh Beban Tanah Timbunan Terhadap Daya Dukung Pondasi Rakit Menggunakan Program *Plaxis* 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.
2. 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



Lintang Kurnia Aridini

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung , 27 Mei 1995, sebagai anak kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Sarwono Sanjaya, S.T dan Ibu Dra Neni Sunarsih, S.Sos. Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Al-Azhar 2 Perumnas Way Halim, Bandar Lampung diselesaikan tahun 2001, Sekolah Dasar diselesaikan di SD Al-Kautsar Bandar Lampung tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 4 Bandar Lampung pada tahun 2010, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 09 Bandar Lampung pada tahun 2013.

Tahun 2013, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Penulis pernah menjadi delegasi perwakilan HIMATEKS menghadiri Temu Wicara Regional IV yang dilaksanakan di Palembang. Penulis pernah mengikuti Lomba rancang Kuda-Kuda Tingkat Nasional sebagai finalis di Universitas Gajah Mada pada tahun 2014. Selama menjadi mahasiswa Program Studi Teknik Sipil penulis aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil dan menjabat sebagai Sekertaris Departemen Hubungan Luar periode 2015/2016.

Pada bulan Oktober 2015, penulis pernah menjadi delegasi perwakilan mahasiswa/i Universitas Lampung untuk mengikuti Temu Wicara Nasional Forum Komunikasi Mahasiswa Teknik Sipil Indonesia XXVI yang bertempat di Gorontalo. Pada bulan Oktober sampai Desember 2015, penulis melaksanakan Kerja Praktik di Proyek Pembangunan Bahan Bangunan Mitra 10 Bandar Lampung. Selama berkuliah di Jurusan Teknik Sipil penulis pernah menjadi Asisten Dosen pada mata kuliah Mekanika Tanah 1, Struktur Beton Bertulang 1 dan Mekanika Tanah 2. Pada bulan Januari sampai Maret 2017 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Kesuma Jaya , Kecamatan Bekri.

UNTUK
IBU DAN
BAPAK

PERSEMBAHAN

Untuk Ibu dan Bapak. Mohon maaf, karena aku selalu menyusahkan kalian. Terimakasih sebanyak banyaknya atas segala pengorbanan kalian yang tidak pernah bisa aku balas. Terimakasih telah menyemangati aku walaupun tidak dalam bentuk kata-kata tapi aku sangat yakin, Ibu dan Bapak selalu mendo'akan aku siang-malam, pagi-sore , kapanpun dan dimanapun. Semoga ini awal untuk membahagiakan kalian. Insya Allah. Semoga setiap air mata yang jatuh dari mata kalian atas segala kepentinganku, menjadi sungai untukmu di Surga nanti. Semoga Allah SWT selalu memberikan Ibu dan Bapak kebahagiaan dunia dan akhirat.

Untuk Aa Aih, Teh Santi dan Azka terimakasih atas semua doa dan supportnya selama ini. Untuk adikku Thesar semoga kamu bisa cepat menyusul, semoga selalu diberi kemudahan juga dalam urusan kuliah nanti. Semoga menjadi orang yang lebih baik lagi dalam hal apapun. Semoga Allah selalu melindungi kalian.

Untuk semua keluarga ku dimanapun itu, terimakasih atas support dan do'anya. Dari mulai milih jurusan kuliah untuk yakin kuliah di sipil, waktu awal masuk jadi maba, sampai detik sekarang. Terimakasih atas kritik dan sarannya. Semoga Allah balas kebaikan kalian

Sahabat-sahabatku seperjuangan Teknik Sipil dari awal masuk perkuliahan, jaman propti, jaman kerjaan pergi pagi pulang pagi hingga sekarang dan semoga sampai tua nanti Sella Anggraini, Ardini Yuliasri Putri, Alvio Rini, Fakhriyah Putri, Devie Arisandy Sumantri, dan Diah Ayu terimakasih atas bantuan, do'a, kritikan, saran, dukungan, motivasi nya selama ini. Semoga Allah balas kebaikan kalian serta selalu diberikan kemudahan.

Untuk sahabatku Putri, Clara, Nope, Reni, Ismawan, Reston, terimakasih atas setiap motivasi, do'a , dukungan dan kritikan yang kalian berikan. Dan selalu siap dimintai tolong. Semoga Allah balas kebaikan kalian.

Untuk sahabat seperjuangan Geoteknik Sani, Dhynna, Pika, Fitri terimakasih karna kalain selalu siap di mintain tolong. Terimakasih karna kita selalu saling mengingatkan kapan waktunya seminar, kapan waktu nya asistensi, belajar bareng, gupek bareng, ngejer dosen bareng. Semoga kita menjadi orang-orang yang sukses.

Sahabat dari jaman SMA Made, Ayu, Ade, Intan, Fitri terimakasih juga atas semua dukungan, do'a dan motivasinya dan selalu menyempatkan hadir di seminar saya. Semoga perkawanan ini tulus apa ada nya.

Angkatan tercinta, terkeren, ternyebelin, terbikpal, tersayang Teknik Sipil 2013 siapapun kalian yang saya tidak bisa sebutkan satu persatu, saya mengucapkan terimakasih sebanyak-sebanyaknya kepada kalian semua karna telah banyak memberi semangat, motivasi, saran, kritikan, saran selama perkuliahan dan selama pengerjaan tugas akhir. Kalian semua yang selalu bertanya kapan seminar? Kapan kompre? Kapan wisuda? Itu semua menjadi motivasi untuk saya. Terima kasih. Semoga kita semua menjadi orang-orang sukses untuk bangsa ini dan sukses akhirat.

MOTTO

“ Fainnama'al Usri Yusro ”
(Sesungguhnya, sesudah kesulitan itu ada kemudahan)
(Q.S. Al Insyirah ayat 6)

“ Allahumma Yassir Wala Tu'assir ”
(Ya Allah permudahlah urusanku jangan dipersulitkan)

“ Setiap kamu merasa beruntung,
percayalah do'a Ibumu telah di dengar ”

“ Allahumma Shali'ala Muhammad ”

“ Kesuksesan hanya dapat diraih dengan segala upaya
dan usaha yang disertai dengan do'a, karna
sesungguhnya nasib seorang manusia tidak akan berubah
dengan sendirinya tanpa berusaha ”

“ Lakukan yang terbaik, bersikaplah yang baik maka kau
akan menjadi orang yang terbaik ”

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., selaku Ketua Bidang Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Ir.Setyanto,M.T., selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan ilmu pengetahuan, saran, kritik, semangat dan bimbingan dalam penelitian.
4. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D, selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan ilmu pengetahuan, saran, kritik, semangat dan bimbingan dalam penelitian ini.
5. Bapak Ir. Idharmahadi Adha, M.T., selaku Penguji bukan Pembimbing atas saran, kritik, dan bimbingan dalam penelitian ini.
6. Bapak Ir. Yohannes Martono Hadi, M.T., selaku Pembimbing Akademik .
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas ilmu bidang sipil yang telah diberikan selama perkuliahan.

8. Keluarga tercinta terutama orang tuaku , Ibu dan Bapak, Aa Aih Fitra Kurnia , dan Adikku Thesar Kurnia Brilian.
9. Terimakasih juga kepada sahabatku, keluarga baruku, rekan seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2013, abang-abang, mbak-mbak, kakak-kakak, adek-adek Teknik Sipil Universitas Lampung yang telah memberikan masukan, kritikan, saran, do'a nya kepada saya selama pengerjaan tugas akhir.
10. Dan terima kasih juga kepada pihak-pihak yang suka meremehkan dan suka gunjingin saya itu semua menjadi motivasi saya untuk cepat menyelesaikan tugas akhir dan cepat menyelesaikan masa studi saya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semoga Tuhan selalu melindungi kita semua

Bandar Lampung, Agustus 2017
Penulis,

Lintang Kurnia Aridini

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR NOTASI	vii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Perhitungan	2
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Perhitungan.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pondasi	5
B. Macam-Macam Pondasi.....	6
1. Pondasi Dangkal	6
2. Pondasi Dalam	8
C. Pondasi Rakit	10
D. Daya Dukung Tanah	11
1. Daya Dukung Batas Tanah untuk Pondasi Dangkal	11
E. Penurunan	15
1. Analisis Penurunan	17

2. Penurunan Segera	18
3. Penurunan Konsolidasi	19
F. Tegangan Efektif.....	21
G. Timbunan	22
H. Metode Elemen Hingga <i>Plaxis</i>	24
I. Studi Literatur	26
 BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Desain Penelitian	32
B. Metode Pengumpulan Data.....	33
C. Tahapan Analisis Data dengan Program <i>Plaxis</i> V8.2.....	33
D. Diagram Alir Penelitian.....	38
 BAB IV. PEMBAHASAN	
A. Umum.....	39
B. Data Teknis Pondasi.....	40
C. Potongan Pondasi	40
D. Analisa Perhitungan pada Program <i>Plaxis</i> 2D V8.2	41
E. Tahapan Perhitungan Pondasi Rakit dengan Metode Konvensional ..	66
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	71
B. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data Input <i>Soil Properties</i> untuk Pasir	44
Tabel 2. Data Input <i>Soil Properties</i> untuk Timbunan	45
Tabel 3. Data Input <i>Foundations Properties</i>	45
Tabel 4. Hasil Faktor Aman yang Terjadi pada Pondasi Rakit	62
Tabel 5. Hasil Analisis Pondasi Dengan Tebal Pelat 40 Cm	63
Tabel 6. Hasil Analisis Pondasi Dengan Tebal Pelat 30 Cm	63
Tabel 7. Hasil Analisis Pondasi Dengan Tebal Pelat 20 Cm	63

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Pondasi Telapak	7
Gambar 2. Pondasi Memanjang	7
Gambar 3. Pondasi Rakit	8
Gambar 4. Pondasi Sumuran.....	9
Gambar 5. Pondasi Tiang.....	9
Gambar 6. Jenis Pondasi Rakit	11
Gambar 7. a) Model Pondasi ; (b) Grafik Hubungan Antara Beban dan Penurunan	13
Gambar 8. (a) Keruntuhan Geser Menyeluruh ; (b) Keruntuhan Geser Setempat.....	14
Gambar 9. Contoh Kerusakan Bangunan Akibat Penurunan.....	16
Gambar 10. Penggambaran Geometri pada Program <i>Plaxis</i>	26
Gambar 11. <i>Deformed Mesh</i>	27
Gambar 12. <i>Total Displacements</i>	28
Gambar 13. <i>Effective Stresses</i>	28
Gambar 14. <i>Total Stresses</i>	29
Gambar 15. <i>Active Pore Pressures</i>	29
Gambar 16. <i>Active Groundwater Head</i>	30
Gambar 17. Hasil <i>Calculate</i> Pada Program <i>Plaxis</i>	30

Gambar 18. Hasil Faktor Aman Pada Program <i>Plaxis</i>	31
Gambar 19. Tampilan General Setting Project	34
Gambar 20. Tampilan <i>General Settings Dimensions</i>	35
Gambar 21. Tampilan <i>General Settings Calculations</i>	36
Gambar 22. Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 23. Potongan Pondasi Melintang di Lokasi Penelitian.....	40
Gambar 24. Potongan Pondasi Melintang yang Ditinjau di <i>Plaxis</i>	41
Gambar 25. Proses Input Geometri	42
Gambar 26. Proses <i>Input Dimensions</i>	43
Gambar 27. Penggambaran Geometri Tanah	44
Gambar 28. Deformed Mesh Tanpa Timbunan dengan Tebal Plat 40 cm ...	49
Gambar 29. Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 3m dengan Tebal Plat 40 cm	50
Gambar 30. Deformed Mesh Tanpa Timbunan dengan Tebal Plat 30 cm.....	51
Gambar 31. Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 3m dengan Tebal Plat 30 cm.....	52
Gambar 32. Deformed Mesh Potongan Melintang dengan Tebal Plat 20 cm .	53
Gambar 33. Deformed Mesh Pada Pondasi dengan Timbunan 3m dengan Tebal Plat 20 cm	54
Gambar 34. <i>Effective Stresses</i> untuk Pondasi dengan Timbunan dengan Tebal Plat 20 cm	56
Gambar 35. <i>Effective Stresses</i> untuk Pondasi Tanpa Timbunan dengan Tebal Plat 20 cm	57

Gambar 36. <i>Effective Stresses</i> untuk Pondasi dengan Timbunan dengan Tebal	
Plat 30 cm	58
Gambar 37. <i>Effective Stresses</i> untuk Pondasi Tanpa Timbunan dengan Tebal	
Plat 30 cm	59
Gambar 38. <i>Effective Stresses</i> untuk Pondasi dengan Timbunan dengan Tebal	
Plat 40 cm	60
Gambar 39. <i>Effective Stresses</i> untuk Pondasi Tanpa Timbunan dengan Tebal	
Plat 40 cm	61
Gambar 40. Gambar Grafik Hubungan Hasil Perbandingan <i>Deformed Mesh</i> . .	64
Gambar 41. Grafik Hubungan Hasil Perbandingan Faktor Aman	65

DAFTAR NOTASI

q	= Daya Dukung Pondasi
B	= Lebar Pondasi
D	= Kedalaman Pondasi
c	= Kohesi Tanah
φ	= Sudut Geser Dalam
γ	= Berat Volume Tanah
γ_{sat}	= Berat Tanah Jenuh
N_c, N_q, N_γ	= Faktor Daya Dukung
ε	= Regangan
σ	= Tegangan Normal Total
σ'	= Tegangan Normal Efektif
ΔH	= <i>Settlement</i>
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	= Faktor Pengaruh yang Tergantung Dari Kontak Pondasi dan Kekakuan Pondasi

Δe = 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

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Struktur bawah bangunan suatu konstruksi gedung terdiri dari pondasi dan lapisan tanah untuk mendukung beban konstruksi bagian atas. Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas ke dasar tanah yang cukup kuat untuk mendukungnya. (Gunawan, 1983). Sementara itu, kondisi tanah di bawah struktur sangat berkaitan dengan perilaku tanah itu sendiri ketika menerima beban.

Suatu sistem pondasi harus dapat menjamin dan mampu mendukung beban bangunan di atasnya, termasuk gaya-gaya luar seperti gaya angin, gempa, dan lain-lain. Dalam struktur apapun, beban yang terjadi baik yang disebabkan oleh berat sendiri ataupun akibat beban rencana harus disalurkan ke dalam suatu lapisan pendukung, dalam hal ini lapisan tanah yang ada di bawah struktur tersebut. Untuk itu pondasi haruslah kuat, stabil, aman, agar tidak mengalami penurunan, tidak mengalami patah, karena akan sulit untuk memperbaiki suatu sistem pondasi.

Namun, sering kali penggunaan pondasi dangkal seperti pondasi rakit (*raft foundation*) menjadi alternatif dalam pembangunan gedung bertingkat. Pondasi ini berupa plat beton besar yang berfungsi meneruskan beban melalui sekumpulan kolom atau dinding ke lapisan tanah di bawahnya, dan menghubungkan permukaan antara satu atau lebih kolom di dalam beberapa garis (jalur) dengan tanah dasar. Secara umum pondasi rakit dapat dianalisis dengan dua anggapan. Pertama pondasi rakit dianggap merupakan struktur yang fleksibel, berarti pelat pondasi akan mengalami deformasi yang tidak sama akibat beban yang bekerja. Kedua pondasi rakit dianggap merupakan struktur yang kaku yang berarti pelat dianggap mengalami deformasi yang sama akibat beban yang bekerja.

Untuk mengatasi kegagalan struktur tanah tersebut, beberapa perencana menggunakan pondasi rakit sebagai alternatif, karena jenis pondasi ini dianggap mampu untuk memberikan faktor keamanan yang memadai dalam menghadapi kegagalan daya dukung *ultimate*. Penentuan jenis pondasi untuk struktur bangunan gedung ini dilakukan dengan memilih alternatif pondasi yang efisien, ekonomis dan sesuai dengan kondisi tanah yang ada. Dengan memperhitungkan semua analisa data tanah dan gaya-gaya yang timbul akibat pembebanan, selanjutnya akan ditentukan jenis pondasi yang paling sesuai.

B. Rumusan Masalah

Sebuah proyek pembangunan konstruksi gedung 3 lantai merupakan proyek konstruksi dengan luas lahan kurang lebih 300 hektar. Jenis pondasi yang

digunakan dalam proyek ini adalah pondasi *raft-foundation* atau pondasi rakit. Maka perencanaannya harus dilakukan dengan teliti dan hati-hati tidak hanya untuk struktur bagian atas tetapi juga untuk struktur bagian bawah sebagai penahan beban gedung tersebut. Dengan demikian, jenis pondasi rakit ini tentu tidak dapat digunakan untuk semua jenis lapisan tanah mengingat jenis pondasi ini komponen rakit pun diharapkan ikut menyumbangkan kontribusi dalam menanggung beban. Oleh karena itu, perlu dianalisis apakah jenis pondasi rakit ini dapat diaplikasikan pada jenis tanah dalam proyek tersebut. Selanjutnya, apabila jenis pondasi rakit ini dapat diaplikasikan, maka proses pembuatan alternatif desain pun dapat dilakukan.

C. Tujuan Perhitungan

Adapun tujuan dalam perhitungan ini antara lain :

1. Menganalisis daya dukung dan penurunan akibat tanah timbunan pada suatu pondasi rakit pada proyek pembangunan konstruksi gedung 3 lantai menggunakan program *Plaxis* V8.2.
2. Pemanfaatan program *Plaxis* sebagai salah satu cara untuk menganalisis dan mengetahui tegangan tegangan yang terjadi di dasar tanah pada suatu konstruksi .

D. Batasan Masalah

Dengan tujuan untuk memfokuskan pembahasan dari perhitungan ini, maka dibuat beberapa batasan masalah yang akan di cermati dalam perhitungan ini.

Adapun pembahasan analisis ini dibatasi pada beberapa dasar perhitungan, dan asumsi yaitu :

1. Pembebanan yang dihitung merupakan beban asli sesuai dengan SNI.
2. Mengetahui berapa besar penurunan akibat beban tanah timbunan yang akan terjadi beserta diagram tegangannya dengan menggunakan program *Plaxis*.

E. Manfaat Perhitungan

Dengan adanya perhitungan ini dapat diperoleh manfaat antara lain menjadi bahan referensi bagi siapapun yang membaca khususnya mahasiswa/i yang tugas akhirnya akan membahas mengenai masalah analisa daya dukung pondasi dangkal, terutama pondasi rakit Selain itu, diharapkan pula penelitian ini memberikan manfaat untuk menambah wawasan dan mengembangkan penelitian lebih lanjut di bidang Geoteknik terutama pada penjelasan tipe pondasi rakit dan juga dapat merencanakan pondasi rakit yang efisien untuk bangunan bertingkat.

II . TINJAUAN PUSTAKA

A. Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas menahan struktur bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu pondasi bangunan harus diperhitungkan dan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain, dan tidak boleh terjadi penurunan pondasi setempat ataupun penurunan pondasi yang merata lebih dari batas tertentu. Kegagalan fungsi pondasi dapat disebabkan karena *base-shear failure* atau penurunan yang berlebihan, dan sebagai akibatnya dapat timbul kerusakan struktural pada kerangka bangunan atau kerusakan lain.

Dimensi pondasi dihitung berdasarkan beban bangunan dan daya dukung tanah yang diizinkan.

$$Af = \frac{\text{Beban Bangunan}}{\text{Daya Dukung Tanah}}$$

Af adalah luas pondasi

Pemilihan jenis struktur bawah (*sub-structure*) yaitu pondasi, menurut harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1. Keadaan tanah pondasi

Keadaan tanah pondasi kaitannya adalah dalam pemilihan tipe pondasi yang sesuai. Hal tersebut meliputi jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman lapisan tanah keras dan sebagainya.

2. Batasan-batasan akibat struktur di atasnya

Keadaan struktur atas akan sangat mempengaruhi pemilihan tipe pondasi. Hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban dan penyebaran beban) dan sifat dinamis bangunan di atasnya (statis tertentu atau tak tentu, kekakuannya, dll).

3. Batasan-batasan keadaan lingkungan disekitarnya

Yang termasuk dalam batasan ini adalah kondisi proyek, dimana perlu diingat bahwa pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu ataupun membahayakan bangunan dan lingkungan yang telah ada disekitarnya.

4. Biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan

Sebuah proyek pembangunan akan sangat memperhatikan aspek waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan, karena hal ini sangat erat hubungannya dengan tujuan pencapaian kondisi yang ekonomis dalam pembangunan.

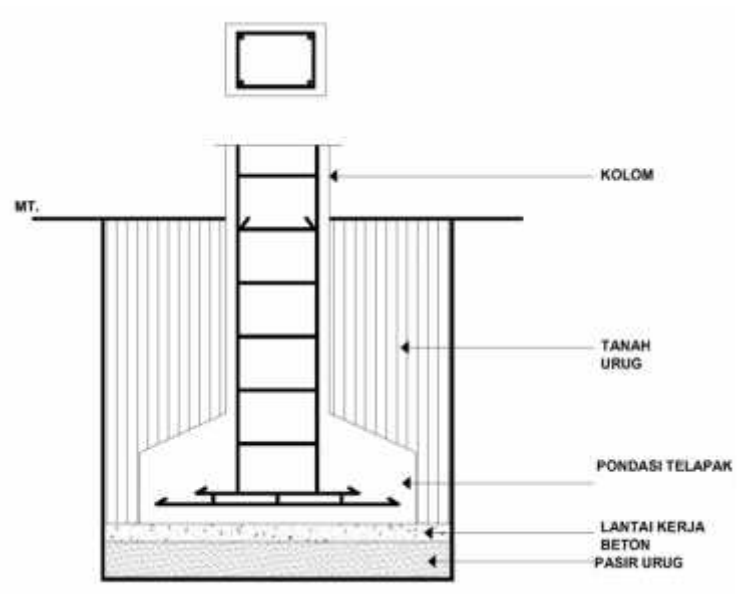
B. Macam-macam Pondasi

Klasifikasi pondasi dibagi menjadi dua tipe, yaitu: (Hardiyatmo, 2002)

1. Pondasi Dangkal

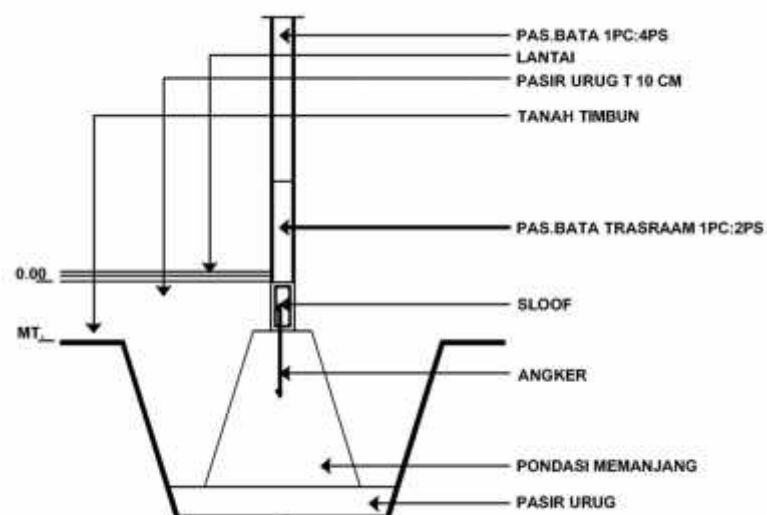
Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung dengan kedalaman $D_f/B \leq 4$, seperti:

- a. Pondasi telapak yaitu pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom.



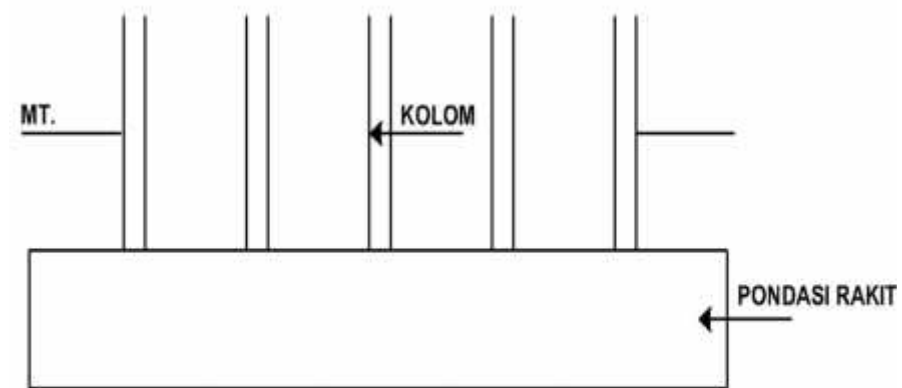
Gambar 1. Pondasi Telapak

- b. Pondasi memanjang yaitu pondasi yang dipergunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya.



Gambar 2. Pondasi Memanjang

- c. Pondasi rakit yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi-sisinya berhimpit satu sama lainnya.

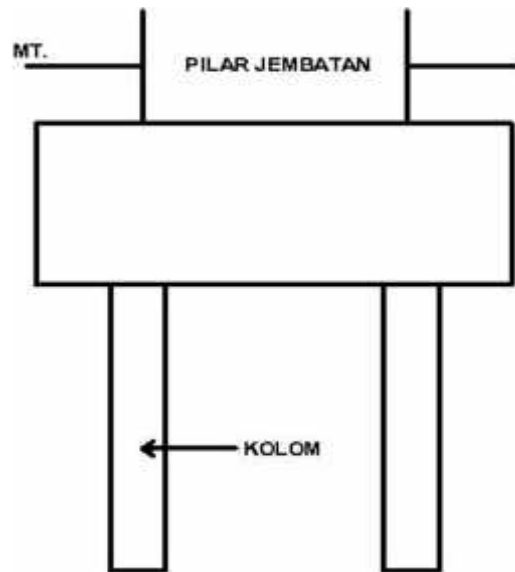


Gambar 3. Pondasi Rakit

2. Pondasi Dalam

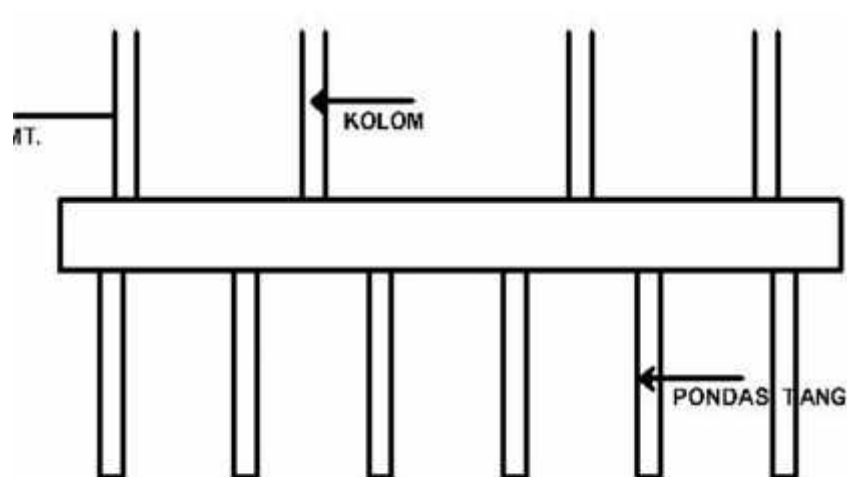
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan dengan kedalaman $D_f/B \geq 4$, seperti:

- a. Pondasi sumuran yaitu pondasi yang merupakan peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam.



Gambar 4. Pondasi Sumuran

- b. Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran.



Gambar 5. Pondasi Tiang

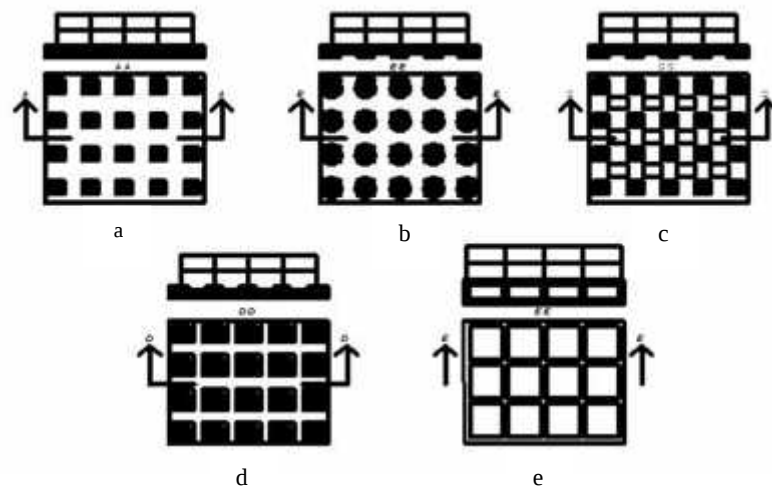
C. Pondasi Rakit

Pondasi rakit (*raft foundation*) merupakan pondasi dangkal yang berwujud slab beton yang besar dan luas yang berfungsi meneruskan beban melalui sekumpulan kolom atau dinding ke lapisan tanah di bawahnya (Das , 1995).

Sebuah pondasi rakit boleh digunakan dimana tanah basis mempunyai kapasitas daya dukung rendah dan atau beban kolom adalah begitu besar sehingga lebih dari 50 persen dari luas ditutupi oleh telapak sebar konvensional (Bowles,1983).

Pemakaian pondasi rakit dimaksudkan juga untuk mengatasi tanah dasar yang tidak homogen, misal tanah lunak, supaya tidak terjadi perbedaan penurunan yang cukup besar. Secara struktur pondasi rakit merupakan pelat beton bertulang yang mampu menahan momen, gaya lintang, geser pons yang terjadi pada pelat beton, tetapi masih aman dan ekonomis. Apabila beban tidak terlalu besar dan jarak kolom sama maka pelat dibuat sama tebal (gambar 6a) . Untuk mengatasi gaya geser pons yang cukup besar, dapat dilakukan pertebalan pelat dibawah masing- masing kolom atau diatas pelat (gambar 6b dan gambar 6d). Pemberian balok pada kedua arah dibawah pelat bertujuan untuk menahan momen yang besar (Gambar 6c) atau dapat dipakai juga pelat dengan struktur seluler (Gambar 6e). Sedangkan untuk mengurangi penurunan pada tanah yang *kompresible* dibuat pondasi yang agak dalam, struktur ini disebut pondasi pelat *terapung/floating foundation* (Gambar 6e). Pondasi rakit terbagi dalam beberapa jenis yang lazim atau sering digunakan (Bowles, 1983).

- a. Pelat rata
- b. Pelat yang ditebalkan di bawah kolom
- c. Balok dan pelat
- d. Pelat dengan kaki tiang
- e. Dinding ruangan bawah tanah sebagai bagian pondasi telapak.



Gambar 6. Jenis Jenis Pondasi Rakit

D. Daya Dukung Tanah

Daya dukung adalah gaya maksimum yang dapat dipikul/ ditahan tanpa menyebabkan keruntuhan geser dan *penurunan (settlement)* yang berlebihan untuk melawan gaya geser.

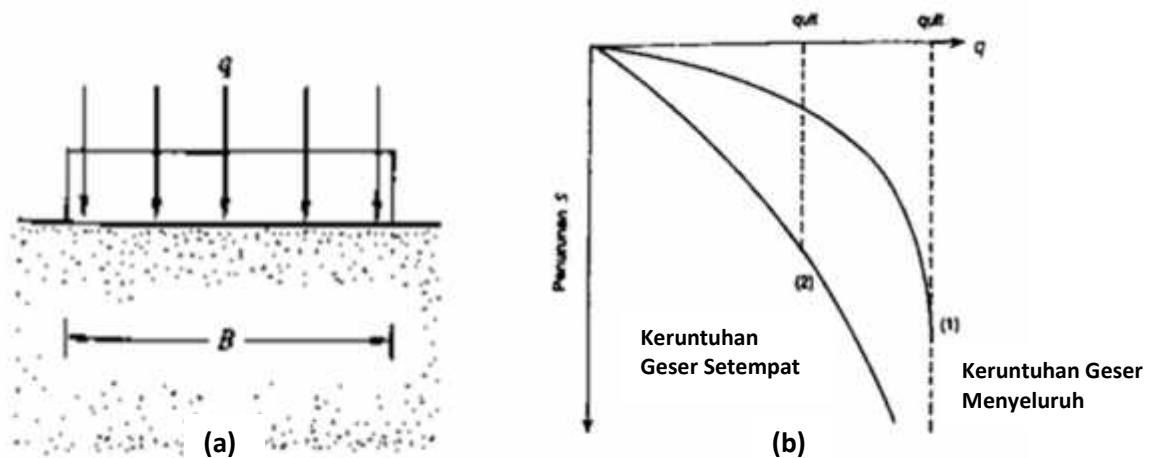
1. Daya Dukung Batas Tanah untuk Pondasi Dangkal

Untuk dapat memahami konsep daya dukung batas suatu tanah, terlebih dahulu kita harus memahami konsep pola keruntuhan geser dalam tanah. Perhatikan model pondasi bentuk persegi yang memanjang dengan lebar B yang diletakkan pada permukaan lapisan tanah pasir padat pada tanah yang kaku (Gambar 7). Apabila beban-beban terbagi rata q per satuan luas

diletakkan diatas model pondasi, maka pondasi tadi akan turun. Apabila beban terbagi rata q tersebut ditambah, tentu saja penurunan pondasi yang bersangkutan akan bertambah pula. Tetapi, bila besar $q = q_u$ (Gambar 7) telah dicapai, maka keruntuhan daya dukung akan terjadi, yang berarti pondasi akan mengalami penurunan yang sangat besar tanpa penambahan beban q lebih lanjut. Tanah disebelah kanan dan kiri pondasi akan menyembul dan bidang longsor akan mencapai permukaan tanah. Hubungan antara beban dan penurunan akan seperti kurva I (Gambar 7b). Untuk keadaan ini kita mendefinisikan q_u sebagai daya dukung batas tanah. Pola keruntuhan daya dukung seperti ini dinamakan *keruntuhan geser menyeluruh (general shear failure)*. Apabila pondasi turun karena suatu beban yang diletakkan diatasnya, maka suatu zona keruntuhan blok segitiga dari tanah (zona A) akan tertekan kebawah, dan selanjutnya tanah dalam zona A menekan zona B dan zona C kesamping dan kemudian ke atas (gambar 8a). Pada beban batas q_u , tanah berada dalam keseimbangan plastis dan keruntuhan terjadi dengan cara menggelincir. Apabila model pondasi yang kita jelaskan diatas kita letakkan dalam tanah pasir yang setengah padat, maka hubungan antara beban dan penurunan akan berbentuk seperti kurva II. Sementara itu, apabila harga $q = q_u'$ maka hubungan antara beban dan penurunan menjadi curam dan lurus. Dalam keadaan ini q_u' kita definisikan sebagai daya dukung batas dari tanah. Pola keruntuhan seperti ini dinamakan *keruntuhan geser setempat (local shear failure)*. Zona keruntuhan blok segitiga (zona A) di bawah pondasi akan bergerak ke bawah (Gambar 8b), tetapi tidak seperti keruntuhan

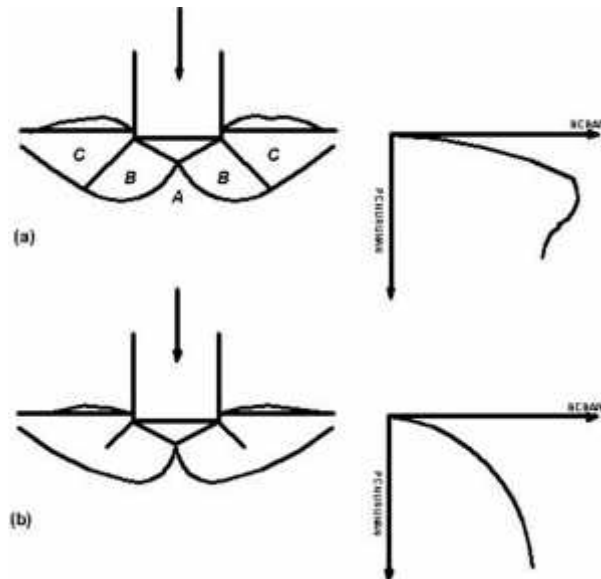
geser menyeluruh (*general shear failure*), terdapat sedikit penggembungan tanah di sekitar pondasi, namun tidak terjadi penggulingan pondasi. Walaupun demikian, tanda-tanda tanah yang menyembul dapat kita lihat.

Keruntuhan geser menyeluruh (*general shear failure*) merupakan karakteristik dari telapak pondasi yang sempit dengan kedalaman yang dangkal yang terletak pada tanah-tanah yang relatif padat dan relatif kuat yang relatif tidak kompresibel. Untuk tanah yang relatif lemah dan relatif kompresibel, dengan telapak yang relatif lebar dan relative dalam, jenis keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan geser setempat (*local shear failure*).



Sumber : Das 1995

Gambar 7. (a) Model Pondasi ; (b) Grafik Hubungan Antara Beban dan Penurunan



Sumber : Setyanto 1999

Gambar 8. (a) Keruntuhan geser Menyeluruh ; (b) Keruntuhan Geser Setempat

Persamaan daya dukung untuk menghitung kapasitas tanah menurut beberapa ahli adalah sebagai berikut (Bowles ,1983):

1. Analisis Terzaghi :

$$q_u = cN_c + qN_q + 0,5\gamma B N_\gamma \quad (1)$$

2. Analisis Meyerhof

$$q_u = S_c d_c i_c b_c g_c c N_c + S_q d_q i_q b_q g_q q N_q + 0,5 S_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma B_\gamma \quad (2)$$

3. Persamaan Brinch Hansen :

$$q_u = \frac{q_u}{B' L'} S_c d_c i_c b_c g_c c N_c + S_q d_q i_q b_q g_q P_o N_q + 0,5 S_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma B'_\gamma N_\gamma \quad (3)$$

Dimana :

q_{ult} = daya dukung ultimit

c = Kohesi

D_f = Kedalaman pondasi (m)

A = Berat volume tanah (kN/m^3)

B = Lebar pondasi (m)

$P_o = D_f A$ = Tekanan overburden pada dasar pondasi

N_γ, N_c, N_q = Faktor daya dukung untuk setiap metode

S_c, S_q, S = Faktor kedalaman pondasi

i_c, i_q, i_γ = Faktor kemiringan pondasi

Q_u = Beban vertikal ultimit

B', L' = Panjang dan lebar efektif pondasi (m)

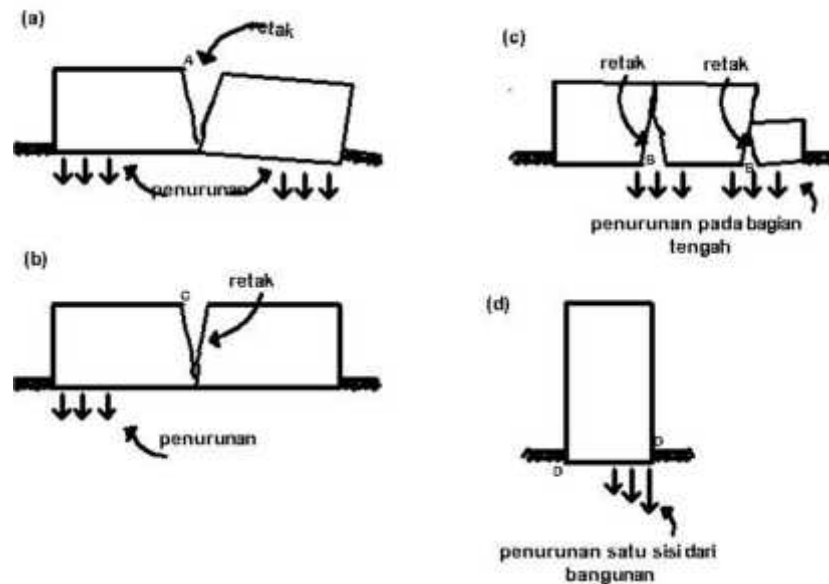
b_c, b_q, b_γ = Faktor – faktor kemiringan dasar

g_c, g_q, g_γ = Faktor – faktor kemiringan permukaan

E. Penurunan (*Settlement*)

Istilah penurunan digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Jika seluruh permukaan tanah di bawah dan di sekitar bangunan turun secara seragam dan penurunan tidak terjadi berlebihan, maka turunnya bangunan akan tidak nampak oleh pandangan mata dan penurunan yang terjadi tidak menyebabkan kerusakan bangunan (Hardiyatmo, 2003).

Namun, kondisi tertentu dapat menyebabkan terganggunya kestabilan, bila penurunan terjadi secara berlebihan. Umumnya, penurunan yang tidak seragam lebih membahayakan bangunan dari pada penurunan total.



Gambar 9. Contoh Kerusakan Bangunan Akibat Penurunan

- Keadaan dimana, pada bagian tengah bangunan mengalami penurunan paling besar, maka dapat terjadi retak-retak pada bagian tengah.
- Keadaan dimana, pada bagian bangunan yang mengalami kondisi tekan pada bagian atas dan kondisi tarik pada bagian bawah dan mengalami penurunan paling besar terdapat dibagian tengah bangunan maka dapat mengakibatkan retakan-retakan.
- Keadaan dimana, bangunan mengalami penurunan pada salah satu bagian, sehingga dapat menyebabkan keretakan pada bagian tengah.
- Keadaan dimana, penurunan bangunan terjadi secara berangsur-angsur pada salah satu bagian bangunan, yang bisa mengakibatkan bangunan menjadi miring dan menimbulkan keretakan.

Ada beberapa sebab terjadinya penurunan akibat pembebanan yang bekerja di atas tanah :

- a) Kegagalan atau keruntuhan geser akibat terlampaunya kapasitas dukung tanah.
- b) Kerusakan atau terjadi defleksi yang besar pada pondasi.
- c) Distorsi geser (shear distortion) dari tanah pendukungnya.
- d) Turunnya tanah akibat perubahan angka pori.

Selain dari kegagalan kuat dukung tanah, pada setiap proses penggalian selalu dihubungkan dengan perubahan keadaan tegangan di dalam tanah. Perubahan tegangan pasti akan disertai dengan perubahan bentuk, pada umumnya hal ini yang menyebabkan penurunan pada pondasi.

Tegangan di dalam tanah yang timbul akibat adanya beban di permukaan dinyatakan dalam istilah tambahan tegangan (*stress increment*), karena sebelum tanah dibebani tanah sudah mengalami tekanan akibat beratnya sendiri yang disebut dengan tekanan *overburden*. Analisis tegangan di dalam tanah di dasarkan pada anggapan bahwa tanah bersifat elastis, homogen, isotropis, dan terdapat hubungan linier antara tegangan dan regangan. (Hardiyatmo, 2003).

1. Analisis Penurunan

Penurunan (*settlement*) pondasi yang terletak pada tanah berbutir halus yang jenuh dapat dibagi menjadi 3 komponen, yaitu:

- a. Penurunan segera (*immediate settlement*)
- b. Penurunan konsolidasi primer

c. Penurunan konsolidasi sekunder.

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

$$S = S_i + S_c + S_s \quad (4)$$

dimana :

S = Penurunan total

S_i = Penurunan segera

S_u = Penurunan konsolidasi primer

S_s = Penurunan konsolidasi sekunder

2. Penurunan Segera

Penurunan segera atau penurunan elastis adalah penurunan yang dihasilkan oleh distorsi massa tanah yang tertekan, dan terjadi pada volume konstan. Penurunan pada tanah-tanah berbutir kasar dan tanah-tanah berbutir halus yang tidak jenuh termasuk tipe penurunan segera, karena penurunan terjadi segera setelah terjadi penerapan beban.

Rumus penurunan segera dikembangkan berdasar teori dari Timonshenko dan Goodier sebagai berikut:

$$S_i = \frac{qB}{E_s} (1 - \mu^2) I_p \quad (5)$$

dimana:

S_i = Penurunan segera

q_n = Tekanan pada dasar pondasi netto

B = Lebar pondasi

μ = Angka Poisson

E_s = Modulus elastisitas tanah

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

Besarnya tegangan kontak berubah akibat bertambah dalamnya tinjauan, sehingga q menjadi:

$$A\sigma = \frac{q_0 \cdot B \cdot L}{(B+z)(L+z)} \quad (6)$$

Sehingga,

$$S_t = \frac{A\sigma B}{E_s} (1 - \mu^2) I_p \quad (7)$$

Dimana:

$A\sigma$ = penambahan tegangan rata-rata sesuai kedalaman tinjauan (t/m^2)

q_0 = beban pada pondasi

z = penambahan lebar daerah tekan pada pondasi sesuai kedalaman tinjauan

3. Penurunan Konsolidasi

Penurunan konsolidasi terdiri dari 2 tahap, yaitu:

a. Tahap penurunan konsolidasi primer

Penurunan konsolidasi 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*).

b. Tahap penurunan konsolidasi sekunder.

Penurunan konsolidasi merupakan proses lanjutan dari konsolidasi primer. 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.

Perbandingan nilai tekanan prakonsolidasi dengan tekanan efektif vertikal pada saat tanah diselidiki menghasilkan dua kondisi yang didasarkan pada sejarah geologinya yaitu:

a) Terkonsolidasi secara normal (*Normally Consolidated/NC*), dimana tekanan efektif *overburden* saat ini adalah merupakan tekanan maksimum yang pernah dialami tanah tersebut.

$$P_c \approx P_o \text{ atau } \frac{P_c}{P_o} \approx 1 \rightarrow S_c = \frac{C_c}{1+e_o} \cdot H_c \cdot \log \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \quad (8)$$

b) Terkonsolidasi lebih (*Over Consolidated/OC*), dimana tekanan efektif *overburden* saat ini lebih kecil dari tekanan prakonsolidasi yang pernah dialami tanah tersebut.

$$P_c > P_o \text{ atau } \frac{P_c}{P_o} > 1$$

$$\begin{aligned}
 p_o + \Delta p < p_c &\rightarrow S_c = \frac{C_c}{1+e_o} \cdot H_c \cdot \log \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \\
 p_o < p_c < p_o + \Delta p &\rightarrow S_c = \frac{C_s}{1+e_o} \cdot H_c \cdot \log \frac{p_c}{p_o} + \frac{C_c}{1+e_o} \cdot H_c \cdot \log \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \quad (9)
 \end{aligned}$$

dimana:

e_o = angka pori awal yang didapat dari tes indeks

C_c = indeks kompresi, didapat dari percobaan konsolidasi

C_s = indeks swelling, didapat dari percobaan konsolidasi

P_c = tegangan prakonsolidasi, didapat dari percobaan konsolidasi

$P_o = \sum \gamma' \cdot z$

Δp = tegangan akibat beban luar

F. 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 hidrostatik. 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, 2002).

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*.

G. Timbunan

Timbunan adalah suatu kegiatan meletakkan atau menambah volume material yang sejenis atau material lain dengan tujuan meratakan permukaan yang berupa lubang sebelumnya dan atau meninggikan elevasi permukaan untuk

mendapatkan kondisi permukaan yang lebih baik. Kegagalan yang sering terjadi pada timbunan yakni kegagalan spesifikasi pekerjaan yang diinginkan. Kegagalan tersebut dapat terjadi pada tanah timbunan dapat berupa longsor ataupun *settlement* yang terlalu besar dan juga longsor pada sisi timbunan. Sedangkan kegagalan yang terjadi pada *sub-grade* pondasi timbunan yakni tanah pondasi terlalu lunak sehingga daya dukung tanah dalam menahan beban timbunan kecil, akibatnya *settlement* yang terjadi terlalu besar. Tanah timbunan yang dipilih seharusnya disesuaikan dengan kondisi tanah dasar , sehingga nilai *shear strength* yang dihasilkan memadai untuk syarat minimum dalam perhitungan faktor keamanan.

Kemudian , faktor-faktor lain yang patut diperhatikan yakni peninjauan distribusi partikel tanah, berat jenis tanah, dan sifat-sifat mekanik tanah. Kemudian , pelaksanaan konstruksi yang kurang cermat misalnya pada saat pemadatan tanah yang kurang optimal mengakibatkan hasil timbunan tanah terjadi *settlement* yang terlalu besar dikemudian hari.

Timbunan atau urugan dibagi dalam 2 macam sesuai dengan maksud penggunaannya yaitu :

1. Timbunan biasa, adalah timbunan atau urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir *subgrade* yang disyaratkan dalam gambar perencanaan tanpa maksud khusus lainnya. Timbunan biasa ini juga digunakan untuk penggantian material *existing subgrade* yang tidak memenuhi syarat.

Bahan timbunan biasa harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan biasa harus terdiri dari tanah yang disetujui oleh pengawas yang memenuhi syarat untuk digunakan dalam pekerjaan permanen. Bahan yang dipilih tidak termasuk tanah yang plastisitasnya tinggi, yang diklasifikasi sebagai A-7-6 dari persyaratan AASHTO M 145 atau sebagai CH dalam sistim klasifikasi “*Unified atau Casagrande*”. Sebagai tambahan, urugan ini harus memiliki CBR yang tak kurang dari 6 %, bila diuji dengan AASHTO T 193.

Tanah yang pengembangannya tinggi yang memiliki nilai aktif lebih besar dari 1,25 bila diuji dengan AASHTO T 258, tidak boleh digunakan sebagai bahan timbunan. Nilai aktif diukur sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (PI) – (AASHTO T 90) dan presentase ukuran lempung (AASHTO T 88).

2. Timbunan pilihan, adalah timbunan atau urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir subgrade yang disyaratkan dalam gambar perencanaan dengan maksud khusus lainnya, misalnya untuk mengurangi tebal lapisan pondasi bawah, untuk memperkecil gaya lateral tekanan tanah dibelakang dinding penahan tanah talud jalan.

H. 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 beberapa latihan (*Plaxis*, 2012).

Beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum menggunakan FE Analysis untuk penelitian adalah :

1. Memahami prinsip tegangan efektif dan sifat laku tanah adalah penting bagi siapapun yang akan melakukan analisa geoteknik menggunakan *finite element* untuk perencanaan
2. Dapat memodelkan suatu struktur geoteknik dengan benar.
3. Mengetahui tahapan konstruksinya.
4. Mengetahui input / data masukan apa saja yang dibutuhkan.
5. Dapat mengoperasikan sebuah *software* (*Plaxis*).

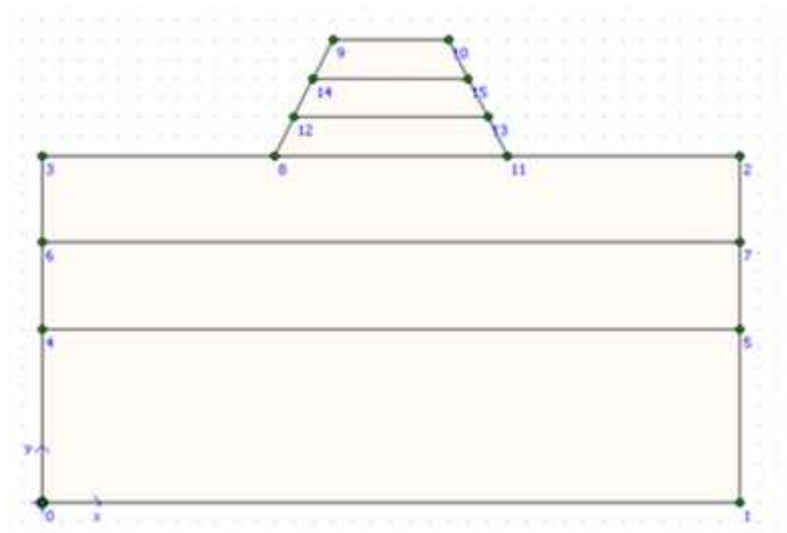
Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini membutuhkan nilai-nilai parameter pada tanah yang di dapat dari hasil penyelidikan tanah. Data tersebut digunakan sebagai input ,adapun prosedur dari program *Plaxis* antara lain sebagai berikut :

- 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 *Material Sets* antara lain γ_{dry} , γ_{wet} , kohesi, rasio *poisson*, dan lain sebagainya.
- e. Prosedur selanjutnya dapat dipahami lebih lanjut dan lebih jelas lagi pada literature yang diperoleh dari program *Plaxis*.

I. Studi Literatur

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



Gambar 10. Penggambaran Geometri pada Program *Plaxis*

Ini merupakan contoh lapisan yang akan di modelkan kedalam program *Plaxis*. Dengan data *input* sebagai berikut :

- i. Untuk Lapisan Pertama Tanah Pasir
 - 1. Material Model : *Mohr Coulomb*
 - 2. Material Type : *Undrained*
 - 3. E_{ref} : 2500 kN/m²

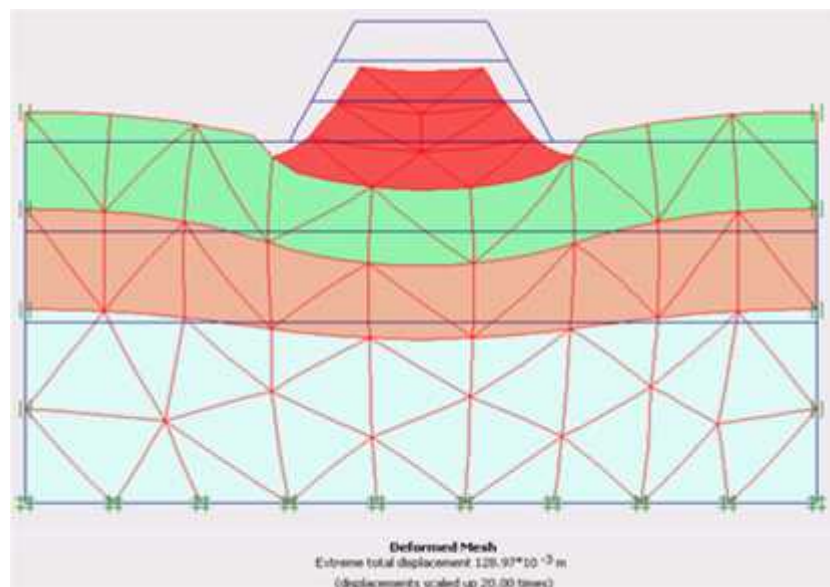
4. c_{ref} : 10 kN/m²
5. φ (phi) : 10°
6. K_x, K_y : 1e-4 m/day

ii. Untuk Lapisan Kedua Tanah Timbunan

1. Material model : *Mohr Coulomb*
2. Material Type : *Undrained*
3. E_{ref} : 12000 kN/m²
4. c_{ref} : 20 kN/m²
5. φ (phi) : 22°
6. 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 :

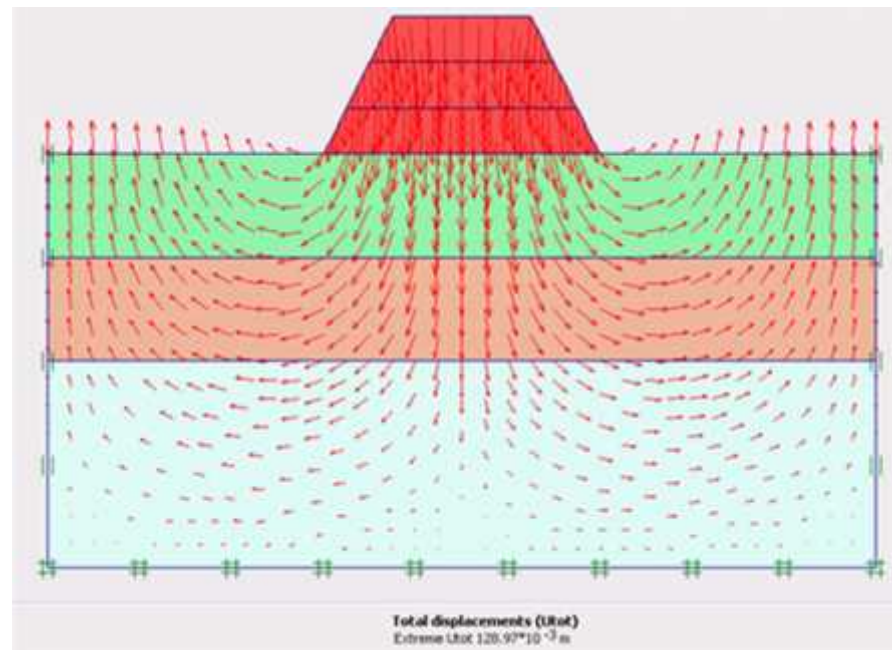
a. *Deformed Mesh*



Gambar 11. *Deformed Mesh*

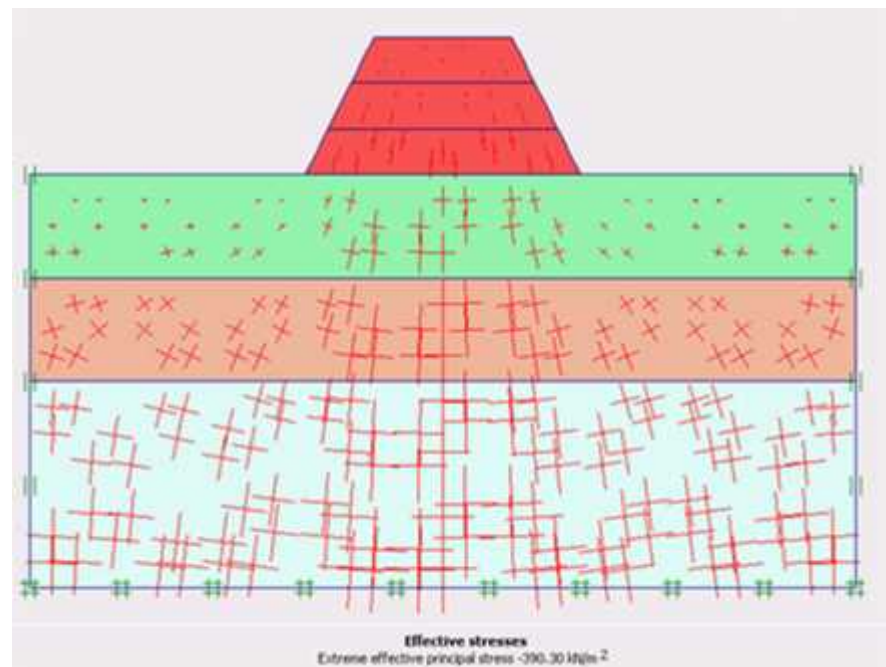
Extreme total displacement = 128,97 x 10⁻³ m

b. *Total Displacement*



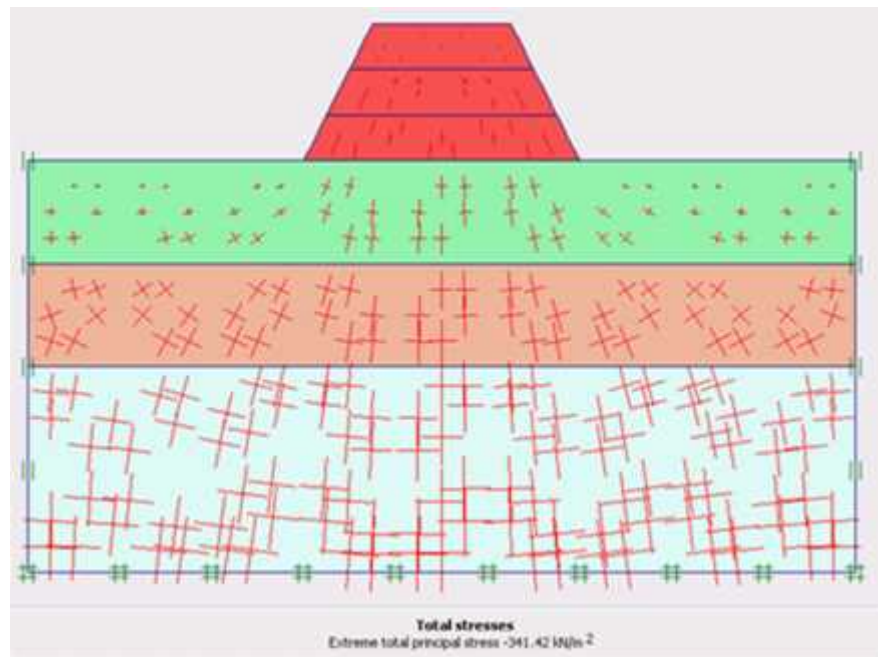
Gambar 12. *Total Displacements*

c. *Effective Stresses*



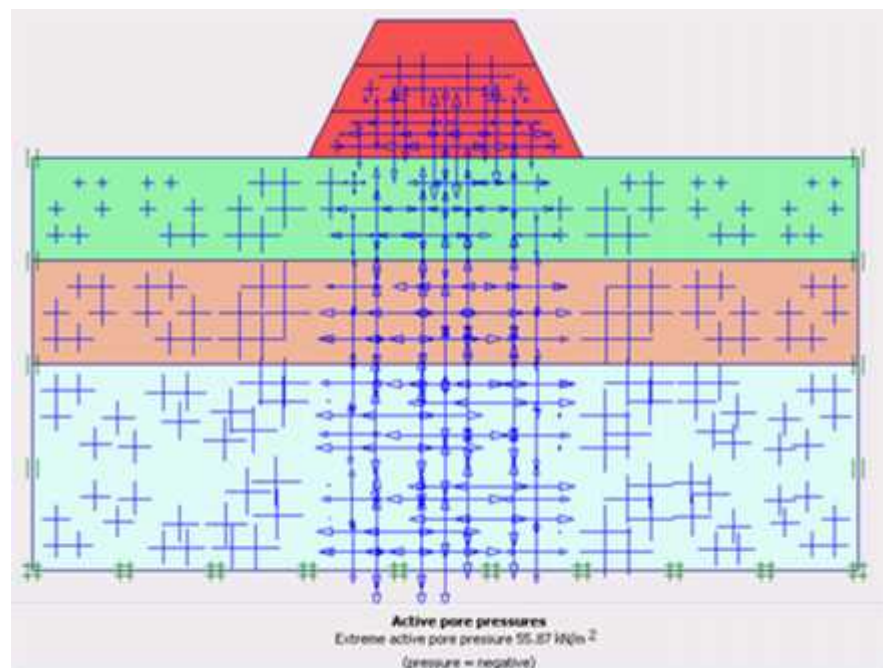
Gambar 13. *Effective Stresses*

d. *Total Stresses*

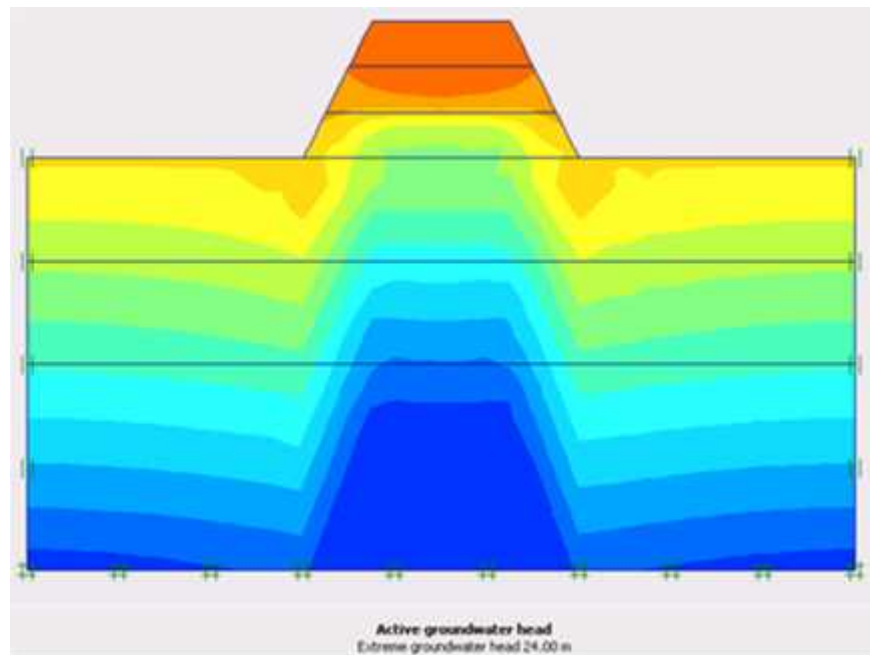


Gambar 14. *Total Stresses*

e. *Active Pore Pressures*



Gambar 15. *Active Pore Pressures*

f. *Active Groundwater Head*Gambar 16. *Active Groundwater Head*

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

Identification	Phase no.	Start from	Calculation	Loading input	Time	Water	Fir
Initial phase	0	0	N/A	N/A	0.00 ...	0	0
→ Timbunan tahap 1	1	0	Plastic	Staged construction	7.00 ...	0	1
→ Timbunan tahap 2	2	1	Plastic	Staged construction	7.00 ...	0	3
→ Timbunan tahap 3	3	2	Plastic	Staged construction	7.00 ...	0	9

Gambar 17. Hasil *Calculate* Pada Program *Plaxis*

Setelah proses *running* selesai buka jendela *multiplier* untuk mengetahui besar angka keamanan nya, bias dilihat pada Σ -Msf

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	N/A	Σ -Mdisp:	1.0000
MloadA:	N/A	Σ -MloadA:	1.0000
MloadB:	N/A	Σ -MloadB:	1.0000
Mweight:	N/A	Σ -Mweight:	1.0000
Maccel:	N/A	Σ -Maccel:	0.0000
Msf:	0.1000	Σ -Msf:	1.7198

Gambar 18. Hasil Faktor Aman Pada Program *Plaxis*

Angka keamanan setelah dilakukan proses running diperoleh **1,7198**.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Desain penelitian adalah semua proses yang diperlukan dalam perencanaan dan pelaksanaan penelitian (Nazir, 2014). 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.

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-data numeric (angka) yang diolah dengan menggunakan metode penelitian ini, akan diperoleh hubungan yang signifikan antar variabel yang diteliti. Metode deskriptif merupakan metode yang digunakan untuk

menggambarkan atau menganalisis suatu hasil penelitian tetapi tidak digunakan untuk membuat kesimpulan yang lebih luas (Sugiyono, 2005).

B. Metode Pengumpulan Data

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

C. Tahapan Analisis Data dengan Program *Plaxis* V8.2

1. Data-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 hidrostatik dan tidak hidrostatik 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.

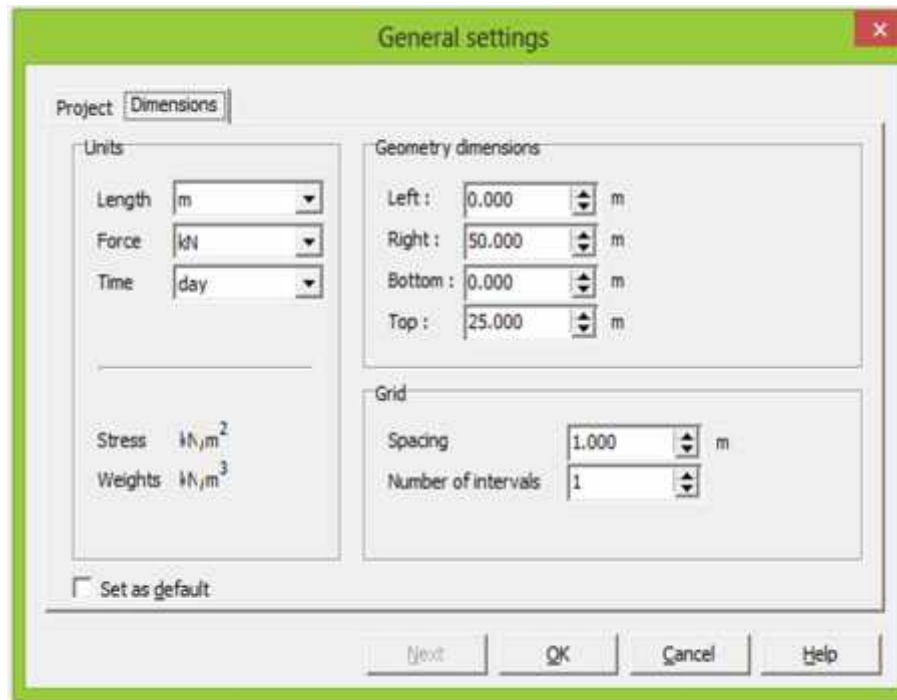
a. *Plaxis Input*

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



Gambar 19. Tampilan *General Settings Project*

1. Melakukan input data tampilan General Settings. Tampilan *General Setting* terdiri dari dua yaitu Project dan Dimensions.



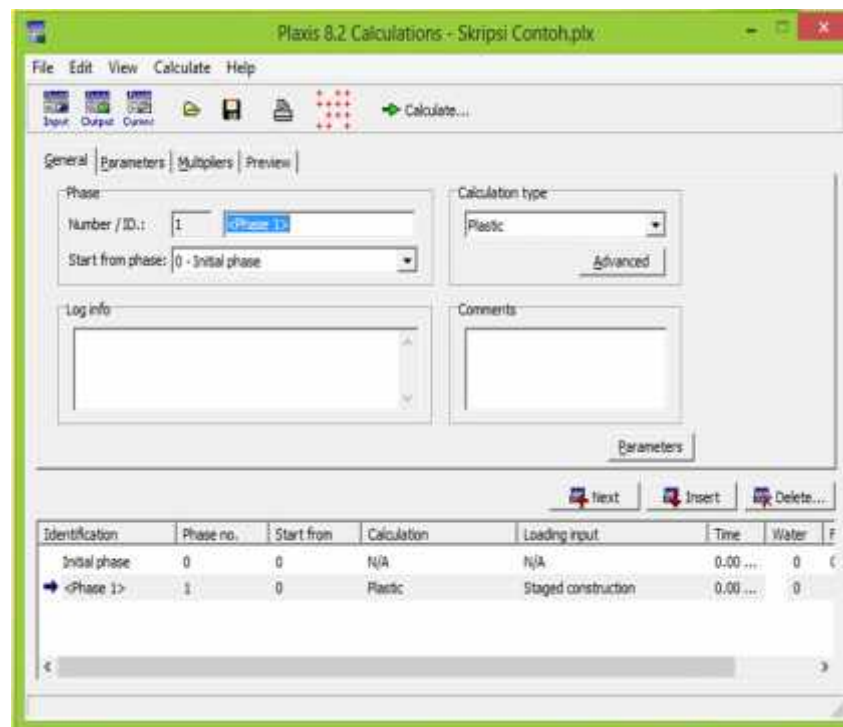
Gambar 20. Tampilan *General Settings Dimensions*

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.

2. Menggambar geometri 2 dimensi penampang pondasi 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 *Initial Condition* dan *Intial Pore Pressures* untuk menentukan kondisi muka air tanah (MAT) dan KO Procedure.
7. Menentukan *Generate Water Pressure* kondisi *Phreatic Level*.
8. 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 21.



Gambar 21. Tampilan *General Setting Calculations*.

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.

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

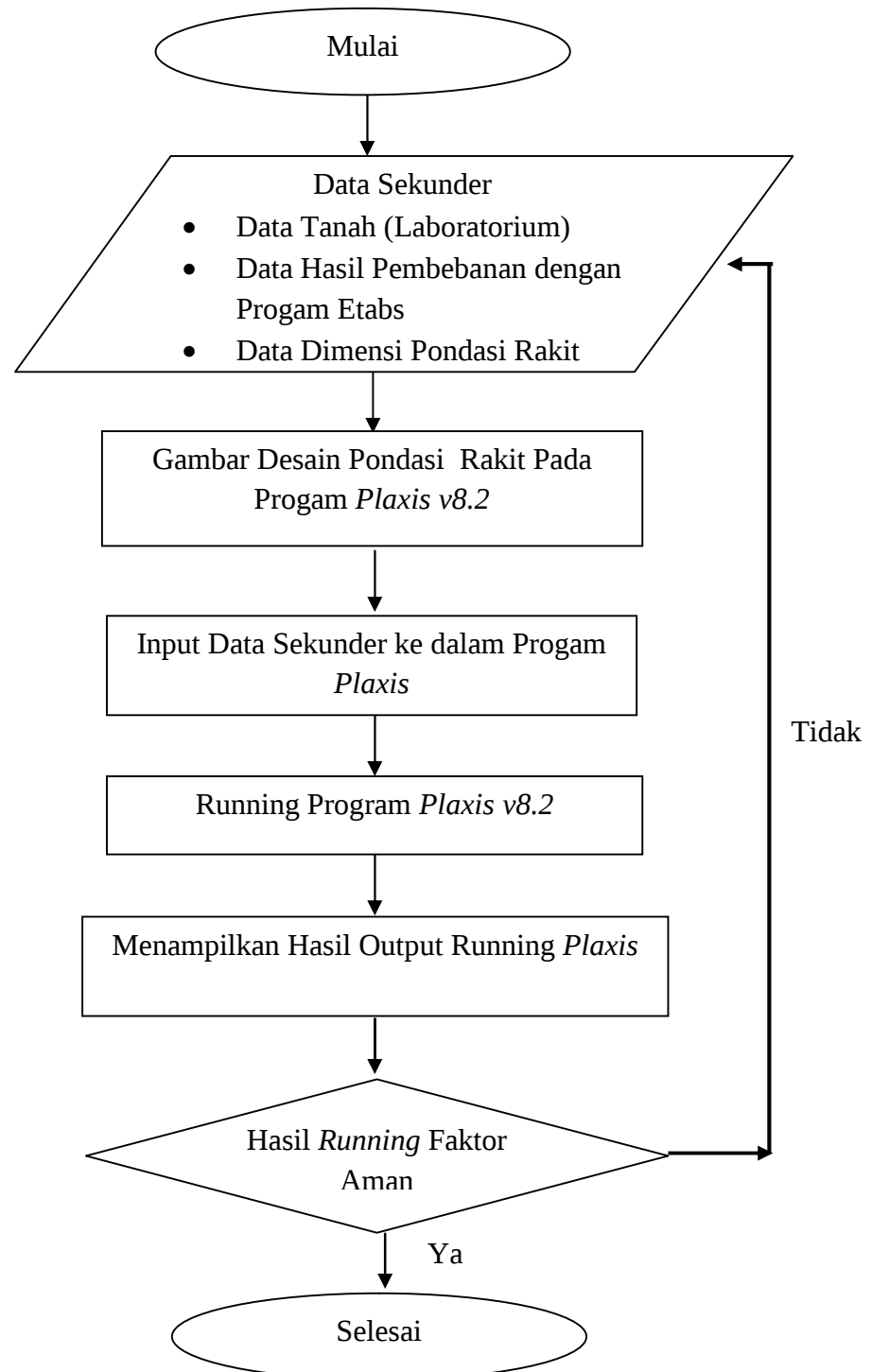
c. *Plaxis Output*

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 memilih 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.

D. Diagram Alir Penelitian



Gambar 22. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

1. Dari hasil analisis, faktor aman tidak memenuhi hal ini disebabkan data *input* yang digunakan untuk *Plaxis* adalah material beton, sedangkan material baja pada pondasi tidak diperhitungkan maka pada saat adanya timbunan tertentu beton akan menekan keatas dan mengakibatkan pondasi dibawahnya patah.
2. Pondasi dengan adanya timbunan mengalami deformasi yang lebih kecil dibandingkan dengan pondasi tanpa timbunan hal ini disebabkan timbunan mempengaruhi kestabilan tanah yang berada di bawah pondasi.
3. Perbedaan tegangan efektif tanah yang terjadi pada pondasi rakit tidak berpengaruh secara signifikan karena pemodelan pada *plaxis* lebih mengarah kepada faktor aman dan deformasi tanah yang terjadi pada pondasi rakit .
4. Berdasarkan hasil dari analisis, diperoleh nilai faktor aman yang paling tinggi berada pada kondisi tanpa timbunan dengan tebal pelat 30 cm sebesar 1,1782, sedangkan nilai faktor aman terkecil berada pada

kondisi dengan timbunan 3 m dengan tebal pelat 40 cm dengan nilai 0,4560.

5. Dengan hasil perhitungan manual di dapat hasil daya dukung pondasi rakit sebesar $627,2372 \text{ kN/m}^2$. Menggunakan perhitungan manual dikarenakan di pemrograman Plaxis tidak dapat mengeluarkan output daya dukung

B. Saran

1. Sebaiknya pondasi rakit di beri perkuatan di bawahnya seperti tiang pancang untuk mengurangi penurunan tanah di bawahnya.
2. Diperlukan data tanah yang pasti dan akurat untuk menghindari kurang akuratnya perhitungan.
3. Dalam analisis menggunakan software Plaxis disarankan untuk mengerti dahulu parameter, langkah pemodelan agar mendapat hasil yang mewakili kondisi sebenarnya.
4. Dalam melakukan permodelan dengan *Plaxis* dan memasukkan parameter harus dilakukan dengan cermat dan akurat.
5. 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.
6. 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

- Bowles, J.E. 1991. *Analisa dan Desain Pondasi*, Edisi keempat Jilid 1. Jakarta: Erlangga
- Das, B.M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Surabaya: Erlangga
- Gunawan, R. 1983. *Pengantar Teknik Fondasi*. Yogyakarta: Kanisius
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, H.C. 2003. *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hadihardaja, J. 1997. *Fondasi Dangkal dan Fondasi Dalam*. Jakarta: Gunadarma
- Nazir, M. 2005. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Plaxis. 2012. *Tutorial Manual*. A.A. Rotterdam: Balkema.
- Setyanto. 1999. *Rekayasa Fondasi-1*. Fakultas Teknik: Universitas Lampung.
- Sugiyono. 2005. *Metode Penelitian Administrasi*. Bandung: Alfabeta