

TUGAS AKHIR

**Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Fondasi Tiang
Pancang Pada Tanah Lunak Madukoro**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan
Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Pratama Sudrajat Wicaksono

NIM : 3.02.017.00145

Riko Nandang Prabowo

NIM : 3.02.017.00156

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

SEMARANG

2021

Penelitian Tugas Akhir

**Analaisa Daya Dukung dan Penurunan Fondasi Tiang Pancang Pada Tanah Lunak
Madukoro**

Yang diajukan oleh :

Pratama Sudrajat Wicaksono

NIM : 3.02.017.00145

Riko Nandang Prabowo

NIM : 3.02.017.00156

Telah disetujui oleh :

Tanggal, Juli 2021

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Abdul Rochim, ST., MT

Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indriyana, MT

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M. Rusli Ahyar, ST.,M.Eng



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

LEMBAR PENGESAHAN

**Analaisa Daya Dukung dan Penurunan Fondasi Tiang Pancang Pada Tanah Lunak
Madukoro**

Oleh :



Pratama Sudrajat Wicaksono

NIM : 3.02.017.00145



Riko Nandang Prabowo

NIM : 3.02.017.00156

Telah disetujui dan disahkan di Semarang

Tim Penguji

1. Dr. Abdul Rochim, ST., MT
2. Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indriyana, MT
3. Selvia Agustina, ST., M.Eng

Tanda Tangan

Universitas Islam Sultan Agung Fakultas Teknik
Program Studi Teknik Sipil Ketua


M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No:

Pada hari ini tanggal ,, Februari 2021 berdasarkan surat keputusan Kaprodi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan dosen pembimbing dan asisten dosen pembimbing :

Nama : Dr. Abdul Rochim, ST., MT
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Nama : Dr. Ir. Rinda Karlina Indriyana, MT
Jabatan Akademik : Asisten Ahli

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir / Skripsi :

Nama : Pratama Sudrajat W
NIM : 3.02.017.00145
Nama : Riko Nandang Prabowo
NIM : 3.02.017.00156

Judul : Analisa Daya Dukung dan Penurunan Fondasi Tiang Pancang Pada Tanah Lunak Madukoro

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing		
2	Proposal		ACC
3	Pengumpulan data		
4	Analisis data		
5	Penyusunan laporan		
6	Selesai laporan		ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir/Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Abdul Rochim, ST., MT

Dr. Ir. Rinda Karlina Indriyana, MT



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Pratama Sudrajat Wicaksono (30201700145)

Riko Nandang Prabowo (30201700156)

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul : Analaisa Daya Dukung dan Penurunan Fondasi Tiang Pancang Pada Tanah Lunak Madukoro.

Benar bebas plagiat dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Juli 2021

Yang membuat Pernyataan

Pratama Sudrajat Wicaksono

Riko Nandang Prabowo



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Pratama Sudrajat Wicaksono (30201700145)

Riko Nandang Prabowo (30201700156)

Dengan ini menyatakana bahwa Tugas Akhir yang berjudul : Analaisa Daya Dukung dan Penurunan Fondasi Tiang Pancang Pada Tanah Lunak Madukoro merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri. Kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain dan benar bebas dari plagiasi, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yang membuat pernyataan,

(materai Rp 6000,-)

Pratama Sudrajat Wicaksono

Semarang, ...Juli 2021

Yang membuat pernyataan,

(materai Rp 6000,-)

Riko Nandang Prabowo



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka..”
(Qs.Ali Imran: 110)

“Karunia Allah yang paling lengkap adalah kehidupan yang didasarkan pada ilmu pengetahuan” (Ali bin Abi Thalib)

“Dia yang pergi untuk mencari ilmu pengetahuan, dianggap sedang berjuang di jalan Allah sampai dia kembali” (HR. Tirmidzi)

“Maka Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan” (Qs. Al – Insyirah : 5 - 6)

“Jangan beli persahabatan dengan harta, karena ia tak akan kekal. Jangan beli cinta dengan harta karena suatu saatpun akan berkhianat.” (Ust. Jefri Al-Buchori).

“Bahwa tiada yang orang dapatkan, kecuali yang ia usahakan, dan bahwa usahanya akan kelihatan nantinya.” (Qs. An Najm : 39-40)

“Jika kamu tidak tahan dengan lelahnya belajar, maka kamu harus tahan dengan perihnya kebodohan.” (Imam Syafi’i)

Seseorang yang bertindak tanpa ilmu ibarat berpergian tanpa petunjuk. Dan sudah banyak yang tahu jika orang seperti itu sekiranya akan hancur, bukan selamat.” (Hasan Al - Basri)

“Seseorang yang tidak pernah berbuat kesalahan maka ia tidak pernah mencoba sesuatu yang baru.” (Albert Einsten)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan Semesta alam. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Suwarno dan Ibu saya Sri Wartini, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Saudara dan keluarga besar saya yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Dr. Abdul Rochim, ST., MT dan Ibu Dr. Ir. Rinda Karlina Indriyana, MT yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Semua dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
5. Partner laporan tugas akhir Pratama Sudrajat Wicaksono. Terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Anggraini Pusputa Sari. Terimakasih atas semangat dan dukungan serta doa yang telah diberikan.
7. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2017, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Riko Nandang Prabowo

NIM : 3.02.017.00156

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan Semesta alam. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Triyono dan Ibu saya Wijayanti Kusumaningrum atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Saudara dan keluarga besar saya yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Dr. Abdul Rochim, ST., MT dan Ibu Dr. Ir. Rinda Karlina Indriyana, MT yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Semua dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
5. Partner laporan tugas akhir Riko Nandang Prabowo. Terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Vina Ajeng Ali Lesmaya. Terimakasih atas semangat yang telah diberikan.
7. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2017, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Pratama Sudrajat Wicaksono

NIM : 3.02.017.00145

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tentang “Efektivitas Rencana Sudetan Kali Tenggang untuk Mengurangi Debit Polder Kali Tenggang”. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Bapak Ir. Rachmat Mudiyo, MT., PhD selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.
2. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung.
3. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlina Indriyana, MT selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
5. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Program Studi Teknik Fakultas Teknik Sipil UNISSULA.
6. Kedua orang tua yang telah memberikan doa dan motivasi.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, Juli 2021

Penulis

ABSTRAK

Pratama Sudrajat Wicaksono ¹⁾, Riko Nandang Prabowo ¹⁾, Abdul Rochim ²⁾, Rinda Karlina Indriyana ²⁾

Fondasi adalah suatu bagian penting dari konstruksi bangunan bagian bawah yang berfungsi untuk meneruskan beban berat bangunan atas menuju ke tanah dasar, untuk analisa stabilitas Fondasi serta penurunan pada tanahnya. Tujuan dari tugas akhir ini untuk mengetahui daya dukung dan penurunan Fondasi tiang pancang dari hasil perhitungan manual dan program aplikasi PLAXIS 2 dimensi.

Pada analisa daya dukung tiang Fondasi menggunakan metode Aokii dan De Al, *Standar Penetration Test*, dan Meyerhof dengan data SPT (*Standar Penetration Test*) menggunakan data tanah yang berlokasi di daerah Madukoro Semarang dengan beban atas menggunakan beban dari proyek pembangunan RS Primaya Semarang dan di lakukan permodelan struktur atas menggunakan aplikasi ETABS. Untuk analisa penurunan tiang pancang menggunakan metode Vesic 1997 dan menggunakan program aplikasi PLAXIS 2 dimensi.

Dalam analisa daya dukung Fondasi tiang pancang secara manual, di dapat nilai daya dukung ujung (Q_p) pada kedalaman 18 meter sebesar 5,886 ton, daya dukung selimut (*skin friction*) sebesar 73,963 ton, daya dukung aksial (Q_u) sebesar 207,722 ton, dan nilai daya dukung ijin (Q_{all}) sebesar 1090,455 kN, daya dukung lateral pada Fondasi (H_u) sebesar 69,241 ton. Analisa penurunan yang terjadi akibat beban aksial dan lateral pada Fondasi tiang pancang secara manual didapat nilai penurunan $S_{e(1)}$ sebesar 0,059 mm, penurunan $S_{e(2)}$ sebesar 2,6 mm, dan penurunan $S_{e(3)}$ sebesar 7, mm. Sehingga nilai penurunan total (S_e) 9,7 mm, dengan batas nilai penurunan yang di ijinakan yaitu sebesar 35 mm. Untuk nilai penurunan elastis yang terjadi yaitu sebesar 9,724 mm. Analisa penurunan tiang pancang menggunakan program Etabs untuk mengetahui beban terberat dari bangunan yang akan ditopang Fondasi lalu menggunakan Allpile di lanjut ke program Plaxis V.8.6 di hasilkan nilai penurunan pada Fondasi tiang pancang sebesar 59 cm.

Kata Kunci : Fondasi, Daya Dukung, Penurunan

DAFTAR ISI

PENDAHULUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
PERNYATAAN KEASLIAN	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	x
ABSTRAK	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah	4
2.2 Penyelidikan Lapangan dengan Pengeboran	5
2.3 Penyelidikan Lapangan dengan Standar Penetration Test (SPT)	6
2.3.1 Kegunaan Hasil Penyelidikan SPT.....	7
2.4 Penyelidikan Lapangan dengan Sondir (CPT)	7
2.4.1 Kegunaan Uji Sondir	9
2.5 Macam-macam Fondasi.....	9
2.5.1 Fondasi Dangkal	9
2.5.2 Fondasi Dalam.....	11
2.6 Pengertian Fondasi Tiang Pancang	12
2.6.1 Klasifikasi Fondasi Tiang Berdasarkan Bahan.....	12
2.6.2 Menurut Cara Penyaluran beban ke Dalam Tanah.....	15
2.7 Pemancangan Tiang Pancang	16
2.7.1 Masalah yang menyangkut Pemancangan.....	17
2.8 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang menurut Data Lapangan.....	18
2.8.1 Kapasitas Daya Dukung Pancang Dari Hasil Sondir	18
2.8.2 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Dari Hasil SPT	22
2.9 Kapasitas Daya Dukung Tanah Berdasarkan Laboratorium	23
2.9.1 Kapasitas Daya Dukung Tanah Berdasarkan Kuat Geser	23
2.9.2 Tahanan Ujung Ultimate	25
2.10 Perhitungan Daya Dukung Lateral Tiang Metode Brooms	27
2.10.1 Cek Kekakuan Tiang Akibat Beban Lateral.....	28

2.10.2 Cek Keruntuhan Tanah Akibat Beban Lateral	28
2.10.3 Cek Nilai H_u	28
2.11 Tiang Pancang Kelompok	29
2.12 Jarak Antar Tiang Pancang Dalam Kelompok	30
2.13 Kapasitas Kelompok dan Efisiensi Tiang Pancang	31
2.14 Penurunan Elastis Tiang Tunggal.....	32
2.15 Perkiraan Penurunan Kelompok Tiang (<i>Pile Group</i>)	34
2.16 Penurunan yang Diizinkan.....	34
2.17 Faktor Keamanan.....	35
2.18 Alasan Pemilihan Fondasi Pancang.....	36
2.19 Parameter Tanah	36

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Umum	39
3.2 Data Teknis.....	39
3.3 Metode Pengumpulan Data	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan	41
4.2 Permodelan Struktur Atas menggunakan Program <i>Etabs</i> 17.0.1	41
4.3 Desain Permodelan Bangunan dengan <i>Etabs</i> 17.0.1	42
4.4 Pembebanan Struktur.....	43
4.4.1 Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	43
4.4.2 Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	43
4.4.3 Beban Gempa	44
4.5 Analisa Daya Dukung Aksial Fondasi Tiang Pancang.....	49
4.6 Data Perencanaan	51
4.7 Perencanaan Fondasi Tiang Pancang	51
4.7.1 Perencanaan Fondasi Tiang Pancang untuk Kolom Berat	51
4.8 Perhitungan Daya Dukung Aksial Fondasi Tiang	53
4.8.1 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Aoki dan De Alencar.....	53
4.8.2 Perhitungan kapasitas daya dukung tiang hasil <i>Standar Penetrasi Test (SPT)</i>	55
4.8.3 Kapasitas daya dukung tiang pancang berdasarkan metode Meyerhof	56
4.9 Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi Tiang	59
4.10 Menghitung penurunan tiang tunggal (<i>single pile</i>)	63
4.11 Menghitung Kapasitas Kelompok Tiang Berdasarkan Efisiensi.....	65
4.12 Menghitung Penurunan kelompok tiang	68
4.13 Menganalisa Permodelan dengan Program <i>Allpile</i>	71
4.14 Perhitungan Penurunan menggunakan program <i>Plaxis</i> V.8.6	77

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	85
5.2 Saran.....	86

DAFTAR PUSTAKA	xix
-----------------------------	------------

LAMPIRAN



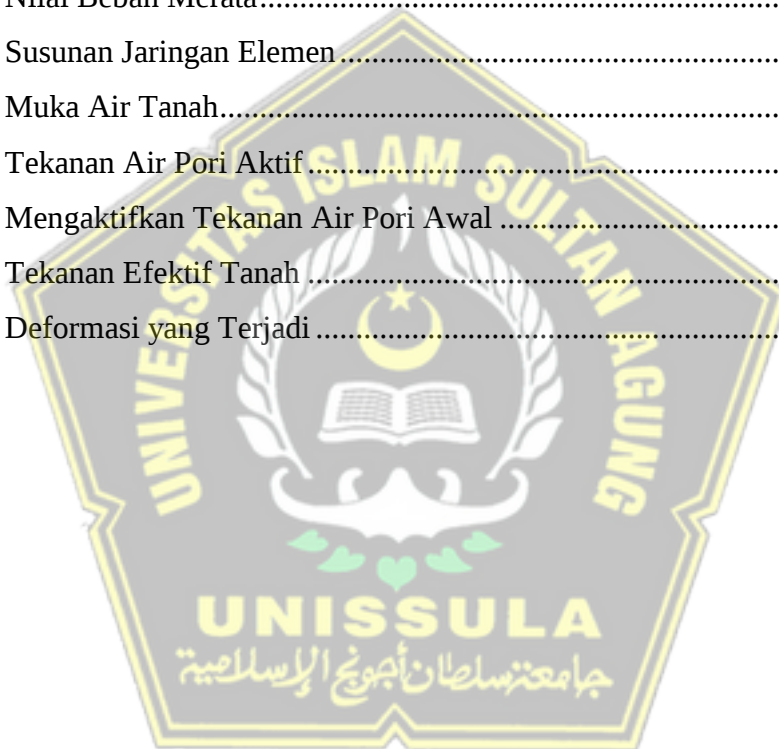
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor empirik F_b dan F_s	20
Tabel 2.2 Faktor empirik a_s	20
Tabel 2.3 Faktor daya dukung Meyerhof	27
Tabel 2.4 Nilai-Nilai n_h Untuk Tanah Granular.....	27
Tabel 2.5 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas tanah.....	33
Tabel 2.6 Jenis Tanah dan Nilai Poisson's Ratio	33
Tabel 2.7 Faktor keamanan Reese & O'Neill.....	35
Tabel 2.8 Hubungan Antara Jenis Tanah dan Poission Ratio.....	37
Tabel 2.9 Kuat Geser Dalam	37
Tabel 2.10 Nilai Permeabilitas Tanah	38
Tabel 4.1 Beban Mati Plat	43
Tabel 4.2 Beban Hidup.....	44
Tabel 4.3 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.....	45
Tabel 4.4 Faktor Keutamaan Gempa.....	45
Tabel 4.5 Faktor Reduksi Gempa.....	46
Tabel 4.6 Nilai beban fondasi.....	48
Tabel 4.7 Nilai q_c di atas dasar tiang.....	53
Tabel 4.8 Hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang Metode Aoki dan De – Alencer	57
Tabel 4.9 Hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang Metode Standart Penetration Tes.....	57
Tabel 4.10 Hasil perhitungan daya dukung fondasi pancang berdasarkan Metode Mayerhof.....	58
Tabel 4.11 Berat Jenis Tanah	59
Tabel 4.12 Hasil perhitungan daya dukung lateral fondasi tiang pancang.....	61
Tabel 4.13 Ringkasan hasil perhitungan daya dukung aksial dan lateral fondasi tiang.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fondasi Setempat.....	10
Gambar 2.2 Fondasi Menerus.....	10
Gambar 2.3 Fondasi Sumuran	11
Gambar 2.4 Fondasi Tiang	12
Gambar 2.5 Fondasi Tiang Pancang Kayu	13
Gambar 2.6 Fondasi Tiang Pancang Beton	14
Gambar 2.7 Fondasi Tiang Pancang Baja	15
Gambar 2.8 Fondasi Tiang Pancang <i>End Bearing Pile</i>	16
Gambar 2.9 Fondasi Tiang Pancang <i>Friction Pile</i>	16
Gambar 2.10 Proses Pemancangan Tiang Pancang.....	18
Gambar 2.11 Faktor N_q *	24
Gambar 2.12 Grafik Daya Dukung Tanah Meyerhof.....	26
Gambar 2.13 Grafik Nilai Tahanan Momen Ultimit	29
Gambar 2.14 Pola Kelompok Tiang Pancang	30
Gambar 2.15 Hitungan Efisiensi Dalam Jarak S	32
Gambar 4.1 Pemodelan Struktur Atas dengan <i>Etabs 17.0.1</i>	42
Gambar 4.2 Grafik Nilai Spektrum Percepatan di Permukaan.....	47
Gambar 4.3 Titik Joint.....	47
Gambar 4.4 Gambar <i>Pilecap</i> 6,11, dan 12	50
Gambar 4.5 Gambar Parameter Tanah	52
Gambar 4.6 Grafik Nilai Tahanan Momen Ultimit	61
Gambar 4.7 <i>Pilecap</i> 6	68
Gambar 4.8 <i>Pilecap</i> 11	69
Gambar 4.9 <i>Pilecap</i> 12	70
Gambar 4.10 <i>Pile Type</i>	71
Gambar 4.11 <i>Pile Profile</i>	72
Gambar 4.12 <i>Pile Properties</i>	73
Gambar 4.13 <i>Setting</i> Kedalaman Fondasi	73
Gambar 4.14 <i>Load and Group</i>	74
Gambar 4.15 <i>Soil Properties</i>	74

Gambar 4.16 <i>Advanced Page</i>	75
Gambar 4.17 Hasil Analisa Program	75
Gambar 4.18 Hasil Analisa Vertikal.....	76
Gambar 4.19 Pengaturan Global – Proyek	77
Gambar 4.20 Pengaturan Global – Dimensi.....	78
Gambar 4.21 Permodelan Kontur Tanah.....	78
Gambar 4.22 Data Material Tanah	79
Gambar 4.23 Data Material Fondasi	79
Gambar 4.24 Input Material Tanah dan Fondasi	80
Gambar 4.25 Nilai Beban Merata.....	80
Gambar 4.26 Susunan Jaringan Elemen.....	81
Gambar 4.27 Muka Air Tanah.....	82
Gambar 4.28 Tekanan Air Pori Aktif.....	82
Gambar 4.29 Mengaktifkan Tekanan Air Pori Awal	83
Gambar 4.30 Tekanan Efektif Tanah	83
Gambar 4.31 Deformasi yang Terjadi	84



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap pembangunan konstruksi, pekerjaan fondasi adalah pekerjaan pertama yang dikerjakan dilapangan kemudian melaksanakan pekerjaan stuktur atas. Pada suatu konstruksi pembangunan fondasi berfungsi sangat besar. Secara umum fondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban berat bangunan itu sendiri dan beban luar yang bekerja pada bangunan lalu disalurkan dari struktur atas ke tanah dasar yang ada disekitarnya.

Fondasi sebagai struktur bawah dibagi menjadi dua jenis yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Untuk pemilihan fondasi (struktur bawah) ini tergantung kepada beban bangunan yang berdiri diatasnya dan juga melihat karakteristik dari tanahnya. Apabila konstruksi termasuk beban ringan cukup menggunakan fondasi dangkal, tetapi apabila untuk bangunan bertingkat tinggi dan memiliki beban berat solusinya memakali jenis fondasi dalam.

Maka dari itu penulis mencoba memfokuskan Tugas Akhir ini pada analisa daya dukung tanah dan fondasi dalam, yaitu fondasi tiang pancang. Fondasi tiang pancang diancang untuk bisa menaham gaya tegak lurus dari atas dengan cara menyalurkan seluruh beban-beban dari bangunan ke lapisan tanah keras. Pancang juga digunakan untuk menahan gaya lateral atau yang di timbulkan angin kencang atau gempa bumi pada bangunan yang arahnya sulit ditentukan. Pancang tidak hanya untuk bangunan yang ada di daratan, tetapi bisa juga untuk menahan beban bangunan yang berada diatas air seperti dermaga, jembatan, dan lain sebagainya.

Agar dapat menghasikan daya dukung tanah yang akurat harus dilakukan penyelidikan tanah yang akurat juga. Metode untuk penentuan daya dukung pancang ada dua yaitu metode statis dan metode dinamis.

Penyelidikan sondir dan standart penetrasi test (SPT) ini adalah penyelidikan statis. Sondir adalah suatu metode yang dilakukan untuk

mengetahui kekuatan tanah pada setiap kedalaman. Hasilnya disajikan dalam bentuk diagram sondir yang mencatat nilai tahanan konus, lalu tahanan konus berfungsi untuk menghitung daya dukung fondasi yang akan di letakkan pada tanah tersebut.

Penyelidikan standar penetrasi test (SPT) adalah penyelidikan dinamis yang tujuannya untuk mendapatkan karakteristik atau gambaran lapisan tanah berdasarkan jenis, warna tanah, dan sifat-sifat tanah. Data dari SPT ini nanti yang akan digunakan untuk menghitung daya dukung tanah.

Maka dari pada itu dilakukan penyelidikan tanah yang tujuannya agar mengetahui keadaan kekompakan atau tingkat kepadatan tanah, jenis tanah, struktur pelapis tanah, dan sifat tanah. Hal ini dilakukan guna mendapatkan hasil akhir yang kuat, aman, dan juga ekonomis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Menghitung seberapa besar beban struktur atas bangunan gedung
2. Menghitung daya dukung tanah dari standart penetrasi test, sondir, dan parameter kuat geser tanah, dan
3. Menghitung berapa nilai penurunan pada fondasi tiang pancang.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui beban konstruksi atas pada suatu proyek bangunan gedung
2. Mengetahui nilai daya dukung tanah dari hasil standart penetrasi test, sondir, dan parameter kuat geser tanah, dan
3. Mengetahui berapa nilai penurunan fondasi tiang pancang.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan diteliti dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian tanah berlokasi di Madukoro Semarang,
2. Struktur bawah yang digunakan pada proyek ini adalah fondasi tiang pancang,
3. Analisa kekuatan daya dukung fondasi tiang pancang,
4. Hitungan penurunan tidak menyertakan penurunan akibat konsolidasi
5. Perencanaan pembebanan bangunan dengan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung,
6. Program yang digunakan untuk analisis pembebanan gedung Primaya Hospital Semarang adalah Etabs, dan
7. Program yang digunakan untuk analisis daya dukung tanah adalah Plaxis dan Allpile.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menambah wawasan, ilmu pengetahuan, serta untuk pembanding apabila akan melakukan pekerjaan yang sejenis,
2. Menambah pengetahuan bagi pembaca terhadap kapasitas daya dukung fondasi tiang pancang, dan
3. Dapat dijadikan bahan referensi atau contoh bagi Mahasiswa lainnya untuk analisa ulang atau mengambil topik bahasan yang sama.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah

Menurut pandangan teknik sipil tanah adalah himpunan mineral, organik, dan endapan-endapan yang relative lepas letaknya diatas batuan dasar. Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) padat yang sudah tersementasi satu sama lain serta bahan organik yang telah melapuk diikuti dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong antara partikel padat tersebut (Hardiyatmo, 1992).

Istilah pasir, lempung, lanau, dan lumpur dipakai untuk membedakan jenis tanah. Menurut kondisi alam, tanah yang terdiri dari dua atau lebih campuran jenis tanah kadang terdapat kandungan bahan organik. Campuran materialnya kemudian akan dipakai sebagai nama tambahan dibelakang material unsur utamanya. Contohnya, lempung berlanau merupakan tanah lempung yang mengandung lanau dengan material utamanya adalah lempung. Akan tetapi, istilah sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Contohnya, lempung merupakan jenis tanah yang siftanya kohesif dan plastis, sedangkan pasir sendiri digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis (Hardiyatmo, 1992).

Mayoritas sebagian jenis tanah terdiri dari banyak kombinasi ataupun lebih dari satu macam partikel. Lempung belum pasti terdiri dari satu jenis partikel lempung saja, namun dapat bercampur dengan butiran lanau maupun pasir, bahkan terdapat campuran bahan organik.

Tanah terdiri dari 3 komponen, ialah air, hawa, serta bahan padat. Udara dianggap tidak mempunyai pengaruh teknis, sebaliknya air sangat mempengaruhi pada sifat- sifat teknis tanah. Apabila ruang diantara butiran rongga tersebut terisi oleh air seluruhnya, dapat dikatakan tanah tersebut dalam kondisi keadaan jenuh, serta apabila rongga terisi udara serta air, tanah tersebut dalam kondisi jenuh sebagian. Tanah kering merupakan tanah yang tidak memiliki air sama sekali ataupun kandungan airnya nol.

2.2 Penyelidikan Lapangan dengan Pengeboran

Pengeboran yang dilakukan pada proyek ini adalah dengan jenis pengeboran yang dilakukan menggunakan bor mesin pada titik yang berdekatan dengan titik sondir. Dengan kedalaman pengeboran sampai - 30.00 m (dari muka tanah asli setempat). Pengambilan contoh tanah dilaksanakan pada kedalaman tanah -5.00 m, -10.00 m, -15.00m, -20.00m, - 25.00 m, dan -30.00m pada masing-masing titik Bor, baik contoh tanah terganggu (*disturb sample*) ataupun contoh tanah tidak terganggu (*undisturb sample*).

Pengeboran dilakukan pada proyek ini guna menentukan profil lapisan tanah terhadap kedalaman sert untuk menentukan sifat fisik tanah, meliputi : jenis tanah, warna tanah, tingkat plastisitas tanah, serta untuk mengambil sampel tanah dalam tabung dan di bawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian lebih lanjut. Tujuan penyelidikan dengan pengeboran ini adalah :

1. Untuk mengevaluasi keadaan tanah secara terperinci,
2. Untuk mengambil sampel layer demi layer sampai kedalaman yang diinginkan untuk dideskripsikan,
3. Untuk mengambil sampel tanah terganggu (*disturb sample*) dan sampel tanah tidak terganggu (*undisturb sample*) untuk dibawa ke laboratorium untuk diselidiki,
4. Untuk melakukan test penetrasi SPT yang dapat digunakan untuk menduga kedalaman tanah kerasnya.

Hasil dari pengamatan penyelidikan pengeboran diketahui profil tanah dasar pada lokasi BM sampai kedalaman -30.00 meter dengan kondisi tanah sebagai berikut :

• **Pada Lokasi BM :**

1. Kedalaman 0 s/d -2.00 m tanah berupa Tanah urug, coklat gelap kehitaman, terdapat batu lempung, pasir kerikilan, keras.
2. Kedalaman -2.00 s/d -4.00 m tanah berupa Pasir, berlempung, coklat kehitaman, terdapat kerikil, lunak.
3. Kedalaman -4.00 s/d -7.00 m tanah berupa Lempung, lanauan, cokelat keabuan, lunak.
4. Kedalaman -7.00 s/d -10.00 m tanah berupa Lempung, berpasir cokelat keabuan, lunak.
5. Kedalaman -10.00 s/d -14.00 m tanah berupa Lempung, lanauan, abu-abu terdapat kulit kerang, lunak.
6. Kedalaman -14.00 s/d -17.00 m tanah berupa Lempung, berpasir, cokelat keabuan, lunak.
7. Kedalaman -17.00 s/d -21.00 m tanah berupa Lempung, liat, cokelat gelap, sedikit abu-abu, lunak.
8. Kedalaman -21.00 s/d -24.00 m tanah berupa Lempung, berpasir, cokelat gelap, terdapat kerikil, agak lunak.
9. Kedalaman -24.00 s/d -30.00 m tanah berupa Lempung padat, cokelat gelap, sedikit pasir, terdapat kerikil, agak keras.

2.3 Penyelidikan Lapangan Dengan Standar Penetration Test (SPT)

Metode Standar Penetration Test (SPT) merupakan metode pemancangan batang kedalam tanah dengan menggunakan pukulan palu dan mengukur jumlah pukulan perkedalaman penetrasi sesuai dengan prosedur ASTM D.1536, ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui besaran daya dukung tanah ($N - value$) secara empiris yang pada dasarnya hasil penelitian ini dapat juga dipakai sebagai pembanding terhadap hasil penelitian laboratorium (Sulastri Sihotang, 2009).

Pelaksanaan pekerjaan SPT ini dilakukan sebagai berikut :

1. Peralatan yang dipakai dari jenis “*Split Spoon Sampler*” yang dimasukkan ke dalam tanah dengan menggunakan beban penumbuk

seberat 140 lbs (± 63.5 kg) yang di jatuhkan dari ketinggian 30 inch (± 75 cm)

2. Alat SPT ini dilakukan pemukulan pada kedalaman tertentu sampai masuk ke tanah dengan interval penelitian setiap kedalaman 15 cm – 15 cm – 15 cm.
3. Nilai N dicatat pada saat alat melakukan penetrasi sedalam 30 cm terakhir, sedangkan untuk penetrasi sedalam 15 cm pertama tidak dilakukan pencatatan, kecuali $N - SPT > 50$.
4. Adapun SPT test yang dilakukan pada kedalaman -2.50 m, -5.00 m, -7.00m, -10.00m, -12.50 m, -15.00 m, -17,50 m, -20.00 m, -22,50 m, dan -25.00 m pada titik BM.

Hasil dari pekerjaan pengeboran dan Standar Penetration Test (SPT) kemudian dimasukkan dalam lembaran drilling log yang berisi :

1. Deskripsi tanah meliputi : jenis tanah, warna tanah, tingkat plastisitas dan ketebalan lapisan tanah masing – masing,
2. Pengambilan contoh tanah asli / Undisturbed sample (UDS),
3. Pengujian Standart Penetration Test (SPT),
4. Muka air tanah dan,
5. Tanggal pekerjaan dan berakhirnya pekerjaan.

Jumlah N pukulan memberikan petunjuk tentang kerapatan relative dilapangan khususnya tanah pasir atau kerikil dan hambatan jenis tanah terhadap penetrasi. Uji ini biasanya digunakan untuk tanah yang keras.

2.3.1 Kegunaan hasil penyelidikan SPT

1. Menentukan kedalaman dan tebal masing-masing lapisan tanah tersebut,
2. Alat dan cara operasinya relative sederhana,
3. Contoh tanah terganggu dapat diperoleh untuk identifikasi jenis tanah, sehingga interpretasi kuat geser dan deformasi tanah dapat diperkirakan dengan baik.

2.4 Penyelidikan lapangan dengan Sondir (Cone Penetrometer Test, CPT)

Penyondir merupakan proses memasukkan alat sondir secara tegak lurus kedalam tanah. Penyondiran dilaksanakan dengan kapasitas maksimum 2.5 ton yang dilengkapi dengan bikonus. Sondir dilaksanakan untuk mengetahui tingkat perlawanan tanah terhadap tekanan konus dan lekatan (*friction*). Pembacaan manometer dilakukan setiap interval 20 cm sampai masing-masing kedalaman -30.00 m pada titik Sondir.

Pengujian sondir merupakan metode uji penekanan yang dilakukan untuk menganalisa daya dukung tanah dan mengukur kedalaman lapisan tanah keras atau pendukung yang biasanya disebut tanah sondir. Dengan mengetahui kedalaman tanah keras yang dijadikan tumpuan untuk tiang pancang maka dapat membuat desain fondasi yang sesuai dengan standart keamanan untuk menahan beban kolom bangunan (Sulastri Sihotang, 2009).

Alat sondir terdiri dari konus atau bikonus yang dihubungkan dengan batang penyanggah (*casing*). Kemudian alat sondir ini ditekan kedalam tanah dengan bantuan mesin sondir hidrolik manual. Ada 2 type ujung konus pada sondir mekanis yaitu :

1. Konus biasa, yang diukur ialah perlawanan ujung konus, biasanya digunakan untuk tanah berbutir kasar. Dimana besar perlawanan lekatnya kecil,
2. Bikonus yang diukur ialah perlawanan ujung konus serta hambatan lekatnya yang digunakan untuk tanah yang berbutir halus.

Pembacaan tahanan konus serta hambatan lekatnya dilakukan setiap kedalaman 20 cm. Pembacaan pada sondir dengan cara mekanis adalah secara manual dan bertahap, yaitu dengan mengukur tahanan ujung dengan alat manometer lalu diukur gesekan selimut dan tahanan ujung sehingga hasil laporan ialah pengurangan pengukuran (pembacaan) kedua terhadap pengukuran (pembacaan) pertama. Data hasil pengujian sondir disajikan dalam bentuk tabel serta dalam bentuk kurva hubungan kedalaman dengan nilai konus, q_c dan nilai komulatif total friksi. Perhitungan sondir berdasarkan rumus adalah sebagai berikut :

- Hambatan lekat (HL) dihitung dengan rumus :

$$HL = (JP - PK) / AB \dots\dots\dots(2.1)$$

- Jumlah hambatan lekat (JHL) dihitung dengan rumus :

$$JHL_I = \sum_o^i HL \dots\dots\dots(2.2)$$

- Dimana :

PK = Perlawanan penetrasi konus (q_c)

JP = Jumlah perlawanan (perlawanan ujung konus + selimut)

A = Interval pembaca = 20cm

B = Faktor alat + luas konus / luas torak = 10cm

I = Kedalaman lapisan yang ditinjau

2.4.1 Kegunaan uji sondir adalah :

1. Guna menentukan profil dan karakter tanah,
2. Menentukan daya dukung fondasi,
3. Guna mengetahui kedalaman lapisan tanah keras dan daya dukung maupun daya lekat pada setiap kedalamannya,
4. Guna memberikan gambaran jenis-jenis tanah,
5. Guna mengevaluasi karakteristik teknis tanah.

2.5 Macam – macam Fondasi

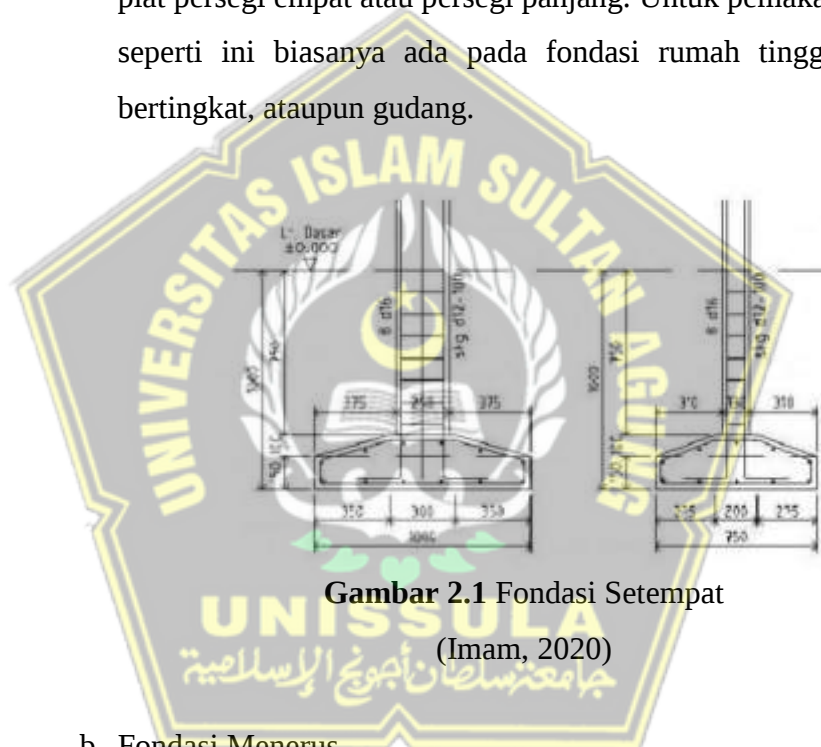
Fondasi dibedakan menjadi dua, yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam, tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman lebar fondasi. Fondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar fondasi dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan fondasi dalam digunakan jika lapisan tanah kerasnya berada jauh dari permukaan tanah. Berikut adalah jenis dan macam-macam jenis fondasi (Terzaghi, 1940) :

2.5.1 Fondasi Dangkal

Fondasi dangkal ialah fondasi yang mendukung beban secara langsung seperti :

a. Fondasi Setempat

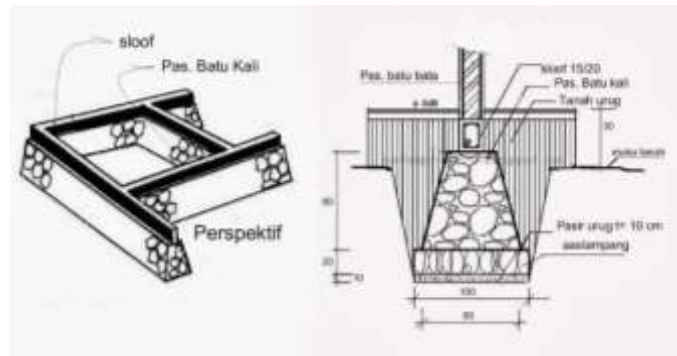
Fondasi setempat dikenal dengan fondasi telapak (*foot plate*). Fondasi setempat adalah salah satu jenis fondasi dangkal yang bekerja menahan beban secara terpusat dari kolom sehingga penempatannya sama persis pada titik kolom bangunan (Gambar 2.1). Fondasi setempat terbuat dari beton bertulang dengan bentuk plat persegi empat atau persegi panjang. Untuk pemakaian fondasi seperti ini biasanya ada pada fondasi rumah tinggal, gedung bertingkat, ataupun gudang.



Gambar 2.1 Fondasi Setempat
(Imam, 2020)

b. Fondasi Menerus

Fondasi ini digunakan pada tanah yang mempunyai nilai daya dukung yang seragam pada suatu lokasi. Fondasi ini digunakan sebagian besar oleh rumah satu lantai, fondasi ini dipasang menerus sepanjang dinding bangunan untuk mendukung dinding serta kolom berdekatan. Pemakaian fondasi ini terbilang sangat ekonomis dari segi pelaksanaannya, serta dapat dipakai pasangan batu kali untuk pasangan fondasi yang berbentuk trapezium dan plat beton untuk dasar fondasi tersebut (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Fondasi Menerus

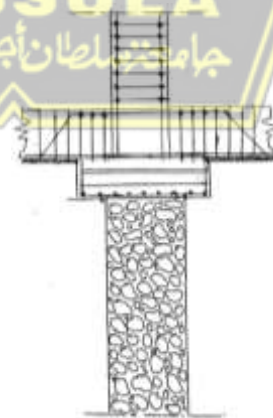
(Pinhome, 2020)

2.5.2 Fondasi dalam

Fondasi dalam merupakan fondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan tanah, seperti:

a. Fondasi Sumuran

Fondasi sumuran adalah fondasi yang digunakan bila tanah dasar terletak pada kedalaman yang relatif dalam. Jenis fondasi ini dicor ditempat dengan menggunakan komponen beton dan batu belah sebagai pengisinya (Gambar 2.3). Pada umumnya fondasi ini terbuat dari beton bertulang atau beton pracetak, dari silinder beton bertulang dengan diameter 250 cm, 300 cm, 350 cm, dan 400 cm.



Gambar 2.3 Fondasi Sumuran

(Brayen Wilar, 2016)

b. Fondasi Tiang

Fondasi tiang adalah fondasi yang digunakan bila pada kedalaman normal tanah tidak mampu mendukung beban dan tanah keras terletak di kedalaman yang sangat dalam (Gambar 2.4). Fondasi ini pada umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibandingkan dengan fondasi sumuran.



Gambar 2.4 Fondasi Tiang
(Elmi Rahmatika, 2020)

2.6 Pengertian Fondasi Tiang Pancang

Tiang pancang adalah bagian dari struktur bawah pada suatu bangunan berbentuk langsing yang dipancang hingga tertanam dalam tanah pada kedalaman tertentu yang berfungsi untuk menyalurkan beban struktur atas melewati tanah lunak ke lapisan tanah yang keras. Kebanyakan tiang pancang dipancarkan ke dalam tanah, tetapi ada beberapa jenis tipe yang dicor setempat dengan cara dibuatkan lubang terlebih dahulu dengan mengebor tanah (Sulastri Sitohang, 2009).

Pada perencanaan fondasi pancang, kekuatan pancang sendiri antara lain ditentukan oleh kapasitas daya dukung sebuah tiang, dan kapasitas daya dukung tiang pancang, pada umumnya ditentukan oleh reaksi tanah dalam mendukung tiang yang dibebani dan kekuatan tiang itu sendiri dalam menahan serta menyalurkan beban di atasnya.

2.6.1 Klasifikasi fondasi tiang berdasarkan bahan

Fondasi tiang pancang menurut bahannya dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Tiang Pancang Kayu

Tiang pancang kayu adalah fondasi yang dipakai sebagai penyangga rumah tradisional yang ada di Indonesia (Gambar 2.5). Kayu yang dipakai sebagai tiang pancang merupakan kayu yang keras dan tahan terhadap pelapukan. Daya dukung kayu tidak boleh dianggap remeh karena biasanya memiliki tahanan terhadap perubahan cuaca serta perubahan struktur dalam waktu yang cukup lama.

Fondasi pancang kayu akan tahan lama dan tidak mudah rusak bila tiang kayu dalam keadaan selalu terendam penuh dibawah muka air tanah serta tiang pancang kayu akan lebih cepat rusak bila dalam keadaan yang berganti-ganti antara basah dan kering, ini membuat bahan kayu tidak dapat bertahan lama.

Pengawetan memakai obat pengawet yang bertujuan untuk pengawetan kayu hanya menunda dan memperlambat kerusakan pada bahan tiang pancang kayu. Bahan pengawet tersebut tidak bisa melindungi dalam jangka waktu yang panjang. Pada pemakaian tiang pancang kayu batasan beban atasnya tidak boleh lebih dari 25-30 ton untuk setiap tiang (Kania Dekoruma, 2019).



Gambar 2.5 Fondasi Tiang Pancang Kayu

(Sulastri Sitohang, 2009)

2. Tiang Pancang Beton

Tiang pancang beton adalah salah satu tiang pancang yang cukup umum dipakai dan terbilang sering dipakai. Tiang pancang beton mempunyai bahan utama dari beton yang di cor dalam acuan (bekesting), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancangkan pada titik yang sudah disiapkan. Pada umumnya tiang pancang beton dibuat langsung dari pabrik dan bisa langsung di gunakan dan menghemat waktu (Gambar 2.6). Pada jenis tiang pancang beton ini memiliki beberapa jenis bentuk, antaralain : silinder, kotak ataupun persegi panjang.

Karena tegangan tarik beton itu kecil dan dianggap sama dengan nol, sedangkan berat dari beton itu sendiri adalah besar maka tiang pancang ini diberi penulangan di dalamnya yang cukup kuat untuk menahan momen lentur yang akan timbul pada waktu pengangkatan serta pemancangnya. Tiang pancang beton ini dapat memikul beban yang cukup besar yaitu > 50 ton untuk setiap pancangnya, hal ini juga tergantung dari dimensi tiangnya.



Gambar 2.6 Fondasi Tiang Pancang Beton

(Syamsul Alam, 2019)

3. Tiang Pancang Baja

Fondasi tiang pancang baja adalah terbuat dari bahan baja maka kekuatan dari tiang ini sangat besar, sehingga dalam transportnya dan pemancangan tidak seperti tiang pancang beton yang menimbulkan bahanya patah, karena itu pancang ini sangat bermanfaat apabila dibutuhkan untuk tiang pancang yang panjang dengan tahanan ujung yang besar. Jenis tiang baja biasanya berbentuk profil H (Gambar 2.7). Tingkat karat pada tiang pancang baja ini sangat berbeda dengan *texture* dari komposisi tanah, panjang tiang yang berada dalam tanah dan keadaan kelembaban tanah (Fahri Dirgantara, 2018).

Tanah dengan susunan butiran yang kasar, karatnya yang terjadi hampir sama dengan keadaan karat yang terjadi pada udara terbuka karena adanya sirkulasi air dalam tanah. Apabila pada tanah liat yang kurang mengandung oksigen maka karat yang terjadi hampir sama dengan karat karena terendam air. Pada lapisan pasir yang letaknya dalam dan dibawah lapisan tanah yang padat akan sangat sedikit sekali mengandung oksigen, maka dari itu lapisan pasir akan menghasilkan karat yang relative kecil sekali pada tiang pancang baja.



Gambar 2.7 Fondasi Tiang Pancang Baja

(Iva Ardiningtyas, 2020)

2.6.2 Menurut cara penyaluran beban ke dalam tanah

Menurut cara penyaluran bebannya ke tanah, fondasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1. Fondasi tiang dengan tahanan ujung (*End bearing Pile*)

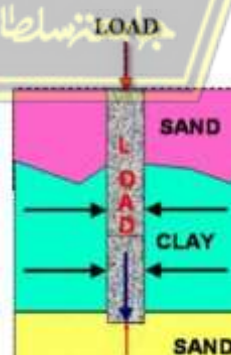
Tiang ini akan meneruskan beban melalui tahanan ujung tiang ke lapisan tanah pendukung (Gambar 2.8).



Gambar 2.8 Fondasi Tiang Pancang *End Bearing Pile*
(Gaurang Kakadiya, 2015)

2. Tiang pancang dengan tahanan gesekan (*Friction Pile*)

Jenis tiang pancang ini akan meneruskan beban ke tanah melalui gesekan antara tiang dengan tanah di sekelilingnya. Bila butiran tanah sangat halus tidak menyebabkan tanah di antara tiang-tiang menjadi padat, sedangkan bila butiran kasar maka tanah di antara tiang akan semakin padat (Gambar 2.9).



Gambar 2.9 Fondasi Tiang Pancang *Friction Pile*
(Gaurang Kakadiya, 2015)

2.7 Pemancangan tiang pancang

Pemancangan tiang pancang ialah usaha yang dilakukan untuk menempatkan tiang pancang dalam tanah, sehingga berfungsi sesuai perencanaan. Pada umumnya pelaksanaan pemancangan dapat dibagi dalam tiga tahap, tahap pertama adalah pengaturan posisi tiang pancang yang meliputi kegiatan mengangkat dan mendirikan tiang pada pemandu rangka pancang, yang meliputi kegiatan mengangkat dan mendirikan tiang pada pemandu rangka pancang, membawa tiang pada titik pemancangan, mengatur tiang dan kemudian percobaan pemancangan.

Setelah selesai, tahap kedua adalah pemancangan tiang hingga mencapai kedalaman yang sudah direncanakan. Pada tahap ini didalam pencatatan data pemancangan, yaitu jumlah pukulan pada tiap penurunan tiang sebesar 0.25 m atau 0.5 m. Hal ini dimaksudkan untuk memperkirakan apakah tiang telah mencapai tanah keras seperti yang sudah direncanakan ataukah belum. Tahap terakhir biasa dikenal dengan setting, yaitu pengukuran penurunan tiang pancang per-pukulan pada akhir pemancangan (Sulastri Sitohang, 2009).

2.7.1 Masalah yang Menyangkut Pemancangan

Beberapa hal yang sering dijumpai pada saat proses pemancangan pada umumnya antara lain adalah : pemilihan peralatan, pergerakan tanah fondasi, hingga masalah pada kerusakan tiang.

1. Pemilihan peralatan

Peralatan yang utama digunakan dalam pemancangan tiang pancang pracetak adalah penumbuk (*hammer*) dan mesin derel (*tower*). Untuk pemasangan tiang pancang pada posisi yang tepat, dengan waktu cepat, dan biaya yang rendah, penumbuk dan dereknya harus benar-benar dipilih dengan teliti agar sesuai dengan keadaanya di sekitar lokasi pembangunan, jenis dan ukuran tiang, tanah yang akan di pancang, dan perancahnya. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi

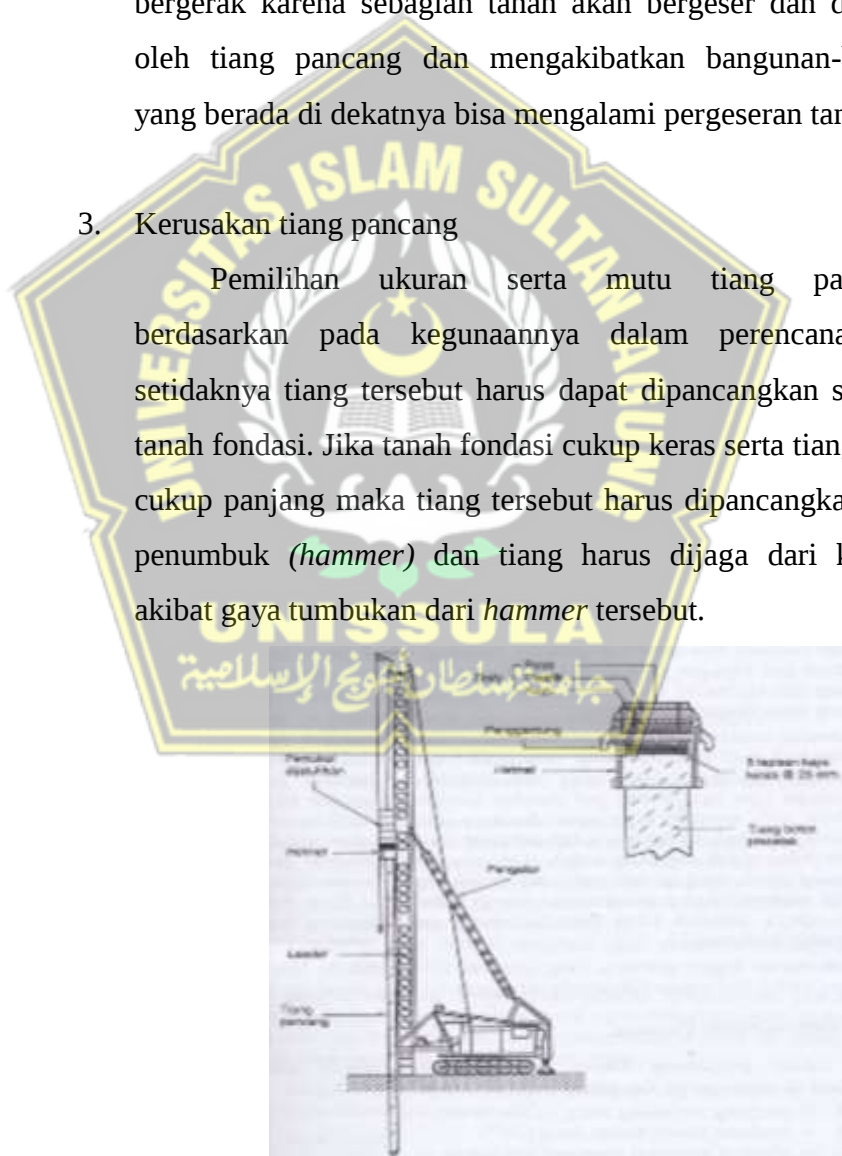
pemilihan alat penumbuk adalah kemungkinan pemancangannya dan manfaatnya secara ekonomis. Karena masalah lingkungan seperti suara bising ataupun getaran tidak boleh diabaikan. Maka pekerjaan seperti ini perlu diantisipasi agar tidak menimbulkan masalah lingkungan dalam proses pemancangan. Proses pemancangan tiang dapat dilihat pada (Gambar 2.10).

2. Pergerakan tanah fondasi

Proses pemancangan akan mengakibatkan tanah dapat bergerak karena sebagian tanah akan bergeser dan digantikan oleh tiang pancang dan mengakibatkan bangunan-bangunan yang berada di dekatnya bisa mengalami pergeseran tanah juga.

3. Kerusakan tiang pancang

Pemilihan ukuran serta mutu tiang pancangnya berdasarkan pada kegunaannya dalam perencanaan, tapi setidaknya tiang tersebut harus dapat dipancangkan sampai ke tanah fondasi. Jika tanah fondasi cukup keras serta tiang tersebut cukup panjang maka tiang tersebut harus dipancangkan dengan penumbuk (*hammer*) dan tiang harus dijaga dari kerusakan akibat gaya tumbukan dari *hammer* tersebut.



Gambar 2.10 Proses Pemancangan Tiang Pancang
(Rahmat Hidayat, 2018)

2.8 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang menurut Data Lapangan

2.8.1 Kapasitas daya dukung pancang dari hasil sondir

Perbedaan tes dilapangan diantara sondir atau *cone penetration test* (CPT) seringkali dipertimbangkan terlebih dahulu berperan dari geoteknik. Sondir atau CPT ini adalah tes yang sangat cepat, sederhana, ekonomis, dan tes tersebut dapat dipercaya dilapangan dengan pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah-tanah dasar. Dalam perencanaan fondasi tiang pancang (*pile*), data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari tiang pancang sebelum dimulai, untuk menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari tiang pancang. Kapasitas daya dukung ultimit ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_u = Q_b + Q_s + q_b A_b + f . A_s \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana :

Q_u = Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang pancang.

Q_b = Kapasitas tahanan diujung tiang.

Q_s = Kapasitas tahanan kulit.

q_b = Kapasitas daya dukung diujung tiang persatuan luas.

A_b = Luas diujung tiang.

f = Satuan tahanan kulit persatuan luas.

A_s = Luas kulit tiang pancang.

Perencanaan fondasi tiang pancang dengan Sondir dibagi menjadi beberapa metode, diantaranya :

a. Metode Aoki dan De Alencar

Aoki dan Alencar mempunyai usulan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data Sondir. Kapasitas dukung ujung persatuan luas q_b diperoleh sebagai berikut :

$$q_b = \frac{q_{ca}(base)}{F_b} \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

$q_{ca}(base)$ = Perlawanan konus rata-rata 1.5D diatas ujung tiang, 1.5D dibawah ujung tiang dan F_b adalah empiric tahanan ujung tergantung pada tipe tiang.

Tahanan kulit persatuan luas (f) diprediksi sebagai berikut :

$$F = q_c(side) \frac{a_s}{F_s} \dots \dots \dots (2.5)$$

dimana :

$q_c(side)$ = Perlawanan konus rata-rata pada masing lapisan sepanjang tiang.

F_s = Faktor empiric tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang.

F_b = Faktor empiric tahan ujung tiang yang tergantung pada tipe tiang.

Faktor F_b dan F_s diberikan pada Tabel 2.1 dan untuk nilai faktor empirik a_s diberikan pada Tabel 2.2

Tabel 2.1 Faktor empirik F_b dan F_s

Tipe Tiang Pancang	F_b	F_s
Tiang Bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

(sumber : Titi & Farsakh, 1999)

Tabel 2.2 Faktor empirik a_s

Tipe Tanah	a_s (%)	Tipe Tanah	a_s (%)	Tipe Tanah	a_s (%)
Pasir	1.4	Pasir berlanau	2.2	Lempung berpasir	2.4
Pasir Kelanauan	2.0	Pasir dengan lempung	2.8	Lempung berpasir dengan lanau	2.8
Pasir kelanauan dengan lempung	2.4	Lanau	3.0	Lempung berlanau dengan pasir	3.0
Pasir berlempung dengan lanau	2.8	Lanau berlempung dengan pasir	3.0	Lempung berlanau	4.0
Pasir berlempung	3.0	Lanau berlempung	3.4	Lempung	6.0

(sumber : Titi & Farsakh, 1999)

Pada umumnya nilai a_s untuk pasir = 1,4 persen, nilai a_s untuk lanau = 3.0 persen dan nilai a_s untuk lempung = 1.4 persen

b. Metode Langsung

Metode langsung ini dikemukakan oleh beberapa ahli diantara : Mayerhoff, Tomlinson, dan Begemann.

Daya dukung fondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Q_u = q_c \times A_p + JHL \times K \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana :

Q_u = Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang.

q_c =Tahanan ujung sondir (Perlawanan penetrasi Konus pada kedalaman yang ditinjau)

Dapat digunakan faktor koreksi Meyerhoff :

q_{c1} = Rata-rata PPK q_c 8D diatas ujung tiang.

q_{c2} = Rata-rata PPK q_c 4D diatas ujung tiang.

JHL = Jumlah hambatan lekat.

K_1 = Keliling tiang.

A_p = Luas penampang tiang.

Daya dukung ijin fondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Q_u \text{ Ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K_t}{5} \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana :

$Q_u \text{ Ijin}$ = Kapasitas daya dukung ijin tiang pancang.

q_c = Tahanan ujung sondir dengan memakai faktor koreksi Begemann.

JHL = Jumlah hambatan lekat (*total friction*).

K_t = Keliling tiang.

A_p = Luas penampang tiang.

3 = Faktor keamanan untuk daya dukung tiang.

5 = Faktor keamanan untuk gesekan pada selimut tiang.

Dari hasil uji sondir ditunjukkan bahwa tahanan ujung sondir (harga tekan konus) bervariasi terhadap kedalaman. Oleh sebab itu pengambilan harga q_c untuk daya dukung di ujung tiang kurang tepat. Suatu rentang disekitar ujung tiang perlu dipertimbangkan dalam menentukan daya dukungnya.

Menurut Meyerhoff :

$q_p = q_c \rightarrow$ Untuk keperluan praktis.

$$q_p = (2/3 - 3/2) q_c \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

q_p = Tahanan ujung ultimate

q_c = Harga rata-rata tahanan ujung konus dalam daerah 2D dibawah ujung tiang.

2.8.2 Kapasitas daya dukung tiang pancang dari hasil SPT

- a. Daya dukung ujung fondasi tiang pada tanah kohesif dan non-kohesif dengan data SPT

Daya dukung ujung tiang tanah pada non – kohesif

$$Q_p = 40 * N\text{-SPT} * L_b/D * A_p \leq 400 * N\text{-SPT} * A_p$$

dimana : Q_p = Tahanan ujung ultimate (kN)

A_p = Luas penampang tiang pancang (m^2)

- b. Daya dukung ujung tiang pada tanah kohesif c_u

Untuk tiang pancang dan tiang bor

$$Q_p = 9 * c_u * A_p \dots \dots \dots (2.9)$$

dimana : A_p = Luas penampang tiang (m^2)

c_u = Kohesi undrained (kN / m^2)

$$= N\text{-SPT} * 2/3 * 10$$

- c. Tahanan geser selimut tiang pancang pada tanah non-kohesif

$$Q_s = 2 * N\text{-SPT} * p * L_i \dots \dots \dots (2.10)$$

dimana : L_i = Panjang lapisan tanah (m)

p = Keliling tiang (m)

- d. Tahanan geser selimut tiang pada tanah kohesif c_u

$$Q_s = a * c_u * p * L_i \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

a = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang

c_u = Kohesi undrained (kN / m^2)

$$= N\text{-SPT} * 2/3 * 10$$

p = Keliling tiang (m)

L_i = Panjang lapisan tanah (m)

2.9 Kapasitas Daya Dukung Tiang Berdasarkan Laboratorium

2.9.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang Berdasarkan Kuat Geser Tanah

Dari hasil pemeriksaan tanah melalui beberapa percobaan akan didapatkan nilai berat isi tanah (γ), nilai kohesif tanah (c) serta nilai sudut tanah (ϕ).

Perkiraan kapasitas daya dukung fondasi tiang pancang pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data parameter kuat geser tanah, ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

a. Daya dukung ujung fondasi tiang pancang (*end bearing*).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_p = A_p \cdot c_u \cdot N_c^* \dots \dots \dots (2.12)$$

dimana :

Q_p = Tahanan ujung per satuan luas ton.

A_p = Luas ujung tiang pancang m^2 .

c_u = *Undrained cohesive* ton/ m^2 .

N_c^* = Faktor daya dukung tanah, untuk fondasi tiang pancang
nilai $N_c^* = 9$

Untuk mencari nilai c_u (*Undrained cohesion*), dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$a^* = 0.21 + 0.25 \frac{p_a}{c_u} \leq 1 \dots \dots \dots (2.13)$$

dimana :

a^* = Faktor adhesi = 0.4

p_a = Tekanan atmosfer = 1.058 ton/ ft^2 = 101.3 kN/ m^2

Untuk tanah non kohesif :

$$Q_p = A_p \cdot q' (N_q^* - 1) \dots \dots \dots (2.14)$$

dimana :

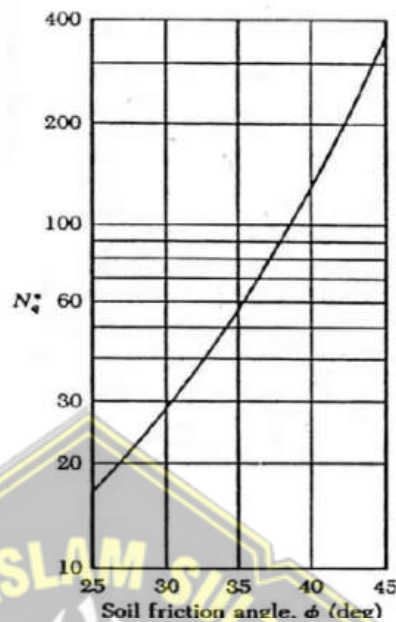
Q_p = Tahanan ujung per satuan luas ton.

A_p = Luas penampang tiang pancang, m^2 .

q' = Tekanan vertical efektif ton/ m^2 .

N_q^* = Faktor daya dukung tanah.

Vesic (1967) mengusulkan korelasi antara ϕ dan N_q^* seperti terlihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Faktor N_q^*

b. Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*)

$$Q_s = f \cdot i \cdot L_i \cdot p \dots \dots \dots (2.15)$$

dimana :

f_i = Tahanan satuan *skin friction* ton/m².

L_i = Panjang lapisan tanah m.

p = Keliling tiang m.

Q_s = Daya dukung selimut tiang ton.

Pada tanah kohesif :

$$f = a_i \cdot c_u \dots \dots \dots (2.16)$$

dimana :

a_i = Faktor adhesi, 0.55

c_u = Undrained cohesion ton/m².

Pada tanah non kohesif :

$$f = K_0 \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta \dots \dots \dots (2.17)$$

dimana :

K_0 = Koefisien tekanan tanah

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

$\sigma_{v'}$ = Tegangan vertical efektif tanah ton/m²

$$\sigma_{v'} = \gamma \cdot L'$$

$$L' = 15D$$

D = Diameter

$$\delta = 0.8 \cdot \phi$$

2.9.2 Tahanan Ujung Ultimate

Kapasitas maksimum tahanan ujung dari sebuah tiang pancang dihitung dengan menggunakan data pengujian laboratorium maupun data pengujian penetrasi. Jika menggunakan data laboratorium maka perhitungan kapasitas ultimate tahanan ujung berdasarkan Meyerhof sebagai berikut :

$$P_{pu} = A_p (C \cdot N_c + \eta \cdot q' \cdot N_q) \dots \dots \dots (2.18)$$

dimana :

P_{pu} = Kapasitas ultimatr tahan ujung tiang (kg/cm²)

A_p = Luas penampang tiang pancang (cm²)

C = Kohesi tanah (kg/cm²)

N_c = Faktor kapasitas daya dukung, tergantung dari pada sudut geser tanah (ϕ)

N_q = Faktor kapasitas daya dukung, tergantung pada harga $L/B > 1$ dan tergantung sudut geser tanah (ϕ)

q' = Tegangan veetikal efektif pada titik tiang pancang (kg/cm²)

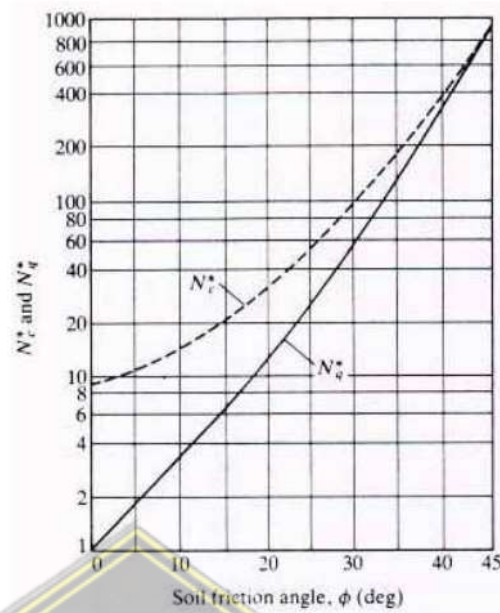
η = 1 untuk semua kecuali faktor – faktor dimana

$$\eta = \frac{1+2K_0}{3}$$

K_0 = Koefisien tanah dalam keadaan diam

$$K_0 = (1 - \sin \phi) \sqrt{OCR}$$

Faktor – faktor kapasitas daya dukung (N_c dan N_q) dapat dihitung berdasarkan gambar grafik 2.11 :



Gambar 2.12 Grafik daya dukung tanah Meyerhof

Harga faktor daya dukung sesuai dengan grafik diatas dapat juga dilihat pada tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 Faktor daya dukung Meyerhof

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.00	0.00	17	12.34	4.77	1.66	34	42.16	29.44	31.15
1	5.38	1.09	0.002	18	13.10	5.26	2.00	35	46.12	33.30	37.15
2	5.63	1.20	0.01	19	13.93	5.80	2.40	36	50.59	37.75	44.43
3	5.90	1.31	0.02	20	14.83	6.40	2.87	37	55.63	42.92	53.27
4	6.19	1.43	0.04	21	15.82	7.07	3.42	38	61.35	48.93	64.07
5	6.49	1.57	0.07	22	16.88	7.82	4.07	39	67.87	55.96	77.33
6	6.81	1.72	0.11	23	18.05	8.66	4.82	40	75.31	64.20	93.69
7	7.16	1.88	0.15	24	19.32	9.60	5.72	41	83.86	73.90	113.99
8	7.53	2.06	0.21	25	20.72	10.66	6.77	42	93.71	85.38	139.32
9	7.92	2.25	0.28	26	22.25	11.85	8.00	43	105.11	99.02	171.14
10	8.35	2.47	0.37	27	23.94	13.20	9.46	44	118.37	115.31	211.41
11	8.80	2.71	0.47	28	25.80	14.72	11.19	45	133.88	134.88	262.74
12	9.28	2.97	0.60	29	27.86	16.44	13.24	46	152.10	158.51	328.73
13	9.81	3.26	0.74	30	30.14	18.40	15.67	47	173.64	187.21	414.32
14	10.37	3.59	0.92	31	32.67	20.63	18.56	48	199.26	222.31	526.44
15	10.98	3.94	1.13	32	35.49	23.18	22.02	49	229.93	265.51	674.91
16	11.63	4.34	1.38	33	38.64	26.09	26.17	50	266.89	319.07	873.84

2.10 Perhitungan Daya Dukung Lateral Tiang Metode *Brooms*

Daya Dukung Lateral yang digunakan adalah jenis tanah *Sand* (tanah granuler). Untuk nilai – nilai n_h pada tanah seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai – nilai n_h untuk tanah granuler ($c=0$)

Kerapatan relatif (D_v)	Tak Padat	Sedang	Padat
Interval nilai A	100 - 300	300 - 1000	1000 – 2000
Nilai A dipakai	200	600	1500
n_h , pasir kering atau lembab (Terzaghi) (kN/m^3)	2425	7275	19400
N_h , pasir terendam air (kN/m^3)			
Terzaghi	1386	4850	11779
Reese et al	5300	16300	34000

(sumber : Hary Cristady, 2013)

Tanah	$N_h(\text{kN/m}^3)$	Referensi
Lempung terkonsolidasi normal lunak	166 - 3518 277 - 554	Reese dan Matlock (1956) Davisson – Prakash (1963)
Lempung terkonsolidasi Normal organik	111 – 277 111 - 831	Peck dan Davisson (1962) Davisson (1970)
Gambut	55 27,7 - 111	Davisson (1970) Wilson dan Hitls (1967)
<i>Loess</i>	8033-11080	Bowles (1968)

(sumber : Poulos dan Davis, 1980)

Untuk perhitungan daya dukung lateral :

2.10.1 Cek Kekakuan Tiang Akibat Beban Lateral

$$E = 4700 \times \sqrt{fc} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$I = \frac{1}{6} \pi \times (D)^4 \dots\dots\dots(2.19)$$

Untuk Mencari Faktor Kekakuan Tanah (T) adalah :

$$T = \left(\frac{Ep \times p}{n_h} \right)^{1/5} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$4 T = 4 \times T \dots\dots\dots(2.21)$$

2.10.2 Cek Keruntuhan Tanah Akibat Beban Lateral

Untuk mengetahui tanah runtuh atau tidak akibat beban lateral yang terjadi pada tiang, maka dihitung besar momen maksimum yang ditahan oleh tiang jika tanah didesak ke arah horizontal tiang tidak runtuh.

$$M_{\max} = B \times \gamma \times L^3 \times K_p \dots\dots\dots(2.22)$$

Untuk $M_{\max} > M_y$, maka tanah tidak akan runtuh sehingga gaya horizontal ultimit (H_u) ditentukan oleh kekuatan bahan tiang dalam menahan beban momen.

2.10.3 Cek Nilai H_u

$$f = 0,82 \frac{H_u}{\sqrt{DxKpxv}} \dots\dots\dots (2.23)$$

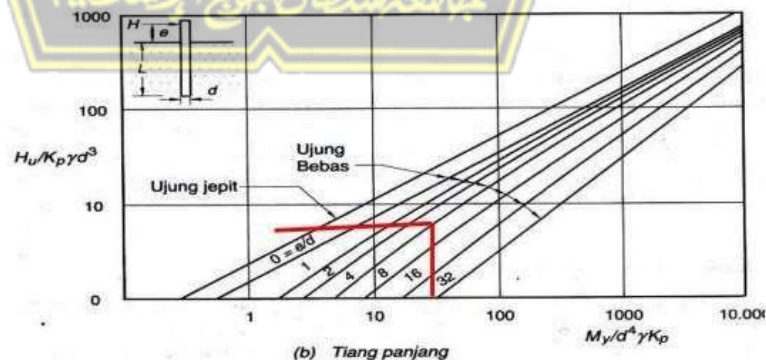
$$H_u = \frac{2 My}{e + \frac{2f}{3}} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$H_{ijin} = \frac{H_u}{SF} \dots\dots\dots (2.25)$$

Secara grafik, pada tahanan momen ultimit :

$$\text{Tahanan Momen Ultimit} = \frac{M_u}{D^4 \times v \times K_p} \dots\dots\dots(2.26)$$

Untuk mencari nilai tahanan momen ultimit menggunakan grafik pada Gambar 2.12.



Gambar 2.13 Grafik Nilai Tahanan Momen Ultimit

Perhitungan pada tahanan lateral ijin adalah :

$$5,2 = \frac{Hu}{Kp \times D \times D^5} \dots\dots\dots (2.27)$$

2.11 Tiang Pancang Kelompok

Pada keadaan dilapangan jarang sekali didapatkan tiang pancang berdiri sendiri (*Single Pile*), akan tetapi kita sering mendapatkan fondasi tiang pancang dalam bentuk kelompok (*Pile Group*) (Gambar 2.12).

Untuk dapat menyatukan tiang pancang tersebut dalam satu kelompok tiang, dapat diberi poer (*footing*). Dalam perhitungan poer dianggap / dibuat kaku sempurna, sehingga :

1. Jika beban – beban yang bekerja pada kelompok tiang tersebut menimbulkan penurunan, maka setelah penurunnya bidang poer bidang tetap poer tetap merupakan bidang datar.
2. Gaya yang bekerja pada tiang berbanding lurus dengan penurunan tiang.



Gambar 2.14 Pola kelompok tiang pancang

(Sumber : Hardiyatmo, 2002)

2.12 Jarak antara tiang pancang dalam kelompok

Menurut K. Basah Suryolelono (1994), pada prinsipnya jarak tiang(S) makin rapat, ukuran pile cap makin kecil dan secara tidak langsung biaya lebih murah. Tetapi bila fondasi memikul beban momen maka jarak tiang perlu diperbesar yang berarti menambah atau memperbesar tahanan momen.

Biasanya jarak antar 2 tiang pancang dalam kelompok diisyaratkan minimum 60 cm dan maksimum 200 cm. Ketentuan ini didasarkan pada pertimbangan – pertimbangan antara lain sebagai berikut :

1. Bila $S < 2.5 D$

Bila jarak pemancangan tiang kelompok kurang dari 2.5 dari diameter tiang, kemungkinan tanah disekitar kelompok tiang akan naik terlalu berlebihan karena terdesak oleh tiang yang dipancangkan terlalu dekat jaraknya.

2. Bila $S > 3 D$

Bila pemancangan tiang kelompok lebih dari 3 dari diameter tiang, maka bisa dikatakan tidak ekonomis. Karena akan memperbesar ukuran dimensi dari poer (*footing*).

Pada perencanaan fondasi tiang pancang biasanya setelah jumlah tiang pancang dan jarak antara tiang sudah ditentukan, maka kita dapat menentukan luasan poer yang akan diperlukan pada tiang kolamportal.

2.13 Kapasitas Kelompok dan Efisiensi Tiang Pancang

Bila kelompok tiang pancang dipancang dalam tanah lempung lunak, pasir tidak padat, atau timbunan dengan dasar tiang yang bertumpu pada lapisan kaku. Maka kelompok tiang tersebut tidak memiliki resiko mengalami keruntuhan geser umum, asalkan diberikan faktor aman yang cukup bahaya keruntuhan tiang tunggalnya. Pada kelompok tiang yang dasarnya bertumpu pada lapisan lempung lunak, faktor keruntuhan blok tetap diperhitungkan, terutama pada jarak tiang yang berdekatan.

Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperlihatkan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a \dots \dots \dots (2.27)$$

dimana :

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan.

η = Efisiensi kelompok tiang.

N = Jumlah tiang dalam kelompok.

Q_a = Beban maksimum tiang tunggal.

Beberapa persamaan efisiensi tiang yang diusulkan untuk menghitung kapasitas kelompok tiang semuanya hanya bersifat pendekatan. Persamaan yang diusulkan didasarkan pada susunan tiang dengan mengabaikan panjang tiang, variasi bentuk tiang yang meruncing, variasi tanah dengan kedalaman dan pengaruh muka air tanah. Persamaan efisiensi tiang pancang yang disarankan oleh *Converse-Labare*, sebagai berikut :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1).m + (m-1).n'}{90.m.n'} \dots \dots \dots (2.28)$$

dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang.

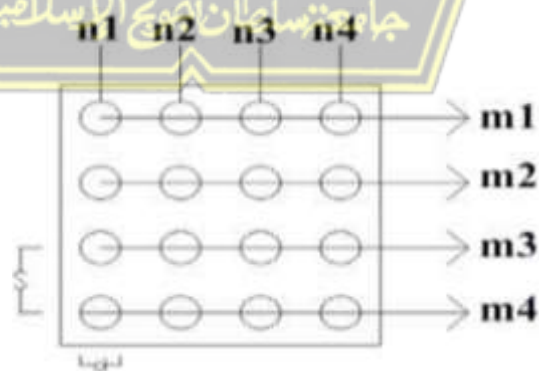
m = Jumlah baris tiang.

N = Jumlah tiang dalam satu baris.

θ = Arc tg D/S dalam derajat.

S = Jarak pusat kepusat (Lihat Gambar 2.14).

D = Diameter tiang.



Gambar 2.15 Hitungan efisiensi dalam jarak s

2.14 Penurunan Elastis Tiang Tunggal

Analisis penurunan tiang tunggal dan distribusi beban pada tiang fondasi dapat dihitung dengan metode transfer beban (*load transfer*), (coyle & Reese, 1966). Menurut Vesic (1977) penurunan elastis fondasi bore pile tunggal dapat di hitung dengan menggunakan rumus berikut serta pada Tabel 2.5 dan Tabel 2.6 :

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \dots\dots\dots(2.30)$$

Untuk mendapatkan nilai $S_{e(1)}$ digunakan rumus :

$$E_p \text{ (beton)} = 4700\sqrt{f_c'} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + E_{Qws})L}{A_p E_p} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$E = 0,67 \text{ (factor empiric dari tipe variasi tahanan selimut tiang)} \dots\dots(2.33)$$

Tabel 2.5 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas tanah

Macam Tanah	E (Kn/m ²)
Lempung	
Sangat Lunak	300 – 3000
Lunak	2000 – 4000
Sedang	4500 – 9000
Keras	7000 – 20000
Berpasir	30000 – 42500
Pasir	
Berlanau	5000 – 20000
Tidak Padat	10000 – 25000
Padat	50000 – 100000
Pasir dan Kerikil	
Padat	80000 – 200000
Tidak Padat	50000 – 140000
Lanau	2000 – 20000
Loose	15000 – 60000
Serpih	140000 - 1400000

(Sumber : Hardiyatmo, 2011)

Tabel 2.6 Jenis Tanah dan Nilai Poisson's Ratio

Jenis Tanah	Poisson's Ratio
Lempung Jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir	0,1 – 1,0
Batuan	0,1 – 0,4
Umum dipakai untuk Tanah	0,3 – 0,4

(Sumber : Das, 1998)

Dan untuk nilai $S_{e(3)}$

$$S_{e(3)} = \frac{qp \times D}{E_s} \times (1 - \mu_s^2) / I_{ws} \dots\dots\dots(3.34)$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \dots\dots\dots(2.35)$$

Dari persamaan tersebut, total penurunan pada tiang fondasi tunggal dapat di ketahui. Dalam penurunan fondasi tiang juga memperhatikan Batasan-batasan yang harus di perhatikan, agar penurunan tidak melebihi dari nilai penurunan yang di ijin. Untuk mengetahui besar nilai penurunan yang di ijin, dapat di hitung menggunakan rumus :

$$S_{ijin} = 10\% \times D \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana nilai D di dapat dari diameter fondasi. Dan nilai dari total penurunan haris lebih kecil dari nilai penurunan yang di ijin.

2.15 Perkiraan penurunan kelompok tiang (pile group)

Pada perhitungan fondasi tiang pancang, kapasitas izin tiang lebih sering didasarkan dengan persyaratan penurunan. Penurunan tiang utama bergantung pada nilai banding tahanan ujung dengan beban tiang. Jika beban yang didukung pertiang lebih kecil atau sama dengan tahanan ujung tiang, penurunan yang terjadi mungkin sangat kecil. Rumus penurunan keompok tiang adalah :

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot l}{2 \cdot q_c} \dots\dots\dots(2.37)$$

dimana :

$$q = \frac{Q}{L_g B_g}$$

$$I = \text{Faktor pengaruh} = 1 - \frac{L}{8 B_g} \geq 0.5$$

L_g dan B_g = Lebar poor tiang kelompok.

q_c = Kapasitas tahanan ujung tiang.

2.16 Penurunan yang diizinkan

Penurunan yang diizinkan dari suatu bangunan tergantung dari beberapa faktor. Faktor tersebut ialah sebagai berikut : jenis, tinggi, dan fungsi bangunan, dan besar serta kecepatan penurunan dan distribusinya. Apabila penurunan berjalan lambat maka semakin besar kemungkinan struktur bisa menyesuaikan diri terhadap penurunan yang terjadi tanpa adanya kerusakan struktur akibat pengaruh *creep*. Maka dari itu kriteria penurunan fondasi pada tanah pasir dan tanah lempung itu berbeda.

Penurunan maksimum dapat diprediksi dengan ketepatan yang memadai, umumnya dapat diadakan hubungan antara penurunan diizinkan dengan penurunan maksimum. Dimana syarat perbandingan penuruanan yang aman yaitu :

$$S_{total} \leq S_{izin}$$

$$S_{izin} = 10\% \cdot D \dots \dots \dots (2.38)$$

dimana :

D = Diameter tiang.

2.17 Faktor Keamanan

Untuk memperoleh kapasitas ujung tiang, maka dari itu diperlukan suatu angka pembagi kapasitas ultimate yang disebut dengan faktor keamanan tertentu.

Reese dan O'Neill (1989) menyarankan pemilihan faktor keamanan (F) untuk perancangan fondasi tiang (Tabel 2.15) dapat di pertimbangkan dari faktor – faktor sebagai berikut :

1. Tipe dan kepentingan dari struktur,

2. Variabilitas tanah (tanah tidak *uniform*),
3. Ketelitian penyelidikan tanah,
4. Tipe dan jumlah uji tanah yang dilakukan,
5. Ketersediaan tanah ditempat (uji beban tiang),
6. Pengawasan / control kualitas dilapangan,
7. Kemungkinan beban desain aktual yang terjadi selama beban layanan struktur.

Tabel 2.7 Faktor keamanan Reese & O'Neill

Klasifikasi struktur	Faktor keamanan (F)			
	Kontrol baik	Kontrol Normal	Kontrol jelek	Kontrol sangat jelek
Monumental Paramanen Sementara	2.3	3	3.5	4
	2	2.5	2.8	3.4
	1.4	2	2.3	2.8

Besarnya beban bekerja atau kapasitas tiang izin dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimate (Q_u) dibagi dengan faktor aman (F) yang sesuai. Variasi besarnya faktor aman yang telah banyak digunakan untuk perancangan fondasi tiang adalah sebagai berikut :

Tiang Pancang

$$Q_a = \frac{Q_u}{2.5} \dots \dots \dots (2.39)$$

Beberapa peneliti menyarankan faktor keamanan yang tidak sama untuk tahanan gesek dinding dan tahanan ujung. Kapasitas izin dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$Q_a = \frac{Q_b}{3} + \frac{Q_s}{1.5} \dots \dots \dots (2.40)$$

Penggunaan faktor keamanan 1.5 untuk tahanan gesek dinding (Q_s) yang harganya lebih kecil daripada faktor keamanan tahanan ujung yang besarnya 3, karena nilai puncak tahanan gesek dinding dicapai bila tiang mengalami penurunan 2-7mm, sedang tahanan ujung (Q_b) membutuhkan penurunan yang lebih besar agar tahanan ujungnya bekerja secara penuh. Jadi maksud penggunaan faktor keamanan tersebut adalah untuk meyakinkan

keamanan tiang terhadap keruntuhan dengan mempertimbangkan penurunan tiang pada beban kerja yang diterapkan.

2.18 Alasan Pemilihan Fondasi Pancang

Alasan utama pemilihan fondasi tiang pancang adalah fondasi tiang dapat memikul beban struktur atas pada kedalaman tanah keras yang dalam dengan memikul beban menggunakan gaya gesekan selimut tiang dan terhadap tanah keras. Bila kondisi tanah labil dan tanah keras berada pada kedalaman tertentu maka tidak menutup kemungkinan untuk dibuat fondasi dangkal. Alasan lainnya adalah pemakaian fondasi tiang pancang lebih ekonomis dan tidak memakan waktu dalam pelaksanaannya.

2.19 Parameter Tanah

Data parameter tanah didapatkan dari hasil pengujian laboratorium ataupun dari hasil interpolasi data tanah yang ada. Hasil dari parameter tanah inilah yang digunakan untuk melakukan pengukuran serta analisa. Berikut ini merupakan parameter yang digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik dan sifat tanah :

a. Poission Ratio Tanah

Nilai poisson's ratio ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan pemuaian lateral. Nilai poisson's ratio ditentukan berdasarkan jenis tanah, dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Hubungan Antara Jenis Tanah dan Poission Ratio

Jenis Tanah	Poisson Ratio (ν')
Lempung jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir	0,1 – 1,0
Batuan	0,1 – 0,4
Umum dipakai untuk tanah	0,3 – 0,4

(Sumber : Buku Mekanika Tanah, Brijia M. Das Jilid 2)

b. Sudut Geser Dalam

Kekuatan geser dalam memiliki variabel kohesi serta sudut geser dalam. Sudut geser dalam bersamaan dengan kohesi menentukan tanah akibat tegangan yang bekerja berbentuk tekanan lateral tanah. Nilai ini pula didapatkan dari pengukuran *engineering properties* tanah berbentuk *Triaxial Test* serta *Direct Shear Test*. Ikatan sudut geser dalam serta tipe tanah dapat dilihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 Kuat Geser Dalam

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Kerikil kepasiran	35 – 40
Kerikil kerakal	35 – 40
Pasir padat	35 – 40
Pasir lepas	30
Lempung kelanauan	25 – 30
Lempung	20 – 25

(sumber : Das,1995)

c. Permeabilitas

Permeabilitas tanah adalah kemampuan tanah untuk melewatkan air dan udara, berupa kemudahan udara, cairan atau akar tanaman menembus atau melewati lapisan tanah tersebut. Nilai permeabilitas dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Nilai Permeabilitas Tanah

Ukuran Partikel	Koefisien Permeabilitas, k (m/s)
Pasir berlempung, pasir berlanau	$5 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-4}$
Pasir halus	$1 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5}$
Pasir kelanauan	$1 \times 10^{-6} - 2 \times 10^{-5}$
Lanau	$1 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-6}$
Lempung	$1 \times 10^{-11} - 1 \times 10^{-8}$

Sumber : Mekanika Tanah, Wesley, diterbitkan Badan Penerbit
Pekerjaan Umum, 1997

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Umum

Data umum dari proyek Pembangunan Primaya Hospital adalah sebagai berikut :

1. Nama Proyek : Gedung Primaya Hospital
2. Lokasi Proyek : Jl. Kedungmundu Raya No 24 RT 01 / RW
05, Tembalang, Kota Semarang.
3. Pemilik Proyek : PT. Fortuna Graha Sentosa
4. Konsultan Struktur : PT. Adinata Surya Pratama
5. Konsultan Arsitektur : Hargianto & associates
6. Konsultan MK : PT. Fortuna Graha Sentosa
7. Kontraktor Utama : PT. Fortuna Graha Sentosa
8. Luas : 9.086/9.732 m²

3.2 Data Teknis

Data ini diperoleh dari lapangan menurut perhitungan dari pihak konsultan, dengan data sebagai berikut :

1. Panjang Tiang Pancang : $\pm 15\text{m}$
2. Dimensi Tiang Pancang : 35 x 35 cm
3. Mutu Beton Tiang Pancang : Fc' 50 MPa atau K-600

3.3 Metode Pengumpulan Data

Untuk dapat mencapai maksud dan tujuan studi ini maka perlu dilakukan beberapa tahapan yang dianggap perlu antara lain :

Tahap pertama adalah studi kepustakaan terhadap text book dan jurnal-jurnal terkait fondasi tiang pancang.

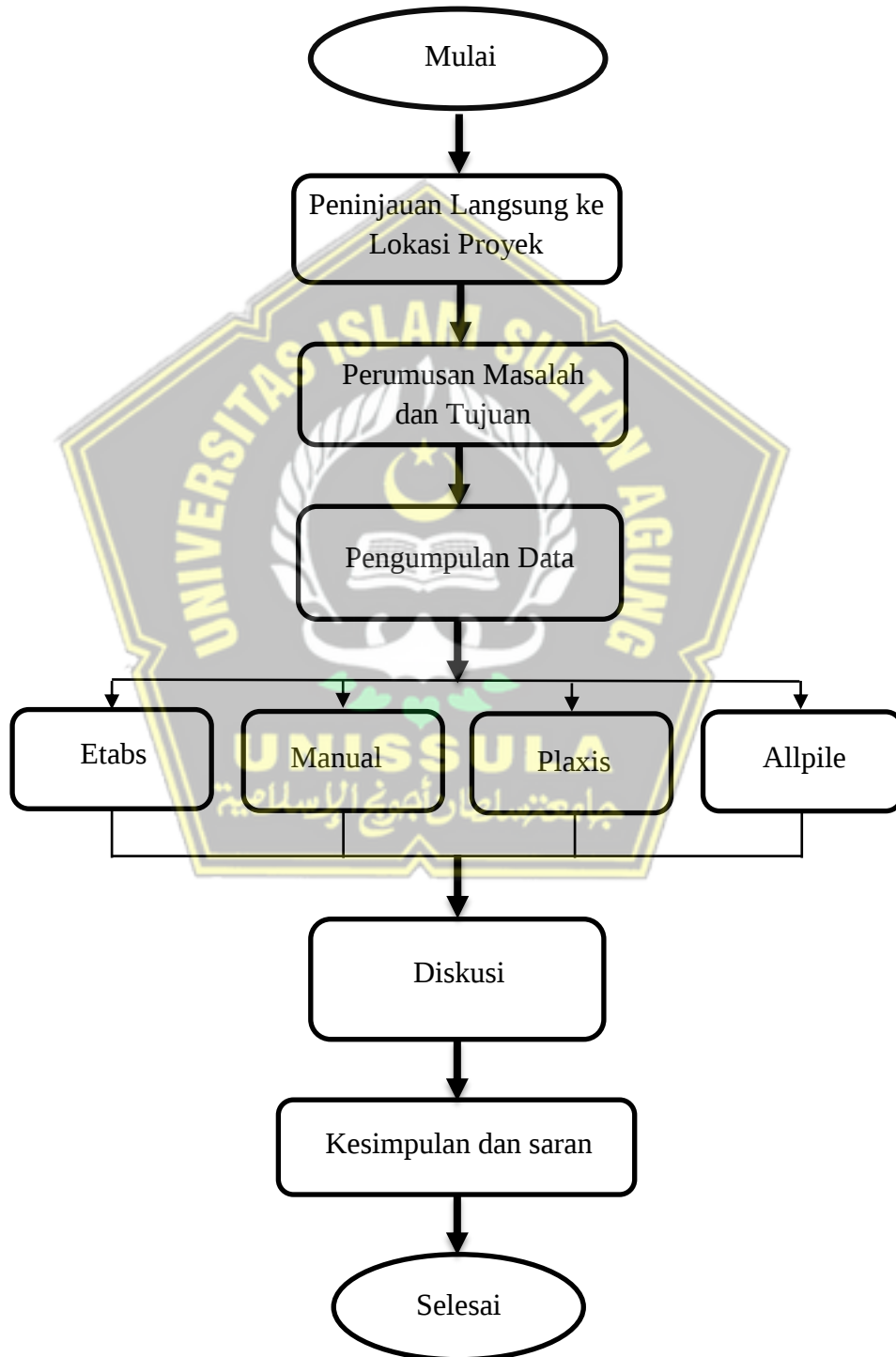
Tahap kedua adalah menentukan lokasi pengambilan data pada proyek terkait.

Tahap ketiga adalah pengumpulan data-data dari pihak kontraktor yaitu PT. Fortuna Graha Sentosa.

Tahap keempat adalah melakukan analisis terhadap data-data yang sudah di dapat berdasarkan formula yang ada.

Tahap kelima adalah melakukan perhitungan dan membuat kesimpulan.

Skema pelaksanaan studi ini dapat dilihat pada gambar berikut



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

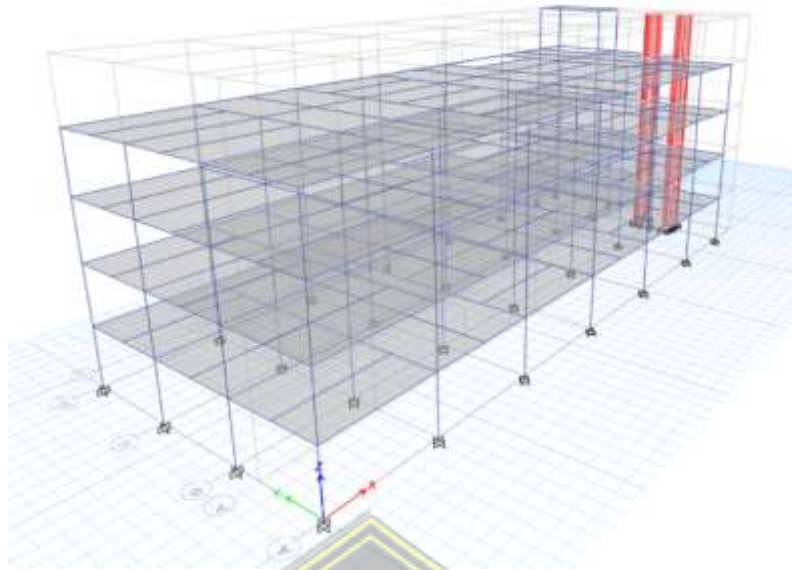
4.1 Pendahuluan

Pada bab ini kami akan menganalisa data yang kami dapat dari proyek zona 1 Gedung Rumah Sakit Primaya Semarang yang berada di Jalan Kedungmundu Raya, Tembalang, Kota Semarang. Pada perencanaan sebelumnya, proyek Gedung Rumah Sakit Primaya Semarang ini menggunakan fondasi *bore pile*. Perencanaan ulang pada tugas akhir ini, fondasi yang akan digunakan adalah fondasi tiang pancang dengan diameter 35 cm. Daya dukung tiang akan dihitung menggunakan data hasil sondir yaitu tahanan ujung (q_c) dan friksi tanah (f_s) dan juga menggunakan data *Standar Penetration Test* (SPT) yaitu jumlah pukulan palu ($N - \text{Value}$) serta perhitungan daya dukung menggunakan data laboratorium.

Perhitungan struktur atas kami lakukan menggunakan program *Etabs 17.0.1*. Penurunan dihitung juga menggunakan 2 program yaitu : Allpile dan Plaxis

4.2 Pemodelan Struktur Atas menggunakan Program *Etabs 17.0.1*

Pemodelan ini digunakan untuk mengetahui besarnya gaya yang terjadi pada gedung. Gaya-gaya inilah yang nanti akan digunakan pada perhitungan analisa daya dukung fondasi. Kolom and balok digambarkan sebagai *frame* dan plat lantai digambarkan sebagai *shell* seperti pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Pemodelan Struktur Atas dengan *Etabs 17.0.1*

4.3 Desain Pemodelan Bangunan dengan *Etabs 17.0.1*

Data yang di dapat dari proyek :

- Berat jenis beton bertulang : 24 kN/m³
- Tebal plat lantai : 0,12 m
- Mutu beton : K-350
- Modulus elastisitas Beton : $4700 * f_c^{0,5}$
- Berat jenis baja tulangan : 76,98 kN/m³
- Mutu baja tulangan : f_y 390 Mpa
- Dimensi kolom
 - K1 = 650 x 650 mm
 - K2 = 300 x 600 mm
- Dimensi balok :
 - B1 = 250 x 600 mm
 - B2 = 300 x 700 mm
 - A1 = 250 x 600 mm
 - A2 = 250 x 650 mm
 - C1 = 250 x 500 mm
 - C2 = 200 x 450 mm

4.4 Pembebanan Struktur

4.4.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati merupakan berat keseluruhan dari bagian – bagian konstruksi bangunan gedung yang terpasang, mulai dari bahan – bahan dan juga bagian yang sudah terpasang termasuk dinding, lantai, atap, bagian arsitektural dan struktur lainnya (SNI 1727-2013:15). Dalam perencanaan permodelan struktur atas menggunakan software program ETABS 17.0.1. Berikut adalah beban – beban yang bekerja pada struktur atas :

Tabel 4.1 Beban Mati Plat

Jenis	Keterangan	kN/m ³
Beban Mati Plat	Beban Pasir t = 1 cm	0,16
	Beban Spesi t = 3 cm	0,66
	Beban Kramik t = 1 cm	0,22
	Beban Plafond dan Penggantung	0,20
	Beban instalasi ME	0,25
	Total Beban Mati Plat	1,5

4.4.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup merupakan beban yang disebabkan oleh pengguna bangunan, dimana beban hidup untuk masing – masing ruang tergantung dari fungsi ruangan atau bangunan itu sendiri (SNI 1727-2013:18). Beban minimum untuk perancangan bangunan Gedung Rumah Sakit Primaya Semarang adalah 1,92 kN/m³ . Seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Beban Hidup

Hunian atau penggunaan	Merata, L_p psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Jalur penyelamatan saat kebakaran	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Tangga permanen		-	-	Lihat Pasal 4.5.4	
Garasi/Parkir (Lihat Pasal 4.10)					
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Tidak (4.7.4)	Ya (4.7.4)	Lihat Pasal 4.10.1	
Truk dan bus	Lihat Pasal 4.10.2	-	-	Lihat Pasal 4.10.2	
Pegangan tangga dan pagar pengaman	Lihat 4.5.1	-	-	Lihat 4.5.1 Lihat 4.5.2	
Helipad (Lihat Pasal 4.11)					
Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang	40 (1,92)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2	
Helikopter dengan berat lepas landas Lebih dari 3.000 lb (13,35 kN)	60 (2,87)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2	
Rumah sakit					
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Ruang pasien	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Hotel (lihat rumah tinggal)					
Perpustakaan					
Ruang baca	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1.000 (4,45)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	4.13

4.4.3 Beban Gempa

1. Faktor Keutamaan Struktur (Ie)

Menurut SNI 1726 :2019 untuk bangunan gedung kuliah memiliki Faktor Keutamaan Gempa (Ie) Bangunan gedung kuliah yaitu 1,5. Seperti pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

Tabel 4.4 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

2. Faktor Reduksi Gempa (R)

Menurut SNI 1726:2019, faktor reduksi gempa untuk perencanaan konstruksi bangunan Gedung Rumah Sakit Primaya Semarang memakai sistem rangka pemikul momen khusus untuk beton dengan $R=8$. Seperti pada Tabel 4.5.

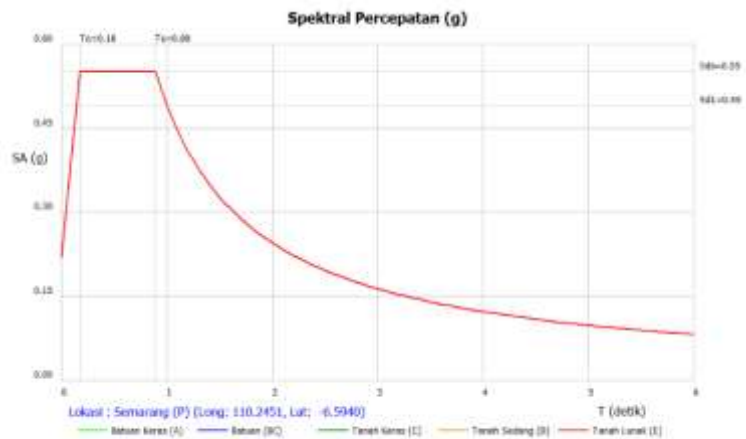
Tabel 4.5 Faktor Reduksi Gempa

C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^a	TI ^a	TI ^a
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^a	TI ^a	TI ^a
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁿ	3½	3 ^o	3½	10	10	10	10	10

3. Zona Wilayah Gempa

Untuk menentukan data gempa di suatu daerah perlu menggunakan website <http://puskim.pu.go.id/>. Dari website tersebut akan didapatkan ata sebagai berikut :

- Percepatan respon spectral MCE dari peta gempa pada periode pendek, $SS(g) = 0,447$
- Percepatan respon spectral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik $S1(g) = 0,236$
- Percepatan respon spectral MCE pada periode pendek, $SMS(g) = 0,826$
- Percepatan respon spectral MCE pada periode 1 detik $SM1(g) = 0,736$
- Percepatan respon spectral pada periode pendek, $SDS(g) = 0,551$
- Percepatan respon spectral pada periode 1 detik, $SD1(g) = 0,491$
- $T0(\text{detik}) = 0,178$
- $TS(\text{detik}) = 0,891$
- Koefisien situs, $Fa = 1,846$
- Koefisien situs, $Fv = 3,119$



Gambar 4.2 Grafik Nilai Spektrum Percepatan di Permukaan
(Sumber: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/)

Untuk data parameter gempa yang sudah diperoleh dimasukkan pada data gempa di software ETABS 17.0.1, setelah semua beban di input kedalam permodelan struktur pada Gambar 4.3 menggunakan program ETABS 17.0.1 didapatkan hasil output joint reaction yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.



Gambar 4.3 Titik Joint

Untuk melihat besar beban dari struktur atas daan beban tiap tipe fondasi yang akan direncanakan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

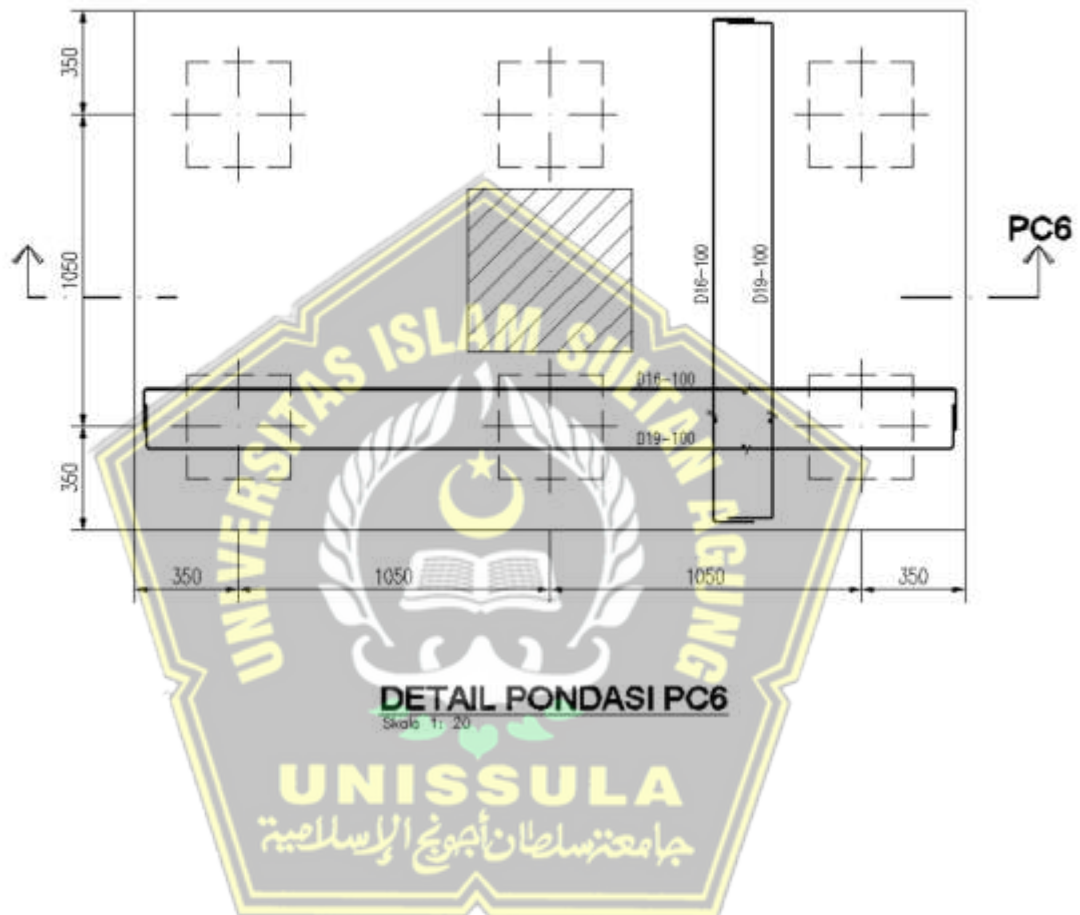
Table 4.6 Nilai beban fondasi

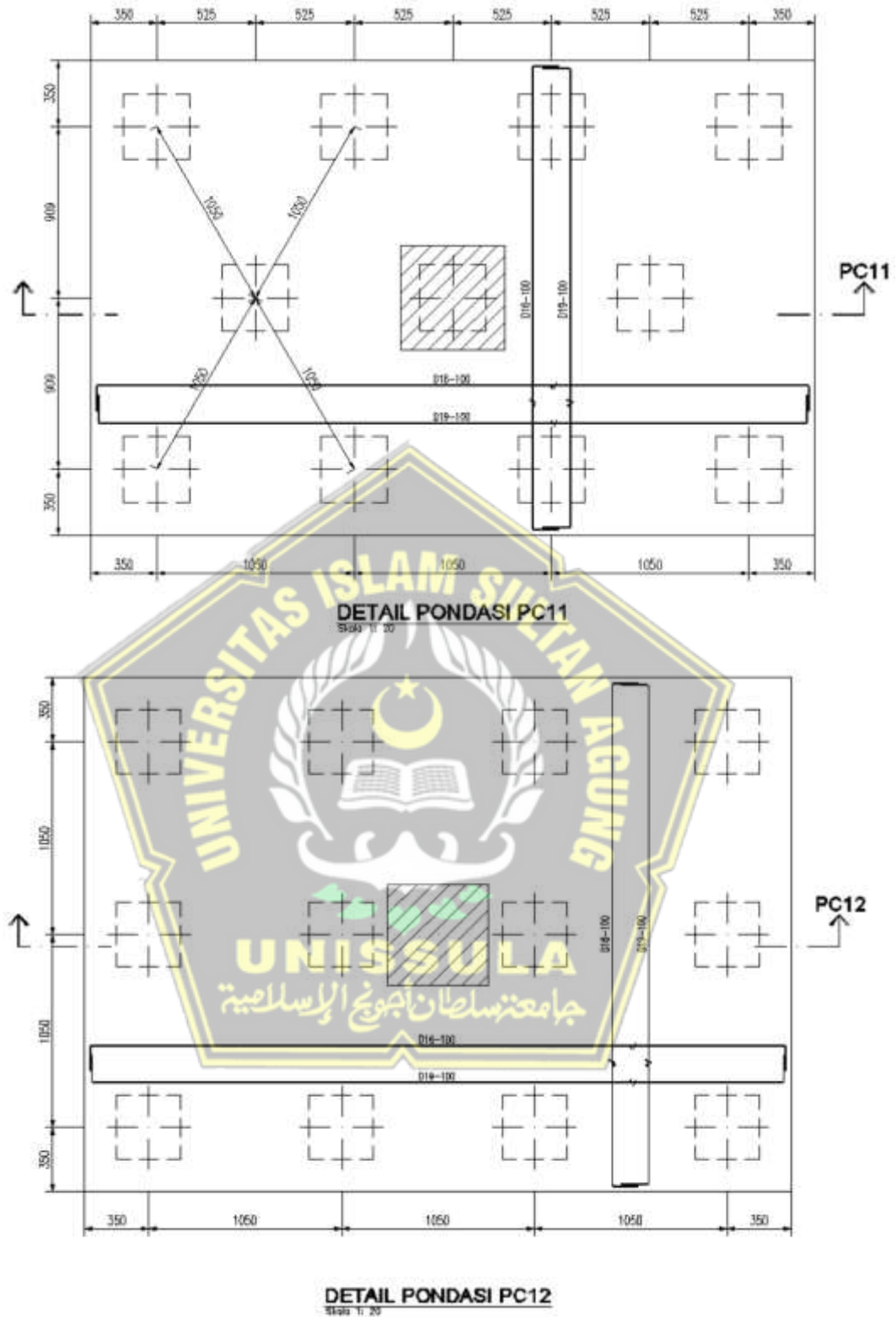
Joint	Beban (kN)	Joint	Beban (kN)
1	1419,307	23	2191,45
2	2190,448	24	1420,187
3	1482,001	27	950,4472
4	960,9086	28	1468,739
5	2157,672	30	1453,329
6	1464,548	32	1452,272
7	2159,299	34	1459,646
8	1468,192	36	1317,031
9	2069,731	37	423,9643
10	1175,25	38	726,5406
11	1985,656	93	319,784
12	1130,765	94	442,8068
13	960,5311	97	556,3461
14	754,7278	98	291,1886
15	520,3573	99	316,3513
16	418,7163	104	675,6228
17	897,7518	105	195,2263
19	1975,433	106	258,5538
20	2172,629	107	607,1484
21	2158,748	108	270,9179
22	2158,632	109	342,4142

4.5 Analisa Daya Dukung Aksial Fondasi Tiang Pancang

Ada 3 tipe pilecap yang kami gunakan sebagai perhitungan perencanaan antara lain :

- PC 6 = 1468,74 kN
- PC 11 = 2191,449 kN
- PC 12 = 1464,55 kN





Gambar 4.4 Gambar Pile Cap 6, 11, dan 12

4.6 Data Perencanaan

- Spesifikasi Umum :

1. Tinggi bangunan = 21.5 m
2. Jumlah Lantai = 5 Lt
3. Fungsi Bangunan = Rumah Sakit
4. Jenis konstruksi = Beton bertulang
5. Konstruksi atap = Dak beton
6. Struktur bawah = Fondasi tiang pancang beton
7. Diameter Tiang Pancang = 35 cm = 0,35 m
8. Mutu Beton $f_c' = 50 \text{ Mpa}$ = 600 kg/cm²

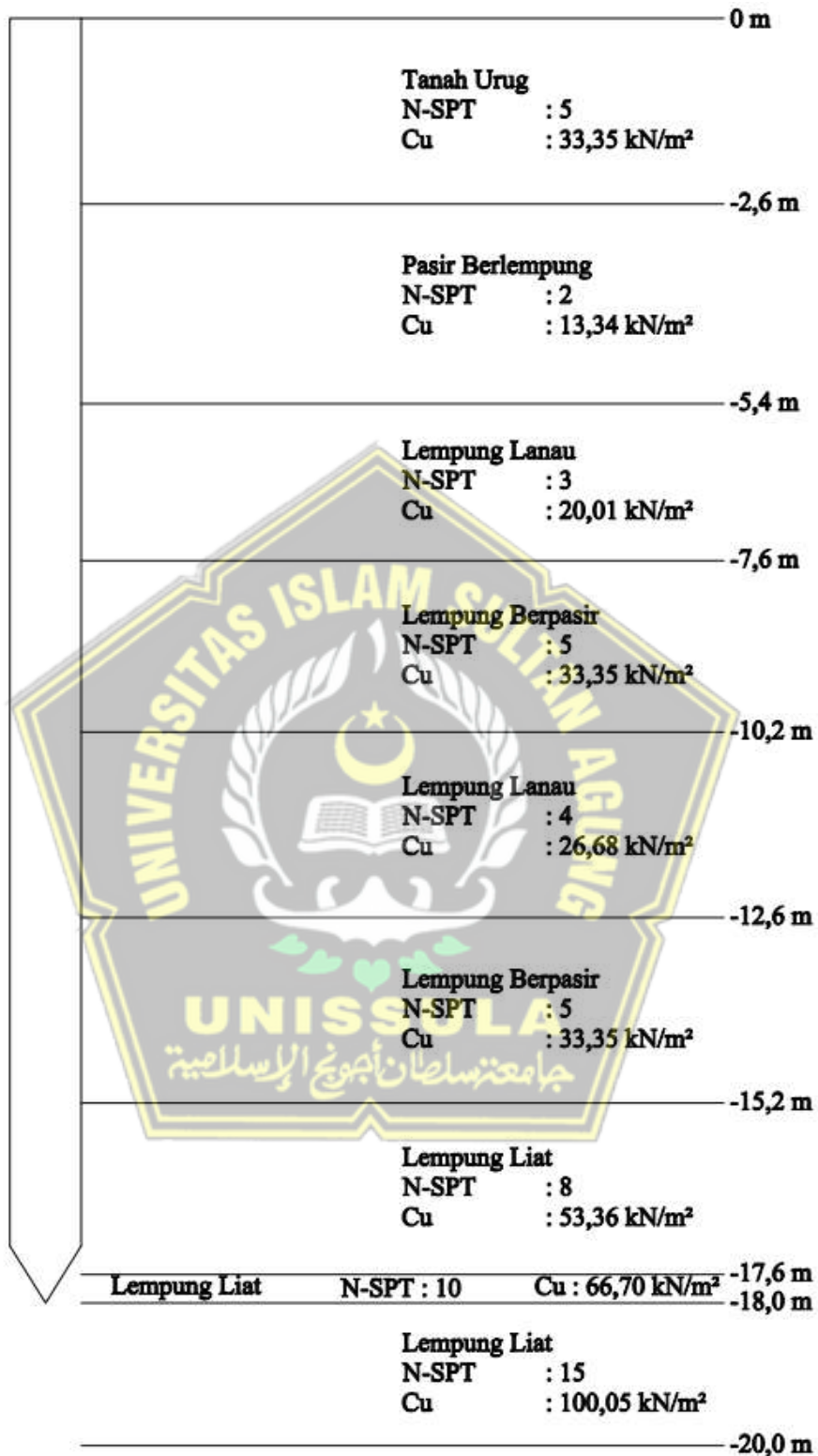
4.7 Perencanaan Fondasi Tiang Pancang

4.7.1 Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Untuk Kolom Berat

Beban Maksimum fondasi yang didapat dari perhitungan menggunakan program ETABS17 yaitu $P = 2191.4499 \text{ kN}$



4.8 Perhitungan Daya Dukung Aksial Fondasi Tiang



Gambar 4.5 Gambar Parameter Tanah

4.8.1 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Aoki dan De Alencar.

- Data Tiang pancang :

$$\begin{aligned} 1. \text{ Diamater} &= 35 \text{ cm} \\ 2. \text{ Keliling tiang pancang (As)} &= \pi \times 35 \\ &= 109.9 \text{ cm} \\ &= 1.099 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Luas Penampang Tiang (A}_p\text{)} &= 1/4 \pi d^2 \\ &= 961.6 \text{ cm}^2 \\ &= 0.0962 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- a. Perhitungan kapasitas dukung ujung tiang (qp) pada tanah kohesif

Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang dan 1,5D dibawah ujung tiang.

Tabel 4.7 Nilai qc di atas dasar tiang

No.	Kedalaman (m)	qc (kg/cm ²)
1	17,5	33
2	17,7	37,5
3	17,9	39,5
4	18	40
5	18,2	42
6	18,4	45
7	18,5	44,5
Σqc		281,5 (kg/cm ²)

Maka nilai qc rata – rata adalah :

$$qc1 = \frac{\Sigma qc}{n} = \frac{281,5}{7} = 40,241 \text{ kg/cm}^2$$

Dari persamaan (II.4), kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_p) :

$$q_p = \frac{q_c(\text{base})}{F_b} \text{ (Nilai } F_b \text{ dari Tabel II.1, beton precast} = 1.75)$$

$$q_p = \frac{40,241}{1.75} = 22,995 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas dukung ujung tiang pancang (Q_p) :

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$Q_p = 22,995 \times 961.6 = 22111,992 \text{ kg} = 22,112 \text{ ton}$$

b. Perhitungan kapasitas dukung kulit (Q_s) pada tanah kohesif

Dari persamaan (2.5), kapasitas dukung kulit persatuan luas (f) dengan $L = 1800 \text{ cm}$:

$$f = q_c(\text{side}) \frac{a_s}{F_s} \text{ (Nilai } a_s \text{ dan } F_s \text{ dari Tabel 2.1 dan Tabel 2.2)}$$

$$\begin{aligned} f &= 24,725 \cdot \frac{0.06}{3.5} \\ &= 0,424 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung kulit (Q_s) :

$$\begin{aligned} Q_s &= f \cdot A_s \cdot 1800 \\ &= 0,424 \cdot 109,9 \cdot 1800 \\ &= 83848 \text{ kg} \\ &= 83,848 \text{ ton} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang metode Aoki dan De Alencer dapat dilihat pada Tabel 4.8.

4.8.2 Perhitungan kapasitas daya dukung tiang hasil *Standard Penetration Test (SPT)*

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang per lapisan dari data SPT.

1. Tiang Pancang Diameter 0,35 m

a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang Pada Tanah Kohesif

$$Q_p = 9 \cdot c_u \cdot A_p$$

$$\begin{aligned}\text{Dimana : } c_u &= N\text{-SPT} \times 2/3 \times 10 \\ &= 5 \times 2/3 \times 10 \\ &= 33,35 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_p &= 9 \cdot c_u \cdot A_p \\ &= 9 \cdot 33,35 \cdot 0,0962 \\ &= 28,874 \text{ kN}\end{aligned}$$

b. Kapasitas Tahanan Selimut Tiang Pada Tanah Kohesif

$$Q_s = \alpha \cdot c_u \cdot p \cdot L_i$$

Dimana :

$$\begin{aligned}c_u &= N\text{-SPT} \times 2/3 \times 10 \\ &= 5 \times 2/3 \times 10 \\ &= 33,35 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$Q_s = \alpha \cdot c_u \cdot A_s \cdot L_i$$

(Berdasarkan persamaan 2.16 faktor adhesi $\alpha_i = 0,55$)

$$\begin{aligned}&= 0,55 \cdot 33,35 \cdot 1,099 \cdot 2,6 \\ &= 52,412 \text{ kN}\end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang metode metode *Standart Penetration Test* dapat dilihat pada Tabel 4.9.

4.8.3 Kapasitas daya dukung tiang pancang berdasarkan metode Meyerhof (1976)

- a. Daya dukung ujung fondasi tiang pancang (end bearing)

Pada tanah kohesif :

$Q_p = A_p \cdot c_u \cdot N_c$ (Faktor daya dukung tanah untuk fondasi tiang pancang nilai $N_c = 9$)

$$\begin{aligned} Q_p &= 0.0962 \cdot 3,399 \cdot 9 \\ &= 2,943 \text{ ton} \end{aligned}$$

- b. Daya dukung selimut tiang pancang (skin friction)

$$Q_s = f_i \cdot L_i \cdot p$$

$$f_i = \alpha_i^* \cdot c_u$$

(Berdasarkan persamaan 2.16 faktor adhesi $\alpha_i = 0,55$)

$$= 0,55 \times 3,399$$

$$= 1,869 \text{ ton/m}^2$$

$$Q_s = f_i \cdot L_i \cdot A_p$$

$$= 1,869 \cdot 2,6 \cdot 1,099$$

$$= 5,340 \text{ ton}$$

Untuk hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang metode Meyerhof dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.8 Hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang Metode Aoki dan De Alencer

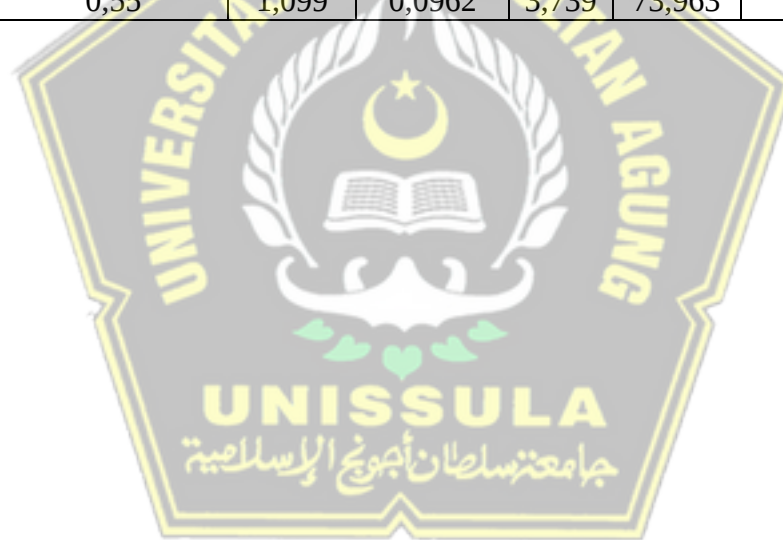
Kedalam (m)	qc1	qc2	F	As (m)	Ap (m ²)	Qs (ton)	Comumulative	Qp (ton)	Qu (ton)	Qall (ton)
0	0	0	0	1,099	0,0962	0	0	0	0	0
2	19,786	46,909	0,804	1,099	0,0962	17,675	17,675	10,872	28,547	9,51577
4	15,429	28,619	0,491	1,099	0,0962	21,567	39,243	8,478	47,720	15,9068
6	15,643	25,452	0,436	1,099	0,0962	28,771	68,013	8,596	76,609	25,5362
8	21,857	23,780	0,408	1,099	0,0962	35,842	103,855	12,010	115,865	38,6218
10	20,714	23,780	0,399	1,099	0,0962	43,886	147,741	11,382	159,123	53,0411
12	23,571	23,590	0,404	1,099	0,0962	53,333	201,074	12,952	214,026	71,342
14	24,429	23,380	0,401	1,099	0,0962	61,668	262,742	13,423	276,165	92,055
16	29,786	23,753	0,407	1,099	0,0962	71,601	334,343	16,367	350,710	116,903
18	40,214	24,725	0,424	1,099	0,0962	83,848	418,191	22,112	440,303	146,768

Tabel 4.9 Hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang metode *Standart Penetration Tes*

Kedalam (m)	N-SPT	Cu	As (m)	Ap (m ²)	Qs	Comumulative	Qp (ton)	Qu (ton)	Qall (ton)
0	0	0	1,099	0,0962	0	0	0	0	0
2,6	5	3,40	1,099	0,0962	5,348	5,348	2,946	8,295	2,765
5,4	2	1,36	1,099	0,0962	4,443	9,791	1,179	10,970	3,657
7,6	3	2,04	1,099	0,0962	9,380	19,171	1,768	20,939	6,980
12,6	5	3,40	1,099	0,0962	25,918	45,089	2,946	48,035	16,012
15,2	4	2,72	1,099	0,0962	25,013	70,102	2,357	72,459	24,153
17,6	8	5,44	1,099	0,0962	57,925	128,026	4,714	132,741	44,247
18	10	6,81	1,099	0,0962	74,051	202,078	5,893	207,970	69,323

Tabel 4.10 Hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang berdasarkan metode Meyerhof

Kedalaman	N-SPT	Cu (ton)	Faktor Adhesi	As (m)	Ap (m ²)	fi	Qs	Commulative	Qp (ton)	Qult (ton)	Qall (ton)
2,6	5	3,399	0,55	1,099	0,0962	1,869	5,342	5,342	2,943	8,285	2,762
5,4	2	1,360	0,55	1,099	0,0962	0,748	4,438	9,780	1,177	10,957	3,652
7,6	3	2,039	0,55	1,099	0,0962	1,122	9,369	19,148	1,766	20,914	6,971
12,6	5	3,399	0,55	1,099	0,0962	1,869	25,887	45,035	2,943	47,978	15,993
15,2	4	2,719	0,55	1,099	0,0962	1,496	24,983	70,018	2,354	72,373	24,124
17,6	8	3,399	0,55	1,099	0,0962	2,991	57,855	127,874	4,709	132,582	44,194
18	10	6,798	0,55	1,099	0,0962	3,739	73,963	201,837	5,886	207,722	69,241



4.9 Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi Tiang

1. Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral

Daya tanah :

Tabel 4.11 Berat Jenis Tanah

Jenis Tanah	γ_{sat} (KN/m ³)	γ_{dry} (KN/m ³)
Kerikil	20-22	15-17
Pasir	18-20	13-16
Lanau	18-20	14-18
Lempung	16-22	14-21

(Sumber : Soil Mechanics and Foundation, John Wiley & Sons, 2000)

$$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$K_p = \tan^3 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_p = 3,044$$

Spesifikasi tiang :

$$D = 0.35 \text{ m}$$

$$L = 18 \text{ m}$$

$$f_c' = 600 \text{ kg/cm}^2 = 50 \text{ Mpa}$$

- a. Cek kekakuan tiang fondasi tiang pancang menggunakan (Persamaan 2.32)

$$\begin{aligned}
 E &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \sqrt{50} \\
 &= 33234,02 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Kekakuan tiang fondasi pancang menggunakan (Persamaan 2.22)

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{64} \times \pi \times D^4 \\
 &= \frac{1}{64} \times 3,14 \times 0,35^4 \\
 &= 0,0007 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai kekakuan dari fondasi tiang dibutuhkan nilai n_h yang dapat di ambil dari Tabel 2.9 nilai – nilai n_h untuk tanah kohesif.

Nilai n_h di dapat 150 kN/m^2 (Lihat Tabel 2.5)

Untuk faktor kekakuan tanah berdasarkan (Persamaan 2.23) dan (Persamaan 2.24)

$$\begin{aligned}
 T &= \left(\frac{Ep \times Ip}{\eta h} \right)^{\frac{1}{5}} \\
 &= \left(\frac{33234,02 \times 0,001}{150} \right)^{\frac{1}{5}} \\
 &= 0,74 \text{ m} \\
 4T &= 4 \times T \\
 &= 4 \times 0,74 \\
 &= 2,96 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, $L > 4T$, maka tiang fondasi termasuk tiang fondasi panjang yang elastis.

b. Cek keruntuhan tanah

Untuk tiang fondasi ujung jepit berdasarkan (Persamaan 2.25)

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= \gamma \times D \times L^3 \times K_p \\
 &= 16 \times 0,35 \times 18^3 \times 3,044 \\
 &= 99414,605 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan tiang fondasi Panjang dan ujung tiang jepit maka, $M_y < M_{\max}$. Maka, asumsi nilai M_y di ambil 1500 kN.m

Untuk nilai H_u berdasarkan (Persamaan 2.26) dan (Persamaan 2.27)

$$\begin{aligned}
 f &= 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{D \times K_p \times \gamma}} \\
 f &= 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{0,35 \times 3,044 \times 16}}
 \end{aligned}$$

$$f = 0,198 \sqrt{H_u}$$

$$H_u = \left(\frac{2M_y}{e + \frac{2f}{3}} \right)$$

$$H_u = \left(\frac{2 \times 1500}{0 + (2 \times 0,198 \times \sqrt{H_u} / 3)} \right)$$

$$H_u = \left(\frac{22727,273}{\sqrt{H_u}} \right)$$

$$H_u^{\frac{2}{3}} = 22727,273$$

$$H_u = 802,351 \text{ kN}$$

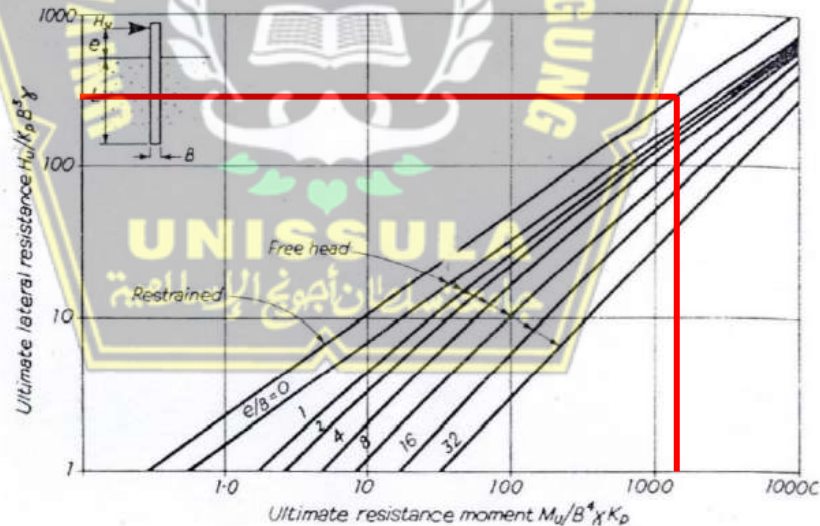
Dengan Nilai FS = 3, menggunakan (Persamaan 2.27) maka gaya lateral yang diijinkan yaitu,

$$\begin{aligned} H_s &= \frac{H_u}{F} \\ &= \frac{802,351}{3} \\ &= 267,450 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Daya dukung fondasi Tiang Pancang terhadap Gaya Lateral Secara Grafik berdasarkan (persamaan 2.28)

$$\begin{aligned} \text{Tahanan momen ultimit} &= \frac{M_u}{D^4 \chi \gamma \times K_p} \\ &= \frac{1500}{0,35^4 \times 16 \times 3,044} \\ &= 2052,364 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Nilai tahanan momen ultimit 2052,364 kN.m di input kedalam grafik untuk mendapatkan nilai tahanan lateral ultimit, Dari Gambar 4.4, diperoleh nilai tahanan lateral ultimit sebesar 500.



Gambar 4.6 Grafik Nilai Tahanan Momen Ultimit

Tabel 4.12 Hasil perhitungan daya dukung lateral fondasi tiang pancang

E (kN/m ²)	I (m ⁴)	T (m)	4T (m)	Mmax (kN/m)	Hu (kN)	Hs (kN)	Tahanan momen ultimit (kN/m)
33234,02	0,0007	0,74	2,96	99414,605	802,351	267,450	2052,364

Tabel 4.13 Ringkasan hasil perhitungan daya dukung aksial dan lateral fondasi tiang pancang

Perhitungan daya dukung aksial											
Metode Aoki dan De Al	qc1	qc2	As (m)	Ap (m ²)	Qs (ton)	Commulative (ton)	Qp (ton)	Qu (ton)	Qall (ton)	f	
18 m	40,214	24,725	1,099	0,0962	83,848	418,191	22,112	440,303	146,768	0,424	
Metode Standart Penetration Test	N-SPT	Cu	As (m)	Ap (m ²)	Qs (ton)	Commulative (ton)	Qp (ton)	Qu (ton)	Qall (ton)		
18 m	10	6,81	1,099	0,0962	74,051	202,078	5,893	3271,366	69,323		
Metode Meyerhof	N-SPT	Cu	As (m)	Ap (m ²)	Qs	Commulative (ton)	Qp (ton)	Qu (ton)	Qall (ton)	fi	Faktor Adhesi
18 m	10	6,798	1,099	0,0962	73,963	180,141	5,886	186,027	62,007	3,739	0,55
Perhitungan daya dukung lateral											
E (kN/m ²)	I (m ⁴)	T (m)	4T (m)	Mmax (kN/m)	Hu (kN)	Hs (kN)	Tahanan momen ultimit (kN/m)				
33234,02	0,0007	0,74	2,96	99414, 605	802,351	267,450	2052,364				

4.10 Menghitung penurunan tiang tunggal (*single pile*)

Menurut Vesic (1977), penurunan elastis fondasi tiang pancang tunggal dapat dihitung menggunakan rumus :

$$L = 18000 \text{ mm}$$

$$D = 350 \text{ mm}$$

$$F_c' = 50 \text{ MPa}$$

$$A_p = 96160 \text{ mm}^2$$

- Penurunan tiang tunggal (*single pile*)

Dari persamaan (2.33), Modulus elastisitas tanah disekitar tiang (E_s) :

$$\begin{aligned} E_s &= 3 \cdot q_c \\ &= 3 \cdot 40,214 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 120,642 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 11,831 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Menentukan modulus elastisitas tanah di dasar tiang :

$$\begin{aligned} E_b &= 10 \cdot E_s \\ &= 10 \cdot 11,831 \text{ Mpa} \\ &= 118,31 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Menentukan modulus elastisitas dari bahan tiang :

Dengan K-beton : K-600 maka $f_c' = 50 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned} E_p &= 4700 \sqrt{f_c} \\ &= 4700 \sqrt{50} \\ &= 33234,0187 \text{ MPa} \end{aligned}$$

1. Untuk nilai factor empiric pada selimut tiang persamaan 2.45 $\epsilon = 0,67$
(factor empiric dari tipe variasi tahanan selimut tiang)

Untuk nilai penurunan $S_{e(1)}$ menggunakan (Persamaan 2.44)

$$\begin{aligned} S_{e(1)} &= \frac{(Qp + \epsilon Qs) \times L}{Ap \times Ep} \\ &= \frac{(57,749 + 0,67 \times 724,837) \times 18000}{96160 \times 33,24} \\ &= 0,059 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Analisis nilai penurunan $S_{e(2)}$:

$$\begin{aligned} qp &= 600 \text{ kN/m}^2 \text{ (Tahanan ujung per satuan kN/m}^2\text{)} \\ &= 0,00006 \text{ kN/mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk menentukan nilai perkiraan modulus elastisitas tanah terdapat pada Tabel 2.10.

$$Es \text{ (moduus elastisitas tanah sekitar tiang)} = 7417 \text{ kN/m}^2$$

Dan di konversikan ke satuan kN/mm^2 , maka menjadi $Es = 0,00742 \text{ kN/mm}^2$.

Untuk menentukan nilai Poisson's Ratio di ambil dari Gambar 4.9 jenis tanah dan nilai Poisson's Ratio Maka nilai Poisson's ratio (μ) diambil : 0,92

Untuk nilai $S_{e(2)}$ menggunakan (Persamaan 2.46)

$$\begin{aligned} S_{e(2)} &= \frac{qp \times D}{Es} \times (1 - \mu_s^2) \\ &= \frac{0,00006 \times 350}{0,00742} \times (1 - 0,3^2) \\ &= 2,575 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Analisis nilai penurunan $S_{e(3)}$ menggunakan (Persamaan 2.47) dan (Persamaan 2.48) :

$$Es = 0,00742 \text{ kN/mm}^2$$

$$S_{e(3)} = \frac{Qs}{PL} \times \frac{D}{Es} \times (1 - \mu_s^2) Iws$$

$$\begin{aligned} Iws &= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \\ &= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{18000}{350}} \\ &= 4,51 \end{aligned}$$

Maka nilai $S_3(3)$:

$$\begin{aligned} S_e(3) &= \frac{Q_s}{P_L} \times \frac{D}{E_s} \times (1 - \mu_s^2) I_{ws} \\ &= \frac{724,837}{1099 \times 18000} \times \frac{350}{0,00742} \times (1 - 0,3^2) \times 4,51 \\ &= 7,09 \text{ mm} \end{aligned}$$

Total penurunan elastis yang terjadi pada fondasi tiang pancang yaitu:

$$\begin{aligned} S_e &= S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \\ &= 0,059 + 2,575 + 7,09 \\ &= 9,724 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penurunan yang diijinkan menurut *Terzaghi* (1969) pada persamaan 2.49 :

$$\begin{aligned} S_e &= 10\% \times D \\ &= 0,1 \times 350 \\ &= 35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, penurunan total tiang tunggal lebih kecil dari syarat yang diijinkan yaitu $9,724 \text{ mm} < 35 \text{ mm}$, sehingga syarat tersebut terpenuhi.

4.11 Menghitung Kapasitas Kelompok Tiang Berdasarkan Efisiensi

a. Perhitungan efisiensi grup PC 6

Dari persamaan (II.27), Efisiensi kelompok tiang (E_g) :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 m n'}$$

$$\theta = \arctg \left(\frac{D}{s} \right)$$

$$= \arctan^{-1} \left(\frac{35}{105} \right)$$

$$= 20,483$$

$$n' = 2 ; m = 3$$

$$E_g = 1 - 20,483 \frac{(2-1)3 + (3-1)2}{90 \times 3 \times 2}$$

$$= 0,734$$

Dari persamaan (II.26), Kapasitas kelompok ijin tiang (Qg) :

Dari metode Mayerhoff didapat nilai Qa = 69,241 ton

$$\begin{aligned} Q_g &= E_g \cdot n \cdot Q_a \\ &= 0,734 \cdot (6) \cdot 69,241 \\ &= 304,937 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung kelompok fondasi tiang PC 6 > dari beban struktur atas sebesar 69,241 ton, maka kelompok fondasi tiang sudah mampu menahan beban struktur atas, dengan kebutuhan sebanyak 6 tiang buah pancang.

b. Perhitungan efisiensi grup PC 11

Dari persamaan (II.27), Efisiensi kelompok tiang (Eg) :

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 m n'} \\ \theta &= \arctg \left(\frac{D}{s} \right) \\ &= \arctan^{-1} \left(\frac{35}{105} \right) \\ &= 20,483 \\ n' &= 3 ; m = 4 \\ E_g &= 1 - 20,483 \frac{(3-1)4 + (4-1)2}{90 \cdot 4 \cdot 3} \\ &= 0,734 \end{aligned}$$

Dari persamaan (II.26), Kapasitas kelompok ijin tiang (Qg) :

Dari metode Mayerhoff didapat nilai Qa = 69,241 ton

$$\begin{aligned} Q_g &= E_g \cdot n \cdot Q_a \\ &= 0,734 \cdot (11) \cdot 69,241 \\ &= 559,051 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung kelompok fondasi tiang PC 11 > dari beban struktur atas sebesar 69,241 ton, maka kelompok fondasi tiang sudah mampu menahan beban struktur atas, dengan kebutuhan sebanyak 11 tiang buah pancang.

c. Perhitungan efisiensi grup PC 12

Dari persamaan (II.27), Efisiensi kelompok tiang (E_g) :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 m n'}$$

$$\begin{aligned}\theta &= \arctan \left(\frac{D}{s} \right) \\ &= \arctan^{-1} \left(\frac{35}{105} \right) \\ &= 20,483\end{aligned}$$

$$n' = 3 ; m = 4$$

$$\begin{aligned}E_g &= 1 - 23,267 \frac{(2-1)6 + (6-1)2}{90 \cdot 6 \cdot 2} \\ &= 0,655\end{aligned}$$

Dari persamaan (II.26), Kapasitas kelompok ijin tiang (Q_g) :

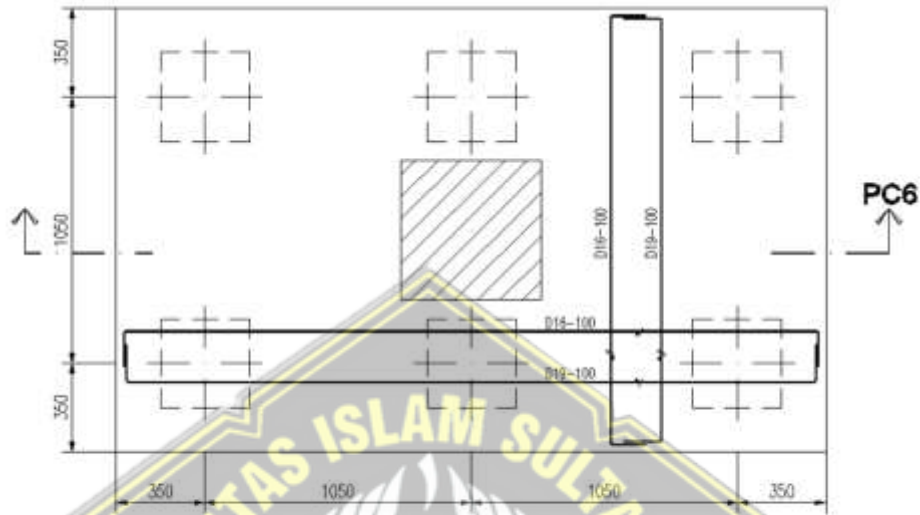
Dari metode Mayerhoff didapat nilai $Q_a = 69,241$ ton

$$\begin{aligned}Q_g &= E_g \cdot n \cdot Q_a \\ &= 0,734 \cdot (12) \cdot 69,241 \\ &= 609,874 \text{ ton}\end{aligned}$$

Daya dukung kelompok fondasi tiang PC 12 > dari beban struktur atas sebesar 69,241 ton, maka kelompok fondasi tiang sudah mampu menahan beban struktur atas, dengan kebutuhan sebanyak 12 tiang buah pancang.

4.12 Menghitung Penurunan kelompok tiang (S_g)

a. Pile Cap 6



Gambar 4.7 Pile Cap 6

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot I}{2 \cdot q_c}$$

dimana :

$$q_c = \frac{Q}{L_g B_g}$$

$$= \frac{149769,77}{280 \cdot 175}$$

$$= 3,056 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 1 - \frac{L}{8 B_g} \geq 0,5$$

$$= 1 - \frac{1800}{8 \cdot 175} \geq 0,5$$

$$= -0,285 \leq 0,5$$

maka :

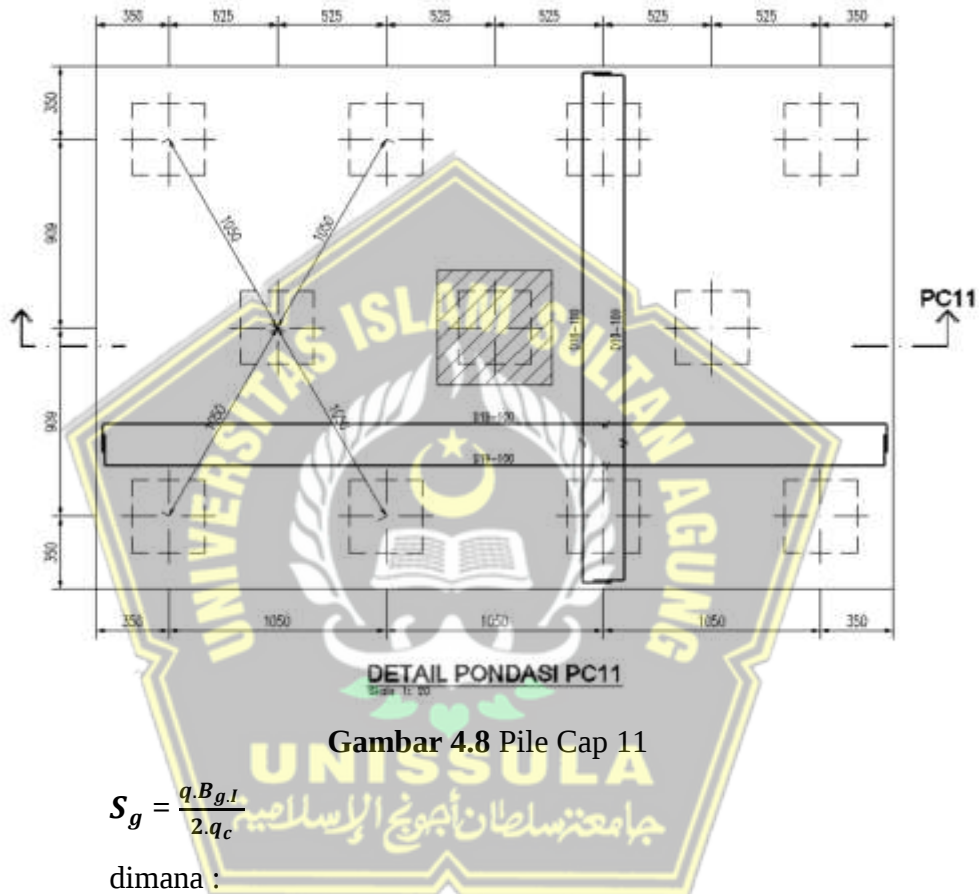
$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot I}{2 \cdot q_c}$$

$$S_g = \frac{3,056 \cdot 175 \cdot 0,5}{2 \cdot 40}$$

$$= 3,342 \text{ cm} = 33,42 \text{ mm} < 35 \text{ mm}$$

Maka, perkiraan total kelompok memenuhi syarat aman.

b. Pile Cap 11



Gambar 4.8 Pile Cap 11

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot I}{2 \cdot q_c}$$

dimana :

$$q_c = \frac{Q}{L_g B_g}$$

$$= \frac{223465.65}{400 \cdot 300}$$

$$= 1,862 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 1 - \frac{L}{8 B_g} \geq 0,5$$

$$= 1 - \frac{1800}{8 \cdot 252} \geq 0,5$$

$$= 0,107 \leq 0,5$$

maka :

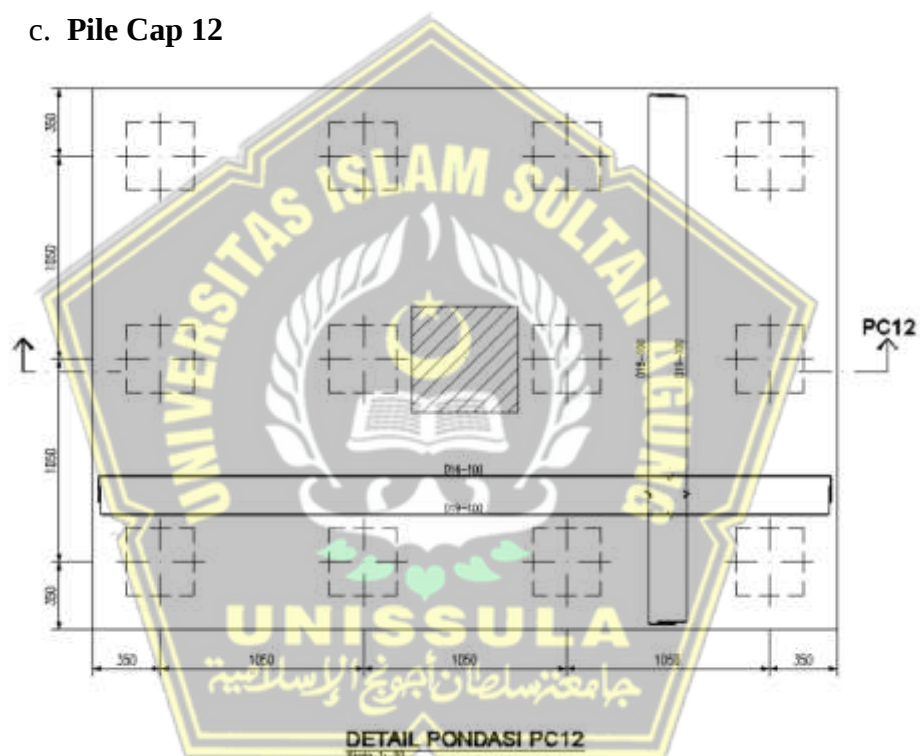
$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot l}{2 \cdot q_c}$$

$$S_g = \frac{1,862 \cdot 300 \cdot 0,5}{2 \cdot 40}$$

$$= 3,491 \text{ cm} = 34,9 \text{ mm} > 35 \text{ mm}$$

Maka, perkiraan total kelompok tidak memenuhi syarat aman.

c. Pile Cap 12



Gambar 4.9 Pile Cap 12

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot l}{2 \cdot q_c}$$

dimana :

$$q_c = \frac{Q}{L_g B_g}$$

$$= \frac{149444.48}{385 \cdot 280}$$

$$= 1,386 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 1 - \frac{L}{8 B_g} \geq 0,5$$

$$= 1 - \frac{1800}{8 \cdot 280} \geq 0,5$$

$$= 0,196 \leq 0,5$$

maka :

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot I}{2 \cdot q_c}$$

$$S_g = \frac{1,386 \cdot 280 \cdot 0,5}{2 \cdot 40}$$

$$= 2,42 \text{ cm} = 24,2 \text{ mm} < 35 \text{ mm}$$

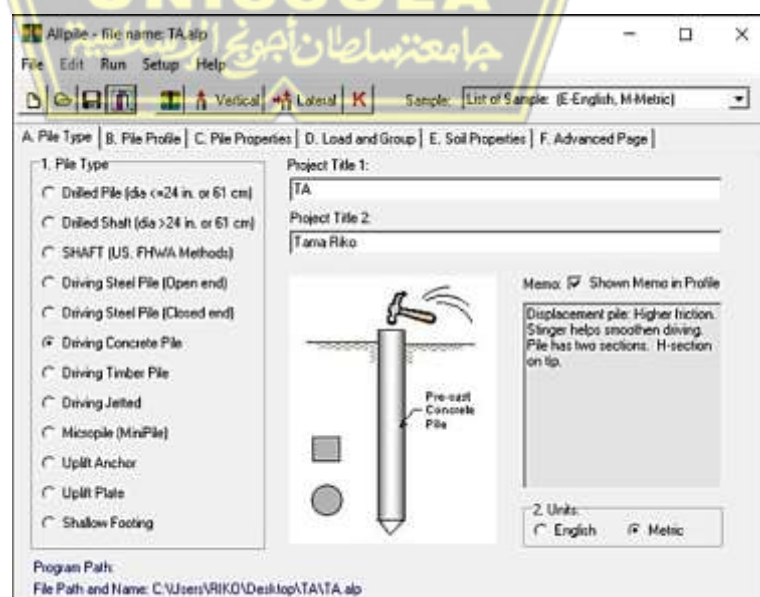
Maka, perkiraan total kelompok memenuhi syarat aman.

4.13 Menganalisa Pemodelan Dengan Program *Allpile*

Allpile adalah salah satu program yang digunakan dalam menganalisa atau merencanakan sebuah fondasi. Terdapat berbagai jenis fondasi di dalam program *allpile* salah satunya adalah tiang pancang. Berikut adalah langkah-langkah dalam pemodelan menggunakan program *allpile*.

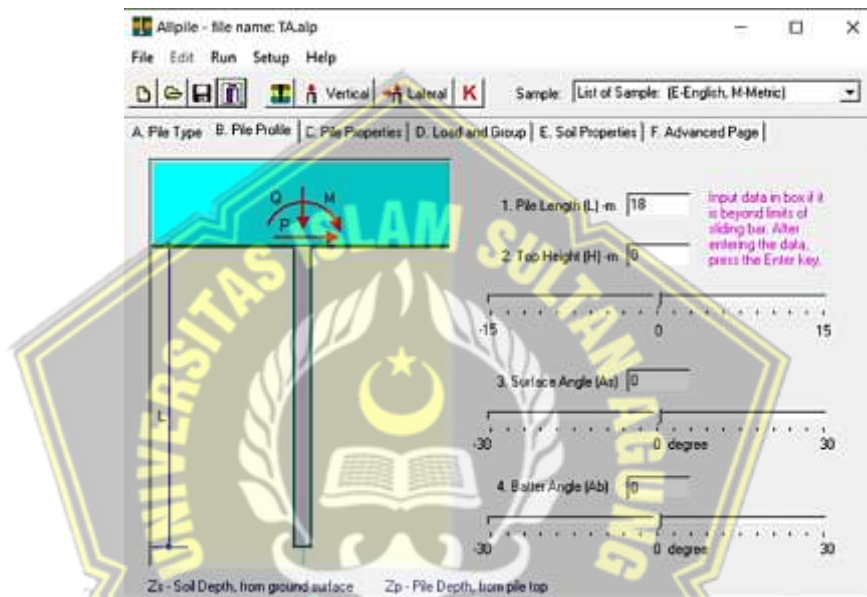
Langkah-langkah permodelan dengan program *Allpile* sebagai berikut :

1. Menentukan *pile tipe* atau tipe fondasi yang akan digunakan dan isikan judul pada kolom *project title* yang di jelaskan pada Gambar 4.10.



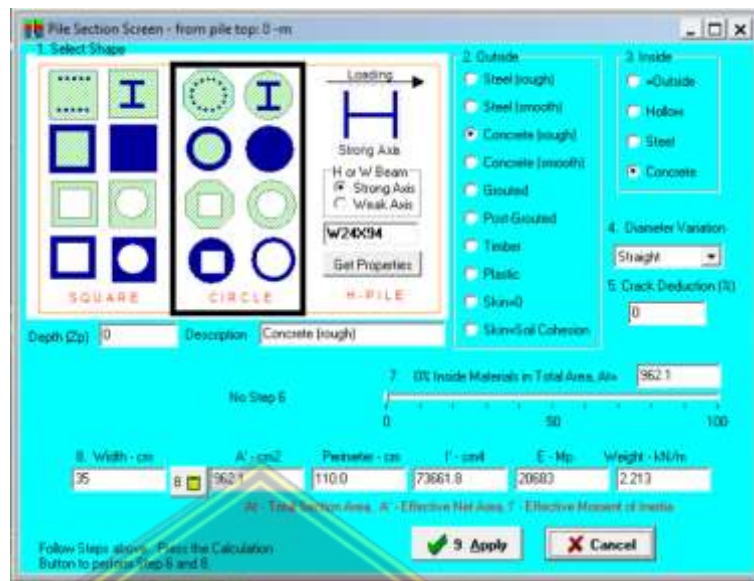
Gambar 4.10 Pile Type

2. Untuk *pile profile* atau profil tiang di isi sesuai dengan rencana tiang yang akan di analisa seperti panjang tiang, panjang tiang yang muncul ke atas, dan kemiringan tiang. Perencanaan kali ini menggunakan tiang pancang dengan kedalaman 1800 cm seperti pada Gambar 4.11.



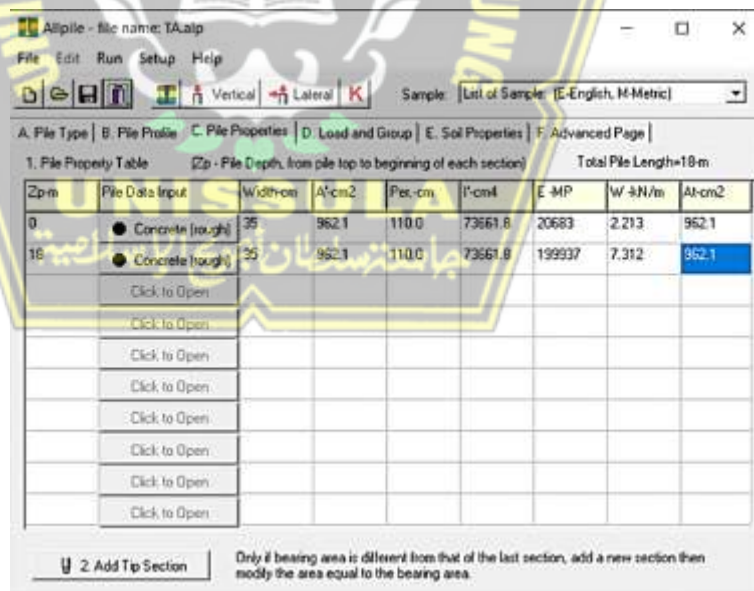
Gambar 4.11 Pile Profile

3. Selanjutnya *pile properties* atau properti fondasi. *Pile properties* ini merupakan pengisian data fondasi yang digunakan contohnya : bentuk fondasi, material yang digunakan, tulangan, kendala fondasi dan diameter fondasi seperti pada Gambar 4.12.



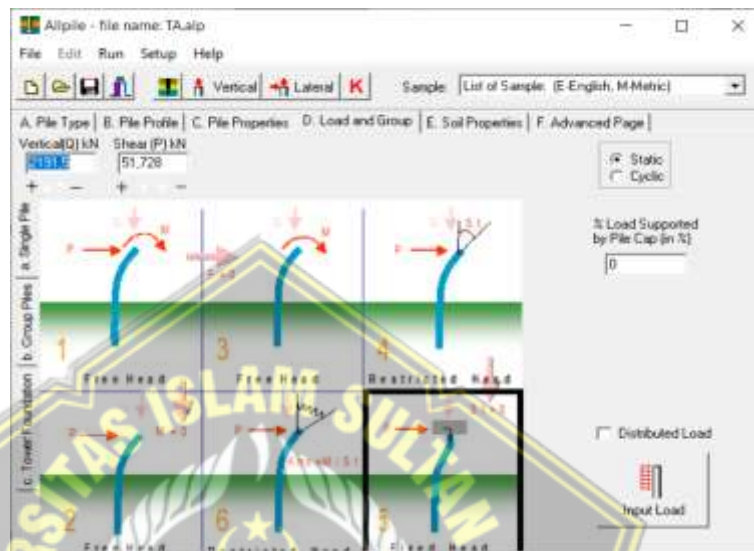
Gambar 4.12 *pile properties*

untuk kedalaman fondasi sesuai rencana yaitu 1800 cm dengan kemiringan tanah dan kondisi tiang pancang menyesuaikan kondisi lapangan seperti pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 *Setting Kedalaman Fondasi*

4. *Load and Group* merupakan pembebanan yang akan di lakukan pada fondasi yang direncanakan. Sesuai dengan hasil program *Etabs* didapat beban vertikal dan horizontal sebesar 2191,5 kN dan 51,728 kN seperti pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 *Load and Group*

5. *Soil Properties* adalah langkah dimana memasukkan data tanah. Disini input data tanah sesuai yang didapat dari pengujian tanah di Madukoro, Semarang seperti pada Gambar 4.15.

Zs-m	Soil Data Input	G (kN/m ³)	Phi	C (kN/m ²)	k (MN/m ³)	e50 or Di	Napt	Type
0	Sand/Gravel	15.4	35	1	0.2	4.47	1	4
4	Sand/Gravel	7.0	35	1	3.7	19.97	5	4
7	Soft Clay [w]	1.1	20	5	2.3	2.13	2	1
17	Soft Clay [w]	9	22	15	28.1	1.3	5	1
21	Stiff Clay [w]	10.7	24	38	107.9	0.79	12	2
24	Stiff Clay [w]	11.3	25	85	317.7	0.48	27	2
30	Stiff Clay [w]	11.9	25	100	459.1	0.4	36	2
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							

Gambar 4.15 *Soil Properties*

6. *Advanced Page* disini melakukan pengisian factor keamanan yaitu sebesar 2,5. Maka input data seperti gambar 4.16.

The screenshot shows the 'Advanced Page' of the Alpile software. The 'Analysis Parameters' table is as follows:

Parameters	Value [1]	Value [2]
FS for Downward [1] FS_side; [2] FS_tip	3.0	3.0
FS for Uplift [1] FS_side; [2] FS_weight	2.0	1.0
Load Factor: [1] Vertical Q; [2] Lateral P.M.T	1.0	1.0
(Critical Depth)(Pile Diameter) [1] Side; [2] Tip	20.0	20.0
Resistance Limits: [1] Side; [2] Tip - N/m ² (No Limit: 9999)	9999.0	9999.0
Allowable Deflection: [1] Vertical x_allow; [2] Lateral y_allow cm	0.0	0.0
Group Deduction Factor for Lateral Analysis: [1] Rfront; [2] Rside	1.0	1.0

Below the table, the 'Vesci Method' is selected for 'Load - Settlement Relation (t-z curve)'.

Gambar 4.16 *Advanced Page*

7. Setelah input data selesai, jalankan program agar melakukan analisa dengan menekan tombol f 5 dan program akan segera memberi hasil output seperti pada gambar 4.17 dan gambar 4.18

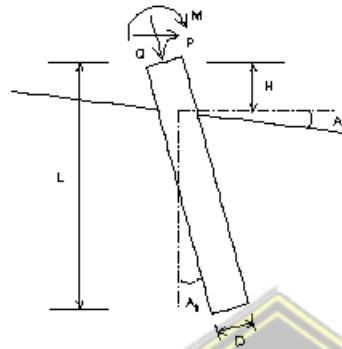
The screenshot shows the 'VERTICAL ANALYSIS RESULTS' dialog box. It contains the following options and settings:

- Buttons: Depth - s, f, Q Data; Submittal Report; Load - Settlement Data; Summary Report; Capacity - Length Data; Detailed Report; Length From: 1.0 to 27.0; To MS Excel; Ultimate (selected) / Allowable; t-z Curve; Figure No: Figure 1; q-w Curve; Close.

Gambar 4.17 Hasil Analisa Program

VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



Loads:
Load Factor for Vertical Loads= 1.0
Load Factor for Lateral Loads= 1.0
Loads Supported by Pile Cap= 0 %
Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 2191.5 -kN
Shear Load, P= 0.0 -kN
Slope Restrain St= 0.00 -cm/-cm

Profile:
Pile Length, L= 18.0 -m
Top Height, H= 0 -m
Slope Angle, As= 0
Batter Angle, Ab= 0

Fixed Head Condition

Driving Concrete Pile

Soil Data:

Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K _s -MN/m3	e50 or Dr %	Nspt
0	15.4	35	1	0.2	4.47	1
4	7.0	35	1	3.7	19.97	5
7	1.1	20	5	2.3	2.13	2
17	9	22	15	23.1	1.3	5
21	10.7	24	38	107.9	0.79	12
24	11.3	25	85	317.7	0.48	27
30	11.9	25	100	489.1	0.4	36

Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. -cm	I -cm4	E -MP	Weight -kN/m
0.0	35	962.1	110.0	73861.8	20683	2.213
18.0	35	962.1	110.0	73861.8	199937	7.312

Vertical capacity:

Weight above Ground= 0.00 Total Weight= 28.74 -kN *Soil Weight is not included
Side Resistance (Down)= 715.740 -kN Side Resistance (Up)= 470.748 -kN
Tip Resistance (Down)= 73.820 -kN Tip Resistance (Up)= 0.000 -kN
Total Ultimate Capacity (Down)= 795.560 -kN Total Ultimate Capacity (Up)= 497.488 -kN
Total Allowable Capacity (Down)= 265.187 -kN Total Allowable Capacity (Up)= 262.114 -kN
N/G! Qallow < Q

Settlement Calculation:

At Q= 2191.50 -kN Settlement= 99999.00000 -cm
At Xallow= 0.50 -cm Qallow= 788.92133 -kN

Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 9999.

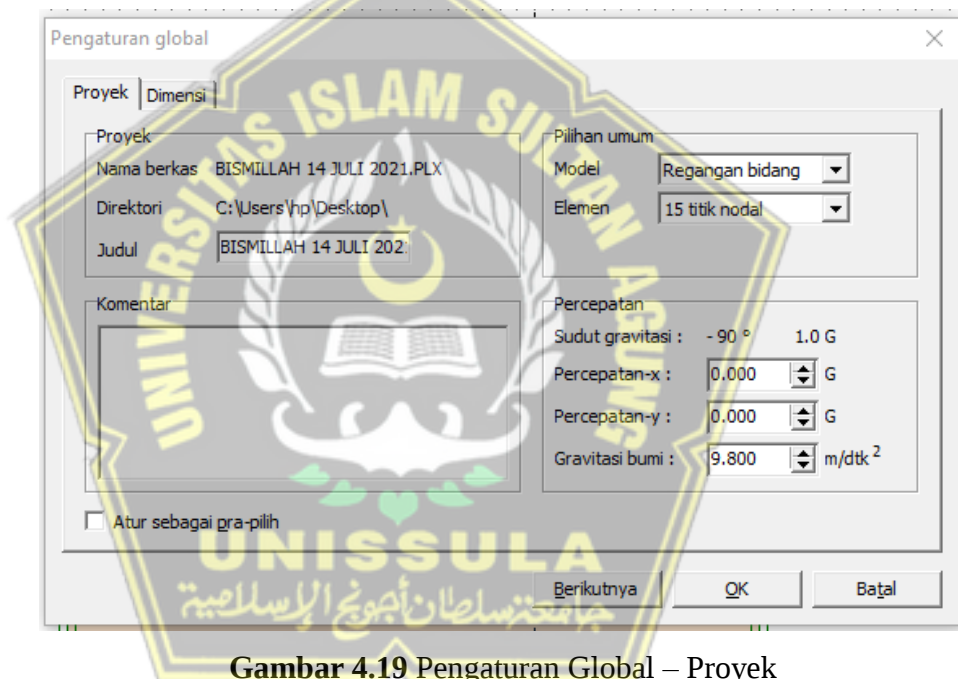
Gambar 4.18 Hasil Analisa Vertikal

4.14 Perhitungan penurunan menggunakan program Plaxis V.8.6

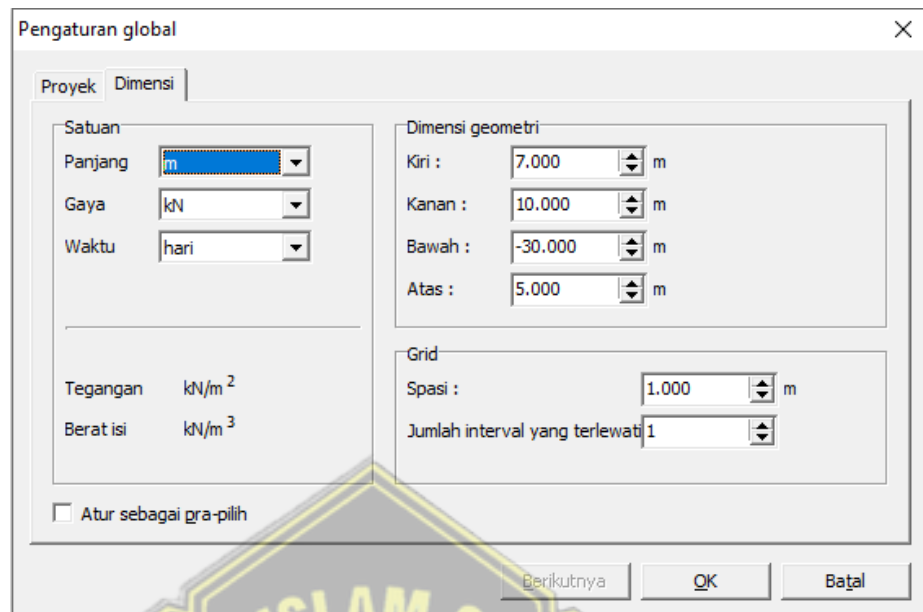
Pemodelan fondasi tiang pancang menggunakan program Plaxis V.8.6 untuk mengetahui penurunan fondasi tiang pancang yang terjadi akibat adanya beban aksial yang diterima fondasi tiang pancang tersebut.

Berikut ini merupakan langkah-langkah penggunaan program Plaxis V.8.6 pada fondasi tiang pancang :

1. Menentukan judul, satuan dan dimensi yang akan di gunakan dalam permodelan fondasi tiang pancang seperti pada Gambar 4.19. dan Gambar 4.20.

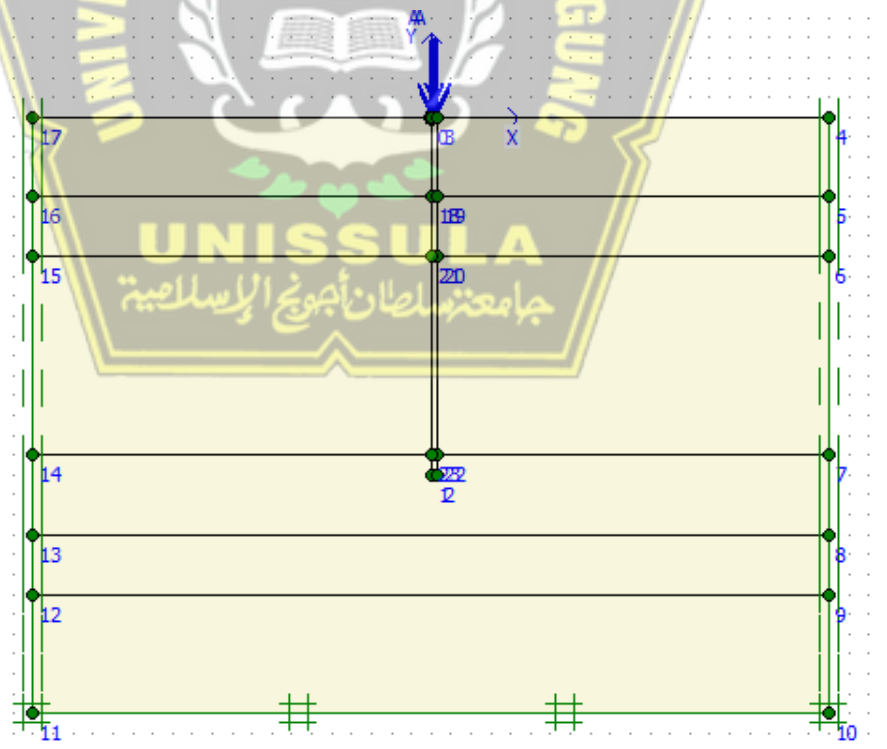


Gambar 4.19 Pengaturan Global – Proyek



Gambar 4.20 Pengaturan Global – Dimensi

2. Pembuatan permodelan sesuai dengan data yang di dapat untuk perencanaan fondasi tiang pancang seperti pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Permodelan Kontur Tanah

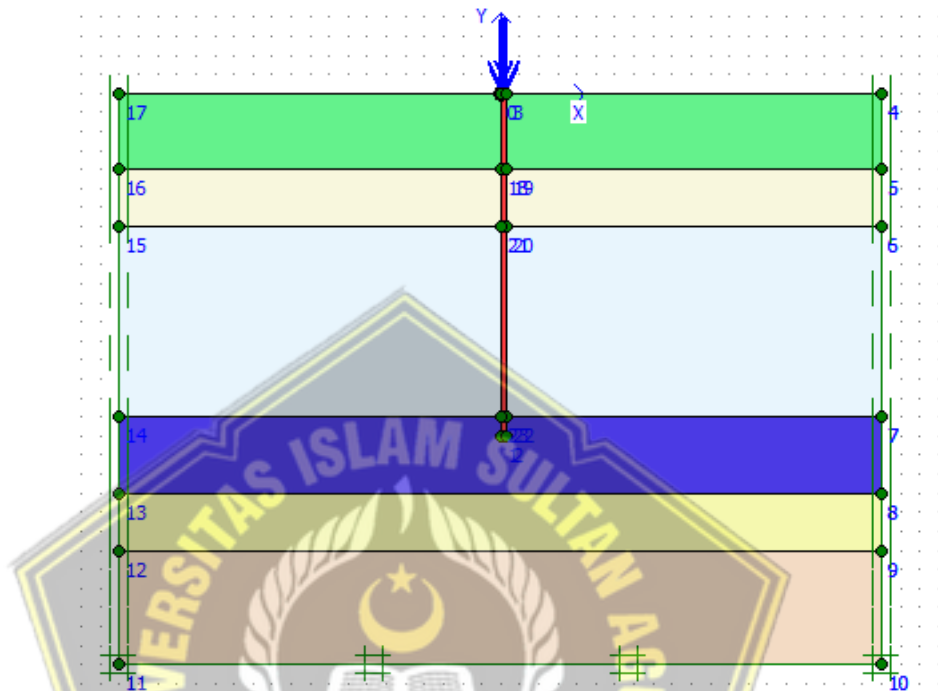
3. Input material tanah yang akan di gunakan sesuai dengan data tanah yang akan di pakai untuk perencanaan seperti pada Gambar 4.22.

Gambar 4.22 Data Material Tanah

4. Input material data fondasi yang akan di gunakan sesuai perencanaan seperti pada Gambar 4.23.

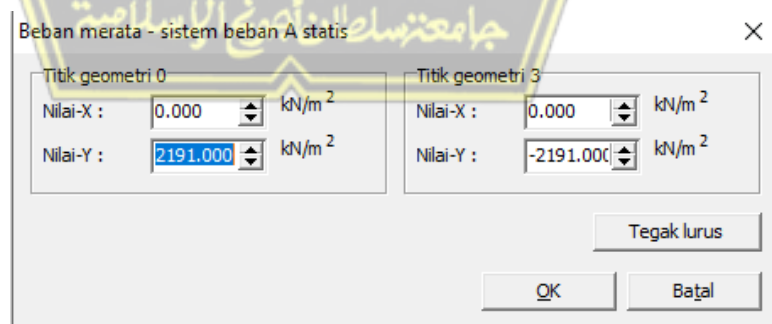
Gambar 4.23 Data Material Fondasi

5. Kemudian melakukan input material tanah dan fondasi tiang pancang ke dalam permodelan yang telah di buat sebelumnya menjadi seperti pada Gambar 4.24.



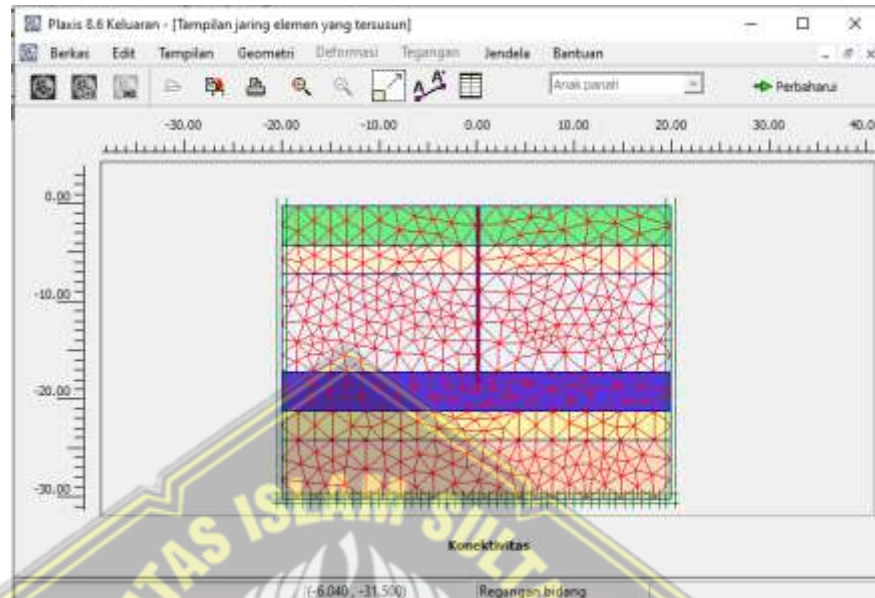
Gambar 4.24 Input Material tanah dan fondasi

6. Langkah selanjutnya adalah input beban dan beban yang terjadi pada fondasi tiang pancang sebesar 2191 kN/m² seperti pada Gambar 4.25.



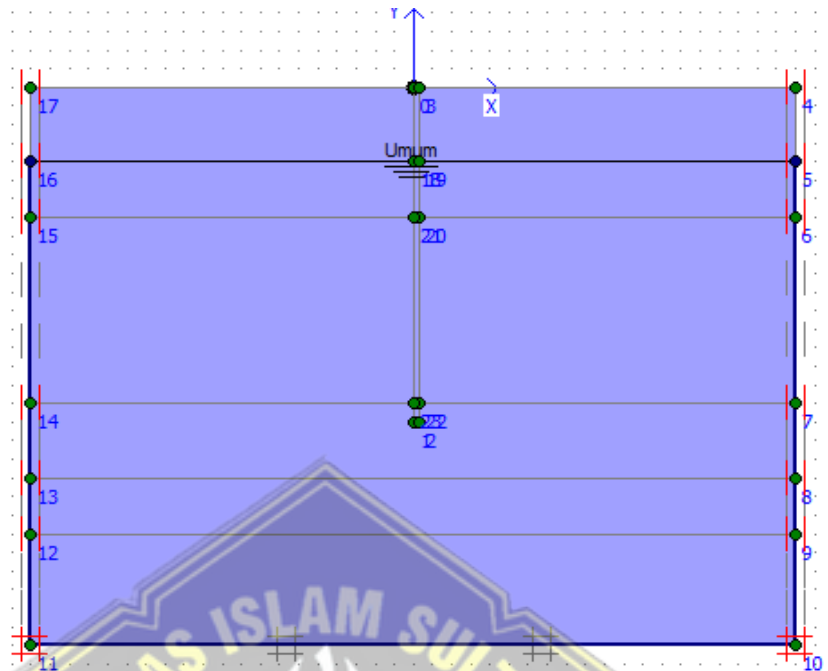
Gambar 4.25 Nilai Beban Merata

7. Klik *Generate mesh* untuk melihat susunan jaringan antar elemen tanah seperti pada gambar 4.26.



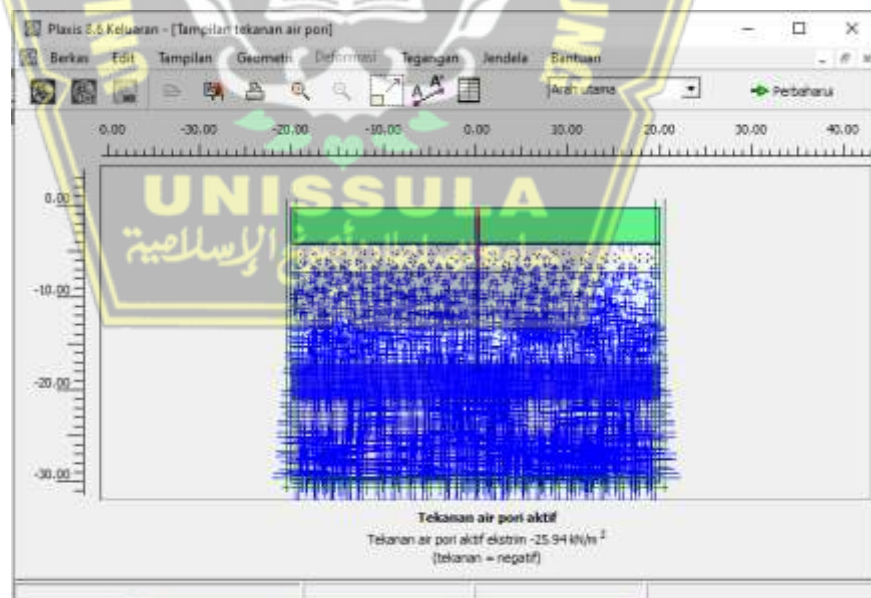
Gambar 4.26 Susunan Jaring Elemen

8. Klik symbol kondisi awal yang terdapat pada *toolbar*. lalu menentukan elevasi muka air tanah dengan klik symbol muka air tanah, pada perencanaan ini muka tanah berada pada kedalaman -4 m seperti pada Gambar 4.27.



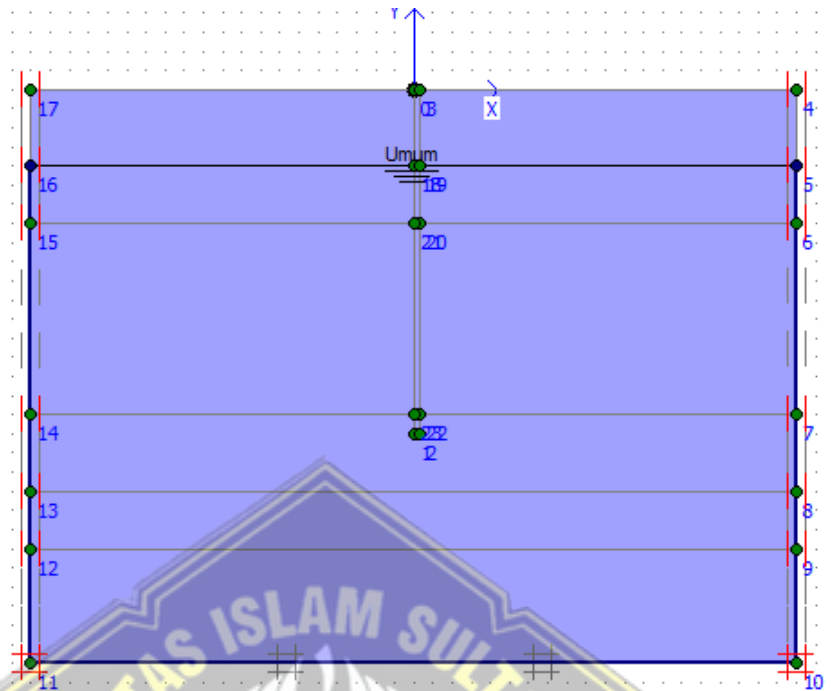
Gambar 4.27 Muka Air Tanah

9. Setelah itu klik  agar tekanan air pori aktif seperti pada Gambar 4.28.



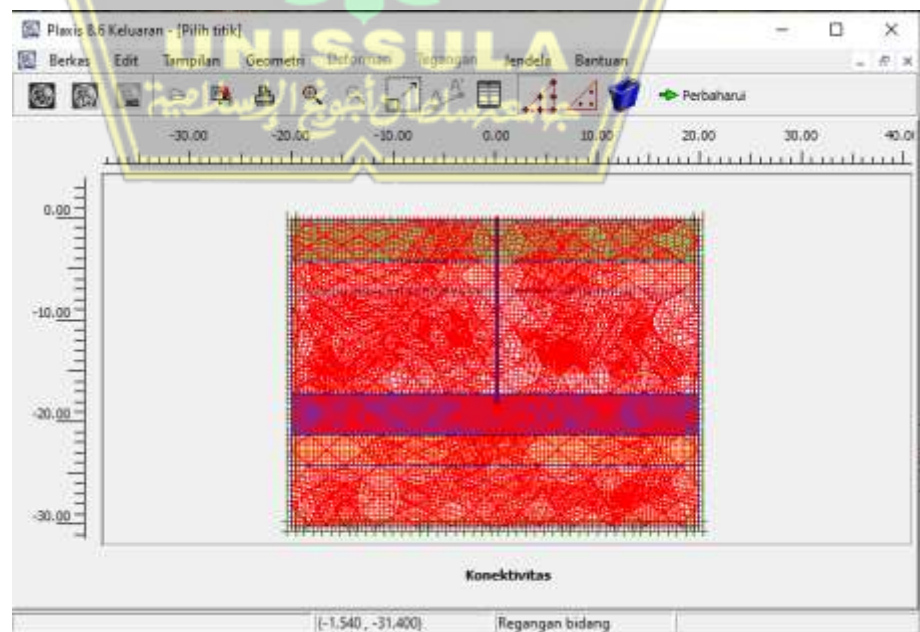
Gambar 4.28 Tekanan Air Pori Aktif

10. Klik symbol  yang berfungsi untuk mengaktifkan tekanan air pori pada kondisi awal, seperti pada Gambar 4.29.



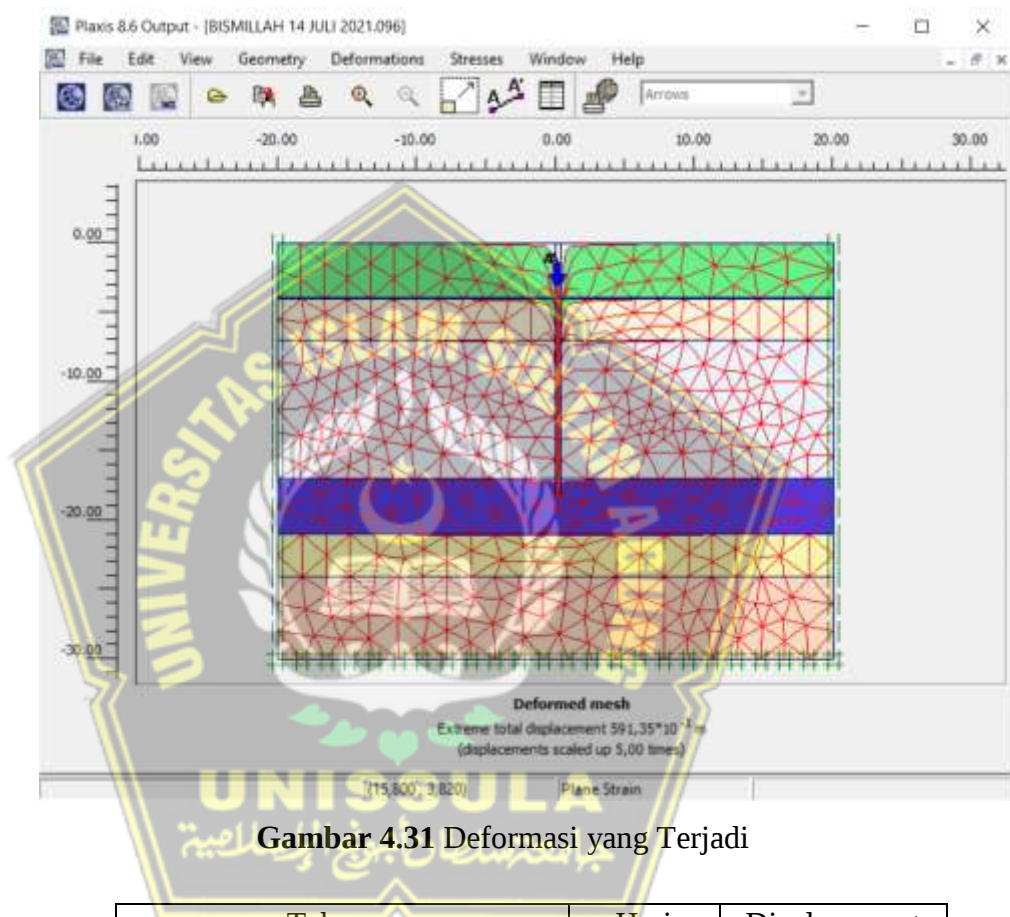
Gambar 4.29 Mengaktifkan Tekanan Air Pori Awal

11. Klik symbol  Pada *toolbar* untuk mengaktifkan tekanan efektif. Selanjutnya klik Ok. Kemudian klik perbarui dan klik hitung untuk mengetahui hasil akhir dari perhitungan permodelan menggunakan program Plaxis V.8.6 seperti pada gambar 4.30.



Gambar 4.30 Tekanan Efektif Tanah

12. Setelah semua permodelan dan memasukkan parameter – parameter selesai, maka selanjutnya dilakukan perhitungan diantaranya analisis plastis, dan konsolidasi. Dengan mengaktifkan beban sebagai fungsi dari waktu dengan mengatur faktor – faktor pengali yang bersangkutan.



Gambar 4.31 Deformasi yang Terjadi

Tahapan	Hari	Displacement (cm)
Tahap 1 (Analisa Plastis)	28	-58
Tahap 2 (Konsolidasi)	365	-59

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dalam analisa daya dukung aksial pondasi tiang pancang secara manual, di dapat nilai daya dukung ujung (Q_p) pada kedalaman 18 meter dengan 3 metode yaitu :

- Aoki dan De Alencer = 22 ton
- Standart Penetration Test = 5,9 ton
- Meyerhoff = 5,9 ton

Daya dukung selimut Q_s (*skin friction*) dengan 3 metode yaitu :

- Aoki dan De Alencer = 83,8 ton
- Standart Penetration Test = 74 ton
- Meyerhoff = 73,9 ton

Daya dukung aksial Q_u dengan 3 metode yaitu :

- Aoki dan De Alencer = 440,3 ton
- Standart Penetration Test = 3271,4 ton
- Meyerhoff = 186 ton

Daya dukung ijin Q_{all} dengan 3 metode yaitu :

- Aoki dan De Alencer = 146,7 ton
- Standart Penetration Test = 69 ton
- Meyerhoff = 62 ton

2. Dalam analisa daya dukung lateral pondasi tiang pancang secara manual, di dapat nilai daya dukung lateral (H_u) pondasi tiang pancang sebesar 802,3 kN.
3. Analisa penurunan yang terjadi akibat beban aksial dan beban lateral pada pondasi tiang pancang secara manual di dapat nilai penurunan $S_{e(1)}$ sebesar 0,059 mm, penurunan $S_{e(2)}$ sebesar 2,6 mm, dan penurunan $S_{e(3)}$ sebesar 7 mm. Sehingga nilai penurunan total (S_e) 9,7 mm, dengan batas nilai penurunan yang di ijinakan yaitu sebesar 35 mm.

4. Analisa penurunan kelompok tiang yang terjadi pada fondasi tiang pancang secara manual didapat nilai penurunan pada PC 6, 11, dan 12 sebagai berikut :
 - Pile Cap 6 = 33,4 mm
 - Pile Cap 11 = 34,9 mm
 - Pile Cap 12 = 24,2 mm
5. Analisa penurunan fondasi tiang pancang menggunakan program Allpile V.7.B dilanjut ke program Plaxis V.8.6 di hasilkan nilai penurunan pada fondasi tiang pancang sebesar 36 cm.

5.2 Saran

Dari hasil perhitungan analisa pada laporan tugas akhir merekondasikan saran sebagai berikut:

1. Dalam analisa fondasi ini masih terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan data yang di peroleh penulis, sehingga perhitungan perencanaan daya dukung fondasi dan penurunan fondasi perlu di perhitungkan ulang.
2. Perhitungan beban, daya dukung fondasi tiang pancang dan penurunan fondasi tiang pancang secara manual maupun permodelan menggunakan program Etabs 17, Allpile dan program Plaxis V.8.6 merupakan sebuah prediksi sehingga perlu disesuaikan dengan kondisi di lapangan.
3. Perhitungan menggunakan program dilakukan untuk membantu atau sebagai alternatif analisa daya dukung dan penurunan pada fondasi tiang pancang dan di gunakan untuk pembandingan pada perhitungan manual daya dukung fondasi dan penurunan pada fondasi tiang pancang. Sehingga hasil perhitungan pada laporan ini perlu di kaji ulang terhadap hasil perbandingan antara perhitungan manual dan perhitungan menggunakan program.
4. Pada analisa fondasi ini diperlukan pengalaman dan keterampilan sehingga didapat hasil perencanaan yang lebih baik.
5. Pada analisa penurunan kelompok tiang seharusnya ada perhitungan akibat konsolidasi sehingga akan mendapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Dirgantara, Muhammad Fahri, 2018. *Perencanaan Ulang Fondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Diamter Menggunakan Metode Meyerhoff, Aoki & Dealencer, dan Luciano Decourt (Redesign Pile Foundation With Dimentiona Varlation Using Meyerhoff, Aoki & De Alencer, and LuciAano Decort Method)*. Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Hardiyatmo, H.C. 2014. *Analisis dan Perencanaan Fondasi I*. Yogyakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Hardiyatmo, H.C. 2014. *Analisis dan Perencanaan Fondasi II*. Yogyakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Husnah, 2015. *Analisa Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Fondasi Tissue Block 5&6*. Fakultas Teknik Universitas Abdurrah Jalan Riau Ujung. Pekanbaru.

Joseph E, Bowles. *Analisis dan Desain Fondasi Eedisi IV Jilid II*. Jakarta: Erlangga.

Kuncara, Danang Adi, 2019. *Perhitungan Daya Dukung Aksial dan Lateral Fondasi Dalam Berdasarkan Hasil Pengujian Tanah Lapangan Menggunakan Metode Tahanan Friksi, Tahanan Ujung, Lateral Elastik, dan Software Lpile*. Fakultas Perencanaan Infrastruktur Universitas Pertamina, Jakarta Selatan.

Manopo, Sumampouw, 2015. *Analisi Daya Dukung Tiang Bore (Bored Pile) Pada Struktur Pylon Jembatan Soekarno Dengan PLAXIS 3D*. Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Mina, Enden dan Kusuma, Rama Indera, 2013. *Kajian Analisis Fondasi Tiang Pancang Untuk Mesin Mixing Drum Menggunakan Program Plaxix (Area Sinter Plant Krakatau Posco)*. Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng

Tirtayasa Jurnal Fondasi Vol.2, No.2. Cilegon.

Nasarani, Hadi Wira, 2014. *Studi Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Beton Pada Proyek Pembangunan Apartement Riverside Malang* . Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang, Malang.

Novianto, Dandung, 2013. *Kinerja Fondasi Tiang Pancang Gedung Berdasarkan Data Sondir*. Jurnal PROKONS Politeknik Negeri Malang Vol. 7, No 2. Malang.

Prayogo, Kukuh dan Saptowati, Hasriyasti, 2016. *Penyelidikan Struktur dan Karakteristik Tanah Untuk Desain Fondasi Iradiator Gamma Kapasitas 2 Mci..* Jurnal Perangkat Nuklir Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN) Vol. 10, No. 01.

Sihotang, I E Sulastrri, 2009. *Analisa Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Kanwil DJP dan KPP SUMBAGUT I Jalan Suka Mulai Medan*. Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara Medan, Medan.

Sukri, Muhammad dan Sarita, Umran, 2019. *Analisis Kapasitas Dukung Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Data N-SPT, CPT dan kalendering*. Jurnal Stabita Teknik Sipil Universitas Halu Oleo Vol. 7, No. 1, Sulawesi Tenggara.

Ukiman dan Utomo, Setio, 2017. *Alat Uji Sondir*. Jurnal Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang Vol.03, No. 2, Semarang.

Yusti, Andi dan Fahrani, Ferra, 2014. *Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Diverifikasi Dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test dan Capwap*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung Vol. 2, No. 1, Bangka Belitung.



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50132 Telp. (024) 6581544-45 Fax (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 22 / A.2 / SA - T / VII / 2021

Pada hari ini, Senin Tanggal 26 Juli 2021 telah dilaksanakan

Seminar Tugas Akhir, dengan peserta sebagai berikut :

1 Nama	Pratama Sudrajat Wicaksono	30201700145
2 Nama	Riko Nandang Prabowo	30201700156

Judul TA Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Podasi Tiang Pancang Pada Tanah Lunak Madukoro
0
0

Dengan Hasil

: baik dengan koreksi
: dari dosen pengampu
:

Demikian Berita Acara Seminar Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan penggunaan seperlunya.

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing

Dr. Abdul Rochim, ST, MT

Dr. Ir. Rinda Karlitasari, MT

Selma Agustina, ST, M. Eng

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Anyar, ST, M. Eng



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

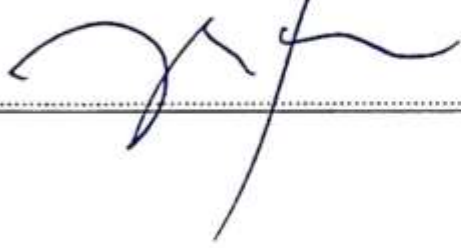
Bismillah Membangun Generasi Khalifah Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Pratama S.W (30201700145) dan Rizca N.P (20201700158)
Hari / Tanggal : Senin / 26 Juli 2021
Judul TA : Analisa Daya Dukung Penurunan Pondasi
Tiang Pancang Pada Tanah Lunak Modulkoro

NO	
1	Pada Rumusan masalah ditambah struktur atas
2	Paptar pustaka harus ada semua
3	Berita Acara pada kelengkapan di cek lagi
4	
5	

DOSEN PENGUJ





YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km 4 Semarang 50112 Telp: (024) 6583584 (H. Sal) Fax (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Profama S.I.F (30201700145) dan Riko N.P (30201700159)
Hari / Tanggal : Senin / 26 Juli 2021
Judul TA : Analisa Daya Dukung Penurunan Pondasi;
Tiang Pancang Pada Tanah Lunak Modukoro

NO	
1	Diberi penambahan q ultimate
2	Diberi penjelasan memakai jenis tanah apa dan memakai metode apa
3	Hasil di PPT hanya satu angka di belakang koma
4	
5	

DOSEN PENGUJI



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Katigawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (R. Sal) Fax (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Pratama S.W (30201700145) dan Piko N.P (30201700189)
Hari / Tanggal : Senin / 26 Juli 2021
Judul TA : Analisis Daya Dukung Penurunan Pondasi
Tiang Pancang Pada Tanah Lunak Madukoro

NO	
1	Bagan Alir ditambahi Etabs dan semua diarahkan diberi tanda panah kearah diskusi;
2	Cek kesimpulan Kesimpulan dibuat narasi
3	Formulasi masalah dicek lagi, ada beberapa kalimat yang kurang tepat
4	
5	

DOSEN PENGUJI



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (B Sel) Fax (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

**JUDUL TUGAS AKHIR
DALAM BAHASA INGGRIS**

Hari
Tanggal
Jam

Senin
26 Juli 2021
09.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Podasi Tiang Pancang Pada Tanah Lunak Madukoro

0

0

JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS

--

1	Pratama Sudrajat Wicaksono	30201700145	1	
2	Riko Nandang Prabowo	30201700156	2	

Pembimbing Tugas Akhir

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Dr. Abdul Rochim,ST,MT	1
2	Dr. Ir. Rinda Karlinasari,MT	2

Semarang, 26 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Alvar,ST,M,Eng
NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km 4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax: (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

DOSEN PENGUJI
SEMINAR TUGAS AKHIR

Hari
Tanggal
Jam

Senin
26 Juli 2021
09.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Podasi Tiang Pancang Pada Tanah Lunak Madukoro

1	Pratama Sudrajat Wicaksono	30201700145	1	
2	Riko Nandang Prabowo	30201700156	2	

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Dr. Abdul Rochim,ST,MT	
2	Dr. Ir. Rinda Karlinasari,MT	2
3	Selvia Agustina,ST,M.Eng	3

Semarang, 26 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089

LEMBAR ASISTENSI



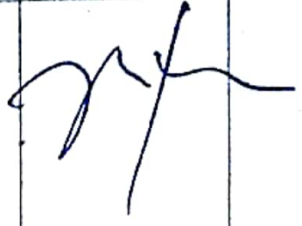
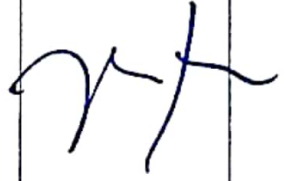
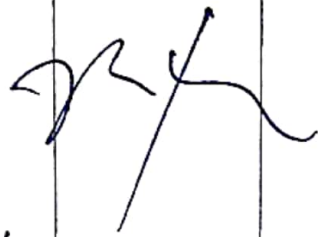
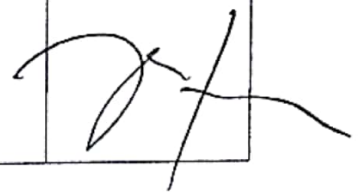
Nama : Pratama Sudrajat Wicaksono (30201700145)

Riko Nandang Prabowo (30201700156)

Dosen Pembimbing I : Dr. Abdul Rochim, ST, MT

Dosen Pembimbing II : Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
01	22 Des 2020	① Tujuan no. 1 direvisi menjadi "Beban Konstruksi atas". ② Program aplikasi ALLPILE ditambahkan. ③ Data tanah → Madukoro Smg, Gedung RS Prinsaya Semarang.	
02	13 Jan 2021	① Sewa gambar & tabel & narasikan. Pisahkan nama tabel & gambar pada narasi. ② Sewa RUMUS diberi penomoran. ③ Lanjutkan Bab IV.	
03	07 April 2021	① Bab IV dibuat sejelas mungkin. - Buat dahulu hasil ETABS lihat beban kolom yang terbesar. - Hitung daya dukung single pile ↳ aksial ↳ lateral ↳ penurunan - Pile grup ② Sebelum ke pile grup, gambar ulang atau infokan beban kolom yg terbesar tadi.	

04	13 April 2021	Revisi laporannya terutama bagian REFERENSI yang hampir tidak ada semua di Bab I - III	
05	28 Mei 2021	① Pada Bab IV setelah ETABS, masuk ke subbab FONDASI buat gambar fondasi lengkap dengan pelapisan tanahnya. ② Banyak angka-angka yang muncul tidak jelas dari mana ③ Hitungan Qs nya juga tidak jelas. Qs → koefisien nilainya berdasarkan panjang tiang fondasi ④ Revisi kata "pondasi" ke "Fondasi".	
06	02 Juni 2021	① Gambar pile cap dibuat lebih 'terbaca' / jelas ② Hasil d.d. tanah aksial 3 metode di tabellen jadi 1 ③ Cek rumus Veric	
07	19 Juli 2021	Pisa maju Seminar TA	

LEMBAR ASISTENSI

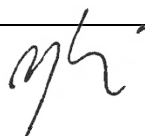


Nama : Pratama Sudrajat Wicaksono (30201700191)

Riko Nandang Prabowo (30201700192)

Dosen Pembimbing I : Dr. Abdul Rochim, ST., MT

Dosen Pembimbing II: Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	12 April 2021	Bab 1-3 OK	
2.	9 Juli 2021	1. Revisi Allpile dan Plaxis 2. Karena tidak ada perhitungan penurunan akibat konsolidasi maka di beri keterangan pada batasan masalah dan kesimpulan	 
3.	13 Juli 2021	Revisi tabel parameter tanah untuk aplikasi	
4.	16 Juli 2021	Bisa lanjut Seminar TA	

Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Fondasi Tiang Pancang Pada Tanah Lunak Madukoro

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

7%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	vdocuments.site Internet Source	4%
2	www.scribd.com Internet Source	2%
3	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	1%
4	es.scribd.com Internet Source	1%
5	eprints.umm.ac.id Internet Source	1%
6	fr.scribd.com Internet Source	1%
7	123dok.com Internet Source	1%
8	pt.scribd.com Internet Source	<1%
9	download.garuda.ristekdikti.go.id Internet Source	<1%

10	research.unissula.ac.id Internet Source	<1 %
11	testindo.com Internet Source	<1 %
12	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
13	docplayer.info Internet Source	<1 %
14	www.kumpulengineer.com Internet Source	<1 %
15	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1 %
16	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
17	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1 %
18	repo.itera.ac.id Internet Source	<1 %
19	e-designonline.blogspot.com Internet Source	<1 %
20	repository.uir.ac.id Internet Source	<1 %
21	repository.unissula.ac.id Internet Source	<1 %

22

Submitted to Universitas Diponegoro

Student Paper

<1 %

23

lpkni-kota.blogspot.com

Internet Source

<1 %

24

dspace.uui.ac.id

Internet Source

<1 %

25

www.dataarsitek.com

Internet Source

<1 %

26

www.eprints.unram.ac.id

Internet Source

<1 %

27

www.slideshare.net

Internet Source

<1 %

28

Submitted to University of Malaya

Student Paper

<1 %

29

repository.ubb.ac.id

Internet Source

<1 %

30

text-id.123dok.com

Internet Source

<1 %

31

mgi.esdm.go.id

Internet Source

<1 %

32

repository.its.ac.id

Internet Source

<1 %

33

media.neliti.com

Internet Source

<1 %

34

ojs.uma.ac.id

Internet Source

<1 %

35

adoc.pub

Internet Source

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG

PROJECT DD KANTOR DPU SEMARANG

LOCATION SEMARANG

Box No BM-01

DATE START 2 NOVEMBER 2017

MASTER BOR BUDIONO

DEPTH OF BOR 30,0 m (0 - 30m)

DESIGNED BY Ir. H. DJOKO SUSILO ADHY, MT

ELEVATION EASING 0,00

DATE FINISH 4 NOVEMBER 2017

DEPTH OF GWL 4,00

TYPE OF HAMMER Automatic Hammer

SAMPLE TYPE : UDS & DS

BACKFILL TYPE : Note : Pengisian GwL Saat Pelaksanaan Pengukuran

Depth (m)	Depth of GWL	SPT (N)				STANDARD PENETRATION (N)				USC	% of Core	SOIL SYMBOL	SOIL DESCRIPTION	ELEVATION (m)
		N ₁	N ₂	N ₃	N	0	10	20	30					
0						5	15	25	35				TANAH URUG COKLAT GELAP KEHITAMAN TERDAPAT BATU LEMPUNG PASIR KRIKILAN, KERAS	0
1														-1
2		2	2	3	5								PASIR BERLEMPUNG COKLAT KEHITAMAN TERDAPAT KRIKIL, LUNAK	-2
3														-3
4														-4
5		1	1	1	2					5.0-5.45		UDS	LEMPUNG LANAUAN COKLAT KEABUAN, LUNAK	-5
6														-6
7		1	1	2	3									-7
8													LEMPUNG BERPASIR COKLAT KEABUAN, LUNAK	-8
9														-9
10		2	2	3	5					10.0-10.45		UDS	LEMPUNG LANAUAN ABU - ABU TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK	-10
11														-11
12		2	2	2	4									-12
13														-13
14														-14
15		2	2	3	5					15.0-15.45		UDS	LEMPUNG BERPASIR ABU - ABU TERDAPAT KULIT KERANG, LUNAK	-15
16														-16
17		3	4	4	8									-17
18													LEMPUNG LIAT COKLAT GELAP SEDIKIT ABU - ABU, LUNAK	-18
19														-19
20		6	7	8	15					20.0-20.45		UDS		-20
21														-21
22		7	12	15	27								LEMPUNG BERPASIR COKLAT GELAP TERDAPAT KRIKIL, AGAK LUNAK	-22
23														-23
24														-24
25		10	17	20	37					25.0-25.45		UDS		-25
26													LEMPUNG PADAT COKLAT GELAP SEDIKIT PASIR TERDAPAT KRIKIL, AGAK KERAS	-26
27														-27
28		13	15	19	34									-28
29														-29
30		14	17	21	38					30.0-30.45		UDS		-30

End of this boring, casing down to 30.0 meter



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Pekerjaan/Proyek : DD Kantor DPU Kota Semarang
Lokasi : Jl. Madukoro Semarang - Jawa Tengah
Titik : S.1
Tanggal : 1 November 2017
Kedalaman : 20,00 meter
Dikerjakan : Budiono
Dikoreksi : Ir. H. Djoko Susilo Adhy, MT

DUTCH CONE PENETRATION TEST

Kedalaman / Depth (m)	Conus Resistant (kg / cm ²)	Conus + Cleep Resistant (kg / cm ²)	Lokal Friction (kg / cm ²)	Total Friction (kg / cm ²)
0,0	0	0	0	0
0,2	30	70	40	80
0,4	46	89	43	166
0,6	50	91	41	248
0,8	32	65	33	314
1,0	29	53	24	362
1,2	20	29	9	380
1,4	23	35	12	404
1,6	27	40	13	430
1,8	18	26	8	446
2,0	12	18	6	458
2,2	2	5	3	464
2,4	3	6	3	470
2,6	3	6	3	476
2,8	3	7	4	484
3,0	2	5	3	490
3,2	3	6	3	496
3,4	4	8	4	504
3,6	5	12	7	518
3,8	7	13	6	530
4,0	10	17	7	544
4,2	12	19	7	558
4,4	11	18	7	572
4,6	12	20	8	588
4,8	11	16	5	598
5,0	18	25	7	612
5,2	15	21	6	624



LABORATORIUM MEKANIK TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Pekerjaan/Proyek : DD Kantor DPU Kota Semarang
Lokasi : Jl. Madukoro Semarang - Jawa Tengah
Titik : S.1
Tanggal : 1 November 2017
Kedalaman : 20,00 meter
Dikerjakan : Budiono
Dikoreksi : Ir. H. Djoko Susilo Adhy, MT

DUTCH CONE PENETRATION TEST

Kedalaman / Depth (m)	Conus Resistant (kg / cm ²)	Conus + Cleep Resistant (kg / cm ²)	Lokal Friction (kg / cm ²)	Total Friction (kg / cm ²)
10,8	15	24	9	952
11,0	16	27	11	974
11,2	18	27	9	992
11,4	21	30	9	1010
11,6	23	31	8	1026
11,8	19	28	9	1044
12,0	16	22	6	1056
12,2	15	20	5	1066
12,4	10	16	6	1078
12,6	14	19	5	1088
12,8	17	23	6	1100
13,0	19	25	6	1112
13,2	16	21	5	1122
13,4	18	23	5	1132
13,6	18	22	4	1140
13,8	20	25	5	1150
14,0	22	27	5	1160
14,2	20	26	6	1172
14,4	19	24	5	1182
14,6	18	25	7	1196
14,8	21	26	5	1206
15,0	21	28	7	1220
15,2	20	26	6	1232
15,4	17	23	6	1244
15,6	19	25	6	1256
15,8	21	29	8	1272
16,0	23	30	7	1286



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Pekerjaan/Proyek : DD Kantor DPU Kota Semarang
Lokasi : Jl. Madukoto Semarang - Jawa Tengah
Titik : S.1
Tanggal : 1 November 2017
Kedalaman : 20,00 meter
Dikerjakan : Budiono
Dikoreksi : Ir. H. Djoko Susilo Adhy, MT

DUTCH CONE PENETRATION TEST

Kedalaman / Depth (m)	Conus Resistant (kg / cm ²)	Conus + Cleep Resistant (kg / cm ²)	Lokal Friction (kg / cm ²)	Total Friction (kg / cm ²)
16,2	25	33	8	1302
16,4	27	35	8	1318
16,6	21	30	9	1336
16,8	20	27	7	1350
17,0	20	26	6	1362
17,2	22	28	6	1374
17,4	24	32	8	1390
17,6	27	36	9	1408
17,8	29	39	10	1428
18,0	27	40	13	1454
18,2	30	42	12	1478
18,4	33	45	12	1502
18,6	33	44	11	1524
18,8	35	45	10	1544
19,0	32	47	15	1574
19,2	30	40	10	1594
19,4	35	48	13	1620
19,6	39	50	11	1642
19,8	45	57	12	1666
20,0	49	70	21	1708
20,2				
20,4				
20,6				
20,8				
21,0				
21,2				
21,4				