

**PENGARUH TANAH TIMBUNAN TERHADAP DAYA
DUKUNG PONDASI TELAPAK (*SQUARE FOOTING*)**

SKRIPSI

BENI DENI SITOMPUL

168110089



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2021

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

PENGARUH TANAH TIMBUNAN TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI TAPAK (*SQUARE FOOTING*)

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



BENI DENI SITOMPUL

168110089

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2021

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/21

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH TANAH TIMBUNAN TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI TELAPAK (*SQUARE FOOTING*)

Diajukan untuk syarat dalam sidang sarjana
Universitas Medan Area

BENI DENI SITOMPUL

168110089

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

(Ir. H. Irwan, M.T)

(Ir. Kamaluddin Lubis, M.T)

Mengetahui :

Dekan Teknik

Kaprodi Teknik Sipil

(Dr. Ir. Dina Maizana, M.T)

(Susilawati S.Kom., M.Kom)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

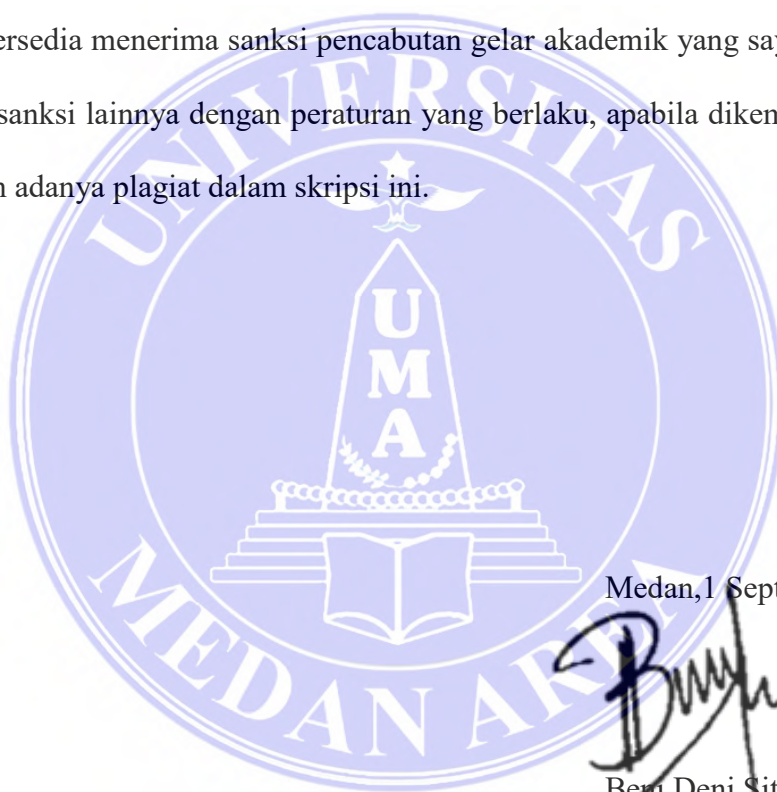
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditentukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 1 September 2021

Beni Deni Sitompul
168110089

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai sivitas akademik universitas medan area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Beni Deni Sitompul
NPM : 168110089
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalty Non-Eksklusif (*non-exclusive royalty free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGARUH TANAH TIMBUNAN TERHADAP DAYA DUKUNG
PONDASI TAPAK (*SQUARE FOOTING*)**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan Hak Bebas Royalty Non-Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan Tugas Akhir/Skripsi/Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat Di : Medan
Pada Tanggal : 1 September 2021
Yang menyatakan



The image shows a 1000 Rupiah revenue stamp (Meterai Tempel) with a signature over it. The stamp is yellow and features the Garuda Pancasila emblem. The text on the stamp includes 'SEPUILUH RIBU RUPIAH', '1000', 'TGL. 20', 'METERAI TEMPEL', and the serial number '77FE0AJX004208090'.

Beni Deni Sitompul

ABSTRAK

Struktur bawah bangunan suatu konstruksi gedung terdiri dari pondasi dan lapisan tanah untuk mendukung beban konstruksi bagian atas. Kondisi tanah di bawah struktur sangat berkaitan dengan perilaku tanah itu sendiri ketika menerima beban, misalnya 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. Maka lapisan tanah yang ada di bawah struktur tersebut haruslah kuat, stabil, aman, agar tidak mengalami penurunan, tidak mengalami patah, karena akan sulit untuk memperbaiki suatu sistem pondasi. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tanah timbunan pada suatu pondasi telapak dan berapa besar penurunan yang ditimbulkan terhadap pondasi. Metode Plaxis D2 V20 adalah metode elemen hingga yang bertujuan dalam menganalisis dan mendesign bidang geoteknik. Pengambilan sampel tanah dilakukan di RS. Wulan Windi Kota Medan, dengan menggunakan alat manual. Penyelidikan tanah timbunan bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah timbunan yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Medan Area dan dilaboratorium Politeknik Negeri Medan. Hasil penelitian tanah timbunan diperoleh berat jenis tanah (G_s) = 2,63 gr, Berat volume tanah basah (γ_b) = 14,8512 kN/m³, Berat volume tanah kering (γ_d) = 0,3236 kN/m³, Permeabilitas tanah (K) = 12,929 cm/jam, tegangan geser (ϕ) = 23,61⁰. Kohesi tanah (c) = 0.057 kg/cm², Modulus elastisitas (E) = 2400 kN/m². Kemudian dari hasil running plaxis diperoleh *deformasi* sebesar 0.1601 meter sedangkan yang dihasilkan dengan metode Steinbrenner penurunan yang dihasilkan sebesar 0,1232 m. yang mengakibatkan *plate footing* pondasi tapak patah. Tegangan yang terjadi pada tanah sebesar 0.012 kN/m² dan dari hasil analisis diperoleh faktor aman (*safety factor*) sebesar 1 (satu).

Kata Kunci : Pengaruh Tanah Timbunan, Elemen Hingga Plaxis 2D V20

ABSTRACT

The lower structure of a building construction consists of a foundation and a layer of soil to support the load of the upper construction. The condition of the soil under the structure is closely related to the behavior of the soil itself when it receives loads, for example failures that occur in the sub-grade of the embankment foundation, namely the foundation soil is too soft so that the carrying capacity of the soil to withstand the load of the embankment is small, as a result the settlement that occurs is too large. So the soil layer under the structure must be strong, stable, safe, so that it does not decrease, does not break, because it will be difficult to repair a foundation system. The purpose of this study was to determine the effect of embankment soil on a footing foundation and how much settlement was caused to the foundation. The Plaxis D2 V20 method is a finite element method that aims to analyze and design the geotechnical field. Soil samples were taken at the hospital. Wulan Windi, Medan City, using manual tools. The embankment soil investigation aims to determine the nature and characteristics of the embankment soil carried out at the Civil Engineering Laboratory of the Medan Area University and the Medan State Polytechnic laboratory. The results of the soil embankment research showed that the density of soil (G_s) = 2.63 gr, wet soil volume weight (γ_b) = 14.8512 kN/m³, dry soil volume weight (γ_d) = 0.3236 kN/m³, soil permeability (K) = 12,929 cm/hour, shear stress (ϕ) = 23,610 . Soil cohesion (c) = 0.057 kg/cm², Modulus of elasticity (E) = 2400 kN/m² . Then from the results of the running plaxis, the deformation is 0.1601 meters, while that of the Steinbrenner method, the resulting decrease is 0.1232 m. which causes the plate footing of the tread foundation to fracture. The stress that occurs in the soil is 0.012 kN/m² and from the analysis results obtained a safety factor of 1 (one).

Keywords: *Effect of Embankment, Finite Element Plaxis 2D V20*

KATA PENGANTAR

Damai sejahtera, Segala Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat kasih karunia dan rahmat-Nya yang telah memberikan pengetahuan, pengalaman, kesehatan, dan kesempatan yang tidak terbalaskan. sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “Pengaruh Tanah Timbunan Terhadap Daya Dukung Pondasi Tapak (*Square Footing*)”.

Ucapan terimakasih patutlah penulis sampaikan kepada seluruh insan yang telah membantu, memberi saran, semangat dan masukan kepada penulis selama proses menyelesaikan skripsi ini. Selanjutnya penulis ucapkan terimakasih kepada:

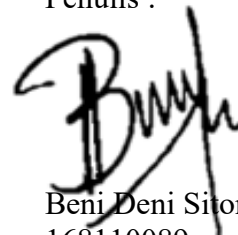
- Terimakasih penulis ucapkan pada Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
- Terimakasih penulis ucapkan pada Ibu Dr. Grace Yuswita Harahap, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
- Terimakasih penulis ucapkan kepada Ibu Kepala Prodi Teknik Sipil, Ibu Susilawati S.Kom.,M.Kom yang telah membimbing hingga dapat menyelesaikan studi dengan baik.
- Terimakasih juga penulis sampaikan kepada para pembimbing antara lain, Bapak Ir. H.Irwan, M.T dan Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, M.T yang telah banyak memberikan saran dan masukan yang bermanfaat bagi penulis.
- Terimakasih kepada para para Dosen tanpa terkecuali, para Staff Fakultas dan petugas kebersihan yang telah memberikan kami kenyamanan dalam belajar.

- Ucapan terimakasih paling spesial kepada Ibu tercinta Dermawan Siburi-an, serta kakak tersayang Desi Sitompul, Sarni Sitompul dan Ipar Helman Silaban beserta keluarga lainnya yang slalu mendoakan dan memberi dorongan moril maupun materil kepada penulis.
- Terimakasih kepada yang terkasih Tio septina turnip yang selalu mene-mani baik suka dan duka, yang selalu peduli dan mendukung penulis da-lam menyelesaikan skripsi ini.
- Terimakasih kepada Abang Suryo dan Abang Faisal selaku staff lapangan RS. Yulan Windi yang telah membantu kepada penulis selama dalam men-jalankan penelitian dilapangan.
- Terimakasih penulis ucapkan kepada rekan – rekan mahasiswa stambuk 2016 dan Alumni Teknik Sipil Universitas Medan Area dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Kiranya skripsi ini dapat menambah pembendaharaan serta litelatur yang ada da-lam Jurusan Teknik Sipil dan menambah referensi dalam mata kuliah Teknik Pondasi, mekanika tanah dan software teknik sipil khususnya Plaxis, pada jurusan Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan Tuhan selalu memberkati kita semua.

Medan, 1 September 2021

Penulis :



Beni Deni Sitompul
168110089

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR NOTASI	vii
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud Dan Tujuan	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Kerangka Berpikir	5
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Umum	6
2.2 Tanah	6
2.2.1 Komponen Tanah	7
2.2.2 Sifat-Sifat Tanah	9
2.2.3 Klasifikasi Tanah	13
2.2.4 Persoalan Tanah	14
2.3 Penyelidikan Tanah	15
2.4 Pengujian di Laboratorium	15
2.5 Pondasi	18
2.5.1 Pondasi Dangkal	20
2.5.2 Pondasi Dalam	22

2.6 Tanah Timbunan	24
2.6.1 Timbunan biasa	24
2.6.2 Timbunan pilihan	25
2.7 Daya Dukung Tanah	25
2.7.1 Daya Dukung Batas Tanah untuk Pondasi Dangkal	26
2.7.2 Daya Dukung Batas Menurut Terzaghi	30
2.8 Pengaruh Muka Air Tanah	32
2.9 Beban Terbagi Merata Berbentuk Persegi Panjang	33
2.10 Penurunan Pondasi	35
2.11 Kriteria Penurunan	38
2.11.1 Penurunan Segera	40
2.11.2 Penurunan Akibat Konsolidasi	42
2.11.2.1 Penurunan Konsolidasi (Primer)	42
2.11.2.2 Penurunan Konsolidasi Sekunder	44
2.12 Safety Factor (Faktor Keamanan)	45
2.13 Elemen Hingga Plaxis 2D.V20	46
2.14 Langkah-langkah Pengoperasian Plaxis 2D.V20	47
BAB III : METODOLOGI PENELITIAN	51
3.1 Gambaran Penelitian	51
3.2 Peta Lokasi Penelitian	52
3.3 Metode Penelitian	52
3.4 Teknik Pengumpulan Data	53
3.5 Analisa Data	54
3.5.1 Analisa Data Program Plaxis 2D V20	55
BAB IV : PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	58
4.1 Penyelidikan Tanah Timbunan	58
4.2 Perhitungan	58
4.2.1 Data berat jenis tanah	59

4.2.2 Data berat volume kering dan berat volume basah	60
4.2.3 Permeabilitas Tanah	60
4.2.4 Direct shear test dan kohesi tanah	62
4.2.4 Modulus young's	66
4.2.5 Sudut Dilatasi (ψ)	67
4.2.6 Angka Poisson	67
4.3 Data Teknis Pondasi	68
4.4 Gambar Detail Pondasi Tapak	69
4.5 Input Data Tanah Program Plaxis 2D V20	70
4.5 Hasil Running Program Plaxis 2D V20	71
4.6 Pembahasan	75
4.6.1 Tahanan geser tanah	75
4.6.2 Kapasitas dukung ultimit tanah	77
4.6.3 Tegangan tanah yang diijinkan	78
4.6.4 Penurunan (<i>settlement</i>)	79
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran-Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	
a. Gambar dan Data Tanah RS. Yulan Windi	
b. Data Output SAP2000	
c. Data Laboratorium Tanah Timbunan	
d. Dokumentasi	

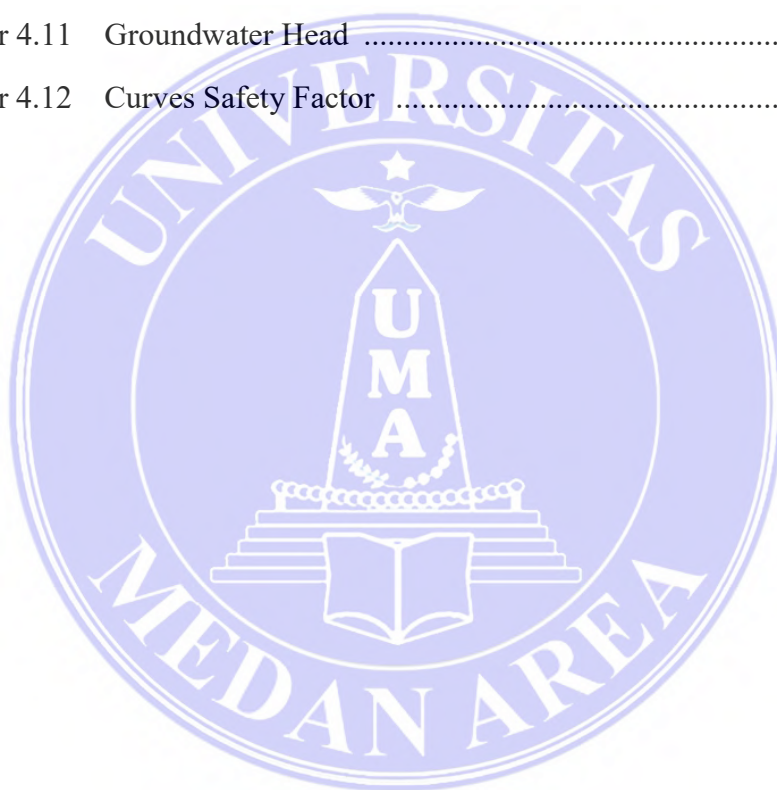
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Koefisien daya dukung tanah menurut tarzaghi	32
Tabel 2.2 Batas penurunan ijin (Sower, 1962)	39
Tabel 2.3 Faktor pengaruh I_m dan I_p	41
Tabel 4.1 Klasifikasi berat jenis tanah	59
Tabel 4.2 Data hasil pengujian berat jenis tanah	59
Tabel 4.3 Data hasil pengujian berat volume tanah	60
Tabel 4.4 Data Pengujian Permeabilitas Tanah	61
Tabel 4.5 Klasifikasi permeabilitas	61
Tabel 4.6 Data Direct Shear Test	62
Tabel 4.7 Hasil analisis tegangan normal dan tegangan geser.....	63
Tabel 4.8 Nilai modulus elastisitas	66
Tabel 4.9 Nilai Perkiraan Angka Poissons Tanah.....	68
Tabel 4.10 Parameter Tanah timbunan Data Input Plaxis 2D V20.....	70
Tabel 4.11 Parameter Tanah Rs.Wulan Windi.....	7

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Bagan kerangka berpikir	5
Gambar 2.1 Grafik segi tiga untuk menyatakan komposisi tanah	8
Gambar 2.2 Garis keruntuhan di bidang tegangan normal-geser	11
Gambar 2.3 Diagram fase tanah	12
Gambar 2.4 Pondasi Telapak	21
Gambar 2.5 Pondasi Memanjang	21
Gambar 2.6 Pondasi Rakit	22
Gambar 2.7 Pondasi Sumuran	23
Gambar 2.8 Pondasi Tiang	23
Gambar 2.9 Pola keruntuhan geser dalam tanah	27
Gambar 2.10 Hubungan antara beban dan penurunan	28
Gambar 2.11 Hubungan antara ϕ dan N_c , N_q , N_γ	31
Gambar 2.12 Tegangan dibawah beban terbagi rata	34
Gambar 2.13 Faktor pengaruh I	35
Gambar 2.14 Contoh kerusakan bangunan	36
Gambar 2.15 Penurunan segera pada luasan beban	42
Gambar 2.16 Kotak project properties	48
Gambar 2.17 Kotak project properties model	48
Gambar 2.18 Menu bar modifysoil layers	49
Gambar 2.19 Menu bar structures	49
Gambar 2.20 Menu bar mesh	50
Gambar 2.21 Proses calculate	50
Gambar 3.1 Lokasi pengambilan sampel	52
Gambar 4.1 Grafik direct shear	65
Gambar 4.2 Grafik Modulus young's	67

Gambar 4.3	Detail pondasi Tapak	69
Gambar 4.4	Pemodelan Pondasi dan Tanah Plaxis 2D V.20	71
Gambar 4.5	Input data tanah dan beban	71
Gambar 4.6	Deformed Mesh	72
Gambar 4.7	Total Displacements (Arrows)	72
Gambar 4.8	Total Displacements (Contour Lines)	73
Gambar 4.9	Total Displacements (Shadings)	73
Gambar 4.10	Incremental Displacements	74
Gambar 4.11	Groundwater Head	74
Gambar 4.12	Curves Safety Factor	75



DAFTAR NOTASI



A_f	= Luas Pondasi Pemilihan Jenis Struktur Bawah (<i>Sub-Structure</i>)
D_f	= Kedalaman Pondasi
B	= Lebar Pondasi
L	= Panjang Pondasi
ΣP	= Beban Aksial Bangunan
q_u'	= Daya Dukung Izin Tanah
Γ	= Berat Isi Tanah
γ_w	= Derajat Kejenuhan
K_a	= Koefisien Tekanan Tanah Aktif
K_p	= Koefisien Tekanan Tanah Pasif
β	= Sudut Kemiringan Tanah
\emptyset	= Sudut Geser Tanah
Σ	= Tegangan Yang Terjadi Dalam Tanah
τ	= Tegangan Geser Tanah
Ψ	= Dilaktasi
E	= Elastisitas
ν	= Angka Poisson
P_a'	= Tambahan Tekanan Tanah Aktif Akibat Beban Terbagi Rata
C	= Kohesi Tanah
K	= Permeabilitas Tanah
$^{\circ}C$	= Derajat Celcius
G_s	= Berat Jenis Tanah

f'_c = Kuat Tekan Beton

f_y = Tegangan Leleh Tulangan

Σ -Msf = Safety Factor

V_u = Gaya Geser Terfaktor Pada Penampang

V_n = Kuat Geser Nominal

ρ = Tinggi Efektif

Q_u = Beban Vertikal Ultimit

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

B_c, B_q, B_γ = Faktor – Faktor Kemiringan Dasar

G_c, G_q, G_γ = Faktor – Faktor Kemiringan Permukaan



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur bawah bangunan suatu konstruksi gedung terdiri dari pondasi dan lapisan tanah untuk mendukung beban konstruksi bagian atas. Pondasi adalah adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi 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.

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. Misalnya 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 dengan kondisi tanah dasar, sehingga nilai *shear strength* yang dihasilkan memadai untuk syarat minimum dalam perhitungan factor keamanan.

Menurut (Surendro B, 2015) menyatakan bila ditemui tanah yang jelek (tanah yang daya dukungnya rendah), kemudian ditempat tersebut akan didirikan suatu bangunan, maka harus dilakukan perbaikan tanah terlebih dahulu. Kadang-kadang juga ditemui lapisan tanah timbunan sampah yang masih menjalani proses

pelapukan, sehingga lapisan seperti ini masih mengalami penurunan yang cukup besar, timbunan puing-puing bangunan meskipun padat, karena puing-puing bangunan campurannya tidak homogen, maka apabila bangunan diletakkan diatas lapisan tersebut, pasti akan mengalami penurunan yang cukup besar, sehingga membahayakan bangunan. Nilai pergerakan pondasi yang dapat ditoleransi sangat tergantung kepada jenis struktur, fungsi bangunan dan jenis elemen bangunan yang didukung oleh sistem pondasi tanah tersebut. Untuk itu pondasi haruslah kuat, stabil, aman, agar tidak mengalami penurunan, tidak mengalami patah, karena akan sulit untuk memperbaiki suatu sistem pondasi.

Secara umum pondasi tapak dapat dianalisis dengan dua anggapan. Pertama pondasi dianggap merupakan struktur yang fleksibel, berarti pelat pondasi akan mengalami deformasi yang tidak sama akibat beban yang bekerja. Kedua pondasi tapak 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 telapak sebagai alternatif, karena jenis pondasi ini dianggap mampu untuk memberikan factor keamanan yang memadai dalam menghadapi kegagalan daya dukung ultimate.

Suatu sistem pondasi harus dapat menjamin dan mampu mendukung beban bangunan diatasnya, 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 harus-

lah kuat, stabil, aman, agar tidak mengalami penurunan, tidak mengalami patah, karena akan sulit untuk memperbaiki suatu sistem pondasi.

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-analisa data tanah dan gaya-gaya yang timbul akibat pembebanan, selanjutnya akan ditentukan jenis pondasi yang paling sesuai.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa berapa besar pengaruh tanah timbunan terhadap daya dukung pondasi tapak dengan memperhitungkan semua analisa data tanah dan tegangan yang timbul akibat beban pondasi dan pembebanan lainnya.

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tanah timbunan pada suatu pondasi telapak dengan menggunakan *software* Plaxis 2D V20 dan metode Steinbrenner dan berapa besar penurunan (*settlement*) yang ditimbulkan terhadap daya dukung pondasi telapak.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang didapat dari penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh tanah timbunan terhadap pondasi tapak dan pada struktur bangunan ?

2. Berapa besar nilai tegangan dan deformasi yang dihasilkan oleh tanah timbunan terhadap pondasi ?
3. Apakah pondasi masih dapat mengakomodasi pengaruh tanah timbunan terhadap penurunan yang terjadi pada pondasi ?

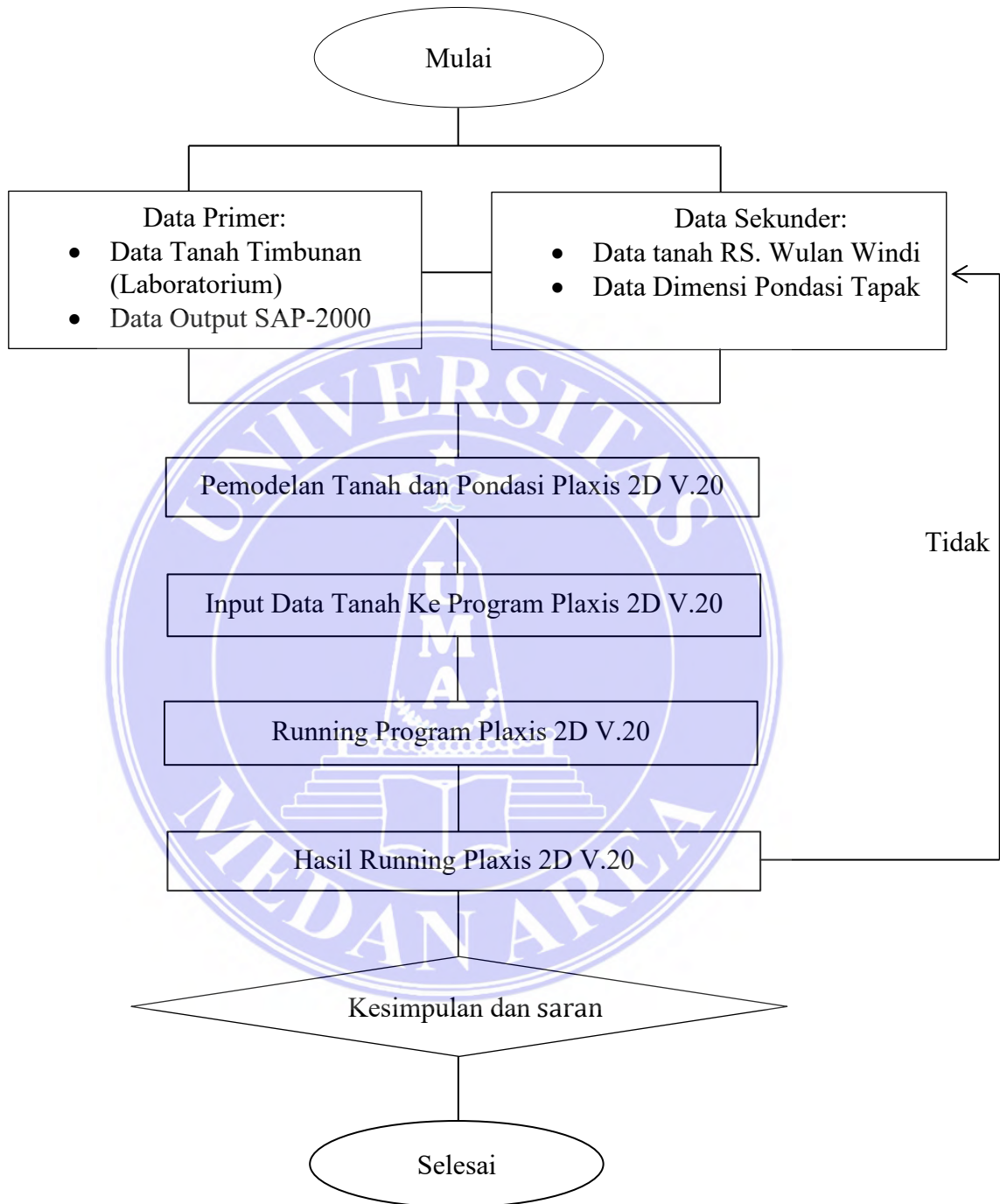
1.4 Batasan Masalah

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

1. Pembebanan dan data-data tanah yang dianalisa merupakan data yang sesuai dengan data primer dan data sekunder.
2. Jenis pondasi yang akan diteliti adalah pondasi telapak.
3. Data-data penyelidikan dari tanah timbunan yang digunakan untuk analisis perhitungan.
4. Analisis perhitungan difokuskan pada pengaruh tanah timbunan terhadap daya dukung pondasi dengan metode elemen hingga Plaxis 2D V20.

1.5 Kerangka Berpikir

Berikut ini adalah kerangka berpikir pada penelitian yang akan dilakukan :



Gambar 1.1 Bagan kerangka berpikir

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Umum

Sesuai dengan tuntutan perkembangan jaman, maka pekerjaan konstruksi yang ada semakin kompleks. Adanya kompleksitas inilah maka tidak jarang ditemui berbagai masalah dalam suatu pekerjaan konstruksi. Tanah sebagai dasar berdirinya suatu pekerjaan konstruksi sering mengalami masalah pergerakan tanah, terutama terjadi pada tanah-tanah dengan kondisi lunak. Masalah pergerakan tanah khususnya di Indonesia sering terjadi karena keadaan geografi di berbagai tempat yang memiliki curah hujan cukup tinggi dan daerah potensi gempa, disamping faktor lain yang masih perlu diperhatikan seperti topografi daerah setempat, struktur geologi, sifat kerembesan tanah dan morfologi serta tahap perkembangannya. Hal ini masih diperparah lagi dengan minimnya kesadaran masyarakat akan bahaya gerakan tanah dengan melakukan tindakan yang memicu terjadinya kelongsoran atau pergerakan tanah.

2.2 Tanah

Pengertian teknik secara umum, tanah adalah bagian kerak bumi yang tersusun dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Untuk membedakan antara tanah

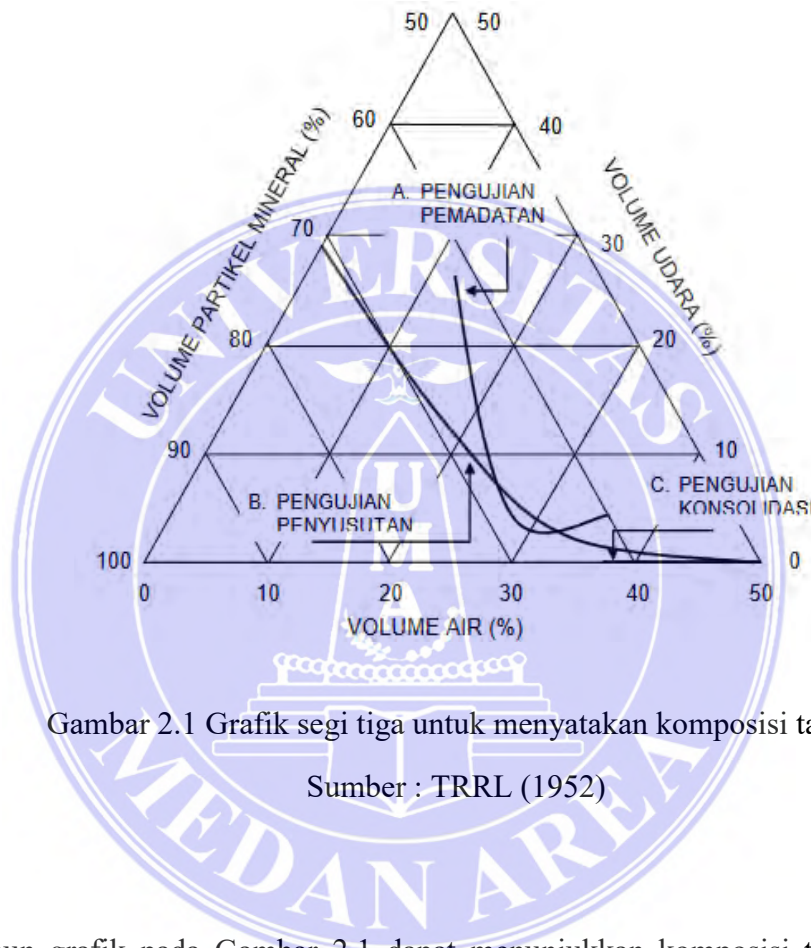
dengan batuan yang bersifat keras dan solid, maka tanah dapat didefinisikan sebagai material geologi yang mempunyai butiran-butiran yang lepas (tidak solid) dan/atau mempunyai kekuatan tekan kurang dari 250 kg/cm^2 . Selanjutnya, secara lebih mikro tanah juga dibedakan menjadi tanah keras atau lunak dan padat atau lepas.

Satuan yang digunakan dalam memberikan nilai parameter tanah mesti mengacu pada ketentuan yang disepakati bersama atau kepada kebiasaan yang dimengerti oleh semua pihak yang terkait. Satuan waktu yang digunakan adalah berurutan mulai dari detik, menit dan jam.. Untuk satuan berat yang digunakan adalah satuan kilo-Newton (kN) yang merupakan satuan massa (kg) dikalikan gravitasi. Terkadang satuan berat yang digunakan adalah seperti gram-gaya (gr-f atau disingkat saja gr), kilogram-gaya (kgf atau disingkat saja kg) atau ton-gaya (disingkat t-f atau dipendekkan dengan huruf t) dimana pada saat tertentu akan membingungkan dengan satuan massa namun dalam penggunaannya terasa lebih praktis dan mudah karena tidak banyak melibatkan satuan lain dan nama orang tertentu. Satuan panjang yang digunakan adalah meter disingkat dengan huruf m (cm untuk centi-meter).

2.2.1 Komponen Tanah

Tanah terdiri atas partikel-partikel padat yang membentuk struktur porus (mengandung pori-pori). Tergantung pada kondisinya, pori-pori dapat berisi air atau udara atau kedua-duanya. Dengan menggunakan grafik-segi tiga yang ditunjukkan pada Gambar 2.1, komposisi suatu tanah dapat ditunjukkan oleh suatu titik, dimana koordinat titik tersebut menyatakan persentase volume ketiga komponen. Dengan Gambar 2.1, dapat ditelusuri juga setiap perubahan komposisi;

Garis A menunjukkan perubahan komponen pada saat pengujian pemadatan, Garis B menunjukkan perubahan komponen pada saat pengujian penyusutan (*shrinkage test*) dan Garis C menunjukkan perubahan komponen pada saat pengujian konsolidasi.



Gambar 2.1 Grafik segi tiga untuk menyatakan komposisi tanah

Sumber : TRRL (1952)

Meskipun grafik pada Gambar 2.1 dapat menunjukkan komposisi tanah dalam persentase volume, namun dalam praktek partikel mineral (bahan padat) dan air biasanya dinyatakan dengan berat dalam suatu satuan volume, misal lb/ft³ atau gr/cm³, karena berat lebih mudah diukur daripada volume. Berat bahan padat yang terkandung dalam satu satuan volume tanah biasanya dikenal dengan kepadatan kering dan hal tersebut berbeda dengan volume suatu berat tanah setelah dikeringkan. Kepadatan kering merupakan berat bahan padat yang terdapat

pada satuan volume tanah dimana setelah air secara hipotetis terbuang volume tersebut tidak mengalami perubahan.

2.2.2 Sifat-Sifat Tanah

Sifat tanah yang perlu diperhatikan untuk sebuah proyek tergantung pada jenis / fungsi proyek. Sesuai dengan sifat-sifatnya, penting diketahui tipe proyek yang dilaksanakan. Adapun sifat-sifatnya antara lain :

1. Permeabilitas (K) (*Permeability*)

Sifat ini adalah kemampuan tanah untuk mengalirkan air untuk jarak tertentu dalam satuan waktu. Koefisien kemampuan tanah dalam mengalirkan air tersebut dinyatakan dalam persamaan Darcy sebagai berikut :

$$k = \frac{v}{i} \dots\dots\dots \text{Pers (2.1)}$$

Dimana :

K = Koefisien permeabilitas tanah

V = Kecepatan air mengalir dalam tanah

i = Gradien hidrolik yang merupakan perbandingan beda tinggi tekan (Δh) dengan perbedaan jarak tempuh aliran (ΔL).

2. Konsolidasi (*Consolidation*)

Pada konsolidasi dihitung dari perubahan isi pori tanah akibat beban. Sifat ini dipergunakan untuk mengetahui keruntuhan. sifat ini diperhitungkan untuk menentukan penurunan (*settlement*).

Penurunan maksimum yang ditentukan saat akhir proses konsolidasi (derajat konsolidasi 100%) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$S_{100\%} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_c H_i}{1 + e_0} \log \left(\frac{\sigma_{0,i} + \Delta\sigma_i}{\sigma_{0,i}} \right) \right] \dots\dots\dots \text{Pers (2.2)}$$

.Dimana :

- $S_{100\%}$ = penurunan pada saat konsolidasi 100% selesai
- i = 1,..,n adalah jumlah lapisan tanah
- H_i = tebal lapisan tanah ke-i (yang terkonsolidasi)
- $\sigma_{0,i}$ = tegangan normal tanah efektif awal
- $\Delta\sigma_i$ = tambahan tegangan normal tanah (akibat beban luar)
- e_0 = angka Pori awal dari tanah
- C_c = koefisien pemampatan tanah (hasil uji konsolidasi di laboratorium).

3. Tegangan geser (*Shear Strength*)

Untuk menentukan kemampuan tanah untuk menahan tanpa mengalami keruntuhan. Sifat ini dibutuhkan dalam perhitungan stabilitas pondasi/dasar yang dibebani, stabilitas tanah isian atau timbunan di belakang bangunan penahan tanah dan stabilitas timbunan tanah.

Tahanan geser tanah adalah nilai tegangan geser tanah, yang merupakan penjumlahan dari sifat rekat tanah dengan perkalian dari koefisien geser tanah dengan tegangan normal yang bekerja. Secara sistematis dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots \text{Pers (2.3)}$$

Dimana :

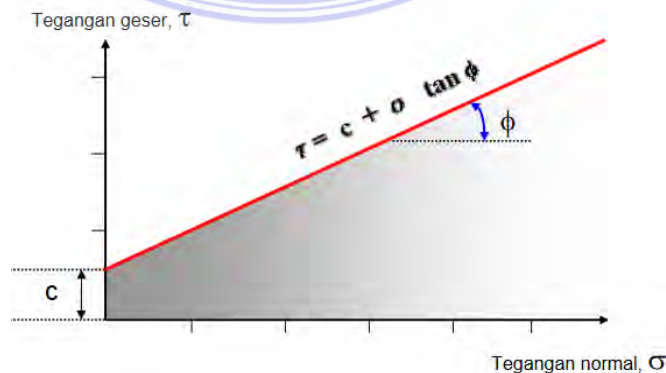
τ = tegangan geser tanah

c = kohesi

$\tan \phi$ = koefisien geser tanah ($^{\circ}$)

σ = tegangan normal

Persamaan diatas bila diplotkan dalam bidang tegangan normal–tegangan geser, adalah merupakan persamaan garis lurus yang dinyatakan sebagai garis batas keruntuhan (*failure line/envelope*). Nama lain dari garis tersebut adalah garis Mohr-Coulomb untuk memberikan penghargaan pada peneliti pendahulu. Dalam ilmu mekanika di bidang lainnya, nilai ‘ $\tan \phi$ ’ dikenal dengan koefisien geser material dari sebuah bidang geser. Namun telah menjadi kebiasaan di bidang mekanika tanah, bahwa koefisien geser tanah tidak disebutkan secara langsung akan tetapi disebutkan sudut yang dibentuk garis keruntuhan terhadap bidang horizontal (seperti pada Gambar 2.2). Sehingga dalam ilmu mekanika tanah lebih dikenal kohesi, c dan sudut geser dalam, ϕ sebagai parameter geser tanah.

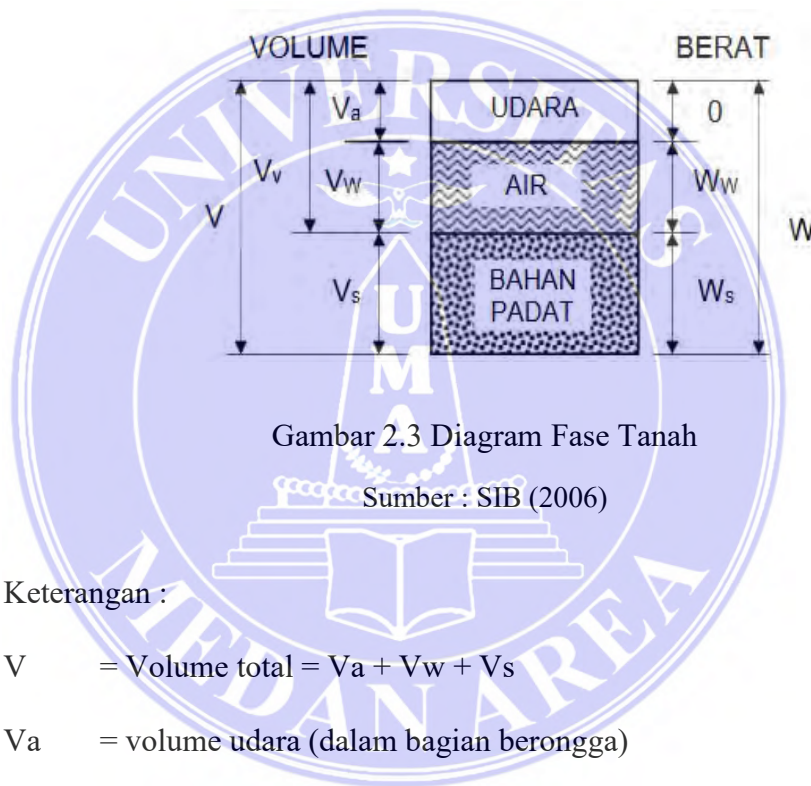


Gambar 2.2 Garis keruntuhan dibidang tegangan normal geser

Sumber : Abdul H (2008). Rekayasa Pondasi

4. Sifat-sifat fisik lainnya

tanah terdiri dari dua bagian, yaitu bagian padat dan bagian rongga. Bagian padat terdiri dari partikel-partikel padat, sedangkan bagian berongga terisi air atau udara sepenuhnya bila tanah tersebut jenuh atau kering. Apabila gumpalan tanah tidak sepenuhnya dalam keadaan basah (jenuh), maka rongga tanah akan terisi oleh air dan udara. Keseluruhan bagian tersebut dapat terlihat dalam diagram fase pada Gambar 2.2:



Gambar 2.3 Diagram Fase Tanah

Sumber : SIB (2006)

Keterangan :

V = Volume total = $V_a + V_w + V_s$

V_a = volume udara (dalam bagian berongga)

V_w = volume air (dalam bagian berongga)

V_s = volume butir tanah

V_v = volume rongga = $V_a + V_w$

W = berat total = $W_s + W_w$

W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

W_a = berat udara = 0

2.2.3 Klasifikasi Tanah

Tujuan pengklasifikasian tanah adalah untuk membagi tanah menjadi kelompok-kelompok sedemikian rupa sehingga tanah yang termasuk dalam suatu kelompok mempunyai karakteristik yang sama serta pada situasi rekayasa tertentu menunjukkan kinerja yang sama. Sistem pengklasifikasian hendaknya dipandang sebagai langkah pertama dalam mengevaluasi tanah karena pengujian untuk pengklasifikasian (gradasi serta batas cair dan batas plastis) dilakukan terhadap contoh tidak asli dimana sifat-sifat tanah dalam keadaan aslinya mungkin tidak benar-benar terwakili.

Secara garis besar, tanah dibedakan menjadi dua golongan utama, yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Penggolongan ini didasarkan atas ukuran butirannya. Yang termasuk tanah berbutir halus adalah tanah lempung dan lanau, sedangkan yang berukuran besar dari lanau digolongkan sebagai tanah berbutir kasar. Pada tanah berbutir kasar, pembagian lebih detailnya didasarkan pada ukuran seperti pasir halus, sedang dan kasar. Selain itu, berdasarkan keberagaman gradasinya, dapat digolongkan menjadi bergradasi seragam (*poor-graded*), gradasi berlobang dan bergradasi baik/lengkap (*well-graded*). Secara mendasar tanah dibedakan berdasarkan gradasi butirannya menjadi dua bahagian besar yaitu tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Tanah berbutir halus yang utama adalah lempung (*clay* dilambangkan C), dan terkadang juga lanau (*silt* dengan lambang M dari kata Mud). Sedangkan tanah berbutir kasar adalah pasir (*sand* dengan lambang S) dan kerikil (*gravel* dilambangkan G). Tanah dengan gradasi yang lengkap umumnya mempunyai tahanan geser yang baik dibanding dengan tanah bergradasi seragam. Hal ini dikarenakan pada gradasi yang lengkap, partikel tanah

saling mengisi rongga dan saling mengunci hingga mempunyai kontak antar butir yang lebih banyak dan baik.

2.2.4 Persoalan Tanah

Secara garis besar beberapa persoalan tanah diklasifikasikan sebagai berikut

1. Hal keseimbangan atau stabilitas, untuk itu perlu diketahui mengenai :
 - a. Beban / muatan yang bekerja pada tanah
 - b. Besar dan distribusi tekanan akibat muatan terhadap tanah
 - c. Perlawanan dari tanah.
 - Muatan yang bekerja pada tanah tergantung dari tipe / macam struktur dan berat tanah.
 - Tanah dianggap material yang isotropis, tekanan dapat dihitung secara analisa matematik.
 - Perlu adanya pengambilan contoh tanah untuk penyelidikan di laboratorium untuk mengetahui karakteristik / sifat tanah.
2. Deformasi, dapat dalam keadaan plastis atau elastis, sehubungan dengan hal tersebut, perlu diketahui :
 - a. Muatan yang bekerja (beban bekerja)
 - b. Besar dan distribusi tekanan yang berpengaruh
 - c. Besar dan perbedaan penurunan
3. Drainase, menyangkut hal deformasi dan stabilitas

2.3 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah untuk keperluan perencanaan struktur geoteknik seperti pondasi bangunan, dinding penahan tanah, pilar jembatan dan sebagainya merupakan langkah awal yang sangat menentukan keberhasilan dari sebuah proyek pembangunan. Penyelidikan ini diperlukan untuk memberikan informasi yang diperlukan seperti jenis lapisan tanah, muka air tanah dan parameter tanah. Selanjutnya informasi yang diperoleh dianalisis dan diolah untuk membuat rekomendasi yang berkaitan dengan kondisi geoteknik tanah. Untuk beberapa kasus, penyelidikan geoteknik tanah diperlukan sebagai syarat untuk mengeluarkan izin dari pendirian bangunan dimana berkaitan dengan kelayakan dan keselamatan serta dampak lingkungan dari pembangunan.

Jumlah pengujian pada suatu lokasi yang meliputi jumlah titik pengujian dan dalam pengujian adalah tergantung dari ketelitian yang diinginkan. Namun pengujian yang melebihi jumlah titik pondasi adalah sangat berlebihan. Sekecil apapun konstruksi yang akan dibangun, pengujian yang kurang dari dua titik uji adalah sangat kurang mengingat informasi yang didapat tidak memberikan nilai pembandingan.

2.4 Pengujian di Laboratorium

Sifat-sifat fisik tanah dapat dipelajari dari hasil-hasil pengujian laboratorium pada contoh-contoh tanah yang diambil dari pengeboran. Dari hasil pengujian yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung daya dukung dan penurunan. Kecuali itu, data laboratorium dapat pula memberikan informasi mengenai besarnya debit air yang mengalir ke dalam lubang galian fondasi, perilaku tanah

dalam menderita tekanan, dan kemungkinan penanggulangan air pada penggalian tanah fondasi.

Perlu diingat bahwa kondisi lapisan tanah di lapangan bervariasi. Karena itu, jumlah contoh tanah yang terlalu sedikit akan memberikan analisis data yang hasilnya meragukan. Secara umum, pengujian di laboratorium yang dilakukan untuk perancangan fondasi, adalah:

1. Angka pori (*void ratio*)

Didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume butir tanah (bagian padat) (V_s).

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots\dots\dots \text{Pers (2.4)}$$

2. Porositas (n)

Menyatakan perbandingan antara volume pori (V_v) dengan volume tanah total (V) yang dinyatakan persen.

$$n = \frac{V_v}{V} \dots\dots\dots \text{Pers (2.5)}$$

3. Derajat kejenuhan (S)

Menyatakan perbandingan antara volume air (V_w) dengan volume rongga (V_v).

$$S = \frac{V_w}{V_v} \dots\dots\dots \text{Pers (2.6)}$$

4. Kadar air (W)

Disebut juga sebagai water content yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat air butiran padat dari volume tanah (W_s) yang diselidiki.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \dots\dots\dots \text{Pers (2.7)}$$

5. Berat jenis tanah (G)

Menyatakan perbandingan antara berat isi butir tanah (γ_s) dan berat isi air (γ_w).

$$G = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots \text{Pers (2.8)}$$

6. Berat isi air (γ_w)

Menyatakan perbandingan antara berat air (W_w) dengan volume air (V_w)

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w} \dots\dots\dots \text{Pers (2.9)}$$

7. Berat isi butir (γ_s)

Menyatakan perbandingan antara berat butiran tanah (W_s) dengan volume butir tanah (V_s)

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \dots\dots\dots \text{Pers (2.10)}$$

8. Berat isi tanah (γ)

Menunjukkan perbandingan antar berat tanah (W) dengan isi tanah (V)

$$\gamma = \frac{W}{V} \dots\dots\dots \text{Pers (2.11)}$$

Rumus tersebut berlaku untuk berat volume basah.

9. Berat volume kering (*dry unit weight*)

Berat volume kering (γ_d) adalah berat kering (W_s) persatuan volume (V), atau

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots \text{Pers (2.12)}$$

Hubungan antara berat volume, berat volume kering (γ), kadar air adalah sebagai berikut :

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+W} \dots\dots\dots \text{Pers (2.13)}$$

10. Berat isi celup tanah (γ_{sub})

Menyatakan suatu harga dari berat isi jenuh dikurangi berat isi air

$$\gamma_{sub} = \frac{\gamma_w (G-1)}{(1+e)} \dots\dots\dots \text{Pers (2.14)}$$

11. Batas-batas konsistensi (*Atterberg Limits*) Batas-batas atterberg tergantung pada air yang terkandung dalam massa tanah, ini dapat menunjukkan beberapa kondisi tanah, seperti : cair – kental – plastis – semi plastis – padat, perubahan dari keadaan yang satu ke keadaan lainnya sangat penting diperhatikan sifat fisiknya.

2.5 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.

$$A_f = \frac{P}{\sigma} \quad \dots\dots\dots \text{Pers (2.15)}$$

Dimana :

A_f = Luas pondasi (cm²)

P = Beban Bangunan (kg)

σ = Daya dukung tanah (kg/cm²)

Persyaratan-persyaratan yang harus dipertimbangkan dalam perancangan pondasi 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 tanah 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.

Macam-macam pondasi, klasifikasi pondasi dibagi menjadi dua tipe, yaitu: (Har-diyatmo, 2014):

- a. Pondasi dangkal
- b. Pondasi dalam

2.5.1 Pondasi Dangkal

Sebuah pondasi dangkal harus direncanakan mampu mendukung beban rencana sedemikian rupa sehingga tidak terjadi keruntuhan pada sistem pondasi-tanah dan tidak pula terjadi penurunan yang berlebihan. Dengan demikian terdapat dua kriteria yang harus dipenuhi dalam merencanakan sebuah pondasi dangkal, yaitu:

1. Pondasi harus mampu mendukung beban hingga nilai keamanan tertentu.
2. Pondasi harus tetap ditempat dan tidak bergerak hingga batas toleransi tertentu.

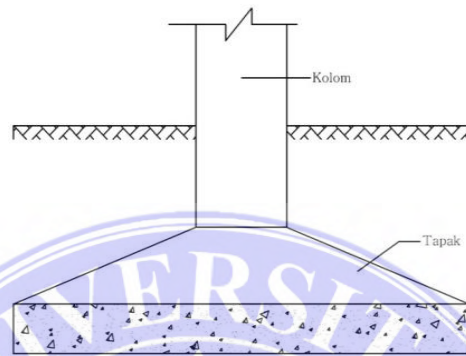
Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung dengan kedalaman $D_f/B \leq 4$.

Dimana :

D_f = kedalaman pondasi dari muka tanah

B = lebar pondasi

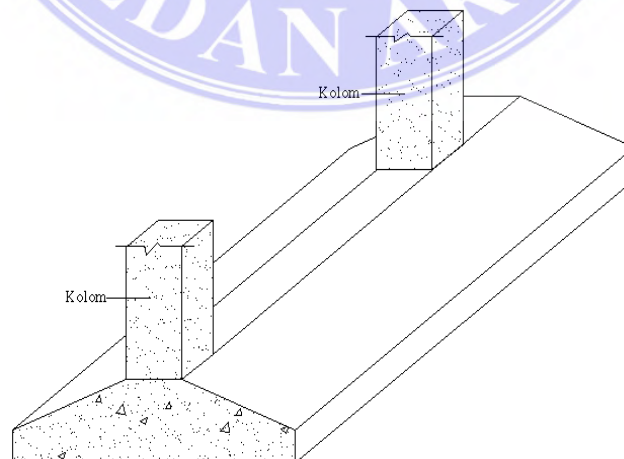
- a. Pondasi Telapak (*square footing*), Fondasi telapak salah satu jenis pondasi dangkal, yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom. Pada perancangan, biasanya beban-beban kolom dianggap sebagai beban titik dan beban dinding dianggap sebagai beban garis per satuan panjang. Lihat Gambar 2.5.



Gambar 2.4 Pondasi Telapak

Sumber : Bambang.S (2015) Rekayasa Pondasi

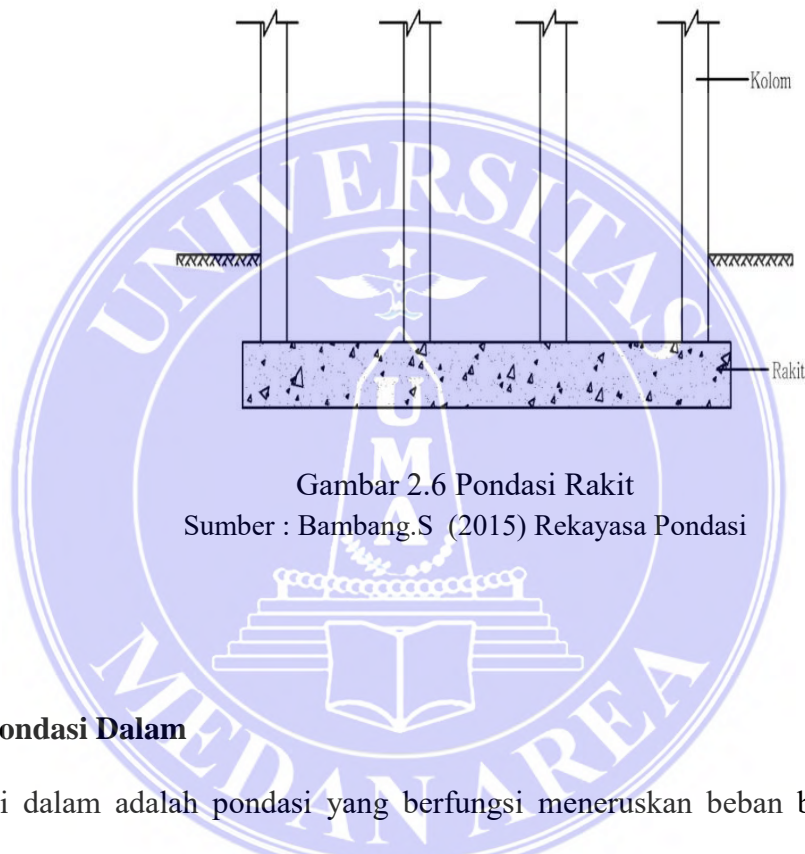
- b. Pondasi memanjang yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat, sehingga bila dipakai fondasi telapak sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain seperti (Gambar 2.6)



Gambar 2.5 Pondasi Memanjang

Sumber : Bambang.S (2015) Rekayasa Pondasi

- c. Pondasi rakit (*raft foundation* atau *mat foundation*), adalah fondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat di semua arahnya, sehingga bila dipakai fondasi telapak, sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain. Seperti Gambar 2.7

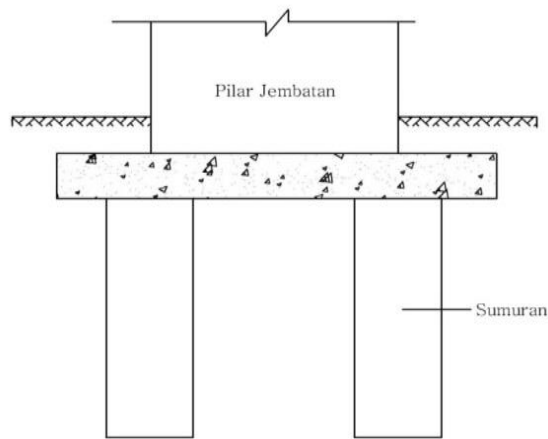


Gambar 2.6 Pondasi Rakit
Sumber : Bambang.S (2015) Rekayasa Pondasi

2.5.2 Pondasi Dalam

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

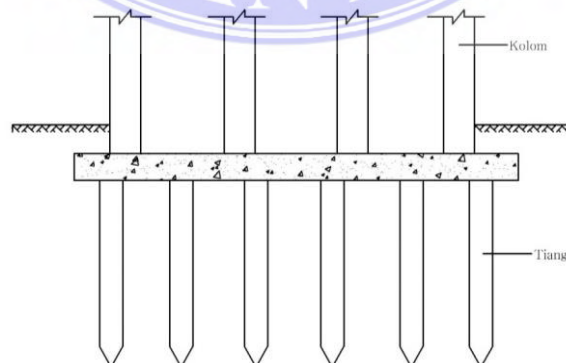
- a. Pondasi sumuran (*pier foundation*) yang merupakan bentuk peralihan antara fondasi dangkal dan fondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam. (Lihat Gambar 2.8).



Gambar 2.7 Pondasi Sumuran

Sumber : Bambang.S (2015) Rekayasa Pondasi

- b. Pondasi tiang (*piled foundation*), digunakan bila pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya, dan tanah keras terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Demikian pula, bila fondasi bangunan terletak pada tanah timbunan yang cukup tinggi, sehingga bila bangunan diletakkan pada timbunan akan dipengaruhi oleh penurunan yang besar. Bedanya dengan fondasi sumuran adalah pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang. (lihat Gambar 2.9)



Gambar 2.8 Pondasi Tiang

Sumber : Bambang.S (2015) Rekayasa Pondasi

2.6 Tanah Timbunan

Timbunan adalah suatu pekerjaan 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 :

2.6.1 Timbunan biasa

Timbunan biasa adalah timbunan atau urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir *sub-grade* 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 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 sistem 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).

2.6.2 Timbunan pilihan

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.

2.7 Daya Dukung Tanah

Analisis daya dukung mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban fondasi dan struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya.

Setelah dilakukan penyelidikan dilanjutkan dengan perhitungan daya dukung tanah di lokasi tempat bangunan yang akan dibangun. Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk memikul tekanan atau beban maksimum yang diizinkan untuk bekerja pada pondasi. Untuk mendapat tegangan yang dipakai dalam perencanaan pondasi, besarnya beban dibagi dengan faktor keamanan (*safety factor*) biasanya untuk pondasi diberi 3 (tiga). Nilai yang diperoleh disebut dengan tegangan tanah yang diizinkan. Seperti pada persamaan berikut:

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{SF} \dots\dots\dots \text{Pers (2.16)}$$

Dimana : q_{all} = tegangan tanah yang diizinkan (kg/m^2)
 q_{ult} = daya dukung batas (kg/m^2)
 SF = factor keamanan

Analisis-analisis daya dukung, dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat, dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan.

2.7.1 Kapasitas Daya Dukung Batas Tanah untuk Pondasi Dangkal

Kapasitas dukung ultimit (*ultimit bearing capacity*) (q_u) didefinisikan sebagai beban maksimum per satuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan. Bila dinyatakan dalam persamaan, maka :

$$q_u = \frac{P_u}{A} \dots\dots\dots \text{Pers(2.17)}$$

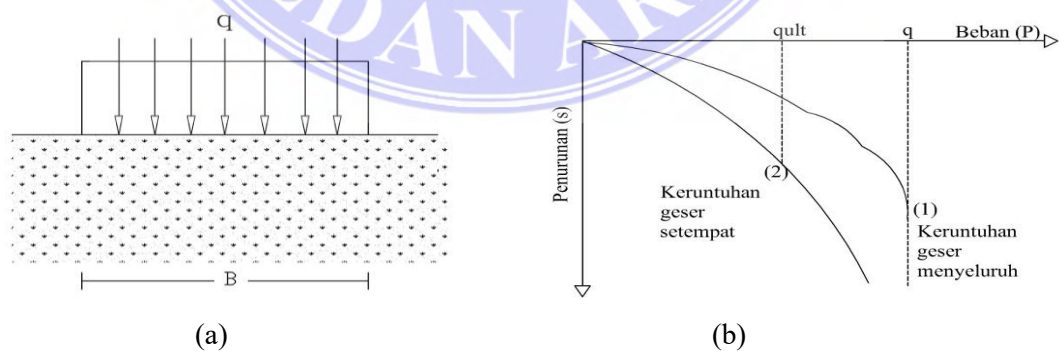
Dimana : q_u = kapasitas dukung ultimit (kN/m^2)
 P_u = beban ulimit (kN)
 A = luas fondasi (m^2)

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 2.10a). 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 2.10a) 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 2.10b).

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*) (Gambar 2.10b).



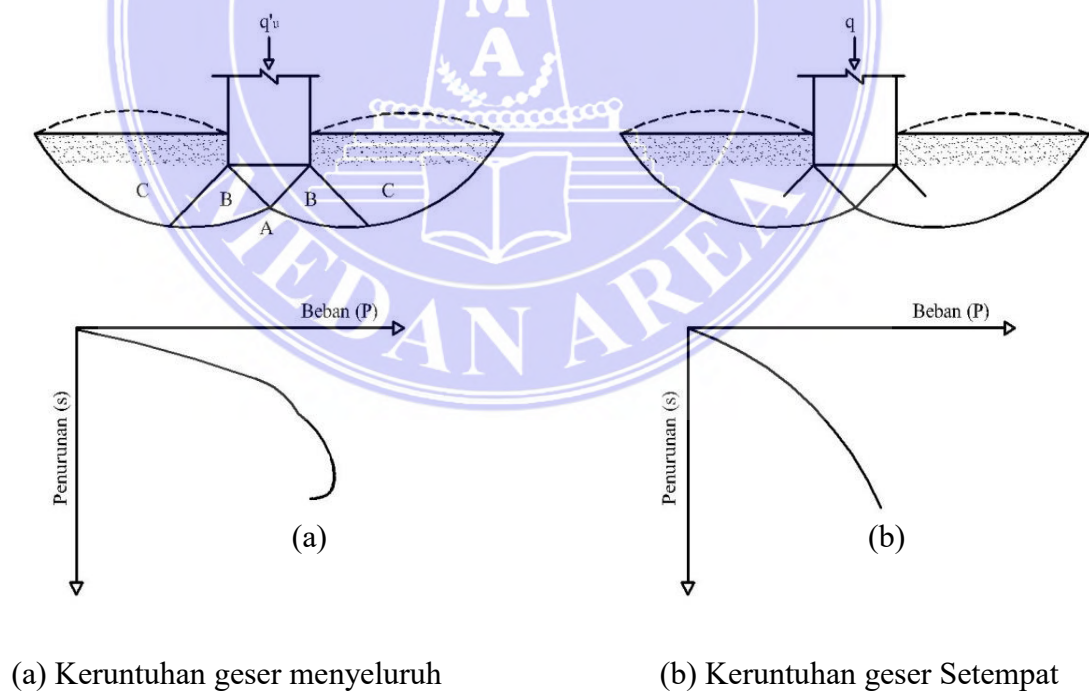
(a) Model pondasi (b) Grafik hubungan antara beban dan penurunan

Gambar 2.9 Pola keruntuhan geser dalam tanah

Sumber : Braja M. Das (1995)

Apabila pondasi turun karena suatu benda yang diletakkan di atasnya, 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 2.11a). Pada beban batas q_u , tanah berada dalam keseimbangan plastis dan keruntuhan terjadi dengan cara menggelincir.

Apabila model pondasi yang dijelaskan 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*).



Gambar 2.10 Hubungan antara beban dan penurunan

Sumber : Braja M. Das (1995)

Zona keruntuhan blok segitiga (zona A) di bawah pondasi akan bergerak ke bawah (Gambar 2.11b), tetapi tidak seperti keruntuhan geser menyeluruh (*general shear failure*), terdapat sedikit pengembangan 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 lebar dan relatif dalam, jenis keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan geser setempat (*local shear failure*).

Menurut (Vesic, 1963), model keruntuhan geser umum diharapkan terjadi pada pondasi yang relatif dangkal yang terletak pada pasir padat atau kira-kira dengan $\phi' > 36^\circ$, sedangkan keruntuhan geser local kira-kira $\phi' < 29^\circ$.

Persamaan daya dukung untuk menghitung kapasitas tanah menurut beberapa ahli adalah sebagai berikut (Surendro, 2014):

1) Metode Terzaghi :

$$q_{ult} = c N_c + Df \gamma N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots \text{Pers (2.18)}$$

2) Metode Mayerhof:

$$q_p = cN_c + qN_q \leq 50 N_q \tan\phi \dots\dots\dots \text{Pers (2.19)}$$

3) Metode Brinch Hansen

$$P_u = P_o K_q + C K_c \dots\dots\dots \text{Pers (2.20)}$$

Dimana :

q_{ult} = daya dukung ultimit (kg/m^2) / (kN/m^2)

c = kohesi

D_f = kedalaman pondasi (m)

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

B = lebar pondasi (m)

q_u = beban vertikal ultimit (kN/m^2)

B', L' = panjang dan lebar efektif 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

b_c, b_q, b_γ = faktor – faktor kemiringan dasar

g_c, g_q, g_γ = faktor – faktor kemiringan permukaan

2.7.2 Daya Dukung Batas Menurut Terzaghi

Menurut (Terzaghi, 1943) suatu pondasi didefinisikan sebagai pondasi dangkal apabila kedalaman (D_f), adalah kurang atau sama dengan lebar pondasi (B). Disamping itu, untuk perhitungan daya dukung batas dari tanah, Terzaghi menganggap bahwa berat tanah di sebelah kanan dan kiri pondasi sampai dengan kedalaman dasar pondasi, diganti dengan beban terbagi rata (*surcharge*), $q = \gamma D_f$.

$$q_{ult} = c N_c + D_f \gamma N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots \text{Pers (2.21)}$$

Pada lapisan tanah yang agak lunak atau kurang padat, karean desakan pondasi bangunan pada tanah, maka akan tampak adanya penurunan yang besar sebelum terjadi keruntuhan pada keseimbangan tanah di bawah pondasi. Kondisi ini disebut “*local shear failure*”. Untuk kondisi ini rumus daya dukung tanah Terzaghi harus diberi reduksi pada kohesinya yaitu :

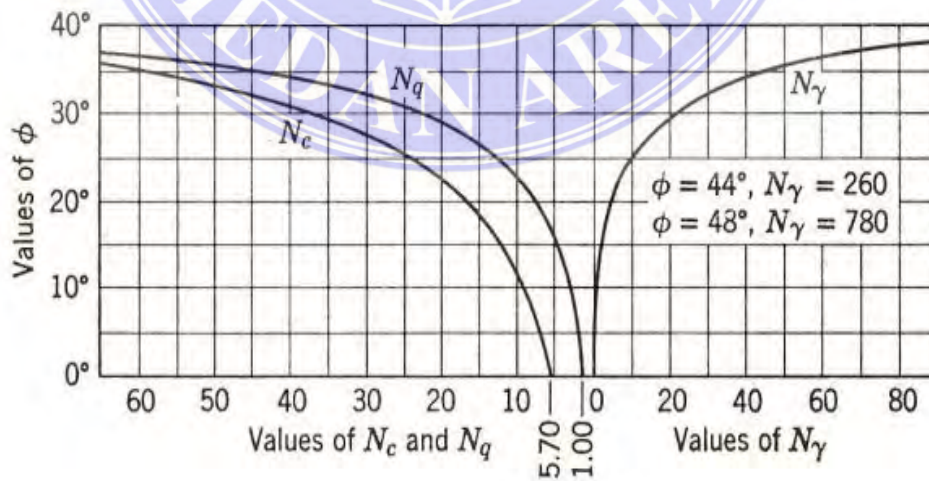
$$C' = 2/3.c \quad \dots\dots\dots \text{Pers (2.22)}$$

dimana , c = kohesi tanah pada “*local shear failure*”

Sehingga rumusnya menjadi :

$$q_{ult} = 2/3 C N_c' + p_0 N_q' + 0,5 \gamma B N_\gamma' \quad \dots\dots\dots \text{Pers (2.23)}$$

Untuk mencari besarnya nilai faktor daya dukung N_c , N_q , N_γ dapat didekati dengan grafik Terzaghi (Gambar 2.16). Grafik tersebut merupakan hubungan antara factor daya dukung dengan sudut geser dalam (*engle of internal friction* = ϕ)



Gambar 2.11 Hubungan antara ϕ dan N_c , N_q , N_γ

Sumber : Braja M. Das (1995)

Dalam (Bowles, 1986), Terzaghi juga memberikan untuk mencari besarnya nilai factor daya dukung N_c , N_q , sebagai berikut :

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2(45 + \phi/2)} \dots\dots\dots \text{Pers (2.24)}$$

Dimana :

$$a = e^{(0,75\pi + \phi/2) \tan \phi} \dots\dots\dots \text{Pers (2.25a)}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi \dots\dots\dots \text{Pers (2.25b)}$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \dots\dots\dots \text{Pers (2.25c)}$$

Besarnya nilai N_c , N_q , N_γ dapat ditentukan dengan menggunakan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Koefisien daya dukung tanah menurut Tarzaghi

ϕ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
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	35,0	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	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

Sumber : Braja M. Das (1984)

2.8 Pengaruh Muka Air Tanah terhadap Daya Dukung Pondasi Dangkal

Penurunan formula klasik untuk mengestimasi daya dukung pondasi pada awalnya tidak mempertimbangkan kedalaman muka air tanah. Padahal pada ken-

yataan di lapangan, sering terdapat muka air tanah yang secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi segala kegiatan yang berkaitan dengan pekerjaan pondasi termasuk daya dukungnya. Perubahan estimasi daya dukung pondasi akibat pengaruh muka air tanah telah diusulkan beberapa orang sebelumnya antara lain dalam Das, Liu dan Evett dan McCarthy. Adanya muka air tanah ini harus disertakan dalam perhitungan daya dukung pondasi.

2.9 Beban Terbagi Rata Berbentuk Empat Persegi Panjang

Tambahan tegangan vertical akibat beban terbagi rata fleksibel berbentuk empat persegi panjang, dengan ukuran L dan lebar B (Lihat Gambar 2.13), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang diperoleh dari penjabaran persamaan Boussinesq, sebagai berikut :

$$\Delta\sigma_z = qI \dots\dots\dots \text{Pers (2.26a)}$$

Dalam persamaan tersebut :

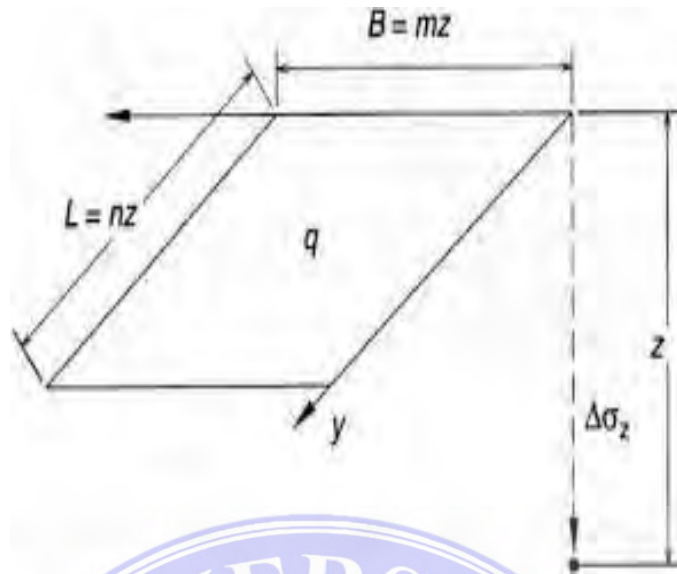
$$I = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{2mn(m^2+n^2+1)^{\frac{1}{2}}}{m^2+n^2+1+m^2n^2} \times \frac{(m^2+n^2+2)}{(m^2+n^2+1)} + \text{arc tg} \frac{2mn(m^2+n^2+1)^{\frac{1}{2}}}{m^2+n^2+1-m^2n^2} \right) \dots\dots\dots \text{Pers (2.26b)}$$

Dengan :

q = tekanan sentuh atau tekanan pondasi ketanah

$$m = \frac{B}{z}$$

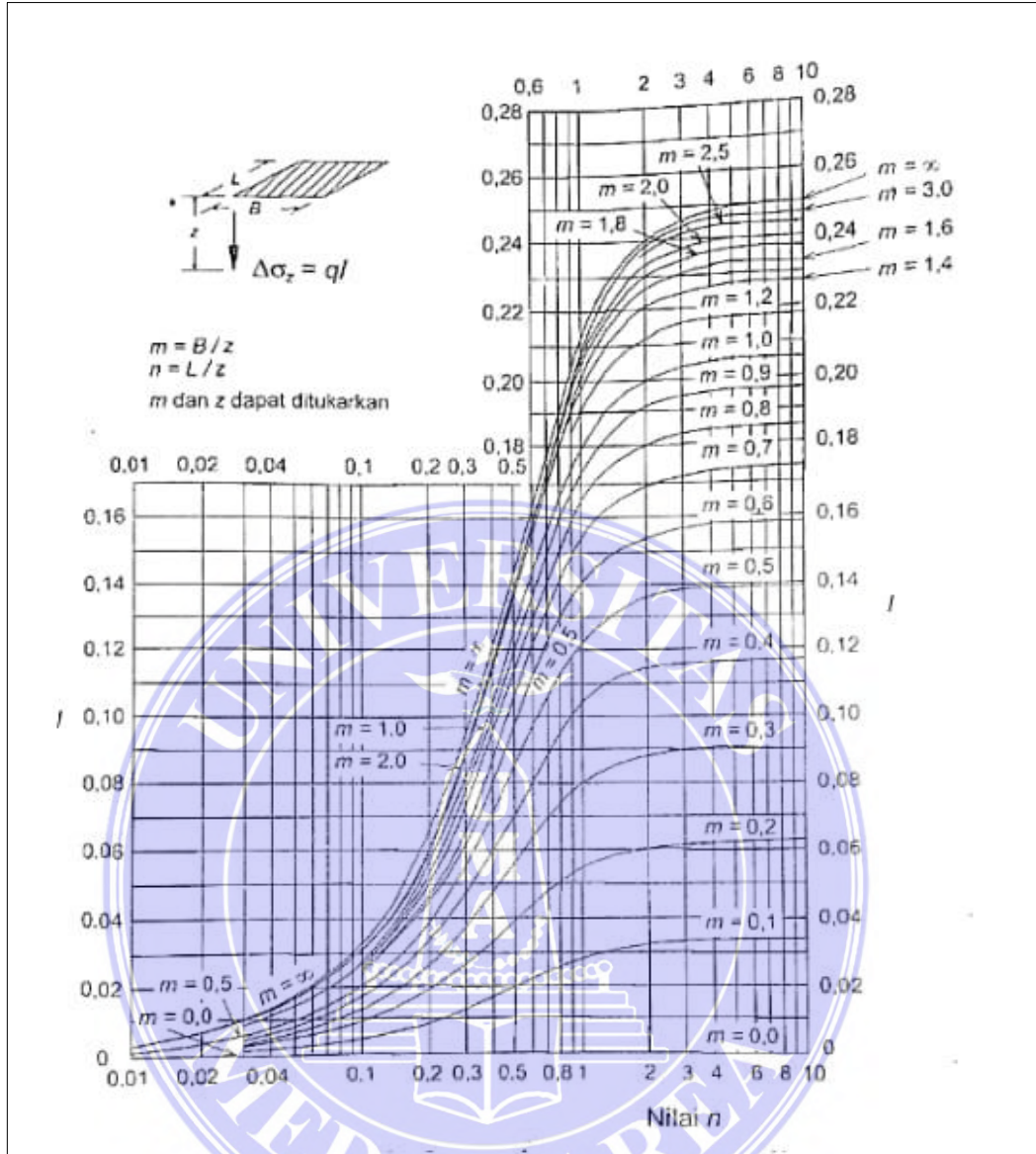
$$n = \frac{L}{z}$$



Gambar 2.12 Tegangan dibawah beban terbagi rata berbentuk empat persegi panjang.

Sumber : Hardiyatmo C.H (2017)

Nilai faktor pengaruh I untuk tegangan dibawah sudut luasan empat persegi panjang yang menderita beban terbagi rata q dalam bentuk grafik, dapat dilihat dalam Gambar 2.14.



Gambar 2.13 Faktor pengaruh I untuk tegangan vertikal di bawah sudut /luasannya beban terbagi rata berbentuk empat persegi panjang yang fleksibel (U. S.Navy. 1971)

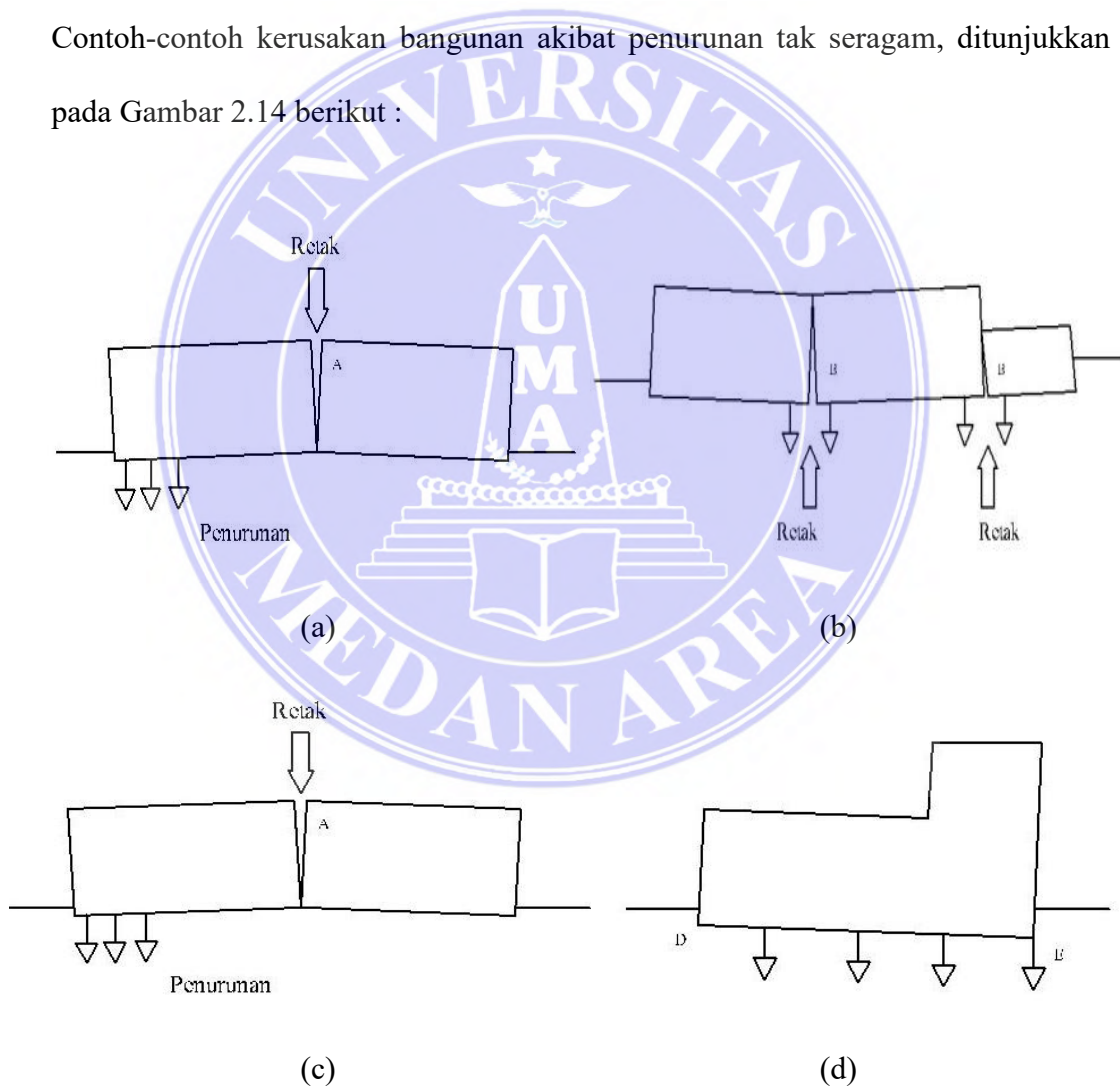
Sumber : Hardiyatmo C.H (2017)

2.10 Penurunan Pondasi (*Settlement*)

Penurunan pada pondasi merupakan masalah rekayasa yang penting dan harus dianalisis bersamaan dengan estimasi daya dukungnya. Jika seluruh permukaan tanah dibawah dan disekitar 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 pada bangunan (Hardiyatmo, 2014). Namun, kondisi tertentu dapat menyebabkan terganggunya kestabilan, bila penurunan terjadi secara berlebihan. Umumnya, penurunan yang tidak seragam lebih membahayakan bangunan dari pada penurunan total. Umumnya, penurunan tak seragam lebih membahayakan bangunan daripada penurunan total.

Contoh-contoh kerusakan bangunan akibat penurunan tak seragam, ditunjukkan pada Gambar 2.14 berikut :



Gambar 2.14 Contoh kerusakan bangunan akibat penurunan

Sumber : Hardiyatmo.C.H (2017)

Keterangan :

- a) Keadaan dimana, pada bagian tepi bangunan mengalami penurunan paling besar daripada bagian tengahnya, maka diperkirakan terjadi retak-retak pada bagian A.
- b) Keadaan dimana, pada bagian tengah bangunan turun lebih besar dan mengalami kondisi tekan pada bagian atas dan kondisi tarik pada bagian bawah bila mengalami penurunan paling besar terdapat dibagian tengah bangunan maka dapat mengakibatkan retakan-retakan.
- c) Keadaan dimana, bangunan mengalami penurunan pada salah satu bagian, sehingga dapat menyebabkan keretakan pada bagian tengah.
- d) Keadaan dimana, penurunan terjadi secara berangsur-angsur pada salah satu bagian bangunan, yang bisa mengakibatkan bangunan menjadi miring dan menimbulkan keretakan.

Ada beberapa penyebab 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 te-

gangan pasti akan disertai dengan perubahan bentuk, pada umumnya hal ini yang menyebabkan penurunan pada pondasi.

Tegangan di dalam tanah yang timbul akibat adanya beban dipermukaan dinyatakan dalam istilah tambahan tegangan (*stress increment*), karena sebelum tanah dibebani tanah sudah mengalami tekanan akibat berat 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, 2014).

2.11 Kriteria Penurunan

Penurunan pada pondasi dapat dibedakan menjadi penurunan total (*total settlement*) dan penurunan sebagian (*differential settlement*). Untuk bangunan pada umumnya (bukan bangunan khusus), penurunan total secara mekanika rekayasa bukan menjadi masalah yang kritis. Akan tetapi penurunan total akan terkait dengan dengan faktor lain yang tidak berhubungan dengan mekanika dari struktur bangunan. Penurunan sebagian terkadang dikenal dengan nilai lain berupa kemiringan (*tilt*) atau dalam bentuk rasio distorsi (*angular distortion*).

Besarnya batasan penurunan total atau penurunan differential yang terjadi sangat bervariasi tergantung dari kepentingan bangunan. Namun, pembatasan nilai-nilai tersebut dapat diambil dari pengalaman sebelumnya terhadap kerusakan dan/atau berkurangnya layanan dari bangunan yang diakibatkan oleh penurunan.

Pada Tabel 2.2 (Sower, 1962) diberikan batasan nilai penurunan yang dapat dijadikan acuan sebagai kriteria penurunan dalam merencanakan pondasi. Namun batasan lain yang lebih penting adalah batasan yang ditetapkan berdasarkan fungsi

atau kegunaan dari bangunan itu sendiri dan juga terhadap pentingnya benda yang akan diamankan di dalam bangunan tersebut.

Tabel 2.2 Batas penurunan ijin (Sower, 1962)

Tipe penurunan	Factor pembatas	Nilai batas
Penurunan total	Drainase	150 – 300 mm
	Akses	300 – 600 mm
	Perkiraan terjadi penurunan distorsi	
	Tembok pasangan batu	25 – 50 mm
	Struktur rangka	50 – 100 mm
	Silo, pondasi rakit, cerobong asap	75 – 300 mm
Kemiringan	Stabilitas terhadap guling	Tergantung tinggi dan lebar
	Kemiringan tower, cerebong asap	0.004 L
	Berjalannya kendaraan (truk)	0.01 L
	Bergerakannya barang-barang	0.01 L
	Bekerjanya mesin pemintal kapas	0.003 L
	Pengoperasian turbin, generator	0.0002 L
	Rail crane (mesin pengangkat)	0.003 L
	Drainase pada muka lantai	0.01 – 0.02 L
Penurunan distorsi	Tingginya pasangan batu bata	0.0005 – 0.001 L
	Retakan pada dinding batu bata	0.001 L
	Retakan pada plesteran dinding	0.0025 – 0.004 L
	Bangunan rangka beton bertulang	0.003 L
	Bangunan rangka baja menerus	0.002 L
	Struktur rangka baja sederhana	0.005 L

Sumber : H.Abdul (2008), Rekayasa Pondasi

Penurunan (*settlement*) pondasi yang berada pada tanah berbutir halus yang jenuh dapat dibagi menjadi 3 komponen, yaitu: Penurunan segera (*immediate settlement*), Penurunan konsolidasi primer, Penurunan konsolidasi sekunder.

Penurunan total adalah jumlah dari ketiga komponen penurunan tersebut, atau bila dinyatakan dalam Persamaan 2.32:

$$S = S_i + S_c + S_s \quad \dots\dots\dots \text{Pers (2.27)}$$

Dimana :

S = Penurunan total

S_i = Penurunan segera

S_c = Penurunan konsolidasi primer

S_s = Penurunan konsolidasi sekunder

2.11.1 Penurunan Segera

Penurunan segera (*immediate settlement, S_e*) adalah penurunan yang terjadi pada saat pemberian beban pada masa konstruksi atau segera setelah masa konstruksi selesai. Penurunan ini sangat dipengaruhi sifat elastis dan plastis tanah. Secara teori, penurunan segera dibagi menjadi dua bagian yaitu :

- Penurunan sementara (elastis), yaitu penurunan pada sistem pondasi akibat beban luar yang akan segera hilang atau kembali pada posisi semula bila beban yang mengakibatkan penurunan dihilangkan.
- Penurunan tetap (plastis) yang bersifat permanen walaupun beban yang mengakibatkan penurunan dihilangkan.

Secara sistematis dinyatakan pada (Persamaan 2.29)

$$S_i = \frac{qB}{E} (1-\mu^2) I_p \dots\dots\dots \text{Pers (2.28)}$$

Dimana :

S_i = penurunan segera (m)

q = tekanan pada dasar pondasi (kN/m²)

B = lebar pondasi (m)

E = modulus elastis (kN/m²)

μ = rasio poisson

I_p = factor pengaruh (Tabel 2.3)

Tabel 2.3 Faktor pengaruh I_m (Lee, 1962) dan I_p (Schleicher, 1962) untuk pondasi kaku, dan factor pengaruh untuk pondasi fleksibel (Terzagih, 1943).

Bentuk pondasi	Fleksibel (I_p)			kaku	
	pusat	sudut	Rata-rata	I_p	I_m
Lingkar	1,00	0,64	0,85	0,88	
Bujur sangkar	1,12	0,36	0,95	0,82	3,70
Empat persegi panjang					
$L/B = 1,5$	1,36	0,68	1,20	1,06	4,12
2,0	1,53	0,77	1,31	1,20	4,38
5,0	2,10	1,05	1,83	1,70	4,82
10,0	2,52	1,26	2,25	2,10	4,93
100,0	3,38	1,69	2,96	3,40	5,06

*Peneliti yang lain menggunakan factor pengaruh pondasi lingkaran yang kaku $0,79 = \pi/4$

Sumber : Hardiyatmo (2017)

Penurunan-segera pada sudut luasan beban terbagi rata empat persegi panjang fleksibel yang terletak dipermukaan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang diusulkan Steinbrenner (1934) :

$$S_i = \frac{qB}{E} I_p \dots\dots\dots \text{Pers (2.29a)}$$

Dimana :

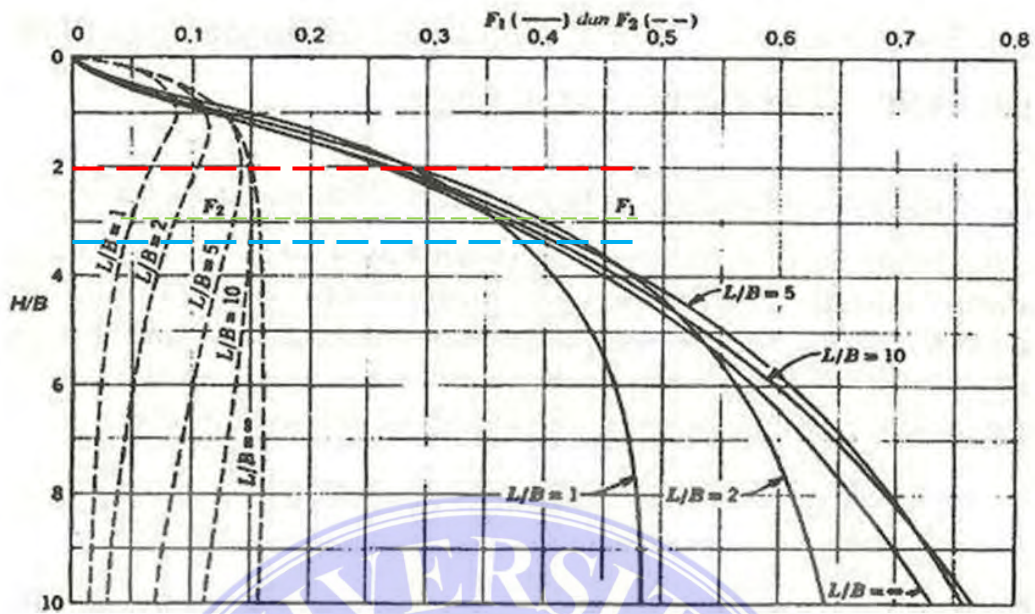
$$I_p = (1 - \mu^2) F_1 + (1 - \mu - 2\mu^2) F_2 \dots\dots\dots \text{Pers (2.29b)}$$

Dengan F_1 dan F_2 adalah koefisien-koefisien yang diusulkan oleh Steinbrenner (1934) dalam bentuk grafik pada Gambar 2.16.

Penurunan disembarang titik A (Gambar 2.18) pada pondasi empat persegi panjang dipermukaan tanah dengan tebal terbatas, dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$S_i = \frac{q}{E} (I_{p1}B_1 + I_{p2}B_2 + I_{p3}B_3 + I_{p4}B_4) \dots\dots\dots \text{Pers (2.30)}$$

Dimana : $B_1, B_2, B_3,$ dan B_4 adalah lebar masing-masing luasan.



Gambar 2.15 Penurunan segera pada sudut luasan beban terbagi rata fleksibel dipermukaan (Steinbrenner, 1934)

Sumber : Hardiyatmo C.H (2017)

2.11.2 Penurunan Akibat Konsolidasi

Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement, S_c*) adalah penurunan yang terjadi akibat berkurangnya volume tanah yang disebabkan mengalirnya air keluar dari pori-pori tanah. Penurunan konsolidasi bersifat lama dan sangat dipengaruhi oleh kecepatan mengalirnya air keluar dari pori-pori tanah, Penurunan konsolidasi memegang peranan yang sangat penting sehingga perlu dianalisis secara terpisah. Penurunan konsolidasi dibagi menjadi beberapa macam berdasarkan mekanisme pergerakan butiran tanah yaitu: Penurunan primer (*primary consolidation*), penurunan sekunder (*secondary consolidation*).

2.11.2.1 Penurunan Konsolidasi Primer

Penurunan primer (*primary consolidation*), yaitu penurunan yang terjadi akibat keluarnya air dari pori tanah tanpa merubah susunan partikel tanah.

Interval tekanan yang diperhatikan dalam analisis penurunan konsolidasi umumnya diantara tekanan vertical efektif sebelum pembebanan (P_0') (yaitu tekanan overburden efektif awal) sampai tekanan vertical akibat beban tanah ditambah tekanan akibat beban pondasi pada kedalaman yang ditinjau (Δp). jadi, untuk hitungan penurunan, angka pori e_0 diambil pada kedudukan p_0 , sampai angka pori menjadi e_1 , yaitu angka pori saat berakhirnya konsolidasi.

Penurunan konsolidasi primer dihitung dengan menggunakan (Persamaan 2.31)

$$S_c = \frac{\Delta e}{1 + e_0} H = \frac{e_1 - e_0}{1 + e_0} H \dots\dots\dots \text{Pers (2.31)}$$

Dimana :

Δe = perubahan angka pori akibat pembebanan

e_0 = angka pori awal

e_1 = angka pori setelah akhir konsolidasi

H = tebal lapisan tanah yang ditinjau

Untuk tanah tertentu, penurunan konsolidasi primer total dinyatakan oleh persamaan-persamaan berikut. Bila didefinisikan:

$$p_1' = p_0' + \Delta p' \dots\dots\dots \text{Pers (2.32)}$$

- a) Penurunan untuk tanah *normally consolidated* ($p_c' = p_0'$) dengan tegangan efektif sebesar p_1'

$$S_c = C_c \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_1'}{p_0'} = \Delta e = C_c \log \frac{p_0' + \Delta p}{p_0'} \dots\dots\dots \text{Pers (2.33)}$$

- b) Untuk tanah *overconsolidated* ($p_c' > p_0'$) penurunan konsolidasi primer total dinyatakan oleh persamaan yang bergantung nilai p_1'

- 1) Bila, $p_1' < p_c'$

$$S_c = C_r \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_1'}{p_0'} \dots\dots\dots \text{Pers (2.34)}$$

2) Bila, $p_1' > p_c'$

$$S_c = C_r \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_1'}{p_0'} + C_c \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_1'}{p_0'} \dots\dots\dots \text{Pers (2.35)}$$

Dengan,

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log p'} = \frac{e_1 - e_2}{\log (p_2'/p_1')} \dots\dots\dots \text{Pers (2.36)}$$

$$C_r = \frac{\Delta e}{\Delta \log p'} = \frac{e_1 - e_2}{\log (p_2'/p_1')} \dots\dots\dots \text{Pers (2.37)}$$

Dimana:

S_c : Penurunan konsolidasi primer (m)

Δe : perubahan angka pori

e_0 : angka pori awal

H : tebal lapis tanah (m)

C_c : indeks pemampatan

C_r : indeks pemampatan kembali

Δp : tambahan tegangan akibat beban pondasi (kN/m²)

p_c' : tekanan prakonsolidasi (kN/m²)

2.11.2.2 Penurunan Konsolidasi Sekunder

Penurunan sekunder (*secondary consolidation*), adalah penurunan konsolidasi yang diikuti dengan perubahan susunan butiran pada tanah tanpa merubah bentuk butiran.

Penurunan konsolidasi sekunder terjadi pada tegangan efektif konstan, yaitu setelah penurunan konsolidasi primer berhenti. Besar penurunannya merupakan fungsi waktu (t) dan kemiringan kurva indeks pemampatan sekunder (C_{α}).

Kemiringan C_{α} dinyatakan dalam persamaan:

$$C_{\alpha} = \frac{\Delta e}{\log(t_2/t_1)} \dots\dots\dots \text{Pers (2.38a)}$$

Rasio pempampatan sekunder $C_{\alpha e}$ dinyatakan :

$$C_{\alpha e} = \frac{C_{\alpha}}{(1+e_p)} \dots\dots\dots \text{Pers (2.38b)}$$

Penurunan konsolidasi sekunder, dihitung dengan persamaan:

$$S_s = \frac{C_{\alpha}}{1 + e_p} H \log \frac{t_2}{t_1} \dots\dots\dots \text{Pers (2.39)}$$

Dimana :

- S_s = penurunan konsolidasi sekunder
- H = tebal lapisan lempung
- e_p = angka pori saat akhir konsolidasi primer
- $t_2 = t_1 + \Delta t$
- t = saat waktu setelah konsolidasi primer berhenti

2.12 Safety Factor (Faktor Keamanan)

Faktor keamanan atau *Safety Factor* (SF) adalah suatu hal yang sangat penting dalam analisis dan perencanaan struktur secara keseluruhan. Permasalahan ini sudah menjadi subyek penelitian dan telah banyak dibahas dikalangan insinyur sipil, khususnya di bidang rekayasa struktur. Faktor keamanan elemen dan sistem struktur sangatlah tergantung pada ketahanan struktur (R : bahan dan geometri), dan

beban yang bekerja (S : beban mati. Beban hidup, beban gempa. Beban angin dan sebagainya). Beban yang berasal dari beban hidup, beban gempa, dan beban diasumsikan sebagai *variable random*.

Nilai keamanan (faktor keamanan = *safety factor*) yang biasanya diadopsi untuk sebuah pondasi adalah 3 (tiga). Sedangkan batas toleransi pergerakan (pergeseran dan/ atau penurunan) bervariasi tergantung kepada jenis dan fungsi bangunan yang didukung oleh sistem pondasi-tanah.

2.13 Metode Elemen Hingga Plaxis 2D V20

Plaxis merupakan perangkat lunak yang berbasis elemen hingga dalam menganalisis dan mendesain bidang geoteknik (Schweiger, 2009). Model konstitutif yang digunakan sejalan dengan model linier elastis dan non-linier sampai model *hardening double surface plasticity*.

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 pada 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).

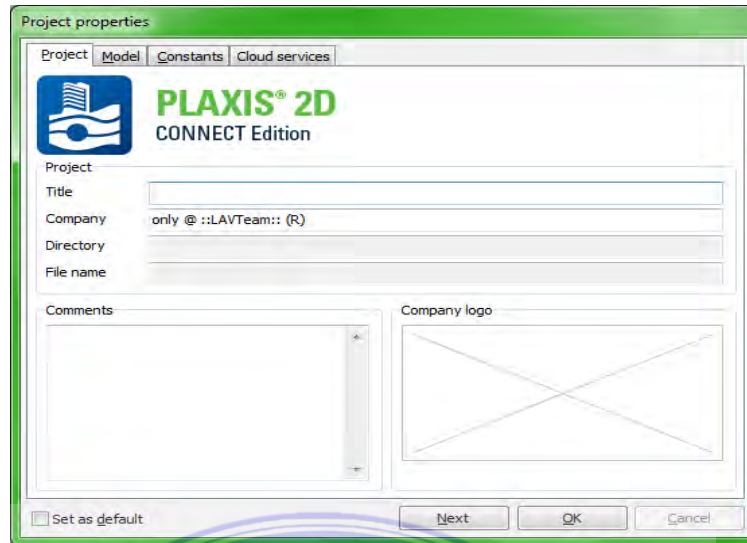
Beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum menggunakan FE Analysis untuk penelitian adalah :

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).

2.14 Langkah-langkah Pengoperasian Plaxis 2D.V20

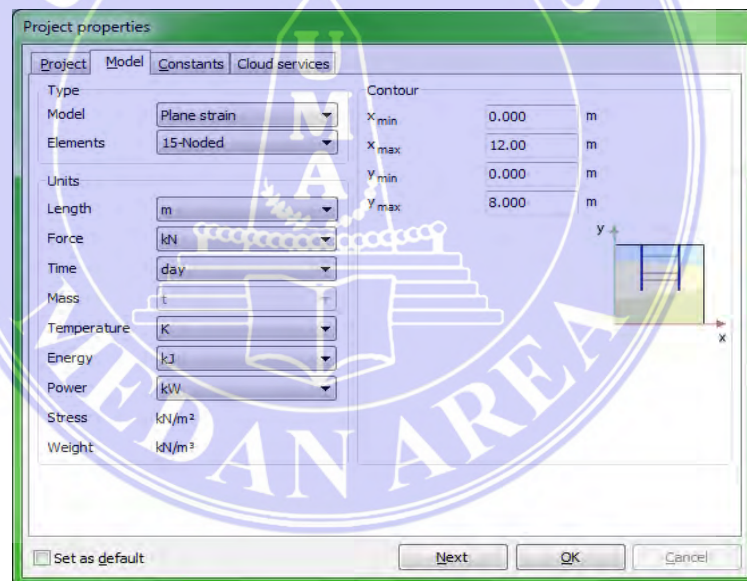
Pada pengoperasian Plaxis 2D.V20 ini membutuhkan nilai-nilai parameter pada tanah yang di dapat dari hasil penyelidikan tanah. Data-data tersebut digunakan sebagai data input tanah ,adapun prosedur dari program Plaxis antara lain sebagai berikut :

- a. Menentukan title (judul), model, dan elemen pada *menu bar project properties* serta menuliskan perintah atau tujuan yang akan dipakai (Gambar 2.16 dan 2.17).



Gambar 2.16 Kotak project properties

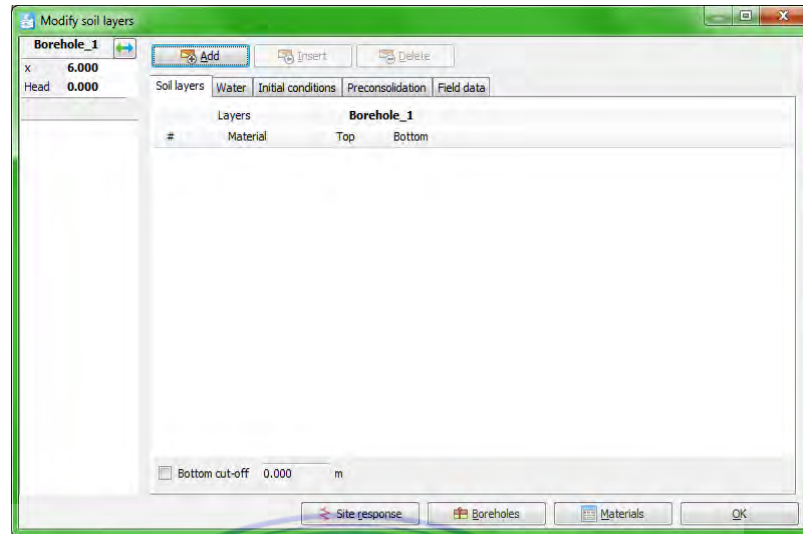
Sumber : Screenshot Plaxis 2D.V20



Gambar 2.17 Kotak project properties model

Sumber : Screenshot Plaxis 2D.V20

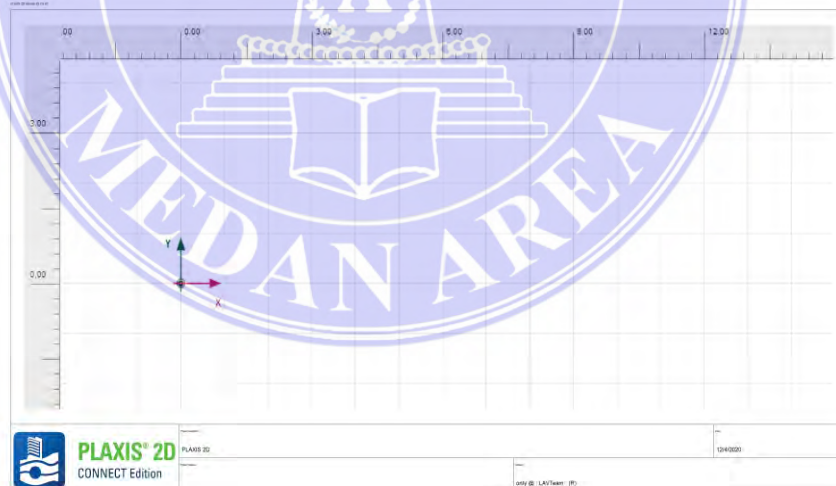
- b. Memodelkan atau Menuliskan dimensi tanah dan parameter tanah dari kasus yang akan dipelajari, yaitu sepanjang ke kiri, ke kanan, ke atas, dan ke bawah (Gambar 2.18).



Gambar 2.18 Menu bar modify soil layers

Sumber : Screenshot Plaxis 2D.V20

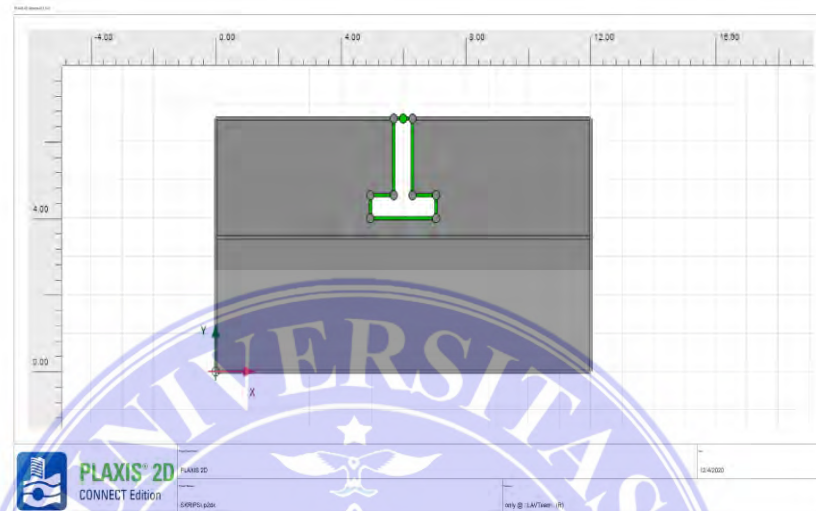
- c. Merangkai bentuk dimensi pondasi atau plat dari tanah tadi kemudian diberi pembebanan (Gambar 2.19).



Gambar 2.19 Menu bar structures

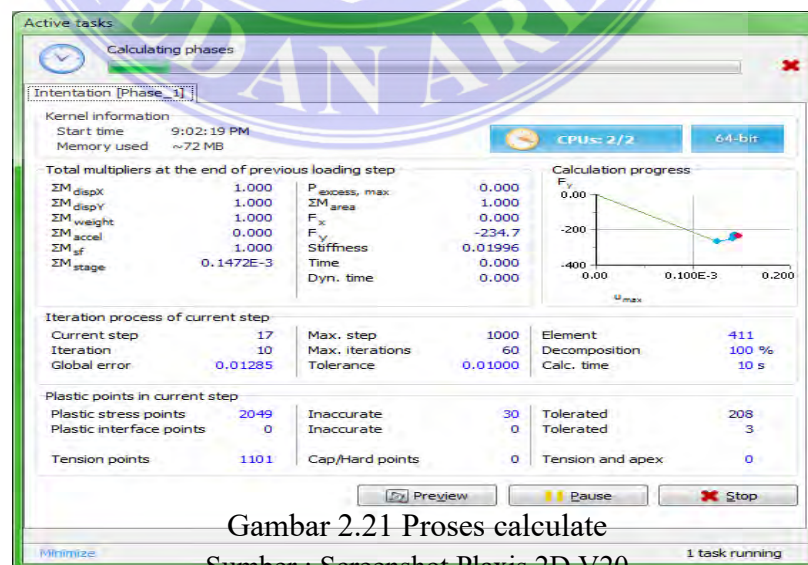
Sumber : Screenshot Plaxis 2D.V20

- d. Kemudian setelah selesai memodelkan dimensi tanah dan pondasi, selanjutnya klik menu mesh dan melakukan generate mesh untuk melihat distribusi elemen sehingga akan tampil seperti contoh pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Menu bar mesh
Sumber : Screenshot Plaxis 2D.V20

- e. Setelah generate mesh dilakukan selanjutnya klik menu bar *staged construction* kemudian untuk menganalisis klik calculate kemudian lakukan *running*.



Gambar 2.21 Proses calculate
Sumber : Screenshot Plaxis 2D.V20

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Penelitian

Penyelidikan tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil, Universitas Medan Area Sumatera Utara. Sampel tanah dalam penelitian ini diambil di lapangan proyek pembangunan RS.Wulan Windi Medan SUMUT yang masih dalam proses pembangunan. Tanah yang diambil ada dua jenis yaitu contoh tanah terganggu (*disturbed sample*) dan tanah tak terganggu (*undisturbed sample*) pengambilan tanah tersebut menggunakan bor tanah (auger dan tabung), cangkul dan tanah dimasukkan kedalam toples yang lengkap dengan tutupnya dengan jumlah sesuai keperluan penyelidikan.

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan beberapa tahap untuk mencapai tujuan-tujuan dalam penelitian, yaitu:

1. Mempelajari serta memahami sumber referensi seperti buku mekanika tanah, modul penyelidikan tanah dan studi literature lainnya.
2. Mengumpulkan data-data primer seperti data pondasi, data tanah dan lainnya.
3. Dilakukan kegiatan pemeriksaan sifat fisik pada tanah timbunan sebagaimana syarat-syarat penyelidikan tanah.
4. Dilakukan penelitian tanah timbunan dilaboratorium memperlengkap parameter tanah yang dibutuhkan untuk data input Plaxis 2D.V20.

3.2 Peta Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel tanah dan penelitian yang akan dilakukan yaitu pada proyek pembangunan RS.Wulan Windi Jl. Marelan Raya No.17, Rengas Pulau, Kec. Medan Marelan, Kota Medan, Sumatera Utara 20255.



Gambar 3.1 Lokasi pengambilan sampel

Sumber : Google maps

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara ilmiah dalam mencari dan mendapatkan data, serta memiliki kaitan dengan prosedur dalam melakukan penelitian dan teknis penelitian. Proses perencanaan dalam melakukan penelitian dilakukan analisis yang teliti, semakin rumit permasalahan yang dihadapi semakin kompleks pula analisis yang akan dilakukan. Analisis yang baik memerlukan data atau in-

formasi yang lengkap dan akurat disertai dengan teori atau konsep dasar yang relevan. Adapun metode penelitian yang digunakan adalah metode elemen hingga Plaxis D2 V20, yang merupakan 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.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk menentukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Data-data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam pengumpulan data adalah :

1. Jenis data
2. Tempat diperolehnya data
3. Jumlah data yang diperlukan

Tujuan yang hendak dicapai melalui pengumpulan data yang memadai adalah mengevaluasi metode yang diperlukan dalam mengatasi penurunan tanah tersebut.

Data-data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder.

Dalam penelitian ini diperlukan data-data pendukung berupa data primer dan data sekunder yang digunakan untuk pengolahan data dan analisa :

1. Data Primer Data ini langsung diperoleh dari penelitian dilapangan melalui pengamatan langsung pada objek yang akan diteliti yakni Data tanah yang di-

peroleh secara langsung dari Laboratorium Mekanika Tanah Universitas medan area, di mana data tersebut diambil berdasarkan hasil penyelidikan di lapangan maupun di laboratorium.

2. Data Sekunder Data ini diperoleh oleh peneliti dari studi kepustakaan dan studi literatur sebagai data pendukung dan pelengkap yaitu mengumpulkan referensi dari bahan kuliah maupun buku-buku umum, serta data-data yang diperlukan dari instansi-instansi yang terkait serta sumber lain yang berhubungan dan relevan dengan masalah dan topik yang sedang diteliti.
3. Data bantuan diperoleh dari pengambilan sampel tanah di lokasi kemudian dilakukan pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah untuk mendapatkan sifat fisik dan mekanika batuan.

3.5 Analisa Data

Menurut Sugiyono (2016) yang dimaksud dengan analisis data adalah sebagai berikut: “Analisis data merupakan kegiatan setelah data dari seluruh responden atau sumber data lain terkumpul”. Analisis data merupakan salah satu kegiatan penelitian berupa proses penyusunan dan pengelolaan data guna menafsirkan data yang telah diperoleh.

Setelah data tersebut dikumpulkan, kemudian data tersebut dianalisis dengan menggunakan teknik pengelolaan data. Analisis data yang digunakan oleh penulis dalam penelitian ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan yang tercantum dalam identifikasi masalah. Data-data yang telah didapatkan dari proyek kemudian di analisis dengan menggunakan metode konvensional (manual).

3.5.1 Analisa Data Program Plaxis 2D V20

Plaxis adalah suatu program elemen batas yang secara khusus digunakan untuk analisa dari (*deformasi*) perubahan bentuk dan stabilitas didalam proyek rancang-bangun geoteknik., Karena tanah adalah suatu material yang multiphase, prosedur yang bersesuaian dengan tekanan pori yang hidrostatik dan tidak hidrostatik dalam tanah tersebut. Meskipun 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.

Berikut tahapan analisis data pada program Plaxis 2D.V20 :

Data-data yang telah didapatkan dari proyek dan laboratorium kemudian di analisis dengan menggunakan metode konvensional (manual) dengan referensi buku tentang Geoteknik dan program Plaxis 2D.V20

a. *Plaxis Input*

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

1. Melakukan input data pada *menu bar project properties*. Tampilan *project properties* terdiri dari dua yaitu *Project dan Dimensions*

Pada *Project properties* terdapat file name, directory dan title. Apabila File name dan directory belum terisi karena merupakan lembar kerja baru, se-

dangkan 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 tanah 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. Setelah itu dengan membuka program gabung dengan memilih *menu mesh*. Untuk menentukan perhitungan *safety factor* pada program Plaxis 2D.V20 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 dilihat dengan mengklik dari menu *staged contruction* yang bersesuaian dengan program Plaxis. Pada *Calculation Program* dapat 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.
- 3) Melihat kurva deformasi, tegangan yang terjadi dan *safety factor*

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

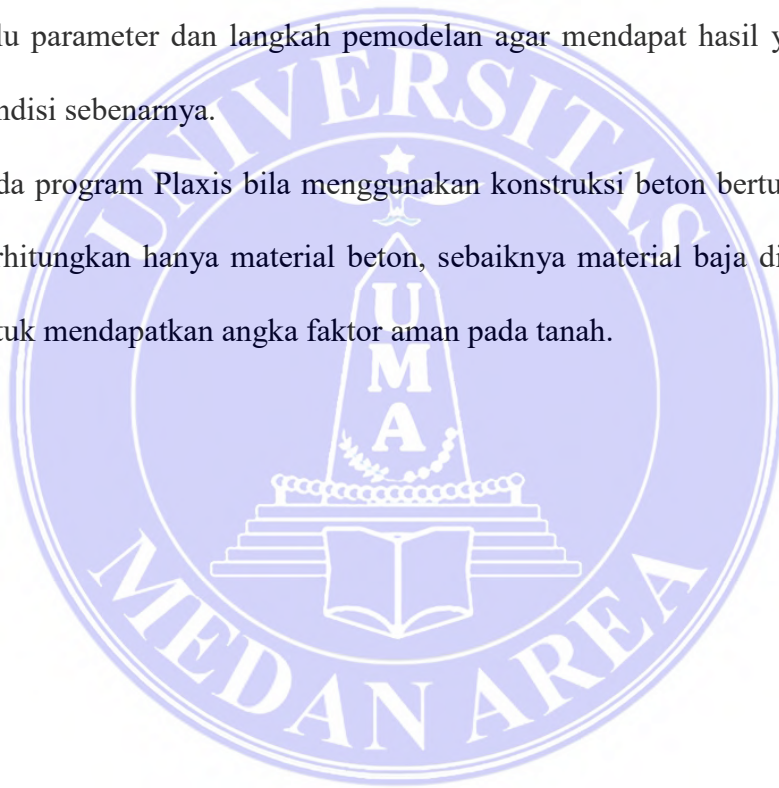
Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil analisis pengaruh tanah timbunan terhadap daya dukung pondasi tapak adalah sebagai berikut :

1. Pondasi dengan adanya timbunan mengalami *deformasi* yang dihasilkan plaxis 2D.V20 sebesar 0.1601 m sedangkan yang dihasilkan dengan metode Steinbrenner penurunan yang dihasilkan sebesar 0,1232 m.
2. Dari kedua metode yang digunakan diperoleh perbandingan yang tidak terlalu signifikan dengan interval 0,0369 meter atau 0.000369 cm.
3. Dari hasil penurunan tersebut maka tanah timbunan yang digunakan pada proyek tersebut kurang mencukupi daya dukung pondasi karena penurunannya termasuk kategori besar.
4. Dari hasil running Plaxis D2 V20, diperoleh faktor aman (*safety factor*) sebesar 1 (satu) dengan kata lain 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.
5. Tegangan yang terjadi pada tanah sebesar 0.012 KN/m². Perbedaan tegangan efektif tanah yang terjadi pada pondasi tapak tidak berpengaruh secara signifikan karena pemodelan pada plaxis lebih mengarah kepada faktor aman dan deformasi tanah yang terjadi pada pondasi tapak .

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang diberikan setelah memperoleh kesimpulan dari hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya pondasi tapak di beri perkuatan di bawahnya seperti tiang pancang atau borepile untuk mengurangi penurunan tanah yang ditimbulkan.
2. Diperlukan data tanah yang pasti dan akurat untuk menghindari kurang akuratnya perhitungan baik secara manual maupun software.
3. Dalam analisis menggunakan software Plaxis disarankan untuk mengerti dahulu parameter dan langkah pemodelan agar mendapat hasil yang mewakili kondisi sebenarnya.
4. Pada program Plaxis bila menggunakan konstruksi beton bertulang, yang di perhitungkan hanya material beton, sebaiknya material baja di perhitungkan untuk mendapatkan angka faktor aman pada tanah.



DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1992). *Analisa Dan Desain Pondasi*. Jakarta: Erlangga.
- Budi, S. G. (2011). *Pondasi Dangkal*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Das, B. M. (2018). *Mekanika Tanah (Prinsip –Prinsip Rekayasa Geoteknis) Edisi Keempst Jilid I*. Surabaya: Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2007). *Pelatihan Soilmechanics Of Road Construction Engineer*. Jakarta: KemenPUPR RI.
- Endra Ade Gunawan Sihotang, R. (2013). *Desain Pondasi Telapak Dan Evaluasi*. Retrieved april 23, 2020, from <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jts/article/view/6131> .
- Gunadarma Nazir, M. (2014). *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghallia Indoneisa.
- H. Abdul. (2008). *Rekayas Pondasi*. Sumbar: CV. Bintang Grafika.
- Hadiharja, J. (2010). *Pondasi Dangkal Dan Pondasi Dalam*. Jakarta: Guna Darma.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Mekanika Tanah Ii*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2017). *Analisa Dan Perancangan Pondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2018). *Analisa Dan Perancangan Pondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Indra Noer Hamdhan, F. (2019). *Analisis Perkuatan Timbunan Di Atas Tanah Lunak Menggunakan Dinding Turap dengan*. Retrieved april 23, 2020, from https://www.researchgate.net/publication/335100959_Analisis_Perkuatan_Timbu.
- Kurnia, A. L. (2017). *Pengaruh Beban Tanah Timbunan Terhadap Daya Dukung Pondasi Rakit Menggunakan Program Plaxis*. Retrieved february 5, 2020, from <http://digilib.unila.ac.id/28340/3/SKRIPSI%20TANPA%20BAB%20PEMBAHASAN.pdf> .
- Martini. (2009). *Pengaruh Tingkat Kepadatan Tanah Terhadap Daya Dukung Tanah*. Retrieved April 21, 2020, from

<https://media.neliti.com/media/publications/222059-pengaruh-tingkat-kepadatan-tanah-terhada.pdf> .

R.B, J. B. (2020). *PLAXIS*. Belanda: Delft University Of Technology & PLAXIS.

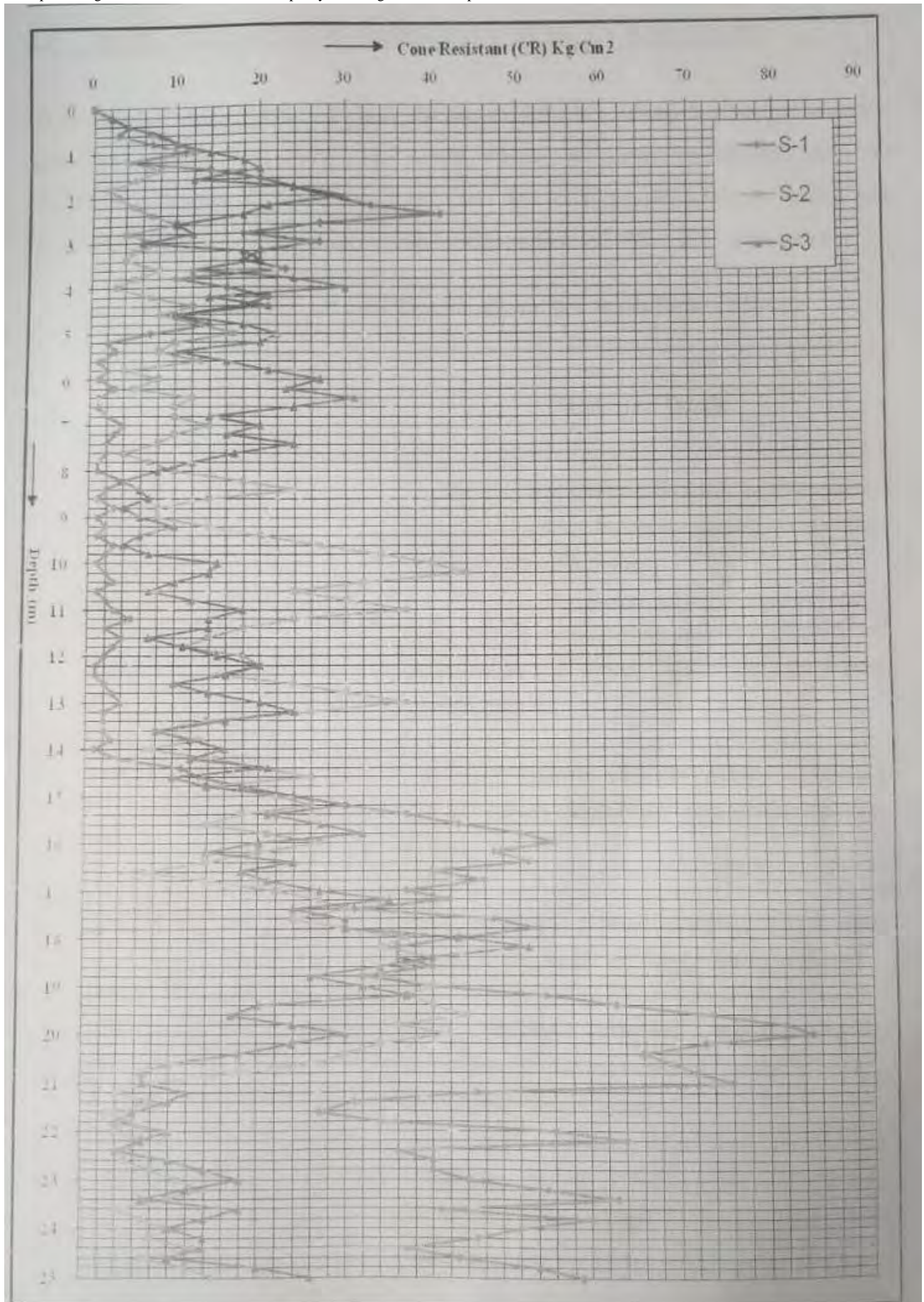
Satrya Kurniawan Siregar, Rio Ritha Sembiring, & Kamaluddin Lubis. (2004). *Analisa Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang*. ARBITEK.

Soedarmo, G. D., & Edy Purnomo, S. J. (2001). *Mekanika Tanah 1*. Malang: Kanisius.

Surendro, B. (2015). *Rekayasa Pondasi*. Magelang: Graha Ilmu.

LAMPIRAN

**DATA TANAH DAN GAMBAR
RS. WULAN WINDI**



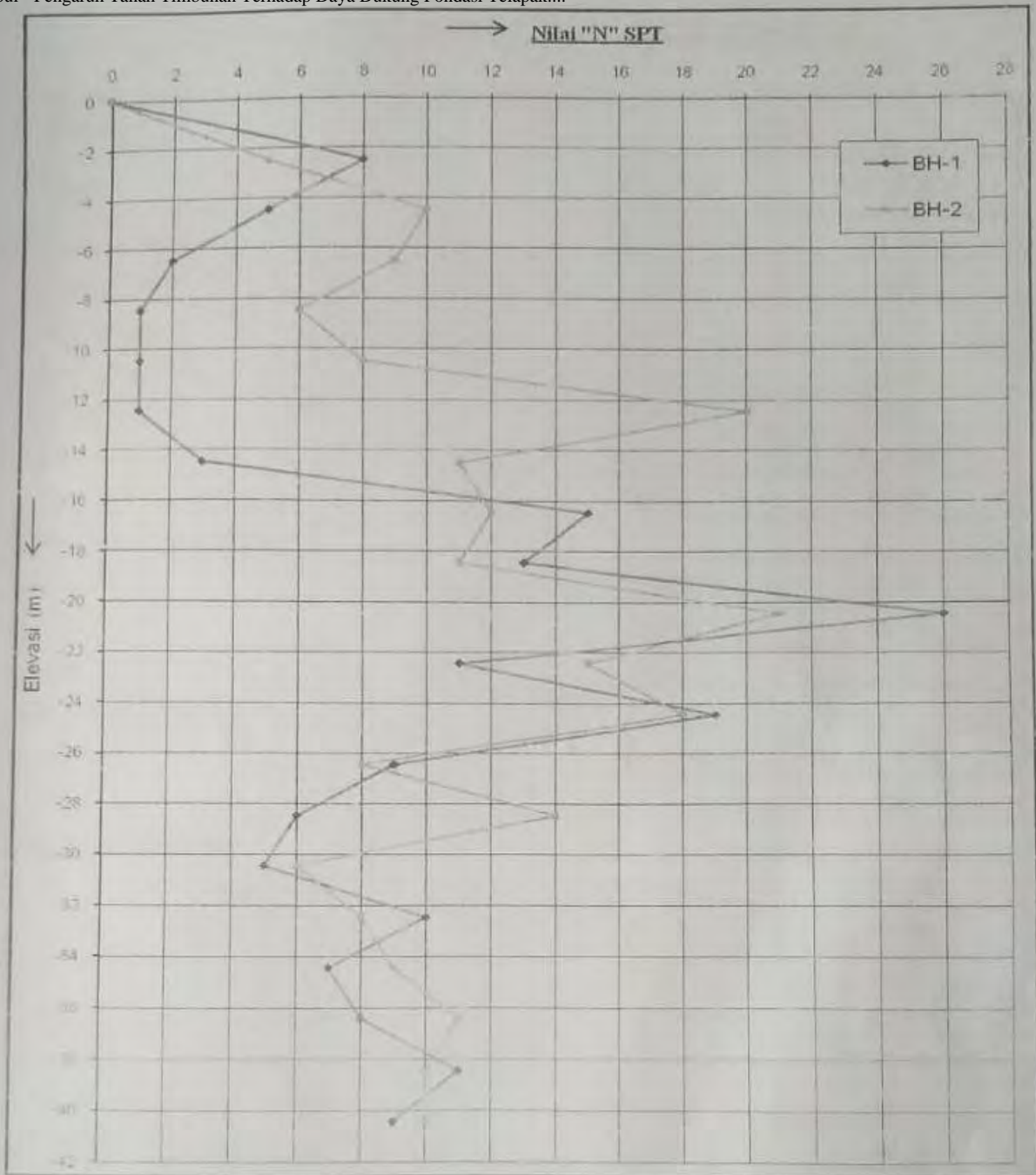
Gambar 3.1. Hubungan Perlawanan Konus (CR) dengan Kedalaman

3.2. HASIL PENGUJIAN PENGEBORAN DENGAN BOR MESIN.

Hasil pengujian pengeboran dengan alat bor mesin pada lubang bor berupa deskripsi tanah secara visual mencakup jenis tanah, warna, kekakuan/kepadatan, kadar air dan plastisitas menurut kedalaman lubang bor dan tebal lapisan tanahnya untuk titik BH-1 sampai dengan BH-2 dapat dilihat seperti pada tabel 3.2. – 3.3. dibawah ini.

Tabel 3.2. Deskripsi Tanah Lobang Bor Mesin Titik 1 (BH-1)

No	Kedalaman (m)	Tebal Lapisan (m)	Deskripsi Tanah
1	0.00 – 3.20	3.20	Timbunan Pasir berbatu Kerikil, warna coklat, kepadatan sedang ke lepas, kadar air sedang ke tinggi dan non plastis.
2	3.20 – 9.80	6.60	Pasir berlempung, warna abu-abu, kepadatan lepas ke sangat lepas, kadar air tinggi dan plastis rendah.
3	9.80 – 12.60	2.80	Lempung, warna abu-abu gelap, kekakuan sangat lunak, kadar air tinggi dan plastis rendah.
4	12.60 – 15.75	3.15	Pasir sedang, warna abu-abu, kepadatan sangat lepas, kadar air tinggi dan non plastis.
5	15.75 – 22.00	6.25	Pasir sedang berlanau, warna abu-abu keputihan, kepadatan sedang, kadar air tinggi dan plastis sangat rendah.
6	22.00 – 40.50	18.50	Lempung, warna abu-abu, kekakuan sedang ke sangat kaku, kadar air tinggi dan plastis sedang.




Gambar 3.2. Hubungan "N" SPT dengan Kedalaman

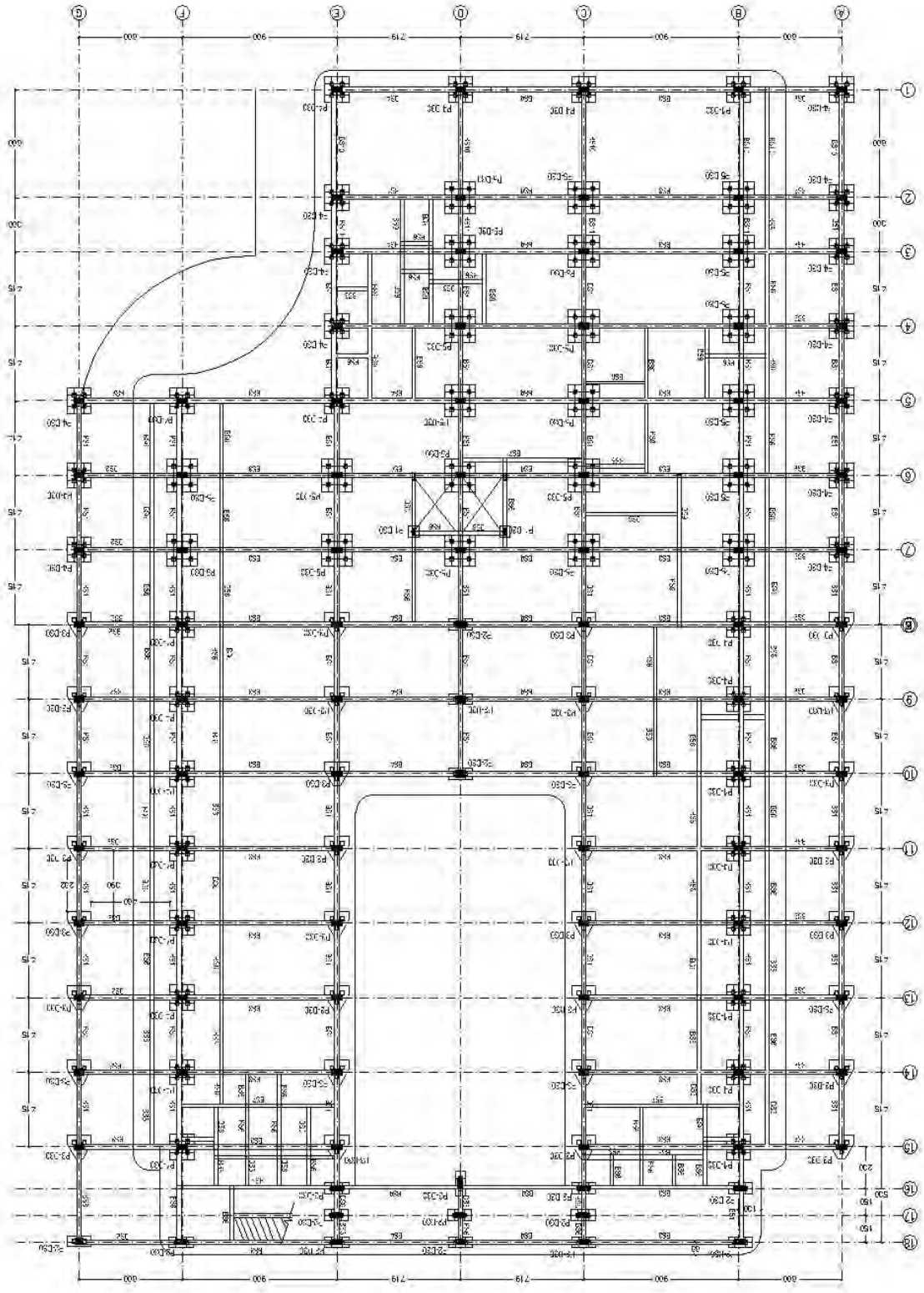
3.4. HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM (LABORATORY TEST RESULT).

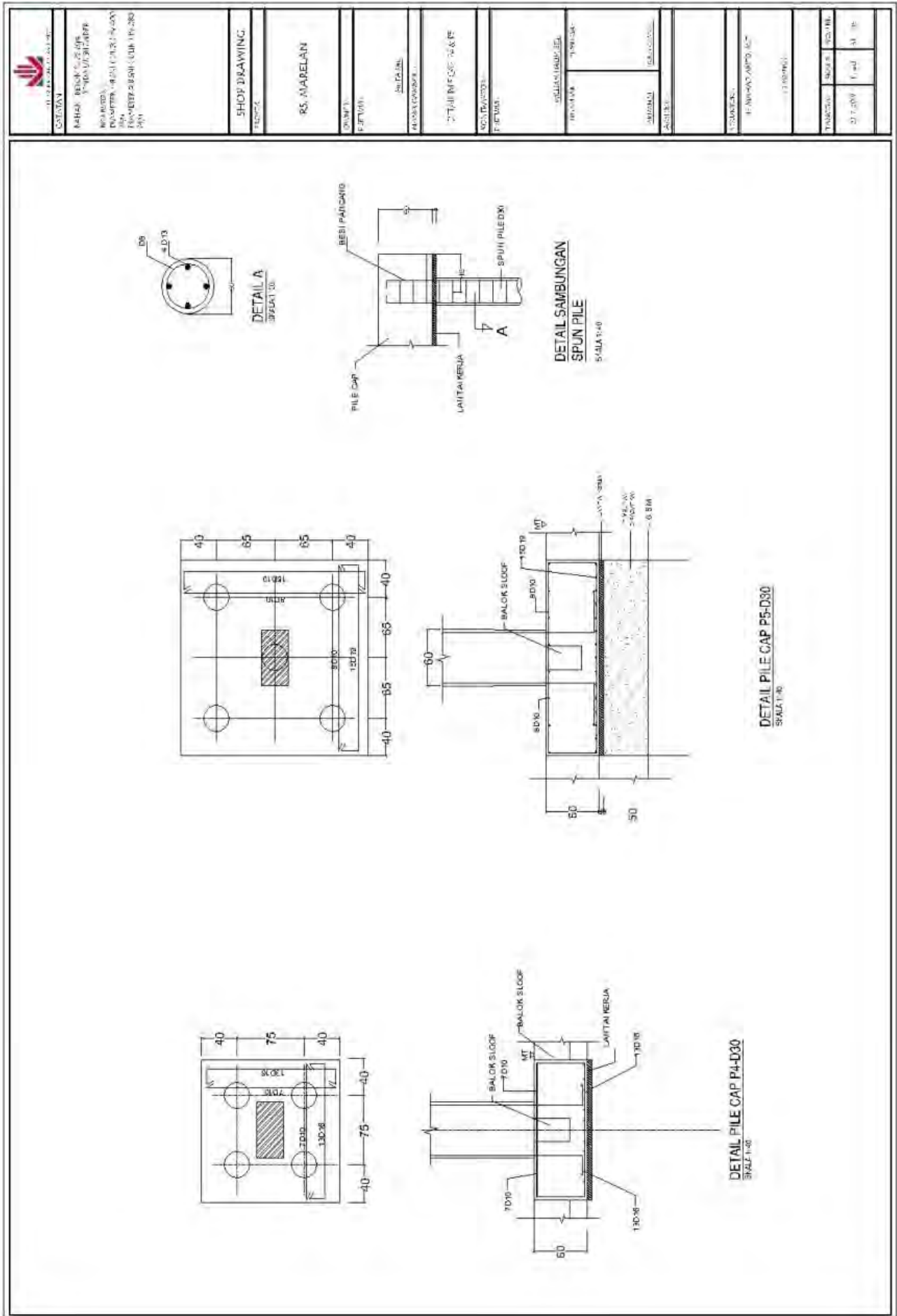
Hasil pemeriksaan laboratorium ini adalah hasil dari contoh (sample) yang dibawa dari lapangan yang bersifat tidak terganggu (undisturbed sample) dan tanah terganggu (disturbed sample) dari titik Bor mesin BH-1 dan BH-2. Hasil Pengujian Laboratorium berupa sifat pengenal (index properties) dan sifat teknis (engineering Properties) dapat dilihat pada tabel 3.6 – 3.10. dibawah ini.

Tabel 3.6. HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM

Bore No.	BH-1		
	3.50 - 4.00 m	7.50 - 8.00 m	
Moisture Content	W (%)	41,98	54,13
Natural Density	$\hat{\rho}_w$ (gr/cc)	1,608	1,498
Dry Density	$\hat{\rho}_d$ (gr/cc)	1,133	0,972
Specific Gravity	Gs	2,617	2,549
Void Ratio	e	1,3108	1,6231
Porosity	n	0,5672	0,6188
Degree of Saturation	Sr (%)	83,82	85,02
Atterberg Limit Test			
Liquit Limit	LL (%)	42,87	47,94
Plastic Limit	PL (%)	22,90	24,59
Plastic Index	PI (%)	19,97	23,35
Soil Classification			
AASTHO		A - 7 - 6	A - 7 - 6
USCS		CL	CL
Sieve Analysis Test			
No. 4	Passing Percent	100,00	100,00
No. 10	Passing Percent	99,39	100,00
No. 20	Passing Percent	95,87	98,91
No. 40	Passing Percent	81,38	92,39
No. 60	Passing Percent	74,00	88,96
No. 100	Passing Percent	63,03	78,09
No. 200	Passing Percent	42,39	48,31
Unconfined Compression Test			
Qu	(Kg/cm ²)	0,107	0,058
Strain	(%)	2,00	1,00
Direct Shear Test			
Internal Friction	Φ (Degree)	20° 31' 51,29"	5° 6' 23,61"
Cohesion	c (Kg/cm ²)	0,076	0,032
Consolidation Test			
Insitu Void Ratio	eo	1,308	1,620
Coefisten of Consolidation	Cv	2,14E-02	2,16E-02
Compression Index	Cc	0,4598	0,8549
Permeability	K (Cm/sec)	1,46E-06	2,12E-06

 UNIVERSITAS MEDAN AREA CATATAN : BAHAN BLOK U-22 MM 300x300x125 mm BESI BERTENSI : DAPAMFER - R-11 U-12 R-14 C-20 NPA DIMSIETER 8 BSMIC DAUR TPA-380 MPN	SHOP DRAWING	RS. MARELAN	KONSTRUKSI REKONSTRUKSI	DIT. FASALDI	MANUS. SUDARJANTO	REHAT KANLUS	MONTAZOZ D. H. 02/04/11	MELIANI INDAYATI D. H. 02/04/11	MUSLIMAH D. H. 02/04/11	ZULZAMAL D. H. 02/04/11	ANASTASIA D. H. 02/04/11	KONSTRUKSI : P. MACHO ANTO, M.T.	SUDARJANTO	SKALA : NO. 1/16	27/06/11	1/11
	TANGGAL : 27/06/11															





DATA SAP 2000

Tabel nilai P (beban) SAP2000

Station	Output Case	Case Type	P	V2	V3	T	M2	M3	Frame Elem	Elem Station
m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
0	COMB4	Combinat	-62251,6	140,116	-2310,23	0,8317	-4800,88	286,7015	609-1	0
2	COMB4	Combinat	-62235,7	140,116	-2310,23	0,8317	-180,426	6,4696	609-1	2
4	COMB4	Combinat	-62219,9	140,116	-2310,23	0,8317	4440,031	-273,762	609-1	4
0	DEAD	LinStatic	345,245	-157,613	-173,439	3,6529	52,8292	33,4354	610-1	0
2	DEAD	LinStatic	358,441	-157,613	-173,439	3,6529	399,707	348,6609	610-1	2
4	DEAD	LinStatic	371,636	-157,613	-173,439	3,6529	746,5848	663,8863	610-1	4
0	COMB2	Combinat	578,84	-174,529	-202,665	4,4195	88,5727	56,0558	610-1	0
2	COMB2	Combinat	594,675	-174,529	-202,665	4,4195	493,9026	405,1129	610-1	2
4	COMB2	Combinat	610,509	-174,529	-202,665	4,4195	899,2324	754,1701	610-1	4
0	COMB1	Combinat	483,343	-220,658	-242,814	5,1141	73,9609	46,8096	610-1	0
2	COMB1	Combinat	501,817	-220,658	-242,814	5,1141	559,5898	488,1252	610-1	2
4	COMB1	Combinat	520,29	-220,658	-242,814	5,1141	1045,219	929,4409	610-1	4
0	COMB3	Combinat	517,136	-178,857	-204,084	4,3932	79,1311	50,0808	610-1	0
2	COMB3	Combinat	532,97	-178,857	-204,084	4,3932	487,2994	407,7949	610-1	2
4	COMB3	Combinat	548,804	-178,857	-204,084	4,3932	895,4677	765,509	610-1	4
0	COMB4	Combinat	414,294	-189,135	-208,127	4,3835	63,395	40,1225	610-1	0
2	COMB4	Combinat	430,129	-189,135	-208,127	4,3835	479,6484	418,3931	610-1	2
4	COMB4	Combinat	445,963	-189,135	-208,127	4,3835	895,9018	796,6636	610-1	4
0	DEAD	LinStatic	-6268,61	-519,727	-584,481	-7,6403	-1254,01	-1106,2	611-1	0
2	DEAD	LinStatic	-6255,42	-519,727	-584,481	-7,6403	-85,0522	-66,7446	611-1	2
4	DEAD	LinStatic	-6242,22	-519,727	-584,481	-7,6403	1083,91	972,7099	611-1	4
0	COMB2	Combinat	-7319,93	-603,865	-709,116	-9,389	-1519,73	-1276,2	611-1	0
2	COMB2	Combinat	-7304,1	-603,865	-709,116	-9,389	-101,495	-68,4696	611-1	2
4	COMB2	Combinat	-7288,27	-603,865	-709,116	-9,389	1316,737	1139,261	611-1	4
0	COMB1	Combinat	-8776,06	-727,618	-818,274	-10,6965	-1755,62	-1548,68	611-1	0
2	COMB1	Combinat	-8757,58	-727,618	-818,274	-10,6965	-119,073	-93,4425	611-1	2
4	COMB1	Combinat	-8739,11	-727,618	-818,274	-10,6965	1517,474	1361,794	611-1	4
0	COMB3	Combinat	-7394,33	-605,812	-699,891	-9,1499	-1500,65	-1284,24	611-1	0
2	COMB3	Combinat	-7378,49	-605,812	-699,891	-9,1499	-100,868	-72,6161	611-1	2
4	COMB3	Combinat	-7362,66	-605,812	-699,891	-9,1499	1298,915	1139,008	611-1	4
0	COMB4	Combinat	-7522,33	-623,673	-701,377	-9,1684	-1504,82	-1327,44	611-1	0
2	COMB4	Combinat	-7506,5	-623,673	-701,377	-9,1684	-102,063	-80,0936	611-1	2
4	COMB4	Combinat	-7490,67	-623,673	-701,377	-9,1684	1300,692	1167,252	611-1	4
0	DEAD	LinStatic	-33152,1	-19,484	789,095	-2,7646	1000,536	-28,1695	612-1	0
2	DEAD	LinStatic	-33138,9	-19,484	789,095	-2,7646	-577,654	10,7986	612-1	2
4	DEAD	LinStatic	-33125,7	-19,484	789,095	-2,7646	-2155,84	49,7667	612-1	4
0	COMB2	Combinat	-40831,2	-6,807	965,657	-3,4173	1222,031	-11,6266	612-1	0
2	COMB2	Combinat	-40815,4	-6,807	965,657	-3,4173	-709,283	1,987	612-1	2
4	COMB2	Combinat	-40799,6	-6,807	965,657	-3,4173	-2640,6	15,6007	612-1	4
0	COMB1	Combinat	-46412,9	-27,278	1104,733	-3,8705	1400,75	-39,4373	612-1	0
2	COMB1	Combinat	-46394,4	-27,278	1104,733	-3,8705	-808,716	15,118	612-1	2
4	COMB1	Combinat	-46375,9	-27,278	1104,733	-3,8705	-3018,18	69,6734	612-1	4
0	COMB3	Combinat	-40442,3	-5,366	965,139	-3,2984	1232,179	-2,3474	612-1	0
2	COMB3	Combinat	-40426,4	-5,366	965,139	-3,2984	-698,099	8,3836	612-1	2
4	COMB3	Combinat	-40410,6	-5,366	965,139	-3,2984	-2628,38	19,1146	612-1	4
0	COMB4	Combinat	-39782,5	-23,381	946,914	-3,3176	1200,643	-33,8034	612-1	0
2	COMB4	Combinat	-39766,6	-23,381	946,914	-3,3176	-693,185	12,9583	612-1	2

Tabel nilai M (momen) SAP2000

Station	Out put Case	Case Type	P	V2	V3	T	M2	M3	Frame Elem	Elem Station
m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
0	DEAD	LinStatic	-6206,031	2207,46	19,244	-146,8539	13,9681	2884,384	451-1	0
2	DEAD	LinStatic	-6192,836	2207,46	19,244	-146,8539	-24,5192	-1530,536	451-1	2
2	DEAD	LinStatic	-5860,467	-1288,06	20,041	-141,2091	42,2718	-2421,524	451-2	0
4	DEAD	LinStatic	-5847,272	-1288,06	20,041	-141,2091	2,1903	154,5953	451-2	2
0	COMB2	Combination	-7697,793	3541,219	43,333	-224,9555	42,0171	4576,587	451-1	0
2	COMB2	Combination	-7681,959	3541,219	43,333	-224,9555	-44,6496	-2505,851	451-1	2
2	COMB2	Combination	-7184,612	-2000,656	44,622	-214,9855	67,4337	-3751,592	451-2	0
4	COMB2	Combination	-7168,777	-2000,656	44,622	-214,9855	-21,8099	249,7195	451-2	2
0	COMB1	Combination	-8688,443	3090,444	26,941	-205,5954	19,5553	4038,138	451-1	0
2	COMB1	Combination	-8669,97	3090,444	26,941	-205,5954	-34,3269	-2142,75	451-1	2
2	COMB1	Combination	-8204,654	-1803,284	28,057	-197,6927	59,1805	-3390,134	451-2	0
4	COMB1	Combination	-8186,18	-1803,284	28,057	-197,6927	3,0664	216,4334	451-2	2
0	COMB3	Combination	-7607,036	3210,179	42,692	-205,8726	51,4094	4168,798	451-1	0
2	COMB3	Combination	-7591,202	3210,179	42,692	-205,8726	-33,9742	-2251,56	451-1	2
2	COMB3	Combination	-7130,795	-1826,866	43,855	-197,083	66,1362	-3430,303	451-2	0
4	COMB3	Combination	-7114,96	-1826,866	43,855	-197,083	-21,573	223,4292	451-2	2
0	COMB4	Combination	-7447,237	2648,952	23,092	-176,2247	16,7617	3461,261	451-1	0
2	COMB4	Combination	-7431,403	2648,952	23,092	-176,2247	-29,4231	-1836,643	451-1	2
2	COMB4	Combination	-7032,56	-1545,672	24,049	-169,4509	50,7262	-2905,829	451-2	0
4	COMB4	Combination	-7016,726	-1545,672	24,049	-169,4509	2,6283	185,5143	451-2	2
0	DEAD	LinStatic	-5887,861	-289,999	-75,55	112,5878	-140,418	-19,3667	452-1	0
2	DEAD	LinStatic	-5874,666	-289,999	-75,55	112,5878	10,681	560,6317	452-1	2
2	DEAD	LinStatic	-5818,5	-19,433	-76,451	95,6502	11,1777	95,6002	452-2	0
4	DEAD	LinStatic	-5805,305	-19,433	-76,451	95,6502	164,0803	134,4662	452-2	2
0	COMB2	Combination	-7180,404	-429,605	-89,771	173,9841	-170,7588	-28,4559	452-1	0
2	COMB2	Combination	-7164,57	-429,605	-89,771	173,9841	8,784	830,7543	452-1	2
2	COMB2	Combination	-7103,227	16,704	-91,111	148,6115	9,623	233,1815	452-2	0
4	COMB2	Combination	-7087,392	16,704	-91,111	148,6115	191,8448	199,7738	452-2	2
0	COMB1	Combination	-8243,006	-405,999	-105,769	157,623	-196,5852	-27,1134	452-1	0
2	COMB1	Combination	-8224,533	-405,999	-105,769	157,623	14,9535	784,8843	452-1	2
2	COMB1	Combination	-8145,9	-27,206	-107,032	133,9102	15,6488	133,8402	452-2	0
4	COMB1	Combination	-8127,427	-27,206	-107,032	133,9102	229,7124	188,2526	452-2	2
0	COMB3	Combination	-7136,283	-401,025	-84,341	159,62	-158,4035	-27,9184	452-1	0
2	COMB3	Combination	-7120,449	-401,025	-84,341	159,62	10,2776	774,132	452-1	2
2	COMB3	Combination	-7057,605	7,44	-85,586	136,193	11,1458	195,5429	452-2	0
4	COMB3	Combination	-7041,771	7,44	-85,586	136,193	182,3175	180,6628	452-2	2
0	COMB4	Combination	-7065,434	-347,999	-90,659	135,1054	-168,5016	-23,2401	452-1	0
2	COMB4	Combination	-7049,599	-347,999	-90,659	135,1054	12,8173	672,758	452-1	2
2	COMB4	Combination	-6982,2	-23,32	-91,742	114,7802	13,4132	114,7202	452-2	0
4	COMB4	Combination	-6966,366	-23,32	-91,742	114,7802	196,8963	161,3594	452-2	2
0	DEAD	LinStatic	-37772,21	23,567	-72,807	0,0973	-103,1492	34,7562	595-1	0
2	DEAD	LinStatic	-37759,02	23,567	-72,807	0,0973	42,4647	-12,3771	595-1	2
4	DEAD	LinStatic	-37745,82	23,567	-72,807	0,0973	188,0786	-59,5103	595-1	4
0	COMB2	Combination	-46313,07	34,389	-110,218	0,0337	-154,4778	48,6651	595-1	0
2	COMB2	Combination	-46297,24	34,389	-110,218	0,0337	65,9581	-20,1122	595-1	2
4	COMB2	Combination	-46281,4	34,389	-110,218	0,0337	286,3941	-88,8895	595-1	4
0	COMB1	Combination	-52881,1	32,993	-101,93	0,1363	-144,4088	48,6586	595-1	0

DOKUMENTASI

UNIVERSITAS MEDAN AREA

.....
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
.....

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21





Pemasangan bekisting pondasi sebelum pengecoran



Pengecoran pondasi telapak RS.Wulan Windi



Menimbang berat cawan
pada uji berat kering/basah tanah



Memasukkan sampel tanah kedalam cawan
pada uji berat kering / basah tanah



Memasukkan air kedalam piknometer yang sudah berisi sampel tanah pada uji berat jenis tanah



Menimbang piknometer yang berisi sampel tanah dan air pada uji berat jenis tanah



Memasukkan sample tanah ketabung benda uji permeabilitas



Pengamatan jangka waktu penurunan air



Pengamatan putaran dial direct shear test sample satu



Pengamatan putaran dial direct shear test sample dua