

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN PONDASI SQUARE PILE PADA GEDUNG
FASILITAS PENDIDIKAN 7 LANTAI**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

**David Bayu Pebriyanto
NIM : 30201900064**

**Duta Aria Arun Pudji
NIM : 30201900070**

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

2023

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN PONDASI *SQUARE PILE* PADA GEDUNG FASILITAS
PENDIDIKAN 7 LANTAI



David Bayu Pebriyanto
NIM : 30201900064



Duta Aria Arun Pudji
NIM : 30201900070

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 02 Agustus 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si**
NIDN: 0627115501
2. **Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**
NIDN: 0625059102
3. **Dr. Abdul Rochim, ST., MT**
NIDN: 0608067601

UNISSULA

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: 28 / A.2 / SA - T / VII / 2023

Pada hari ini tanggal 02 Agustus berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

David Bayu Pebriyanto
NIM : 30201900064

Duta Aria Arun Pudji
NIM : 30201900070

Judul : Perencanaan Pondasi *Square pile* Pada gedung Fasilitas Pendidikan 7 Lantai.

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	15/03/2023	ACC
2	Pengumpulan data	25/03/2023	ACC
3	Seminar Proposal	17/06/2023	ACC
4	Analisis data	20/06/2023	ACC
5	Penyusunan laporan	21/06/2023	ACC
6	Selesai laporan	25/07/2023	ACC

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

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si

Muhamad Rusli Ahyar, 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 :

1. NAMA : David Bayu Pebriyanto
NIM : 30201900064
2. NAMA : Duta Aria Arun Pudji
NIM : 30201900070

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : **“PERENCANAAN PONDASI *SQUARE PILE* PADA GEDUNG FASILITAS PENDIDIKAN 7 LANTAI”** 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, 02 agustus 2023 _____

Yang membuat pernyataan 1

Yang membuat pernyataan 2

David Bayu Pebriyanto
NIM : 30201900064

Duta Aria Arun Pudji
NIM : 30201900070

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

1. NAMA : David Bayu Pebriyanto
NIM : 30201900064
2. NAMA : Duta Aria Arun Pudji
3. NIM : 30201900070

JUDUL : Perencanaan Pondasi *Square Pile* Pada Fasilitas Gedung Pendidikan 7 Lantai.

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, 02 agustus 2023

Yang membuat pernyataan 1

Yang membuat pernyataan 2

David Bayu Pebriyanto
NIM : 30201900064

Duta Aria Arun Pudji
NIM : 30201900070

MOTTO

1. Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik. (**Qs. Ali Imran :110**)
2. Jangan Menyia-nyiakan Waktu. Dalam sebuah hadis, Rasulullah SAW bersabda: "Waktu bagaikan pedang. Jika kamu tidak memanfaatkannya dengan baik, maka ia akan memanfaatkanmu." (**HR Muslim**)
3. Cita-cita. Jalaludin Rumi berkata: "Usaha dan doa tergantung pada cita-cita. Manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya."
4. Allah SWT Selalu Bersama Orang yang Sabar. "Dan Allah bersama orang-orang yang sabar." (**QS Al-Anfal: 66**)
5. "Barang siapa keluar dalam rangka menuntut ilmu, maka dia berada di jalan Allah sampai ia kembali." (**Abdullah Ibnu Abbas**)
6. Ilmu itu dimiliki dengan lidah yang banyak bertanya dan akal yang rajin untuk gemar memikir. (**Abdullah Ibnu Abbas**)
7. Usaha dan keberanian tidak cukup tanpa adanya tujuan dan arah perencanaan. (**John F. Kennedy**)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya bapak Siswo dan ibu Khalim Nurul Jaziroh, serta keluarga saya yang telah memberikan segenap kasih sayang, dukungan materil, semangat, do'a dan pendidikan mental untuk berusaha mengejar impian menjadi seseorang yang mulia di dunia maupun akhirat.
2. Dosen – dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya tentang ilmu yang di ajarkan yang sebelumnya saya tidak mengetahui dan selalu memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
3. Duta Aria Arun Pudji selaku rekan yang telah bekerja keras dan berjuang Bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Teman – teman belajar dan main selama perkuliahan : kontrakan yellow, kontrakan bdx dan lainnya yang telah membantu saya selama masa kuliah, memberikan semangat, motivasi dan membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA Angkatan 2019 dan KMFT yang tidak saya sebutkan satu persatu. Terimakasih untuk kebersamaan kita selama 4 tahun ini, terimakasih atas doa, semangat dan motivasi kalian.

David Bayu Pebriyanto
NIM : 30201900064

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kepada bapak saya Basuki dan Toriana Runtanti, 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. 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.
3. David Bayu Pebriyanto selaku rekan yang telah bekerja keras dan berjuang Bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Teman – teman belajar dan main selama perkuliahan : kontrakan BDX dan kontrakan Yellow yang saya tidak bisa sebut satu-satu yang telah membantu saya selama masa kuliah, memberikan semangat, motivasi dan membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Eva Rizki Nur Safitri, terima kasih sudah banyak membantu saya dan menemani saya selama mengerjakan tugas akhir

Duta Aria Arun Pudji
NIM : 30201900070

KATA PENGANTAR

Contoh mukadimah dalam kata pengantar yang dapat digunakan. Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul” PERENCANAAN PONDASI *SQUARE PILE* PADA GEDUNG FASILITAS PENDIDIKAN 7 LANTAI“, 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. Yth. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik UNISSULA.
2. Yth. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Yth. Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
4. Yth. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

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

Semarang, 02 agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Sistematik.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Tanah.....	4
2.1.1. Parameter Tanah.....	4
2.2. Pondasi	9
2.3. Klasifikasi Pondasi.....	10
2.3.1. Pondasi Dangkal.....	10
2.3.2. Pondasi Sedang	12
2.3.3. Pondasi Dalam	12
2.3.4. Tiang Beton Pra Cetak	14
2.3.5. Tiang Beton Cor di Tempat.....	15
2.3.6. Tiang Bor (<i>Bored Pile</i>).....	16
2.3.7. Tiang Pancang Baja.....	16
2.4. Kapasitas Daya Dukung Pondasi	18
2.4.1. Daya Dukung Aksial Pondasi Satu Tiang	18
2.4.2. Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal.....	21
2.4.3. Daya Dukung Pondasi Kelompok Tiang.....	23
2.5. Perhitungan Penurunan Pondasi.....	24
2.5.1. Penurunan Elastis Pada Pondasi Tiang Tunggal (<i>Single pile</i>)	24
2.5.2. Penurunan Elastis Pada Pondasi Tiang Group (<i>Group pile</i>).....	25
2.6. Pembebanan Struktur	25
2.6.1. Beban Gempa	25
2.6.2. Beban Mati	25
2.6.3. Beban Hidup.....	26
2.6.4. Beban Angin (<i>w</i>).....	26
2.7. Analisa Pembebanan Menggunakan ETABS.....	26

2.7.1. Pengertian EABS	26
2.8. Analisa Menggunakan Program Plaxis	27
2.9. Analisa Menggunakan Program Allpile	29
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1. Pendahuluan	31
3.2. Pengumpulan Data	31
3.2.1. Data Primer	31
3.2.2. Data Skunder	31
3.3. Analisa Daya Dukung Tiang <i>Square Pile</i> dan Penurunan	32
3.4. Cara Pengolahan Atau Analisis Data	33
3.5. Cara Pengolahan Data	33
3.6. Bagan Alir Penelitian	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Tinjauan Umum	35
4.2. Permodelan ETABS 2020	37
4.2.1 Menentukan Material Struktur	37
4.3. Analisa Beban Struktur	39
4.3.1. Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	39
4.3.2. Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	41
4.3.3. Beban Gempa (<i>Seismic</i>).....	41
4.4. Daya Dukung Aksial Tanah Pondasi (<i>Single pile</i>).....	47
4.4.1. Daya Dukung Aksial Tanah Pondasi <i>Metode Reese & Wright</i>	49
4.4.2. Daya Dukung Aksial Tanah Pondasi Metode Mayerhof	53
4.4.3. Daya Dukung Tanah Pondasi Metode <i>Tomlinson</i>	56
4.4.4. Hasil Perhitungan	57
4.5. Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal (<i>single pile</i>)	58
4.5.1 Daya Dukung Lateral Ultimit Menurut Metode Broms.....	58
4.6. Daya Dukung Pondasi Kelompok Tiang (<i>Group pile</i>).....	59
4.6.1. Menentukan Jumlah <i>Pile</i>	60
4.6.2. Memilih Jarak Tiang	61
4.6.3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok	61
4.6.4. Hasil Perhitungan Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang	65
4.7. Penurunan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode <i>vesic</i>	65
4.7.1. Perhitungan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Tunggal (<i>single pile</i>)	66
4.7.2. Perhitungan Penurunan Kelompok Tiang Pondasi (<i>GroupPile</i>).....	67
4.8. Hasil Perhitungan Menggunakan Aplikasi.....	69
4.8.1. Penurunan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Plaxis 8,6	69
4.8.2 Analisa Permodelan Dengan Program Aplikasi (Allpile).....	76
4.8.3 Hasil Perhitungan Manual dan Aplikasi <i>Plaxis</i> dan <i>Allpile</i>	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	82
5.1. Kesimpulan	82
5.2. Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	xviii
LAMPIRAN.....	xix

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Sondir	6
Tabel 2.2. Hubungan Kepadatan <i>Conus</i>	7
Tabel 2.3. Kepadatan <i>Relative Density</i>	7
Tabel 2.4. Pekiraan <i>Modulus Young</i>	8
Tabel 2.5. <i>Poisson Ratio</i>	8
Tabel 2.6. Sudut Geser Dalam dan Jenis tanah	9
Tabel 2.7. Beban yang Diizinkan Tiang Beton Pra cetak	14
Tabel 2.8. Keuntungan dan Kekurangan <i>Bore Pile</i> Tiang pancang	17
Tabel 2.9. Nilai n_b Untuk Tanah Granuler (C-0).....	22
Tabel 2.10. Nilai n_h Untuk Tanah Kohesif.....	22
Tabel 4.1 Kolom.....	37
Tabel 4.2 Balok	37
Tabel 4.3 Keutamaan Struktur	41
Tabel 4.4 Reduksi Gempa	43
Tabel 4.5 Hasil mode 1,2, dan 3.....	44
Tabel 4.6. Beban Struktur Atas	46
Tabel 4.7. Joint Reaction ETABS	46
Tabel 4.8. Perhitungan Metode <i>Reese & Wright</i> Daya Dukung Aksial	52
Tabel 4.9. Pehitungan Metode <i>Mayerhof</i> Daya Dukung Aksial Tanah	55
Tabel 4.10. Pehitungan Metode <i>Tomlinson</i> Daya Dukung Aksial	57
Tabel 4.11. hasil perhitungan daya dukung aksial tanah pondasi	57
Tabel 4.12. Jumlah Tiang akibat Beban Aksial.....	60
Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Kelompok Tiang.....	65
Tabel 4.14. Hasil Perhitungan Penurunan <i>Vasic 1977, plaxis</i> , dan <i>Allpile</i>	81



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Elemen Tanah.....	5
Gambar 2.2. Pondasi Menerus	11
Gambar 2.3. Pondasi Telapak	11
Gambar 2.4. Pondasi Rakit.....	11
Gambar 2.5. Pondasi Sumuran.....	12
Gambar 2.6. Pondasi Tiang.....	13
Gambar 2.7. Tiang <i>Square pile</i>	14
Gambar 2.8. Tiang Pancang Beton Pra Cetak <i>Spun Pile</i>	15
Gambar 2.9. Tiang Raymond	15
Gambar 2.10. Tiang Franki	15
Gambar 2.11. Tiang Bor Proses Pancang.....	16
Gambar 2.12. Penampang Melintang Tiang Baja	16
Gambar 2.13. Tiang Pancang Baja.....	17
Gambar 2.14. Daya Dukung Ujung Tiang (<i>resse & wright</i>)	18
Gambar 2.15. Daya Dukung Kulit (<i>resse & wright</i>)	19
Gambar 2.16. Grafis Hubungan Kohesif Tanah (Cu).....	20
Gambar 2.17. Hubungan Factor <i>Adhesi & Kohesi</i> Tanah Berlempung	21
Gambar 2.18. Permasalahan Regangan Bidang Axi-Simetri	28
Gambar 2.19. Definisi E0 dan e50	28
Gambar 4.1. Denah Pondasi.....	36
Gambar 4.2. Bahan Material	37
Gambar 4.3. Sumber Dari Dead ETABS	38
Gambar 4.4. Sumber dari Sidl ETABS	38
Gambar 4.5. Permodelan Struktur Dengan ETTABS 2020	38
Gambar 4.6 Parameter Percepatan Respons RSA 2021	42
Gambar 4.7. Spektral Percepatan RSA 2021.....	44
Gambar 4.8. Titik Joint yang Dipakai	45
Gambar 4.9. Data Tanah	48
Gambar 4.10. Detail Pondasi PC 1.....	62
Gambar 4.11. Detail Pondasi PC 6.....	63
Gambar 4.12. Detail Pondasi PC 8.....	64
Gambar 4.13. Pengaturan global	69
Gambar 4.14. Model Profil Tanah	69
Gambar 4.15. Data Umum Material Fill	70
Gambar 4.16. Data Parameter Tanah	70
Gambar 4.17. Data Antar Muka Material.....	70
Gambar 4.18. Data Material Pondasi	71
Gambar 4.19. Model Pondasi Tiang Pancang	71
Gambar 4.20. Input Beban	71
Gambar 4.21. Pembebanan Tiang Pancang.....	72
Gambar 4.22. Susunan Jaringan Elemen.....	72
Gambar 4.23. Muka Air Tanah	72
Gambar 4.24. Tekanan Air Pori	73
Gambar 4.25. Mengisi Tekanan Air Pori Awal.....	73
Gambar 4.26. Tahapan Perhitungan Kontruksi.....	74

Gambar 4.27. Perpindahan Total Tunggal PC 1	74
Gambar 4.28. Perpindahan Total Tunggal PC 6	75
Gambar 4.29. Perpindahan Total Tunggal PC 8	75
Gambar 4.30. Input Pada Pile Type	76
Gambar 4.31. Input Pada Pile Profile	76
Gambar 4.32. Hasil Input pada Pile Section	77
Gambar 4.33 Hasil Input pada Pile Properties	77
Gambar 4.34. Hasil Input pada Load and Group	78
Gambar 4.35. Hasil Input dari Soil Properties	78
Gambar 4.36. Hasil Input dari Advance Page.....	79
Gambar 4.37. Hasil Vertical Analysis.....	79
Gambar 4.38. Hasil Vertical Analysis <i>Hasil Single Pile</i> PC 1	80
Gambar 4.39. Hasil Vertical Analysis <i>Hasil Single Pile</i> PC 6	80
Gambar 4.40. Hasil Vertical Analysis <i>Hasil Single Pile</i> PC 8	81



PERENCANAAN PONDASI SQUARE PILE PADA GEDUNG FASILITAS PENDIDIKAN 7 LANTAI

Abstrak

Gedung fasilitas pendidikan Semarang merupakan Gedung yang berfungsi sebagai tempat belajar mahasiswa. Disisi lain juga banyaknya mahasiswa yang berlomba-lomba ingin mendaftar atau ingin menimba ilmu, maka di bangunkanlah Gedung baru di Kota Semarang. Gedung Fasilitas Pendidikan ini yang berawal dari pondasi *Bored Pile* menjadi *Square Pile*.

Perencanaan awal dilakukan dengan memperhitungkan beban aksial dengan menggunakan *software* ETABS 2020 dengan hasil output yang akan digunakan untuk menghitung daya dukung fondasi aksial dan lateral menggunakan metode *Reese & Wright, Mayerhof, Tomlinson, dan Brooms*. Selanjutnya melakukan perhitungan penurunan menggunakan manual *Vasic*, serta program *Software Allpile* dan *Plaxis*.

Dari hasil perhitungan yang didapat dalam Analisa pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan Gedung Fasilitas Pendidikan 7 Lantai hasil dari beban struktur atas, pada pilecap 1, 6, dan 8, sebesar PC1 : 296,66 kN, PC6 : 900,8339 kN, dan 1377,6kN. hasil perhitungan nilai daya dukung pondasi tiang pancang memiliki nilai terkecil agar aman perhitungan: Q_p : 182,4 kN, Q_s : 994,5 kN, Q_{ult} : 1177 kN, dan Q_{all} : 392,291 kN. hasil perhitungan nilai penurunan fondasi yang dihitung dengan manual dan aplikasi dipilih nilai terkecil nilai angka P1 : 0,17cm, P6 : 0,22 cm, dan P8 : 0,28 cm. sehingga besarnya angka penurunan disimpulkan perhitungan aman

Kata Kunci : *Fondasi; Daya Dukung; Penurunan*

SQUARE PILE FOUNDATION PLANNING IN A 7 STORY EDUCATIONAL FACILITY BUILDING

Abstract

Semarang educational facility building is a building that functions as a place for student learning. On the other hand, there are also many students who are competing to register or want to gain knowledge, so a new building was built in the city of Semarang. This Education Facility Building started from the Bored Pile bridge to become a Square Pile.

Initial planning was carried out by calculating axial loads using the ETABS 2020 software with the output results to be used to calculate the bearing capacity of axial and lateral foundations using the Reese & Wright, Mayerhof, Tomlinson, and Brooms methods. Then perform settlement calculations using the Vasic manual, as well as the Allpile and Plaxis Software programs.

From the calculation results obtained in the analysis of pile foundations in the 7-floor Education Facility Building construction project, the results of the superstructure load, on pilecaps 1, 6, and 8, are PC1: 296.66 kN, PC6: 900.8339 kN, and 1377.6kN. the results of the calculation of the bearing capacity of the pile foundation have the smallest value so that the calculation is safe: Q_p : 182.4 kN, Q_s : 994.5 kN, Q_{ult} : 1177 kN, and Q_{all} : 392.291 kN. the results of the calculation of the foundation settlement value calculated manually and the application selected the smallest value for the number P1: 0.17cm, P6: 0.22 cm, and P8: 0.28 cm. so that the magnitude of the reduction figure is concluded as a safe calculation

Keyword : *Foundation; Bearing Capacity; Settlement*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gedung fasilitas Pendidikan Semarang merupakan Gedung yang berfungsi sebagai tempat belajar mahasiswa. Disini juga banyak mahasiswa yang berlomba-lomba ingin mendaftar atau ingin menimba ilmu maka dibangun Gedung baru di Kota Semarang.

Agar gedung Pendidikan ini bisa kokoh dan kuat maka dibutuhkan adanya struktur pondasi yang keterial standar dan harus direncanakan syarat-syarat. Pekerjaan yang pertama dibuat adalah adanya struktur bawah seperti pondasi yang berfungsi sebagai struktur atas dengan mencari beban hidup (*Live load*) dan beban mati (*Dead load*) untuk mengentahui beban gempa pada suatu daerah tersebut kemudian disambungkan pada pondasi yang dikerjakan.

Pondasi dibagi menjadi tiga antara lain pondasi dangkal,pondasi sedang, dan pondasi dalam. Untuk memilih antara dua pondasi itu tergantung dari beban diatasnya karena bangunan ini menggunakan struktur yang berat maka harus memerlukan pondasi yang sangat cukup dalam bangunan lebih nyaman dan aman dalam menahan beban diatasnya.

Pembangunan Gedung Fasilitas Pendidikan 7 lantai dan pondasi yang dipake yaitu pondasi *Spun pile* dalam melakukan tugas akhir ini akan diganti menggunakan pondasi *Square pile* maka perlu di rencanakan yang sesuai agar pondasi bisa menahan beban diatasnya, sebelumnya dilanjutkan kedalam tanah dan tidak mengalami penurunan tanah yang berlebihan. Dalam melakukan peracanaan ini maka harus menggunakan *software* etabs untuk melakukan pemodelan dan pembebanan serta daya dukung pondasi tiang menggunakan *plaxis* dan *allpile*.

Berdasarkan penjelsaan diatas maka penulis Menyusun Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “ Peracanaan Pondasi *Squar pile* Pada Gedung Fasilitas Pendidikan 7 Lantai “

1.2 Rumusan Masalah

1. Berdasarkan latar belakang ini bisa dirumuskan Bagaimana bisa menghitung beban struktur atas dengan menggunakan *software* ETABS 2020?
2. Bagaimana daya dukung pada *square pile* yang dipakai pada pembangunan Gedung Fasilitas Pendidikan ?
3. Bagaimana penurunan yang terjadi pada pondasi *square pile* yang diipake pembangunan Gedung Fasilitas Pendidikan?

1.3 Maksud dan Tujuan

Menjelaskan Batasan masalah dari maksud dan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Menganalisa perilaku dinamik struktur.
2. Menganalisa perilaku mode pada struktur atas Gedung Fasilitas Pendidikan 7 Lantai dengan menggunakan ETABS 2020.
3. Menganalisis daya dukung dengan metode *Resse and wirght, Mayerhof* dan *Tomlinson*.
4. Menganalisis penurunan pada pondasi *Square pile* pada pembangunan Gedung Fasilitas Pendidikan menggunakan metode *Vesic 1966, Plaxis*, dan *Allpile*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah bertujuan sebagai berikut :

1. Fokus pada perencanaan pondasi *square pile*.
2. Merencanakan ulang pondasi dengan menggunakan pondasi *square pile*.
3. Menghitung penurunan daya dukung pondasi.
4. Menghitung beban dengan menggunakan *software* ETABS 2020 mengetahui beban yang diterima pondasi.

1.5 Sistematika

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini “PERANCANAAN PONDASI *SQUARE PILE* PADA FASILITAS GEDUNG PENDIDIKAN 7 LANTAI” adalah BAB – I PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang penulisan rumusan masalah tujuan masalah Batasan masalah sistematika penulisan.

BAB – II TINJUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai materi teori yang berkaitan dengan perhitungan daya dukung tanah dan penurunan pondasi secara manual dan *software*.

BAB – III METODE PENELITIAN

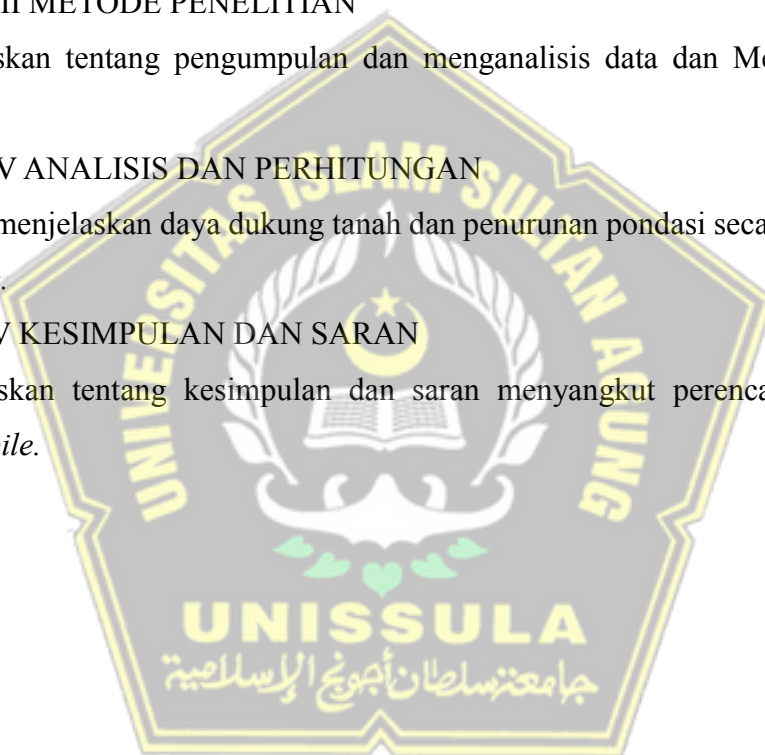
menjelaskan tentang pengumpulan dan menganalisis data dan Menyusun tugas akhir.

BAB - IV ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Bab ini menjelaskan daya dukung tanah dan penurunan pondasi secara manual dan *software*.

BAB – V KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan tentang kesimpulan dan saran menyangkut perencanaan pondasi *square pile*.



BAB II

TUJUAN PUSTAKA

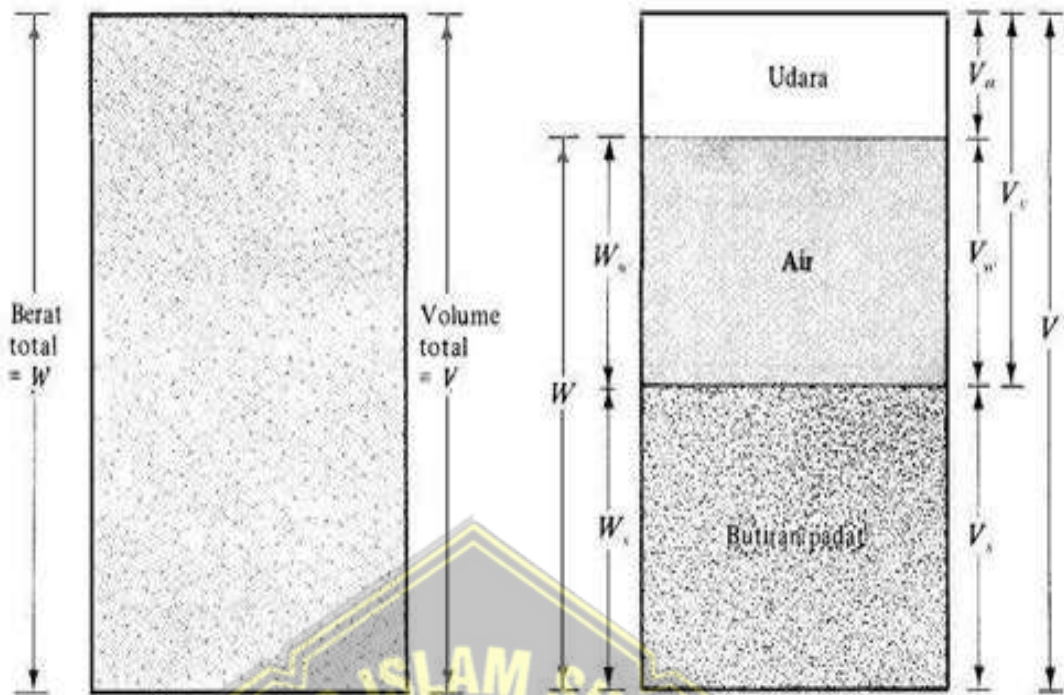
2.1 Tanah

Sebagaimana dibuktikan oleh teknik sipil yaitu kumpulan mineral, organik, dan endapan relatif bebas di batuan dasar. Tanah adalah bahan yang terdiri dari agregat padat (butiran) yang disemen bersama, serta bahan organik yang membusuk, diikuti oleh cairan dan uap yang mengisi rongga di bagian partikel padat (Hardiyatmo, 1992).

Istilah pasir, lempung, dan lanau dibedakan jenis tanah. Seperti yang ditunjukkan, tanah yang bermacam dari dua atau lebih campuran tanah terkadang mengandung organik. Campuran material tersebut digunakan sebagai tambahan di belakang bahan utama. Contoh lempung salin adalah lempung yang berdebu dengan lempung sebagai bahan utamanya. Namun, juga bisa digunakan untuk menjelaskan sifat tanah yang nonkohesif dan kohesif (Hardiyatmo, 1992). Sebagian besar tanah memiliki dari lebih dari satu jenis dan banyak partikel lainnya. Tanah liat tidak harus hanya memiliki satu jenis partikel tanah liat tetapi dapat dicampur dengan butiran lanau atau pasir, tetapi juga terdiri dari campuran organik.

2.1.1 Parameter Tanah

Elemen tanah terdiri dari 3iga macam : butiran padat, air dan, udara seperti dilihat gambar berikut ini :



Gambar 2.1 Elemen Tanah (Das, 1945)

Gambar 2.1 ini menjelaskan elemen tanah yang mempunyai volume V dan berat total W . berikut adalah berat: berat volume :

$$V = V_s + V_v + V_w + V_a$$

$$V_v = V_w + V_a$$

Keterangan :

$$V_w = \text{Volume air (cm}^3\text{)}$$

$$V_s = \text{Volume Padat (cm}^3\text{)}$$

$$V_v = \text{Volme Pori (cm}^3\text{)}$$

$$V_a = \text{Volume Udraa (cm}^3\text{)}$$

Bila udara dianggap tidak memiliki berat, jadi berat total dari contoh tanah dapat tuliskan dengan :

$$W = W_s + W_w$$

Keterangan

$$W = \text{Beban semua sample tanah}$$

$$W_s = \text{Berat butiran padat (gr)}$$

$$W_w = \text{Berat air (gr)}$$

a. Sondir

Untuk hasil pengujian sondir kita harus mengetahui berupa ketahanan conus (q_c) dan hampatan plekat (F_s) dapat difungsikan untuk diketahui klasifikasi tanah. Dijelaskan Tabel berikut ini :

Table 2.1 Data sondir

Hasil Sondir		Klasifikasi
q_c	F_s	
6	0,15 – 0,40	Humus, lempung sangat lunak
6 – 10	0,20	Pasir Kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0,20 – 0,60	Lempung lembek, lempung kelanauan lembek
10 - 30	0,10	Kerikil lepas
	0,10 – 0,40	Pasir lepas
	0,40 – 0,80	Lempung dan lempung kelanauan
	0,80 – 2,00	Lempung agak kenyal
30 – 60	1,50	Pasir kelanauan, pasir agak padat
	1 – 3	Lempung atau lempung kelanauan kenyal
60 - 150	1	Kerikil pasir lepas
	1 – 3	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan
	3	Lempung kekerikilan kenyal
150 - 300	1– 2	Pasir padat, pasir kekerikil, pasir kasar, pasir kelanauan sangat padat

(Sumber : Das, 2011)

Sesuatu yang memiliki konsistensi Ketahanan kerucut dan kohesi tak terdrainase adalah sejajar, semakin rendah nilai c dan q_c tanah tersebut semakin lunak, sebaliknya semakin tinggi nilai c dan q_c , tanah itu semakin keras. Seperti pada Tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Hubungan kepadatan qonus

Konsistensi Tanah	Tekanan conus qc (kg/cm²)	Undrained Cohesion (T/m²)
Very Soft	< 2,50	< 1,25
Soft	2,50 – 5,0	1,25 – 2,50
Medium Stiff	5,0 – 10,0	2,50 – 5,0
Stiff	10,0 – 20,0	5,0 – 10,0
Very Stif	20,0 – 40,0	10,0 – 20,0
Hard	>40,0	> 20,0

(sumber : *Bageman 1965*)

Hubungan antara kepadatan dengan relative *density* Nilai N-SPT, tekanan *conus* qc dari sudut geser ϕ dijelaskan tabel berikut ini :

Tabel 2.3 Kepadatan *Relative Density*

Kepadatan	Relatif Density (γ_d)	Nilai N-SPT	Tekanan conus qc (kg/cm ²)	Sudut geser (ϕ)
<i>Very Loose</i>	<0,2	<4	<20	<30
<i>Loose Medium Dense</i>	0,2 – 0,4	4 -10	20 - 40	30 - 35
<i>Dense</i>	0,4 – 0,6	10 - 30	40,0 - 120	35 - 40
<i>Very Dense</i>	0,6 – 0,8	30 - 50	120 - 200	40 - 45
	0,8 – 1,0	>50	>200	>200

(Sumber : *Mayerhof 1965*)

b. Modulus young

Hasil modulus merupakan bentuk kuat ketanaan untuk membandingkan antara regangan dan tegangan kualitas *Plaxis*. Nilai Modulus *Young* didapatkan dari uji *Tiaxial*. Data modulus elastiitas (E_s) dapat ditentukan dari hasil sondir dan macam tanah dilihat Table 2.4 dibawah ini:

Tabel 2.4 Perkiraan *Modulus young*

Jenis Tanah	E (kg/cm ²)
Lempung	
Berpasir	300-425
Sedang	45-94
Lunak	20-40
Sangat Lunak	3-30
Pasir	
Lanau	200 - 50
Padat	500 - 1000
Tidak Padat	100 – 250
Pasir dan kerikil	
Tidak Padat	500 - 1400
Padat	800 – 2000
Lanau	20 - 200
Cadas	1400 – 14000
Loses	150 - 600

c. Poisoin ration

Nilai rasio posisi dihasilkan sebagai rasio poros terhadap beban permukaan lateral dari bermacam tanah yang difungsikan untuk menentukan nilai rasio, seperti dijelaskan Tabel berikut ini:

Tabel 2.5 *Poisson Ratio*

Tanah	Poisson Ratio (μ)
Umum yang dipakai tanah	0,3 – 0,4
Batuan	0,1 – 0,4
Pasir	0,1 – 1,0
Lanau	0,3 – 0,35
Lempung pasir	0,2 – 0,3
Lempung tidak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung jenuh	0,4 – 0,5

(*Sumber : Das, 2011*)

d. Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ)

Nilai ini berfungsi untuk macam tanah oleh tegangan untuk diberikan berjenis ketahanan tanah lateral, nilai ini dapat dihasilkan dengan mengukur nilai geser internal. Hubungan bermacam tanah dan sudut geser yang dijelaskan pada Table 2.6 di bawah ini:

Table 2.6 Sudut Geser Dalam dan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Kerikil Kepasiran	35° - 40°
Kerikil Kerakal	35° - 40°
Pasir Padat	35° - 40°
Pasir Lepas	30°
Lempung kelanuan	25° - 30°
Lempung	20° - 25°

(Sumber : Das, 2011)

e. Kohesi Tanah

Kohesi yaitu gaya yang saling menarik antar partikel tanah. Kekuatan geser terhadap ketahanan tanah dengan tegangan deformasi yang ada di dalam tanah mengetahui gerak kohesi kesamping. Pada kondisi kritis dengan kondisi baik dan ketahanan geser yang tidak untuk mengntungkan pada desain akan mengakibatkan deformasi. Nilai deformasi ini dapat dikendalikan Direct Shear Test. Hubungan kohesi di ketahui dari hasil sondir (qc), ialah kohesi (c) = $\frac{qc}{20}$.

2.2 Pondasi

Pondasi adalah suatu struktur yang berletak di paling ujung bangunan. Pondasi difungsikan untuk menyerap beban dari atas dan menyalurkannya ke dalam tanah. Pondasi juga mempengaruhi penurunan yang terjadi pada beban pada bangunan di atasnya.

Pondasi merupakan bagian terbawah dari struktur bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan beban di atasnya ke lapisan tanah keras di bawahnya. Perencanaan konstruksi pondasi harus ditunjukkan bahwa beban yang akan diterima

pada pondasi di atas permukaan tanah yang cukup dari daya dukung tanah yang diijinkan. Ketika resistivitas tanah terlampaui, sebagian besar penurunan atau keruntuhan tanah akan terjadi (Das, 1998).

Jadi pengetahuan pondasi, bagian terbawah dari struktur bangunan (top structure) yang berguna sebagai letak bangunan dan membawa beban dari bangunan ke lapisan tanah di bawah pondasi, merupakan penyebab sebagian besar keruntuhan. perpindahan dan penurunan pondasi. Kegunaan pondasi adalah untuk memindahkan beban bangunan ke dalam tanah. Desain pondasi siap bila beban yang disalurkan ke tanah oleh pondasi tidak melebihi kekuatan tanah yang diijinkan (Das, 1998).

Pondasi merupakan bagian dari system rekayasa yang membantu menerima beban dari pondasi, beratnya bangunan kedalam tanah dan bantuan dibawahnya . berfungsi sebagai penghubung beban bangunan kedalam tanah untuk memastikan pondasi tersebut layak atau tidaknya.

2.3 Klarifikasi Pondasi

Ondasi dibedakan menjadi 3 macam pondasi yaitu pondasi dangkal, pondasi sedang dan pondasi dalam

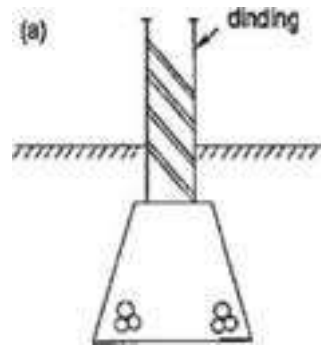
2.3.1 Pondasi Dangkal

Pondasi ini menggunakan penggalian tanah yang tidak terlalu dalam, lapisan bawah tanah dihasillkan tidak terlalu keras. Ketahanan pondasi terletak diantara pondasinya, jenis pondasi ini berfungsi menyebarkan beban kedalam tanah pondasi jika kedalamannya, kurang dari atau sama dengan ($D \leq B$) (Terzaghi, 1940).

pondasi dangkal terbagi 3 macam, dijelaskan sebagai berikut :

a Pondasi Menerus

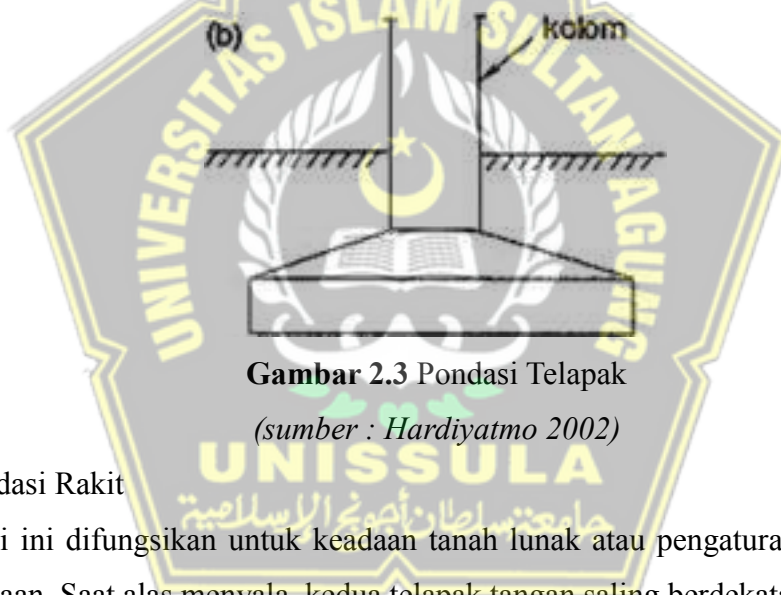
Pondasi ini dapat dilakukan dengan daya dukung tanah secara bersamaan seperti halnya dikerjakan suatu bangunan yang berlantai satu. Pondasi ini digunakan untuk mendistribusikan beban secara rata di kedalaman permukaan tanah.



Gambar.2.2 Pondasi Menerus (*Hardiyatmo 2002*)

b Pondasi Telapak

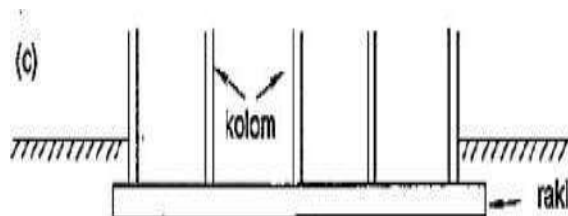
Pondasi ini difungsikan dalam tanah berlunak dengan daya dukung beban, seperti bagian pada kolom bangunan, untuk mendistribusikan yang menerima beban pada Pondasi dan didistribusikan balok yang berputar. Macam pondasi ini menggunakan pada bangunan atau rumah berlantai dua.



Gambar 2.3 Pondasi Telapak
(*sumber : Hardiyatmo 2002*)

c Pondasi Rakit

Pondasi ini difungsikan untuk keadaan tanah lunak atau pengaturan kolom yang bersamaan. Saat alas menyala, kedua telapak tangan saling berdekatan.



Gambar 2.4 Pondasi Rakit
(*sumber ; Hardiyatmo 20020*)

2.3.2 Pondasi sedang

Pondasi ini yaitu pondasi yang dilanjutkan beban struktur bangunan menuju dalam tanah sangat keras dan bebatuan, yang dilakukan pada tanah yang dalam maupun tanah yang dangkal. Pondasi ini dilakukan jika pondasi tiang pancang tidak dilakukan karena getaran dari tumbukan palu pada saat pemancangan tiang pancang mengganggu stabilitas bangunan yang ada di daerah tersebut. Pondasi ini memiliki kedalaman lebih sama dengan lebar pondasi ($D \geq B$).

a Pondasi Sumuran (*Strauss Pile*)

Pembuatan pondasi sumur dilakukan dengan cara mengebor pondasi, inilah pengertian antara pondasi dangkal dan pondasi dalam. Lubang pondasi ini dapat difungsikan ketika tanah keras berada kedalaman yang kurang dalam. Memiliki ukuran hasil kedalaman pondasi sumur $(D_f/B) \geq 4$.



Gambar 2.5 Pondasi Sumuran (*Hardiyatmo, 2002*)

2.3.3 Pondasi Dalam

Pondasi ini ialah pondasi untuk disiapkan bila lokasi tanah relatif jauh di atas lapisan tanah (*Hardiyatmo, 2002*). Khususnya pondasi dalam ($D > B$). Pondasi ini dilakukan untuk mendistribusikan beban struktur ke permukaan yang lebih dalam hingga tanah yang didukung beban yang akan difungsikan.

a. Pondasi Tiang Pile

Umumnya pondasi tiang pile untuk mendistribusikan beban baik dari vertikal dan horizontal di dalam tanah. Pada umumnya pondasi tiang mempunyai diameter yang lebih memanjang dari pada pondasi sumur (Bowles, 1991). Jenis pondasi yang cocok untuk menopang tanah di bawah lapisan pondasi pancang (Dr. Ir. Suyono Sosrodarsono and Kazuto Nakazawa 1990).



Gambar 2.6 Pondasi Tiang (Hardiyatmo, 2002)

b. Tiang Pancang Kayu

Tiang ini dikerjakan bahan batang kayu yang dipotong lalu diberikan bahan keawetan pada pucuk kayu yang tajam. Dibagian rawa, tiang kayu cocok karena banyak didapatkan di hutan rimba. Tiang kayu lebih mudah hancur saat kondisi cuaca berganti-ganti pada cuaca, oleh karena itu tiang kayu selalu awet. Tiang kayu lebih cepat lapuk jika ada serangga di dalamnya. Untuk mengatasi damage saat stack diletakkan di bagian paling bawah stack. Berat yang diterima untuk tiang kayu tunggal ini adalah 25-30 ton.

c. Square pile

Square pile atau tiang kotak ialah jenis tiang pancang tertua di dunia, pondasi ini bersifat full (padat) sehingga penampang akan selalu sama disetiap panjang tiang.



Gambar 2.7 Tiang *Square Pile*

(Sumber : PT Jaya Beton Indonesia)

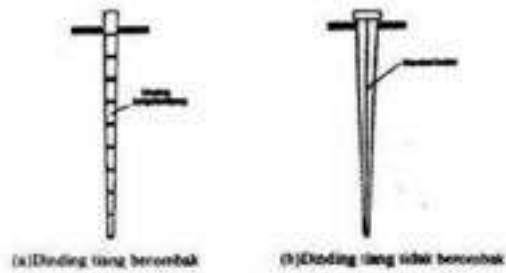
2.3.4 Tiang Beton Pra Cetak

Tiang pancang ini adalah tiang pancang beton bertulang yang dibuat dahulu dan dituang kemudian diangkut ke letak proyek. Beton ini memiliki 3 macam jenis dengan jumlah tulangan yang berbeda pada tiang pancang beton pracetak ini yang bisa menampung momen lentur selama memasang tiang pancang.

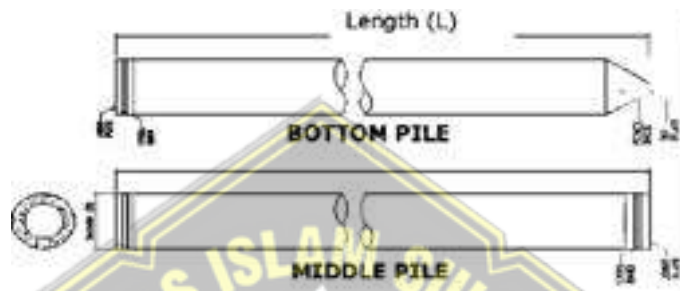
Tiang beton pra cetak dapat menerima berat lebih besar dari 50 ton tergantung dari dimensi tiang pancang yang digunakan. Nilai beban maksimum pada tiang pancang beton ditunjukkan pada kekuatan material pada tabel 2.7

Tabel 2.7 : Beban yang diizinkan Tiang Beton Pra Cetak

Parameter Tiang (cm)	Beban Maksimum (kN)
80	900 – 4100
60	800 – 2500
50	700 – 1750
45	500 – 1400
40	450 – 1200
35	350 – 850



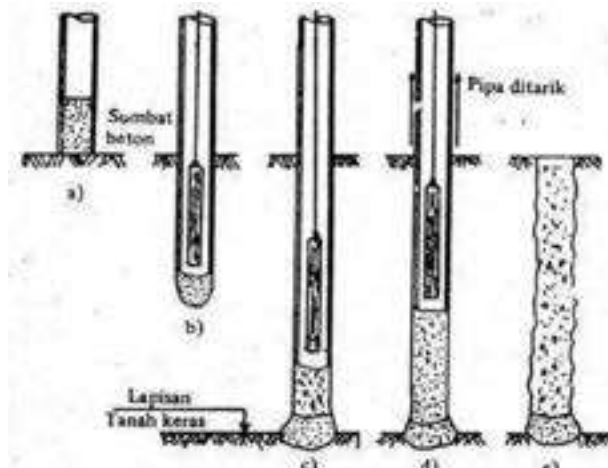
Gambar 2.8 Tiang Beton Pra Cetak Spun Pile (*Bowles, 1999*)



Gambar 2.9 Tiang Raymond (*Hardiyatmo, 2008*)

2.3.5 Tiang Beton Cor di Tempat

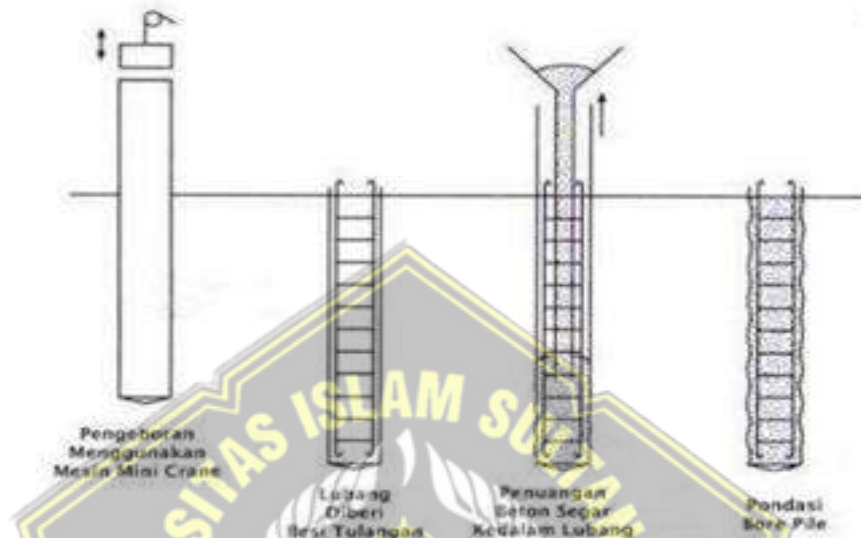
Tiang ini di tempatkan dari 2 macam yaitu tabung terbungkus non-tabung terbungkus. Pada pipa tiang yang tertutup, memasukan pipa terlebih dahulu kedalam tanah, kemudian campuran beton dimasukkan ke lubang pipa. Pipa baja yang dimasukkan masuk ke dalam tanah, tiang ini merupakan Tiang *Standar Raimon* pada tiang tidak tertutup campuran beton di masukan pipa, kemudian pipa baja dikeluarkan pada saat memasukkan tiang ini yang disebut *Franki*.



Gambar 2.10 Tiang Franki (*Hardiyatmo, 2008*)

2.3.6 Tiang Bor (Bored Pile)

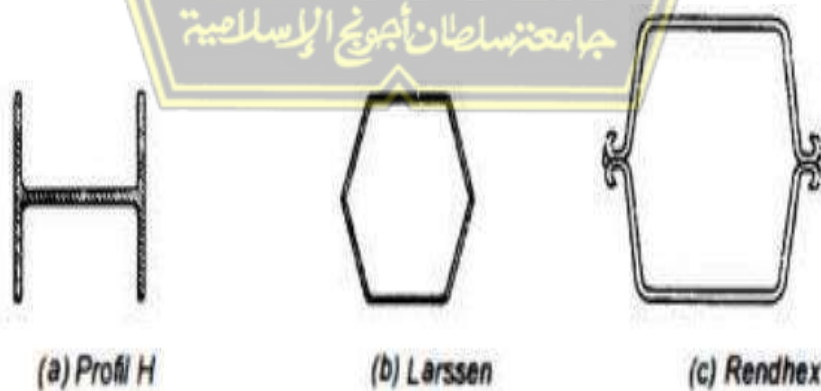
Bored Pile difungsikan sebagai bagian tanah keras dan stabil, agar tanah ini bisa stabil waktu pengboran. Kemudian lubang tanah dimasukan dengan tulangan lalu dituangkan di dalam beton. Penuangan akan sulit dilakukan jika terjadi gangguan pada air tanah sehingga kualitas beton susah dikendalikan



Gambar 2.11. Tiang Bore Proses Pancang (Hardiyatmo, 2008)

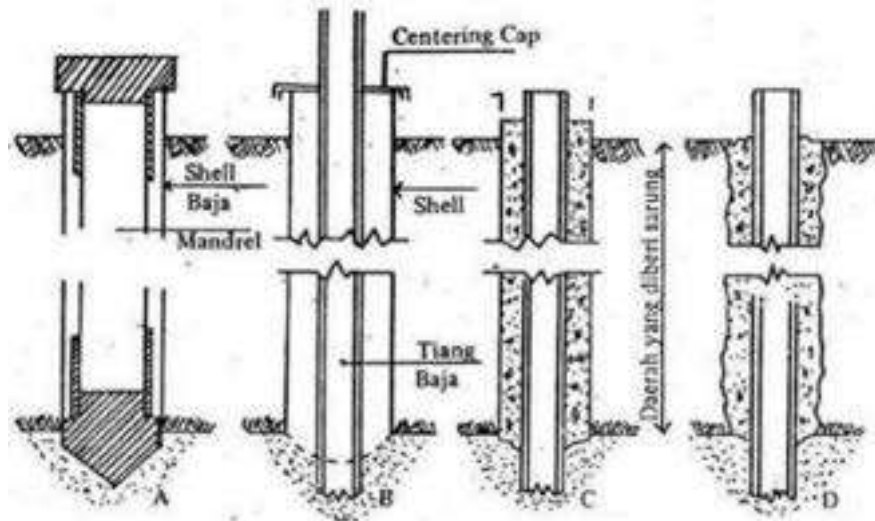
2.3.7 Tiang Pancang Baja

Tiang ini dikerjakan dari baja profil H. Tiang baja memiliki ketahanan sangat tinggi, sehingga bukan menimbulkan kerusakan apapun selama pemancangan tiang. Namun, jenis tumpukan mudah rentan terhadap korosi.



Gambar 2.12 Penampang Melintang tiang Baja

(Hardiyatmo, 2008)



Gambar 2.13 Tiang Pancang Baja (Sardjono, 1991)

Tabel 2.8 Keuntungan dan Kekurangan Pondasi *Bored Pile* dan Pondasi tiang Pancang

Membandingkan	Pondasi bored pile	Pondasi Tiang Pancang
Keuntungan	<ul style="list-style-type: none"> • Digunakan untuk menembus strata batuan • Pada pemasangan tidak diperlukan alat berat • Kedalaman lubang tiang dapat menyesuaikan dalam keadaan lokasi • terlalu risiko terhadap permukaan air tanah 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiang pancang ini bisa bertahan lama jika pelat beton terlalu tebal untuk melindungi tulangan dari gaya korosif. • Tiang pancang bisa dihitung untuk tiang bantalan ujung atau tiang gesekan • Tumpukan bisa digali sedikit lagi
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak menjamin keseragaman mutu beton • Implementasinya peralatan khusus dan tenaga terampil • Cuaca memiliki pengaruh besar pada pengecoran 	<ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan alat berat pada saat pemasangan • Waktu pembuatan yang terlalu lama • Terlalu mengganggu saat memproses

2.4 Kapasitas Daya Dukung Pondasi

daya dukung tanah berfungsi untuk melihat kelayakan tanah untuk mendukung beban pada struktur bangunan di atasnya. Tahanan geser adalah daya dukung untuk menahan penurunan akibat beban yang dilepaskan oleh tanah sepanjang bidang geser. Untuk mengetahui stabilitas durasi panjang, penempatan harus di berikan pada permukaan pondasi. Pondasi dapat diletakkan pada kedalaman lumayan dalam untuk mencegah terjadinya erosi permukaan, pengikisan tanah dan terjadi kendala tanah di sekitar pondasi.

2.4.1 Daya Dukung Aksial Pondasi Satu Tiang

a. Motode Resse and Wright

Metode ini untuk dilihat kapasitas daya dukung ujung tiang (*end bearing*) sebagai berikut :

$$Q_p = q_p \times A_p \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

Q_p = Kapasitas daya dukung pada ujung tiang (kN/m)

q_p = Daya dukung ujung tiang stuan luas (kN/m²)

A_p = Luas nilai penmpang tiang (m²)

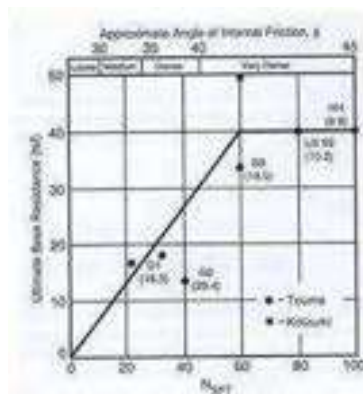
Tanah kohesif :

$$q_p = 9 \times c_u \dots\dots\dots(2.2)$$

$$q_p : c_u = \text{Kohesif tanah (Kn/m}^2\text{)} \\ = \text{NSPT} \times 2/3 \times 10 \dots\dots\dots(2.3)$$

Tanah non kohesif :

Resse and wright (1997) menjelaskan antara q_p NSPT seperti gambar seperti berikut :



Gambar 2.14 Daya Dukung Ujung Tiang (*Resse and Wright, 1997*)

Pada nilai < 60 maka $q_p = 7 N \text{ (kN/m}^2\text{)} < 400 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

Pada nilai < 60 maka $q_p = 400 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

Dimana ; N = Nilai dari hasil SPT

Dukung pada selimut di *bored pile (skin friction)* $Q_s = f_s \times A_s$ (2.4)

Dimana :

Q = Kapasitas daya dukung kulit tiang (kN)

F_s = Nilai gesek selimut tiang tiap satuan luas (kN/m²)

A_s = Luas selimut tiang (m²)

Untuk tipe tanah kohesif :

$F_s = \alpha c_u$ (2.5)

α = Nilai faktor adhesi

(Menurut penelitian *Resse and Wright, 1997* $\alpha = 0,55$)

c_u = Nilai kohesi dari tanah (kN/m²)

Untuk tipe non kohesif :

Pada nilai $N < 53$ maka $f_s = 0,32 N\text{-SPT}$ (kN/m²)

Pada nilai $N < 100$ maka f_s diperoleh dari nilai korelasi langsung dengan NSPT (*Resse and Wright, 1997*) mengenai ketahanan geser tiang seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.15 Daya Dukung Kulit Tiang (*Resse and Wright, 1997*)

b. Metode *Mayerhof*

Daya dukung tanah pondasi dihitung dari hasil SPT. Persamaan yang digunakan terbagi menjadi dua, yaitu persamaan tanah kohesif dan non kohesif. Sebelum

perhitungan dilakukan, dilakukan penyelidikan tanah untuk menentukan sambungan.

Klasifikasi tanah berdasarkan sifat rekat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Tanah kohesif ialah tanahme miliki fungsi pengikatan antar butiran, seperti tanah lempung (mengandung zat lempung)
2. Tanah non-kohesif tidak memiliki daya rekat antar butir seperti pasir (pasir hampir tidak mengandung lempung) menurut (Mayerhof 1965) pada tanah kohesif dinyatakan dalam persamaan berikut :

- Ujung tiang (Q_p)

$$C_u = N-SPT \times \frac{2}{3} \times 10 \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Q_p = 9 \times A_p \times C_U \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

Q_p = Daya dkung ujung tiang (kN)

C_u = Kohesif tanah (kN/m²)

- Selimut Tiang (Q_s)

$$Q_s = C_u \times \alpha \times K_{II} \times L_i \dots\dots\dots(2.8)$$

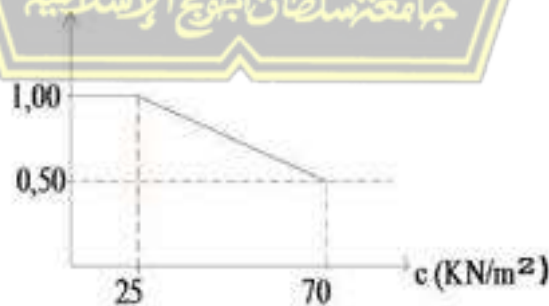
Dimana :

L_i = Tebal lapisan tanah ke- I (m)

K_{II} = Keliling tiang (m)

α = Adesi

Q_s = Daya dukung tiang selimut (kN)



Gambar 2.16 grafis Hubungan Antara kohesif tanah (C_u) Dengan adhesi (α) (Hardiyatmo, 2018)

Sementara pada non kohesif menurut *Mayerhof* dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

A_p = Luas penampang tiang (m²)

Nb = rata-rata NSPT bagian 8D (Hasil N-SPT 8D diatas ujung tiang) untuk 4D (nilai N-SPT 4D dibawah ujung tiang)

Qp = Daya dukung ujung tiang (kN)

• Selimut tiang (Qs)

Qs = Daya dukung selmut tiang (kN)

Li = Ketebalan lapisan tanah ke- i (m)

P = Keliling penampang tiang (m)

c. Metode Tomlinson

Kapasitas daya dukung tiang menurut metode *tomlinson* (Yusti dan Fahriani, 2014).

Ketahanan gesek dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$Q_s = A_{sx} F_s$$

$$f_s = C_u = \alpha \cdot C_u$$

Dimana :

Qs = Tahanan gesek ultimit (kN)

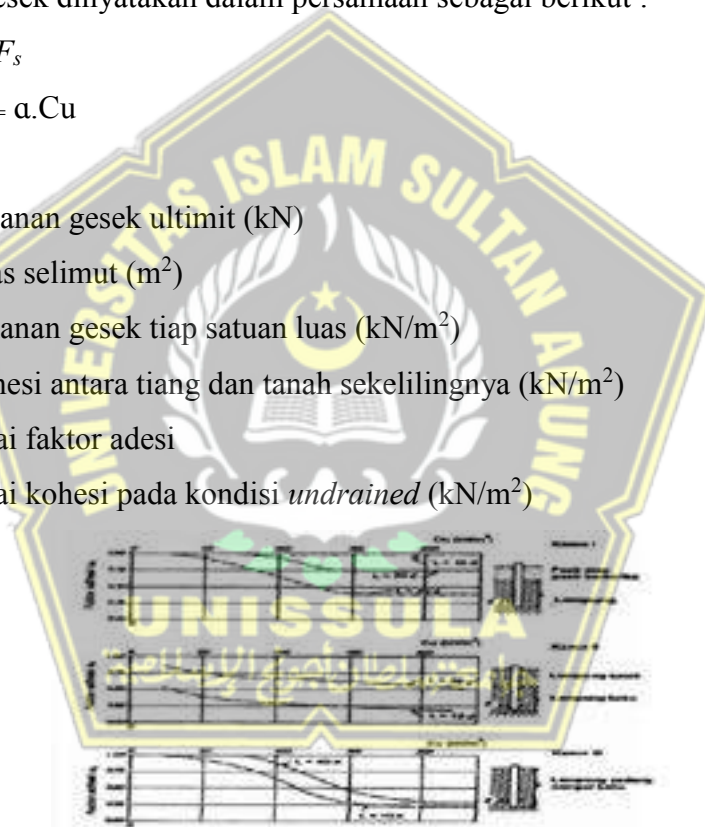
As = Luas selimut (m²)

f_s = Tahanan gesek tiap satuan luas (kN/m²)

C_d = Adhesi antara tiang dan tanah sekelilingnya (kN/m²)

α = Nilai faktor adesi

C_u = Nilai kohesi pada kondisi *undrained* (kN/m²)



Gambar 2.17 Factor Adhesi Dan Kohesi Tiang Pancang dalam tanah Berlempung

2.4.2 Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal

Daya dukung lateral adalah beban yang diarahkan secara horizontal. Beratnya beban lateral yang harus dipikul pondasi yang menggantung pada kerangka bangunan yang menyerap gaya lateral pada kolom paling bawah. Untuk beban horizontal, gaya dan momen lateral dikerjakan pada pondasi tiang pancang melalui gaya angin dan gaya gempa, pada struktur atas pada beban statis

a. Metode Broms

Metode ini biasanya dipakai tanah berpasir (gramular soil) Pada nilai di lapangan.

Tabel 2.9 Nilai n_b Dari Tanah Granuler (C-0)

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

(sumber : Herry Cristady)

Tabel 2.10 Nilai n_h Dari Tanah Kohesif

Tanah	$N_h(kN/m^3)$	Referensi
Lempung konsolidasi	166-3158	Reese dan Matlock (1956)
Normal lunak	277-554	Davisson-Prakash (1963)
Lempung konsolidasi	111-277	Peck dan Davisson (1962)
Normal organik	111-831	Davisson (1970)
Gambut	55	Davisson (1970)
	27,7-111	Wilson dan Hitls (1967)
Loses	8033-11080	Bowles (1968)

(sumber : poulos dan Davis 1980)

Agar melakukan perhitungan daya dukung lateral :

Cek Kekuatan Tiang Yang Diakibatkan Beban Lateral

$$E = 4700 \times \sqrt{f_c} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$I = \frac{1}{6} 3,14 \times (D)^6 \dots \dots \dots (2.10)$$

Untuk mencari faktor kekuatan tanah (T) berikut :

$$T = \left(\frac{E_p \times I_p}{n_h} \right)^{1,5} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$4T = 4 \times T \dots \dots \dots (2.12)$$

Cek Runtuhan Tanah Yang Diakibatkan Beban Lateral

Agar melihat tanah yang akan goyah akibat beban lateral yang bekerja ditiang tersebut, harus menghitung momen maksimum yang dipikul tiang jika tanah dikerjakan dengan arah mendatar dan tiang tak goyah.

$$M_{max} = D \times y \times L^3 \times K_p \dots \dots \dots (2.13)$$

Pada $M_{max} > M_y$, tanah tidak jatuh pada gaya horizontal ultimate (H_u) pada kuat tiang waktu menerima beban momen.

Cek Nilai H_u

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{d \times K_p \times y}} \dots \dots \dots (2.14)$$

$$H_u = \frac{2M_y}{e + \frac{2f}{3}} \dots \dots \dots (2.15)$$

$$H_{izin} = \frac{h_u}{SF} \dots \dots \dots (2.16)$$

Hasil tahanan lateral ijin adalah :

$$5,5 = \frac{H_u}{K_p \times y \times D^2} \dots \dots \dots (2.17)$$

2.4.3 Daya Dukung Pondasi Kelompok Tiang Metode Converse-Labare

Hitungan daya dukung pondasi kelompok tiang didasarkan pada pondasi tiang tunggal dengan digunakan rumus *labare* berikut ini :

a. Ditentukan Hasil Jumlah Tiang Pancang (n)

$$n = \frac{p}{Q_a} \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana ;

$$Q_a = Q_{allowable}$$

P = Beban Bangunan joint

b. Memilih Antar Jarak Tiang

$$2,5 D < s < 3D \dots \dots \dots (2.23)$$

c. Perhitungan Daya Dukung

n_1 = jumlah barisan tiang

n_2 = Jumlah satu baris tiang

n = Effisien kelompok tiang

D = Diameter tiang

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{D}{a} \right)$$

s/nd/d = Jarak titik ke titik tiang

2.5 Perhitungan Penurunan

2.5.1 Penurunan Elastis Pada Pondasi Tiang Tunggal (Single Pile)

Vesic (1977) menyampaikan dengan semi empiris dan empiris agar menghitung penurunan elastisitas tiang *single*.

berikut ini :

$$S_c = S_{e(2)} + S_{e(1)} + S_{e(3)} \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana :

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_p + (\epsilon x Q_s)L)}{A_p x E_p} \dots \dots \dots (2.25)$$

$$S_{e(2)} = \frac{(Q_p + (\epsilon x Q_s)L)}{D x q_p} \dots \dots \dots (2.26)$$

$$S_{e(3)} = \frac{(Q_{wp} + \epsilon x Q_s)L}{L x q_p} \dots \dots \dots (2.27)$$

Keterangan :

S_c = Total Penurunan semua Tiang

$S_c^{(1)}$ = Penurunan Elastis pada Tiang

$S_c^{(2)}$ = Penurunan Tiang yang Disebabkan Ujung Tiang

$S_c^{(3)}$ = Penurunan Tiang Disebabkan Oleh Beban Yang Ditranmisikan Sepanjang Kulit Tiang

Q_p = Kapasitas Daya Ujung Yang Diizinkan (Ton)

A_p = Luas Penampang pada Tiang (m^2)

C_p = Koeffiesen Empiris

E_p = Modulus Elastis Bahan Tiang (ton/m^2)

Q_s = Kapasitas daya Dukung Selimut Yang Diizinkan (Ton)

L = Panjang Tiang

ϵ = 0,5 - 0,67

2.5.2 Penurunan Elastis pada Pondasi Tiang Group (Group Pile)

Vesic (1977). Elastis penurunan pondasi tiang group dapat dijelaskan berikut ini :

$$S_g = S_e \cdot \sqrt{\frac{B_g}{D}} \dots \dots \dots (2.28)$$

Dimana :

D = (m) Diameter/sisi tiang (m)

S_g = Penurunan pondasi kelompok tiang (m)

B_g = Lebar tiang kelompok yang digunakan (m)

2.6 Pembebanan Struktur

Beban struktur merupakan faktor yang sangat penting dalam perancangan struktur bangunan. Maka dari perancangan ini, struktur perlu mengidentifikasi beban-beban yang bekerja dalam menjalankan suatu struktur.

2.6.1 Beban Gempa

Beban gempa ialah beban dinamik atau beban besar yang bisa berubah arah dari waktu yang tidak bisa ditentukan. Berikut adalah salah satu beban dinamik ini adalah terjadinya gerakan horizontal pada bangunan. Jika pada suatu saat bangunan telah melampaui kondisi baik dari simpangan mendatar yang telah ditentukan, maka bangunan tersebut akan runtuh. Beban geser pengenal statis nominal sama dengan dampak gempa pada struktur bangunan yang diperoleh sebagai berikut:

$$V = C_s \times W$$

Keterangan :

C_s = Koeffisien respons seismic

W = Berat seismic efektif

2.6.2 Beban mati

Bobot mati yaitu bobot semua struktur permanen, termasuk elemen tambahan. Mesin dan peralatan yang merupakan satu kesatuan dengan bangunan menurut SNI 1727:2020 Bobot mati adalah berat seluruh struktur termasuk dinding, lantai, atap, langit-langit, perpanjangan, kelongsong bangunan, komponen bangunan dan struktur lainnya serta peralatan teknis yang melekat padanya , termasuk berat crane (Karim, 2013)

2.6.3 Beban hidup

Beban hidup ialah beban seluler penuh. Beban aktif merupakan semua beban yang timbul akibat tinggal atau menggunakan bangunan, termasuk beban lantai yang disebabkan oleh gesekan, mesin dan peralatan yang bukan merupakan bagian dari bangunan dan diperoleh selama umur bangunan.

Berdasarkan SNI 1727:2020 beban aktif ialah beban yang direncanakan oleh pengguna atau penghuni bangunan dan struktur lainnya, dan tidak termasuk beban struktur dan lingkungan, antara lain beban angin, beban hujan, beban gempa, beban mati, beban banjir (Karim, 2013).

2.6.4 Beban angin (*w*)

Beban angin ialah beban untuk bangunan atau bagian bangunan yang didapatkan oleh perbedaan ketahanan cuaca. Resistensi untuk setiap permukaan harus diambil 25 kg/m². Begitu juga di laut sampai dengan 5 km dari tepi laut harus didapat minimal 40 kg/m².

2.7 Analisa Pembebanan Menggunakan ETABS

2.7.1 Pengertian ETABS

Program ETABS merupakan salah satu program yang dijalankan untuk menganalisis dan merancang struktur secara cepat dan akurat. Program ini digunakan untuk memodelkan bangunan dan lain-lain. Setelah itu, Anda juga bisa memasukkan beban pada kolom yang dipakai. Hasil beban yang diperoleh dari ETABS digunakan sebagai acuan pedoman untuk menentukan daya dukung pondasi.

Prioritas program ETABS ini untuk merencanakan strukturan beton dan baja yang akan dilakukan dengan merancang dan ditentukan bahan strukturan pada. Menggunakan material baja yang dimiliki keamanan dan hemat. ETABS juga bisa dibentuk sesuai spesifikasi. Ditentukan cara pembebanan bangunan menggunakan ETABS, dilakukan prinsip rancangan beban bangunan (SNI 2020), merencanakan hitungan struktur beton pada bangunan gedung (SNI 2019) merencanakan ketahanan gempa pada bangunan (SNI 2019). Beban mati ialah berat total bangunan yang dipasang, memasukkan semua elemen tambahan, memasukkan atap, lantai, dinding, langit-langit pada komponen struktural lainnya. Digunakan

software ETABS, bobot mati bahan dapat dihitung menggunakan program ETABS.

Beban aktif yaitu beban yang dipake oleh dari penghuni bangunan atau struktur lain yang tidak akan dimasukan kebeban bangunan, halnya beban pada gempa. Hasil bobot pelat lantai gedung menurut SNI 2020 tentang beban minimal untuk gedung perencanaan dan struktur lainnya adalah 2,93 kN/m² untuk gedung pendidikan.

Program ETABS juga mempertimbangkan beban gempa dan dapat memahami atau melihat hasil kelayakan bangunan. Untuk melihatkan beban gempa di gunakan sesuai pedoman SNI 1726:2019 tentang pembebanan gempa.

a. Spesialis Fungsi ETABS

Program ETABS digunakan untuk menganalisis struktur gedung bertingkat seperti perkantoran, apartemen dan rumah sakit. Program SAFE digunakan untuk menganalisis dengan efisiensi yang wajar dan daya maksimum.

b. Prinsip Dasar Pemodelan struktural

Pemodelan struktural adalah pembuatan data numerik (matematis) yang mewakili struktur nyata sebagai data input. *Macleod (1990)* mengemukakan bahwa model struktural harus sesuai dengan apa yang dibutuhkan, jika model yang sederhana namun representatif dapat dibuat maka secara umum berguna.

2.8 Analisa Menggunakan Program *Plaxis*

Metode *plaxis* dapat digunakan untuk diketahui besarnya penurunan yang telah mengakibatkan pada proyek pembangunan Gedung khususnya pada saat perencanaan pondasi tiang pancang persegi, dan dapat di gunakan sebagai membandingkan perhitungan manual. *plaxis* yaitu elemen program yang berfungsi untuk untuk menganalisis deformasi pondasi pada bidang tanah. Dengan menggunakan program *plaxis*, berbagai permasalahan yang muncul dapat dianalisis seperti turap, pondasi, bendungan tiang pancang dan tabilitas untuk lereng. menghitung pada metode *plaxis* didasarkan pada prosedur numerik saat ini. Metode *Plaxis* dapat dibedakan empat metode yaitu:

1. *Plaxis Input*

Fungsi masukan *Plaxis* dapat melakukan memodelkan geometris dan parameter tanah menggunakan sebagai dua dimensi.

2. *Plaxis Calculation*

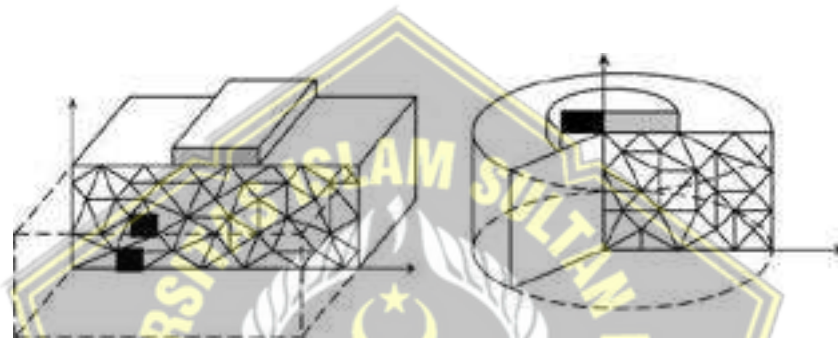
Plaxis calculation dikerjakan untuk membuat hitungan proses menginput hasil yang sudah selesai.

3. *Plaxis output*

Output ini ialah diperoleh dari perhitungan dalam bentuk grafik dari tabel setelah proses menginput lalu memperhitungkan.

4. *Plaxis curve*

Kurva/*curve Plaxis* menlihatkan atau mengganbarkan hubungan beban perpindahan, diagram dan regangan dari titik yang ditentukan sebelum perhitungan.

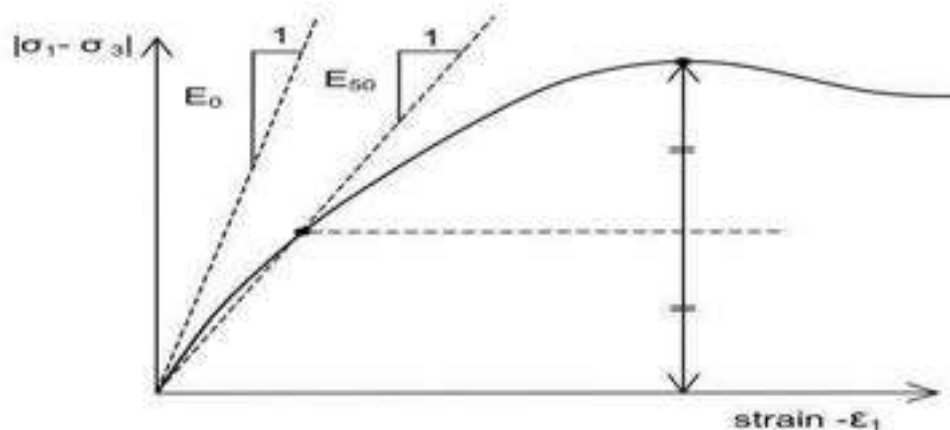


Gambar 2.18 Permasalahan Regangan Bidang Axi-Simetri

(Sumber : *Plaxis*)

a Modulus Elastisitas

Modulus ini digunakan *modulus Young* yang difungsikan sebagai modulus kasar berdasarkan jenis elastis dan jenis *Mohr-Coulumb*. Untuk kemiringan awal kemiringan tanah dilambangkan simbol E_0 dan modlus Scan kekuatan sebesar 50% dijelaskan dengan E_{50}



Gambar 2.19 Definisi E0 dan E50

(Sumber : Manual Plaxis)

E0 diperoleh pada kesamaan antar tegangan regangan pertama yang telah terjadi, sehingga E50 didapatkan bagian nilai antara kedua persamaan nilai tegangan maximum dengan regangan yang dihasilkan. Untuk tanah lempung terkonsolidasi berlebih, E0 dapat digunakan, sedangkan pada tanah lempung berpasir dan terkonsolidasi normal, E50 dapat digunakan.

b. Poisson Ratio

2.7.2 Berikut Poisson Ratio's pada material elastis :

$$\nu = \frac{-sh}{-s}$$

c. Parameter c dan d

Pada plaxis 8.6 menggunakan tipe dua dimensi, karena pondasi tiang pancang tersebut harus memodelkan dalam dua tipe dimensi pada model yang sebelumnya.

2.9 Analisa Menggunakan Program Allpile

Allpile adalah *software* yang dapat dilakukan dalam merencanakan pondasi dalam proyek konstruksi. Perangkat lunak ini digunakan untuk desain pondasi tiang pancang, baik tiang bor maupun tiang pancang. Menu-menu yang ditampilkan pada *software Allpile* adalah sebagai berikut:

1. Pile Type

Dalam tipe tumpukan, perangkat lunak *allpile* menyediakan berbagai jenis pondasi. Ini akan menyederhanakan perhitungan. karena ada berbagai jenis, Anda dapat menyesuaikannya sesuai dengan kebutuhan Anda.

Jenis pondasi Allpile meliputi::

a. *Driled Pile* ($D \leq 24$ in atau 61 cm)

berjenis pondasi untuk bor yang berdiameter lebih kecil 61 cm.

b. *Driving Stel Pile*

Jenis pondasi untuk menentukan tiang baja dengan ujung terbuka.

c. *Driving Steel Pile (close ended)*

Jenis pondasi ini menggunakan tiang pancang tertutup.

d. *Driving Concerete Pile*

macam pondasi untuk tiang beton.

2. *Pile Profil*

Menu ini dapat diisi untuk menginformasi mengenai tiang pancang yang digunakan, melalui panjang tiang pancang, jarak ke permukaan tanah, kemiringan tiang pancang (jika pondasi dipancang miring), dan kemiringan tanah permukaan.

3. *Pile Properties*

Bagian ini untuk membuat data sifat-sifat bahan pondasi gabungan, antara lain lebar pondasi, kedalaman pondasi, material-material yang dipakai, dan sebagainya.

4. *Load & Group*

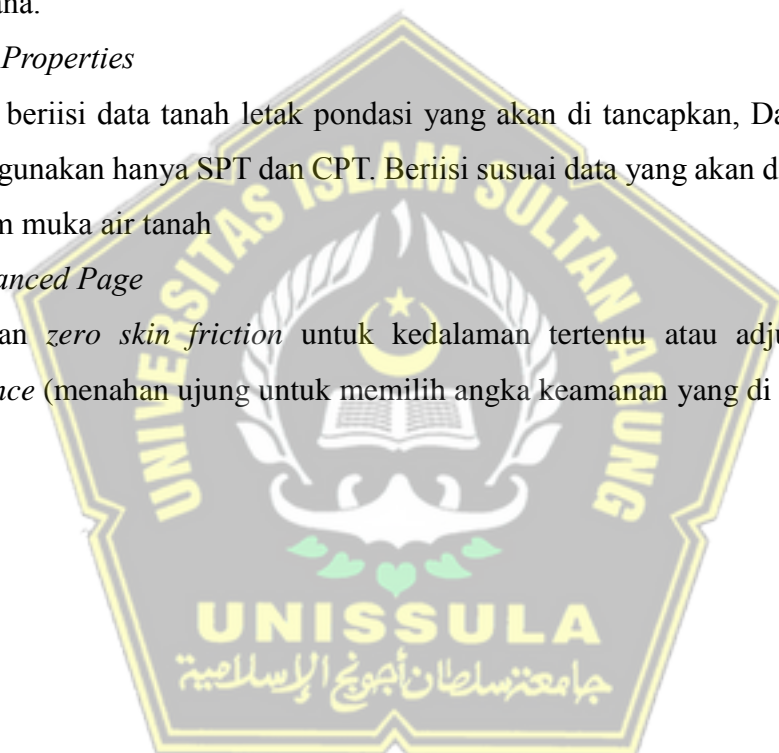
Menyediakan perhitungan *single pile*, *group pile*, dan *tower foundation* yang sederhana.

5. *Soil Properties*

Hal ini berisi data tanah letak pondasi yang akan di tancapkan, Data tanah yang bisa di gunakan hanya SPT dan CPT. Berisi susuai data yang akan dimasukan juga kedalam muka air tanah

6. *Advanced Page*

Berisikan *zero skin friction* untuk kedalaman tertentu atau adjust besar *tip resistance* (menahan ujung untuk memilih angka keamanan yang di inginkan)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Metode penelitian ini bertujuan agar menentukan perencanaan dan analisis pondasi tiang pancang persegi pada proyek pembangunan sebuah lembaga pendidikan di kota Semarang yang terdiri dari 7 lantai. Analisa beban yang digunakan yaitu melalui program software ETABS dan perhitungan pondasi dengan Plaxis dan allpile. Untuk melakukan metode penelitian ini dilakukan agar mendapatkan hasil yang sangat puas, efektif dan efisien memenuhi persyaratan untuk mendukung proses pembuatan laporan.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini dapat berupa primer dan sekunder. Dimana data primer didapatkan peneliti di lapangan melalui tahap penelitian, penglihatan secara langsung dari pihak yang berwenang. sekunder adalah data yang didapat secara langsung atau tidak langsung oleh peneliti atau dari sumber-sumber yang sudah ada dari sebelumnya, juga bisa bersal dari literatur yang diperoleh dari badan-badan yang terkait. Untuk mengerjakan pembuatan proyek kelulusan ini bisa memakai data sekunder biasanya ditentukan untuk melihat tanah yaitu berupa data sondir, pemboran dan SPT serta gambar rencana pondasi yang dipakai untuk mengerjakan perencanaan dan analisa pondasi untuk menghitung.

3.2.1 Data Primer

Berikut adalah hasil kajian observasi langsung di lapangan :

- a. Keadaan proyek lokasi Gedung Fasilitas Pendidikan Semarang.
- b. Keadaan sekitar bangunan yang berada diwilayah lokasi.
- c. Denah lokasi proyek.

3.2.2 Data Skunder

Data ini antara lain yaitu literatur, grafik, tabel, dan tanah yang diinginkan terkait dengan merencanakan dan menganalisis bangunan proyek konstruksi untuk sebuah lembaga pendidikan. Setelah didapatkan data yang akan dipakai, menentukan hasil data. Dapat dilakukan berikut ini :

1) Observasi

Observasi merupakan pengumpulan data sesuai penglihatan secara langsung di lapangan.

2) Studi Pustaka

Studi ini menjelaskan data yang diperoleh dilapangan, penelitian, pengujian atau pengujian laboratorium, serta standar yang digunakan untuk perencanaan konstruksi yang diperoleh melalui perpustakaan atau instansi terkait. Setelah data telah terkumpul, maka selanjutnya bisa melakukan proses perhitungan. Data proyek pembangunan Gedung fasilitas pendidikan dilihat berikut ini :

a. Data Dari Proyek

Fungsi bangunan : Fasilitas Pendidikan
Jumlah lantai : 7 lantai
Lokasi bangunan : Semarang
Pondasi yang dipakai : *square pile*

b. Struktur Utama

Untuk data teknis di dapat sebagai berikut :

1. Nilai diameter *square pile* : 40 cm
2. Mutu beton *square pile* : K300

c. Data tanah : N-SPT : Semarang

3.3 Analisis Daya Dukung Tiang *Square pile* dan Penurunan Pondasi

Cara-cara untuk perhitungan perencanaan pondasi *square pile*:

1. Memasukan atau menganalisa pembebanan dengan *software* ETABS dari data yang di dapat dari data proyek
2. Menghitung atau menganalisis penurunan daya dukung pondasi *square pile* pada Gedung Fasilitas Pendidikan 7 Lantai dengan metode *Vesic 1977* dan *software* *plaxis 8.6*
3. Membandingkan hasil perhitungan manual *Vesic 1977* dan *software* *plaxis 8.6*

3.4 Cara Pengolaham atau Analisis Data

Kemudian melakukan perhtungan dya dukung dan perhiitungan penurunan pada pondasi tiang pancang tunggal atau tiang kelompok, dengan menggunakan cara perhitungan manual atau menggunakan *software Plaxis 8.6* yaitu untuk mengetahui penurunan yang terjadi pada pondasi, hasilnya dilibatkan ke dalam daftar tabel perbandingan perhitungan manual dan memakai program *plaxis*, dan *allpile*.

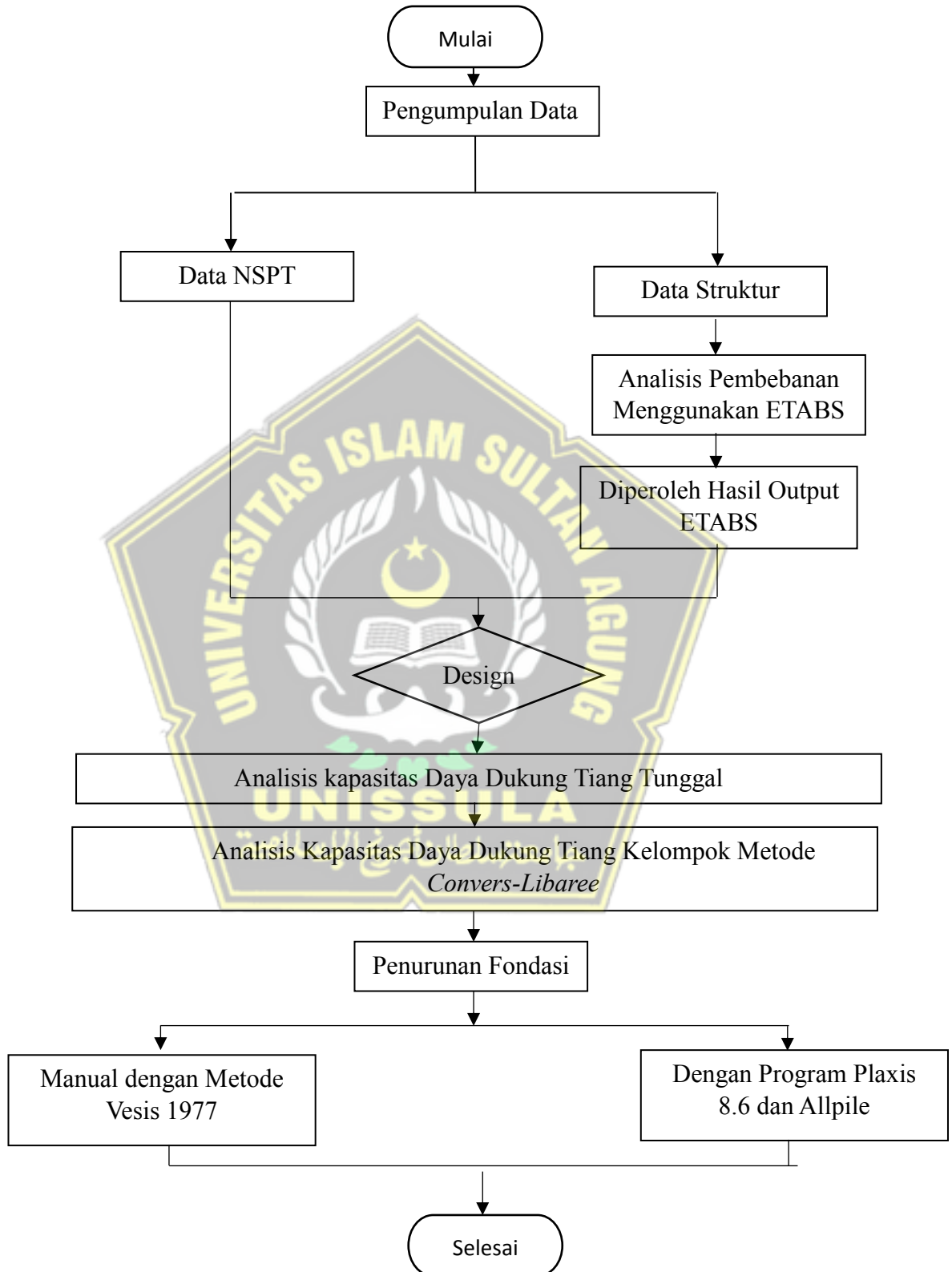
3.5 Cara Pengelohan Data

sesudah mengerjakan perhitungan daya dukung ini kemudian memperhitungkan penurunan pada pondasi tiang pancang tunggal dan kelompok tiang, menggunakan cara perhitungan manual dan memakai program *software Plaxis 8.6* yaitu untuk melihat hasil penurunan yang terjadi pada rencana, hasilnya di masukkan ke dalam tabel perbandingan antara perhitungan manual dan memakai perhitungan *plaxis*.



3.6 Bagan Alir Penelitian

Berikut perencanaan pondasi *square pile* dapat dilihat pada *flow chart* dibawah ini :



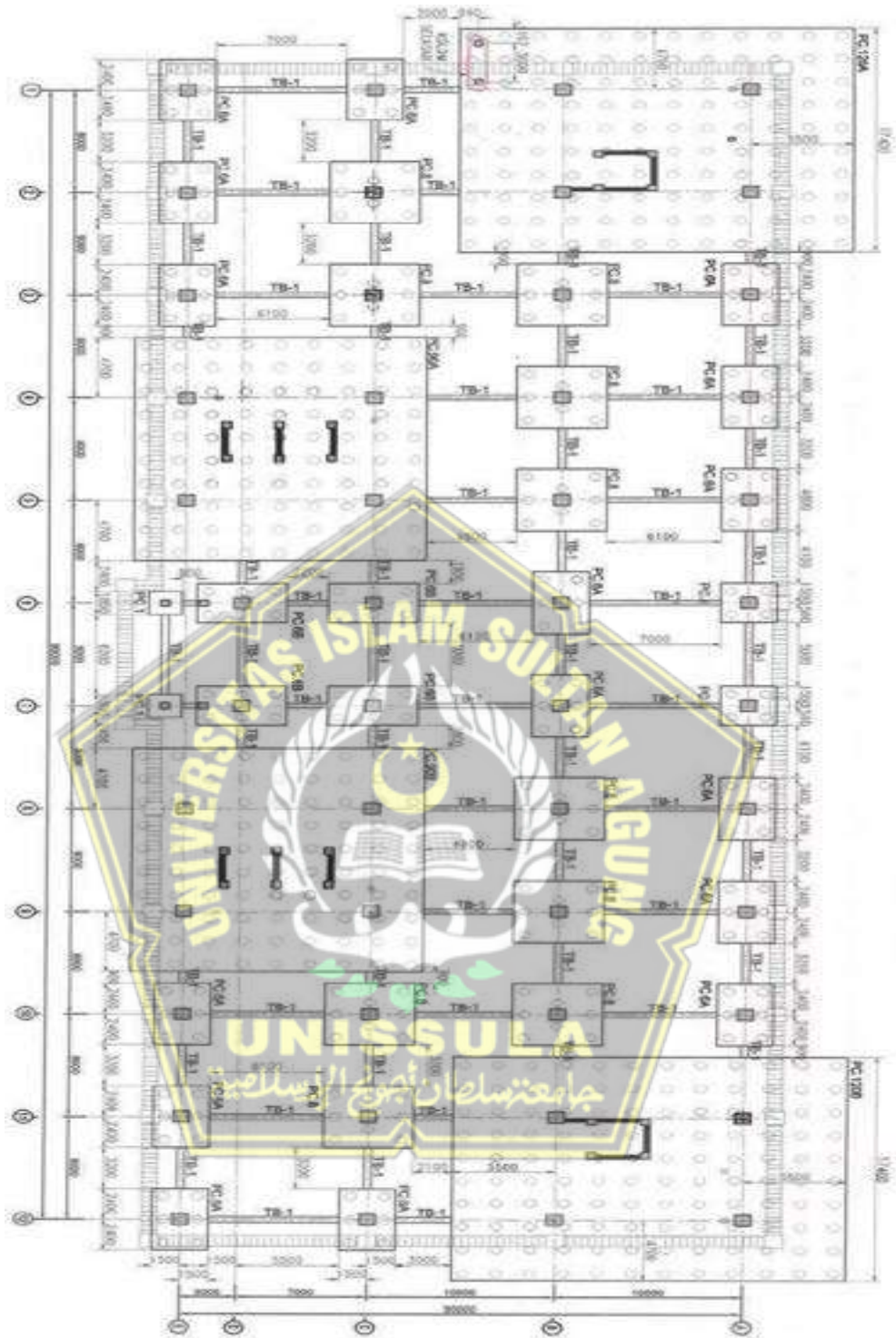
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

Tujuan dari bab IV dapat dilihat dari olah data pada proyek pembangunan Gedung Fasilitas Pendidikan kota Semarang. Pada perencanaan awal sebelumnya menggunakan pondasi *spun pile*, maka penyusun tugas akhir ini merencanakan ulang pondasi *square pile*

Data yang dipakai akan difungsikan untuk menghitung perencanaan pondasi. Untuk menghitung daya dukung pondasi satu tiang (*single pile*) dapat dibuat dari data sondir dan NSPT dengan menggunakan metode *reese & wright*, *mayerhoff*, dan *Tomlinson*, bahkan untuk kelompok pondasi (*Group Pile*) menggunakan metode *Converse-Labarre*, kemudian menghitung penurunan menggunakan metode manual *Vesic 1997*, dan program Soft Ware *allpile* dan *Plaxis 8.6* sebagai pembandingan perhitungan tersebut

Sebelum mengerjakan perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi, pada pertama yang dilakukan yaitu menghitung pembebanan dengan program ETABS 2020. Berfungsi untuk mengetahui berat beban yang diterima oleh pondasi, yang sudah sesuai dengan pedoman yang ditentukan pada Gedung Pendidikan pada (SNI 127: 2019)



Gambar 4.1 Denah Pondasi

4.2 Pemodelan Eetabs 2020

4.2.1 Menentukan material struktur

a. Kolom

Untuk tabel kolom dapat diuraikan pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Kolom

Lantai	Jenis Kolom	Diameter Kolom	Jenis Tulangan
Lantai 1-4	K1A	80x80 mm	D22-100 mm, D10-70 mm
Lantai 5-7	K2A	70x70 mm	D22-100 mm, D10-70 mm

b. Balok

Untuk tabel balok dtijelaskan pada Tabel berikut ini :

Tabel 4.2 Balok

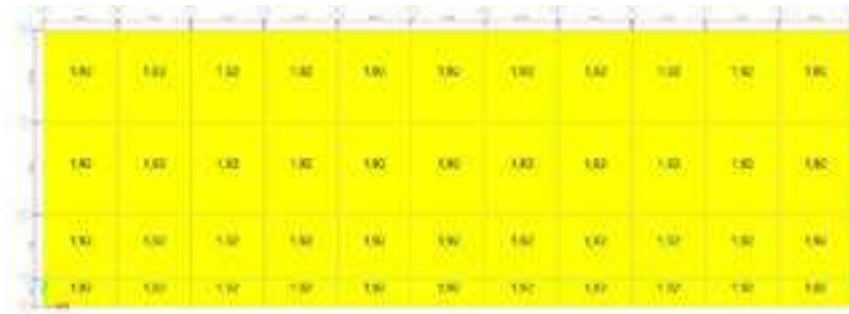
Jenis Balok	Diameter Balok	Mutu Beton
B2A	70x40 mm	Fc'30 Mpa



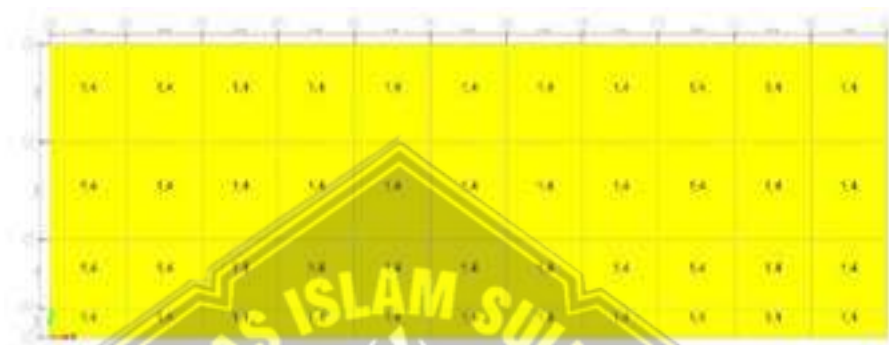
Gambar 4.2 Bahan Material

c. Pelat

Untuk pelat menggunakan tebal plat 120 mm, dan mutu beton menggunakan Fc' 30 Mpa. Untuk gambar yang di tampilkan dapat ditampikan gambar 4.3 dan 4.4 sebagai berikut :

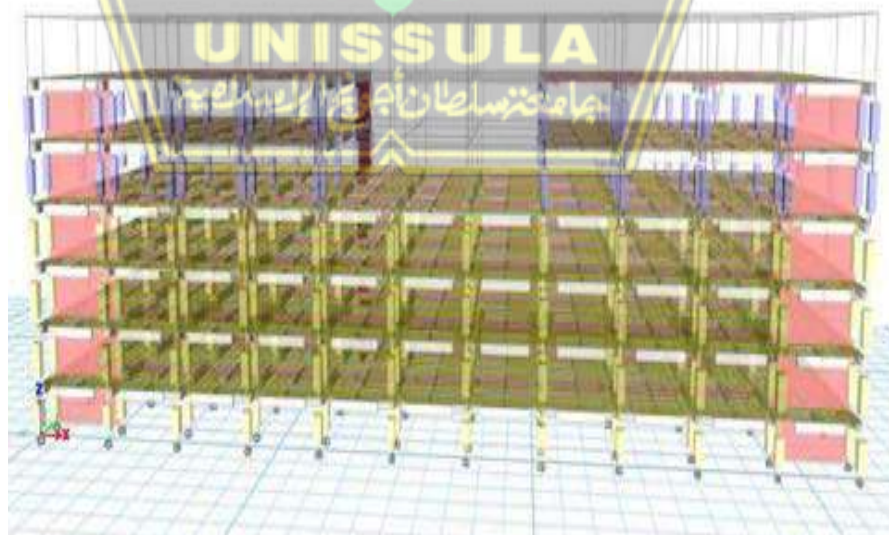


Gambar 4.3 Sumber dari Dead ETABS



Gambar 4.4 Sumber dari SIDL ETABS

Tahap pemodelan struktur atas ini menggunakan ETABS 2020, untuk melihat gaya pada struktur bangunan hasil pembebanan. Untuk balok dan kolom bisa dimodelkan di gambar 4.5



Gambar 4.5 permodelan Struktur ETABS 2020

4.3 Analisa Beban pada Struktur

Untuk menentukan cara perencanaan ketahanan pada gempa struktur bangunan Gedung dan non Gedung dapat dilihat pada (SNI 1726 : 2019), beban yang diperhitungkan dari hasil beban hidup dan gempa. Penjelasan pembebanan ini dapat di jelakan sebagai berikut :

4.3.1 Beban mati (dead load)

Beban ini ialah beban semua komponen kontruksi yang terikat dan dihitung dari dinding,lantai, atap, dan arsitektur lainnya. Pada ETABS 2020 berat bangunan material bisa dihitung berdasarkan acuan (SNI 1727 :2020). Berikut ialah beban yang menumpang pada bagian struktur bangunan.

Untuk pekerjaan bangunan ini perlu pelat yang mempunyai ketebalan 120 mm sehingga beban pelatnya yaitu 1,92 kN/m².

- *Dead Load* pelat GF :

Berat pasir 1cm	=	0,01 m x 16 kN/m ²
	=	0,16 kN/m ²
Berat adukan semen 3cm	=	0,03 m x 21 kN/m ²
	=	0,63 kN/m ²
Berat keramik 1cm	=	0,01 m x 24 kN/m ²
	=	0,24 kN/m ²
Berat instalasi ME	=	0,25 kN/m ²
Berat langit langit	=	0,18 kN/m ²
Berat total	=	1,46 kN/m ²

Dead Load pada balok :

Berat Dinding 1/2 bata, tinggi 3,6	=	3,6 x 2,5 kN/m ²
	=	9 kN/m ²

- *Dead Load* pelat lantai 2 :

Berat pasir 1cm	=	0,01 m x 16 kN/m ²
	=	0,16 kN/m ²
Berat adukan semen 3cm	=	0,03 m x 21 kN/m ²
	=	0,63 kN/m ²
Berat keramik 1cm	=	0,01 m x 24 kN/m ²
	=	0,24 kN/m ²
Berat instalasi ME	=	0,25 kN/m ²
Berat langit langit	=	0,18 kN/m ²
Berat total	=	1,46 kN/m ²

Dead Load pada balok :

Beban dinding pasangan bata ½ batu	=	5,4 x 2,5 kN/m ²
	=	13,5 kN/m ²

- *Dead Load* pelat pelat lantai 3-7

Berat pasir 1cm	=	0,01 m x 16 kN/m ²
	=	0,16 kN/m ²
Berat adukan semen 3cm	=	0,03 m x 21 kN/m ²
	=	0,63 kN/m ²
Berat keramik 1cm	=	0,01 m x 24 kN/m ²
	=	0,24 kN/m ²
Berat instalasi ME	=	0,25 kN/m ²
Berat langit langit	=	0,18 kN/m ²
Berat total	=	1,46 kN/m ²

Dead Load pelat pada balok :

Berat dinding ½ bata, tinggi 3,6	=	4,2 x 2,5 kN/m ²
	=	10,5 kN/m ²

4.3.2 Beban Hidup (live load)

beban yang dilibatkan dari bangunan yang penggunaannya berfungsi tiap masing masing ruangan. Pada acuan (SNI 2727:2020) tentang pembebanan minimum untuk perancangan Gedung dan struktur lainnya, menyebutkan besar bangunan 3,12 kN/m² (dapat dilihat dan dilampirkan).

4.3.3 Beban Gempa

a. Factor keutamaan Struktur

(SNI 1726 : 2019) menjelaskan untuk bangunan Gedung memiliki kelas faktor keutamaan masing-masing, tetapi bangunan ini memiliki factor keutamaan sebesar 1,5 dapat di lihat dari table 4.3.

Tabel 4.3 Keutamaan Struktur

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk tetapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit - 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 keselamatan 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, tangkai pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran yang dayatukan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat 	IV
Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV	
Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726 : 2019)

b. Zona wilayah Gempa

Pada zona yang dikerjakan, maka harus berada titik *Respons Spectra* 2023 maka akan di didapat data parameter gempa dan grafik *respons spectrum*.

$$PGA = 0.351774 \text{ g}$$

$$PGAm = 0.526413 \text{ g}$$

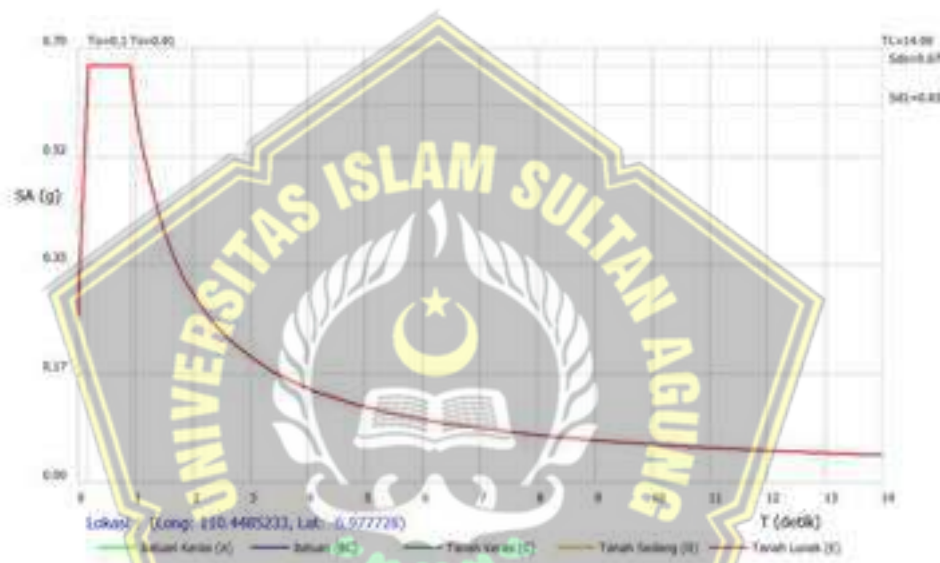
$$CRs = 0.000000$$

$$CR1 = 0.000000$$

$$Ss = 0.798372 \text{ g}$$

$$S1 = 0.352723 \text{ g}$$

TL = 14.000000 detik
 Fa = 1.261302
 Fv = 2.589106
 Sms = 1.006989 g
 Sds = 0.671326 g
 Sdl = 0.608826 g
 T0 = 0.181380 detik
 Ts = 0.906900 detik



Gambar 4.6 Parameter Percepatan Respons RSA2021

- c. Faktor Reduksi untuk Gempa (SNI 1726:2019) menjelaskan Faktor Reduksi gempa untuk perancangan konstruksi Gedung fasilitas Pendidikan Semarang menggunakan rangka beton berulang memikul momen khusus $R = 7$. Dapat dijelaskan pada table 4.4.

Tabel 4.4 Reduksi gempa

Sistem Penahan gaya seismik	Koefisien Modifikasi Respons ₁ R^{α}	Faktor kuat Lebih Sistem ₁ Ω_0^g	Faktor Pembesaran Defleksi C_d^b
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	4 1/2
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	5	3	4 1/2
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	3	3	2 1/2

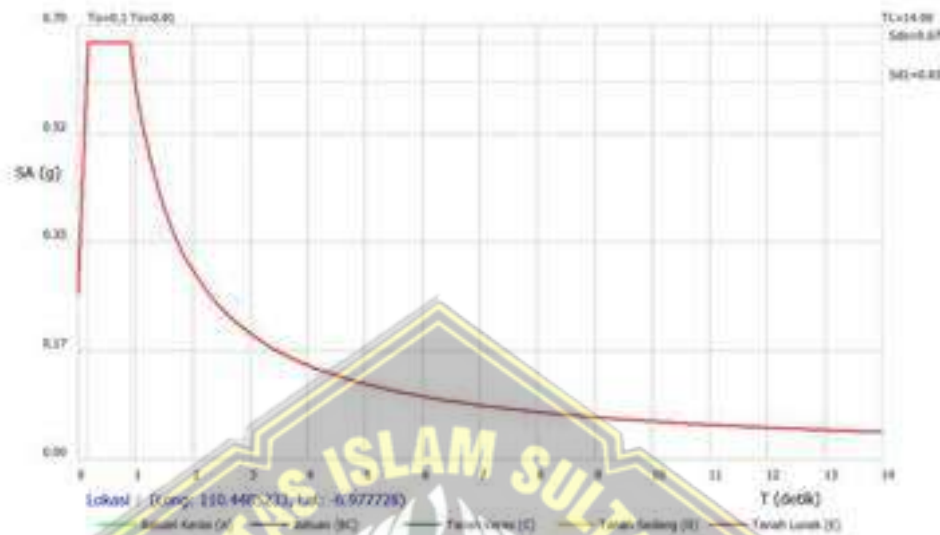
(Sumber : SNI 1726 : 1012)

d. Zona Lokasi Gempa

Untuk melihat zona gempa yang dipakai dan mengetahui data-data wilayah yang akan digunakan maka dapat di kerjakan melalui aplikasi Spektrum Respons Desain Indonesia 2021 PuSGeN, DBTPP, Ditjen Cipta Karya, Kementerian PUPR sehingga bisa didapatkan data-data parameter gempa dan grafik *response spectrum*.

- PGA = 0.351774 g
- PGAm = 0.526413 g
- CRs = 0.000000
- CR1 = 0.000000
- Ss = 0.798372 g
- S1 = 0.352723 g
- TL = 14.000000 detik
- Fa = 1.261302
- Fv = 2.589106
- Sms = 1.006989 g

$S_{ds} = 0.671326 \text{ g}$
 $S_{d1} = 0.608826 \text{ g}$
 $T_0 = 0.181380 \text{ detik}$
 $T_s = 0.906900 \text{ detik}$



Gambar 4.7 Spektral Percepatan RSA2021

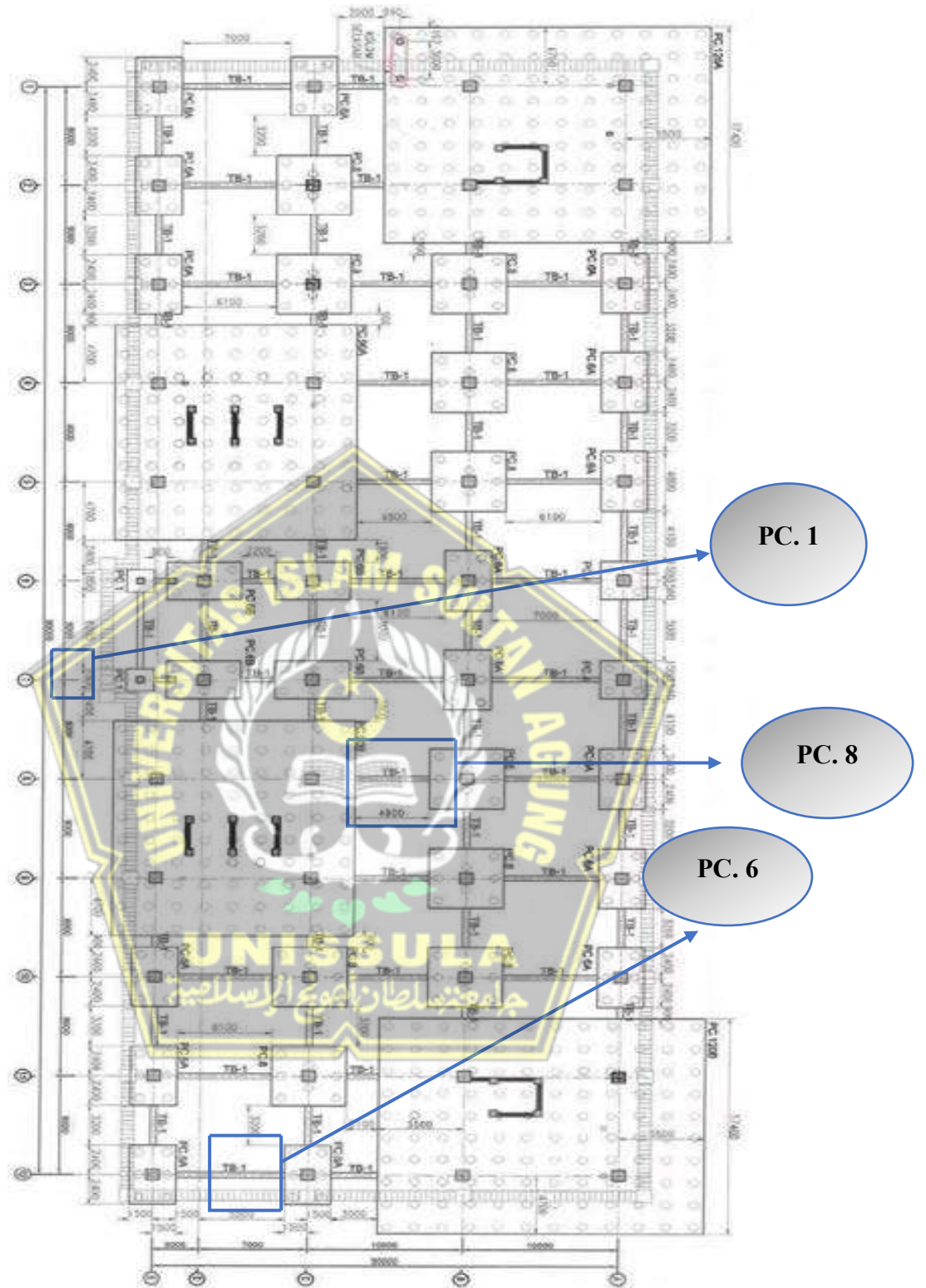
e. Perilaku Dinamis Mode 1, Mode 2, dan Mode 3

Perilaku ini biasanya untuk melihat gerak vibrasi bebas pada setiap sumbu koordinatnya (sumbu-x, sumbu-y dan sumbu-z) ini biasanya dapat menunjukkan karakteristik atau pola gerak yang berbeda. Berikut diuraikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil mode 1,2, dan 3 (hasil etabs)

TABLE: Response Spectrum Modal Info				
Spec Case	Modal Case	Mode	Periode (sec)	DampRatio
Spec x	Modal	1	14,447	0,05
Spec x	Modal	2	8,977	0,05
Spec x	Modal	3	7,584	0,05

Selanjutnya data parameter gempa yang didapat dapat dimasukkan kedalam data gempa di software ETABS 2020 setelah semua elemen struktur beban dimasukkan pada pemodelan struktur ETABS 2020, dioperasikan dari output joint reactions. Dapat dilihat titik-titik joint yang direncanakan pada gambar 4.9



Gambar 4.8 Titik joint yang dipakai PC 1, PC 6, dan PC 8 (PT.CIRIAJASA)

Untuk melihat pembebanan struktur atas pada gambar hasil dari pemodelan Etabs gambar 4.5 dapat di diuraikan tabel 4.6

Tabel 4.6 Beban Struktur Atas

Joint	P	V2	V3	T	M2	M3
PC	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
C2	11915,8544	180,7682	181,2573	8,6955	57,7855	59,9422
C61	11915,8542	193,0812	181,2573	8,6955	57,7854	40,6702
C2	11900,8957	180,7682	181,2573	8,6955	225,2118	224,7363
C61	11900,8955	193,0812	181,2573	8,6955	225,2118	221,4713
C2	11885,9369	180,7682	181,2573	8,6955	458,9109	452,5669
C61	11885,9368	193,0812	181,2573	8,6955	458,9108	465,3088
C7	10269,3842	189,212	104,3356	8,6955	123,3955	48,6277
C56	10269,3818	188,3016	104,3355	8,6955	123,3958	50,0525
C7	10254,4254	189,212	104,3356	8,6955	210,8579	221,3452
C56	10254,423	188,3016	104,3355	8,6955	210,8579	221,5866
C7	10239,4667	189,212	104,3356	8,6955	329,6961	461,4357
C56	10239,4643	188,3016	104,3355	8,6955	329,6959	460,4936
C3	9776,3746	87,8613	176,1444	8,6955	58,0961	221,0529
C62	9776,3681	180,8209	176,1444	8,6955	58,0962	75,5553
C3	9761,4158	87,8613	176,1444	8,6955	226,6719	286,7316
C62	9761,4093	180,8209	176,1444	8,6955	226,6719	262,082
C3	9746,4571	87,8613	176,1444	8,6955	453,3854	390,8701
C62	9746,4506	180,8209	176,1444	8,6955	453,3853	487,0681
C2	8821,4762	139,9698	109,6427	6,4114	282,4762	349,526
C2	8821,4762	139,9698	109,6427	6,4114	141,3701	170,0917
C2	8821,4762	139,9698	109,6427	6,4114	29,2671	32,2066

Tabel 4.7 Joint Reaction ETABS

Joint	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN	MY kN	MZ kN
40	5353,526	363,4535	1652,678	1084,21	14799,981	296,655
40	97,0986	4121,335	10954,74	10596,45	114,5051	60,0146
40	3381,178	229,5498	1043,798	684,765	9347,3678	187,3613
48	348,7228	166859,2	379007,5	45346,88	1197,3017	66,816
48	4770,836	28926,68	99826,73	8637,264	13644,58	250,4215
48	262,3761	125543,5	285162,1	34118,61	900,8399	50,2718
67	661,3234	-799621	3458134	274179,4	678,8865	0,0002
67	1377,617	-968372	4170747	334494,3	4077,8413	-388,695
67	-54,9699	-630871	2745522	213864,4	-2720,068	388,6958

(Hasil : Sumber perhitungan 2023)

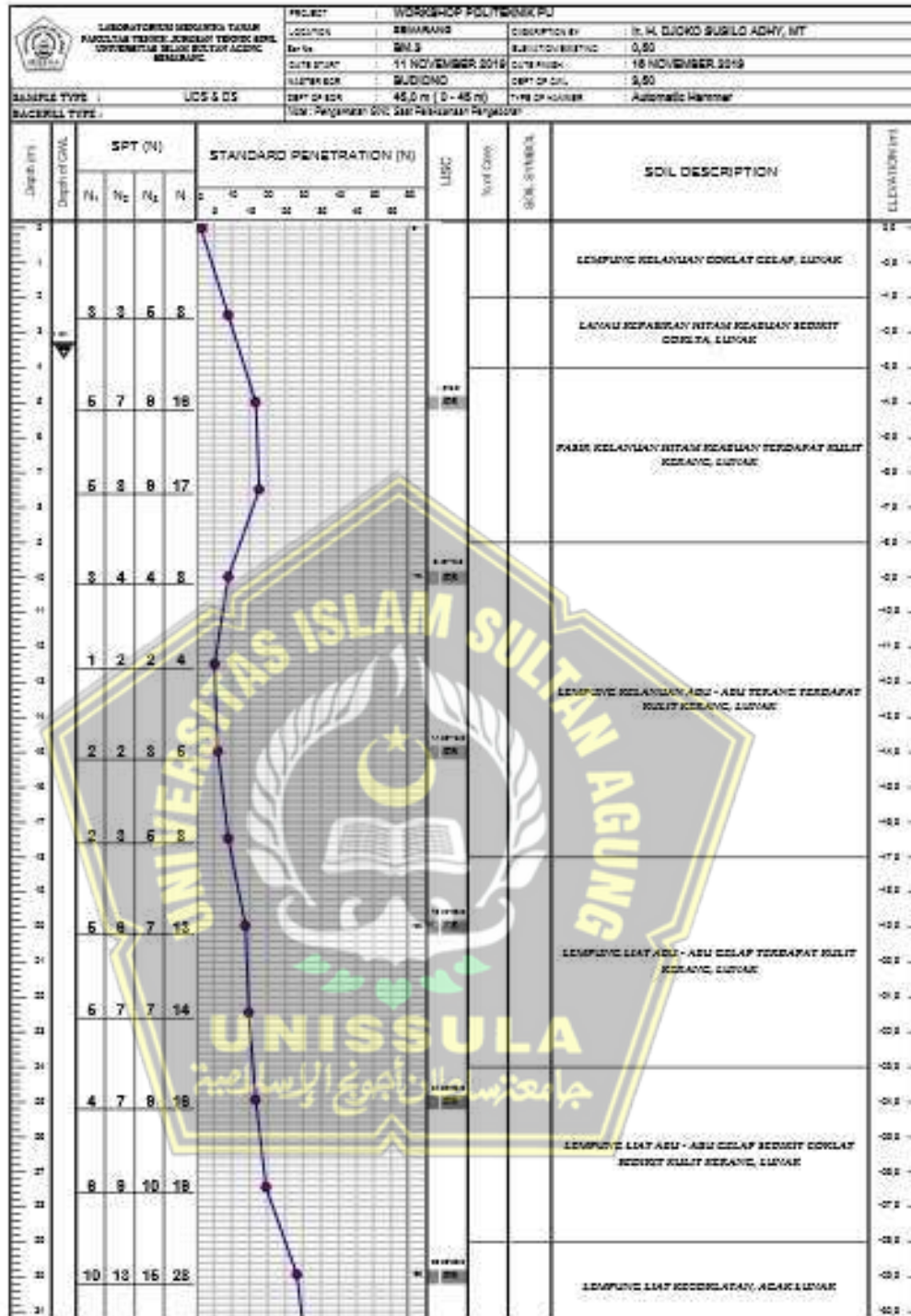
4.4 Daya Dukung Asial Tanah Pondasi (*single pile*)

Pada perencanaan proyek Gedung fasilitas pendidikan, telah direncanakan menggunakan pondasi *Square Pile* dengan ukuran sisi sebesar 40 cm. Pada perhitungan kapasitas daya dukung fondasi *Square Pile* dihitung dengan metode *Reese & wright, Mayerhof* dan *Tomlinson* menggunakan data N-SPT (*Standart Penetration Test*). Adapun data pondasi *Square Pile* adalah dilihat berikut :

- Sisi = 40cm = 0,4 m
- Kedalaman = 30m
- Keliling \square = 4 x 0,4
= 4 x 0,4
= 1,6 m
- Luas (Ap) = sisi x sisi
= 0,4 x 0,4
= 0,16 m²
- Kuat Tlang = Ap x Berat beton x Kedalaman Tiang
= 0,16 x 2400 x 30
= 11520kg = 11,520 ton = 115,20 kN

Untuk mengerjakan daya dukung pondasi maka harus menentukan data N-SPT dilihat gambar sebagai berikut :





Gambar 4. 9 Data Tanah (PT CIRIAJASA)

4.4.1 Daya Dukung Aksial Tanah Pondasi Metode Reese & Wright

a. Daya Dukung Ujung Pondasi

$$Q_p = A_p \times \left(7^{\frac{N_1+N_2}{2}}\right) \text{ (non kohesif)}$$

$$Q_{p_{\text{non kohesif}}} = \left(7^{\frac{N_1+N_2}{2}}\right)$$

$$Q_P = A_p \times q_p \text{ (kohesif)}$$

Dimana :

Q_p = Daya Dukung paling ujung (kN)

A_p = Luas tiang penmpang (m^2)

Q_p = Tahann ujung tiang (kN/m^2)

Pada tanah non kohesif kedalaman 2 meter dijelaskan sebagai berikut:

$$q_{p_{\text{non kohesif}}} = \left(7^{\frac{N_1+N_2}{2}}\right)$$

$$N_1 = 4 \times s \times L$$

$$= 4 \times 0,4 \times 2$$

$$= 3,6 \text{ m}$$

$$= \text{N-SPT } 2 = 6$$

$$= \text{N-SPT } 4 = 11$$

$$= \text{N-SPT } 6 = 8$$

$$= \text{N-SPT rata-rata} = 8,33$$

$$N_2 = L \times -8 \times s$$

$$= 2 \times -8 \times 0,4$$

$$= -1,2 \text{ m}$$

$$= \text{N-SPT-2} = 0$$

$$= \text{N-SPT } 0 = 0$$

$$= \text{N-SPT } 2 = 6$$

$$= \text{N-SPT } 4 = 11$$

$$= \text{N-SPT } 6 = 8$$

$$= \text{N-SPT rata-rata} = 5$$

$$q_{p_{\text{non kohesif}}} = \left(7^{\frac{N_1+N_2}{2}}\right)$$

$$= \left(7^{\frac{8,3+5}{2}}\right)$$

$$= 46,66 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= A_p \times \left(7 \frac{N_1 + N_2}{2}\right) \\
 &= 0,16 \times 46,66 \\
 &= 7,466 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Pada tanah kohesif pada kedalaman 20 m dijelaskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C_u &= \text{NSPT} \times 2/3 \times 10 \\
 &= 6/3 \times 10 \\
 &= 40 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_p \text{ kohesif} &= 9 \times C_u \\
 &= 9 \times 40 \\
 &= 720 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= A_p \times q_p \\
 &= 0,16 \times 360 \\
 &= 57,6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Gaya Dukung gesek Pondasi Gesek

Selimum gesek tiang per stuan luas di jelaskan dari jenis tanah dan parameter kekuatan geser tanah.

$$Q_s = L_i \times f \times p$$

$$f_{\text{(kohesif)}} = C_u \times \alpha$$

$$f_{\text{(non kohesif)}} = \alpha \text{ NSPT}$$

Dimana :

$$Q_s = \text{daya dkung selimum (kN)}$$

$$F = \text{gesek selimum tiang (kN/m}^2\text{)}$$

$$\alpha = \text{factor adheesi}$$

$$- 0,32 \text{ tanah non-kohesif}$$

$$- 0,55 \text{ tanah kohesif}$$

$$C_u = \text{Koheesi tanah (kN/m}^2\text{)}$$

Tanah non kohesif tanah kedalaman 2 m dijelaskan sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned}
 f_{\text{(non kohesif)}} &= \alpha \times \text{N-SPT} \\
 &= 0,32 \times 6 \\
 &= 1,92 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \times L_1 \times p \\
 &= 1,92 \times 2 \times 1,6 \\
 &= 6,144 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tanah kohesif kedalaman 20 m dijelaskan berikut ini :

$$\begin{aligned}
 f_{\text{(kohesif)}} &= \alpha \times C_u \\
 &= 0,55 \times 40 \\
 &= 20 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= L_i \times f \times p + Q_s \text{ (kedalaman 18m)} \\
 &= 30 \times 2 \times 1,6 + 102,741 \\
 &= 173,141 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Daya Dukung Ultimit Tiang *single*

- Kedalaman 2 meter

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\
 &= 7,466 + 6,114 \\
 &= 13,611 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Kedalaman 20 meter

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= Q_p + \Sigma Q_s \\
 &= 57,6 + 173,141 \\
 &= 230,7 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

d. Daya Dukung Ijin Tiang *single*

- kedalaman 2 meter

$$\begin{aligned}
 Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{SF} \\
 &= \frac{13,611}{3} \\
 &= 4,537 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Untuk kedalaman 20 meter

$$\begin{aligned}
 Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{SF} \\
 &= \frac{230,7}{3} \\
 &= 76,91 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Untuk Kedalaman tanah 30m dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Pehitungan Metode *Reese & wright* Daya Dukung Aksial

L	Nspt	s	N1	N2	rata rata		qp
					N1 + 3	N2 + 5	
0	0	0,4	1,6	-3,2	5,666667	3,4	31,73
2	6	0,4	3,6	-1,2	8,333333	5	46,67
4	11	0,4	5,6	0,8	8	6	49
6	8	0,4	7,6	2,8	11,66667	31	149,3
8	5	0,4	9,6	4,8	5	6,8	41,3
10	5	0,4	11,6	6,8	4,666667	5,4	35,23
12	5	0,4	13,6	8,8	5	5	35
14	4	0,4	15,6	10,8	5	5	35
16	6	0,4	17,6	12,8	5,666667	5,2	38,03
18	5	0,4	19,6	14,8	5,333333	5,2	36,87
20	6	0,4	21,6	16,8	17	23	140
22	5	0,4	23,6	18,8	32,66667	25,2	202,5
24	5	0,4	25,6	20,8	47,33333	41	309,2
26	21	0,4	27,6	22,8	42,33333	54,8	340
28	20	0,4	29,6	24,8	32,66667	67	348,8
30	19	0,4	31,6	26,8	28	72,2	350,7
32	10	0,4	33,6	28,8	41	64,2	368,2
34	11	0,4	35,6	30,8	58	66,4	435,4
36	21	0,4	37,6	32,8	57	75	462
38	27	0,4	39,6	34,8	30	89	416,5
40	30	0,4	41,6	36,8	0	78	273

Depth (m)	Nspt	Cu (kN/m ²)	a (alfa)	f (kN (m ²))	Li (m)	p (m)	Qs		Ap (m ²)	qs (kN/m ²)	Qp (kN)	Qult (kN)	Qall (kN)
							Local	Cum					
0	0	0	0,32	0	0	1,6	0	0	0,16	31,73333	5,0773	5,077	1,692
2	6	40	0,32	1,92	2	1,6	6,144	6,144	0,16	46,66667	7,4667	13,61	4,537
4	11	73,33	0,32	3,52	2	1,6	11,264	17,408	0,16	49	7,84	25,25	8,416
6	8	53,33	0,32	17,07	2	1,6	54,613	72,0213	0,16	480	76,8	148,8	49,61
8	5	33,33	0,32	1,6	2	1,6	5,12	77,1413	0,16	41,3	6,608	83,75	27,92
10	5	33,33	0,32	1,6	2	1,6	5,12	82,2613	0,16	55,23333	5,6373	87,9	29,3
12	5	33,33	0,32	1,6	2	1,6	5,12	87,3813	0,16	35	5,6	92,98	30,99
14	4	26,67	0,32	1,28	2	1,6	4,096	91,4773	0,16	35	5,6	97,08	32,36
16	6	40	0,32	1,92	2	1,6	6,144	97,6213	0,16	38,03333	6,0853	103,7	34,57
18	5	33,33	0,32	1,6	2	1,6	5,12	102,741	0,16	36,86667	5,8967	108,6	36,21
20	6	40	0,55	22	2	1,6	70,4	173,141	0,16	360	57,6	230,7	76,91
22	5	33,33	0,55	18,33	2	1,6	58,667	231,808	0,16	300	48	279,8	93,27
24	5	33,33	0,55	18,33	2	1,6	58,667	290,475	0,16	300	48	338,5	112,8
26	21	140	0,55	77	2	1,6	246,4	536,875	0,16	1260	201,6	738,5	246,2
28	28	28	0,55	28	28	1,6	28	28	0,16	28	28	28	28
30	19	126,7	0,55	69,67	2	1,6	222,93	250,933	0,16	1140	182,4	433,3	144,4
32	10	66,67	0,55	36,67	2	1,6	117,33	368,267	0,16	600	96	464,3	154,8
34	11	73,33	0,55	40,33	2	1,6	129,07	497,333	0,16	660	105,6	602,9	201
36	21	140	0,55	77	2	1,6	246,4	743,733	0,16	1260	201,6	945,3	315,1
38	27	180	0,55	99	2	1,6	316,8	1060,53	0,16	1620	259,2	1320	439,9
40	30	200	0,55	110	2	1,6	352	1412,53	0,16	1800	288	1701	566,8

(Hasil : Sumber perhitungan 2023)

4.4.2 Daya` dukung aksial tanah pondasi metode mayerhof

a. Daya Dukung ujung tanah pondasi

- Daya dukung ujung tanah (Qp) untuk tanah non-kohefif

$$Q_p = 40 n_b a_p$$

Dimana :

n_b = rata-rata dari 8D diatas ujung pondasi dan 4D dibagian ujung pondasi

a_p = Luas Penampang Tiang (m²)

Tanah non-kohefif kedalaman 2 meter dijelaskan sebagai berikut :

n_b = hasil rata-rata dari 8D diatas ujung pondasi dan 4D dibawah ujung pondasi

$$8D = 8 \times 0.4 = 3,2 \text{ m}$$

$$4D = 4 \times 0.4 = 1,6 \text{ m}$$

Nilai SPT rata-rata pada kedalaman 2 m yaitu 8D keatas s/d 4D kebawah :

$$\begin{aligned} Q_p &= 40 n_b \times a_p \\ &= 40 \times 10,67 \times 0,16 \\ &= 59,514 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Dukung Ujung (Qp) tanah kohefif

$$Q_p = 9 c_u a_p$$

Dimana :

c_u = Kohesi Tanah (kN/m²)

a_p = Luas Penampang Tiang (m²)

tanah kohefif kedalaman 20 m dijelaskan sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned} c_u &= N\text{-spt} \times \frac{2}{3} \times 10 \\ &= 6 \times \frac{2}{3} \times 10 \\ &= 40 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 9 \times c_u \times a_p \\ &= 9 \times 40 \times a_p \\ &= 9 \times 40 \times 0,16 \\ &= 57,60 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Daya Dukung Selimut Tiang

- Daya dukung selimut tiang (Q_s) tanah non kohesif

$$Q_s = 0,2 \text{ NSPT} \times L_i \times p$$

Dimana :

$$P = \text{keliling penampang (m)}$$

$$L_i = \text{Tebal lapisan tanah ke-I (m)}$$

tanah non kohesif kedalam 2meter dijelaskan sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned} Q_s &= (\alpha \text{ N-SPT} \times L_i \times p) \\ &= (0,2 \times 6 \times 2 \times 1,6) \\ &= 3,84 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang (Q_s) tanah kohesif

$$Q_s = \alpha \times C_u \times L_i \times p$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \alpha &= \text{factor adesi (dilihat pada grafik pada gambar)} \\ &- 0,2 \text{ Tanah Non-Kohesif} \\ &- 0,6 \text{ Tanah Kohesif} \end{aligned}$$

$$C_u = \text{Kohesi Tanah (kN/m}^2\text{)}$$

$$P = \text{Keliling Penampang Tiang (m)}$$

$$L_i = \text{Tebal Lapisan Tanah ke-i (m)}$$

Tanah kohesif kedalam 20m dijelaskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_s &= \alpha \times C_u \times L_i \times P \\ &= 0,6 \times 40 \times 2 \times 1,6 \\ &= 76,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum Q_s &= \alpha \times C_u \times p \times L_i \times \sum Q_s \text{ (kedalaman 18meter)} \\ &= 0,6 \times 40 \times 1,6 \times 2 + 128,64 \\ &= 76,8 + 132,48 \\ &= 209,28 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi *single pile* (Q_{ult})

- Tanah kedalaman 2 meter

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + \sum Q_s \\ &= 59,514 + 3,84 \\ &= 63,353 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Tanah kedalaman 20 meter

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + \sum Q_s \\ &= 57,60 + 209,28 \\ &= 266,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

d. Daya Dukung Ijin Tanah Pondasi *single pile* (Qall)

- Untuk kedalaman 2 meter

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{SF} \\ &= \frac{63,3536}{3} \\ &= 21,1179 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kedalaman 20 meter

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{SF} \\ &= \frac{266,88}{3} \\ &= 88,96 \text{ kN} \end{aligned}$$

Untuk kedalaman tanah 30m diuraikan table 4.9 dibawah ini:

Tabel 4.9 Perhitungan Metode *Mayerhof* Daya Dukung Aksial Tanah

Depth (m)	N _{SPT}	40Nb	0.2 N _{SPT}	Cu (kN/m ²)	a	Li (m)	Keliling (m)	Ap (m ²)	Q _s		Q _p	Q _{ult}	Q _{all}
									Local	Cumulative			
0	0	9,299	0	0	0,2	0	1,6	0,16	0	0	0	0	0
2	6	9,299	1,2	40	0,2	2	1,6	0,16	3,84	3,84	59,514	63,3536	21,1179
4	11	9,299	2,2	73,33	0,2	2	1,6	0,16	7,04	10,88	59,514	70,3936	23,4645
6	8	9,299	1,6	53,33	0,6	2	1,6	0,16	102,4	113,28	76,8	190,08	63,36
8	5	9,299	1	33,33	0,2	2	1,6	0,16	3,2	116,48	59,514	175,994	58,6645
10	5	9,299	1	33,33	0,2	2	1,6	0,16	3,2	119,68	59,514	179,194	59,7312
12	5	9,299	1	33,33	0,2	2	1,6	0,16	3,2	122,88	59,514	182,394	60,7979
14	4	9,299	0,8	26,67	0,2	2	1,6	0,16	2,56	125,44	59,514	184,954	61,6512
16	6	9,299	1,2	40	0,2	2	1,6	0,16	3,84	129,28	59,514	188,794	62,9312
18	5	9,299	1	33,33	0,2	2	1,6	0,16	3,2	132,48	59,514	191,994	63,9979
20	6	9,299	1,2	40	0,6	2	1,6	0,16	76,8	209,28	57,6	266,88	88,96
22	5	9,299	1	33,33	0,6	2	1,6	0,16	64	273,28	48	321,28	107,093
24	5	9,299	1	33,33	0,6	2	1,6	0,16	64	337,28	48	385,28	128,427
26	21	9,299	4,2	140	0,6	2	1,6	0,16	268,8	606,08	201,6	807,68	269,227
28	20	9,299	4	133,3	0,6	2	1,6	0,16	256	862,08	192	1054,08	351,36
30	19	9,299	3,8	126,7	0,6	2	1,6	0,16	243,2	1105,28	182,4	1287,68	429,227
32	10	9,299	2	66,67	0,6	2	1,6	0,16	128	1233,28	96	1329,28	443,093

(Hasil : sumber perhitungan 2023)

4.4.3 Daya Dukung Tanah Pondasi Metode Tomlinson

Analisa perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang untuk tanah koehsif menggunakan metode Tomlinson, pada kedalaman 20 meter.

- Perhitungan nilai kohesit tanah

$$C_u = 1/20 \times q_c$$

$$\begin{aligned}
&= 1,20 \times 30 \\
&= 1,5 \text{ kg/cm}^2 \\
&= 465,526 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

- Perhitungan daya dukung ujung tiang

$$Q_p = ((N_c \times C_u) + (\gamma + L_i) \times A_p) / 3$$

Dimana :

N_c = Nilai factor daya dukung di bawah ujung tiang bor bernilai 9

γ = Berat jenis (kohesif) bernilai 1,6

L_i = kedalaman tiang

A_p = Luas penampang ujung tanah

- a. Daya dukung ujung pondasi

$$\begin{aligned}
Q_p &= ((N_c \times C_u) + (\gamma + L_i) \times A_p) / 3 \\
&= ((9 \times 465,526) + (0,55 + 30) \times 0,16) / 3 \\
&= 1398,589 \text{ kN}
\end{aligned}$$

- b. Perhitungan daya dukung selimut pondasi tiang pancang

$$\begin{aligned}
Q_s &= (s \times (S \times L_i) \times (\alpha \times C_u)) / 5 \\
&= (1 \times (0,4 \times 20) \times (0,55 \times 465,526)) / 5 \\
&= 409,507 \text{ kN}
\end{aligned}$$

- c. Perhitungan daya dukung (Qult)

$$\begin{aligned}
Q_{ult} &= Q_p \times Q_s \\
&= 1398,589 \times 409,507 \\
&= 1808,507 \text{ kN}
\end{aligned}$$

- d. Perhitungan daya dukung (Qall)

$$\begin{aligned}
Q_{all} &= Q_{ult} / SF \\
&= 1808,507 / 2,5 \\
&= 723,403 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Tabel 4.10 Perhitungan Metode Tomlinson Daya Dukung Aksial

Metode Tomlinson		kg to KN (98,0665)					
Kedalaman	qc	Cu	Ap	Qp	Qs	Qu	Qall
0	0	0	0,16	0	0	0	0
2	9	44,130	0,16	132,571	3,883	136,455	54,582
4	30	147,100	0,16	441,587	25,890	467,477	186,991
6	35	171,616	0,16	515,244	45,307	560,551	224,220
8	18	88,260	0,16	265,281	31,067	296,348	118,539
10	6	29,420	0,16	88,868	12,945	101,813	40,725
12	20	98,067	0,16	294,914	51,779	346,693	138,677
14	28	137,293	0,16	412,701	84,573	497,273	198,909
16	47	230,456	0,16	692,297	162,241	854,538	341,815
18	55	269,683	0,16	810,083	213,589	1023,672	409,469
20	95	465,816	0,16	1398,589	409,918	1808,507	723,403

4.4.4 Hasil Perhitungan

Sesudah mengerjakan perhitungan daya dukung tanah pondasi dengan 3 metode 3 yaitu reese & wright, mayerhof, dan tomlison. Berikut ini adalah table hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.11

Tabel 4.11 hasil perhitugan daya dukung aksial tanah pondasi

Metode	Daya Dukung Ujung Tiang (kN)	Daya dukung Selimut Tiang (kN)	Daya Dukung Ultimate ziang (kN)	Daya Dukung Izin Tiang (kN)
Reese & Wright	182,4	994,5	1177	392,291
Meyerhof	182,4	1105,3	1287,7	429,23
Tomlinson	13898,8 59	409,918	1808,507	723,403
Daya dukung yang digunakan	182,4	994,5	1177	392,291

(sumber : Hasil perhitungan 2023)

Pada tabel diatas diporoleh daya dukung pondasi yang paling kecil dapat dijadikan aucuan pengerjaan tahap perhitungan selanjutnya. Hasil nilai daya dukung dipilih paling kecil

4.5 Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal (*single pile*)

4.5.1 Daya Dukung Lateral Menurut Metode Broms

$$\gamma = 1,319 \text{ kN/m}^3$$

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

$$K_p = 3,044$$

Identifikasi tiang

$$D = 0.4\text{m}$$

$$L = 30\text{m}$$

$$F_c' = 350 \text{ kg/cm}^3 = 30 \text{ Mpa}$$

Cek kekuatan tiang

$$E = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 4700 \sqrt{30}$$

$$= 257429,6 \text{ kN/m}^2$$

Kekuatan tiang pondasi

$$I = \frac{1}{64} \times \pi \times D^4$$

$$= \frac{1}{64} \times 3,14 \times 0,4^4$$

$$= 0,0013 \text{ m}^4$$

Untuk mencari kekuatan pondasi tiang maka harus di butuhkan η yang di dapat dari tabel nilai-nilai η pada tanah kohesif.

Nilai η didapat 280 kN/m²

factor kekakuan pada tanah

$$T = \left(\frac{E_p \times I_p}{\eta h} \right)^{1,5}$$

$$= \left(\frac{257429,6 \times 0,0013}{280} \right)^{1,5}$$

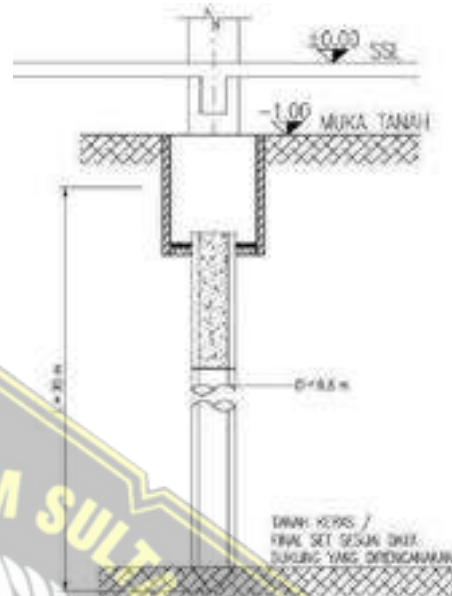
$$= 1,24$$

$$4T = 4 \times T$$

$$= 4 \times 1,24$$

$$= 4,963 \text{ m}$$

Pada hasil perhitungan, $L > 4 T$, untuk tiang pondasi termasuk tiang pondasi Panjang yang elastis.



Cek keruntuhan tanah

$$\begin{aligned}M_{\max} &= s \times \gamma \times L^3 \times K_p \\ &= 0,4 \times 1,319 \times 30^3 \times 3,044 \\ &= 43362,3888 \text{ kN.m}\end{aligned}$$

Cek H_u

$$\begin{aligned}f &= 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{D \times K_p \times \gamma}} \\ &= 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{0,4 \times 3,004 \times 1,319}}\end{aligned}$$

$$f = 1,316932$$

$$\begin{aligned}H_u &= \frac{2My}{e + \frac{2f}{3}} \\ &= \frac{2 \times 1500}{0 + (2 \times 0,134) \cdot \frac{\sqrt{H_u}}{3}}\end{aligned}$$

$$H_u = \frac{3482,76}{\sqrt{H_u}}$$

$$H_u^{2/3} = 3482,76$$

$$H_u = 1059,42 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}H_{\text{ijin}} &= H_u / 3 \\ &= 1059,42 / 3 \\ &= 353,14 \text{ kN}\end{aligned}$$

Menentukan tahanan lateral ijin adalah :

$$55 = \frac{H_u}{K_p \times \gamma \times D^2}$$

$$55 = \frac{H_u}{3,044 \times 1,319 \times 0,4^2}$$

$$H_u = 35,33232 \text{ kN}$$

4.6 Daya Dukung Pondasi Kelompok Tiang (Group pile)

Jika memiliki hitungan daya dukung untuk masing-masing tiang pancang dapat menggunakan persamaan pendekatan Converse-Labbare untuk mendapatkan daya dukung kelompok tiang. Inilah jumlah tiang pancang yang akan dibuat.

4.6.1 Menentukan Jumlah pile

Tabel 4.12 Jumlah Tiang Akibat Beban Aksial

joint	n1	n2	S	D	θ	Efisiensi	%	n	Qall	Qallowable	Beban	Keterangan
						Group			Single		Kolom	Qall > P
55	1	1	180	60	36,87	1	100	1	392,291	392,291	297	AMAN
89	1	1	180	60	36,87	1	100	1	392,291	392,291	297	AMAN
95	1	1	180	60	36,87	1	100	1	392,291	392,291	297	AMAN
26	1	1	180	60	36,87	1	100	1	392,291	392,291	297	AMAN
3	1	1	180	60	36,87	1	100	1	392,291	392,291	297	AMAN
2	1	1	180	60	36,87	1	100	1	392,291	392,291	297	AMAN
61	1	1	180	60	36,87	1	100	1	392,291	392,291	297	AMAN
48	1	1	180	60	36,87	1	100	1	392,291	392,291	297	AMAN
83	1	1	180	60	36,87	1	100	1	392,291	392,291	297	AMAN
29	1	1	180	60	36,87	1	100	1	392,291	392,291	297	AMAN
66	1	1	180	60	36,87	1	100	1	392,291	392,291	297	AMAN
1	1	1	180	60	36,87	1	100	1	392,291	392,291	297	AMAN
87	1	1	180	60	36,87	1	100	1	392,291	392,291	297	AMAN
39	3	3	180	60	36,87	0,73	50	8	392,291	2290,979	900,8339	AMAN
52	3	3	180	60	36,87	0,73	50	8	392,291	2290,979	900,8339	AMAN
28	3	3	180	60	36,87	0,73	50	8	392,291	2290,979	900,8339	AMAN
54	3	3	180	60	36,87	0,73	50	8	392,291	2290,979	900,8339	AMAN
31	3	3	180	60	36,87	0,73	50	8	392,291	2290,979	900,8339	AMAN
50	3	3	180	60	36,87	0,73	50	8	392,291	2290,979	900,8339	AMAN
60	3	3	180	60	36,87	0,73	50	8	392,291	2290,979	900,8339	AMAN
78	3	3	180	60	36,87	0,73	50	8	392,291	2290,979	900,8339	AMAN
70	3	3	180	60	36,87	0,73	73	9	392,291	2577,352	1.378	AMAN
77	3	3	180	60	36,87	0,73	73	9	392,291	2577,352	1.378	AMAN
91	3	3	180	60	36,87	0,73	73	9	392,291	2577,352	1.378	AMAN
51	3	3	180	60	36,87	0,73	73	9	392,291	2577,352	1.378	AMAN
81	3	3	180	60	36,87	0,73	73	9	392,291	2577,352	1.378	AMAN
93	3	3	180	60	36,87	0,73	73	9	392,291	2577,352	1.378	AMAN
56	3	3	180	60	36,87	0,73	73	9	392,291	2577,352	1.378	AMAN
72	3	3	180	60	36,87	0,73	73	9	392,291	2577,352	1.378	AMAN
92	3	3	180	60	36,87	0,73	73	9	392,291	2577,352	1.378	AMAN
73	3	3	180	60	36,87	0,73	73	9	392,291	2577,352	1.378	AMAN

(sumber : hasil perhitungan 2023)

$$N = \left(\frac{P}{Qa}\right)$$

Dimana :

P : Beban kolom pada joint

Qa : $Q_{allowable}$

4.6.2 Memilih Jarak Tiang

a. Sarat pada jarak tiang (as ke as)

$$2,5D < S < 3D$$

$$(2,5 \times 40) < s < (3 \times 40) = 120 < S < 1200 \\ = 120 \text{ cm} = 1,2 \text{ m}$$

b. Sarat jarak as tepi tiang

$$S < 1,25 \times \text{sisi}$$

$$S < 1,25 \times 0,4 = < 5 \\ = 5 \text{ m}$$

4.6.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok

Kapasitas daya dukung tiang pancang kelompok memperhitungkan untuk factor efisien. Adapun factor efisien bisa dihitung menggunakan menurut *Converse-labarre equation* :

$$E_g = 1 \left[\frac{(n_1 - 1) \cdot n_2 + (n_2 - 1) \cdot n_1}{90 \cdot n_1 \cdot n_2} \right] \cdot \theta$$

Dimana :

n_1 = Jumlah baris tiang

n_2 = jumlah 1 baris tiang

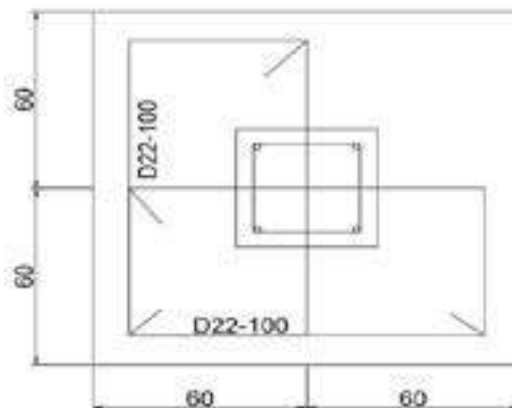
s = jarak antar tiang

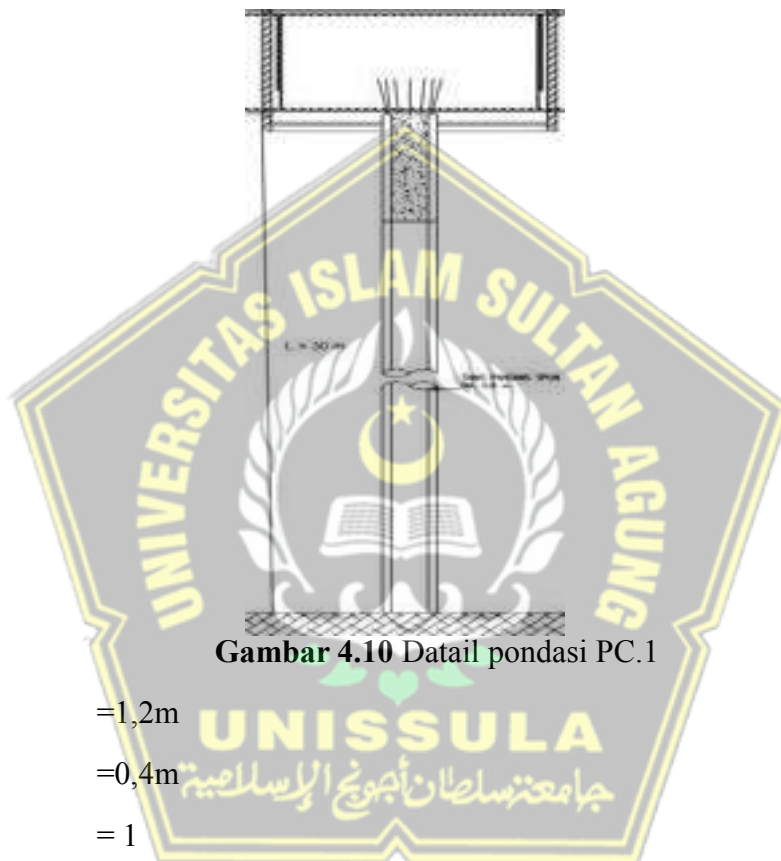
D = Diameter atau sisi tiang

θ = $\tan^{-1}(D/s)$ ($^\circ$)

a. Perhitungan PC 1 daya dukung kelompok tiang

Gambar detail pondasi tipe *pile cap* PC.1 diuraikan pada Gambar 4.10.





Gambar 4.10 Detail pondasi PC.1

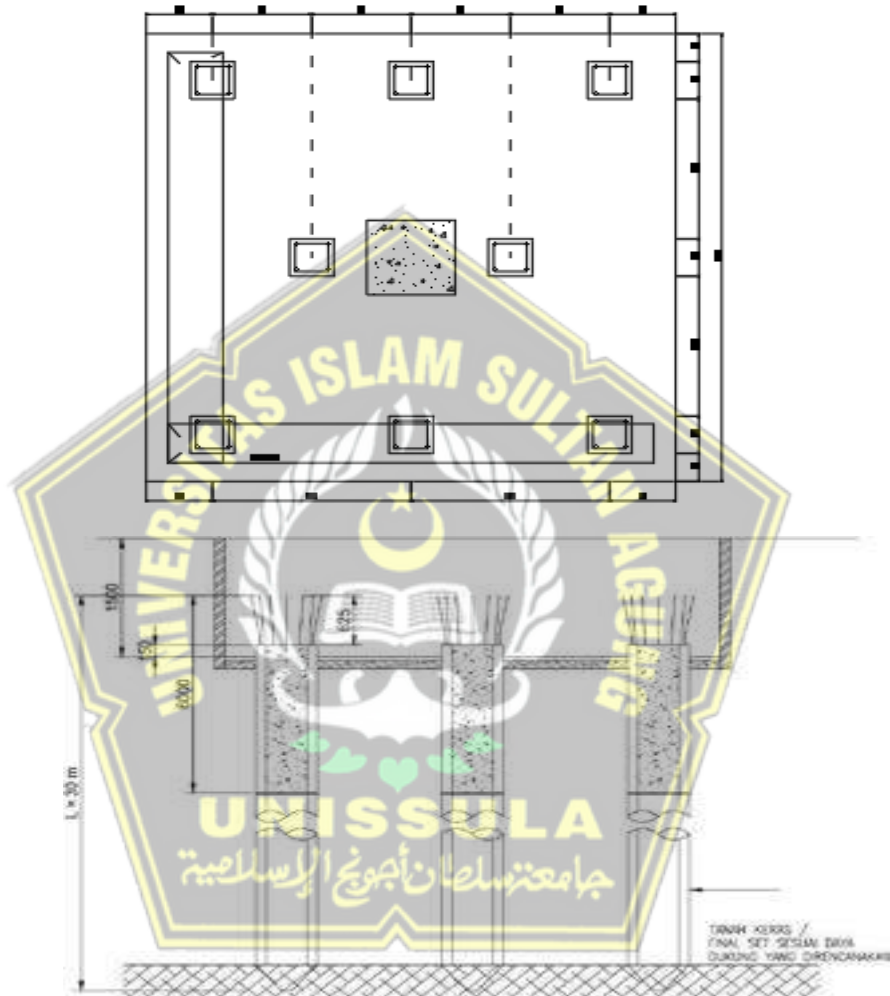
$$\begin{aligned}
 S &= 1,2\text{m} \\
 D &= 0,4\text{m} \\
 n_1 &= 1 \\
 n_2 &= 1 \\
 \theta &= \tan^{-1}\left(\frac{D}{S}\right) \\
 &= \tan^{-1}\left(\frac{0,6}{1,2}\right) \\
 &= 18,43 \\
 E_g &= 1 - \left[\frac{(1-1),1+(1-1),1}{90.1.1}\right] \cdot 18,43 \\
 &= 1 \\
 &= 100 \% \\
 Q_{\text{all(Group)}} &= n \times Q_{\text{all(tunggal)}} \times E_g
 \end{aligned}$$

$$= 1 \times 392,291 \times 1$$

$$= 392,291 \text{ kN}$$

b. Perhitungan PC 6 daya dukung kelompok tiang

Pada Gambar 4.13, memiliki representasi diagramis dari alas dengan *pile cap* tipe PC.



Gambar 4.11 Detail pondasi PC. 6

$$S = 1,2\text{m}$$

$$D = 0,4\text{m}$$

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{D}{S}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{0,4}{1,2}\right)$$

$$= 18,43$$

$$E_g = 1 - \left[\frac{(3-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 3}{90 \cdot 3 \cdot 3} \right] \cdot 18,43$$

$$= 0,73$$

$$= 73 \%$$

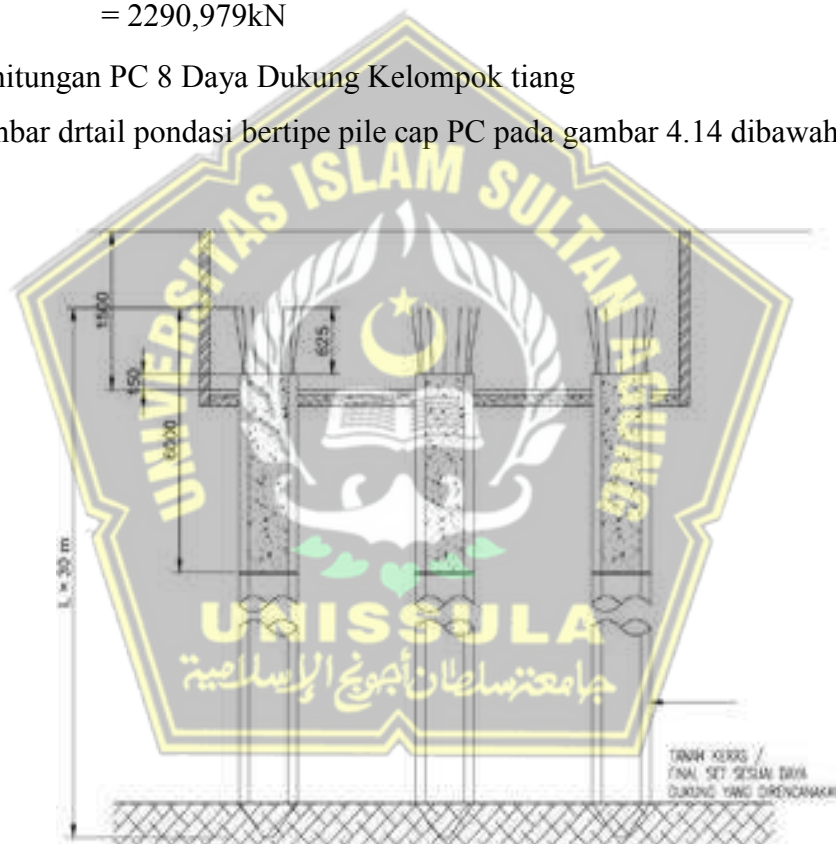
$$Q_{all(\text{Group})} = n \times Q_{all(\text{single})} \times E_g$$

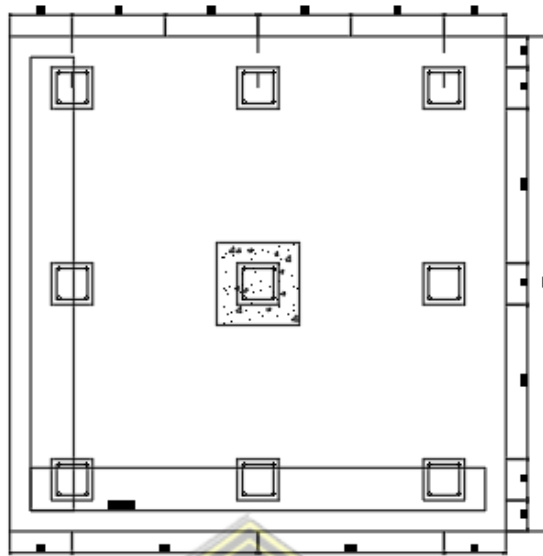
$$= 8 \times 392,291 \times 0,73$$

$$= 2290,979 \text{ kN}$$

c. Perhitungan PC 8 Daya Dukung Kelompok tiang

Gambar drtail pondasi bertipe pile cap PC pada gambar 4.14 dibawah ini.





Gambar 4. 12 Detail pondasi PC.8

$$S = 1,2 \text{ m}$$

$$D = 0,6 \text{ m}$$

$$n_1 =$$

$$n_2 = 3$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{D}{S} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{1}{3} \right)$$

$$= 36,87$$

$$E_g = 1 - \left[\frac{(3-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 3}{90 \cdot 3 \cdot 3} \right] \cdot 18,43$$

$$= 0,73$$

$$= 73 \%$$

$$Q_{all(\text{Group})} = n \times Q_{all(\text{single})} \times E_g$$

$$= 9 \times 392,291 \times 0,73$$

$$= 2577,352 \text{ kN}$$

4.6.4 Hasil Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang

Dari hasil perhitungan daya dukung kelompok tiang dapat diuraikan table 4.13 sebagai berikut :

Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Kelompok Tiang

Type	Beban (kN)	N	Eg	Qall Group (kN)	Keterangan
PC1	296,66	1	1	392,291	AMAN
PC6	900,8339	8	0,73	2290,979	AMAN
PC8	1377,6	9	0,73	2577,352	AMAN

(sumber : Hasil Perhitungan 2023)

4.7 Penurunan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Vesic

Metode vesic (1977) ada dua macam perhitungan penurunan pondasi yaitu penurunan kelompok pondasi dan perhitungan penurunan pondasi tiang tunggal.

4.7.1 Perhitungan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Tunggal (single Pile)

Metode vesic (1997), perhitungan elastis tiang tunggal dapat dijelaskan dibawah ini :

$$Se = Se_{(1)} + Se_{(2)} + Se_{(3)}$$

Dimana :

Se = total penurunan

Se₍₁₎ = penurunan elastis

Se₍₂₎ = penurunan tiang karena beban ujung tiang

Se₍₃₎ = penurunan tiang karena beban ditransmisikan sepanjang kulit tiang

• Nilai Se₍₁₎ didapatkan dari :

$$Se_{(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p \times E_p}$$

• Nilai Se₍₂₎ didapatkan dari :

$$Se_{(2)} = \frac{Q_{wp} \times C_p}{D \times q_p}$$

• Untuk Se₍₃₎ didapatkan dari :

$$Se_{(3)} = \frac{Q_{wp} \times C_p}{D \times q_p}$$

a. Perhitungan Kapasitas Dukung Pondasi

$$Q_p = 182,4 \text{ kN}$$

$$Q_{wp} = 182,4 / 4 = 45,6 \text{ kN}$$

$$Q_s = 994,5 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
Q_{ws} &= 994,5 / 4 = 248,625 \\
\xi &= 0,67 \text{ dari (Faktor empiric dari tipe tanah untuk tiang)} \\
L &= 30 \text{ m} \\
A_p &= s \times s = 4 \times 0,4 = 0,16 \text{ m}^2 \\
E_p &= 2,1 \times 10^6 = 2100000 \text{ kN/m}^2 \\
C_p &= \text{Konstanta empiris} \\
C_s &= (0,93 + 0,16 \sqrt{L/D}) \times C_p \\
&= (0,93 + 0,16 \sqrt{30/0,4}) \times 0,03 \\
&= 0,97 \\
s &= 0,4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
q_p &= \frac{Q_{wp}}{A_p} = \frac{45,6}{0,16} \\
&= 285 \text{ kN/m}^2 \text{ (tahanan ultimate ujung tiang)}
\end{aligned}$$

b. Perhitungan penurunan Elstis tiang *single*

$$\begin{aligned}
Se_{(1)} &= \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p \times E_p} \\
&= \frac{(45,6 + 0,67 \times 248,625)30}{0,16 \times 2,1 \times 10^6} \\
&= 0,018945 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Se_{(2)} &= \frac{Q_{wp} \times C_p}{S \times q_p} \\
&= \frac{45,6 \times 0,03}{0,4 \times 285} \\
&= 0,012 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Se_{(3)} &= \frac{Q_{ws} \times C_s}{L \times q_p} \\
&= \frac{248,625 \times 0,97}{30 \times 285} \\
&= 0,00202009 \text{ m}
\end{aligned}$$

Jumlah penurunan:

$$\begin{aligned}
Se &= Se_{(1)} + Se_{(2)} + Se_{(3)} \\
&= 0,018945 + 0,012 \text{ m} + 0,00202009 = 0,0330 \text{ m} = 3,296 \text{ cm}
\end{aligned}$$

c. Penurunan yang Diizinkan (S_{izin}) Menurut *Terzaghi* (1969)

$$\begin{aligned}
S_{izin} &= 10 \% \times s \\
&= 10 \% \times 0,4
\end{aligned}$$

$$= 0,04 \text{ m} = 4 \text{ cm}$$

Maka penurunan tiang tunggal terlalu kecil dari syarat dari S_{ijin} adalah 3,926 cm < 4 cm, maka syarat penurunan dapat dinyatakan aman.

4.7.2 Perhitungan Penurunan Kelompok Tiang Pondasi (*Group Pile*)

Metode vesic (1997), penurunan elastis kelompok tiang ini bisa dihitung dengan rumus sebagai berikut ini :

$$S_g = S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}}$$

Dimana :

S_g = penurunan pondasi kelompok tiang (m)

B_g = lebar kelompok tiang (m)

D = Diameter/sisi Tiang (m)

a. Pondasi PC1

Diketahui :

$$S_e = 0,0330 \text{ m}$$

$$D = 0,4 \text{ m}$$

$$B_g = 1,2 \text{ m}$$

$$S_g = S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}}$$

$$= 0,0330 \times \sqrt{\frac{1,2}{0,4}}$$

$$= 0,571 \text{ m} = 57,0,964 \text{ cm}$$

Jadi hasil penurunan pondasi PC 1 adalah = 57,0,964 cm

b. Pondasi PC 6

Diketahui :

$$S_e = 0,0330 \text{ m}$$

$$D = 0,4 \text{ m}$$

$$B_g = 3 \text{ m}$$

$$S_g = S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}}$$

$$= 0,0330 \times \sqrt{\frac{3}{0,4}}$$

$$= 0,9027,734 \text{ m} = 90,2773 \text{ cm}$$

Jadi hasil penurunan pondasi PC 6 adalah = 90,2773 cm

c. Pondasi PC 8

Dimana :

$$S_e = 0,0330 \text{ m}$$

$$D = 0,4 \text{ m}$$

$$B_g = 4,8 \text{ m}$$

$$S_g = S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}}$$

$$= 0,0330 \times \sqrt{\frac{4,8}{0,4}}$$

$$= 1,141928 \text{ m} = 114,192804 \text{ cm}$$

Jadi hasil penurunan pada pondasi PC 8 adalah = 114,192804 cm

4.8 Hasil Perhitungan Menggunakan Aplikasi

4.8.1 Penurunan Fondasi Tiang Pancang Menggunakan Plaxis 8.6

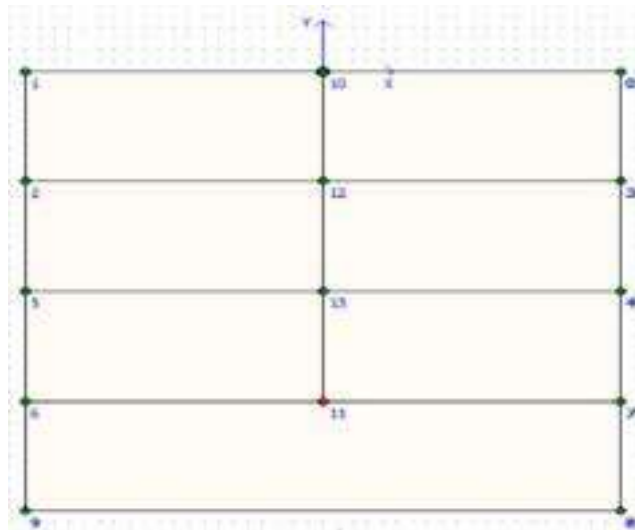
Permodelan pondasi tiang pancang square pile dengan program *software plaxis* 8.6 untuk dihitung penurunan tiang pancang yang telah terjadi akibat beban axial tanah. Berikut cara-cara perhitungan pondasi PC 1, PC 6, dan PC 8 dengan menggunakan metode plaxis sebagai berikut :

1. Langkah pertama yaitu memilih satuan yang dipakai.



Gambar 4. 13 Menentukan global dimensi

2. Tekan pada menentukan model geometris tanah yang disesuaikan dari data tanah yang dipakai.



Gambar 4. 14 Model Profil Tanah

3. Tekan  untuk menentukan jenis tanah yang dipakai.



Gambar 4. 15 Data Umum Material Fill



Gambar 4. 16 Data parameter Tanah




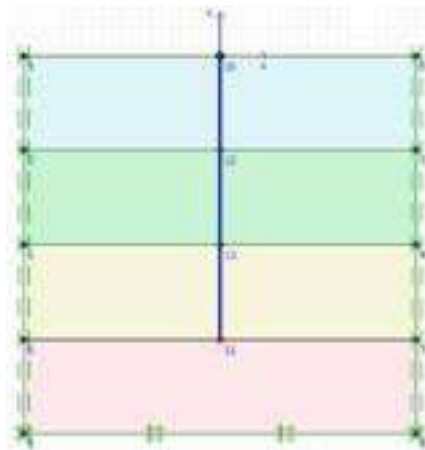
Gambar 4. 17 Data Antar Muka Matrial

4. Kemudian mengulangi langkah 1 sampai 3 untuk memilih matrial tanah lainnya
5. Selanjutnya tekan *done* kumpulan data material, kemudian memilih pelat agar dapat mengisi data tanah material pile yang disesuaikan.




Gambar 4. 18 Data Material Pondasi

6. Tekan symbol pelat agar mimilih model pondasi tiang pancang, selanjutnya mengklik simbol  untuk menentukan tekanan positif dan negative yang didapat dikeliling pondasi.




Gambar 4. 19 Model Fondasi Tiang Pancang

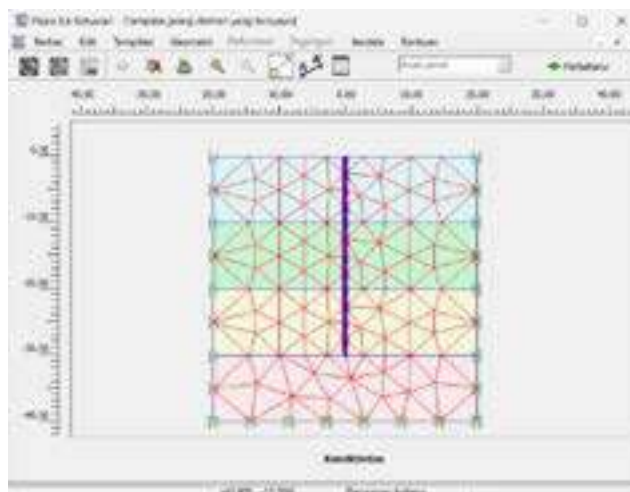
7. Isi data material ke permodelan yang dipakai sebelumnya.
8. Kemudian tekan  untuk mengisi beban sebesar kN/m^2 di atas pondasi tiang.



Gambar 4. 20 Input beban

Gambar 4. 21 Pembebanan Tiang Pancang

9. Kemudian tekan  berfungsi sebagai mengetahui hasil dari menyusun jaringan antar elmen.



Gambar 4. 22 Susunan Jaringan Elemen

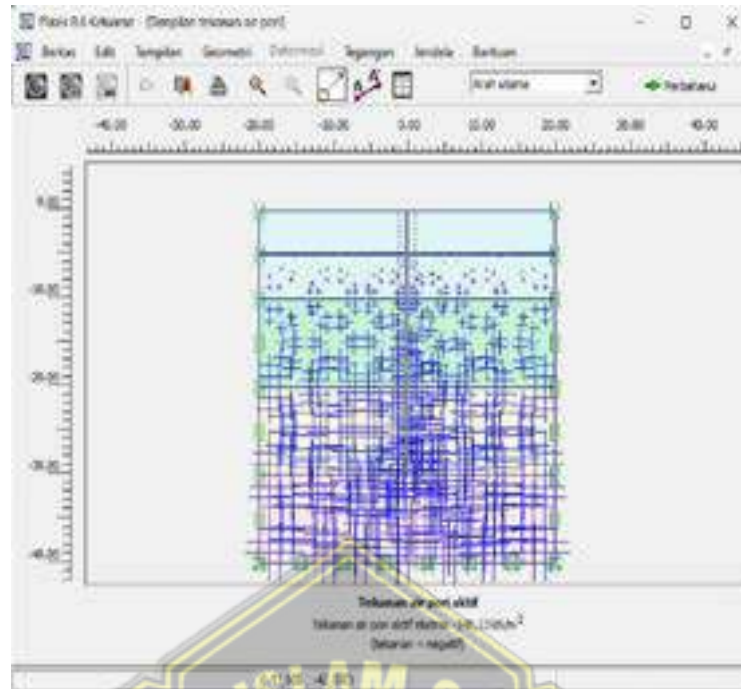
10. Kemudian tekan simbol kondisi awal yang didapat di menu toolbar

11. Tekan  menambahkan isi air



Gambar 4. 23 Muka Air Tanah

12. Sesudah ditambahkan beban air selanjutnya tekan simbol untuk mengaktifkan tekanan air pori



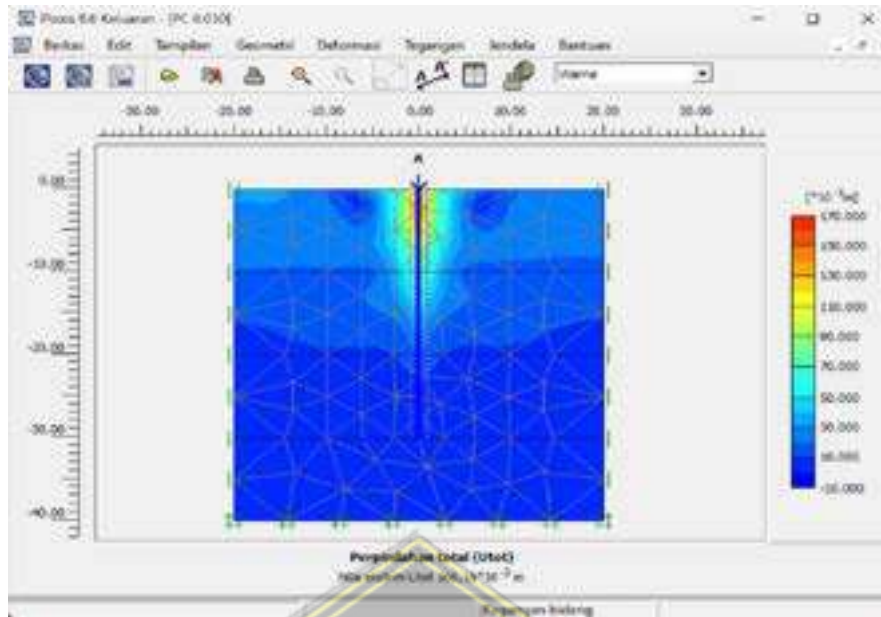
Gambar 4. 24 Tekanan Air Pori

13. Tekan  untuk menghidupkan tekanan air pori pada saat awal



Gambar 4. 25 Mengisi Tekanan Air Pori Awal

14. Tekan simbol menu toolbar yang difungsikan untuk memfungsikan tekanan efektif. Kemudian klik ok, sehingga bermunculan gambar, kemudian klik pembaruan.



Gambar 4. 28 Perpindahan Total PC 6
 maka hasil penurunan pondasi PC 6 menggunakan aplikasi plaxis adalah 16,61 cm



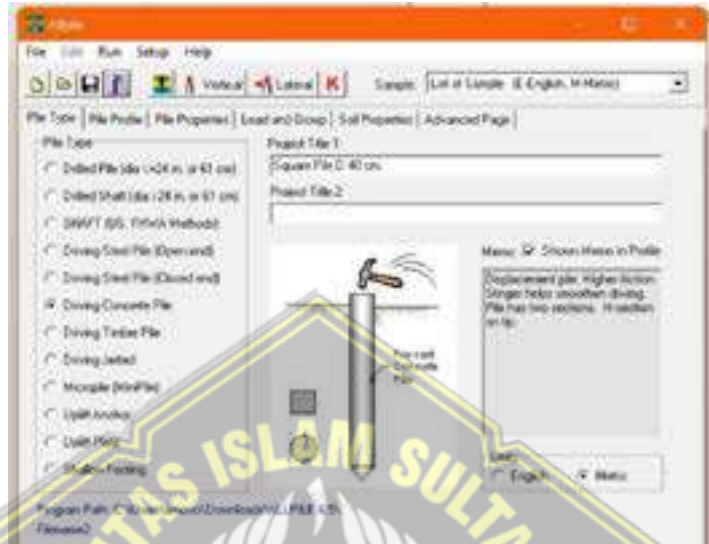
Gambar 4. 29 Perpindahan Total PC 8
 maka penurunan pondasi P7 menggunakan aplikasi plaxis adalah 20,483 cm.



4.8.2 Analisa Permodelan dengan Program Aplikasi (AllPile)

Langkah-langkah penyelesaian dengan menggunakan aplikasi AllPile adalah :

1. Memilih tipe fondasi yang akan digunakan, lalu memberi judul pada *project title* .



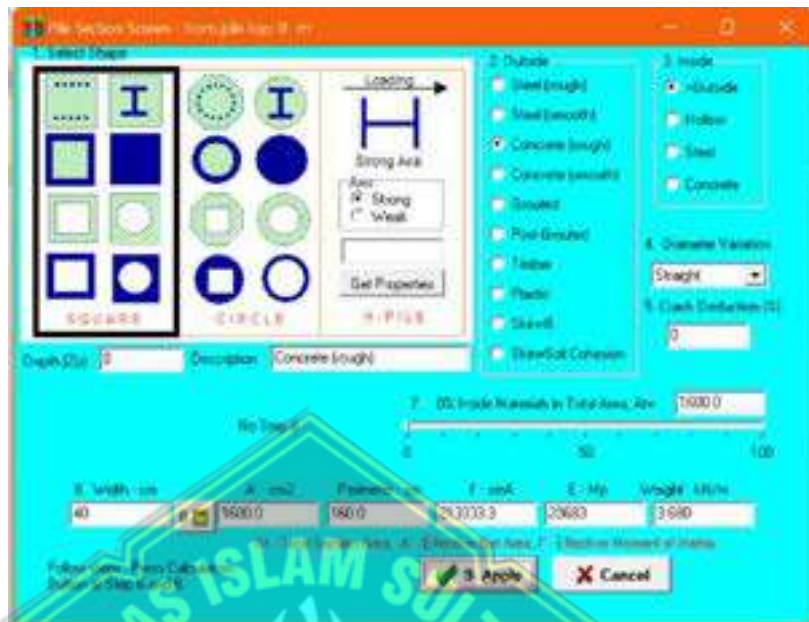
Gambar 4. 30 Input pada Pile Type

2. Masukan data yang direncanakan meliputi Panjang tiang keseluruhan, Panjang pondasi yang akan di munculkan di permukaan kemiringan tanah, dan kemiringan pondasi.

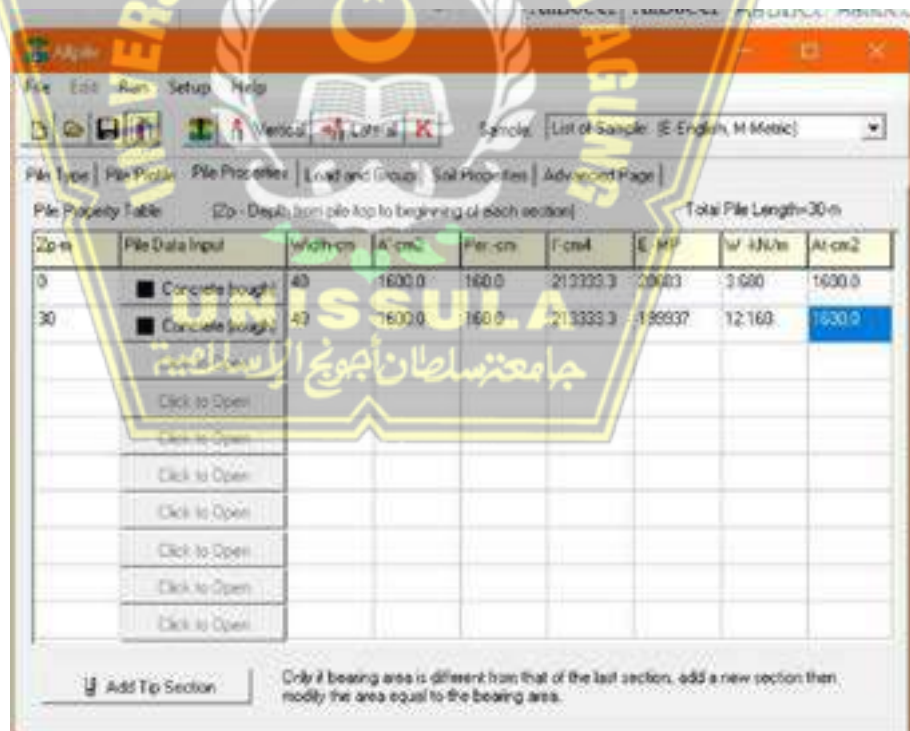


Gambar 4. 31 Input Pada Pile Profile

- Masukan dan memilih data-data pondasi yang akan direncanakan berdasarkan material, tulangan, ukuran fondasi.



Gambar 4. 32 Hasil Input pada Pile Section



Gambar 4. 33 Hasil Input pada Pile Properties

- Memasukkan pembebanan yang diterima yang diperoleh dari hasil perhitungan ETABS.

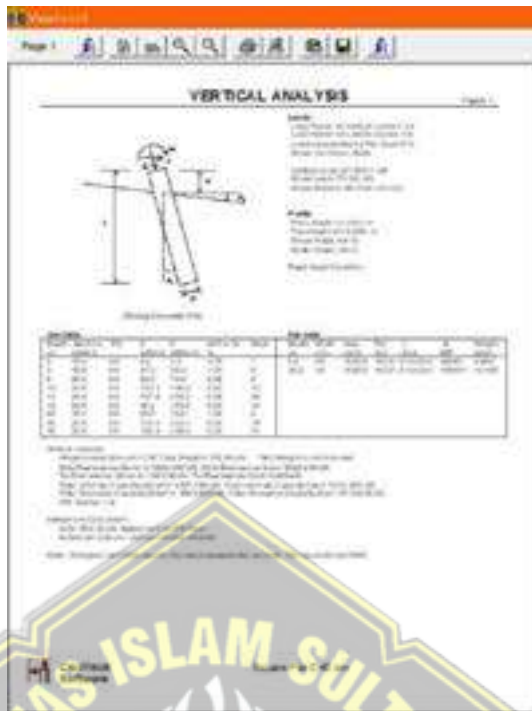


Gambar 4. 34 Hasil Input pada Load and Group

- Memasukkan data-data tanah yang diperoleh dari N-SPT, serta kedalaman tanah beserta parameter-parameter yang akan direncanakan.

Depth	Soil Data Input	SPT Blow	γ _{sat}	γ _{sub}	γ _{sub} (kN/m ³)	e ₅₀ or e ₄	frap	Type
0	Soil Clay	18.0	0.0	1.4	14	0.76	1	1
2	Soil Clay	18.0	0.0	47.3	59.3	4.7	9	1
6	Soil Clay	29.2	0.0	54.5	72.8	0.92	9	1
10	Soil Clay	20.0	0.0	110.1	150.0	0.60	10	2
14	Soil Clay	33.0	0.0	117.3	215.2	0.50	20	2
18	Soil Clay	20.0	0.0	96.4	165.6	0.65	10	2
22	Soil Clay	18.1	0.0	23.9	15.0	1.52	4	1
26	Soil Clay	25.0	0.0	112.5	203.7	0.69	10	2
30	Soil Clay	20.0	0.0	126.9	220.0	0.55	20	2

Gambar 4. 35 Gambar Hasil Input dari Soil Properties



Gambar 4. 38 Hasil Diperoleh dari Vertical Analysis Hasil Single Pile PC 1



Gambar 4. 39 Gambar Hasil Diperoleh dari Vertical Analysis Hasil Hasil Single Pile PC 6

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang didapat dalam Analisa pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan Gedung Fasilitas Pendidikan dengan menggunakan metode manual serta menggunakan *software* dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Berdasarkan dari hasil beban struktur atas, pada pilecap 1, pile cap 6, dan pilecap 8, didapatkan beban sebesar PC1 : 296,66 kN, PC6 : 900,8339 kN, dan 1377,6 kN
2. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh daya dukung pondasi tiang pancang yang dihitung secara manual dan menggunakan 3 metode kaerana terdapat nilai terkecil agar aman agar dijadikan acuan perhitungan selanjutnya. Diperoleh hasil dari daya dukung Q_p : 182,4 kN, Q_s : 994,5 kN, Q_{ult} : 1177 kN, dan Q_{all} : 392,291 kN.
3. Berdasarkan hasil perhitungan nilai penurunan tunggal pondasi dengan metode manual dan aplikasi di pilih dari nilai terkecil maka yang digunakan dengan menggunakan *software allpile* yaitu sebesar PC 1 : 0,17 cm, PC 6 : 0,22 cm, dan PC 8 : 0,28 cm .
4. Berdasarkan sehingga besarnya angka penurunan tersebut dapat disimpulkan bahwa perhitungan aman.

5.2 Saran

Penyusunan tugas akhir yang kami peroleh, berikut saran yang harus dilakukan untuk ke depannya :

- a. Dalam perencanaan dan perhitungan pondasi diperlukan adanya pengalaman serta keahlian dalam mengambil keputusan, sehingga akan memperoleh hasil perencanaan sesuai dengan standart konstruksi yang ada di Indonesia.
- b. Dalam menentukan perhitungan daya dukung pondasi dan penurunan pondasi baik perhitungan secara manual atau menggunakan program *Software*, perlu menyesuaikan dengan kondisi lapangan agar dapat menghasilkan perencanaan yang sesuai diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2019. "SNI 2847-2019 : Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung." *Standar Nasional Indonesia* (8):720.
- Bowles, J.E, (1991), *Analisa dan Desain Fondasi : Edisi Keempat Jilid I*, Erlangga, Jakarta.
- Bowles, J.E, (1991), *Analisa dan Desain Fondasi : Edisi Ketiga Jilid II*, Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M.,(1988). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa GeotekNis) jilid I*, Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M, (1991), *Principles of Foundation Engineering Fourt Edition*, California StateUniversity, Sacramento.
- Anugrah, W,P (2023) *Analisis Daya Dukung Dan Konsolidasi Fondasi Bored Pile Pada Gedung Instalasi Bedah Sentral (IBS)*, Universitas Islam sultan Agung Semarang.
- Hardiyatmo, H.C, 2002, *Analisis dan Perancangan TekNik Fondasi I Edisi ke II*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C, (2002), *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C, 2008, *TekNik Fondasi II Edisi ke II Cetakan ke-4*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Mayerhof, G.G.,1956. Penetration Tests and Bearing Capacity of Cohesionless Soils. *JSMFD,ASCE*, Vol.82, SM I, pp. 1-19.
- Reese, L.C. & Wright, S 1977. *Drilled Shaft Design and Construction guidelines Manual, Vol.I*. Washington D.C: U.S Department of Transportation.
- Sni 1726:2019. (2019). "Sni 1726:2019." *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung* (8):254.
- Sosrodarsono. 1990. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Vesic. (1977). "Design Of Pile Foundations." *Transportation Research Board National Academy Of Sciences*.