

TUGAS AKHIR

ANALISA DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN SEKETIKA FONDASI *MINI PILE* PADA GEDUNG FRAKSI DPRD KUDUS

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan

Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh :

Chiko Dicky Pratama

NIM : 30201800037

Defryan Ardianto

NIM : 30201800040

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

2022

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN SEKETIKA FONDASI MINI PILE PADA GEDUNG FRAKSI DPRD KUDUS



Chiko Dicky Pratama
NIM : 30201800037



Defryan Ardianto
NIM : 30201800040

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Agustus 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT.**
NIDN: 0623026901
2. **Selvia Agustina, S.T., M.Eng.**
NIDN: 0609099001
3. **Lisa Fitriyana, S.T., M.Eng**
NIDN: 0605016802

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No:

{ket: mahasiswa meminta nomor surat berita acara ke BAP FT}

Pada hari ini tanggal dd-mm-yyyy berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Selvia Agustina, S.T., M.Eng.
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Chiko Dicky Pratama
NIM : 30201800037

Defryan Ardianto
NIM : 30201800040

Judul : Analisa Daya Dukung dan Penurunan Seketika Fondasi *Mini Pile* Pada Gedung Fraksi DPRD Kudus

Dengan tahapan sebagai berikut :

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

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

Dosen Pembimbing Utama

Dr. Ir. Rinda Karlinassari, MT.

Dosen Pembimbing Pendamping

Selvia Agustina, ST., M.Eng

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Chiko Dicky Pratama.

NIM : NIM : 30201800037

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

Analisa Daya Dukung dan Penurunan Seketika Fondasi *Mini Pile* Pada Gedung Fraksi DPRD Kudus.

benar bebas dari 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, __/Agustus/2022

Yang _____ an,



Chiko Dicky Pratama
NIM : 30201800037

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Defryan Ardianto

NIM : NIM : 30201800040

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

Analisa Daya Dukung dan Penurunan Seketika Fondasi *Mini Pile* Pada Gedung Fraksi DPRD Kudus.

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

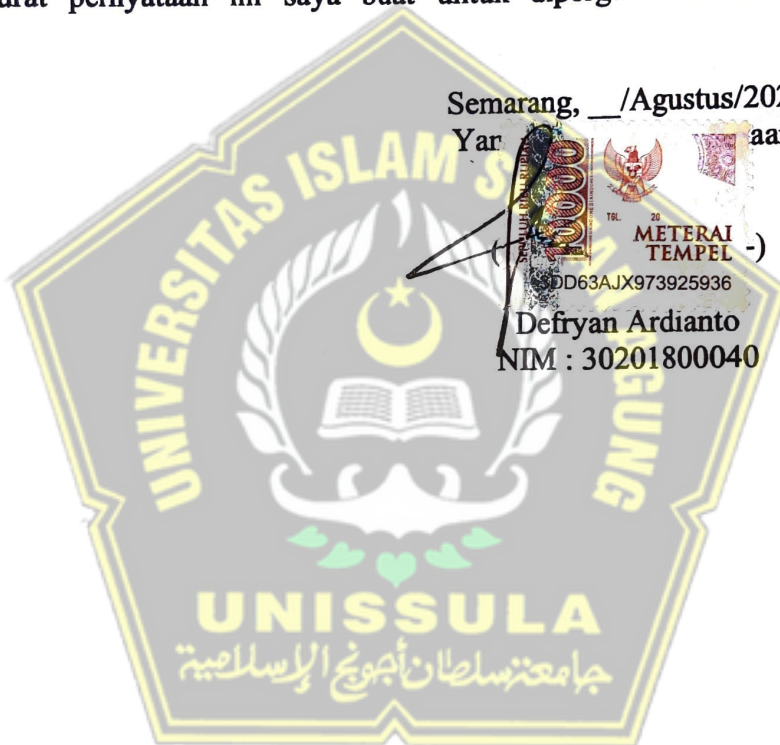
Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, __/Agustus/2022

Yar



Defryan Ardianto
NIM : 30201800040



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Chiko Dicky Pratama
NIM : 30201800037
JUDUL TUGAS AKHIR : Analisa Daya Dukung dan Penurunan Seketika
Fondasi *Mini Pile* Pada Gedung Fraksi DPRD Kudus.

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, .../Agustus/2022

Yan ...aan,


TEL. 0313AJX973925911
METERAI TEMPEL -)

Chiko Dicky Pratama

NIM : 30201800037

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Defryan Ardianto

NIM : 30201800040

JUDUL TUGAS AKHIR : Analisa Daya Dukung dan Penurunan Seketika
Fondasi *Mini Pile* Pada Gedung Fraksi DPRD Kudus.

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, __/Agustus/2022

Ya, :taan,

(
393AJX973925912
METERAI
TEMPEL
Defryan Ardianto
NIM : 30201800040

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 dari mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang – orang fasik.

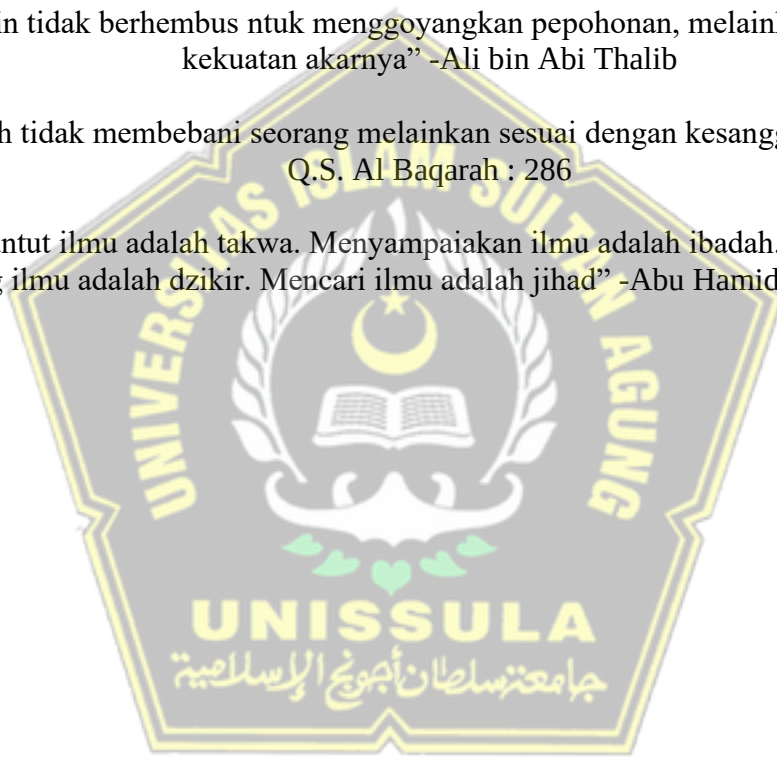
Q.S. Ali ‘Imran : 110

“Kurang cerdas dapat diperbaiki dengan belajar, kurang cakap dapat dihilangkan dengan pengalaman.. namun tidak jujur itu sulit untuk diperbaiki”-Mohammad Hatta

“Angin tidak berhembus ntuk menggoyangkan pepohonan, melainkan menguji kekuatan akarnya” -Ali bin Abi Thalib

“Allah tidak membebani seorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya” -
Q.S. Al Baqarah : 286

“Menuntut ilmu adalah takwa. Menyampaikan ilmu adalah ibadah. Mengulang-ulang ilmu adalah dzikir. Mencari ilmu adalah jihad” -Abu Hamid Al Ghazali



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Dalam hal ini saya persembahkan dan saya ucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Sujarwo dan Ibu Purgi Ing Prihatin, yang telah memberikan segenap kasih sayang, dukungan materil, semangat, do'a dan pendidikan mental untuk terus mengejar impian menjadi seseorang yang mulia di dunia dan akhirat.
2. Adik saya, Sandy Dwi Prakoso yang telah memberikan semangat, motivasi, dukungan dan do'a agar terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari I. MT dan Ibu Selvia Agustina, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar mengajarkan saya dalam pembuatan laporan ini.
4. Dosen-dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya tentang ilmu-ilmu keteknikan yang sebelumnya saya tidak ketahui dan selalu memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
5. Defryan Ardianto selaku rekan yang telah bekerja keras dan berjuang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman saya Distya Fitriani, Gilang Sandy, Syerina Kurnia S., Nabilah Putri M., Ersya Prasetyati, Elok Durrotunnaimah, Annisa Kusumaningrum yang telah membantu dan memberikan semangat dalam berbagai hal.
7. Teman-teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2018 dan yang lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Chiko Dicky Pratama

NIM : 30201800037

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Dalam hal ini saya persembahkan dan saya ucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Sukardi dan Ibu Sulasmi, yang telah memberikan segenap kasih sayang, dukungan materil, semangat, do'a dan pendidikan mental untuk terus mengejar impian menjadi seseorang yang mulia di dunia dan akhirat.
2. Adik saya Angga Dwi Ardika dan segenap keluarga yang telah memberikan semangat, motivasi, dukungan materil, dan do'a agar terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari I. MT. dan Ibu Selvia Agustina, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar mengajarkan saya dalam pembuatan laporan ini, aplikasi perhitungan struktur, dan perhitungan struktur.
4. Dosen-dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya tentang ilmu-ilmu keteknikan yang sebelumnya saya tidak ketahui dan selalu memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
5. Chiko Dicky Pratama selaku rekan yang telah bekerja keras dan berjuang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman kuliah di teknik, Yogi, Eka, Edo dan Elok, yang telah membantu dan memberikan semangat dalam berbagai hal.
7. Teman-teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2018 dan yang lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Defryan Ardianto

NIM : 30201800040

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“ANALISA DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN SEKETIKA FONDASI *MINI PILE* PADA GEDUNG FRAKSI DPRD KUDUS”** guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT.,Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar,ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Bapak Muhamad Rusli Ahyar,ST., M.Eng. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan dorongan dalam penulisan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Selvia Agustina, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

Penulis menyadari keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan, pemahaman, dan kurangnya pengalaman yang dimiliki, dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, Agustus, 2022

Penulis



DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR LAMBANG DAN NOTASI.....	xxiii
ABSTRAK.....	xxv
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 4
2.1 Pondasi.....	4
2.2 Klasifikasi Pondasi	4
2.2.1 Pondasi Dangkal	4
2.2.2 Pondasi Dalam	5
2.3 Klasifikasi Tanah.....	7
2.4 Pembebanan.....	8
2.5 Daya Dukung Aksial.....	9

2.5.1	Kapasitas Daya Dukung dari Hasil Uji Sondir	9
2.5.2	Kapasitas Daya Dukung Berdasarkan Metode Mayerhoff	13
2.5.2.1	Tahanan Ujung Ultimit	15
2.6	Perhitungan Daya Dukung Lateral Tiang Metode <i>Brooms</i>	17
2.6.1	Cek Kekakuan Tiang Akibat Beban Lateral	17
2.6.2	Cek Keruntuhan Tanah Akibat Beban Lateral.....	18
2.6.3	Cek Nilai H_u	18
2.7	Tiang Pancang Kelompok.....	19
2.8	Jarak antar Tiang Pancang dalam Kelompok	20
2.9	Kapasitas Kelompok dan Efisien Tiang Pancang	21
2.10	Penurunan Elastis Tiang Tunggal.....	22
2.11	Perkiraan penurunan kelompok tiang (<i>Group Pile</i>).....	24
2.12	Faktor Keamanan.....	24
2.13	Pemodelan Menggunakan Software	25
2.13.1	Software Allpile 6.5 E	26
2.13.2	Software Plaxis V.2.1	26
2.13.3	Software Group 8.0.4.....	27
2.14	<i>Pile Driving Analysis</i> (PDA Test)	27
2.15	Metode Chin	30
2.16	Metode Mazurkiewics (1973).....	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		33
3.1	Pengumpulan Data.....	33
3.1.1	Data Umum Proyek	33
3.1.2	Data Teknis Proyek.....	33
3.2	Tahapan Penelitian.....	34
3.3	Pemodelan Struktur pada Software ETABS	36
3.4	Korelasi Parameter Tanah.....	42
3.5	Metode Perhitungan.....	45
3.5.1	Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode Aoki dan De Alencer .	45
3.5.2	Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode Mayerhoff.....	45
3.5.3	Perhitungan Daya Dukung Ultimit Fondasi.....	45
3.6	Interpretasi beban.....	46

3.7	Analisis Pemodelan menggunakan Software Allpile 6.5E	46
3.8	Analisis Pemodelan menggunakan Software Plaxis V.21	47
3.9	Analisis Pemodelan menggunakan Software Group 8.0.4	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		49
4.1	Pendahuluan.....	49
4.2	Pemodelan Struktur Atas menggunakan Program Etabs 18	49
4.3	Desain Pemodelan Bangunan dengan Etabs 18.....	50
4.4	Pembebanan Struktur.....	50
4.4.1	Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	50
4.4.2	Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	51
4.4.3	Beban Gempa.....	52
4.5	Data Lapangan Gedung Fraksi DPRD Kudus	55
4.6	Analisa Daya Dukung Aksial Fondasi.....	58
4.6.1	Perhitungan kapasitas Daya Dukung mini pile (Aoki)	58
4.6.2	perhitungan kapasitas Daya Dukung mini pile (mayerhof)	59
4.7	Analisa Perhitungan Menggunakan Program Allpile dan Plaxis	62
4.7.1	Back analysis untuk menentukan Parameter Cu berdasarkan Nilai dan Konsistennya.....	62
4.7.2	Parameter Tanah Hasil Olah Data Sondir sebagai Input pada Allpile dan Plaxis.....	63
4.7.3	Analisa Pemodelan dengan Program Allpile	64
4.7.3.1	Tahapan Analisis Aplikasi Allpile 6.5E.....	64
4.7.3.2	Hasil Analisis Program Allpile	69
4.7.4	Pemodelan menggunakan Program Plaxis V.21	71
4.8	Validasi Perhitungan menggunakan Hasil Uji PDA.....	76
4.8.1	Analisa Hasil Tes PDA	76
4.8.2	Interpretasi Beban	84
4.8.2.1	Metode Mazurkiewich	84
4.8.2.2	Hasil Interpretasi Beban.....	84
4.8.3	Perbandingan Hasil Analisa Tes PDA dann Aplikasi Allpile.....	89
4.8.4	Perbandingan Penurunan menggunakan Program Plaxis V.21	91
4.9	Pemodelan Kelompok Tiang menggunakan Program Group 8.0.4.....	93
4.9.1	Urutan Pemodelan Program Group 8.0.4.....	94

4.9.2	Analisis Kelompok Tiang Minipile 6 meter	97
4.9.3	Analisa Kelompok Tiang Minipile Kombinasi 6 m dan 12 m.....	98
4.10	Perhitungan Penurunan Kelompok Tiang pada Program Plaxis V.21.....	99
4.10.1	Menentukan Titik Monitoring Penurunan	99
4.10.2	Pemodelan Kelompok Tiang 6meter	100
4.10.3	Pemodelan Kelompok Tiang Kombinasi 6 m dan 12 m.....	101
4.10.4	Perbandingan Tegangan Efektif Pilecap 6m dan Pilecap Kombinasi	102
4.10.5	Perbandingan Penurunan Pilecap 6m dan Pilecap Kombinasi	102
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		103
5.1	Kesimpulan.....	103
5.2	Saran	104
DAFTAR PUSTAKA.....		105
LAMPIRAN.....		107



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Macam Bentuk Pondasi.....	5
Gambar 2.2	Pondasi Tiang Pancang	7
Gambar 2.3	Faktor N_q^*	14
Gambar 2.4	Grafik Daya Dukung Tanah Mayerhoff.....	16
Gambar 2.5	Grafik Angka Tahanan Momen Ultimit.....	19
Gambar 2.6	Pola Kelompok Tiang Pancang.....	20
Gambar 2.7	Hitungan Efisiensi dalam jarak S.....	22
Gambar 2.8	Alat yang digunakan dalam proses test PDA.....	28
Gambar 2.9	Tipikal penyusunan Test PDA	28
Gambar 2.10	Grafik hubungan beban dengan penurunan metode chin.....	31
Gambar 2.11	Grafik hubungan beban dengan penurunan metode Mazurkiewicz	32
Gambar 3.1	Lokasi Proyek	34
Gambar 3.2	Diagram alir pelaksanaan.....	35
Gambar 3.3	Menu Pembuatan Pemodelan Baru	36
Gambar 3.4	Menu Pembuatan Grid	37
Gambar 3.5	Menu Pengaturan Grid	37
Gambar 3.6	Menu Input Data Material.....	38
Gambar 3.7	Menu Input Data Kolom	39
Gambar 3.8	Menu Input Data Balok.....	39
Gambar 3.9	Menu Input Tulangan Kolom.....	40
Gambar 3.10	Menu Input Faktor modifikasi Kolom	40
Gambar 3.11	Menu Input Faktor modifikasi Balok.....	41
Gambar 3.12	Menu Input Data Pelat	41
Gambar 3.13	Menu Input Faktor modifikasi Pelat	42
Gambar 3.14	Denah Struktur Tampak 3D	42
Gambar 3.15	Contoh Grafik Korelasi Nilai q_c (CPT) dan N-SPT	43
Gambar 3.16	Grafik Korelasi Cone Resistance (q_c) dan Angka Rasio	43
Gambar 3.17	Metode Mazurkiewich	46
Gambar 3.18	Jendela Awal Program Allpile 6.5 E.....	47

Gambar 3.19	Jendela Awal Program Plaxis V.21.....	47
Gambar 3.20	Jendela Awal Program Group 8.0.4	48
Gambar 4.1	Pemodelan Struktur Atas.....	49
Gambar 4.2	Grafik Nilai Spektrum Percepatan	54
Gambar 4.3	Hasil Reaksi	54
Gambar 4.4	Denah Tampak 3D	55
Gambar 4.5	Bangunan yang Sudah Jadi	56
Gambar 4.6	Denah Penambahan Tiang Pancang.....	56
Gambar 4.7	Kelompok Tiang yang Terpancang.....	57
Gambar 4.8	Grafik Sondir DPRD Kudus	57
Gambar 4.9	Korelasi nilai N-SPT vs Su	62
Gambar 4.10	Jendela Pile Type	64
Gambar 4.11	Jendela Pile Profil	65
Gambar 4.12	Jendela Pile Properties	66
Gambar 4.13	Jendela Load and Group.....	67
Gambar 4.14	Jendela Soil Properties	68
Gambar 4.15	Jendela Advanced Page.....	68
Gambar 4.16	Grafik Hubungan Beban dan Penurunan (Fondasi 6m)	69
Gambar 4.17	Grafik Hubungan Beban dan Penurunan (Fondasi 12m)	70
Gambar 4.18	Jendela Project Properties	71
Gambar 4.19	Jendela Borehole	71
Gambar 4.20	Input Soil Materials.....	72
Gambar 4.21	Pemodelan Struktur Fondasi	72
Gambar 4.22	Input Parameter Tiang dan Pile Cap	73
Gambar 4.23	Positive and Negative Interface	73
Gambar 4.24	Input Beban	74
Gambar 4.25	Generate Mesh	74
Gambar 4.26	Model Staged Contruction	75
Gambar 4.27	Pemodelan dengan Beban Terpusat	75
Gambar 4.28	Titik Monitoring.....	76
Gambar 4.29a	Hasil Analisa Tiang 6A.....	78
Gambar 4.29b	Hasil Analisa Tiang 6B	79

Gambar 4.30a	Hasil Analisa Tiang 12A	80
Gambar 4.30b	Hasil Analisa Tiang 12B	81
Gambar 4.31a	Grafik Tiang 6A	82
Gambar 4.31b	Grafik Tiang 6B	83
Gambar 4.32a	Grafik Tiang 12A	83
Gambar 4.32b	Grafik Tiang 12B	84
Gambar 4.33a	Grafik Mazurkiewich PDA 6A	85
Gambar 4.33b	Perbandingan Grafik Mazurkiewich vs PDA 6A.....	85
Gambar 4.34a	Grafik Mazurkiewich PDA 6B.....	86
Gambar 4.34b	Perbandingan Grafik Mazurkiewich vs PDA 6B.....	86
Gambar 4.35a	Grafik Mazurkiewich PDA 12A	87
Gambar 4.35b	Perbandingan Grafik Mazurkiewich PDA 12A	87
Gambar 4.36a	Grafik Mazurkiewich PDA 12B.....	88
Gambar 4.36b	Perbandingan Grafik Mazurkiewich PDA 12B.....	88
Gambar 4.37	Grafik Perbandingan Daya Dukung Total Fondasi 6m.....	89
Gambar 4.38	Grafik Perbandingan Daya Dukung Total Fondasi 12m.....	90
Gambar 4.39	Perbandingan Penurunan di atas Tiang 6m vs PDA 6A	91
Gambar 4.40	Perbandingan Penurunan di dasar Tiang 6m vs PDA 6B	92
Gambar 4.41	Perbandingan Penurunan di atas Tiang 12m vs PDA 12B.....	92
Gambar 4.42	Perbandingan Penurunan di dasar Tiang 12m vs PDA 12A	93
Gambar 4.43	Menu Pile Cap Option.....	94
Gambar 4.44	Menu Pile Cap Section.....	94
Gambar 4.45	Menu Pile Properties	95
Gambar 4.46	Menu Pile Head Combinates.....	95
Gambar 4.47	Menu Pile Group Properties.....	95
Gambar 4.48	Menu 3D View	96
Gambar 4.49	Menu Loading Definition.....	96
Gambar 4.50	Menu Soil Layer.....	97
Gambar 4.51	Potongan Pile Cap Minipile 6 m	97
Gambar 4.52	Dialog Gagal Running Program.....	98
Gambar 4.53	Output Text Failure	98
Gambar 4.54	Hasil Sumary Text Kelompok Tiang 6 meter	98

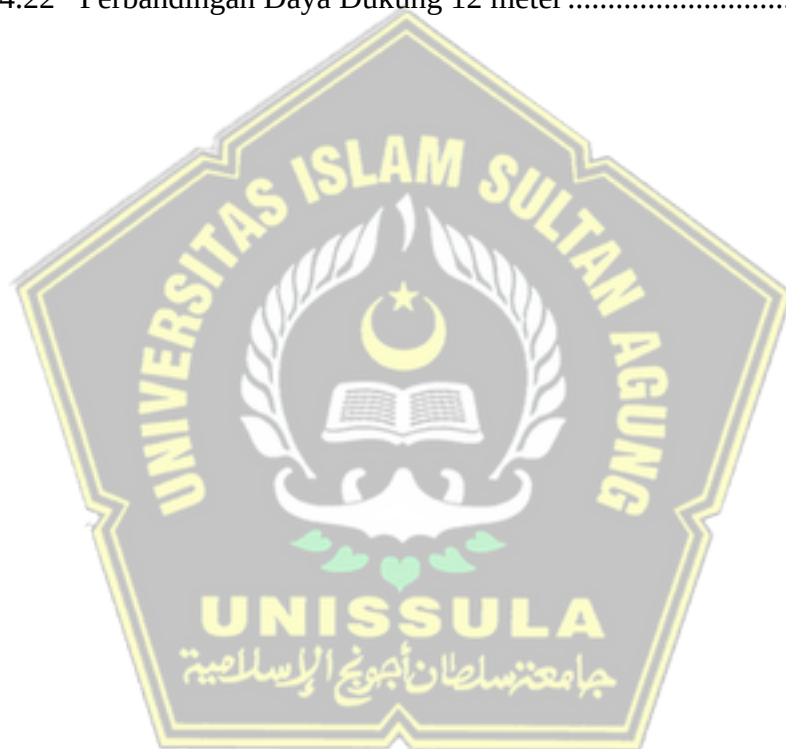
Gambar 4.55	Potongan Pile Cap minipile kombinasi 6m dan 12m.....	99
Gambar 4.56	Hasil Sumary Text Kelompok Tiang Kombinasi.....	99
Gambar 4.57	Titik Monitoring Pilecap 6m.....	100
Gambar 4.58	Titik Monitoring Pilecap Kombinasi	100
Gambar 4.59	Penurunan Kelompok Tiang 6 m	101
Gambar 4.60	Penurunan Kelompok Tiang Kombinasi.....	102
Gambar 4.61	Perbandingan Tegangan Efektif.....	102
Gambar 4.62	Perbandingan Penurunan Pilecap 6m dan Pilecap Kombinasi..	103



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter Sondir	7
Tabel 2.2	Konsistensi dengan Tekanan Konus	8
Tabel 2.3	Nilai Konsistensi dan Tekanan Konus	8
Tabel 2.4	Faktor Empirik F_b dan F_s	11
Tabel 2.5	Faktor Empirik a_s	11
Tabel 2.6	Faktor Daya Dukung Mayerhoff	16
Tabel 2.7	Nilai – nilai n_h untuk Tanah Granuler ($c=0$)	17
Tabel 2.8	Nilai Perkiraan Modulus Elastis Tanah.....	23
Tabel 2.9	Jenis Tanah dan Nilai Poisson's Ratio	23
Tabel 2.10	Faktor Keamanan Resse & O'Neil.....	25
Tabel 2.11	Data dan Parameter Pengujian PDA test.....	29
Tabel 3.1	Perhitungan Korelasi q_c dan N-SPT	44
Tabel 3.2	Hasil Korelasi Data Tanah	44
Tabel 4.1	Beban Mati Plat.....	51
Tabel 4.2	Beban Hidup.....	51
Tabel 4.3	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan NonGedung untuk Beban Gempa	52
Tabel 4.4	Faktor Keutamaan Gempa.....	52
Tabel 4.5	Faktor Reduksi Gempa.....	53
Tabel 4.6	Nilai Beban Fondasi yang diterima Pilecap	55
Tabel 4.7	Nilai q_c di atas dasar Tiang	58
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Kapasitas Daya Dukung mini pile dengan Metode Aoki dan De Alencer	61
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan Kapasitas Daya Dukung mini pile dengan Metode Mayerhoff(1976).....	61
Tabel 4.10	Hasil Goal Seek terhadap Q_s PDA.....	62
Tabel 4.11	Nilai c' dan Φ Konsistensinya	63
Tabel 4.12	Parameter Tanah.....	63
Tabel 4.13	Output Analisa Allpile (Fondasi 6m)	69
Tabel 4.14	Output Analisa Allpile (Fondasi 12m)	70

Tabel 4.15 Hasil Analisis Program Allpile	70
Tabel 4.16 Parameter Tiang dan Pile Cap	73
Tabel 4.17 Data dan Hasil Pengujian Dinamis Tiang	77
Tabel 4.18a Hasil RCAPWAP Result Tiang 6A	78
Tabel 4.18b Hasil RCAPWAP Result Tiang 6B	78
Tabel 4.19a Hasil RCAPWAP Result Tiang 12A	80
Tabel 4.19b Hasil RCAPWAP Result Tiang 12B	81
Tabel 4.20 Hasil Analisa CAPWAP	82
Tabel 4.21 Perbandingan Daya Dukung 6 meter	89
Tabel 4.22 Perbandingan Daya Dukung 12 meter	90



DAFTAR LAMBANG DAN NOTASI

Q_u	= Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang pancang (ton)
Q_b	= Kapasitas tahanan diujung tiang (kN)
Q_s	= Kapasitas tahanan kulit (kN)
q_b	= Kapasitas daya dukung diujung tiang persatuan luas (kg/cm ²)
A_b	= Luas diujung tiang (m ²)
f	= Satuan tahanan kulit persatuan luas (kN/m ²)
A_s	= Luas kulit tiang pancang (m ²)
q_c	= Perlawanan konus rata-rata pada masing lapisan sepanjang tiang.
F_s	= Faktor empiric tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang.
F_b	= Faktor empiric tahanan ujung tiang yang tergantung pada tipe tiang.
Q_u	= kapasitas Daya dukung tiang pancang.(ton)
q_c	= Tahanan ujung sondir (kg/cm ²)
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.(cm)
A_p	= Luas penampang tiang.(m ²)
Q_u Ijin	= Kapasitas daya dukung ijin tiang pancang.
q_c	= Tahanan ujung sondir dengan memakai faktor koreksi bogemann
JHL	= Jumlah hambatan lekat (total friction).
A_p	= Luas penampang tiang. (cm ²)
3	= Faktor keamanan untuk daya dukung tiang.
5	= Faktor keamanan untuk gesekan pada selimut tiang.
q_p	= Tahanan ujung ultimate
q_c	= harga rata-rata tahanan ujung konus dalam daerah 2D dibawah ujung tiang
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 $N_c^* = 9$
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.
f_i	= Tahanan satuan skin friction (ton/m ²)
L_i	= Panjang lapisan (m)
p	= Keliling tiang (m)
Q_s	= Daya dukung selimut tiang (ton)
a_i^*	= Faktor adhesi = 0.55
c_u	= Undrained cohesion (ton/m ²)
K_0	= Koefisien tekanan tanah
σ_v'	= Tegangan vertikal efektif tanah ton/m ²
P_{pu}	= Kapasitas ultimate tahanan ujung tiang (kg/cm ²)
A_p	= Luas penampang tiang pancang (cm ²)
C	= Kohesi tanah (kg/cm ²)
N_c	= Faktor kapasitas daya dukung. Tergantung dari pada sudut geser tanah (o)
N_q	= Faktor kapasitas daya dukung. Tergantung pada harga $L/B > 1$ dan tergantung sudut geser tanah (o)
q'	= Tegangan vertical efektif pada titik tiang pancang (kg/cm ²)
K_0	= Koefisien tanah dalam keadaan diam

ANALISA DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN SEKETIKA FONDASI MINI PILE PADA GEDUNG FRAKSI DPRD KUDUS

Oleh :

Chiko Dicky Pratama¹⁾, Defryan Ardianto¹⁾, Rinda Karlinasari Indrayana²⁾, Selvia Agustina²⁾

Abstrak

Pembangunan Gedung Fraksi DPRD Kabupaten Kudus menggunakan tiang pancang minipile dengan metode pemancangan HSPD (Hydraulic Static Pile Driver) memiliki beberapa keunggulan, antara lain dapat mengetahui secara langsung daya dukung tiang terhadap beban yang harus dipikul saat pemancangan dengan adanya manometer. Pada saat pelaksanaan, terjadi penambahan fondasi dari awal perencanaan dimana fondasi yang terpasang tidak memenuhi kuat ijin rencana (pernyataan dari engineer di lapangan berdasarkan hasil manometer HSPD), berdasarkan hasil tersebut rencana semula 5 tiang pancang dengan kedalaman 6 meter ditambah 2 tiang pancang dengan kedalaman 12 meter. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis dan membandingkan daya dukung fondasi tiang tunggal berdasarkan pengujian dinamik tes atau Pile Driving Analyzer (PDA) pada saat kondisi 5 tiang kedalaman 6 meter dan pada saat kondisi setelah penambahan tiang 12 meter. Dari analisis tersebut, keputusan penambahan tiang berdasarkan bacaan manometer dapat diverifikasi. Tahap pertama dilakukan penyempurnaan kurva PDA dengan menggambarkan secara lengkap pada kondisi ultimate dengan metode Mazurkiewich. Kemudian dilakukan *back analysis* untuk menentukan parameter tanah berdasarkan analisis manual menggunakan metode Mayerhoff dan Reese (Allpile) dengan menentukan korelasi yang berada dalam rentang untuk nilai C_u terhadap nilai q_c sondir dari pengujian di lapangan, juga berdasarkan pemodelan menggunakan metode elemen hingga dengan program Plaxis 2D V.21. Pemodelan ini dilakukan pada saat kondisi baru 5 tiang kedalaman 6 meter, kemudian didapatkan bahwa penurunan pada saat kondisi tersebut dengan beban struktur yang harus dipikul lebih besar daripada penurunan ijin.

Kata Kunci : HSPD, kurva PDA, *back analysis*, penurunan

¹⁾Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Unissula

²⁾Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Unissula

ANALYSIS OF THE CARRYING CAPACITY AND SETTLEMENT IMMEDIATE OF THE MINI PILE FOUNDATION IN THE KUDUS DPRD FACTION BUILDING

By :

Chiko Dicky Pratama¹⁾, Defryan Ardianto¹⁾, Rinda Karlinasari Indrayana²⁾, Selvia Agustina²⁾

Abstrak

The construction of the Kudus Regency DPRD Faction Building using minipile piles with the HSPD (Hydraulic Static Pile Driver) erection method has several advantages, including being able to know directly the carrying capacity of the pole against the load that must be carried when erecting with a manometer. At the time of implementation, there was an addition of the foundation from the beginning of the planning where the installed foundation did not meet the strong plan permit (statement from the engineer in the field based on the results of the HSPD manometer), based on these results the original plan was 5 piles with a depth of 6 meters plus 2 piles with a depth of 12 meters. The purpose of this study is to analyze and reduce the carrying capacity of a single-pole foundation based on a dynamic test or Pile Driving Analyzer (PDA) at the time of the condition of 5 poles 6 meters deep and at the time of condition after the addition of 12 meters pole. From the analysis, the decision to add a pole based on the manometer readings can be verified. The first stage is to refine the PDA curve by fully describing the ultimate condition with the Mazurkiewich method. Then a back analysis was carried out to determine soil parameters based on manual analysis using the Mayerhoff and Reese (Allpile) methods by determining the correlation that was in the range for c_u values to q_{cs} values from field testing, also based on modeling using the element method up to the Plaxis 2D V.21 program. This modeling was carried out when the new condition was 5 poles 6 meters deep, then it was found that settlement at that time with the structural load that had to be carried was greater than the settlement in permits.

Kata Kunci : HSPD, PDA curve, *back analysis*, settlement

¹⁾Student of the Faculty of Engineering, Unissula Civil Engineering Study Program

²⁾Lecture of the Faculty of Engineering, Unissula Civil Engineering Study Program

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan Gedung Fraksi DPRD Kabupaten Kudus memiliki 4 lantai, dengan lantai 1 digunakan sebagai tempat parkir, lantai 2 dan 3 untuk ruang kerja dewan fraksi serta lantai 4 untuk rooftop yang ada ruang terbukanya. maka semua yang berkaitan dengan perencanaan adalah suatu hal yang penting termasuk mengenai perencanaan struktur fondasi. Pada proyek pembangunan ini menggunakan fondasi *mini pile* 25x25 cm.

Dikarenakan adanya penambahan fondasi dari desain awal perencanaan yang mana fondasi yang sudah terpasang ternyata tidak memenuhi kuat ijin rencana. Diketahui dengan cara memberikan beban menggunakan alat HSPD besaran gaya tekan yang dikeluarkan pada manometer hanya 3-5 MPa, sedangkan kuat ijin rencana sebesar 7 MPa. Maka awal rencana sebanyak 86 tiang pancang dengan kedalaman 6 meter setelah itu ada penambahan sebanyak 43 tiang pancang dengan kedalaman 12 meter. Oleh sebab itu pada penelitian ini akan menganalisa daya dukung fondasi dan menghitung penurunan seketika untuk mengetahui aman tidaknya bangunan ini didirikan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, berikut rumusan masalahnya :

1. Berapa beban maksimal pada proyek pembangunan Gedung Fraksi DPRD Kudus ?
2. Berapa kapasitas daya dukung fondasi *mini pile* dengan kedalaman 6 m dan 12 m menggunakan metode Aoki de Alencer, dan Mayerhoff ?
3. Bagaimana cara validasi kapasitas dukung pile berdasarkan hasil uji PDA ?
4. Berapa kapasitas dukung group pile 6 meter dan group pile kombinasi ?
5. Berapa penurunan seketika pada fondasi *mini pile* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian kali ini sebagai berikut :

1. Menghitung beban maksimal pada proyek pembangunan Gedung Fraksi DPRD Kudus
2. Menghitung kapasitas daya dukung fondasi *mini pile* dengan kedalaman 6 m dan 12 m menggunakan metode Aoki de Alencer, dan Mayerhoff
3. Melakukan verifikasi kapasitas dukung pile berdasarkan hasil uji PDA
4. Menghitung kapasitas dukung group pile 6 meter dan group pile kombinasi
5. Menghitung penurunan seketika pada fondasi *mini pile*

1.4. Batasan Masalah

Beberapa hal yang menjadi Batasan masalah tugas akhir ini yaitu :

1. Lokasi penelitian tanah berada di Gedung Fraksi DPRD Kabupaten Kudus,
2. Struktur fondasi dalam penelitian ini menggunakan fondasi *mini pile*,
3. Data penyelidikan tanah menggunakan hasil uji Sondir,
4. Analisa kekuatan daya dukung aksial fondasi *mini pile* dengan Metode Aoki de Alencer dan Mayerhoff,
5. Perhitungan daya dukung tidak menyertakan daya dukung lateral.
6. Program yang digunakan adalah *Allpile*, *Group* dan *Plaxis*.
7. Verifikasi data kekuatan daya dukung fondasi menggunakan hasil uji Test PDA.
8. Analisis validasi menggunakan metode Mazurkiewicz
9. Hitungan penurunan tidak menyertakan penurunan akibat konsolidasi

1.5. Sistematika Penulisan

Pada penyusunan Tugas Akhir ini, penulis akan menyusun laporan ini dengan V bab, yaitu :

BAB 1 PENDAHULUAN

Konteks, rumusan masalah, tujuan penyusunan Tugas Akhir, batasan topik serta kaidah penulisan yang akan dilakukan tertuang pada bab ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi acuan dan syarat-syarat yang dijadikan penyusun untuk menyelesaikan pokok pembahasan pada penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI

Berisikan tatacara atau proses yang digunakan penulis untuk menuntaskan tugas akhir ini baik berupa pengumpulan data atau yang lainnya.

BAB 4 HASIL PEMBAHASAN

Semua uraian perhitungan perencanaan yang dilakukan oleh penulis terdapat pada bab ini.

BAB 5 PENUTUP

Setelah melakukan analisi akan mendapatkan kesimpulan dan saran yang merupakan isi dari bab terakhir ini

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fondasi

Fondasi ialah struktur bawah yang menyalurkan beban ke tanah . Secara umum fondasi ada 2, dangkal dan dalam. Fondasi dangkal hanya bisa menerima beban relatif kecil. Sedangkan fondasi dalam dapat menerima beban bangunan yang lebih besar. (Hardiyatmo, 2002).

Fondasi merupakan bagian bangunan yang yang digunakan sebagai peletakan bangunan dan meneruskan beban ke bagian bawahnya (Gunawan, 1990). Fondasi adalah struktur *bottom structure* yang berfungsi menyalurkan beban ke tanah bawahnya (Bowles, 1997).

Jadi dapat disimpulkan bahwa fondasi ialah *bottom structure* yang untuk menyalurkan beban sampai tanah dan tidak boleh terjadi pergeseran dan penurunan pada fondasi tersebut.

2.2 Klasifikasi Fondasi

2.2.1 Fondasi Dangkal

a. Fondasi Memanjang (*continuous footing*)

Fondasi memanjang biasa dinamakan dengan fondasi batu kali yang berfungsi untuk menyangga kolom dengan jarak dekat, bias juga untuk menyangga dinding. Biasanya berupa batu kali, pasangan batu bata atau beton tak bertulang (Rustiansyah, 2019). Fondasi Memanjang dapat di lihat pada Gambar 2.1 (a).

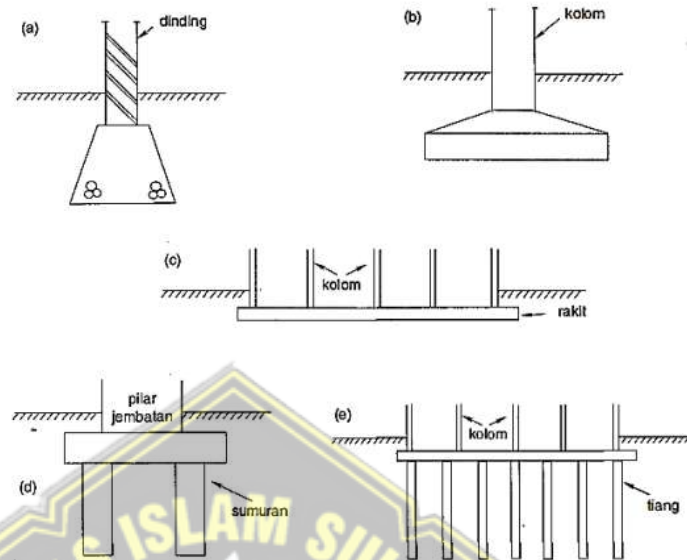
b. Fondasi Telapak (*spread footing*)

Fondasi telapak digunakan untuk tumpuan kolom tunggal, biasanya menggunakan beton dengan tulangan dimanya bentuknya menyerupai telapak dan memiliki tebal dengan ukuran yang disesuaikan. Terkadang digunakan untuk bangunan tingkat (Rustiansyah, 2019). Fondasi Telapak dapat di lihat pada Gambar 2.1 (b).

c. Fondasi rakit (*raft foundation*)

Fondasi rakit biasanya digunakan pada daerah yang tanahnya bersifat lunak, karena tanah tersebut memiliki daya dukung yang rendah,

maka sangat diperlukan fondasi dengan bentuk yang agak lebar (Rustiansyah, 2019). Fondasi Rakit dapat di lihat pada Gambar 2.1 (c).



Gambar 2.1 Macam Bentuk Fondasi (Hardiyatmo , 2002)

(a) Memanjang (b) Telapak (c) rakit (d) Sumuran (e) Tiang

2.2.2 Fondasi Dalam

a. Fondasi sumuran

Fondasi sumuran adalah fondasi Antara fondasi dalam dan dangkal, namun lebih digolongkan menjadi fondasi dnagkal karena lebih panjang dari lebarnya. Fondasi ini berbuntak bulat berlubang dan ditutup dengan beton bertulang atau pracetak dengan diameter yang bervariasi, antara lain 200 mm, 320 mm, 380 mm, (Rustiansyah, 2019). Fondasi Sumuran dapat di lihat pada Gambar 2.1 (d).

b. Fondasi tiang pancang

Fondasi tiang pancang adalah fondasi yang menggunakan kolom beton prefabrikasi yang dihubungkan langsung ke tanah dengan menggunakan alat tiang pancang, seperti HSPD tergantung dari situa keadaan lingkungannya. Fondasi ini sangat disarankan digunakan untuk daerah dengan tanah lunak untuk memudahkan dalam pengerjaan fondasinya (Rustiansyah, 2019).

Menurut bahan yang digunakan, fondasi tiang pancang dapat dibedakan menjadi empat jenis yaitu tiang pancang kayu, tiang pancang beton, tiang pancang baja, dan tiang pancang komposit (Sardjono HS, 1984). Jenis yang paling sering digunakan sebagai fondasi permanen adalah fondasi tiang pancang baja dan fondasi tiang pancang beton. Pemakaian jenis tiang pancang bergantung pada beberapa aspek di lapangan, seperti jenis tanahnya atau kebutuhan daya dukung fondasi itu sendiri.

Bila pemakaian fondasi tiang pancang telah ditetapkan, maka dimensi dan panjang tiang pancang perlu dihitung berdasarkan pada beban yang berasal dari bagian konstruksi di atas tanah dengan mempertimbangan kapasitas gaya aksial dan momen pada tiang yang diijinkan. Fondasi Tiang Pancang dapat dilihat pada Gambar 2.2.

c. Fondasi “Mini Pile”

Fondasi “mini pile” pada dasarnya merupakan rekayasa fondasi tiang pancang atau tiang bor yang dimodifikasi sedemikian rupa sehingga memiliki dimensi yang kecil, dapat berupa beton bertulang maupun beton prategang. Tiang pancang berukuran kecil ini digunakan untuk bangunan – bangunan bertingkat rendah dan tanah relative baik. Ukuran yang digunakan pada bangunan dalam penelitian ini berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 25x25 cm. kelebihan dan kekurangan pada fondasi “mini pile” sebagai berikut :

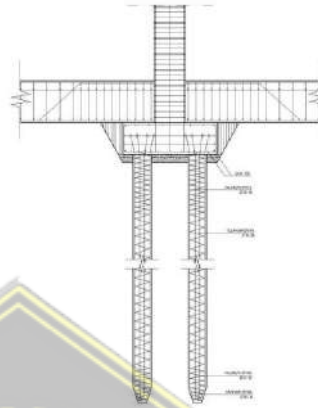
Kelebihan :

- Karena dibuat dengan sistem pabrikasi maka mutu beton terjamin.
- Bisa mencapai daya dukung tanah yang paling keras.
- Daya dukung tidak hanya dari ujung tiang, tetapi juga lekatan pada sekeliling tiang

Kekurangan :

- Untuk daerah proyek yang masuk gang kecil, sulit dikerjakan karena faktor angkutan.
- Sistem ini baru ada di daerah kota dan sekitarnya.

- Untuk daerah dan penggunaan volumenya sedikit, harganya jauh lebih mahal.
- Proses pemancangan menimbulkan getaran dan kebisingan (Sardjono,1991).



Gambar 2.2 Fondasi Tiang Pancang (Fitryana,2020)

2.3 Klasifikasi tanah

klasifikasi tanah berdasarkan benda hasil benda uji sondir di lapangan dapat menentukan jenis tanahnya sesuai dengan data tekanan *conus* (q_c) dan hambatan pelekat (f_s) yang terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter Sondir

Nilai Sondir		Klasifikasi
q_c	F_s	
6	0.15 – 0.4	Humus, very soft clay
6 - 10	0.2	Loose sand, very loose sand
	0.2 – 0.6	Soft clay, soft silty clay
10- 30	0.1	Loose pebbles
	0.1 – 0.4	Loose sand
	0.8 - 2	Slightly chewy clay
30 - 60	1.5	Silty sand, dense sand
	1- 3	Silty clay
	1	Loose sand gravel
60 -150	1 – 3	Solid sand, silty sand or solid clay and silty clay
	3	Gravel clay
150 - 300	1- 20	Dense sand, gravel sand, and rough sand

(Sumber : Das, 2011)

Korelasi antara kestabilan tekanan *conus* serta *Undrained Cohesion* itu sama, nilainya berbanding lurus, semakin tinggi nilainya maka tanah lebih kaku. Berikut adalah klasifikasi konsistensi pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Konsistensi dengan Tekanan Konus

Konsistensi Tanah	Tekanan Konus q_c (kg/cm ²)	<i>Undrained Cohesion</i> (T/m ²)
<i>Very Soft</i>	< 2.5	< 1.25
<i>Soft</i>	2.5 - 5	1.25 – 2.5
<i>Medium Stiff</i>	5. – 10	2.5 - 5
<i>Stiff</i>	10 - 20	5 – 10
<i>Very Stiff</i>	20 – 40	10 - 20
<i>Hard</i>	> 40	> 20

(Sumber : Bogeman, 1965)

Satu dari beberapa parameter daya dukungan tanah adalah kepadatan tanah yang didapatkan dari uji penetrasi, dimana sifat yang dikorelasikan Antara lain γ_d , γ_m , C_c , C_v , q_u , c dan ϕ , dimana nilainya sama. Dibawah ini merupakan Tabel 2.3 mengenai nilai konsistensi dan tekanan konus.

Tabel 2.3 Nilai Konsistensi dan Tekanan Konus

Kepadatan	<i>Relatif Density</i> (γ_d)	Nilai N- SPT	Tekanan Konus q_c (Kg/Cm ²)	Sudut Geser (ϕ) (°)
<i>Very Loose</i>	< 0,2	< 4	< 20	< 30
<i>Loose (Lepas)</i>	0.2 – 0.4	4 - 10	20 - 40	30 - 35
<i>Medium Dense</i>	0.4 – 0.6	10 - 30	40 - 120	35 - 40
<i>Dense</i>	0.6 – 0.8	30 - 50	120 - 200	40 - 45
<i>Very Dense</i>	0.8 - 1	> 50	> 200	> 45

(sumber : Meyerhof, 1956)

2.4 Pembebanan

Pembebanan merupakan faktor penting dalam merencanakan struktur bangunan. Oleh karena itu, dalam merancang struktur perlu mengidentifikasi beban – beban yang bekerja pada sistem struktur. Beban –

beban yang bekerja pada struktur ditimbulkan secara langsung oleh gaya - alamiah dan buatan manusia (Schueller,2001). Secara umum, struktur bangunan dikatakan aman dan stabil apabila mampu menahan beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban gempa yang akan bekerja pada bangunan tersebut.

a. Beban Mati

Komponen struktur yang bersifat tetap dan melekat yang ada di setiap pembangunan bisa disebut sebagai beban mati. Beban mati merupakan seluruh bahan konstruksi bangunan gedung termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, plat, kolom, balok dan finishing (SNI 1727:2020).

b. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan Gedung atau struktur lain (SNI 1727:2020).

c. Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban statik ekicalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari pergerakan dari Gerakan tanah akibat gempa tersebut.

2.5 Daya Dukung Aksial

Daya dukung aksial adalah kemampuan tanah dibawah fondasi untuk menahan gaya – gaya luar yang bekerja dengan arah tegak lurus terhadap fondasi tersebut. Dalam penelitian ini untuk mendapatkan nilai daya dukung aksial menggunakan data hasil uji sondir menurut data lapangan serta data laboratorium berdasarkan kuar geser tanah.

2.5.1 Kapasitas Daya Dukung dari Hasil Uji Sondir

Perbedaan tes dilapangan diantara sondir atau *cone penetration test* (CPT) seringkali dipertimbangkan terlebih dahulu berperanandari geoteknik. Sondir atau CPT ini adalah tes yang sangat cepat, sederhana, ekonomis, dan tes 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 2.1

$$Q_u = Q_b + Q_s + q_b A_b + f \cdot A_s \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

Q_u = Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang pancang (ton)

Q_b = Kapasitas tahanan diujung tiang (kN)

Q_s = Kapasitas tahanan kulit (kN)

q_b = Kapasitas daya dukung diujung tiang persatuan luas (kg/cm²)

A_b = Luas diujung tiang (m²)

f = Satuan tahanan kulit persatuan luas (kN/m²)

A_s = Luas kulit tiang pancang (m²)

Perencanaan fondasi tiang pancang dengan sondir terdapat dua 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 dari persamaan 2.2

$$q_b = \frac{q_{ca}(base)}{f_b} \dots\dots\dots (2.2)$$

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 tiang tergantung tipe tiang.

Tahanan kulit persatuan luas (f) diprediksi dari persamaan 2.3

$$F = q_c (side) \frac{a_s}{F_s} \dots\dots\dots (2.3)$$

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 dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan untuk nilai faktor empirik a_s dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.4 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 2.5 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 diantaranya : Meyerhoff, Tomlinson dan Begemann. Untuk rumus daya dukung fondasi tiang dinyatakan dari persamaan 2.4

$$Q_u = q_c \times A_p + JHL \times K \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

Q_u = kapasitas Daya dukung tiang pancang.(ton)

q_c = Tahanan ujung sondir (kg/cm²)

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.(cm)

A_p = Luas penampang tiang.(m²)

Daya dukung ijin fondasi tiang dinyatakan dalam rumus dari persamaan 2.5

$$Q_u \text{ Ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K_t}{5} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana :

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

q_c = Tahanan ujung sondir dengan memakai faktor koreksi bogemann

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

A_p = Luas penampang tiang. (cm²)

3 = Faktor keamanan untuk daya dukung tiang.

5 = Faktor keamanan untuk gesekan pada selimut tiang.

Dari hasil uji sondir ditunjukkan bahwa tahanan ujung sondir atau harga tekan konus bervariasi terhadap kedalaman. Oleh karena itu pengambilan harga q_c untuk daya dukung di ujung tiang kurang tepat. Ada beberapa pertimbangan untuk menentukan daya dukung ujung tiang.

Menurut Meyerhoff dari persamaan 2.6

$q_p = q_c \rightarrow$ untuk keperluan praktis.

$$q_p = (2/3 - 3/2) q_c \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

q_p = Tahanan ujung ultimate

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

2.5.2 Kapasitas Daya Dukung Berdasarkan Metode Mayerhoff

Dari hasil uji pemeriksaan tanah melalui beberapa percobaan mendapatkan nilai berat isi tanah (γ), nilai kohesi tanah (c) dan nilai sudut tanah (ϕ):

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

Untuk tanah kohesif dapat dilihat dari persamaan 2.7

$$Q_p = A_p \times c_u \times N_c^* \dots \dots \dots (2.7)$$

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 menghitung c_u (*Undrained cohesion*), menggunakan persamaan 2.8 :

$$C_u = \frac{2}{3} \times NSPT_{rata-rata} \times 10 \dots \dots \dots (2.8)$$

dimana :

$$NSPT_{rata-rata} = \frac{N1+N2}{2}$$

$N1$ = N-SPT 10D

$N2$ = N-SPT 4D

Untuk tanah non kohesif dapat dilihat dari persamaan 2.9

$$Q_p = A_p \times q' (N_q^* - 1) \dots \dots \dots (2.9)$$

dimana :

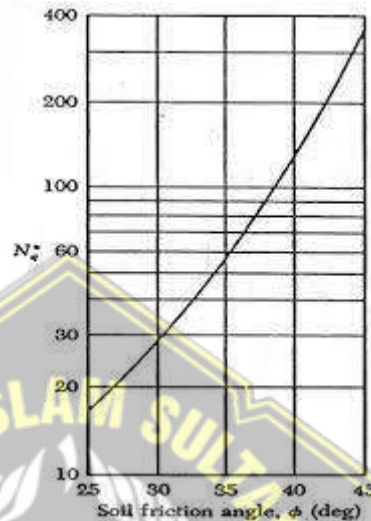
Q_p = Tahanan ujung per satuan luas (ton)

A_p = Luas penampang tiang pancang. (m^2)

$q' =$ Tekanan vertical efektif (ton/m^2)

$N_q^* =$ Faktor daya dukung tanah.

Menurut Vesic (1967) menyarankan untuk korelasi antara ϕ dan N_q^* dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Faktor N_q^* (Vesic 1967)

- b. Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*) dari persamaan 2.10

$$Q_s = f_i \times L_i \times p \dots \dots \dots (2.10)$$

dimana :

$f_i =$ Tahanan satuan *skin friction* (ton/m^2)

$L_i =$ Panjang lapisan (m)

$p =$ Keliling tiang (m)

$Q_s =$ Daya dukung selimut tiang (ton)

Pada tanah kohesif dari persamaan 2.10

$$f = a_i^* \times c_u \dots \dots \dots (2.11)$$

dimana :

$a_i^* =$ Faktor adhesi = 0.55

$c_u =$ Undrained cohesion (ton/m^2)

Pada tanah non kohesif dari persamaan 2.10

$$f = K_0 \times \sigma_v' \times \tan \delta \dots \dots \dots (2.12)$$

dimana :

K_0 = Koefisien tekanan tanah

$$K_0 = 1 - \sin \varphi$$

σ_v' = Tegangan vertikal efektif tanah ton/m²

$$\sigma_v' = \gamma \times L'$$

$$L' = 15D$$

D = diameter

$$\delta = 0.8 \cdot \varphi$$

2.5.2.1 Tahanan Ujung Ultimit

Menggunakan data uji laboratorium maupun data pengujian penetrasi berfungsi untuk menghitung kapasitas tahanan maksimum ujung tiang. Maka dari itu untuk perhitungan kapasitas ultimit tahanan ujung tiang menurut meyerhoff dapat dilihat dari persamaan 2.13

$$P_{pu} = A_p (C \cdot N_c + \eta \cdot q' N_q) \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana :

P_{pu} = Kapasitas ultimate tahanan 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 vertical efektif pada titik tiang pancang (kg/cm²)

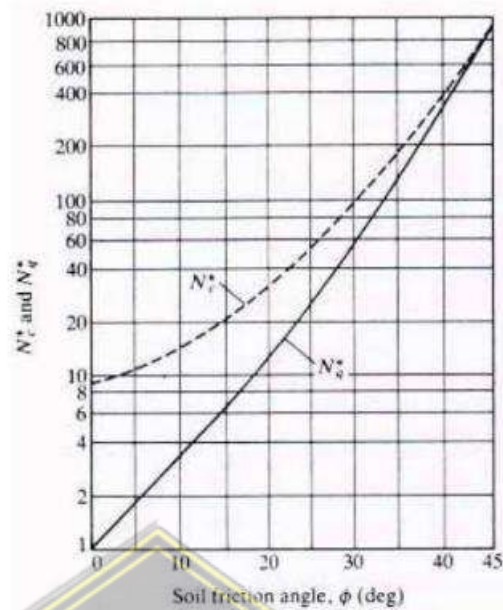
$\eta = 1$ untuk semua kecuali factor – factor dimana

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

K_0 = Koefisien tanah dalam keadaan diam

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

Nilai faktor – faktor kapasitas daya dukung (N_c dan N_q) dapat dihitung berdasarkan gambar grafik 2.4 :



Gambar 2.4 Grafik daya dukung tanah Meyerhoff

Nilai faktor daya dukung sesuai grafik diatas dapat dilihat pada tabel 2.6 :

Tabel 2.6 Faktor daya dukung Meyerhoff

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

2.6 Perhitungan Daya Dukung Lateral Tiang Metode *Brooms*

Daya dukung lateral yang digunakan adalah jenis tanah *Sand* (tanah granuler) dan nilai – nilainya dapat dilihat pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Nilai – nilai n_h untuk tanah granuler ($c=0$)

Kerapatan relatif (D_r)	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 Davissonn (1962) Davisson (1970)
Gambut	55 27,7 - 111	Davisson (1970) Wilson dan Hitls (1967)
Loess	8033-11080	Bowles (1968)

(sumber : Poulos dan Davis, 1980)

Untuk perhitungan daya dukung lateral :

2.6.1 Cek Kekakuan Tiang Akibat Beban Lateral

$$E = 4700 \times \sqrt{f_c} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$I = \frac{1}{6} \times \pi \times D^4 \dots\dots\dots(2.15)$$

Untuk mencari faktor kekakuan tanah (T) adalah :

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p \times l_p}{n_h}} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$4T = 4 \times T \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

E_p = Modulus Elastisitas Tiang (kN/m^2)

I = Momen Inersia (m^4)

n_h = Koefisien Modulus Variasi (kN/m^3)

K_h = Modulus Reaksi Subgrade (kN/m^3)

D = Diameter (m)

2.6.2 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

$$M_{\max} = B \times \gamma \times L^3 \times K_p \dots\dots\dots (2.18)$$

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

2.6.3 Cek Nilai H_u

$$f = 0.82 \sqrt{\frac{H_u}{d \times K_p \times \gamma}} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$H_u = \frac{2 M_y}{e + \frac{2f}{3}} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$H_{\text{ijin}} = \frac{H_u}{S_f} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

H_u = Daya Dukung Lateral Tiang (kN)

M_y = Momen Max Yang Dapat Ditahan Tiang (kN.m)

γ = Berat Volume Tanah (kN/m^3)

D = Diameter (m)

e = Jarak Titik Beban Horizontal ke Permukaan Tanah (m)

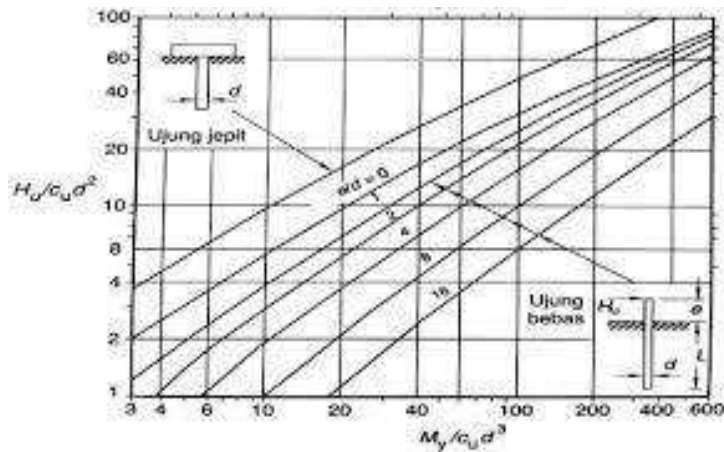
K_p = Koefisien Tekanan Tanah Pasif

f = Jarak Kedalaman Titik Dimana Gaya Geser = 0 (m)

secara grafik, pada tahanan momen ultimit :

$$\text{Tahanan Momen Ultimit} = \frac{M_u}{D^4 \gamma \times k_p} \dots\dots\dots (2.22)$$

Untuk mencari nilai tahanan momen ultimit menggunakan grafik pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Grafik AngkaTahanan Momen Ultimit

Sumber : (Hardiyatmo, 2013)

Perhitungan pada Tahanan Lateral ijin adalah :

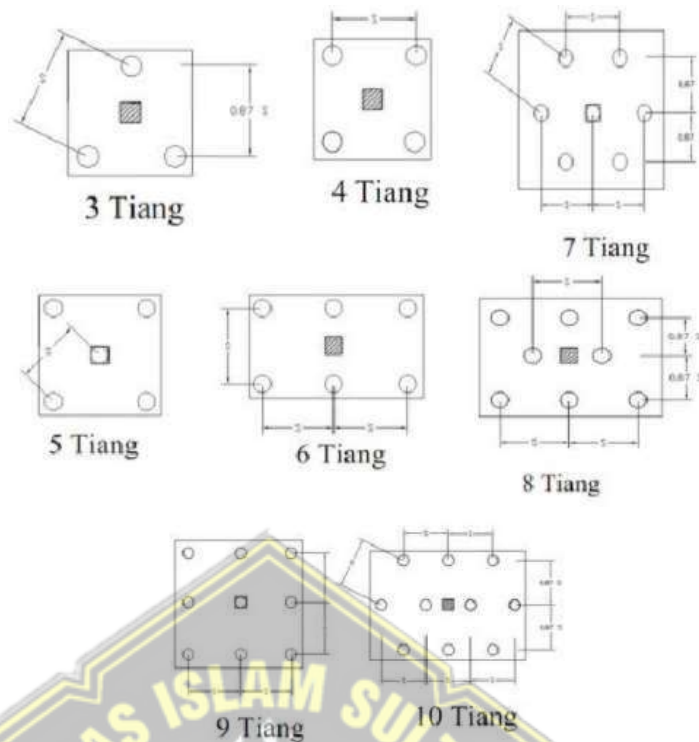
$$5.2 = \frac{Hu}{Kp \times D \times D^5} \dots\dots\dots(2.23)$$

2.7 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 2.6)

Untuk dapat menyatukan tiang pancang tersebut dalam satu kelompok tiang, dapat diberi poer (*footing*). Dalam perhitungan poer 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 2.6 Pola Kelompok tiang pancang (Hardiyatmo,2002)

2.8 Jarak antar tiang pancang dalam kelompok

Menurut K. Basah Suryolelono (1994), pada prinsipnya jarak tiang (S) makin rapat, ukuran pile cap makin kecil dan serta 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 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).

2.9 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 :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan (ton)

η = Efisiensi kelompok tiang.

N = Jumlah tiang dalam kelompok. (buah)

Q_a = Beban maksimum tiang tunggal. (ton)

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 :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90.m.n'} \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang.

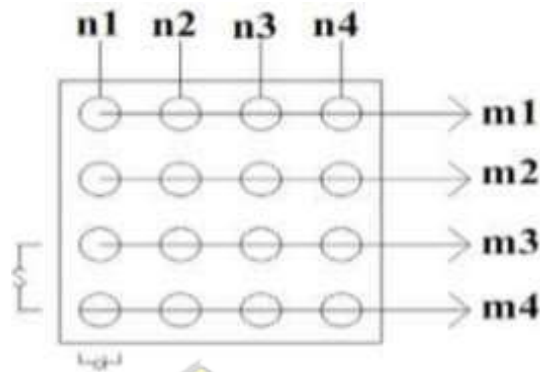
m = Jumlah baris tiang.

N = Jumlah tiang dalam satu baris.

$\phi = \text{Arc tg } D/S \text{ dalam derajat. } (^{\circ})$

$S = \text{Jarak pusat ke pusat (m) (Lihat Gambar 2.6).}$

$D = \text{Diameter tiang. (m)}$



Gambar 2.7 Hitungan efisiensi dalam jarak S

2.10 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 dapat dihitung menggunakan persamaan berikut dan di tabel 2.8 Dan tabel 2.9 :

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \dots\dots\dots(2.26)$$

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

$$E_p (\text{beton}) = 4700 \sqrt{f'c'} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi \times Q_{ws}) \times L}{A_p \times E_p} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$\xi = 0.67 \text{ (faktor empirik dari tipe variasi tahanan selimut tiang)} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$S_{e(2)} = \frac{qp \times D}{E_s} \dots\dots\dots(2.30)$$

Tabel 2.8 Nilai Perkiraan Modulus Elastis 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 2.9 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 $S_{e(3)}$

$$S_{e(3)} = \frac{qp \times D}{E_s} \times (1 - \mu_s^2) / I_{ws} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$I_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{\frac{L}{D}} \dots\dots\dots (2.32)$$

Dari persamaan diatas, total penurunan pada tiang fondasi tunggal dapat diketahui. Dalam penurunan fondasi tiang juga memperhatikan

batasan-batasan yang harus diperhatikan, agar penurunan tidak melebihi dari nilai penurunan yang diijinkan. Untuk mengetahui besar nilai penurunan yang diijinkan, dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$S_{ijin} = 10\% \times D \dots\dots\dots (2.33)$$

Dimana nilai D didapat dari diameter fondasi, dan nilai dari total penurunan harus lebih kecil dari nilai penurunan yang diijinkan.

2.11 Perkiraan penurunan kelompok tiang (*Group Pile*)

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 kelompok tiang adalah :

$$S_g = \frac{q B g I}{2 q_c} \dots\dots\dots (2.34)$$

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 poer tiang kelompok

q_c = Kapasitas tahanan ujung tiang

2.12 Faktor Keamanan

Faktor kewanan merupakan suatu angka pembagi untuk mendapatkan nilai kapasitas ujung tiang, dengan membagi kapasitas ultimitdengan faktor keamanan tertentu.

Perencanaan fondasi tiang menurut Reese dan O'Neill (1989) memberi saran bahwa faktor keamanan (F_s) mempertimbangkan faktor faktor yang dapat dilihat pada Tabel 2.10:

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 actual yang terjadi selama beban layanan struktur.

Tabel 2.10 Faktor keamanan (Reese & O'Neill 1989)

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

Nilai Q_u dibagi dengan F_s yang sesuai merupakan besar beban yang bekerja atau kapasitas tiang izin yang diperbolehkan untuk keamanan terhadap keruntuhan struktur. Jadi faktor pembagi F_s menjadi tolak ukur keamanan sebuah konstruksi.

Untuk penggunaan $F_s = 1.5$ untuk Q_s nilai ini lebih kecil dari $F_s = 3$, sebab untuk nilai puncak Q_s dicapai jika tiang tersebut mengalami penurunan sekitar 2-7 mm. Sedangkan untuk bisa menahan ujungnya bekerja secara penuh, Q_b perlu *settlement* yang lebih besar. Oleh karena itu, faktor keamanan sangat penting untuk digunakan agar bisa mendapatkan keamanan struktur bawah yaitu fondasi tiang tersebut terhadap keruntuhan struktur dengan mempertimbangkan *settlement* pada tiang akibat beban fondasi sendiri.

2.13 Pemodelan Menggunakan Software

Dalam perkembangan zaman di dunia Teknik sipil sekarang ini sudah semakin maju terutama dalam hal teknologi. Teknologi sangat membantu dalam pengerjaan sebuah proyek. Tidak hanya dalam kerja lapangan yang searang terbantu dengan adanya alat berat yang dapat meringankan kerja, dalam hal analisis perhitungan pun sekarang sudah menggunakan teknologi. Ada banyak jenis *software* yang tersedia untuk membantu analisi sebuah perencanaan dan permasalahan, dalam bidang struktur terdapat *software* ETABS, SAP2000, dan masih banyak lagi.

Dalam bidang fondasi pun sekarang sudah dapat merencanakan sebuah fondasi dengan mudah menggunakan *software*, ada beberapa *software* yang tersedia untuk membantu kita dalam menganalisis atau membantu dalam merencanakan sebuah fondasi, dari beberapa *software* tersebut di antaranya yaitu *software* allpile dan plaxis.

2.13.1 Software Allpile 6.5 E

Allpile merupakan salah satu *software* yang ramai digunakan di dunia Teknik sipil dalam merencanakan struktur fondasi. Ada banyak jenis fondasi yang tersedia di *software* allpile termasuk juga fondasi bore pile dan fondasi tiang pancang. Allpile 6.5 E merupakan program perhitungan yang pada dasarnya menghitung daya dukung sebuah fondasi. Pada perhitungan sebuah fondasi pada program allpile data SPT tanah sangat di butuhkan untuk input data ke dalam program Allpile 6.5 E, sehingga program tersebut dapat menganalisa daya dukung fondasi yang kita rencanakan. Dalam out put program allpile 6.5 E yang di hasilkan dari proses analisis terdapat keterangan berupa besar daya dukung Fondasi yang direncanakan

2.13.2 Software Plaxis V.2.1

Program Plaxis V.2.1 ini merupakan salah satu software teknik sipil yang terfokus di bidang geoteknik. Program plaxis V.2.1 ini di gunakan untuk mengetahui dan menganalisis besar penurunan yang terjadi pada sebuah fondasi, sehingga program plaxis V.2.1 ini dapat digunakan sebagai perbandingan hasil Analisa manual. Tidak hanya dalam menganalisa penurunan pada fondasi, program plaxis ini juga dapat di gunakan dalam berbagai bidang yang berhubungan dengan geoteknik.

2.13.3 *Software Group 8.0.4*

Program Group 8.0.4 adalah program yang dapat menganalisa perilaku tiang akibat beban aksial dan beban lateral. Program ini dapat menghitung lendutan, geser, momen lentur, tahanan tanah terhadap defleksi, dan respon tanah terhadap kedalaman, baik itu dalam kondisi tanah seragam maupun berlapis. Program group memungkinkan pengguna untuk menganalisis model 2D untuk tiang kelompok dalam tata letak simetris atau model 3D untuk sekelompok tiang yang tidak tersusun secara simetris.

Penjelasan di atas merupakan penjelasan beberapa software dunia Teknik sipil bidang geoteknik yang dapat digunakan dalam membantu menganalisa perhitungan fondasi. Tidak hanya di gunakan untuk menganalisa perencanaan fondasi, tetapi ketiga program tersebut juga dapat di gunakan sebagai pembanding antara perhitungan manual.

2.14 *Pile Driving Analysis (PDA Test)*

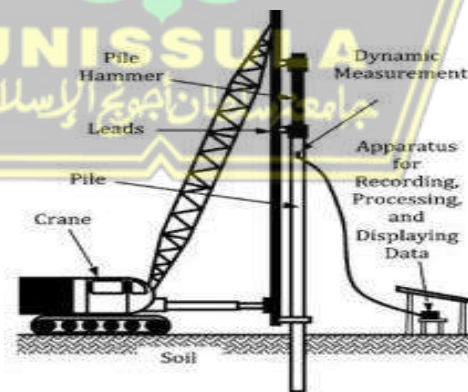
Tujuan dasar dari pengujian PDA, yaitu untuk mengevaluasi daya dukung tiang, integritas/keutuhan tiang dan penurunan tiang. Dengan kemampuannya tersebut PDA test digunakan pada proyek-proyek besar sebagai tes tambahan selain uji skala penuh (*static load test*), sedangkan pada proyek-royek menengah dan kecil PDA test dianggap bisa menggantikan uji beban. Jenis fondasi tiang yang dapat diuji dengan PDA tidak terbatas pada tiang pancang saja. PDA juga dapat digunakan untuk tiang yang dicor ditempat seperti tiang bor, tiang franki dan jenis fondasi lainnya. Alat yang digunakan dalam proses test PDA dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Alat yang digunakan dalam proses test PDA

Sumber : Google.com

Pengujian tiang pancang cara dinamis dilakukan dengan menempatkan 2 pasang sensor secara berlawanan. Satu pasang sensor terdiri dari pengukur regangan (*strain transducer*) dan pengukur percepatan (*accelerometer*) di pasang dibawah kepala tiang (minimum jarak kepala tiang ke transducer $1,5D - 2D$, dimana D adalah diameter tiang) sehingga ada jarak bebas pada saat tumbukan. Tipikal penyusunan Test PDA dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Tipikal penyusunan Test PDA

Akibat tumbukan *hammer* pada kepala tiang, sensor akan menangkap gerakan yang timbul dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam dan diproses dengan PDA (*pile driving analyzer*) model PAX. Hasil pengukuran tersebut diperlukan untuk

memperkirakan kapasitas dukung aksial tiang dengan menggunakan *case methode*.

Pada pengujian PDA test terdapat beberapa dial bacaan atau parameter yang dihasilkan dari alat tersebut, seperti dalam tabel 2.11

Tabel 2.11. Data dan parameter pengujian PDA test

Kode	Keterangan
BN	Pukulan
RMX	Daya Dukung Tiang (ton)
FMX	Gaya Tekan Maksimum (ton)
CTN	Gaya Tarik Maksimum (ton)
EMX	Energi Maksimum yang ditransfer (ton.m)
DMX	Penurunan Maksimum
DFN	Penurunan Permanen
STK	Tinggi Jatuh Palu (m)
BPM	Pukulan Per Menit
BTM	Nilai Keutuhan Tiang (%)
LE	Panjang Tiang Bawah Instrumen (m)
LP	Panjang Tiang Tertanam (m)
AR	Luas Penampang Tiang (cm ²)

Sumber : PT. Pelabuhan Indonesia II

Hasil keluaran (output) dari PDA (pile driving analyzer) antara lain :

1. Daya dukung aksial tiang (Ru-ton)

Penentuan daya dukung aksial tiang didasarkan pada karakteristik dari pantulan gelombang yang diberikan oleh reaksi tanah (lengketan dan tahanan ujung). Korelasi yang baik antara daya dukung tiang yang diberikan dari hasil PDA dengan cara statis yang konvensional telah diakui, yang membawa pada pengakuan PDA sebagai metode yang sah dalam ASTM D-4945-1996. Meski demikian, harus dicatat korelasi yang ditunjukkan dalam grafik didasarkan pada hasil pengujian jika daya dukung batas (ultimate) dicapai baik dengan PDA maupun dengan pengujian statis yang konvensional.

2. Integritas tiang/keutuhan tiang (BTA_%) dan lokasi kerusakan dibawah sensor (LTD-m)

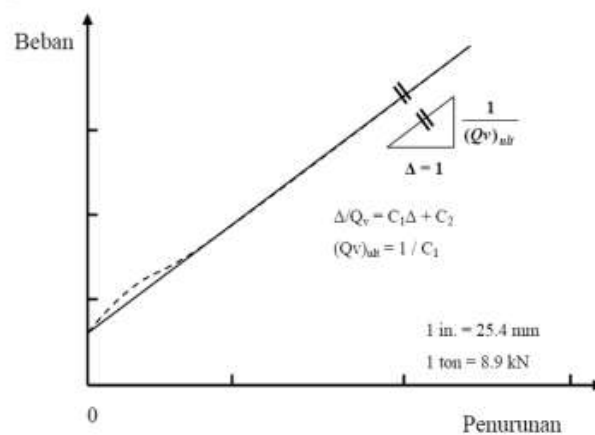
Kerusakan pada fondasi tiang dapat terjadi karena beberapa hal antara lain pada saat pengangkatan tiang atau selama pemancangan tiang. Untuk tiang bor, pengecilan penampang dan longsornya tanah adalah kerusakan yang paling umum dijumpai. Kerusakan ini dapat dideteksi dengan PDA. Berdasarkan F (gaya) dan V (kecepatan) yang terekam dari gelombang selama perambatannya sepanjang tiang, lokasi dari kerusakan dapat dideteksi dan luas penampang sisa dari tiang dapat diperkirakan.

3. Penurunan maksimum tiang (Dx-mm) dan penurunan permanen (DFN-mm)

PDA mengukur energi pemancangan aktual yang ditransfer selama pengujian. Karena berat palu pemancang dan tinggi jatuh palu dapat diketahui, maka efisiensi energi ditransfer dapat dihitung. Hasil pengujian PDA angka penurunan yang diambil sebagai hasil data *immediate displacement* (kapasitas sesaat) sampai batas keamanan $FK = 2$ dan tidak menjelaskan tentang penurunan konsolidasi. Angka penurunan permanen dari uji PDA tidak besar dari $\frac{1}{4}$ penurunan maksimum tiang.

2.15 Metode Chin

Metode Chin biasanya memberikan perilaku yang tidak realistik untuk kegagalan beban, jika tidak digunakan suatu kenaikan waktu yang konstan pada uji tiang, jika sepanjang kemajuan tes beban statik, dan chin memperhatikan Batasan beban yang diregresikan linier yang mendekati nilai 1 (satu) dalam mengambil suatu hasil tes beban static. Grafik penurunan metode Chin bisa dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Grafik hubungan beban dengan penurunan metode Chin

Dari hasil perhitungan menggunakan metode interpretasi akan didapatkan nilai kapasitas daya dukung fondasi. Untuk memastikan validitas hasil tersebut, maka digunakan rumus Terzaghi pada persamaan (2.35) dan persamaan (2.36).

Untuk fondasi Telapak:

$$Q_u = q_u (A_{bs} - A_{ling}) \dots\dots\dots(2.35)$$

$$q_u = 1,3 c N_c + D f \gamma N_q + 0,3 \gamma B N_\gamma$$

Untuk fondasi Sumuran

$$Q_u = q_u A_p + (f_s A_d + f_s A_i) \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana :

Q_u = tahanan total ultimate (kN)

Q_u = tahanan fondasi (kN)

Q_s = tahanan gesek pada selimut fondasi (kN)

A_p = luas dasar fondasi (m²)

A_d = luas selimut dalam sumuran (m²)

A_i = luas selimut luar sumuran (m²)

D = diameter fondasi (m)

Df = kedalaman fondasi (m)

f_s = factor gesekan di selimut fondasi

$N_{cs} N_{qs} N_{\gamma}$ = Faktor daya dukung Terzaghi

2.16 Metode Mazurkiewicz (1973)

Metode ini diasumsikan bahwa dengan kapasitas tahanan terbesar (ultimate) akan didapatkan dari beban yang berpotongan, di antaranya beban yang searah sumbu tiang untuk dihubungkan beban dengan titik-titik dari posisi garis terhadap sudut 45° pada beban sumbu yang berbatasan dengan beban.



Gambar 2.10 Grafik hubungan beban dengan penurunan metode Mazurkiewicz

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pengumpulan Data

Data yang didapatkan dari konsultan perencana adalah data teknis dan data laboratorium, berikut penjelasan dari hasil pengumpulan data :

3.1.1 Data Umum Proyek

Data umum dari Proyek Gedung Fraksi DPRD Kudus adalah sebagai berikut :

- 
1. Nama Proyek : Gedung Fraksi DPRD Kabupaten Kudus
 2. Lokasi Proyek : Jalan. R. Agil Kusumadya No.44, Kec. Kota Kudus, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah
 3. Pemilik Proyek : Sekretariat Dewan Perwakilan Rakyat Kabupaten Kudus
 4. Konsultan Perencana : C.V Daya Cipta Mandiri
 5. Konsultan Pengawas : C.V Weganda Sricahya
 6. Kontraktor : C.V Simpatik Karya Mandiri

3.1.2 Data Laboratorium

Data laboratorium dari hasil uji lapangan di proyek Gedung Fraksi DPRD Kudus menggunakan hasil uji sondir untuk data penyelidikan tanahnya dan data PDA test untuk mengetahui kapasitas dukung tiang dan integritas tiang.

3.1.3 Data Teknis Proyek

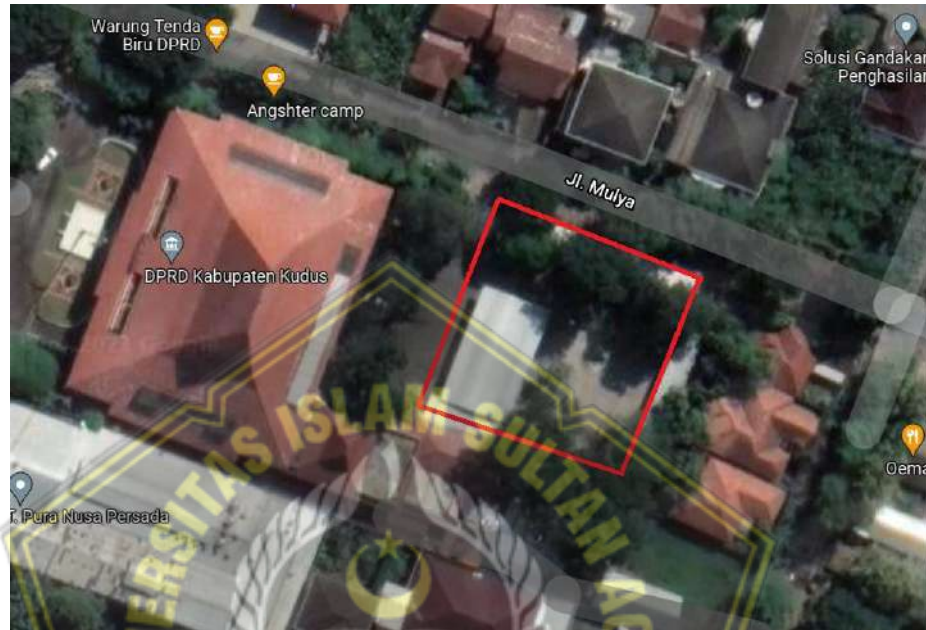
Data ini diperoleh di lapangan berdasarkan perhitungan dari pihak konsultan perencana sebagai berikut :

1. Jenis Fondasi : Tiang Pancang *Mini pile*
2. Dimensi : 25 x 25 cm
3. Kedalaman : 6 – 12 m
4. Mutu Beton : K-500

3.2. Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini diperlukan beberapa tahapan untuk mencapai maksud dan tujuan studi antara lain :

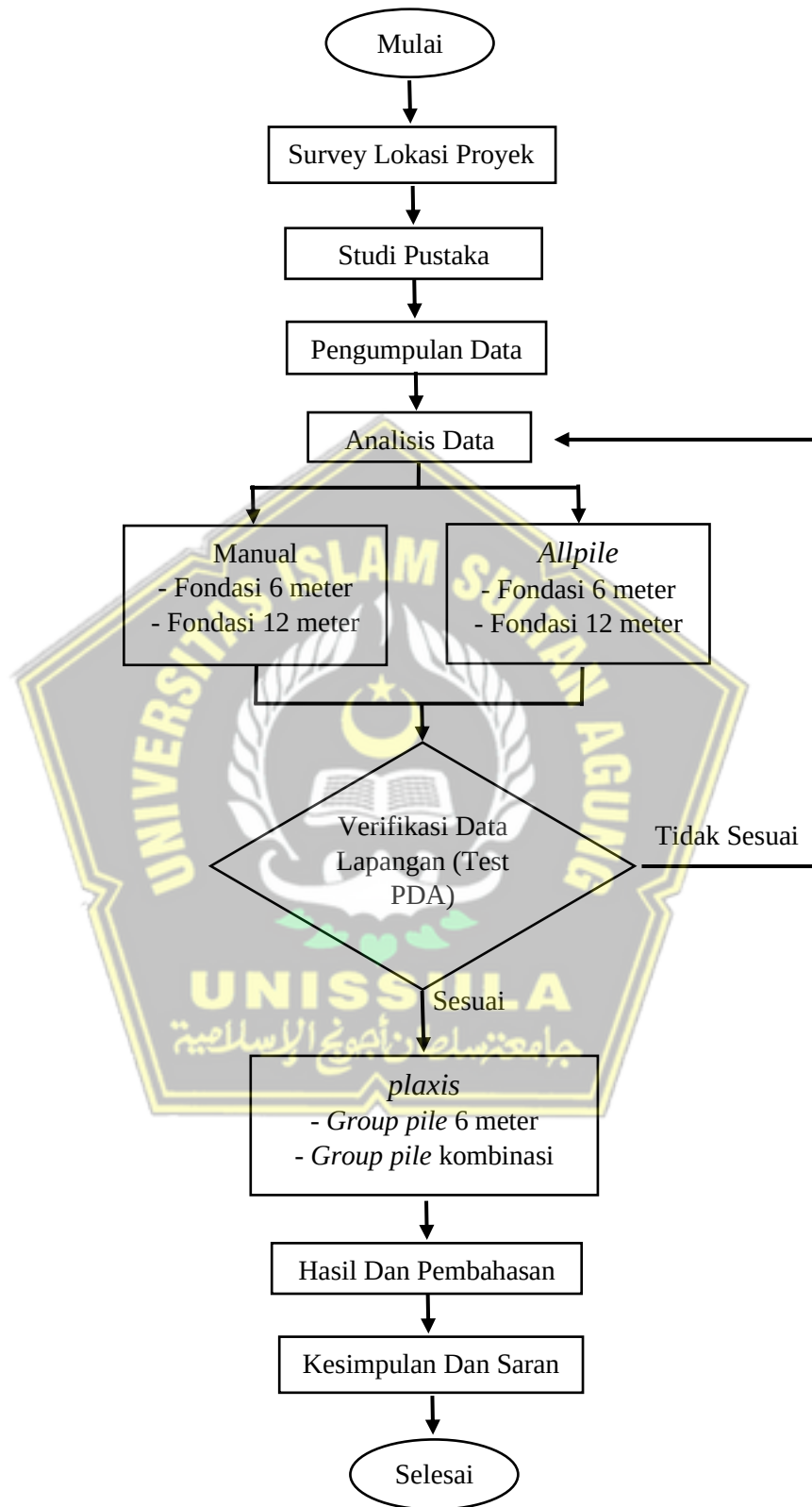
1. Survey lokasi untuk menentukan kegiatan perencanaan studi. Lokasi proyek dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Lokasi Proyek

2. Studi kepustakaan terhadap text book dan jurnal – jurnal terkait analisis daya dukung fondasi.
3. Pengumpulan data – data dari pihak konsultan perencana yaitu C.V Daya Cipta Mandiri.
4. Diskusi dan menganalisis data – data yang sudah diperoleh dengan dosen pembimbing berdasarkan teori terkait, dengan melakukan *back analysis* untuk mengetahui parameter tanah dengan mengacu pada hasil uji PDA. Setelah itu menghitung kapasitas dukung tiang dan penurunan menggunakan metode manual dan program aplikasi.
5. membuat kesimpulan dan saran dari hasil perhitungan analisis.

Skema pelaksanaan ini dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram alir pelaksanaan

3.3. Pemodelan Struktur pada Software ETABS

Untuk melakukan analisis dan Analisa struktur Gedung akibat beban gempa maka harus dibuat permodelan Gedung terlebih dahulu, kami menggunakan Software ETABS. Setelah permodelan selesai dibuat, barulah kita mengolah data-data dari output permodelan tersebut untuk keperluan analisis kinerja struktur nantinya.

Adapun langkah-langkah untuk membuat permodelan struktur Gedung yaitu sebagai berikut :

1. Membuat permodelan baru

Pada *Initialization Options* pilih *Use Built-in Setting With* untuk menentukan *Standard Code* maupun *Units* yang akan digunakan dalam pembuatan model rancangan. Pada bagian *Display Units* pilih *Metric SI* untuk satuan internasional dan untuk perencanaan beton bertulang pada *Concrete Design Code* Pilih ACI 318-14 yang merupakan satuan SNI beton Indonesia terbaru 2847:2019.



Gambar 3.3 Menu Pembuatan Pemodelan Baru

2. Menentukan grid untuk gambar struktur bangunan

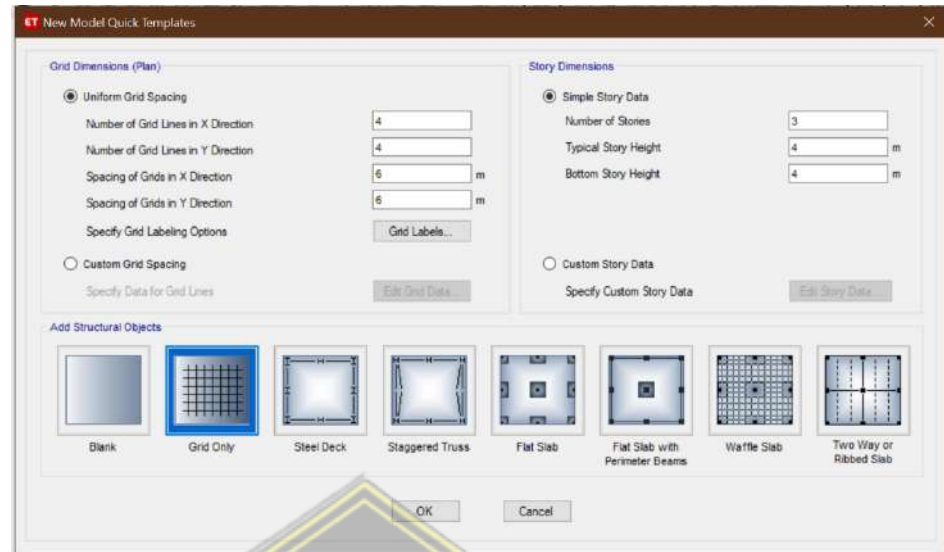
Bagian *Uniform Grid Spacing* :

- a. *Number of Grid Lines in X Direction* : 4 (Jumlah Grid/As pada arah X)
- b. *Number of Grid Lines in Y Direction* : 4 (Jumlah Grid/As pada arah Y)
- c. *Spacing of Grids in X Direction* : 6 m (Jarak antar Grid/As arah X)
- d. *Spacing of Grids in Y Direction* : 6 m (Jarak antar Grid/As arah Y)

Selanjutnya pada bagian *Story Dimension – Simple Story Data* :

- a. *Number of Stories* : 3 (sesuai dengan jumlah tingkat)
- b. *Typical Story Height* : 4 m (tinggi antar lantai tipikal)

c. *Bottom Story Height* : 4 m (tinggi story 1 dari lantai base / dasar)

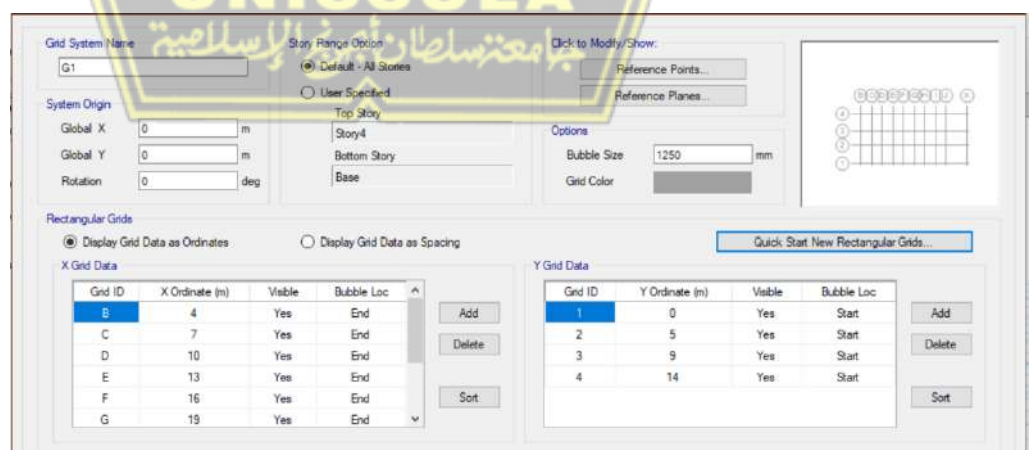


Gambar 3.4 Menu Pembuatan Grid

3. Pengaturan grid untuk gambar struktur bangunan

Sesuai dengan gambar denah rencana pada *grid/As* arah Y terdapat jarak yang berbeda, oleh karena itu dapat dipilih *Custom Grid Spacing – Edit Grid Data* untuk merubah jarak yang sebenarnya.

Setelah Muncul kotak dialog *Grid System Data*, Kemudian pilih *Display Grid Data as Spacing* untuk mengubah jarak spasi *grid* arah y sesuai denah rencana. Jika ingin merubahnya dalam hitungan ordinat maka pilih *Display Grid as Ordinates*.



Gambar 3.5 Menu Pengaturan Grid

4. Memasukkan data material

Untuk mutu beton K-300 :

- Ganti *material name* dengan K-300 untuk memudahkan dalam pembedaan mutu beton yang akan digunakan.
- Isi *modulus of elasticity*, E sesuai dengan modulus elastisitas mutu beton rencana K-300 pada perhitungan data struktur sebelumnya.

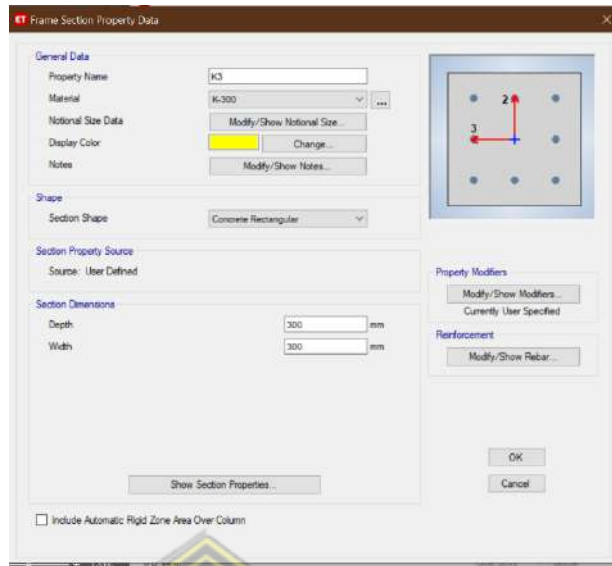


Gambar 3.6 Menu Input Data Material

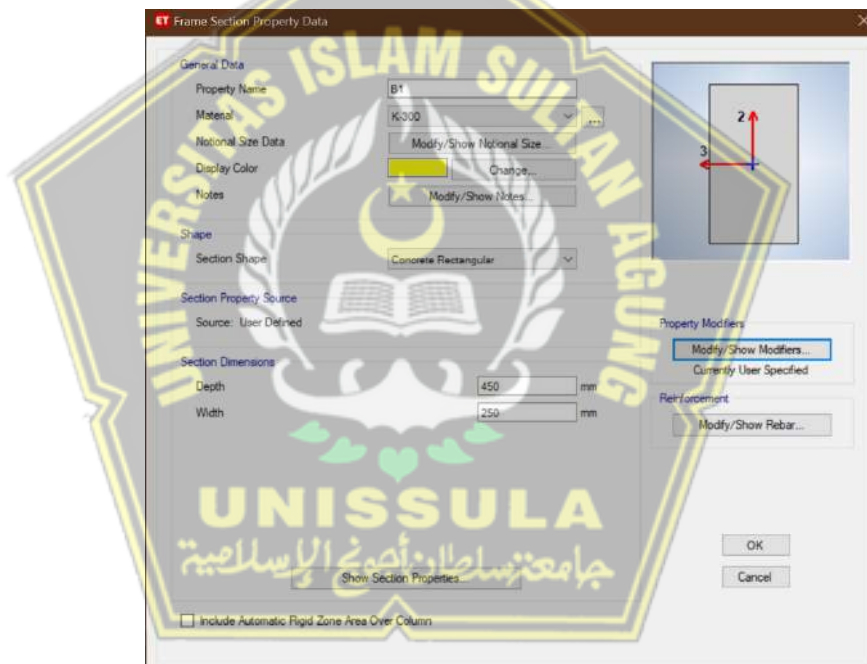
5. Memasukkan data penampang kolom dan balok

Pada kotak dialog *Frame Section Property Data* :

- *Property Name* : ganti sesuai kode kolom, misal K 60x60
- *Material* : pilih K-300 (sesuai mutu beton untuk kolom)
- *Display Color* : pilih *change* untuk merubah warna
- *Section Dimension* : isikan dimensi kolom sesuai arah sumbu



Gambar 3.7 Menu Input Data Kolom



Gambar 3.8 Menu Input Data Balok

6. Memasukkan data tulangan kolom dan balok

Pada kotak dialog *Frame Section Property Reinforcement Data* :

- *Design Type* : P-M2-M3 (untuk kolom) dan M3 (untuk balok)
- *Rebar Material* : Baja Tulangan
- *Reinforcement Configuration* : *Rectangular* (untuk kolom segi empat)
- *Confinement Bars* : *Ties* (untuk tulangan Sengkang kotak)
- *Check/Design* : *Reinforcement to be Designed*

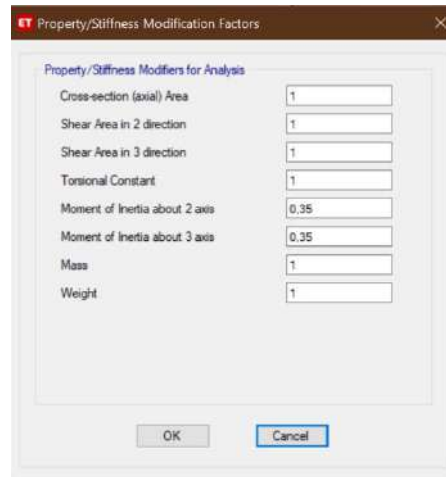
- *Clear Cover for Configuration Bars* : 40 mm (selimut beton minimal)

Gambar 3.9 Menu Input tulangan Kolom

7. Menentukan factor modifikasi kolom dan balok

Untuk memasukkan efektifitas momen inersia penampang dari *frame* yang dibuat, pilih *Modify/Show Modifiers* – untuk perencanaan gempa digunakan asumsi penampang utuh, maka nilai *Property/Stiffness Modifiers for Analysis* = 1.

Gambar 3.10 Menu Input Factor modifikasi kolom

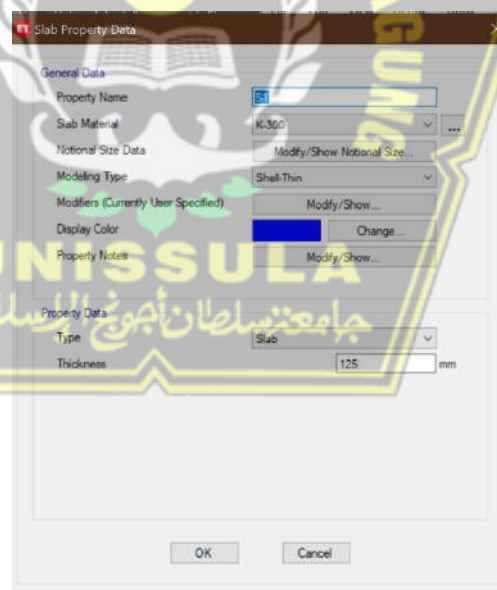


Gambar 3.11 Menu Input Factor modifikasi balok

8. Menentukan data pelat

Bagian *General Data* :

- *Property Name* : “plat lantai” (untuk plat lantai tipikal)
- *Slab Material* : K-300 (sesuai mutu beton plat rencana)
- *Modelling Type* : *Shell – Thin* (plat menahan 2 gaya yaitu momen dan geser).

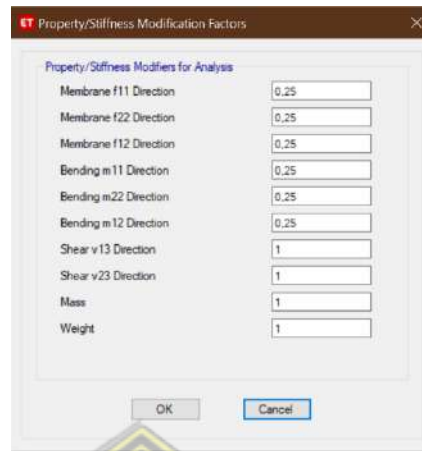


Gambar 3.12 Menu Input Data Pelat

9. Menentukan factor modifikasi pelat

Untuk memasukkan efektifitas momen inersia penampang dari *frame* yang dibuat, pilih *Modify/Show Modifiers* – untuk perencanaan gempa

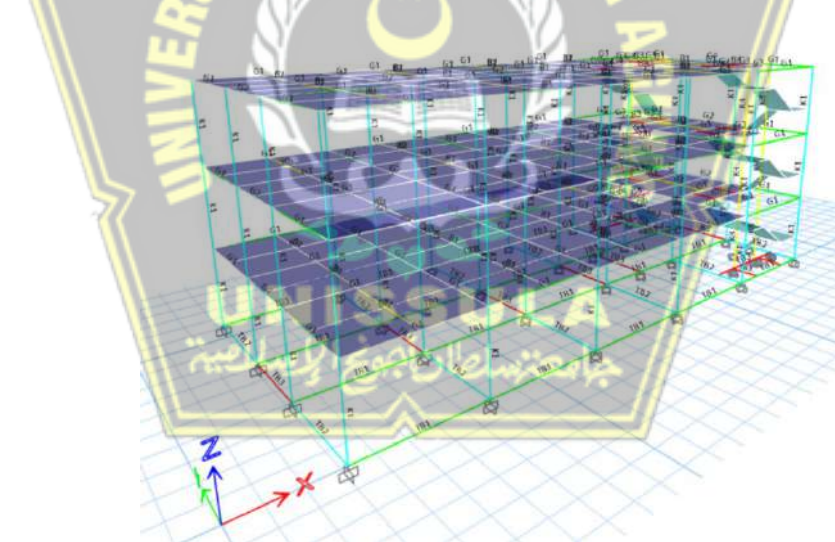
digunakan asumsi penampang utuh, maka nilai *Property? Stiffness Modifiers for Analysis* = 1.



Gambar 3.13 Menu Input Factor modifikasi Pelat

10. Menggambar permodelan struktur

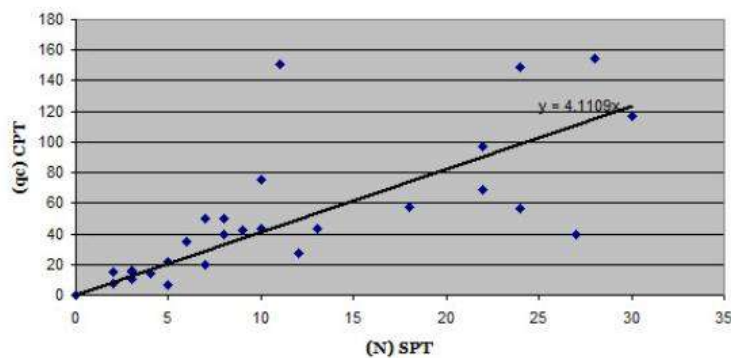
Setelah menggambar semua elemen kolom, balok dan plat lantai maka kita dapat melihatnya dalam tampilan 3D seperti tampak pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.14 Denah Struktur Tampak 3D

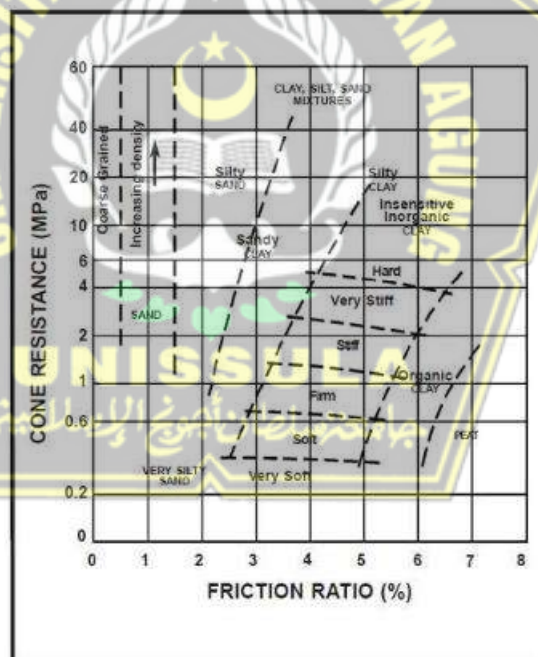
3.4.Korelasi Parameter Tanah

Menurut Terzaghi dan Peek, korelasi nilai q_c (CPT) dengan N-SPT untuk tanah lempung = 2 N-SPT, untuk tanah lanau = 3 N-SPT dan untuk tanah pasir = 4 N-SPT ditampilkan pada Gambar 3.15



Gambar 3.15 Contoh Grafik Korelasi Nilai qc (CPT) dan N-SPT

Pada tabel perhitungan sondir terdapat kolom estimasi jenis tanah. Jenis tanah diprediksi berdasarkan angka rasio (FR). Pengklasifikasian ini bermacam – macam tergantung dari hasil penyelidikan tanah yang dilakukan. Penggunaan klasifikasi ini dapat menggunakan grafik korelasi *cone reistance* (qc) dan angka rasio (FR) yang disarankan oleh Meigh (1987), dilihat pada Gambar 3.16 dibawah ini.



Gambar 3.16 Grafik Korelasi *cone reistance* (qc) dan angka rasio
(Meigh,1987)

Angka rasio (%) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$FR = \frac{f_s}{q_c} \times 100$$

Dimana: FR = Angka rasio (%)

F_s = tahanan geser (kg/cm²)

Q_c = perlawanan konus (kg/cm²)

Berikut contoh perhitungan korelasi data tanah pada tugas akhir ini :

Tabel 3.1 Perhitungan Korelasi q_c dan N-SPT

Depht (m)	q_c (kg/cm ²)	Friction Rasio (%)	Nspt (blow/30 cm)	Konsistensi
0	0	0	0,00	
0,2	20	30	10,00	Stiff
0,4	37	21	18,50	Very Stiff
0,6	17	29	8,50	Stiff
0,8	19	21	9,50	Stiff
1	6	33	3,00	Soft

$$\text{Rata - rata } q_c = \frac{20+37+17+19+6}{5} \times 0.098 = 1,94$$

$$\text{Rata - rata angka rasio} = \frac{30+21+29+21+33}{5} \times 0,1 = 2,68$$

Setelah itu hasil dari rata – rata q_c dan angka rasio dimasukkan ke dalam grafik seperti Gambar 3.3 untuk mengetahui jenis tanah pada kedalaman yang telah ditentukan. Kemudian dapat diketahui besaran nilai pada N-SPT tersebut.

Sehingga dapat diidentifikasi jenis dan sifat tanah pada setiap lapsiannya seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Hasil Korelasi Data Tanah

kedalaman (m)	Konsistensi	q_c	N-SPT
1	Soft	6	3
2	Medium	14	7
3	Soft	8	4
4	Medium	16	8
5	Very Stiff	55	18.33
6	Medium	13	6.5
7	Stiff	17	8.5
8	Very Soft	4	2
9	Medium	16	8
10	Very Stiff	33	16.5
11	Hard	65	32.5
12	Stiff	30	10
13	Stiff	35	11.67
14	Medium	20	6.67

kedalaman (m)	Konsistensi	qc	N-SPT
15	Medium	15	7.5
16	Very Stiff	60	20
17	Stiff	27	9
18	Very Stiff	70	23.33
19	Hard	105	35
20	Hard	175	58.33

3.5. Metode Perhitungan

Metode perhitungan yang dilakukan meliputi :

3.5.1 Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode Aoki dan De Alencer

Berdasarkan persamaan 2.3

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$Q_s = f \cdot A_s \cdot L$$

Dimana :

Q_p = Tahanan ujung per satuan luas (ton)

A_p = Luas penampang tiang pancang. (m²)

Q_s = Daya dukung selimut tiang (ton)

f = Satuan tahanan kulit persatuan luas (kN/m²)

A_s = Luas kulit tiang pancang (m²)

3.5.2 Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode Mayerhoff

Berdasarkan persamaan 2.7

$$Q_p = A_p \cdot c_u \cdot N_c$$

$$Q_s = f_i \times L_i \times A_p$$

Dimana :

Q_p = daya dukung ujung

C_u = kohesi tanah (kN/m²)

A_p = luas penampang (m²)

f_i = Tahanan satuan skin friction (ton/m²)

L_i = Panjang lapisan (m)

3.5.3 Perhitungan Daya Dukung Ultimit Fondasi

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

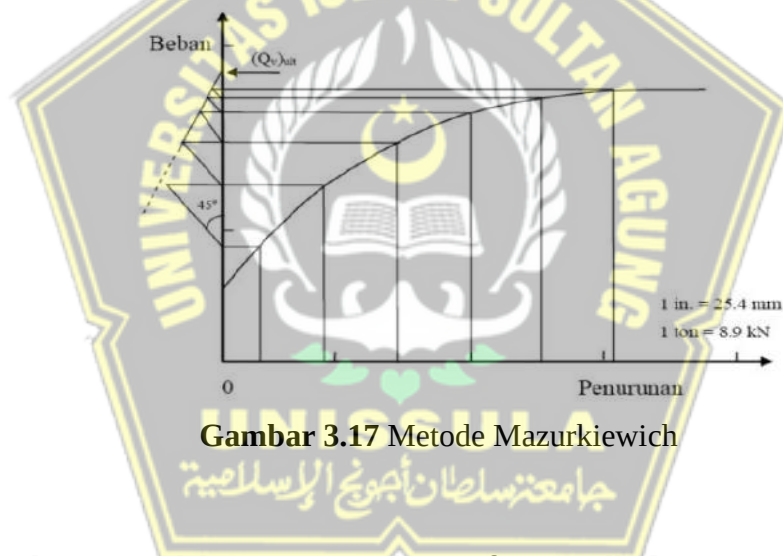
$$Q_a = Q_u / SF$$

3.6. Interpretasi beban

Setelah didapatkan grafik dengan bentuk kurva yang lebih baik, kemudian dilakukan interpretasi uji beban menggunakan metode Mazurkiewich yang mana tahapannya sebagai berikut:

1. Metode Mazurkiewich

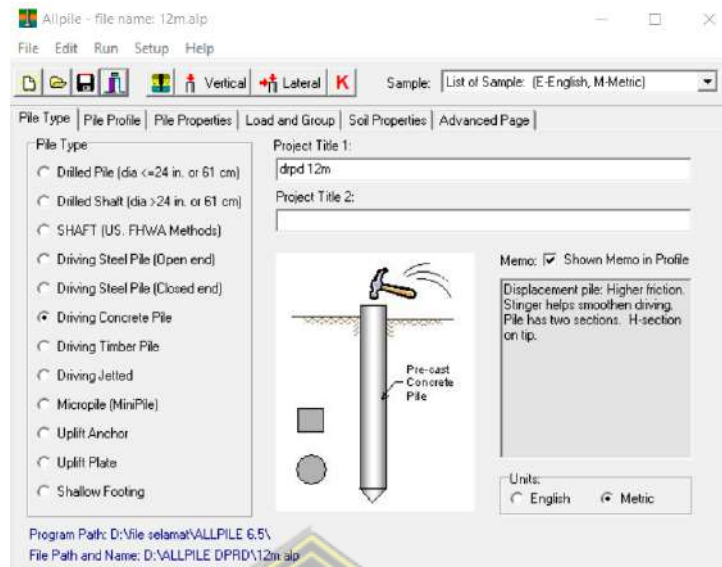
- Gambar kurva *load vs settlement*
- Tarik garis lurus dari beberapa titik *settlement* hingga memotong kurva, kemudian ditarik garis vertical hingga memotong sumbu beban
- Dibuat garis dengan suhu 45° dari perpotongan setiap garis dengan beban.
- Buat garis lurus untuk menghubungkan titik yang terbentuk.
- Perpotongan garis lurus yang terbentuk dengan sumbu beban merupakan beban ultimitnya



Gambar 3.17 Metode Mazurkiewich

3.7. Analisis Pemodelan menggunakan Software Allpile 6.5 E

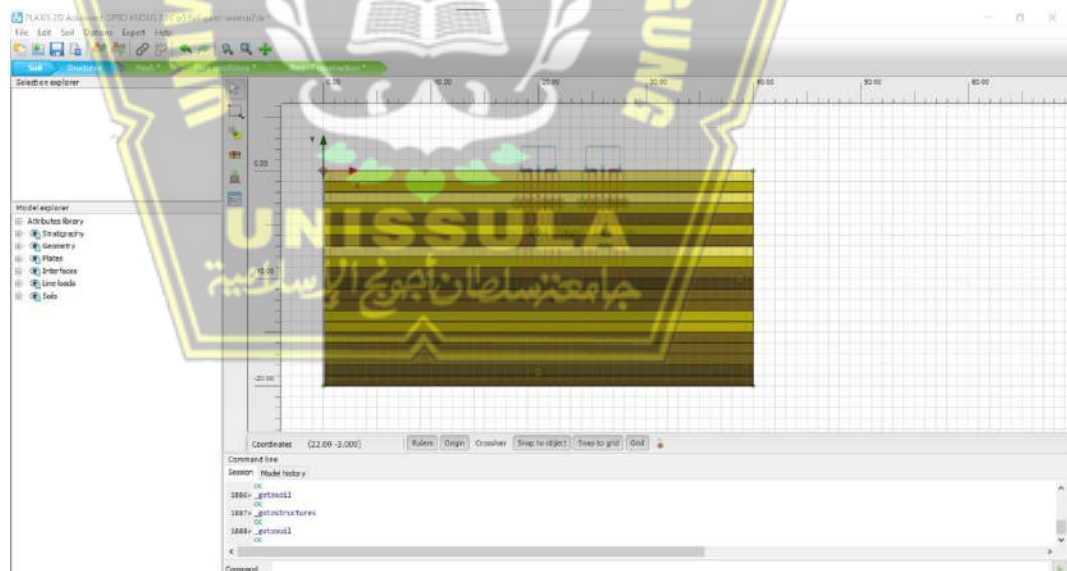
Menggunakan software Allpile 6.5 E bertujuan untuk menganalisis besarnya kapasitas dukung aksial dan lateral tiang tunggal dan penurunannya. Berikut tampilan awal program Allpile 6.5 E seperti pada Gambar 3.18



Gambar 3.18 Jendela Awal Program Allpile 6.5 E

3.8. Analisis Pemodelan menggunakan Software Plaxis 2D V.21

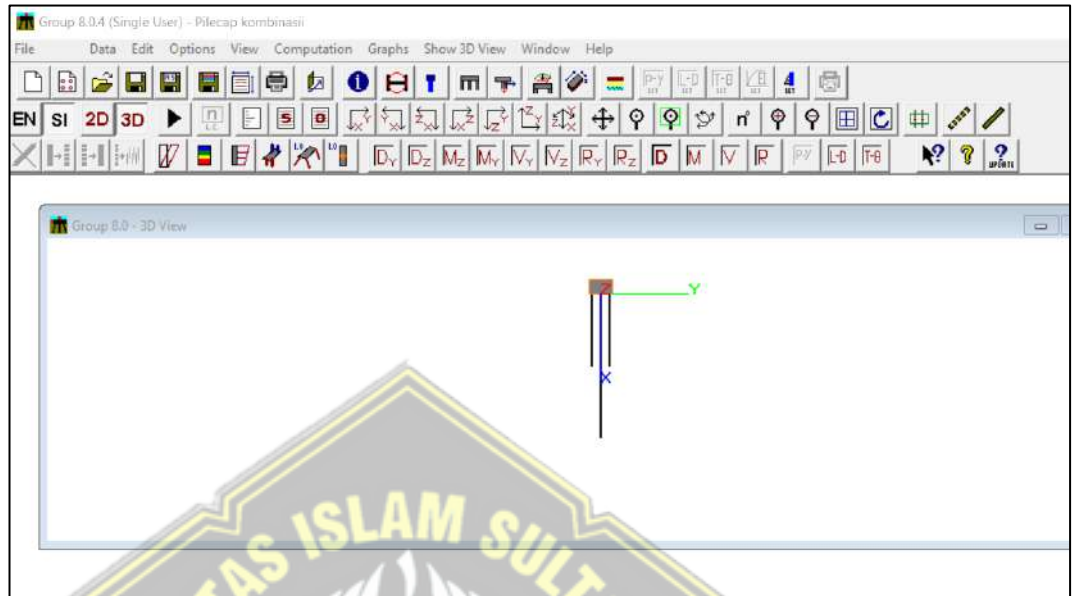
Menggunakan software Plaxis 2D V.21 bertujuan untuk menganalisis besarnya penurunan tiang kelompok yang terjadi akibat beban di atasnya. Berikut tampilan awal program Plaxis 2D V.21 seperti pada Gambar 3.19



Gambar 3.19 Jendela Awal Program Plaxis V.21

3.9. Analisis Pemodelan menggunakan Software Group 8.0.4

Program Group ini menganalisa model 3D untuk sekelompok tiang yang tidak tersusun secara simetris. Seperti pada Gambar 3.20



Gambar 3.20 Jendela Awal Program Group 8.0.4

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

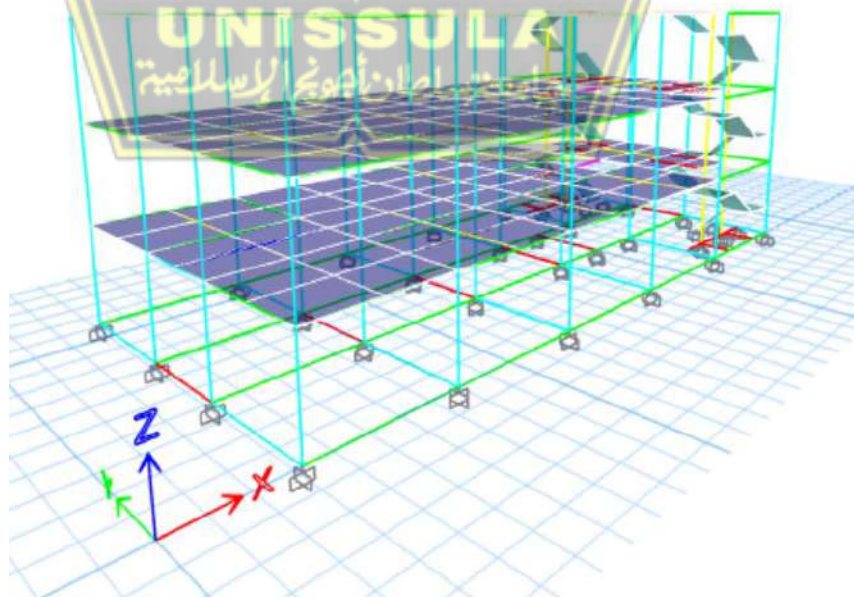
4.1. Pendahuluan

Pembahasan dan analisa pada bab ini adalah hasil data yang didapatkan pada Proyek Gedung Fraksi DPRD Kudus yang berupa hasil uji sondir, uji PDA serta gambar DED. Hasil analisa daya dukung tiang dan penurunan fondasi serta akan diverifikasi dengan hasil uji PDA.

Perencanaan struktur atas akan dihitung menggunakan program aplikasi Etabs 18. Sedangkan penurunan akan dihitung menggunakan program Allpile dan Plaxis 2D, serta perhitungan daya dukung kelompok tiang dihitung menggunakan program Group 8.0.4

4.2. Pemodelan Struktur Atas menggunakan Program *Etabs 18*

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 dan balok digambarkan sebagai frame dan plat lantai digunakan sebagai *shell* seperti pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Pemodelan Struktur Atas

4.3. Desain Pemodelan Bangunan dengan *Etabs 18*

Data Teknik dari proyek sebagai berikut :

- Berat jenis beton bertulang : 24 kN/m^3
- Tebal plat lantai : 0,12 m
- Mutu beton : K-300
- Modulus elastis beton : $4700 \cdot f_c^{0,5}$
- Berat jenis baja tulangan : $78,5 \text{ kN/m}^3$
- Mutu baja tulangan : $f_y 420 \text{ MPa}$
- Dimensi kolom :
 - K1 = 60 x 60 cm
 - K2 = 50 x 50 cm
 - K3 = 30 x 30 cm
- Dimensi balok :

- G0 = 30 x 60 cm	- B1 = 25 x 45 cm
- G1 = 30 x 50 cm	- B2 = 20 x 40 cm
- G2 = 30 x 40 cm	- B3 = 20 x 30 cm
- G3 = 25 x 45 cm	
- G4 = 20 x 40 cm	

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 pemodelan struktur atas menggunakan program ETABS 18. Berikut beban yang bekerja pada struktur atas :

Table 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 Keramik t = 1 cm	0,22
	Beban Instalasi ME	0,25
	Total Beban Mati	1.3

4.4.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban merupakan beban yang disebabkan oleh penggunaan bangunan, dimana beban hidup untuk masing – masing ruang tergantung dari fungsi ruangan atau bangunan itu sendiri (SNI 1727-2013:18).

Table 4.2 Beban Hidup

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^{de} tidak boleh direduksi	^{e, f, g}
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1 000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a, h}	1 000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) ^a	2 000 (8,90)
Berat	250 (11,97) ^a	3 000 (13,40)
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2 000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2 000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2 000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	

4.4.3 Beban Gempa

2. Faktor Keutamaan Struktur (I_e)

Menurut SNI 1726 :2019 untuk bangunan gedung perkantoran memiliki Faktor keutamaan Gempa (I_e) Bangunan Gedung Perkantoran 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

3. Faktor Reduksi Gempa (R)

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

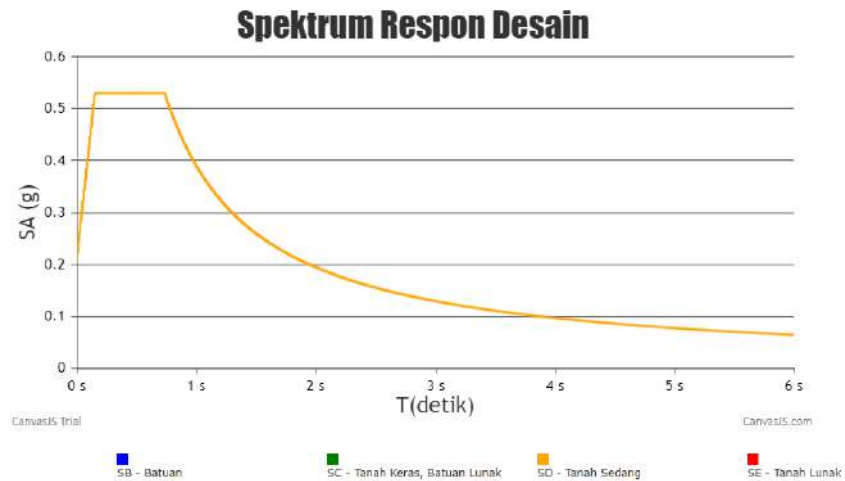
Tabel 4.5 Faktor Reduksi Gempa

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

4. Zona Wilayah Gempa

Untuk menentukan data gempa di suatu daerah perlu menggunakan website <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>. Dari website tersebut akan didapatkan data sebagai berikut :

- Percepatan respon spectral MCE dari peta gempa pada periode, SS (g) = 0,5942
- Percepatan respon spectral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik S1 (g) = 0,2837
- Percepatan respon spectral MCE pada periode pendek, SDS (g) = 0,53
- Percepatan respon spectral MCE pada periode 1 detik, SD1 (g) = 0,39
- T0 (detik) = 0,15
- T0 (detik) = 0,74
- TL (detik) = 20



Gambar 4.2 Grafik Nilai Spektrum Percepatan
(Sumber: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>)

Untuk data parameter gempa yang sudah diperoleh dimasukkan pada data gempa di software ETABS 18.1.1, setelah semua beban di input kedalam permodelan struktur pada Gambar 4.3 menggunakan program ETABS 18.1.1 didapatkan hasil *output joint reaction* yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.



Gambar 4.3 Hasil Reaksi

Table 4.6 Nilai Beban Fondasi yang diterima pilecap

Joint	Beban (kN)	Joint	Beban (kN)
1	357,890	25	755,715
2	653,030	26	914,924
4	912,525	27	636,053
6	907,692	28	910,700
8	911,389	29	909,082
11	632,888	31	5,491
12	553,368	33	5,491
13	813,709	42	9,881
14	1180,247	43	7,773
15	847,676	44	9,881
16	1165,685	45	7,773
17	1206,071	46	13,104
18	536,684	47	13,104
19	941,372	90	493,948
20	1179,819	91	176,186
21	846,879	92	423,915
22	1165,502	93	127,659
23	1200,161	122	41,533
24	347,193	123	48,706

Dari hasil *output joint reaction* pada Tabel 4.6 didapatkan beban maksimal berada pada *joint* 17 dengan beban sebesar 1206 kN

4.5. Data Lapangan Gedung Fraksi DPRD Kudus

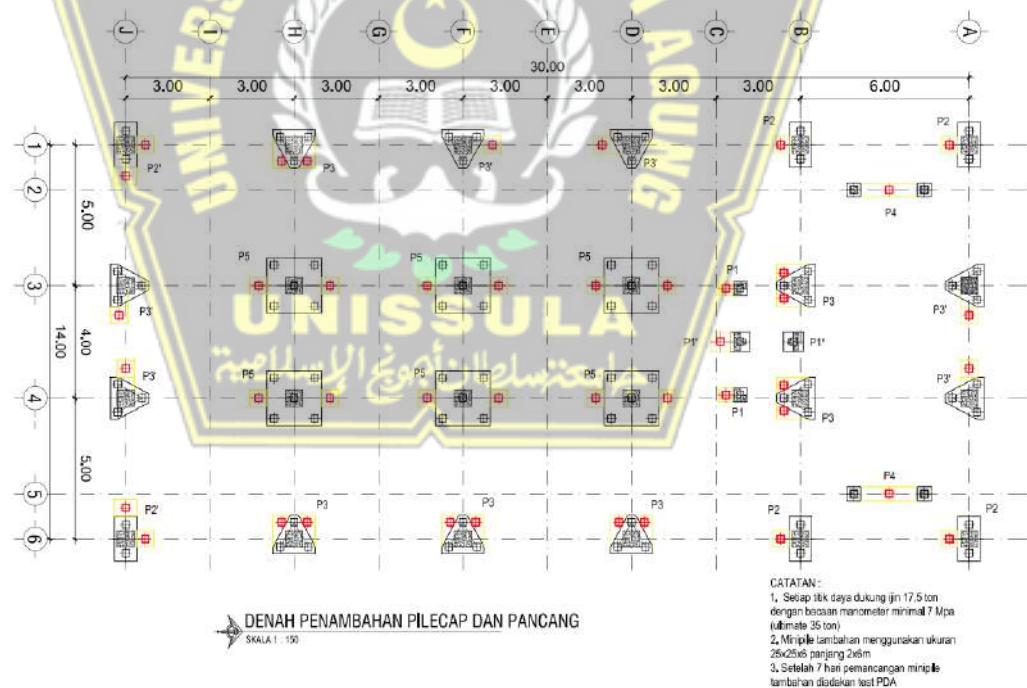
Berikut foto bangunan dan kelompok tiang yang sudah terlaksana untuk analisa dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6.



Gambar 4.4 Denah Tampak 3D



Gambar 4.5 Bangunan yang sudah jadi



Ket : Wana merah adalah penambahan tiang 12 meter

Gambar 4.6 Denah Penambahan Tiang Pancang

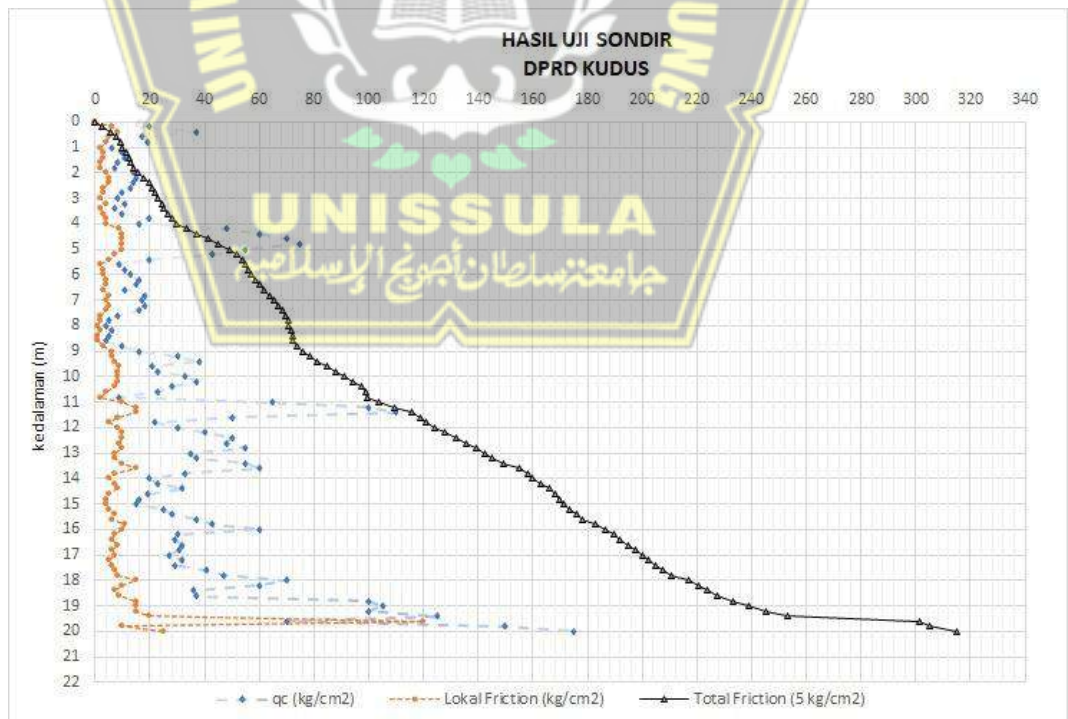
Berikut foto kelompok tiang kombinasi dan hasil penyelidikan tanah, pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8



Ket : Kotak merah adalah kelompok tiang 6 meter

Lingkaran kuning adalah penambahan tiang 12 meter

Gambar 4.7 Kelompok Tiang yang terpancang



Gambar 4.8 Grafik Sondir DPRD Kudus

4.6. Analisa Daya Dukung Aksial Fondasi

4.6.1 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung *mini pile* dengan Metode Aoki dan De Alencar

Data – data untuk fondasi *mini pile* adalah :

1. Panjang sisi = 0,25 m
2. Keliling tiang pancang (A_s) = 4 x 025
= 1 m
3. Luas penampang tiang (A_p) = 0,25²
= 0,0625 m²

- a. Perhitungan kapasitas dukung ujung tiang (q_p) pada tanah kohesif
Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang dan 1,5D dibawah ujung tiang.

Table 4.7 Nilai q_c di atas dasar tiang

No	Kedalaman (m)	q_c (kg/cm ²)
1	11,6	50
2	11,8	22
3	12	30
4	12,2	40
5	12,4	50
$\sum q_c$		192

Maka nilai q_c rata – rata adalah :

$$q_{c1} = \frac{\sum q_c}{n} = \frac{192}{5} = 38,4 \text{ kg/cm}^2$$

Dari persamaan (2.3), kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_p) :

$$q_p = \frac{q_c(\text{base})}{F_b} \text{ (Nilai } F_b \text{ dari Tabel 2.4 beton pra tekan = 1.75)}$$

$$q_p = \frac{38,4}{1,75} = 21,9 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas dukung ujung tiang pancang (Q_p) :

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$Q_p = 21,9 \times 0.0625 = 1,37 \text{ ton}$$

- b. Perhitungan kapasitas dukung kulit (Q_s) pada tanah kohesif Dari persamaan (2.4), kapasitas dukung kulit persatuan luas (f) dengan

$$L = 12 \text{ m}$$

$$f = q_c (\text{side}) \frac{a_s}{F_s} \text{ (Nilai } a_s \text{ dan } F_s \text{ dari Tabel 2.4 dan Tabel 2.5)}$$

$$f = 30 * \frac{1}{3,5} = 8,57$$

Kapasitas dukung kulit (Q_s) :

$$Q_s = f \cdot A_s \cdot L$$

$$Q_s = 8,57 \times 1 \times 12$$

$$Q_s = 102,2 \text{ ton}$$

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

4.6.2 Perhitungan Kapasitas daya dukung *mini pile* berdasarkan metode Mayerhof (1976)

Perhitungan kapasitas daya dukung *mini pile* per lapisan dari data korelasi N-SPT

- a. Daya dukung ujung fondasi tiang pancang (end bearing) berdasarkan persamaan (2.7)

$$Q_p = A_p \cdot c_u \cdot N_c$$

(Faktor daya dukung tanah fondasi tiang pancang nilai $N_c = 9$)

$$NSPT_{rata-rata} = \frac{16,5 + 11,5}{2} = 14$$

$$c_u = \frac{2}{3} \times 10 \times NSPT_{rata-rata}$$

$$c_u = 0,667 \times 14 = 93,33$$

$$Q_p = 0,0625 \times 93,33 \times 9$$

$$Q_p = 52,5 \text{ ton}$$

- b. Daya dukung selimut tiang pancang (skin friction) berdasarkan persamaan (2.10)

$$Q_s = f_i \times L_i \times A_p$$

Dimana $f_i = a_i^* \times c_u$ (Berdasarkan persamaan 2.11 $a_i^* = 0,55$)

$$f_i = 0,55 \times 93,33$$

$$f_i = 51,33 \text{ ton/m}^2$$

$$Q_s = 51,33 \times 12 \times 0,0625$$

$$Q_s = 38,5 \text{ ton}$$

Untuk hasil perhitungan daya dukung fondasi *mini pile* metode Meyerhof dapat dilihat pada Tabel 4.9



Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Kapasitas Daya Dukung *mini pile* dengan Metode Aoki dan De Alencer

kedalaman (m)	qc1	qc2	F	As (m)	Ap (m ²)	qp (ton)	Qs (ton)	Kumulatif	Qp (ton)	Qu (ton)	Qall (ton)
0	0	0	0	1	0.0625	0	0	0	0	0	0
2	11.6	14	4	1	0.0625	6.628571	8	8	0.414286	8.414286	2.804762
4	30.8	16	4.5714	1	0.0625	17.6	18.28571	26.28571	1.1	27.38571	9.128571
6	12.8	13	3.7143	1	0.0625	7.314286	22.28571	48.57143	0.457143	49.02857	16.34286
8	5.6	4	1.1429	1	0.0625	3.2	9.142857	57.71429	0.2	57.91429	19.30476
10	28.4	33	9.4286	1	0.0625	16.22857	94.28571	152	1.014286	153.0143	51.00476
12	38.4	30	8.5714	1	0.0625	21.94286	102.8571	254.8571	1.371429	256.2286	85.40952

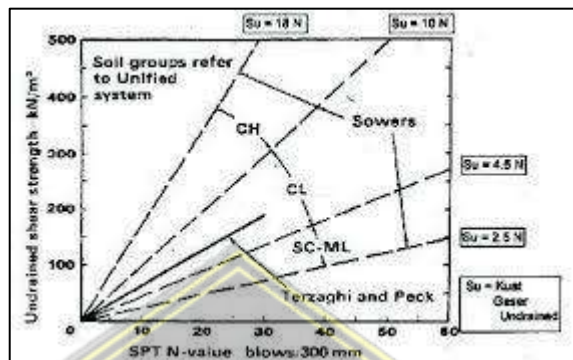
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Kapasitas daya dukung *mini pile* berdasarkan metode Mayerhof (1976)

Kedalaman (m)	NSPT	Cu (ton/m ²)	Faktor adhesi	As (m)	Ap (m ²)	fi (ton/m ²)	Qs (ton)	Kumulatif	Qp (ton)	Qu (ton)	Qall (ton)
0	0	0	0.55	1	0.0625	0	0	0	0	0	0
2	4	26.66667	0.55	1	0.0625	14.66667	1.833333	1.833333	15	16.83333	5.611111
4	12	80	0.55	1	0.0625	44	11	12.83333	45	57.83333	19.27778
6	8	53.33333	0.55	1	0.0625	29.33333	11	23.83333	30	53.83333	17.94444
8	12	80	0.55	1	0.0625	44	22	45.83333	45	90.83333	30.27778
10	9	60	0.55	1	0.0625	33	20.625	66.45833	33.75	100.2083	33.40278
12	14	93.33333	0.55	1	0.0625	51.33333	38.5	104.9583	52.5	157.4583	52.48611

4.7. Analisa Perhitungan Menggunakan Program Allpile dan Plaxis

4.7.1 Back analysis untuk menentukan Parameter C_u berdasarkan Nilai dan Konsistensinya

Korelasi nilai N-SPT terhadap C_u dan Φ dapat diaplikasikan menggunakan grafik Sower dan Peck dibawah ini



Gambar 4.9 Korelasi nilai N-SPT vs S_u (Terzaghi & Peck, 1967; Sowers, 1979)

Langkah yang digunakan agar parameter tanah sesuai di lapangan dengan cara analisis *Goal Seek* pada menu Ms Excel dengan menyamakan nilai Q_s pada hasil PDA sesuai dengan perhitungan manual agar nilai C_u sesuai. Dimana nantinya nilai C_u sebagai acuan untuk membuat parameter tanah sampai kedalaman yang ditentukan.

Tabel 4.10 Hasil *Goal Seek* terhadap Q_s PDA

Kedalaman (m)	qc	jenis tanah	rumus korelasi	N-SPT	c_u	faktor adhe	A_s (m)	A_p (m ²)	f_i	Q_s (ton)	Kumulatif	Q_p (ton)	Q_u (ton)	Q_{all} (ton)	Q_s PDA	
0	0	0		0	0	0.55	1	0.0625	0	0	0	0	0	0	0	
1	6	soft clay	$N=qc/2$	3	9.625969697	29.09091	0.55	1	0.0625	16	1	1	16.36364	17.36364	5.787879	1
2	14	medium clay	$N=qc/2$	7	4.155844156	29.09091	0.55	1	0.0625	16	2	3	16.36364	19.36364	6.454545	3
3	8	soft clay	$N=qc/2$	4	4.848484848	19.39394	0.55	1	0.0625	10.66667	2	5	10.90909	15.90909	5.30303	5
4	16	medium clay	$N=qc/2$	8	4.545454545	36.36364	0.55	1	0.0625	20	5	10	20.45455	30.45455	10.15152	10
5	55	stiff silt	$N=qc/3$	18.33	3.491543917	64	0.55	1	0.0625	35.2	11	21	36	57	19	21
6	13	medium clay	$N=qc/2$	6.5	12.68065268	82.42424	0.55	1	0.0625	45.33333	17	38	46.36364	84.36364	28.12121	38

Berdasarkan hasil diatas didapatkan nilai c' dan ϕ pada konsistensinya dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Nilai c' dan Φ beserta Konsistensinya

konsistensi	γ	c'	Φ
Very Soft	17	15	15
Soft	17	20	15
Medium	18	40	20
Stiff	19	50	26
Very Stiff	19	55	30
Hard	20	120	30

4.7.2 Parameter Tanah Hasil Olah Data Sondir sebagai Input pada Allpile dan Plaxis

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini berupa data q_c dari hasil uji sondir yang dikorelasi kedalam N-SPT dengan mengacu pada parameter – parameter yang sesuai dan studi literatur yang berkaitan.

Tabel 4.12 Parameter Tanah

kedalaman (m)	Konsistensi	q_c	N-SPT	pengali	S_u	γ	σ'	c'	Φ	S_u (Tau)	S_u/N	E	ν'	k
				Cu	kN/m ²	kN/m ³	kN/m ²	kN/m ²	°	kN/m ²		kN/m ²		m/hari
0														
1	Soft	6	3	9.6	28.8	17	18.66025	20	15	25	8.3333	3000	0.3	0.0001
2	Medium	14	7	4.1	28.7	18	39.69897	20	10	27	3.8571	7000	0.25	0.0001
3	Soft	8	4	4.8	19.2	17	39.69897	10	10	17	4.25	4000	0.3	0.0001
4	Medium	16	8	4.5	36	18	45.37025	25	10	33	4.125	8000	0.25	0.0001
5	Very Stiff	55	18.33	3.5	64.155	19	46.70712	40	20	57	3.1097	18330	0.2	0.001
6	Medium	13	6.5	12.6	81.9	18	48.51666	45	15	58	8.9231	6500	0.25	0.0001
7	Stiff	17	8.5	3.7	31.45	19	39.69897	20	10	27	3.1765	8500	0.2	0.001
8	Very Soft	4	2	10	20	17	39.69897	12	10	19	9.5	2000	0.3	0.0001
9	Medium	16	8	2.7	21.6	18	39.69897	12	10	19	2.375	8000	0.25	0.0001
10	Very Stiff	33	16.5	2.4	39.6	19	41.05256	25	15	36	2.1818	16500	0.2	0.001
11	Hard	65	32.5	3	97.5	20	69.28203	55	30	95	2.9231	32500	0.15	0.001
12	Stiff	30	10	4.6	46	19	41.21216	30	20	45	4.5	10000	0.2	0.001
13	Stiff	35	11.67	4.6	53.682	19	43.95964	35	20	51	4.3702	11670	0.2	0.001
14	Medium	20	6.67	3.7	24.679	18	39.69897	14	10	21	3.1484	6670	0.25	0.0001
15	Medium	15	7.5	2.7	20.25	18	39.69897	11	10	18	2.4	7500	0.25	0.0001
16	Very Stiff	60	20	4.6	92	19	66.47971	55	25	86	4.3	20000	0.2	0.001
17	Stiff	27	9	3.7	33.3	19	42.34167	22	12	31	3.4444	9000	0.2	0.001
18	Very Stiff	70	23.33	2.5	58.325	19	46.70712	40	20	57	2.4432	23330	0.2	0.001
19	Hard	105	35	6	210	20	152.4205	120	30	208	5.9429	35000	0.15	0.001
20	Hard	175	58.33	6	349.98	20	242.4871	200	30	340	5.8289	58330	0.15	0.001

Tabel diatas merupakan hasil dari pengolahan data uji sondir yang dikorelasi kedalam N-SPT. Nilai koefisien parameter tanah seperti γ (masa jenis tanah), E (modulus elastis tanah), μ (poisson ratio), c' (kohesi tanah) dan Φ (sudut geser dalam). Yang diperlukan dalam analisis menggunakan program *Allpile* dan *Plaxis*.

4.7.3 Analisis Pemodelan dengan Program Allpile

Pemodelan tiang pada aplikasi allpile menggunakan tipe *Driving Concrete Pile*, karena tipe fondasi dalam tugas akhir kami menggunakan mini pile dengan ukuran 25 x 25 cm. Dalam pemodelan ini memakai dua ukuran panjang fondasi yang berbeda sebesar 6 meter dan 12 meter. Untuk data – data lain seperti luas permukaan, parameter, inersia, modulus elastis dan berat fondasi dikalkulasikan secara otomatis oleh program saat menginput diameter tiang. Selanjutnya dilakukan penginputan data – data tanah berdasarkan hasil analisa tanah dari nilai N-SPT dan penginputan angka keamanan. *Output* hasil analisis beban vertikal berupa data tabel dan data grafik mengenai besarnya daya dukung total, daya dukung ujung, daya dukung selimut, daya dukung ijin serta nilai dari penurunan tiang.

4.7.3.1 Tahapan Analisis Aplikasi Allpile 6.5E

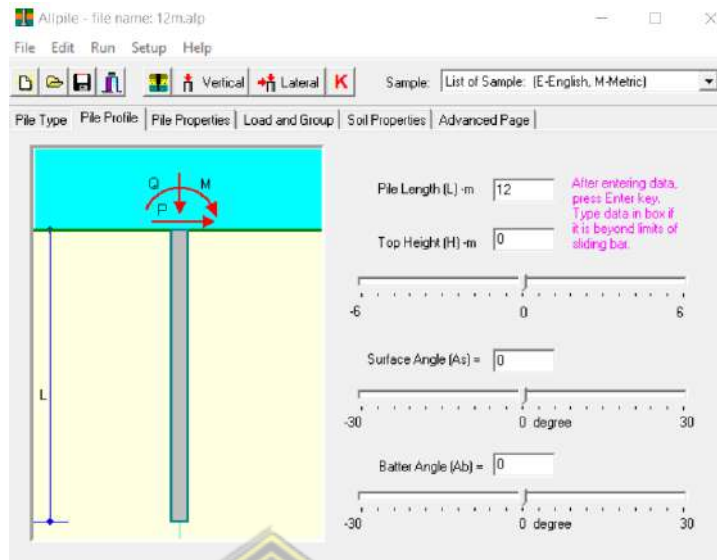
Proses analisis daya dukung dilakukan dengan tahap sebagai berikut :

1. Menentukan *Pile Type* yang digunakan dan memberi judul *Project*.



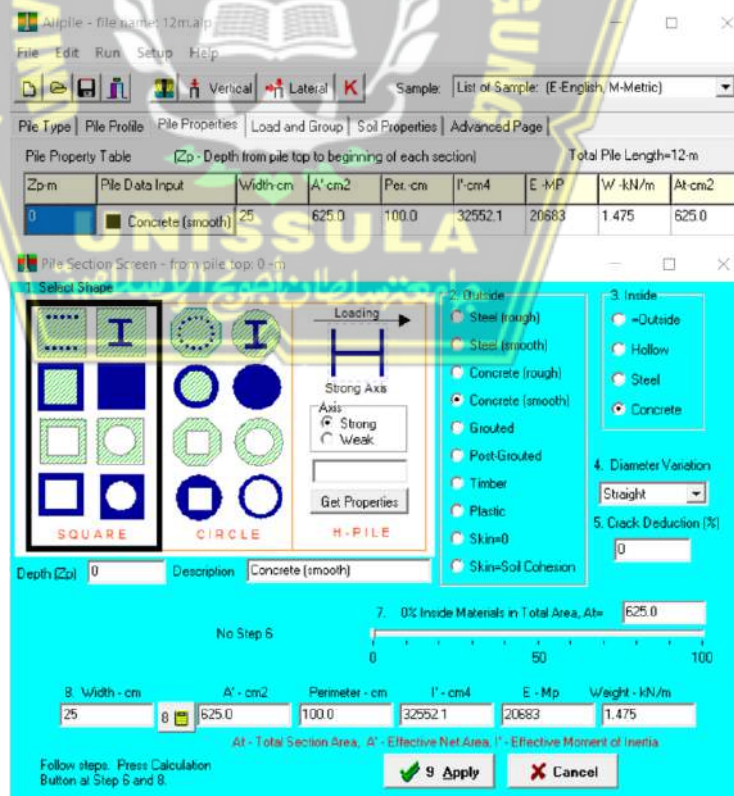
Gambar 4.10 Jendela *Pile Type*

2. Dalam jendela *Pile Profile* diisikan dengan panjang fondasi (*Pile Length*) 12 m.



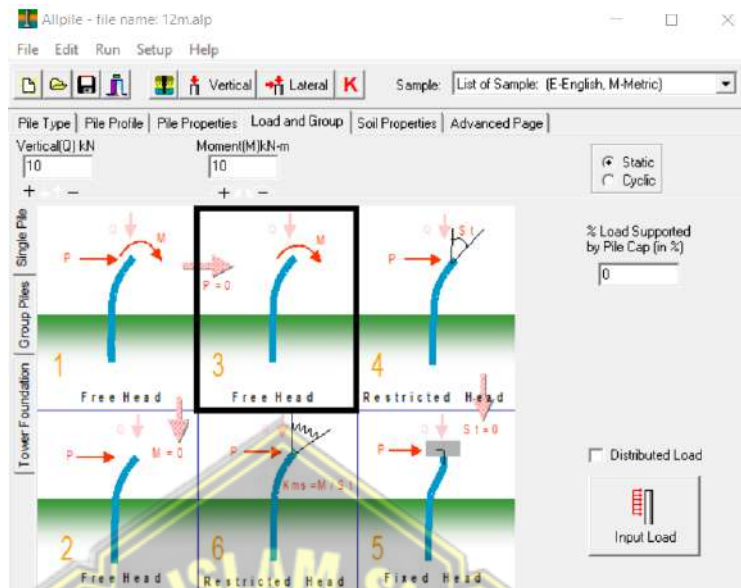
Gambar 4.11 Jendela Pile Profil

3. Selanjutnya *Pile Properties*. Dari data fondasi yang ada, fondasi berbentuk persegi dengan bahan beton (*Concrete [smooth]*) dengan lebar 25 cm. Setelah memasukkan angka pada kolom (*Width-cm*) harus meng-klik “*calculate*” agar terkalkulasi secara otomatis.



Gambar 4.12 Jendela Pile Properties

4. Dalam jendela *Load and Group*. Pembebanan yang digunakan yaitu *Single Pile* dengan tipe *Free Head*.



Gambar 4.13 Jendela *Load and Group*

5. Setelah itu pada jendela *Soil Properties* dilakukan pengisian sesuai dengan data parameter tanah dari pengolahan N-SPT yang dapat dilihat pada Tabel 4.7. Untuk elevasi muka air berada pada kedalaman 2 m dari permukaan tanah. Penginputan *Soil Parameter* dengan memilih jenis tanah dan nilai N-SPT sehingga aplikasi akan secara otomatis melakukan kalkulasi. Untuk nilai G (berat jenis tanah), Φ (sudut geser dalam), C (kohesi) akan disesuaikan dengan parameter tanah, sedangkan untuk nilai k -MN/m³ dan nilai e_{50} tidak dilakukan perubahan (sesuai dengan hasil kalkulasi dari aplikasi).

Soil Parameter Screen - from ground surface: 12 -m

Zg-m	Soil Data Input	G-kN/m ³	Phi	C-kN/m ²	k-MN/m ³	e50 or Dr	Nspt	Type
0	Soft Clay	18	20	40	48.7	1.08	7	1
2	Soft Clay [w]	18	20	40	59.3	1.01	8	1
4	Soft Clay [w]	18	20	40	46.3	1.10	7	1
6	Soft Clay [w]	18	15	20	47.5	1.09	2	1
8	Stiff Clay [w]	19	30	55	171.2	0.64	17	2
10	Stiff Clay [w]	19	26	50	111.8	0.78	12	2
12	Stiff Clay [w]	19	26	50	97.6	0.82	11	2

1. Soil Type: ☐ Soft Clay ☒ Stiff Clay ☐ Silt (Phi + C) ☐ Sand/Gravel ☐ Weak Rock ☐ User Defined p-y

Under Water Table Static Loading Depth (Zg) 12 Description Stiff Clay

2. Input N1* V_SoftStiffMediumStiff Very Stiff Hard

N1 (spt)=11
CPT=67.3 kgf/cm²
3. Adjust Values below:
G=67.7 lb/ft³

Friction=0.0

C=1.38 kip/ft²

K=359.6 lb/ft³

e50=0.82%

N1 uncorrected SPT, which does not apply for Rock. CPT is for reference only.

4. Apply Cancel

Gambar 4.14 Jendela Soil Properties

6. Dalam jendela *Advanced Page* melakukan pengisian faktor keamanan sebesar 3.

Alpile - file name: 12m.alp

File Edit Run Setup Help

Vertical Lateral K

Sample: List of Sample: [E-English, M-Metric]

Zero Friction (Non-load zone) and Negative Friction (Downdrag force): Input Depth (Zg)

Zero Friction from to Negative Friction from 0 to 2 Factor 1

Zero Friction from to Negative Friction from to Factor 1

Zero Tip Resistance Tip resistance based on stratum from pile tip extends to 10 times of pile diameter (10 recommended).

Analysis Parameters:

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	3.0	3.0
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 kN/m ² (No Limit: 9999)	9999.0	9999.0
Allowable Deflection: [1] Vertical, x_allow [2] Lateral, y_allow -cm	2.0	2.0
Group Deduction Factor for Lateral Analysis: [1] Rfront [2] Rside	1.0	1.0

Settlement Calculation: ☐ Vesic Method ☒ Reese Method

Define p-y, t-z Output Points

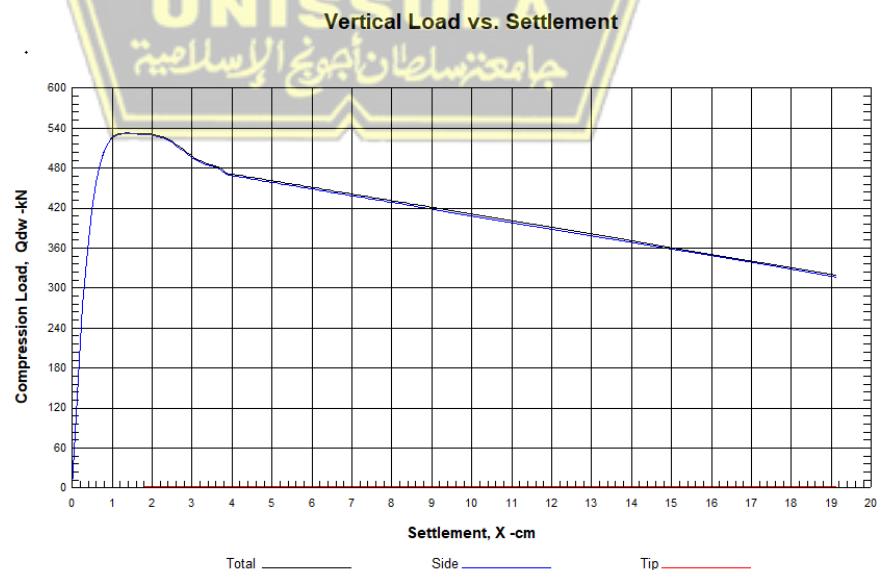
Gambar 4.15 Jendela Advanced Page

4.7.3.2 Hasil Analisis Program Allpile

Setelah proses penginputan data – data fondasi, parameter tanah dan angka keamanan selesai, kemudian dilakukan analisis untuk gaya vertikal. Dari hasil analisis, didapatkan besaran nilai daya dukung total, daya dukung ujung, daya dukung selimut, dan penurunan dalam bentuk data tabel dan grafik seperti pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.16 untuk fondasi 6 meter dengan Q_{ult} sebesar 53,27 ton dan penurunan sebesar 13,8 mm sedangkan pada Tabel 4.14 dan Gambar 4.17 untuk fondasi 12 meter dengan Q_{ult} sebesar 94,74 ton dan penurunan sebesar 7,2 mm

Tabel 4.13 Output Analisa Allpile (fondasi 6m)

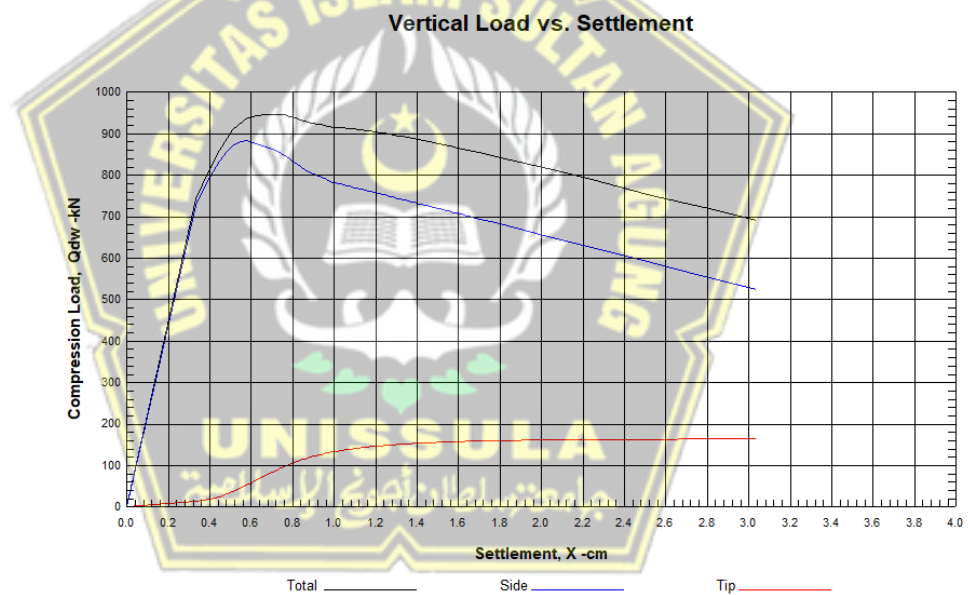
Xall -cm	Qside -kN	Qtip -kN	Qtotal -kN
0.00	0.0	0.0	0.0
0.26	274.1	0.2	274.3
0.38	357.2	0.3	357.5
0.49	416.5	0.4	416.9
0.59	458.1	0.5	458.6
0.70	486.5	0.6	487.1
0.80	505.4	0.7	506.1
0.89	517.5	0.8	518.2
0.99	524.7	0.9	525.6
1.09	528.7	0.9	529.7
1.18	530.7	1.0	531.7
1.28	531.5	1.1	532.5
1.38	531.6	1.1	532.7
1.47	531.4	1.2	532.6



Gambar 4.16 Grafik Hubungan Beban dan penurunan (fondasi 6m)

Tabel 4.14 Output Analisa Allpile (fondasi 12 m)

Xall -cm	Qside -kN	Qtip -kN	Qtotal -kN
0.00	0.0	0.0	0.0
0.33	728.9	13.2	742.1
0.40	796.6	19.5	816.0
0.45	835.5	25.5	860.9
0.48	858.6	31.2	889.8
0.51	872.0	36.8	908.8
0.53	879.1	42.1	921.2
0.55	882.2	47.2	929.3
0.57	882.7	52.1	934.8
0.59	881.6	56.8	938.4
0.61	879.7	61.3	941.0
0.62	877.2	65.6	942.8
0.64	874.4	69.8	944.2
0.66	871.6	73.7	945.3
0.67	868.7	77.5	946.2
0.69	865.7	81.2	946.9
0.70	862.6	84.7	947.3
0.72	859.4	88.0	947.4
0.73	855.9	91.3	947.2



Gambar 4.17 Grafik Hubungan Beban dan penurunan (fondasi 12m)

Untuk mengetahui besaran angka setiap daya dukung dapat dilihat pada Tabel 4.15 dibawah ini

Tabel 4.15 Hasil Analisis Program Allpile

KEDALAMAN (m)	Qs (ton)	Qp (ton)	Q ULTIMATE (ton)	Q ALL (ton)	Penurunan (mm)
6	53.13	0.11	53.27	17.75	13.8
12	85.94	8.8	94.74	31.58	7.2

4.7.4 Pemodelan menggunakan Program Plaxis V.21

Pemodelan fondasi tiang pancang menggunakan program Plaxis V.21 untuk mengetahui penurunan fondasi tiang pancang yang terjadi akibat adanya beban aksial yang diterima pile cap yang diteruskan ke tiang pancang tersebut. Pada tugas akhir ini kami menganalisa pile cap minipile 6 meter dan pile cap minipile kombinasi 6 m dan 12 m.

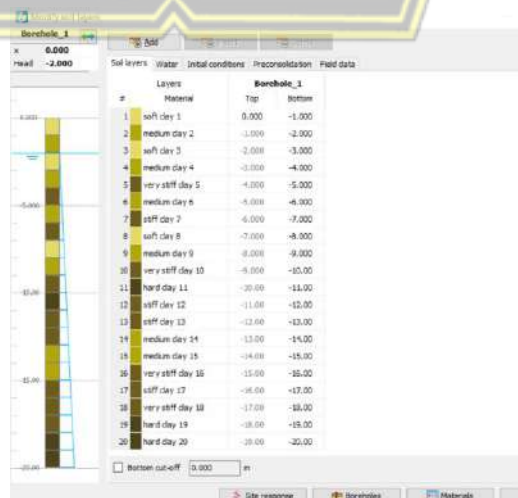
Berikut ini merupakan Langkah-langkah penggunaan program Plaxis V.8.6 pada fondasi tiang pancang :

1. Menentukan judul, satuan dan dimensi yang akan di gunakan dalam permodelan fondasi tiang pancang seperti pada Gambar 4.18.



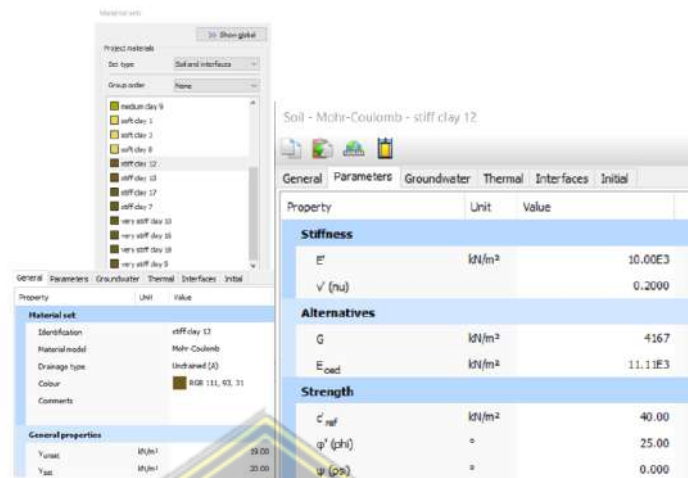
Gambar 4.18 Jendela Project Properties

2. Pada Jendela Soil, klik *Create Borehole* untuk membuat pemodelan kontur, dilihat pada Gambar 4.19



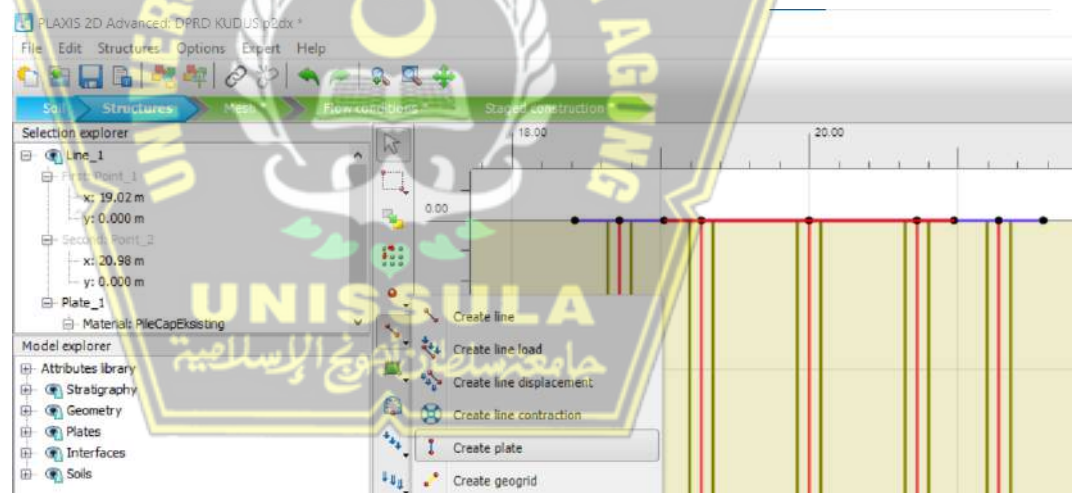
Gambar 4.19 Jendela Borehole

- Input material tanah yang digunakan sesuai dengan parameter tanah (dilihat pada Tabel 4.7). Input material tanah seperti pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Input Soil Materials

- Kemudian pada jendela *Structure*, klik *Create Pile* untuk membuat pemodelan struktur sesuai data rencana dan sesuaikan titik koordinatnya.



Gambar 4.21 Pemodelan Struktur fondasi

- Setelah disesuaikan titik koordinatnya, klik pada jendela *material sets* masukan parameter fondasi dan pile cap sesuai pada Tabel 4.12. Input Parameter dapat dilihat pada Gambar 4.22.

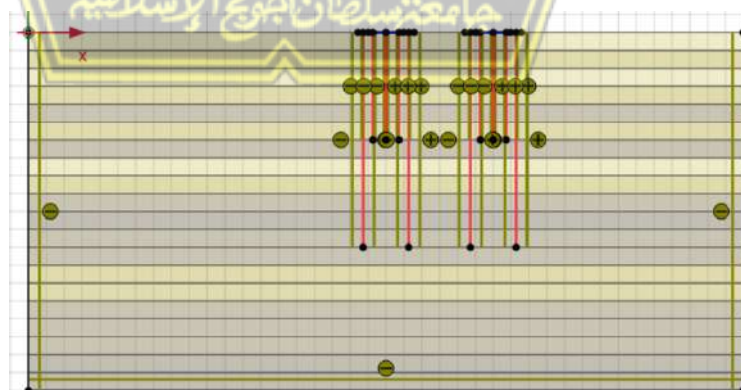
Tabel 4.16 Parameter Tiang dan Pile Cap

Jenis Material	EA	EI	ν'	w
	kN/m	kNm ² /m		kN/m/m
Pile cap 6 m	54990000	6598800	0.15	22.2
Pile cap tambahan	16920000	2030400	0.15	2.1
Pile 6 m (1 buah)	1011620	5268.85	0.15	0.0625
Pile 6 m (2 buah)	2021991	10531.2	0.15	0.125
Pile 12 m (1 buah)	1011620	5268.85	0.15	0.3125



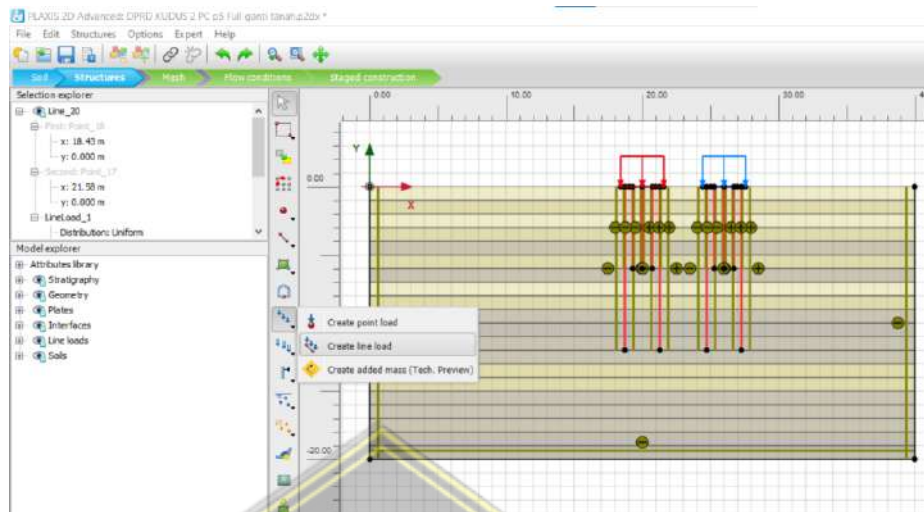
Gambar 4.22 Input Parameter Tiang dan Pile Cap

6. Langkah selanjutnya, pada tiang fondasi klik kanan dan pilih  untuk mengaktifkan positive dan negative interface. Lalu klik  untuk mengaktifkan interface di kondisi batas tanah, seperti pada Gambar 4.23



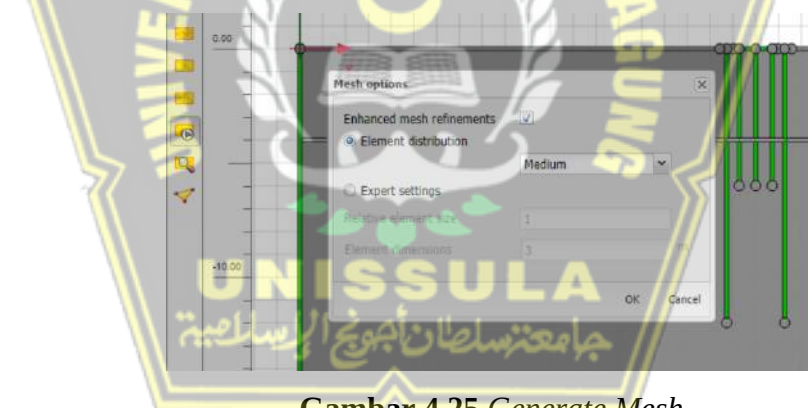
Gambar 4.23 Positive and Negative Interface

7. Setelah itu masukan beban merata atau point load sesuai dengan kebutuhan pemodelan. Seperti Gambar 4.24



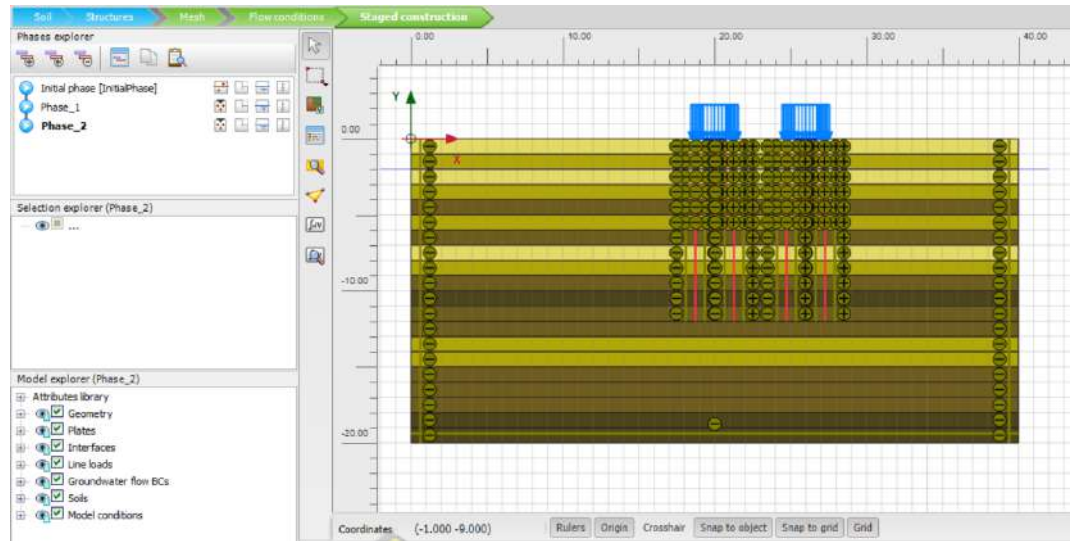
Gambar 4.24 Input Beban

8. Kemudian pada jendela *Mesh*, klik  agar perintah yang dibuat dalam jendela struktur menjadi aktif seperti pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Generate Mesh

9. Pada jendela *Staged Construction*, masukan beberapa phase untuk menganalisis pemodelan. Dalam analisis ini penulis memasuka 2 phase yang pertama semua elemen diaktifkan kecuali beban merata dan yang kedua semua elemen dimasukan tanpa terkecuali. Seperti Gambar 4.26

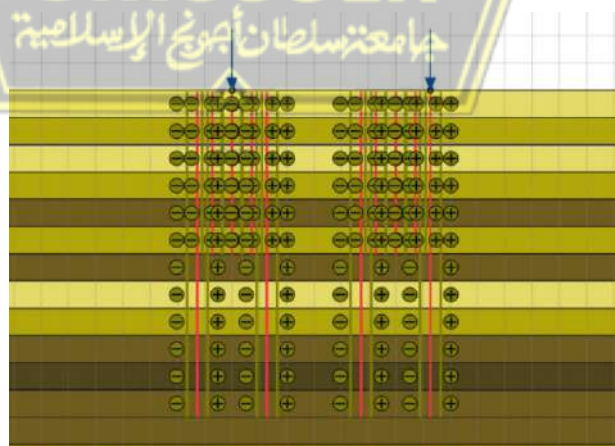


Gambar 4.26 Model *Staged Construction*

10. Setelah semua dilakukan lalu pilih  untuk mengcalculate program dan klik  untuk melihat output dari pemodelan.

Untuk mengetahui data parameter tanah dari Tabel 4.8 sudah sesuai dengan data lapangan, cara yang dilakukan yaitu membandingkan penurunan dari hasil PDA tes dengan cara :

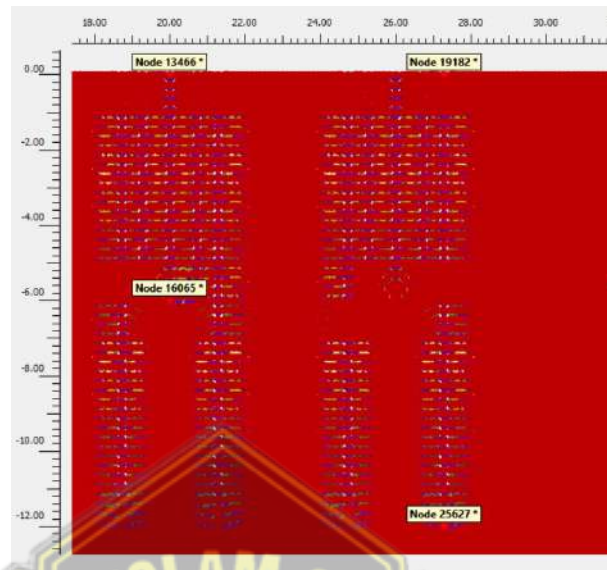
1. Memodelkan denah tiang minipile 6 m dan 12 m sesuai pada saat uji PDA dilaksanakan dengan memberikan beban terpusat dari hasil PDA tes



Gambar 4.27 Pemodelan dengan beban terpusat

2. Hasil output Plaxis penurunannya harus mendekati dengan penurunan hasil PDA tes dengan cara memonitoring penurunan diatas tiang dan didasar

tiang. Guna keperluan pembuatan grafik penurunan. Seperti pada Gambar 4.28



Gambar 4.28 Titik Monitoring

3. Setelah penurunan pada plaxis sesuai pada hasil PDA maka parameter tanah sudah sesuai dengan kondisi dilapangan, dan dapat digunakan untuk perhitungan penurunan pada pile cap 6 m dan pile cap kombinasi.

4.8. Validasi Perhitungan menggunakan Hasil Uji PDA

4.8.1 Analisis hasil Tes PDA

Pengujian tes PDA dilakukan dengan mengacu pada ASTM D4945-12 yang menghasilkan output seperti kapasitas tiang, energi penurunan dan integritas tiang, selanjutnya dilakukan analisis lanjutan menggunakan program CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*). Dari hasil analisis ini akan didapatkan hasil transfer beban pada tiang dan perilaku tanah disekelilingnya, kapasitas selimut dan ujung tiang, tegangan tekan dan tarik sepanjang tiang serta penurunan tiang. Ringkasan perkiraan daya dukung tiang yang diuji dalam tugas akhir ini berdasarkan PDA dan CAPWAP dapat dilihat dalam Tabel 4.12

Tabel 4.17 Data dan Hasil Pengujian Dinamis Tiang

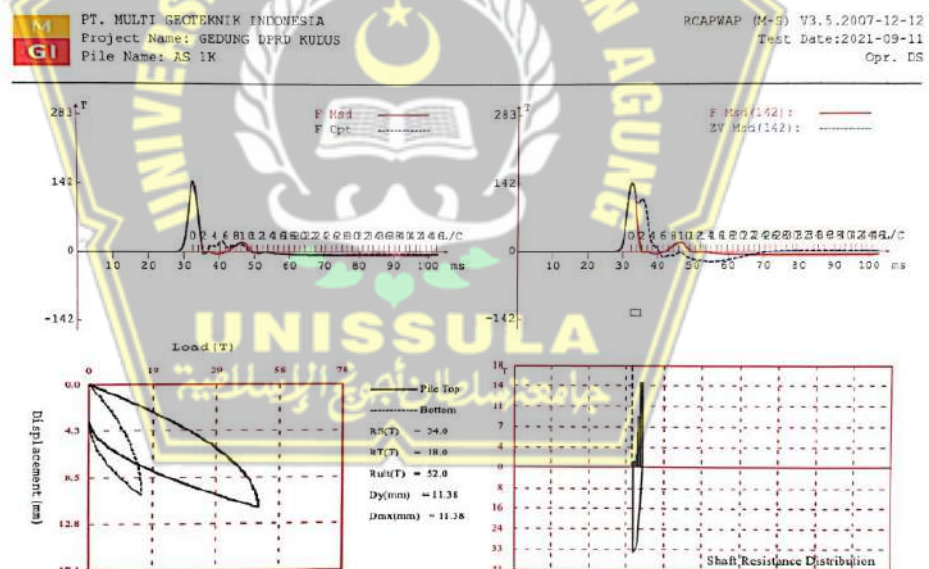
Data Tiang & Hammer				
No. Tiang	AS 1K	AS 3B	AS 3F	AS 4D
Tanggal Uji	11/09/21	11/09/21	11/09/21	11/09/21
Jenis Tiang	Segiempat	Segiempat	Segiempat	Segiempat
Diameter Tiang [mm]	250	250	250	250
Total Panjang Tiang [m]	6,0	12,0	12,0	6,0
Panjang Tiang dibawah Sensor [m]	5,5	11,3	11,3	5,5
Panjang Tiang Tertanam [m]	5,0	11,0	11,0	5,0
Jenis Hammer	Drop hammer	Drop hammer	Drop hammer	Drop hammer
Berat Drop Hammer [ton]	1,0	1,0	1,0	1,0
Daya Dukung Ultimate [ton]	60,0	60,0	60,0	60,0
Penurunan yang Diijinkan [mm]	2,54	2,54	2,54	2,54
Pengukuran Data (Case Method)				
RMX/RSU – Pile Capacity [ton]	52	93	94	56
FMX – Max. Compression Force [ton]	142	118	103	135
EMX – Max. Transferred Energy [ton.m]	0,84	0,62	0,63	0,70
CSX – Max. Compression Stress [Mpa]	22,7	18,9	16,5	21,5
TSX – Max. Tension Stress [Mpa]	1,5	2,1	0,1	0,1
DMX – Max. Displacement [mm]	13,0	6,7	8,5	13,0
DFN – Final Displacement [mm]	7,2	1,5	1,4	5,0
BTA – Pile Integrity Value [%]	100	100	100	91
Hasil (CAPIWAP)				
Daya Dukung Tiang (Ru) [ton]	52,0	93,0	94,0	56,0
Lengketan (Rs) [ton]	34,0	61,0	61,0	38,0
Tahanan Ujung (Rb) [ton]	18,0	32,0	33,0	18,0
Keutuhan fondasi tiang	OK/Baik	OK/Baik	OK/Baik	OK/Baik

Pada tugas akhir ini, penulis merubah nomer tiang agar mempermudah dalam penamaan tiang. AS1K dan AS4D menjadi tiang minipile 6A dan 6B. AS3B dan AS3F menjadi tiang minipile 12A dan 12B. Hasil analisis dari fondasi tiang minipile berupa data tabel dan grafik bisa dilihat pada Tabel 4.18 dan Gambar 4.29 untuk tiang minipile 6 meter dan pada Tabel 4.19 dan Gambar 4.30 untuk tiang minipile 12 meter

Tabel 4.18a Hasil RCAPWAP Results tiang 6A

RCAPWAP RESULTS							
Soil Segment No.	Depth Below Gages (m)	Depth Below Grade (m)	Activated Resistance R (T)	Sum Down of R (T)	Sum UP of R (T)	Unit Resistance (Depth) (T/m)	Unit Resistance (Area) (T/m ²)
1	1.33	0.83	1.0	1.0	52.0	1.20	1.20
2	2.17	1.67	1.0	2.0	51.0	1.19	1.19
3	3.00	2.50	2.0	4.0	50.0	2.41	2.41
4	3.83	3.33	6.0	10.0	48.0	7.23	7.23
5	4.67	4.17	9.0	19.0	42.0	10.71	10.71
6	5.50	5.00	15.0	34.0	33.0	18.07	18.07
Toe	5.50	5.00	18.0	52.0	18.0	288.00	288.00
Total RCAPWAP Capacity : 52.0(T) Skin Friction : 34.0(T) Pile Base : 18.0(T)							
Pile Displacement Measurement : 7.61mm Blow Count = 131b/m							
Pile Displacement Match : 2.27mm Blow Count = 441b/m							
Match Quality : 1.44%							
Soil Model Parameters (basic parameters)					Symbol	Shaft	Toe
Case Damping Factor					J5/JT	0.22	0.00
Smith Damping Factor(s/m)					SS/ST	0.30	0.00
Quake(mm)					QS/QT	9.65	10.10
Unloading Quake(% of loading quake)					CS/CT	0.70	0.10
Unloading Level(% of Ru)					UN	0.30	-
Soil mass(kg)					PL	-	10.00

PILE MODEL							
Segment (NO.)	Length (m)	Area (cm ²)	Modulus (T/m ²)	Spec.Weight (T/m ³)	Perimeter (m)	Impedance (T.s/m)	Z-Change (%)
1	0	625	3610000	2.45	1.0000	59	100
6	5.50	625	3610000	2.45	1.0000	59	100
Toe	5.50	625.00					
Wave Speed : 3800m/s Overall : 3800m/s Pile Damping : 2.00s Time Increment : 0.263ms							



Lampiran II-1b. Hasil Analisis 'CAPWAP', Tiang AS 1K

Gambar 4.29a Hasil Analisis tiang 6A

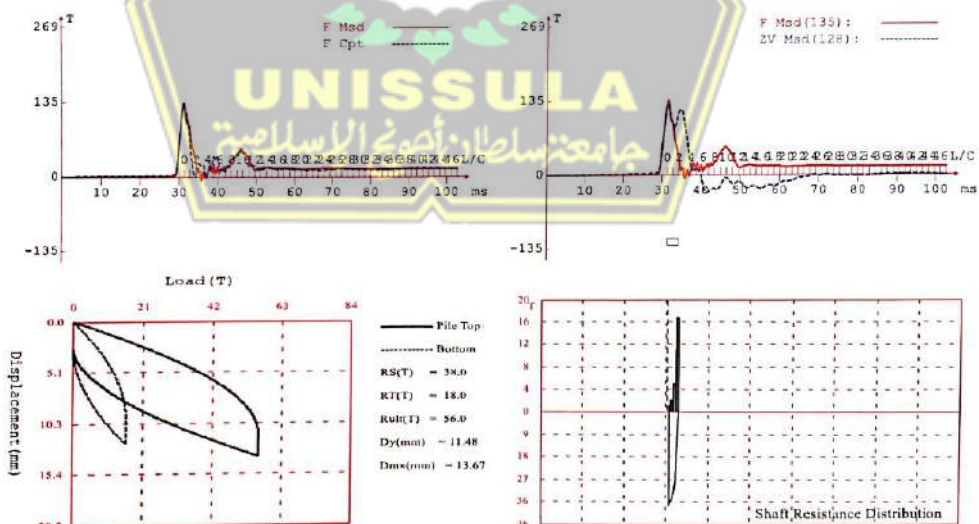
Tabel 4.18b Hasil RCAPWAP Results tiang 6B

PT. MULTI GEOTEKNIK INDONESIA
Project Name: GEDUNG DPRD KUDUS
Pile Name: AS 4D

RCAPWAP (M-S) V3.5.2007-12-12
Test Date: 2021-09-11
Opr. DS

RCAPWAP RESULTS							
Soil Segment No.	Depth Below Gages (m)	Depth Below Grade (m)	Activated Resistance R (T)	Sum Down of R (T)	Sum UP of R (T)	Unit Resistance (Depth) (T/m)	Unit Resistance (Area) (T/m ²)
1	1.33	0.83	1.0	1.0	56.0	1.20	1.20
2	2.17	1.67	2.0	3.0	55.0	2.38	2.38
3	3.00	2.50	2.0	5.0	53.0	2.41	2.41
4	3.83	3.33	5.0	10.0	51.0	6.02	6.02
5	4.67	4.17	11.0	21.0	46.0	13.10	13.10
6	5.50	5.00	17.0	38.0	35.0	20.48	20.48
Toe	5.50	5.00	18.0	56.0	18.0	288.00	288.00
Total RCAPWAP Capacity : 56.0(T) Skin Friction : 38.0(T) Pile Base : 18.0(T)							
File Displacement Measurement : 5.32mm Blow Count = 188b/m							
File Displacement Match : 2.72mm Blow Count = 360b/m							
Match Quality : 2.20%							
Soil Model Parameters (basic parameters)					Symbol	Shaft	Toe
Case Damping Factor					JS/JT	0.00	0.09
Smith Damping Factor(s/m)					SS/ST	0.00	0.30
Quake(mm)					QS/QT	8.94	10.10
Unloading Quake(% of loading quake)					CS/CT	1.00	1.00
Unloading Level(% of Ru)					UN	0.00	-
Soil mass(kg)					PL	-	0.00

PILE MODEL							
Segment (NO.)	Length (m)	Area (cm ²)	Modulus (T/m ²)	Spec.Weight (T/m ³)	Perimeter (m)	Impedance (T.s/m)	Z-Change (%)
1	0	625	3610000	2.45	1.0000	59	100
6	5.50	625	3610000	2.45	1.0000	59	100
Toe	5.50	625.00					
Wave Speed : 3800m/s Overall : 3800m/s Pile Damping : 2.00% Time Increment : 0.263ms							



Gambar 4.29b Hasil Analisis 'CAPWAP' Tiang AS 4D

Hasil analisis dari fondasi tiang minipile 12 meter berupa data tabel dan grafik bisa dilihat pada Tabel 4.19 dan Gambar 4.30

Tabel 4.19a Hasil RCAPWAP *Results* tiang 12A

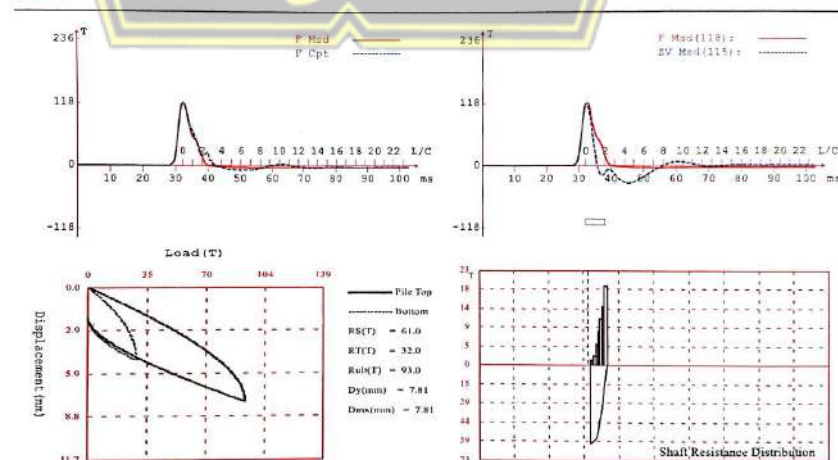
PT. MULTI GEOTEKNIK INDONESIA
Project Name: GEDUNG DPRD KUDUS
File Name: AS 3B

RCAPWAP (M-S) V3.5.2007-12-12
Test Date: 2021-09-11
Opr. DS

RCAPWAP RESULTS							
Soil Segment No.	Depth Below Gages (m)	Depth Below Grade (m)	Activated Resistance R (T)	Sum Down of R (T)	Sum UP of R (T)	Unit Resistance (Depth) (T/m)	Unit Resistance (Area) (T/m ²)
1	1.68	1.38	1.0	1.0	93.0	0.72	0.72
2	3.05	2.75	1.0	2.0	92.0	0.73	0.73
3	4.42	4.12	2.0	4.0	91.0	1.46	1.46
4	5.80	5.50	5.0	9.0	89.0	3.62	3.62
5	7.18	6.88	8.0	17.0	84.0	5.80	5.80
6	8.55	8.25	11.0	28.0	76.0	8.03	8.03
7	9.92	9.62	14.0	42.0	65.0	10.22	10.22
8	11.30	11.00	19.0	61.0	51.0	13.77	13.77
Toe	11.30	11.00	32.0	93.0	32.0	512.00	512.00
Total RCAPWAP Capacity : 93.0(T)				Skin Friction : 51.0(T)		Pile Base : 32.0(T)	
Pile Displacement Measurement : 1.61mm Blow Count = 621b/m							
Pile Displacement Match : 1.29mm Blow Count = 775b/m							
Match Quality : 1.81%							
Soil Model Parameters (basic parameters)					Symbol	Shaft	Toe
Case Damping Factor					JS/JT	0.25	0.49
Smith Damping Factor(s/m)					SS/ST	0.33	0.91
Quake(mm)					QS/QT	2.82	4.86
Unloading Quake(% of loading quake)					CS/CT	0.10	0.60
Unloading Level(% of Ru)					UN	0.60	-
Soil mass(kg)					PL	-	0.00
PILE MODEL							
Segment (NO.)	Length (m)	Area (cm ²)	Modulus (T/m ²)	Spec.Weight (T/m ³)	Perimeter (m)	Impedance (T.s/m)	Z-Change (%)
1	0	625	3610000	2.45	1.0000	59	100
8	11.30	625	3610000	2.45	1.0000	59	100
Toe	11.30	625.00					
Wave Speed : 3800m/s Overall : 3800m/s Pile Damping : 2.00% Time Increment : 0.316ms							

PT. MULTI GEOTEKNIK INDONESIA
Project Name: GEDUNG DPRD KUDUS
File Name: AS 3B

RCAPWAP (M-S) V3.5.2007-12-12
Test Date: 2021-09-11
Opr. DS



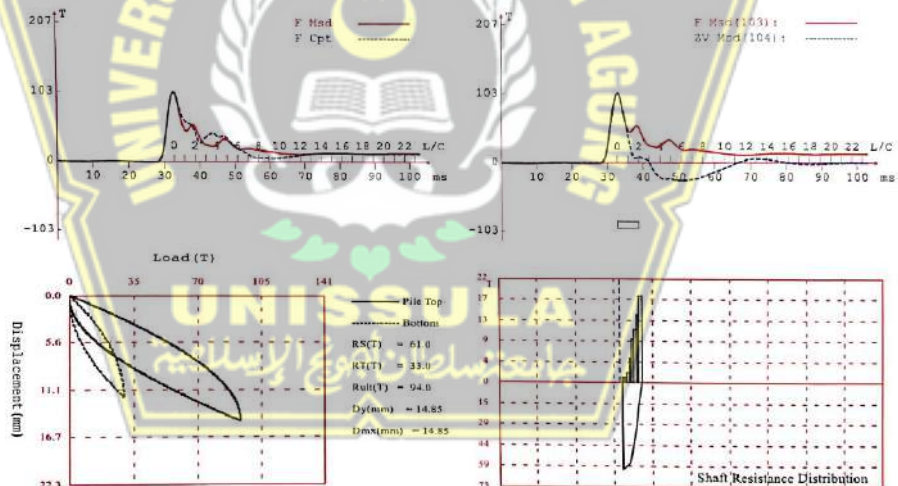
Lampiran II-2b. Hasil Analisis 'CAPWAP', Tiang AS 3B

Gambar 4.30a Hasil Analisis tiang 12A

Tabel 4.19b Hasil RCAPWAP Results tiang 12B

RCAPWAP RESULTS							
Soil Segment No.	Depth Below Gages (m)	Depth Below Grade (m)	Activated Resistance R (T)	Sum Down of R (T)	Sum UP of R (T)	Unit Resistance (Depth) (T/m)	Unit Resistance (Area) (T/m ²)
1	1.68	1.38	1.0	1.0	94.0	0.72	0.72
2	3.05	2.75	1.0	2.0	93.0	0.73	0.73
3	4.42	4.12	2.0	4.0	92.0	1.46	1.46
4	5.80	5.50	5.0	9.0	90.0	3.62	3.62
5	7.18	6.88	9.0	18.0	85.0	6.52	6.52
6	8.55	8.25	11.0	29.0	76.0	8.03	8.03
7	9.92	9.62	14.0	43.0	65.0	10.22	10.22
8	11.30	11.00	18.0	61.0	51.0	13.04	13.04
Toe	11.30	11.00	33.0	94.0	33.0	528.00	528.00
Total RCAPWAP Capacity : 94.0(T) Skin Friction : 61.0(T) File Base : 33.0(T)							
Pile Displacement Measurement : 1.53mm Blow Count = 654b/m							
Pile Displacement Match : 0.01mm Blow Count = 100000b/m							
Match Quality : 3.30%							
Soil Model Parameters (basic parameters)					Symbol	Shaft	Toe
Case Damping Factor					JS/JT	0.00	0.56
Smith Damping Factor(s/m)					SS/ST	0.00	1.00
Quake(mm)					QS/QT	11.88	10.87
Unloading Quake(% of loading quake)					CS/CT	1.00	0.30
Unloading Level(% of Ru)					UN	0.00	-
Soil mass(kg)					PL	-	50.00

PILE MODEL							
Segment (NO.)	Length (m)	Area (cm ²)	Modulus (T/m ²)	Spec.Weight (T/m ³)	Perimeter (m)	Impedance (T.s/m)	Z-Change (%)
1	0	625	3610000	2.45	1.0000	59	100
8	11.30	625	3610000	2.45	1.0000	59	100
Toe	11.30	625.00					
Wave Speed : 3800m/s Overall : 3800m/s File Damping : 2.00% Time Increment : 0.318ms							



Lampiran II-3b. Hasil Analisis 'CAPWAP', Tiang AS 3F

Gambar 4.30b Hasil Analisis tiang 12B

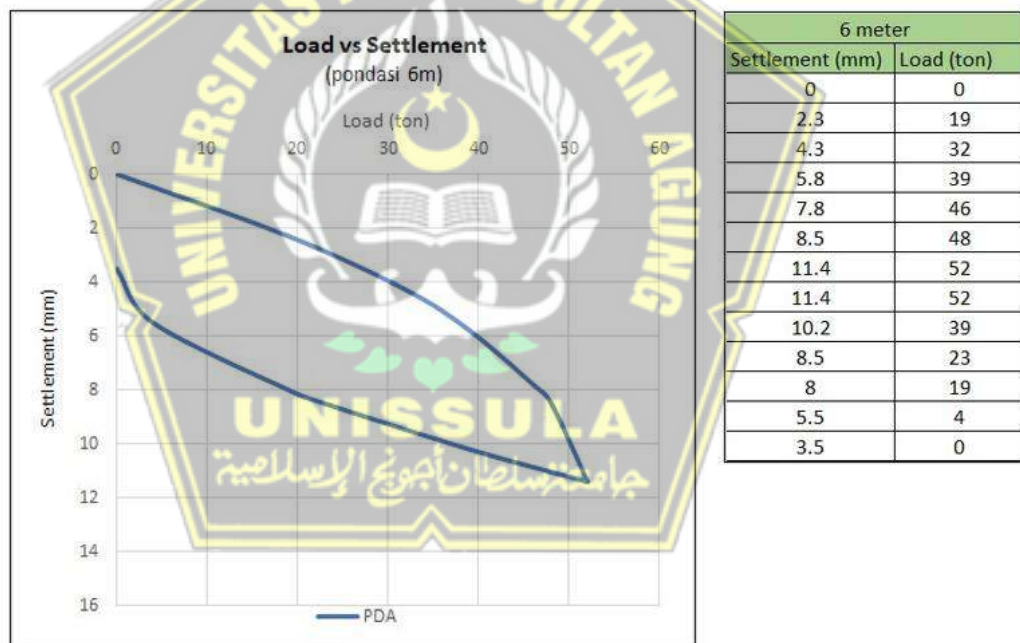
Dari hasil analisa kedua tiang tersebut didapatkan hasil kapasitas tiang ultimit, kapasitas tahanan selimut dan tahanan ujung serta penurunan tiang total yang dapat dilihat dalam Tabel 4.20

Tabel 4.20 Hasil Analisa CAPWAP

NO TIANG	CAPWAP			
	Daya Dukung Total (ton)	Daya Dukung Selimut (ton)	Daya Dukung Ujung (ton)	Penurunan (mm)
6A	52	34	18	11,38
6B	56	38	18	13,67
12A	93	61	32	7,81
12B	94	61	33	14,85

Kemudian dari data – data diatas, dilakukan pembuatan grafik ulang menggunakan Ms. Excel untuk mempermudah proses analisis selanjutnya dengan metode pendekatan sehingga didapatkan nilai beban dan penurunan.

Pembuatan grafik ulang pada tiang minipile 6 meter dapat dilihat pada Gambar 4.31



Gambar 4.31a Grafik tiang 6A

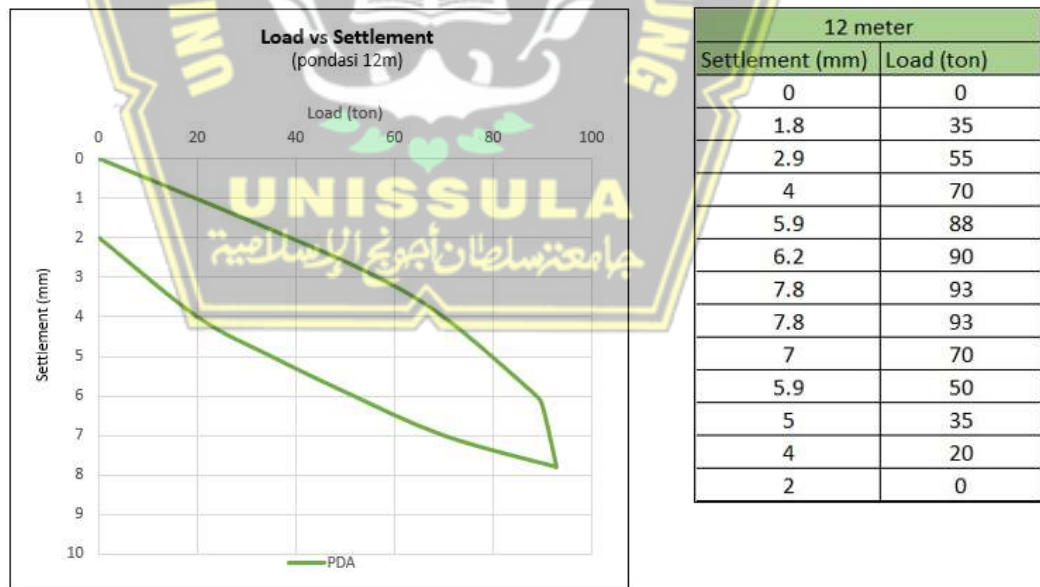
Dari Gambar diatas didapatkan hasil Qult tiang sebesar 52 ton dengan penurunan 11,4 mm



Gambar 4.31b Grafik tiang 6B

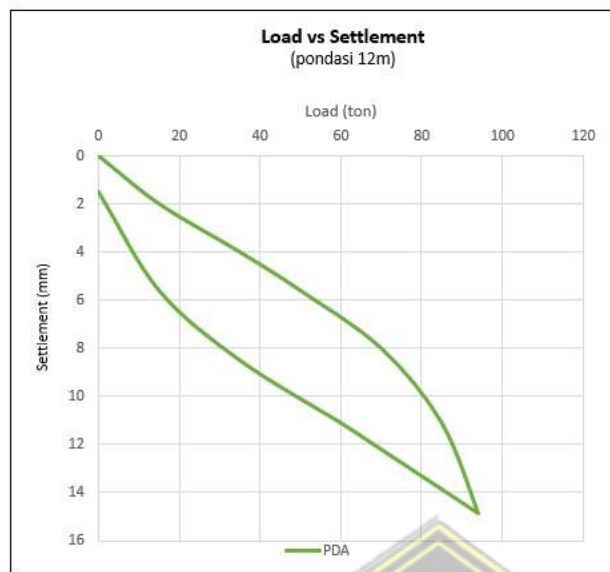
Dari Gambar diatas didapatkan hasil Qult tiang sebesar 56 ton dengan penurunan 13,7 mm

Pembuatan grafik ulang pada tiang minipile 12 meter dapat dilihat pada Gambar 4.32



Gambar 4.32a Grafik tiang 12A

Dari Gambar diatas didapatkan hasil Qult tiang sebesar 93 ton dengan penurunan 7,8 mm



12 meter	
Settlement (mm)	Load (ton)
0	0
2	15
4	35
5.6	50
8	70
11.1	85
14.85	94
14.85	94
12.2	70
11.1	60
8.5	35
5.6	15
1.5	0

Gambar 4.32b Grafik tiang 12B

Dari Gambar diatas didapatkan hasil Qult tiang sebesar 94 ton dengan penurunan 14,85 mm

4.8.2 Interpretasi Beban

Setelah menganalisa hasil PDA, kemudian dilakukan interpretasi beban pada daya dukung total untuk mendapatkan besarnya beban ultimit menggunakan metode Mazurkiewich berdasarkan grafik hubungan beban dan penurunan yang didapatkan

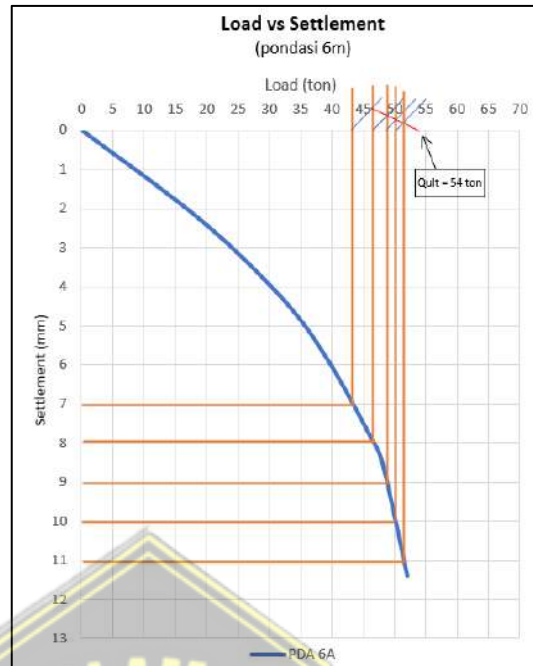
4.8.2.1 Metode Mazurkiewich

Metode yang digunakan untuk mendapatkan besarnya beban ultimit dengan membuat garis tegak lurus dengan sumbu beban dan penurunan, dari perpanjangan garis yang memotong sumbu beban kemudian dibuat garis dengan sudut 45° yang kemudian ditarik hingga mengenai garis perpanjangan setelah itu dari perpotongan tersebut ditarik garis lurus hingga memotong sumbu beban.

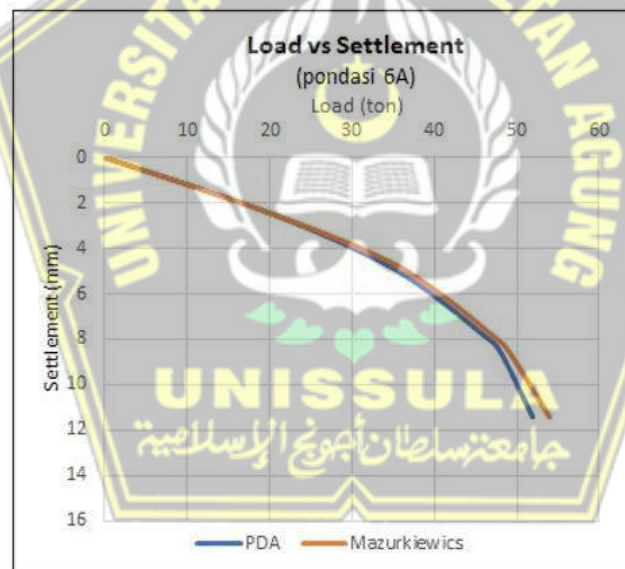
4.8.2.2 Hasil interpretasi beban

Berikut hasil interpretasi beban menggunakan metode Mazurkiewich :

1. Interpretasi beban pada PDA tiang 6 meter
 - a. Pada tiang 6A hasil grafik Mazurkiewich sebesar 54 ton dan perbandingan dengan PDA, seperti Gambar 4.33



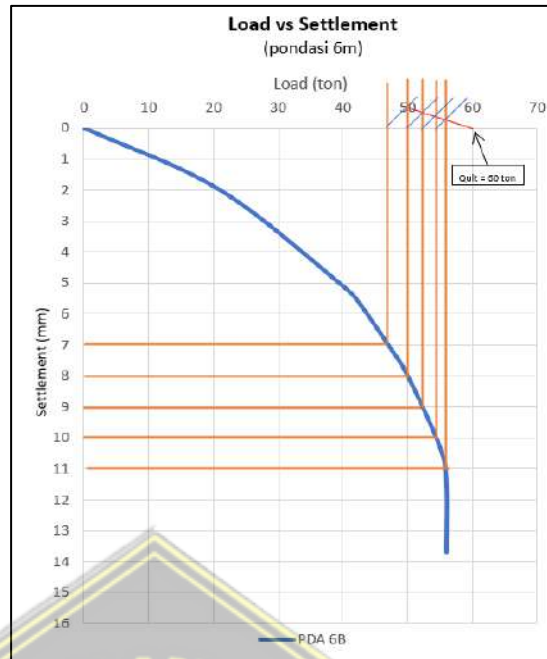
Gambar 4.33a Grafik Mazurkiewich PDA 6A



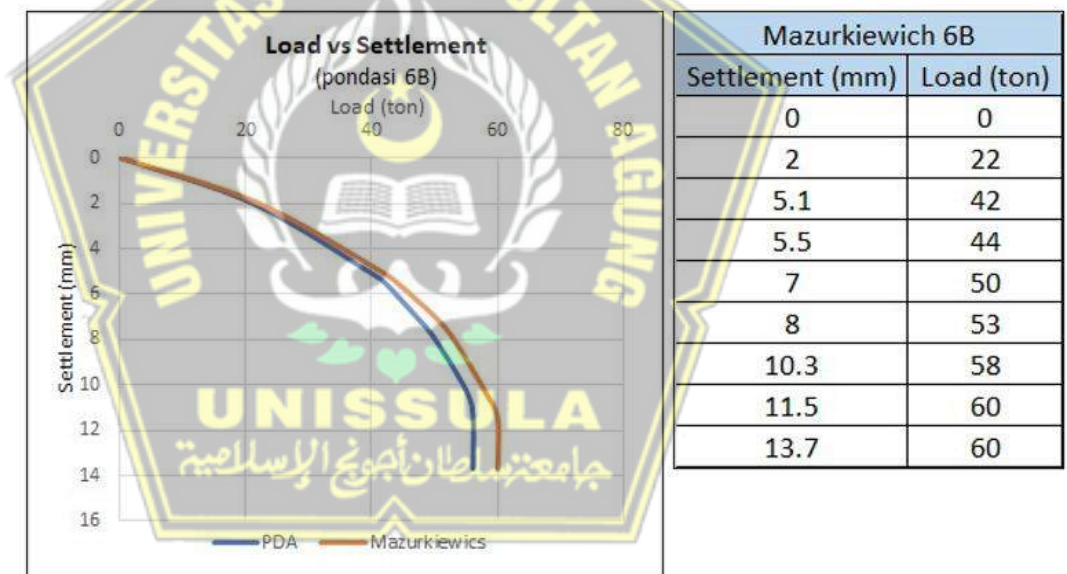
Mazurkiewich 6A	
Settlement (mm)	Load (ton)
0	0
2.3	19
4.3	33
5.8	40
7.8	47
8.5	49
11.4	54

Gambar 4.33b Perbandingan Grafik Mazurkiewich vs PDA 6A

- b. Pada tiang 6B hasil grafik Mazurkiewich sebesar 60 ton dan perbandingan dengan PDA, seperti Gambar 4.34



Gambar 4.34a Grafik Mazurkiewich PDA 6B

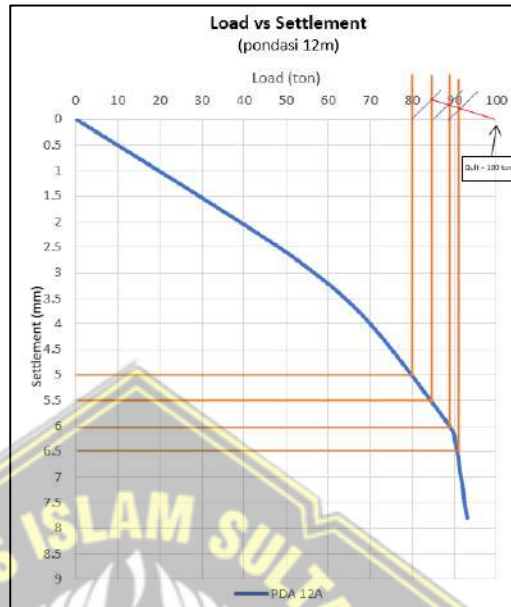


Gambar 4.34b Perbandingan Grafik Mazurkiewich vs PDA 6B

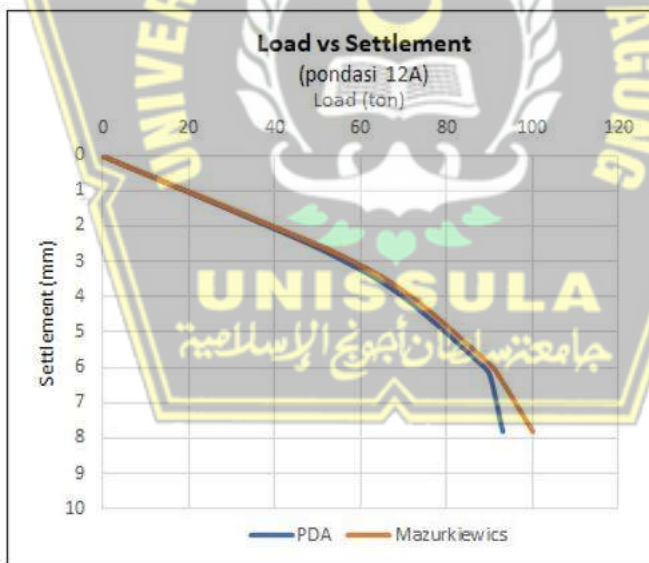
Dari hasil interpretasi kedua metode diatas, didapatkan nilai daya dukung total sebesar 60 ton. Dimana daya dukung ini merupakan batas beban maksimal yang dapat diterima fondasi agar tidak terjadi keruntuhan, jadi beban yang dapat diterima satu tiang fondasi tidak boleh melebihi 60 ton.

2. Interpretasi beban pada PDA tiang 12 meter

- a. Pada tiang 12A hasil grafik Mazurkiewich sebesar 100 ton dan perbandingan dengan PDA, seperti Gambar 4.35



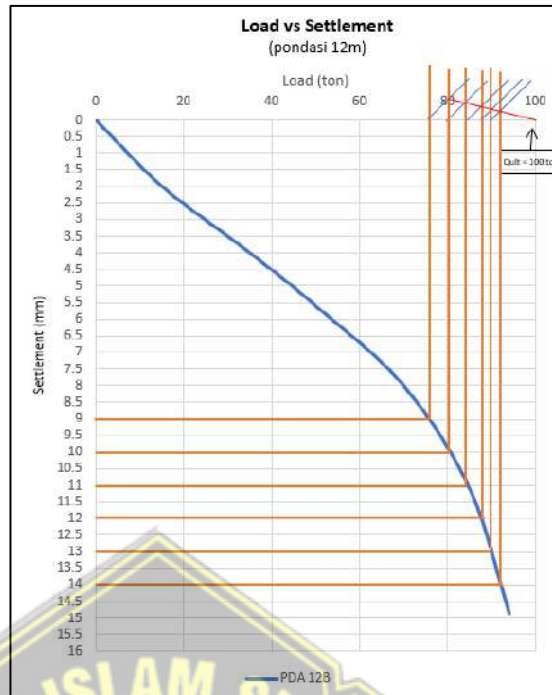
Gambar 4.35a Grafik Mazurkiewich PDA 12A



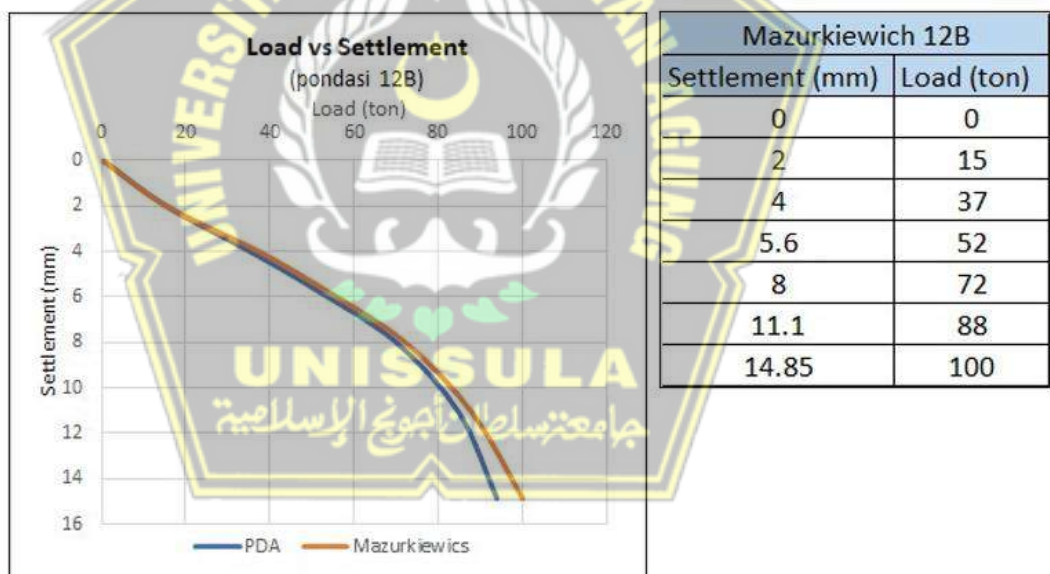
Mazurkiewich 12A	
Settlement (mm)	Load (ton)
0	0
1.8	36
2.9	57
4	72
5.9	90
6.2	92
7.8	100

Gambar 4.35b Perbandingan Grafik Mazurkiewich vs PDA 12A

- b. Pada tiang 12B hasil grafik Mazurkiewich sebesar 100 ton dan perbandingan dengan PDA, seperti Gambar 4.36



Gambar 4.36a Grafik Mazurkiewich PDA 12B



Gambar 4.36b Perbandingan Grafik Mazurkiewich vs PDA 12B

Dari hasil interpretasi kedua metode diatas, didapatkan nilai daya dukung total sebesar 100 ton. Dimana daya dukung ini merupakan batas beban maksimal yang dapat diterima fondasi agar tidak terjadi keruntuhan, jadi beban yang dapat diterima satu tiang fondasi tidak boleh melebihi 100 ton.

4.8.3 Perbandingan Hasil Analisa Tes PDA dan Aplikasi Allpile

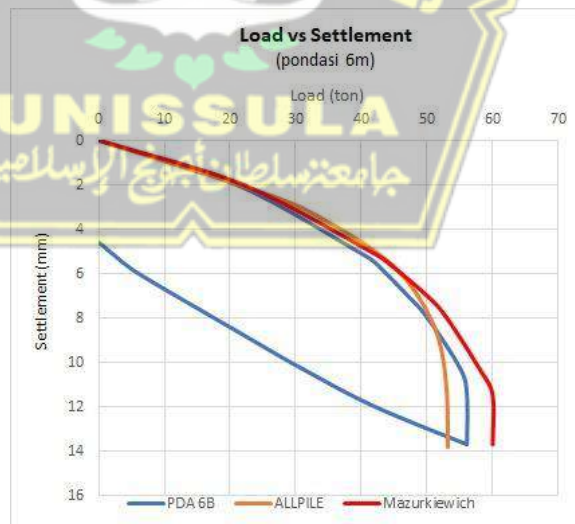
Dari analisis tes PDA dan analisis menggunakan program Allpile, kemudian dilakukan perbandingan pada nilai daya dukung kedua fondasi. Grafik perbandingan dapat dilihat sebagai berikut :

1. Fondasi tiang 6 meter

Dimana dalam hasil analisa tes PDA dan aplikasi Allpile didapatkan nilai kapasitas daya dukung. Dalam hal ini data tiang minipile 6B yang akan digunakan dalam perbandingan. Tabel perbandingan Daya dukung dilihat pada Tabel 4.21 dan Grafik perbandingan kapasitas dukung total terlihat dalam Gambar 4.37.

Tabel 4.21 Perbandingan Daya Dukung 6 meter

	PDA 6B	ALLPILE
Daya Dukung Total (ton)	56	53,27
Daya Dukung selimut (ton)	38	53,13
Daya Dukung Ujung (ton)	18	0,11
Penurunan (mm)	13,67	13,8



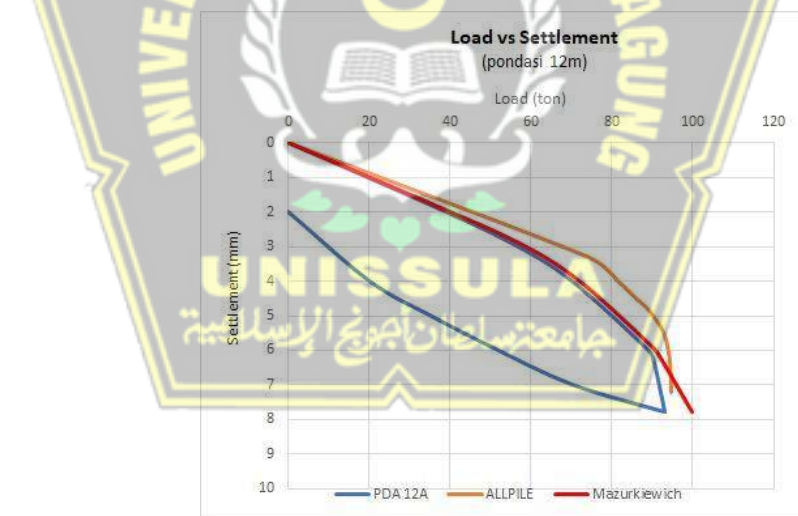
Gambar 4.37 Grafik Perbandingan Daya Dukung Total fondasi 6 m Berdasarkan hasil diatas Q ultimate dan penurunan pada Allpile sudah mendekati dengan hasil dari PDA test yang mana artinya parameter tanah pada Allpile sudah sesuai dengan data lapangan.

2. Fondasi Tiang 12 meter

Dimana dalam hasil analisa tes PDA dan aplikasi Allpile didapatkan nilai kapasitas daya dukung. Dalam hal ini data tiang minipile 12A yang akan digunakan dalam perbandingan. Tabel perbandingan Daya dukung dilihat pada Tabel 4.22 dan Grafik perbandingan kapasitas dukung total terlihat dalam Gambar 4.38

Tabel 4.22 Perbandingan Daya Dukung 12 meter

	PDA 12A	ALLPILE
Daya Dukung Total (ton)	93	94,74
Daya Dukung selimut (ton)	61	85,94
Daya Dukung Ujung (ton)	32	8,8
Penurunan (mm)	7.81	7,2



Gambar 4.38 Grafik Perbandingan Daya Dukung Total fondasi 12 m

Dari data diatas dapat dilihat terdapat selisih perbedaan untuk tiap daya dukung dan penurunan, dimana hasil dari pengujian tes PDA lebih kecil dari hasil analisis program Allpile. Dalam data grafik hubungan beban dan penurunan juga dapat dilihat bahwa bentuk kurva tes PDA kurang sempurna karena bentuk yang kurang hiperbola atau bisa dikatakan cenderung menurun secara konstan sehingga perlu dilakukan analisis ulang menggunakan program

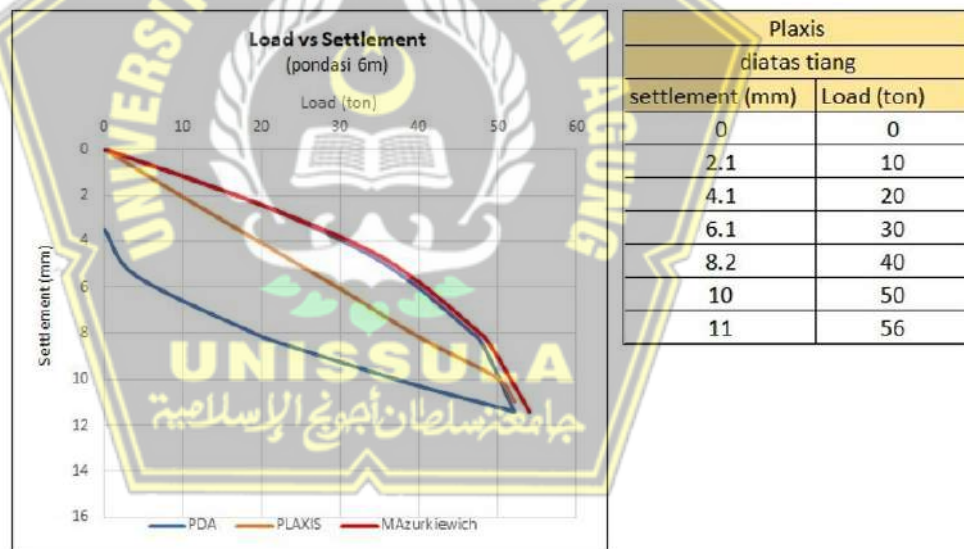
allpile agar didapatkan grafik dengan bentuk kurva yang lebih baik. Hal ini bisa dikarenakan pada saat pengujian menggunakan tes PDA proses transfer energi dari palu kurang efektif atau beban dari palu kurang, sehingga nilai daya dukung dan penurunan yang tercatat selama pengujian lebih kecil dan memebentuk kurva yang kurang baik.

4.8.4 Perbandingan Penurunan menggunakan Program PLAXIS V.21

Berikut adalah grafik perbandingan antara penurunan hasil uji PDA dan penurunan pemodelan program plaxis :

1. Grafik perbandingan tiang minipile 6 m

- a. Hasil monitoring di atas tiang 6 meter menghasilkan penurunan sebesar 11 mm yang akan dibandingkan dengan tiang minipile 6A dari hasil PDA. Besaran penurunan dan perbandingan pada plaxis dapat dilihat pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39 Perbandingan Penurunan di atas tiang 6m vs PDA 6A

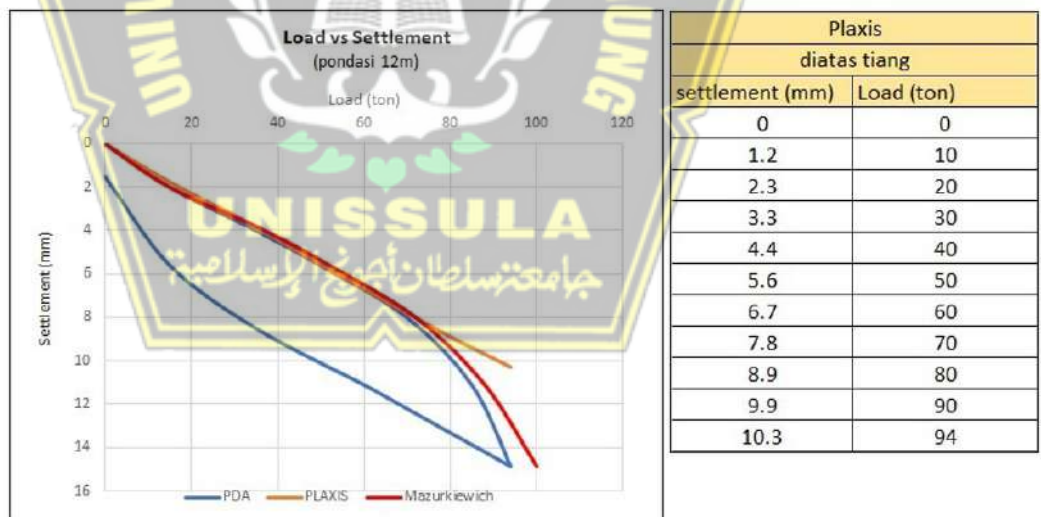
- b. Hasil monitoring di dasar tiang 6 meter menghasilkan penurunan sebesar 11 mm yang akan dibandingkan dengan tiang minipile 6B dari hasil PDA. Besaran penurunan dan perbandingan pada plaxis dapat dilihat pada Gambar 4.40.



Gambar 4.40 Perbandingan Penurunan di dasar tiang 6 m vs PDA 6B

2. Grafik perbandingan tiang minipile 12 m

- a. Hasil monitoring di atas tiang 12 meter menghasilkan penurunan sebesar 10,3 mm yang akan dibandingkan dengan tiang minipile 12B dari hasil PDA. Besaran penurunan dan perbandingan pada plaxis dapat dilihat pada Gambar 4.41



Gambar 4.41 Perbandingan Penurunan di atas tiang 12 m vs PDA 12B

- b. Hasil monitoring di dasar tiang 12 meter menghasilkan penurunan sebesar 8,9 mm yang akan dibandingkan dengan tiang minipile 12A dari hasil PDA. Besaran penurunan dan perbandingan pada plaxis dapat dilihat pada Gambar 4.42.



Gambar 4.42 Perbandingan Penurunan di dasar tiang 12 m vs PDA 12A

Dari hasil pemodelan diatas penurunan yang terjadi tersebut sudah mendekati dengan data dari uji PDA, sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter yang di masukan ke program Plaxis sudah sesuai dengan data tanah di lapangan. Dari parameter tersebut dapat digunakan untuk menghitung penurunan pada pilecap untuk mengetahui aman tidaknya bangunan Gedung Fraksi DPRD Kudus didirikan.

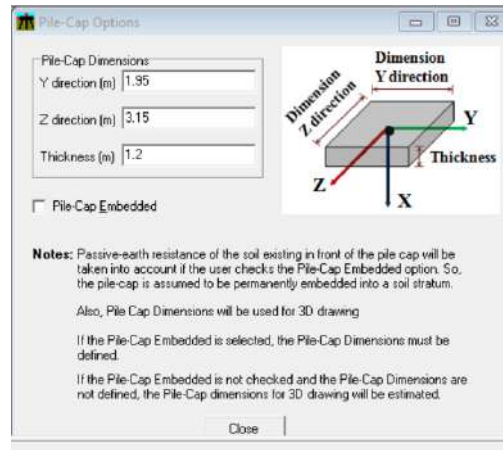
4.9. Pemodelan Kelompok Tiang menggunakan Program Group 8.0.4

Pemodelan kelompok tiang minipile menggunakan program Plaxis V.21 untuk mengetahui daya dukung yang akan diterima tiang kelompok dan beban yang diterima dalam satu tiang minipile sehingga dapat diketahui nilai *safety factor* nya. Pada tugas akhir ini kami menganalisa kelompok tiang minipile 6 meter dan kelompok tiang minipile kombinasi 6 m dan 12 m.

4.9.1 Urutan pemodelan program Group 8.0.4

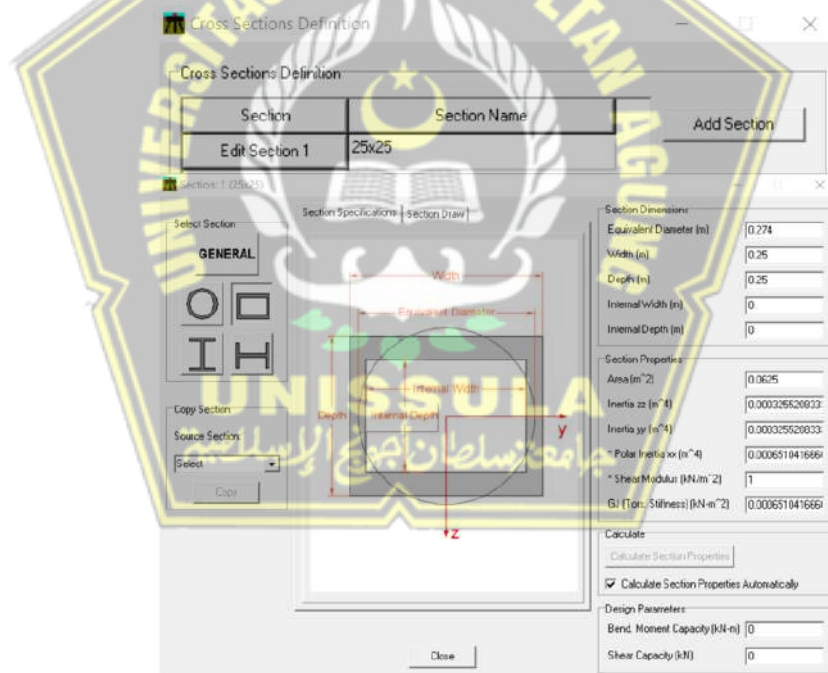
Proses analisa daya dukung dalam program Group 8.0.4 sebagai berikut :

1. Untuk memasukan data rencana dapat dipilih pada jendela “Data”. Langkah pertama pilih *Pile Cap Option* untuk menentukan dimensi pilecap yang digunakan



Gambar 4.43 Menu Pile Cap Option

- Setelah itu pilih *Pile Cross Section* untuk membuat dimensi tiang rencana dengan ukuran 25x25 cm. Masukan nilai equivalent diameter sebesar 0,274 m, setelah itu klik *Calculate Section Properties* agar nilai terhitung secara otomatis oleh aplikasi.



Gambar 4.44 Menu Pile Cross Section

- Selanjutnya pilih *Pile Properties* untuk menentukan modulus tiang, kedalaman tiang.

Prop. Type	Sections	Increments	Total Length (m)	Young's Modulus (kN/m ²)	Method of Installation
1	1: Pile Sections	100	6	31528558	Driven Piles
2	2: Pile Sections	100	12	31528558	Driven Piles

Section	Top (m)	Bottom (m)	Cross Section	Index
1	0	12	1	

Section	Top (m)	Bottom (m)	Cross Section	Index
1	0	6	1	

Gambar 4.45 Menu Pile Properties

4. Kemudian menentukan titik koordinat tiang pada menu *Pile Head Coordinates*

Pile #	Pile-Top Vertical	Pile-Top Horizontal	Pile-Top Horizontal	Angle Alpha*	Angle Beta**	Dist. from Pile Top
	X-Coordinates, (m)	Y-Coordinates, (m)	Z-Coordinates, (m)	(for vertical pile) (DEG)	(for vertical pile) (DEG)	to Ground Line ***, (m)
1	0	-0.725	-0.725	0	90	-1.2
2	0	0.725	-0.725	0	90	-1.2
3	0	0	0	0	90	-1.2
4	0	0.725	0.725	0	90	-1.2
5	0	-0.725	0.725	0	90	-1.2
6	0	0	1.275	0	90	-1.2
7	0	0	-1.275	0	90	-1.2

* Angle Alpha, angle from Y(-) Axis to the projection of pile on the Y-Z plane (use 0 for vertical pile)
 ** Angle Beta, angle from the projection of pile on the Y-Z plane to the pile axis (use 90 for vertical pile)
 *** Distance from pile top to ground line
 (+) positive if soil ground line is below the pile top
 (-) negative if soil ground line is above the pile top

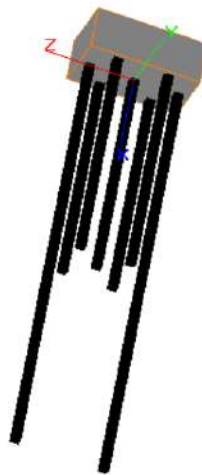
Gambar 4.46 Menu Pile Head Coordinates

5. Untuk menentukan hubungan tiang dengan pilecap adalah fixed masuk pada menu *Pile Group Properties*

File #	Pile Head	Pile Head	Pile Prop.	Rotational Spring	Rotational Spring
	Connection (z-z)	Connection (y-y)	Type	(z-z) (kN-m/rad)	(y-y) (kN-m/rad)
1	Fixed	Fixed	1	0	0
2	Fixed	Fixed	1	0	0
3	Fixed	Fixed	1	0	0
4	Fixed	Fixed	1	0	0
5	Fixed	Fixed	1	0	0
6	Fixed	Fixed	2	0	0
7	Fixed	Fixed	2	0	0

Gambar 4.47 Menu Pile Group Properties

6. Pilih 3D View pada jendela View untuk melihat input data struktur sudah benar



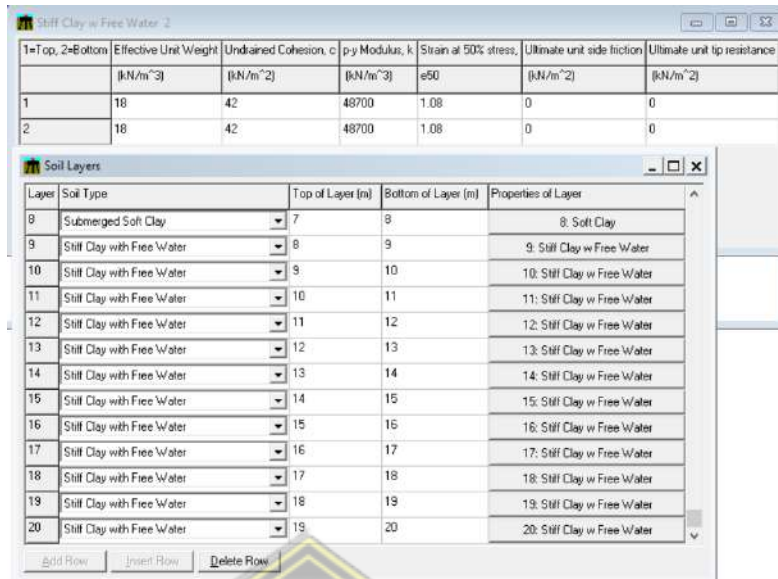
Gambar 4.48 Menu 3D View

7. Langkah selanjutnya pada menu *Loading* masukan beban rencana yang didapatkan pada aplikasi Etabs 18.1.1 dengan beban vertikal sebesar 1206 kN



Gambar 4.49 Menu Loading Definition

8. Langkah terakhir masukan parameter tanah sesuai pada Tabel 4.8 pada menu *Soil Layer*

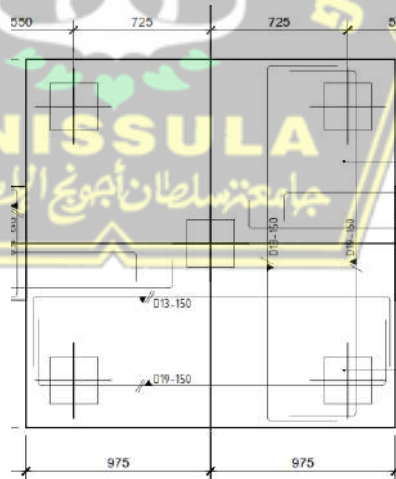


Gambar 4.50 Menu Soil Layer

9. Selanjutnya pilih  untuk *Running Program* dan pilih  untuk mengetahui hasil dari analisis

4.9.2 Analisis Kelompok Tiang Minipile 6 meter

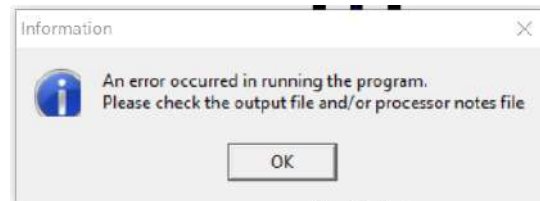
Berikut denah potongan kelompok tiang minipile 6 m :



Gambar 4.51 Potongan Pile Cap minipile 6 m

Berdasarkan hasil analisis menggunakan program Group, kelompok tiang 6 meter tidak mampu menahan beban rencana yang diberikan, diketahui dengan pada program tersebut tidak dapat di running ketika diberikan beban 1206 kN. Setelah itu muncul dialog seperti Gambar 4.52 dan

diperjelas pada output text seperti Gambar 4.53. Setelah beban ditrial *eror*, didapatkan hasil beban yang dapat dipikul kelompok tiang 6 m sebesar 600 kN dengan gaya yang bekerja pada tiap tiang sebesar 120 kN. seperti pada Gambar 4.54



Gambar 4.52 Dialog Gagal Runing Program

```

LOAD CASE :      1
CASE NAME  : Load Case
LOAD TYPE  : Dead, DL

** WARNING ** FAILURE IN BEARING   PILE GROUP   1  DSP.=  0.2384E+01
** WARNING ** FAILURE IN BEARING   PILE GROUP   2  DSP.=  0.2384E+01
** WARNING ** FAILURE IN BEARING   PILE GROUP   3  DSP.=  0.2384E+01
** WARNING ** FAILURE IN BEARING   PILE GROUP   4  DSP.=  0.2384E+01
** WARNING ** FAILURE IN BEARING   PILE GROUP   5  DSP.=  0.2384E+01
** WARNING ** FAILURE IN BEARING   PILE GROUP   1  DSP.=  0.2384E+01
** WARNING ** FAILURE IN BEARING   PILE GROUP   1  DSP.=  0.2384E+01

```

Gambar 4.53 Output Text Failure

```

* PILE TOP REACTIONS *

PILE GROUP   AXIAL, KN   LAT. y, KN   LAT. z, KN   MOM x, KN- M   MOM y, KN- M   MOM z, KN- M   STRESS, KN/ M**2
*****
1            120.00     -4.1898E-06  -4.8427E-12   0.0000      2.2098E-13   -1.8950E-07   1920.0
2            120.00     -4.1898E-06  -4.8427E-12   0.0000      2.2098E-13   -1.8950E-07   1920.0
3            120.00     -4.1898E-06  -4.8427E-12   0.0000      2.2098E-13   -1.8950E-07   1920.0
4            120.00     -4.1898E-06  -4.8427E-12   0.0000      2.2098E-13   -1.8950E-07   1920.0
5            120.00     -4.1898E-06  -4.8427E-12   0.0000      2.2098E-13   -1.8950E-07   1920.0

MINIMUM      120.00     -4.1898E-06  -4.8427E-12   0.0000      2.2098E-13   -1.8950E-07   1920.0
Pile N.      1            1            1            1            1            1            1
MAXIMUM      120.00     -4.1898E-06  -4.8427E-12   0.0000      2.2098E-13   -1.8950E-07   1920.0
Pile N.      1            1            1            1            1            1            1

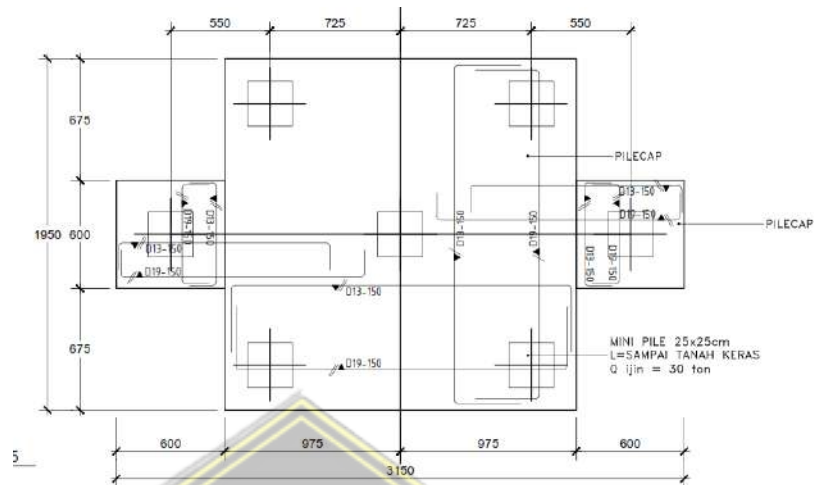
* EFFECTS FOR LATERALLY LOADED PILE *

```

Gambar 4.54 Hasil Sumary Text Kelompok Tiang 6 meter

4.9.3 Analisa Kelompok Tiang minipile Kombinasi 6 m dan 12 meter

Berikut denah potongan kelompok tiang minipile 6 m :



Gambar 4.55 Potongan Pile Cap minipile kombinasi 6m dan 12 m

Setelah desain kelompok tiang 6 meter tidak dapat di analisis. Pemodelan selanjutnya dengan menambahkan tiang 12 meter seperti pada Gambar 4.54. Berdasarkan hasil analisa kelompok tiang kombinasi program Group dapat di analisa dengan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 4.55, dengan nomer tiang 1-5 adalah tiang minipile 6 meter dan nomer 6 dan 7 adalah tiang minipile 12 meter.

Dari hasil beban yang diterima tiang pada program Group lebih kecil dari Qult hasil PDA, Allpile dan Manual, Sehingga mendapatkan SF = 3. Jadi kelompok tiang kombinasi dapat digunakan untuk bangunan DPRD Kudus

* PILE TOP REACTIONS *							
PILE GROUP	FOR. X, KN	FOR. Y, KN	FOR. Z, KN	MOM X, KN- M	MOM Y, KN- M	MOM Z, KN- M	STRESS, KN/ M**2
1	138.47	5.2852	1.6662E-09	-7.5238E-19	-1.2300E-09	10.970	6832.2
2	106.86	5.2825	-1.6682E-09	-7.5238E-19	1.2310E-09	10.980	6330.9
3	131.92	5.2854	-8.2855E-13	-7.5238E-19	6.0104E-13	10.972	6728.4
4	106.86	5.2825	-1.6682E-09	-7.5238E-19	1.2310E-09	10.980	6330.9
5	138.47	5.2862	1.6662E-09	-7.5238E-19	-1.2300E-09	10.970	6832.2
6	291.75	5.3011	-8.6764E-13	-7.5230E-19	6.1836E-13	10.918	9262.9
7	291.75	5.3011	-8.6764E-13	-7.5230E-19	6.1836E-13	10.918	9262.9
MINIMUM	106.86	5.2825	-1.6682E-09	-7.5238E-19	-1.2300E-09	10.918	6330.9
Pile N.	2	2	2	1	1	6	2
MAXIMUM	291.75	5.3011	1.6662E-09	-7.5230E-19	1.2310E-09	10.980	9262.9
Pile N.	6	6	1	6	2	2	6

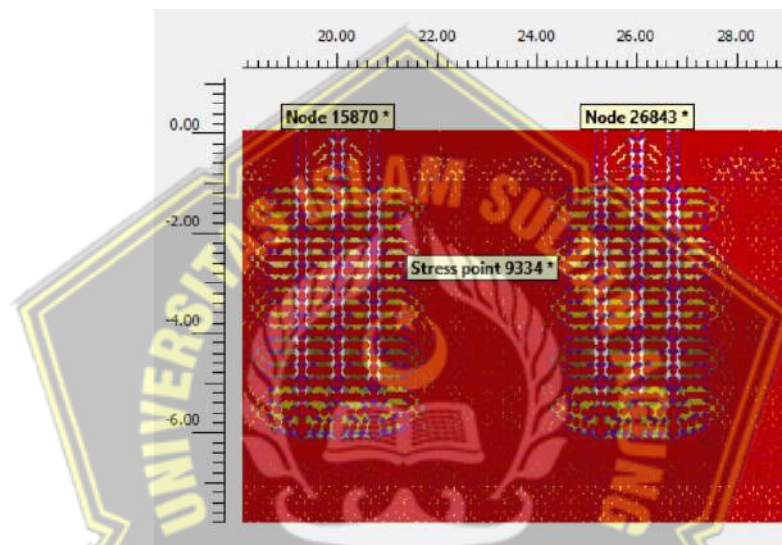
Gambar 4.56 Hasil Sumary Text Kelompok Tiang Kombinasi

4.10. Perhitungan Penurunan Kelompok tiang pada program Plaxis V.21

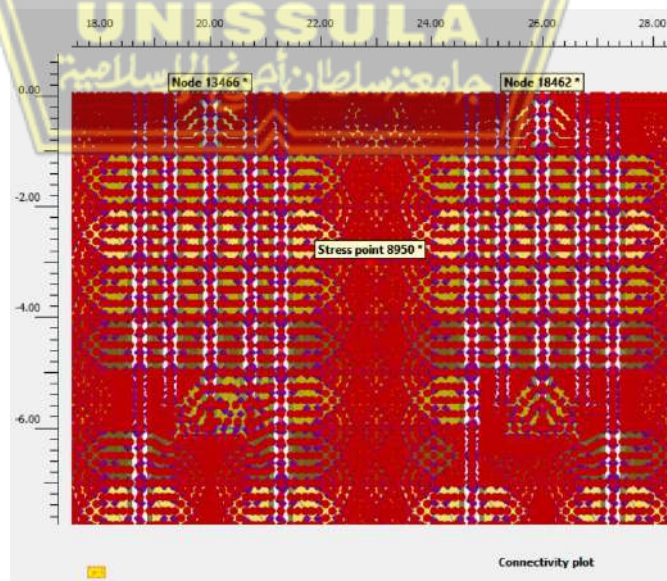
Untuk mengetahui penambahan tiang minipile 12 m adalah solusi yang tepat untuk memperbaiki daya dukung dan penurunan tiang, dengan cara sebagai berikut :

4.10.1 Menentukan Titik Monitoring penurunan

Penentuan titik monitoring ini guna keperluan pembuatan grafik perbandingan penurunan pilecap dan tegangan efektif yang terjadi. Seperti berikut.



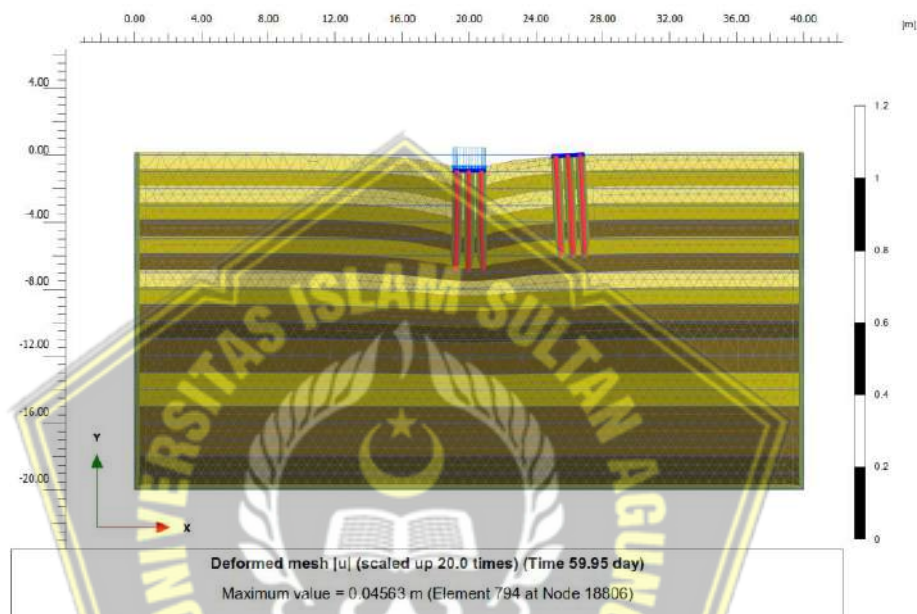
Gambar 4.57 Titik Monitoring Pilecap 6 m



Gambar 4.58 Titik Monitoring Pilecap kombinasi

4.10.2 Pemodelan kelompok tiang 6 meter

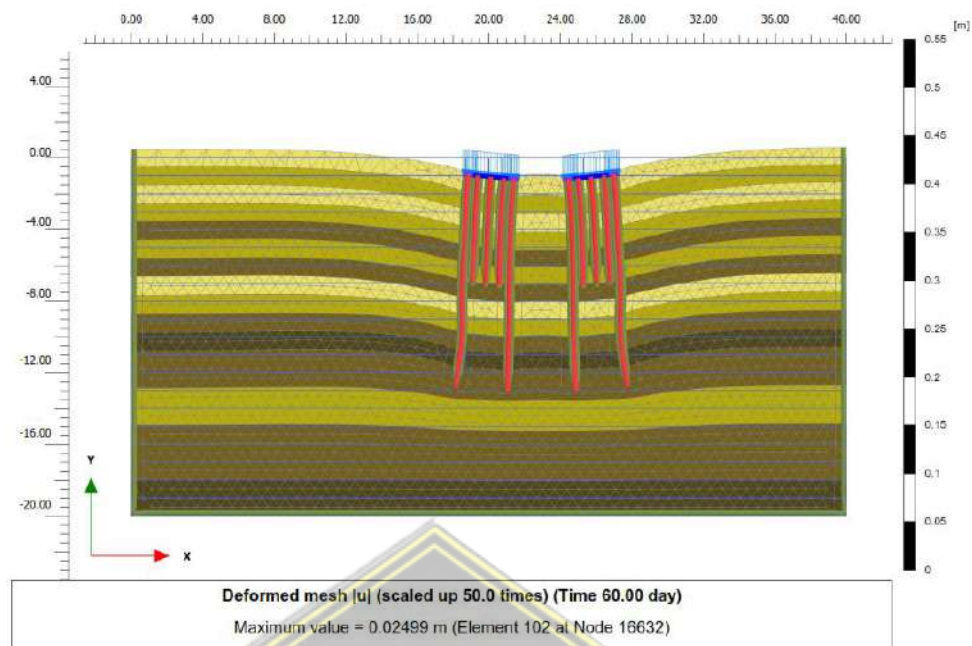
Dalam hasil Etabs, beban yang diterima satu pilecap sebesar 1200 kN, dengan luasan pilecap 6 meter sebesar 3,8025 m². Setelah itu input beban merata pada Paxis sebesar 315 kN/m². Dimana beban yang diterima pilecap dibagi dengan luasan pilecap 6 meter. Hasil penurunan sebesar 4,5 cm dapat dilihat pada Gambar 4.59



Gambar 4.59 Penurunan Kelompok Tiang 6 m

4.10.3 Pemodelan kelompok tiang kombinasi 6 m dan 12 m

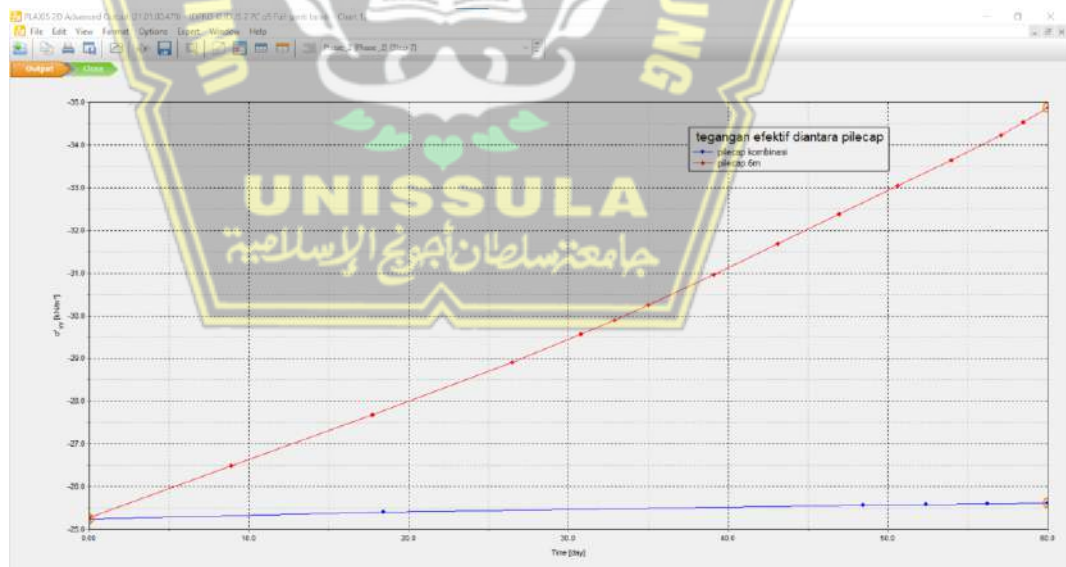
Dalam hasil Etabs, beban yang diterima satu pilecap sebesar 1200 kN, dengan luasan pilecap 12 meter sebesar 4,5225 m². Setelah itu input beban merata pada Paxis sebesar 265 kN/m². Dimana beban yang diterima pilecap dibagi dengan luasan pilecap kombinasi. Hasil penurunan sebesar 2,5 cm dapat dilihat pada Gambar 4.60



Gambar 4.60 Penurunan Kelompok Tiang Kombinasi

4.10.4 Perbandingan Tegangan Efektif Pilecap 6m dan Pilecap Kombinasi

Nilai tegangan efektif ini didapatkan dari monitoring pada titik diantara pilecap. Sehingga didapatkan hasil tegangan efektif pada gambar dibawah ini



Gambar 4.61 Perbandingan Tegangan Efektif

Dari hasil grafik diatas nilai tegangan efektif pada pilecap 6 m sebesar 34,87 kN/m² dan nilai tegangan efektif pada pilecap kombinasi sebesar 25,16 kN/m². Sehingga penurunan yang terjadi pada pilecap 6 m lebih besar,

dikarenakan nilai tegangan efektif yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan pilecap kombinasi.

4.10.5 Perbandingan Penurunan Pilecap 6m dan Pilecap Kombinasi

Berdasarkan hasil penurunan diatas dapat ditarik grafik perbandingan seperti dibawah ini



Gambar 4.62 Perbandingan Penurunan Pilecap 6m dan Pilecap Kombinasi

Dikarenakan hasil penurunan pilecap 6 m tidak memenuhi syarat ijin penurunan yaitu sebesar 2,5 cm, maka penambahan tiang 12 meter di sisi luar pilecap adalah solusi yang dapat memperbaiki penurunan yang terjadi dengan dibuktikan dari hasil perhitungan seperti Gambar 4.60 yang mana penurunannya sebesar 2,5 cm dan memenuhi syarat ijin penurunan tiang

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dari proyek pembangunan Gedung Fraksi DPRD Kudus dapat disimpulkan hasil sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan pembebanan gedung menggunakan *software* ETABS V 18.1.1, didapatkan beban maksimal yang terjadi sebesar 120,6 ton.
2. Analisa daya dukung aksial (Q all) menggunakan perhitungan manual pada fondasi *mini pile* dengan kedalaman 12 m menurut metode Aoki dan De Alencer sebesar 85 ton dan metode Mayerhoff sebesar 52 ton.
3. Hasil verifikasi menggunakan uji PDA sebagai berikut :
 - a. Berdasarkan hasil uji PDA didapatkan daya dukung ultimit tiang minipile 6 m sebesar 53 ton untuk tiang 6A dengan penurunan 11,4 mm dan sebesar 56 ton untuk tiang 6B dengan penurunan 13,7 mm. sedangkan untuk tiang minipile 12 m daya dukung ultimit yang didapatkan sebesar 93 ton untuk tiang 12A dengan penurunan 7,8 mm dan sebesar 94 ton untuk tiang 12B dengan penurunan 14,85 mm. Nantinya hasil uji PDA ini sebagai acuan untuk memasukan parameter tanah yang digunakan pada program allpile dan plaxis
 - b. Interpretasi beban dilakukan berdasarkan hasil analisis PDA menggunakan metode Mazurkiewich beban ultimit yang dihasilkan pada tiang minipile 6A sebesar 54 ton, tiang minipile 6B sebesar 60 ton serta tiang minipile 12A dan 12B sebesar 100 ton, sehingga beban yang maksimal yang diterima tiang tidak boleh melebihi 60 ton untuk tiang 6 meter dan 100 ton untuk tiang 12 meter.
 - c. Berdasarkan hasil analisis tiang minipile dari aplikasi Allpile, daya dukung ultimit fondasi dengan kedalaman 6 m didapatkan sebesar 53,27 ton, dengan nilai penurunan sebesar 13,8 mm. Sedangkan daya dukung ultimit fondasi dengan kedalaman 12 m didapatkan sebesar 94,74 ton, dengan nilai penurunan sebesar 7,2 mm

- d. Berdasarkan hasil analisis tiang minipile menggunakan program Plaxis dengan memberikan beban terpusat terhadap satu tiang minipile sebesar 56 ton untuk fondasi 6 m menghasilkan penurunan 11 mm diatas tiang dan didasar tiang. dan beban terpusat sebesar 93 ton untuk fondasi 12 m menghasilkan penurunan 8,9 mm diatas tiang dan 10,3 mm didasar tiang.
4. Hasil Analisa menggunakan program Group 8.0.4 dengan memberikan beban aksial dari Etabs sebesar 1200 kN, untuk desain kelompok tiang 6 meter tidak dapat menahan beban yang diberikan, sedangkan untuk desain kelompok tiang kombinasi 6 m dan 12 m mampu menahan beban terpusat rencana dan didapatkan faktor keamanan = 3
5. Hasil penurunan dengan pemodelan pada program Plaxis 2D v.21 sebagai berikut :
 - a. Hasil analisa menggunakan program aplikasi Plaxis 2D v.21 dengan diberikan beban rencana yang diterima satu pilecap sebesar 120 ton didapatkan penurunan pada kelompok tiang pada pile cap P5 6m sebesar 4,6 cm dan pada pile cap P5 kombinasi sebesar 2,5 cm. serta tegangan efektif disekitar pilecap 6 m sebesar 38,87 kN/m² dan pada pilecap kombinasi sebesar 25,16 kN/m².
 - b. Dengan adanya penambahan tiang minipile panjang 12 m disisi luar pile cap P5 6m sebanyak 2 buah dapat memperbaiki daya dukung dan penurunan fondasi. Sehingga bangunan Gedung Fraksi DPRD Kudus aman untuk didirikan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari analisa diatas, maka disarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan awal fondasi bisa menggunakan fondasi minipile dengan kedalaman 12 meter dikarenakan berdasarkan hasil data sondir, tanah keras berada di kedalaman 20 meter. Jika awal perencanaan fondasi menggunakan kedalaman 6 meter masih sangat jauh untuk mencapai pada tanah keras.

2. Verifikasi hasil penurunan bisa ditambahkan dengan menggunakan aplikasi *Geostudio* untuk menambahkan perbandingan agar hasil verifikasi lebih valid.
3. Dalam analisa penurunan kelompok tiang seharusnya ada perhitungan akibat konsolidasi sehingga akan mendapatkan hasil yang maksimal.



DAFTAR PUSTAKA

- Bogeman, M. L. 1965. *Teknologi Mekanika*. Jakarta: Erlangga,
- Bowless, J. E. 1997. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid 2*. Jakarta: Erlangga,
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah (prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik*. Indonesia: Erlangga,
- Das, B. M. 2011. *Principle of Foundation Engineering, edisi 7*, Cengage Learning, Stamford USA,
- Fitriyana, Lisa. 2020. *Modul Mata Kuliah Perencanaan Bangunan Sipil III*. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung
- Hardiyatmo, H. C. 1996. *Teknik Pondasi I*. Jakarta: P.T Gramedia Pusat Utama,
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah I Edisi 3*. Jakarta: P.T Gramedia Pusat Utama,
- Hardiyatmo, H. C. 2011. *Analisis dan Perencanaan Fondasi Bagian Edisi 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press,
- Mayerhoff, G. G. 1965. *Shallow Foundation. Journal of The Soil Mechanics and Foundations Division*. ASCE. Vol. 91. No. SM2. Pp 21-23,
- Rustiansyah, M. D. 2019. *Studi Perencanaan Pondasi Rakit (Raft Foundation) pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Brawijaya*. Undergraduate (S1) thesis, University of Muhammadiyah Malang,
- Hardiyatmo, H. C. 2014. *Analisis dan Perencanaan Fondasi I*. Yogyakarta: P.T Gramedia Pusat Utama,
- Hardiyatmo, H. C. 2014. *Analisis dan Perencanaan Fondasi II*. Yogyakarta: P.T Gramedia Pusat Utama,

Prasetia, Indra Dwi, 2018. *Studi Perencanaan Pondasi Tiang Pancang (Spun Pile) pada Gedung Kantor Pemerintahan Kabupaten Lamongan-Jawa Timur*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang, Malang

Sunariyono, Isniatti, dan Hutama, Dio Alif, 2019. *Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Menggunakan Hasil Uji Sondir, SPT, dan Laboratorium Pada Proyek Pembangunan Apartemen 88 Avenue Surabaya*, Agregat Universitas Muhammadiyah Surabaya Vol. 4, No. 2, Surabaya,

Yandi, Asperil.2017. *Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang menggunakan Data N-SPT dan Data Sondir Diverifikasi dengan Hasil Uji PDA (Pile Driving Analyzer) dan CAPWAP (Studi Kasus Proyek Dermaga di Belinyu)*. Diss. Universitas Bangka Belitung, Bangka Belitung,

