

TUGAS AKHIR

**STUDI KOMPARASI DAYA DUKUNG FONDASI
DENGAN PDA DAN ALLPILE**

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



Disusun Oleh :

Qori' Fajrun Nida

NIM : 30201900167

Rahma Setya Noviantanti

NIM : 30201900173

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

2023

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI KOMPARASI DAYA DUKUNG FONDASI DENGAN PDA DAN ALLPILE



Qori' Fajrun Nida
NIM : 30201900167



Rahma Setya Noviantanti
NIM : 30201900173

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 20 Juli 2023

Tim Penguji

1. **Dr. Abdul Rochim, S.T., M.T.**
NIDN: 0608067601
2. **Ari Sentani, S.T., M.Sc.**
NIDN: 0604028502
3. **Prof. Ir. H. Pratikso, M.ST., Ph.D.**
NIDN: 0627115501

Tanda Tangan

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: 33/A.2/SA-T/III/2023

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

1. Nama : Dr. Abdul Rochim, ST., MT.
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Ari Sentani, ST., M.Sc.
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Qori' Fajrun Nida
NIM : 30201900167

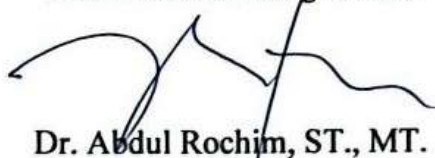
Rahma Setya Noviantanti
NIM : 30201900173

Judul : Studi Komparasi Daya Dukung Fondasi Dengan PDA Dan AllPile
Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	13/03/2023	ACC
2	Seminar Proposal	11/05/2023	
3	Pengumpulan data	15/05/2023	
4	Analisis data	17/05/2023	
5	Penyusunan laporan	31/05/2023	ACC
6	Selesai laporan	20/07/2023	

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

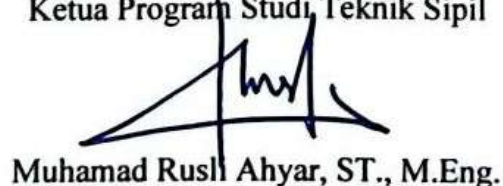
Dosen Pembimbing Utama


Dr. Abdul Rochim, ST., MT.

Dosen Pembimbing Pendamping


Ari Sentani, ST., M.Sc.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

1. NAMA : Qori' Fajrun Nida
NIM : 30201900167
2. NAMA : Rahma Setya Noviantanti
NIM : 30201900173

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

“Studi Komparasi Daya Dukung Fondasi Dengan Pda Dan *Allpile*”

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, 24 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,

Mahasiswa 1

Mahasiswa 2



Qori' Fajrun Nida
NIM : 30201900167



Rahma Setya Noviantanti
NIM : 30201900173

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

1. NAMA Qori' Fajrun Nida
 NIM 30201900167
 2. NAMA Rahma Setya Noviantanti
 NIM 30201900173
- JUDUL TUGAS AKHIR Studi Komparasi Daya Dukung Fondasi
 Dengan PDA Dan AllPile

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 ijazah 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, 24 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,

Mahasiswa 1

Mahasiswa 2



Qori' Fajrun Nida
NIM 30201900167



Rahma Setya Noviantanti
NIM 30201900173

MOTTO

“Janganlah kamu khawatir tentang masa depanmu, karena Allah telah merencanakan dengan indah. percayalah pada takdir-Nya”

(Ustadz M. Syafii Antonio)

“Tetaplah baik, jika beruntung kamu akan menemukannya orang baik. Jika tidak, maka kamu akan ditemukan oleh orang baik.”

وَإِذْ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِنْ شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ وَلَئِنْ كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ

“Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambah (nikmat) kepadamu, tetapi jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), sesungguhnya azab-Ku benar-benar sangat keras.”

(Q.S Ibrahim : 7)

اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ

“Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu yang menciptakan”

(Q.S Al Alaq : 1)

وَمَنْ يَسْتَغْفِرِ اللَّهَ ، وَمَنْ يَسْتَعِزْ بِاللَّهِ ، وَمَنْ يَتَصَبَّرْ يُصْبِرْهُ اللَّهُ ، وَمَا أُعْطِيَ أَحَدٌ عَطَاءً خَيْرًا وَأَوْسَعَ مِنَ الصَّبْرِ

“Barangsiapa yang berusaha menjaga diri, maka Allah menjaganya, barangsiapa yang berusaha merasa cukup, maka Allah mencukupinya. Barangsiapa yang berusaha bersabar, maka Allah akan menjadikannya bisa bersabar dan tidak ada seorang pun yang dianugerahi sesuatu yang melebihi kesabaran.”

(HR Bukhari : 1469)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua yang saya cintai Ibu Altifah dan Bapak Subari yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan moral maupun material dan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Keluarga besar saya yang selalu mendoakan dan menyemangati dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. dan Bapak Ari Sentani, ST, M.Sc. yang telah membimbing kami sepenuh hati dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Sahabat saya Rahma Setya Noviantanti rekan Tugas Akhir dan juga rekan seperjuangan sejak awal masuk menjadi mahasiswa di Unissula, yang sudah berjuang bersama dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini hingga mendapatkan gelar Sarjana Teknik.
5. Untuk sahabat saya Salma Ula F., Renanti Ayu P., Silfiana N., Pratama Arif, R. Irfan, Rifqi Hera, Nisa yang telah membantu saya selama masa kuliah, memberikan semangat dan motivasi.
6. Teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA khususnya Angkatan 2019 dan yang lainnya. Terimakasih untuk kebersamaanya selama ini dan terimakasih atas doa, semangat dan motivasi kalian.

Qori' Fajrun Nida

NIM : 30201900167

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua yang saya cintai Ibu Sawitri dan Bapak Sarno yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan moral maupun material dan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Keluarga besar saya yang selalu mendoakan dan menyemangati dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT dan Bapak Ari Sentani, ST, M.Sc yang telah membimbing kami sepenuh hati dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Sahabat saya Qori' Fajrun Nida rekan Tugas Akhir dan juga rekan seperjuangan sejak awal masuk maba di Unissula, yang sudah berjuang Bersama dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini hingga mendapatkan gelar Sarjana Teknik.
5. Untuk sahabat saya Salma Ula F., Renanti Ayu P., Silfiana N., Pratama Arif, R. Irfan, Rifqi Hera, Nisa yang telah membantu saya selama masa kuliah, memberikan semangat dan motivasi.
6. Teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2018,2019, dan yang lainnya. Terimakasih untuk kebersamaanya selama ini dan terimakasih atas doa, semangat dan motivasi kalian.

Rahma Setya Noviantanti

NIM : 30201900173

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Studi Komparasi Daya Dukung Fondasi Dengan PDA Dan *Allpile*” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

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

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ari Sentani, ST., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
6. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

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, 24 Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
ABSTRAK.....	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Sistematika Penyusunan Laporan.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Fondasi	4
2.2. Daya Dukung Fondasi <i>Mini Pile</i>	5
2.3. Penurunan Fondasi dengan Metode <i>Vesic</i>	10
2.4. Pembebanan.....	11
2.5. Tanah	12
2.6. Penelitian Terdahulu.....	18
BAB III	21
METODE PENELITIAN.....	21

3.1.	Lokasi Penelitian	21
3.2.	Data Teknik	21
3.3.	Data Laboratorium	21
3.4.	Pengumpulan Data	23
3.5.	Analisis Data dan Perhitungan	23
3.6.	Parameter Tanah.....	25
3.7.	Bagan Alir	31
3.8.	Jadwal Pelaksanaan	32
BAB IV		33
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1.	Tinjauan Umum.....	33
4.2.	Perhitungan Pembebanan Struktur Atas Menggunakan SAP2000 V.14	33
4.3.	Perhitungan Daya Dukung Aksial Fondasi Mini Pile	46
4.4.	Perhitungan Penurunan Fondasi Menggunakan Metode Vesic.....	55
4.5.	Menganalisa Permodelan Pada Program <i>AllPile</i>	57
4.6.	Hasil Tes PDA.....	65
4.7.	Perbandingan Hasil Analisis Uji Tes PDA dan Aplikasi <i>AllPile</i>	67
4.8.	Pembahasan daya Dukung Fondasi Tiang Pancang dan Penurunan	68
BAB V.....		70
KESIMPULAN DAN SARAN.....		70
5.1.	Kesimpulan.....	70
5.2.	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA		72
LAMPIRAN.....		xix

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Faktor Adhesi.....	9
Gambar 2. 2 Jenis Distribusi Tahanan Selimut Sepanjang Tiang	11
Gambar 2. 3 Pile Driving Analyzer Test	16
Gambar 3. 1 Denah Lokasi Gedung Fakultas Teknik UNWAHAS Semarang...	21
Gambar 3. 2 Data Penyelidikan Tanah.....	22
Gambar 3. 3 Klasifikasi berdasarkan tekstur tanah oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA).....	26
Gambar 3. 4 Simbol Klasifikasi Tanah	29
Gambar 3. 5 Kriteria Klasifikasi Tanah.....	30
Gambar 3. 6 Diagram Alir.....	31
Gambar 4. 1 New Model	33
Gambar 4. 2 Edit Grid	34
Gambar 4. 3 Material Beton	34
Gambar 4. 4 Material Baja	34
Gambar 4. 5 Material Frame Section	35
Gambar 4. 6 Reinforcement Section Data.	35
Gambar 4. 7 Reinforcement Data Untuk Beam.....	35
Gambar 4. 8 Shell Section Data	36
Gambar 4. 9 Load Pattrens	36
Gambar 4. 10 Load Combination Data.....	37
Gambar 4. 11 Frame Distributed Load.....	38
Gambar 4. 12 Load Pattern Mati	38
Gambar 4. 13 Beban Mati Tambahan.....	39
Gambar 4. 14 Beban Hidup	39
Gambar 4. 15 Response Spectrum.....	39
Gambar 4. 16 Load Case Respon Spectrum.....	40
Gambar 4. 17 Run Analysis.....	40
Gambar 4. 18 Pemodelan 3D Struktur Atas dengan SAP2000 V.23	41
Gambar 4. 19 Faktor Risiko Gempa	43
Gambar 4. 20 Grafik Spektrum	45
Gambar 4. 21 Data Tanah.....	47

Gambar 4. 22 Detail Pile Cap P2.....	51
Gambar 4. 23 Input Pile Type	58
Gambar 4. 24 Input Pile Profile.....	58
Gambar 4. 25 Input Pile Properties	59
Gambar 4. 26 Hasil Input Pile Properties	59
Gambar 4. 27 Input Pada Load and Group.....	60
Gambar 4. 28 Input Soil Properties	60
Gambar 4. 29 Input Parameter Soil Properties	61
Gambar 4. 30 Input Advanced Page	61
Gambar 4. 31 Menu Vertical Analysis Results	62
Gambar 4. 32 Hasil Analisa Vertikal Fondasi.....	63
Gambar 4. 33 Grafik Beban dan Penurunan.....	64
Gambar 4. 34 Tegangan Tanah Berdasarkan Beban Ultimate	65
Gambar 4. 35 Hasil Analisis Test PDA J5-100.....	66
Gambar 4. 36 Grafik Hasil Analisis CAPWAP J5-100.....	66



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batasan Ukuran Golongan Tanah	13
Tabel 2. 2 Klasifikasi Tanah dari Data Sondir	14
Tabel 2. 3 Hubungan Antar Konsistensitas	15
Tabel 2. 4 Hubungan Antara Kepadatan	15
Tabel 3. 1 Klasifikasi Tanah Berbutir	27
Tabel 3. 2 Klasifikasi Tanah Lanau-Lempung	27
Tabel 3. 3 Waktu Pelaksanaan Tugas Akhir.	32
Tabel 4. 1 Beban Mati Pada Plat Lantai 2 Dan Lantai 3	42
Tabel 4. 2 Beban Mati pada Dak Atap	42
Tabel 4. 3 Beban Hidup Pada Lantai Gedung	42
Tabel 4. 4 Faktor Keutamaan Gempa.....	43
Tabel 4. 5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai S_{DS}	44
Tabel 4. 6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai S_{D1}	44
Tabel 4. 7 Hasil Run Analysis.....	46
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Daya Dukung Metode Meyerhof.....	48
Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Daya Dukung Metode Reese & Wright.....	49
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Daya Dukung.....	51
Tabel 4. 11 Berat Jenis Tanah	52
Tabel 4. 12 Keterangan Kode Analisis.....	67
Tabel 4. 13 Hasil Analisis CAPWAP.....	67
Tabel 4. 14 Hasil Perbandingan Daya Dukung PDA Dengan AllPile	68
Tabel 4. 15 Perhitungan Daya Dukung Manual	68

DAFTAR NOTASI

Q_{ult}	=	Kapasitas daya dukung tiang (kN)
q_c	=	Tahanan ujung sondir (kg/cm ²)
JHL	=	Jumlah Hambatan Lekat (kg/cm)
K	=	Keliling tiang
I	=	Momen inersia (m ⁴)
Q_p	=	Daya dukung ujung tiang (kN)
q_p	=	Tahanan ujung persatuan luas (kN/m ²)
C_u	=	Kohesi tanah (kN/m ²)
A_p	=	Luas penampang tiang (m ²)
Q_s	=	Daya dukung selimut tiang (kN)
p	=	Nilai Keliling Pada Tiang (m)
L	=	Nilai Panjang Lapisan Kedalaman Tanah (m)
Q_c	=	Kapasitas dukung ujung tiang (kg/cm ²)
Q_f	=	Kapasitas dukung friksi (kg/cm ²)
N_c	=	Faktor kapasitas dukung bawah ujung tiang pancang
Q_e	=	Kapasitas dukung ujung tiang (kg/cm ²)
C	=	Kohesi yang terdapat pada ujung tiang (kg/cm ²)
N_q	=	Faktor kapasitas dukung
q	=	<i>Effective overburden pressures</i>
K_o	=	<i>Coefficient at rest condition</i>
OCR	=	<i>over consolidation ration</i>
ϕ	=	Sudut geser dalam biasanya
γ	=	Berat jenis tanah (kN/m ³)
A_s	=	Luas selimut tiang pancang yang menerima geser (cm ²)
Δ	=	Sudut geser efektif antara tanah dan material tiang
f	=	Gesekan selimut tiang (ton/m ²)
e	=	Jarak beban horizontal ke permukaan tanah (m)
α	=	Faktor adhesi
Se	=	Total penurunan pada jenis tiang pancang (mm)
$Se_{(1)}$	=	Nilai penurunan elastis pada tiang pancang (mm)

- $Se_{(2)}$ = Nilai penurunan tiang pancang akibat beban di ujung tiang (mm)
- $Se_{(3)}$ = Penurunan tiang pancang diakibatkan beban yang didistribusikan di sepanjang kulit tiang (mm)
- Q_{wp} = Beban yang ditanggung oleh ujung tiang
- Q_{ws} = Beban yang ditanggung oleh selimut tiang
- C_s = Empiris konstan
- ξ = 0,5 (Distribusi Tahanan Sepanjang Tiang)
- S_g = Penurunan fondasi pada jenis tiang kelompok (m)
- Se = Total penurunan yang terjadi di tiang pancang (m)
- B_g = Jarak antar tepi kelompok tiang (m)
- D = Diameter tiang bor (m)
- K_p = Koefisien tekanan tanah pasif
- C_p = Koefisien empiris
- m = Jumlah tiang vertikal
- n = Jumlah kolom vertical
- n' = Jumlah tiang
- η = Efisiensi kelompok tiang (%)
- s = Jarak as tiang (m)
- H_u = Daya dukung lateral tiang (kN)
- M_y = Momen max yang dapat ditahan tiang (kN.m)

STUDI KOMPARASI DAYA DUKUNG FONDASI DENGAN PDA DAN ALLPILE

ABSTRAK

Fondasi yaitu sebagai penopang beban yang berada di atasnya dengan daya dukung yang diterima. Daya dukung adalah kemampuan tanah di bawah dan sekitar fondasi untuk menahan beban yang bekerja dari struktur di atasnya. Tujuan pada penelitian yang akan diteliti ialah membandingkan serta menganalisis perhitungan daya dukung dan penurunan fondasi terhadap perhitungan manual dari nilai hasil tes PDA dan juga perhitungan menggunakan Aplikasi.

Dalam kajian ini akan dilakukan perhitungan daya dukung fondasi *mini pile* dengan ukuran 25x25 cm. Metode yang dipakai dalam kajian ini menggunakan aplikasi *Allpile*, hasil tes *PDA (Pile Driving Analyzer)* dan perhitungan statik yaitu metode *Meyerhoff*, *Tomlinson*, dan *Reese & wright*. Perhitungan penurunan menggunakan metode *Vesic*. Permodelan struktur atas gedung menggunakan SAP2000 untuk memperoleh beban pada kolom.

Dari permodelan SAP 2000 V.14 pada gedung 3 lantai didapatkan hasil perhitungan beban terbesar 628,59 kN. Perhitungan daya dukung total pada *AllPile* didapat sebesar 651,360 kN dengan penurunan sebesar 0,403 cm. Perhitungan daya dukung ijin (Qall) tiang tunggal pada kedalaman 10 m dengan metode *Meyerhoff* sebesar 392,62 kN, metode *Tomlinson* sebesar 932,204 kN, metode *Reese & Wright* sebesar 392,62 kN. Hasil Daya dukung pada tes PDA (CAPWAP) sebesar 712 kN dengan penurunan tiang sebesar 0,99 cm. Perhitungan penurunan secara manual menggunakan metode *Vesic* didapatkan sebesar 1,1 cm dan untuk aplikasi *AllPile* didapat sebesar 0,403 cm, sedangkan untuk tes PDA didapatkan hasil sebesar 0,99 cm.

Kata Kunci: *Daya Dukung; Fondasi; Penurunan; PDA*

COMPARATIVE STUDY OF FOUNDATION BEARING CAPACITY WITH PDA AND ALLPILE

ABSTRACT

The foundation is to support the load above it with an acceptable bearing capacity. Bearing capacity is the ability of the soil under and around the foundation to withstand the working load of the structure above it. The purpose of the research to be studied is to compare and analyze the calculation of the bearing capacity and foundation settlement of the manual calculation of the value of the PDA test results and also the calculation using the Application.

In this study, the calculation of the bearing capacity of a mini pile foundation with a size of 25x25 cm will be carried out. The method used in this study uses the Allpile application, PDA (Pile Driving Analyzer) test results and static calculations, namely the Meyerhoff, Tomlinson, and Reese & Wright methods. The settlement calculation uses the Vesic method. Modeling of the upper structure of the building using SAP2000 to obtain the load on the column.

From the modeling of SAP 2000 V.14 on a 3-story building, the largest load calculation result is 628.59 kN. The calculation of the total bearing capacity on the AllPile is obtained at 651.360 kN with a decrease of 0.403 cm. Calculation of allowable bearing capacity (Qall) of single pile at a depth of 10 m with Meyerhoff method of 392.62 kN, Tomlinson method of 932.204 kN, Reese & Wright method of 392.62 kN. The bearing capacity result in the PDA (CAPWAP) test was 712 kN with a pile settlement of 0.99 cm. Manual settlement calculation using the Vesic method was found to be 1.1 cm and for the AllPile application it was found to be 0.403 cm, while the pile settlement was 0.99 cm.

Keywords: Supportability; Foundation; Settlement; PDA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Fakultas Teknik adalah fakultas yang mempelajari beberapa ilmu dan teknologi untuk menyelesaikan suatu permasalahan. Untuk memenuhi kebutuhan sarana dan prasarana dalam pembelajaran, UNWAHAS Semarang melakukan pengembangan gedung fakultas teknik yang baru dibangun di Kecamatan Gunung Pati, yang berada di kampus II UNWAHAS Semarang.

Aspek pertama dalam pembangunan gedung harus memperhatikan kekuatan strukturnya dimana dalam perencanaan diperlukan perhitungan secara matang. Studi ini dapat menentukan jenis beban dan kondisi tanah yang akan diperhitungkan guna mengetahui sifat tanah dan jenis fondasi yang memenuhi persyaratan dan juga aman untuk digunakan sesuai jenis tanah di daerah tersebut. Fondasi adalah sebagai penopang beban yang berada di atasnya dengan daya dukung yang diterima. Daya dukung adalah kemampuan tanah di bawah dan sekitar fondasi untuk menahan beban yang bekerja dari struktur di atasnya.

Pada pembangunan gedung 3 lantai ini menggunakan fondasi tiang pancang persegi (*mini pile*) dengan ukuran 25 x 25 cm. Dalam pengerjaannya harus diperhitungkan agar tercapai nilai daya dukung yang aman melalui beberapa pengujian. Tujuan pada penelitian yang akan diteliti ialah membandingkan serta menganalisis perhitungan daya dukung dan penurunan fondasi terhadap perhitungan manual dari nilai hasil tes PDA dan juga perhitungan menggunakan Aplikasi. Pada pembangunan gedung ini dilakukan pengujian tanah menggunakan tes PDA (*Pile Driving Analyzer*), sondir manual dan boring mesin untuk memperoleh nilai daya dukung tanah yang benar dan akurat.

Data survei tanah (SPT) digunakan untuk menganalisa perhitungan daya dukung dan penurunan fondasi. Sedangkan Untuk menghitung beban bangunan menggunakan software SAP2000 V.14. Adapun beberapa metode yang digunakan untuk menghitung daya dukung fondasi ini seperti: metode *Meyerhof (1976)*, *Tomlinson, Reese & Wright (1977)*, dan untuk perbandingan daya dukung menggunakan aplikasi *AllPile*.

1.2. Rumusan Masalah

Merujuk pada latar belakang yang sudah dibahas sebelumnya, penulis dapat merumuskan beberapa masalah yaitu:

1. Berapa beban aksial struktur atas pada pembangunan Gedung Fakultas Teknik UNWAHAS Semarang dengan menggunakan software SAP2000 V.14?
2. Berapa hasil perhitungan dan analisis daya dukung fondasi *mini pile* dengan menggunakan perhitungan manual, metode *Meyerhof (1976)*, metode *Tomlinson*, metode *Reese & Wright*?
3. Bagaimana perbandingan dari hasil tes PDA dengan hasil perhitungan menggunakan aplikasi *AllPile*?
4. Bagaimana hasil perhitungan penurunan fondasi yang terjadi menggunakan metode *Vesic*?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil nilai pembebanan struktur atas yang akan digunakan untuk perbandingan daya dukung fondasi.
2. Mengetahui berapa nilai daya dukung fondasi *mini pile* secara metode *Meyerhof (1976)*, metode *Tomlinson*, metode *Reese & Wright*?
3. Mengetahui perbandingan hasil tes PDA dari perhitungan manual dan hasil aplikasi *AllPile*.
4. Mengetahui hasil penurunan fondasi *mini pile* dari metode *Vesic*.

1.4. Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini memiliki batasan masalah sebagai berikut:

1. Lokasi pengamatan untuk penelitian tanah hanya di sekitar Gedung Fakultas Teknik UNWAHAS Semarang.
2. Struktur fondasi menggunakan fondasi *mini pile* ukuran 25 x 25 cm.
3. Membuat perencanaan beban struktur atas dengan menggunakan software SAP2000 V.14.
4. Metode yang dipakai untuk perhitungan daya dukung yaitu: metode *Meyerhof (1976)*, metode *Tomlinson*, metode *Reese & Wright*.

5. Menghitung penurunan fondasi dengan metode *Vesic*.
6. Menghitung perbandingan hasil tes PDA menggunakan aplikasi *AllPile*.

1.5. Sistematika Penyusunan Laporan

Sistematika penyusunan laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang kajian atau teori, gambaran dan uraian-uraian dari berbagai sumber yang dibutuhkan untuk dijadikan sebagai acuan dalam menjelaskan tentang dasar-dasar perencanaan fondasi secara umum, penyelidikan tanah, klasifikasi tanah dan parameter tanah.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini menjelaskan tentang bagan alur metodologi, identifikasi masalah serta teknik pengolahan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang perhitungan daya dukung tanah, perhitungan beban struktur atas, analisis perbandingan hasil tes PDA dan menghitung penurunan fondasi *mini pile*.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran dari hasil perhitungan daya dukung tanah, analisis perbandingan hasil tes PDA dan menghitung penurunan yang terjadi pada fondasi *mini pile*.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fondasi

Fondasi merupakan struktur bangunan yang penting dalam bidang konstruksi karena berfungsi sebagai penompang sebuah bangunan (Candra, 2017). Maka dari itu, fondasi bangunan harus diperhitungkan agar dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap tekanan.

2.1.1. Fondasi Dangkal

Menurut (Terzaghi, 1943) bahwa fondasi dangkal adalah apabila kedalaman fondasi lebih kecil atau sama dengan lebar fondasi dan anggapan bahwa penyebaran tegangan pada struktur fondasi ke lapisan tanah dibawahnya yang berupa lapisan penyangga lebih kecil atau sama dengan lebar fondasi ke lapisan tanah dibawahnya yang berupa lapisan penyangga lebih kecil atau sama dengan lebar fondasi.

Pada umumnya fondasi dangkal berupa fondasi telapak, memanjang, dan rakit. Fondasi telapak adalah fondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom yang banyak digunakan untuk bangunan 2 lantai. Fondasi memanjang atau menerus adalah fondasi yang digunakan untuk mendukung dinding. Fondasi rakit adalah fondasi yang mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak (Martini, 2009).

2.1.2. Fondasi Dalam

Fondasi dalam adalah substruktur bangunan yang berfungsi untuk mentransfer beban konstruksi ke lapisan tanah keras yang mampu menerima beban dan mengakibatkan lentur dan tarik. Letak tanahnya sangat dalam ($Df/B \geq 10$) dan di atas lapisan tanah dijumpai lapisan tanah dengan kuat dukung rendah (Afriyanto, 2017).

Adapun jenis fondasi dalam yaitu fondasi sumuran dan tiang. Fondasi sumuran adalah fondasi yang digunakan bila beban yang bekerja pada struktur fondasi cukup berat dan letak tanah dasar fondasi pada kedalaman relative dalam, dengan struktur utama pipa beton yang di kubur. Fondasi tiang adalah pondasi yang digunakan bangunan konstruksi dimana tanah keras sangat dalam untuk di gunakan pada multi lapisan dimana gaya-gaya di pengaruhi beban horizontal.

2.1.3. Fondasi Mini Pile

Fondasi *mini pile* merupakan rekayasa fondasi tiang pancang atau tiang bor yang dimodifikasi sehingga memiliki dimensi yang kecil. Dapat berupa beton bertulang maupun prategang. Dimensi yang kecil dapat dilihat dari luas penampang. Fondasi *mini pile* dalam menerima beban tidak bekerja sebagai tiang tunggal melainkan sebagai kelompok tiang yang disatukan oleh *pile cap*.

Fondasi *mini pile* memiliki karakteristik dan prinsip kerja yang sama dengan tiang pancang beton biasa sehingga dalam menghitung kapasitas daya dukung *mini pile* sebagai tiang tunggal, tiang kelompok, formasi tiang, efisiensi kelompok tiang dan settlement yang terjadi dapat digunakan untuk rumus perhitungan yang diterapkan pada tiang beton pracetak ukuran standar.

2.2. Daya Dukung Fondasi Mini Pile

Kapasitas daya dukung tanah adalah kemampuan tanah dalam menahan beban dari struktur-struktur yang berada di atasnya. Beban yang diterima oleh struktur-struktur di atas tanah, akan diteruskan ke dalam tanah oleh fondasi (Zahkafi & Kusumawardani, 2018). Kapasitas daya dukung dalam fondasi yaitu kemampuan tanah dalam menopang beban maksimum dari bangunan yang ada di atasnya. Daya dukung yang kuat terhadap gaya lateral dapat melindungi gesekan terhadap sisi permukaan dan ujung tiang dengan kapasitas maksimum tiang yang akan dipancang kedalam tanah tipe kohesif.

2.2.1. Kapasitas Daya Dukung Fondasi Metode Meyerhof 1976

(Meyerhof, 1976), mengembangkan analisis daya dukung tanah yang didasarkan pada pola keruntuhan tanah dengan asumsi bahwa distribusi tegangan geser sampai ke lapisan permukaan tanah. Berdasarkan asumsi tersebut, *Meyerhof (1976)* telah mengembangkan formula untuk perhitungan kapasitas daya dukung, dengan mempertimbangkan adanya faktor – faktor:

- a. Faktor Kedalaman (*Depth Faktor*)
- b. Faktor Bentuk (*Shape Faktor*)
- c. Faktor Kemiringan Beban (*Load Inclination Faktor*)

Metode *Meyerhof (1976)* dapat digunakan untuk mencari daya dukung tiang pancang berdasarkan data hasil uji sondir.

a. Daya Dukung Ultimate

Fondasi tiang dinyatakan dengan rumus:

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

Q_{ult} = Kapasitas daya dukung tiang tunggal (kg)

q_c = Tahanan ujung sondir (kg/cm²)

A_p = Luas penampang tiang (cm²)

JHL= Jumlah Hambatan Lekat (kg/cm)

K = Keliling tiang

b. Daya Dukung Tiang Tunggal

Daya Dukung Ujung tiang (Q_p) untuk tipe tanah Kohesif

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p \dots\dots\dots(2.2)$$

$$C_u = N-SPT \times 2/3 \times 10 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

Q_p = daya dukung ujung tiang (kN)

q_p = Tahanan ujung persatuan luas (kN/m²)

C_u = Kohesi tanah (kN/m²)

A_p = Luas penampang tiang (m²)

N-SPT = Rata-rata SPT 8D ke atas dan 4D ke bawah

c. Selimut tiang (Q_s)

$$Q_s = \alpha \times c_u \times p \times L \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

Q_s = Daya dukung selimut tiang (kN)

α = 0,55 (Faktor adhesi)

p = Nilai Keliling Pada Tiang (m)

L = Nilai Panjang Lapisan Kedalaman Tanah (m)

2.2.2. Kapasitas Daya Dukung Fondasi Metode Tomlinson (1994)

Kapasitas daya dukung tiang dengan metode *Tomlinson* adalah kapasitas dukung ujung ditambah kapasitas dukung fraksi.

$$Q_{ult} = Q_c + Q_f \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

Q_{ult} = kapasitas dukung ultimet (kg/cm^2)

Q_c = kapasitas dukung ujung tiang (kg/cm^2)

Q_f = kapasitas dukung friksi (kg/cm^2)

a. Daya Dukung Ujung Tanah Fondasi (*Single Pile*)

Persamaan kapasitas dukung ujung untuk tanah berbutir halus (c-soils)

$$Q_c = N_c \times c \times A_p \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

N_c = Faktor kapasitas dukung bawah ujung tiang pancang

Q_e = Kapasitas dukung ujung tiang (kg/cm^2)

A = Luas penampang tiang pancang (cm^2)

C = Kohesi yang terdapat pada ujung tiang (kg/cm^2)

Untuk tanah berbutir kasar (ϕ – soils), *Tomlinson* memberikan persamaan kapasitas dukung ujung yaitu:

$$Q_c = A_p \times q \times N_q \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

Q_c = Kapasitas dukung ujung yang didapat dari tanah di bawah ujung fondasi (kg/cm^2)

N_q = Faktor kapasitas dukung

q = *Effective overburden pressures*

b. Daya Dukung Selimut Tanah Fondasi Satu Tiang

Cara α dari *Tomlinson* dapat digunakan untuk tanah berbutir halus maupun tanah pada umumnya (c- ϕ soils)

$$Q_s = f \times L_i \times p \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

f = Gesekan Selimut tiang (ton/m^3)

α = Faktor Adhesi (1)

C_u = Kohesi atau hasil *undrained shearing strength* (kg/cm^2)

Biasanya direncanakan mengambil harga yang mendekati K_o . Harga untuk tiang pancang:

$$K_o = (1 - \sin \phi) \sqrt{OCR} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

- K_o = *coefficient at rest condition* (koefisien saat kondisi diam)
- OCR = *over consolidation ration* = 1
- ϕ = sudut geser dalam biasanya
- A_s = luas selimut tiang pancang yang menerima geser (cm^2)
- Δ = sudut geser efektif antara tanah dan material tiang, kalau tidak disebut dapat diambil $\delta = \frac{2}{3} \phi$

2.2.3. Kapasitas Daya Dukung Fondasi Metode Reese & Wright (1977)

Perhitungan Daya Dukung ujung tiang (*end bearing*)

$$Q_p = q_p \times A_p \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

- Q_p = Kapasitas daya dukung pada ujung tiang (KN)
- q_p = Daya dukung ujung tiap satuan luas (kN/m^2)
- A_p = Luas dari nilai penampang tiang (m^2)

Untuk tanah kohesif:

$$q_p = 9 \times c_u \dots\dots\dots (2.11)$$

$$f_s = a \times c_u \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\alpha = 0,55 \text{ (Reese \& Wright, 1997)}$$

Untuk tanah non-kohesif:

$$Q_s = f_s \times A_s \dots\dots\dots (2.13)$$

Nilai korelasi anantara q_p dan N-SPT maka,

Untuk nilai $N < 60$, maka $q_p = 7 N$ (kN/m^2) < 400 (kN/m^2)

Untuk nilai $N > 60$ maka $q_p = 400$ (kN/m^2)

Dimana:

N = Nilai dari rata-rata hasil SPT

Untuk nilai $N < 53$, maka $f_s = 0,32 N$ -SPT (kN/m^2)

Untuk $53 < N < 100$, maka f_s diperoleh dari nilai korelasi langsung dengan nilai N-SPT, menggunakan tahanan geser selimut tiang.

Dimana:

f = Gesekan selimut tiang (ton/m²)

α = Faktor adhesi

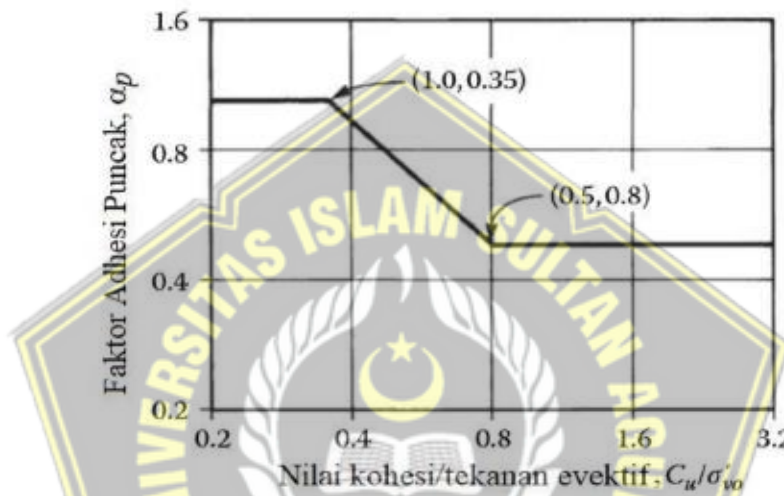
C_u = Kohesi tanah (kN/m²)

N_{spt} = Kohesi tanah (kN/ m²)

Perhitungan daya dukung ultimit

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \dots \dots \dots (2.14)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{sf} \dots \dots \dots (2.15)$$



Gambar 2. 1 Faktor Adhesi

(Sumber : Tomlinson, 1994)

2.2.4. Kapasitas Daya Dukung Lateral Metode Brooms (1964)

Untuk menghitung daya dukung lateral menggunakan jenis tanah lempung menggunakan metode Brooms (1964).

a. Mengecek kekakuan tiang fondasi akibat beban lateral

$$E = 4700 \times \sqrt{fc} \dots \dots \dots (2.16)$$

$$I = 1/6 \times \pi \times (D)^4 \dots \dots \dots (2.17)$$

Untuk faktor kekakuan tanah (T)

$$T = \frac{Ep \times p}{nh} \times 0,2 \dots \dots \dots (2.18)$$

b. Keruntuhan tiang

$$M_{max} = B \times y \times L^3 \dots \dots \dots (2.19)$$

Jika $M_{max} > M_y$ maka tanah tidak mengalami kelongsoran, sehingga H_u ditetapkan dari kekakuan tiang itu sendiri dalam menahan beban momen tiang.

c. Pengecekan Nilai H_u

$$F = 0,82 \frac{H_u}{\sqrt{D} x K_p x v} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$H_u = \frac{2 My}{e + \frac{2f}{3}} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$H_{ijin} = \frac{H_u}{S_f} \dots\dots\dots(2.22)$$

2.3. Penurunan Fondasi dengan Metode Vesic

2.3.1. Tiang Tunggal

Penurunan elastis tiang tunggal dapat dihitung dengan metode Vesic (1977) dengan rumus:

$$Se = Se_{(1)} + Se_{(2)} + Se_{(3)} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

Se = Total penurunan pada jenis tiang pancang (mm)

$Se_{(1)}$ = Nilai penurunan elastis pada tiang pancang (mm)

$Se_{(2)}$ = Nilai penurunan tiang pancang akibat beban di ujung tiang (mm)

$Se_{(3)}$ = Penurunan tiang pancang diakibatkan beban yang didistribusikan di sepanjang kulit tiang (mm)

Perhitungan $Se_{(1)}$, $Se_{(2)}$, $Se_{(3)}$ dapat diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$Se_{(1)} = \frac{(Q_{wp} + \varepsilon Q_{ws}) L}{A_p x E_p} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$Se_{(2)} = \frac{(Q_{wp} x C_p)}{D x q_p} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$Se_{(3)} = \frac{(Q_{ws} x C_s)}{L x q_p} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

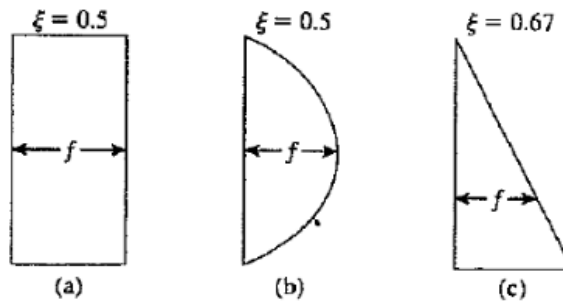
Q_{wp} = beban yang ditanggung oleh ujung tiang

Q_{ws} = beban yang ditanggung oleh selimut tiang

L = Panjang tiang

C_s = empiris konstan $(0,93 + 0,16 \frac{\sqrt{L}}{D} C_p)$

ε = 0,5 untuk distribusi dari f seragam atau parabola pada gambar a dan b.
0,67 untuk distribusi segitiga dari f pada gambar c.



Gambar 2. 2 Jenis Distribusi Tahanan Selimut Sepanjang Tiang
(Sumber : Google, 2023)

2.3.2. Tiang Kelompok

Menurut Vesic, penurunan fondasi ini dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$S_g = S_e \times \sqrt{\frac{S_g}{D}} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana:

- S_g = Penurunan fondasi pada jenis tiang kelompok (m)
- S_e = Total penurunan yang terjadi di tiang pancang (m)
- B_g = Jarak antar terpi kelompok tiang (m)
- D = Diameter tiang bor (m)

2.3.3. Daya Dukung Tiang Kelompok

Efisiensi group tiang:

$$E_g = 1 - \left(\frac{(m-1)n + (n-1)m}{90 \times m \times n} \right) \times \theta \dots\dots\dots(2.28)$$

$$Q_{all (group)} = n_{tiang} \times Q_{all} \times E_g \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana nilai Q_{all (group)} lebih besar dari nilai beban P maka tiang fondasi Aman untuk digunakan.

2.4. Pembebanan

Ada beberapa jenis beban pada struktur gedung, antara lain: beban mati, beban hidup, beban angin, beban seismic, dan beban khusus seperti beban getaran mesin dan beban sensitive. Jenis beban yang digunakan dalam perencanaan ini adalah beban hidup (LL), beban mati (DL), beban angin (W), dan beban gempa (E).

2.4.1. Beban Hidup (Live Load)

Menurut SNI 1727 (2020:18), beban hidup adalah beban yang ditimbulkan oleh pengguna atau penghuni bangunan dan struktur lainnya dan tidak termasuk beban structural atau lingkungan yang meliputi beban angin, hujan, gempa, banjir, mati.

2.4.2. Beban Mati (*Dead Load*)

Menurut SNI 1727 (2020:15) beban mati adalah berat seluruh struktur termasuk dinding, lantai, atap, langit-langit, tangga, partisi tetap, ekstensi, kelongsong bangunan, komponen bangunan, struktur lainnya dan peralatan teknis terpasang lainnya termasuk berat dan keran.

2.4.3. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja pada bangunan diakibatkan oleh selisi dalam tekanan hawa. Minimum tekanan tiup yang wajib diambil adalah 25 kg/m^2 . Jika ditepi laut hingga sepanjang 5 km dari tepi laut harus diambil 40 kg/m^2 .

2.4.4. Beban Gempa

Beban seismik adalah beban yang diakibatkan oleh pergerakan tanah yang berada di bawah suatu bangunan. Pergerakan tanah tersebut mengakibatkan struktur bergoyang.

2.5. Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut.

Tanah terbentuk berlapis lapis akibat proses fisika kimia dan biologi yang meliputi transformasi bantuan. Insinyur sipil membagi bahan yang menyusun bumi menjadi dua jenis yaitu tanah dan batuan. Batuan adalah agregat yang mineralnya terikat oleh gaya kohesif permanen yang kuat dan tidak dapat dipisahkan oleh mekanika sederhana. Sedangkan menurut para ahli pertanian, yang dimaksud dengan tanah adalah lingkungan alam tempat tanaman dan tumbuh tersusun atas padatan dan cairan. Dalam arti lain tanah dapat digunakan sebagai fondasi pendukung untuk sebuah bangunan atau sebagai bahan konstruksi gedung, bendungan atau sebagai kekuatan gaya eksternal pada struktur seperti dinding penahan tanah.

Klasifikasi tanah adalah ilmu yang berhubungan dengan pengelompokan tanah yang berdasarkan spesifikasi yang membedakan jenis tanah, hingga penerapannya di lapangan. Sistem klasifikasi tanah adalah sistem klasifikasi yang sistematis dari jenis, kelompok dan subkelompok tanah tanah yang digunakan.

Tanah dapat dikatakan baik jika pratikel tanah terisi dan menutup rongga sehingga memiliki kontak yang lebih banyak antar pratikel (Mega et al., 2010).

Tabel 2. 1 Batasan Ukuran Golongan Tanah

Golongan	Kerikil	Ukuran Butiran (mm)		
		Pasir	Lanau	Lempung
(MIT) Massachusetts Institute of Technology	> 2	2 – 0,06	0,06- 0,002	< 0,002
U.S Department of Agriculture (USDA)	>2	2 – 0,06	0,06- 0,002	< 0,002
American Association of State Higway and Transportation Officials (AASHTO)	76,2 - 2	2 – 0,06	0,06- 0,002	< 0,002
Unified Soil Classification System (U.S Army Corp of Engineers and U.S Bureau of Reclamation)	76,2 - 4,75	4,75– 0,075	Halus (yaitu lanau dan lempung < 0,0075)	

Sumber: (Das, 1995)

Klasifikasi tanah digolongkan menjadi 2 bagian:

1. Tanah Kohesif (tanah lempung), merupakan tanah yang memiliki sifat kerekatan antar butir seperti tanah lempung. Tanah lempung (*clay*) terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis berupa lempengan datar dan partikel mika, *clay mineral*, dan mineral halus lainnya.
2. Tanah Non-Kohesif (pasir), merupakan tanah yang tidak memiliki kerekatan antar butiran atau hamper tidak mengandung tanah lempung.

Kemudian hasil penyelidikan sifat-sifat tanah dasar-dasar mekanika tanah dapat digunakan untuk mengevaluasi masalah-masalah tertentu seperti:

1. Penentuan penurunan bangunan, yaitu dengan menentukan kompresibilitas tanah. Dari sini kemudian digunakan persamaan penurunan berdasarkan teori konsolidasi, misalnya teori (Terzaghi, 1943) atau teori lainnya.
2. Penentuan kecepatan aliran air melalui benda uji untuk menghitung koefisien permeabilitas. Dari sini kemudian dihubungkan dengan teori-teori yang ada, misalnya hukum *Darcy* dan jaring aliran untuk menentukan laju aliran melalui struktur tanah.
3. Mengevaluasi kestabilan tanah miring yaitu dengan menentukan kuat geser tanah. Dari sini kemudian disubstitusikan ke dalam rumus statika (stabilitas lereng).

Penyelidikan tanah adalah proses pengambilan sampel tanah yang digunakan untuk menyelidiki karakteristik tanah. Dalam merancang fondasi sangat penting untuk mengetahui karakteristik tanah yang akan dibangun, sesuai susunan struktur tanah serta sifat lapisan tanahnya (berat isi tanah, daya dukung ataupun daya rembes tanah dan juga ketinggian muka air tanah). Maka untuk pekerjaan awal yang dilakukan adalah menentukan fondasi sesuai dengan hasil penyelidikan tanah seperti fondasi dalam maupun fondasi dangkal. Dalam proyek ini untuk menentukan daya dukung fondasi tiang pancang (*mini pile*) ada dua metode yaitu metode dinamis dan statik. Metode statik dilakukan dengan pekerjaan sondir sedangkan metode dinamis dilakukan dengan pekerjaan pengujian SPT.

2.5.1. Penyelidikan Tanah dengan Uji Sondir

Klasifikasi tanah pada suatu proyek pada umumnya menggunakan berbagai cara, salah satunya yaitu menggunakan sondir. *Cone Penetration Test* (CPT) atau sering disebut sondir merupakan salah satu survei lapangan yang berguna untuk memperkirakan letak lapisan tanah keras. Dari tes tersebut akan menghasilkan nilai perlawanan penetrasi konus (q_c).

Nilai perlawanan penetrasi konus adalah perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya persatuan luas. Nilai perlawanan penetrasi konus dapat dikorelasikan dengan kapasitas daya dukung tanah yang bertujuan untuk menentukan daya dukung tanah dan jenis fondasi yang sesuai dengan bangunan yang akan didirikan.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Tanah dari Data Sondir

Nilai Sondir		Klasifikasi
q_c	f_s	
6	0,15 – 0,4	Humus, lempung sangat buruk
6 – 10	0,2	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0,2 – 0,6	Lempung lembek, lempung kelanauan lembek
10 – 30	0,1	Kerikil lepas
	0,1 – 0,4	Pasir lepas
	0,4 – 0,8	Lempung atau lempung kelanauan
	0,8 – 2,0	Lempung agak kenyal
30 – 60	1,5	Pasir kelanauan, pasir agak padat
	1 – 3	Lempung atau lempung kelanauan kenyal
60 – 150	1	Kerikil kepasiran lepas

	1 – 3	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan
	3	Lempung kerikil kenyak
150 – 300	1 – 2	Pasir padat, pasir kerikililan, pasir kasar, pasir kelanauan sangat padat

Hubungan antara konsistensi terhadap tekanan conus dan undrained cohesion adalah sebanding dimana semakin tinggi nilai c dan q_c maka semakin keras tanah tersebut. Seperti pada Tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2. 3 Hubungan Antar Konsistensitas

Konsistensi Tanah	Tekanan Konus q_c (kg/cm^2)	Undrained Cohesion (T/m^2)
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 Stiff	20,0 – 40,0	10,0 – 20,0
Hard	> 40,0	> 20,0

Begitu pula hubungan antara kepadatan dengan relative density, nilai N -SPT, q_c dan ϕ adalah sebanding. Hal ini dapat dilihat dalam Tabel 2.4:

Tabel 2. 4 Hubungan Antara Kepadatan

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

2.5.2. Penyelidikan Tanah dengan Uji SPT (*Standart Penetration Test*)

Kekuatan tanah diukur dengan tes tahanan penetrasi (N -SPT). Tes tahanan penetrasi (N -SPT) adalah tes pengukuran kekuatan tanah menggunakan banyaknya pukulan (30 cm) terakhir yang dibutuhkan guna memasukan *split tube sampler* dengan menggunakan *hammer* yang dijatuhkan dari ketinggian 75 cm dengan berat 63.5 kg.

2.5.3. PDA Tes

Pile Driving Analyzer Test (PDA Tes) adalah tes daya dukung fondasi pada proyek besar atau mega proyek. Pengujian daya dukung fondasi pada PDA Tes ini dilakukan secara dinamis. PDA Tes merupakan pengujian di lapangan untuk mendapatkan data *Force* (F) dan *velocity* (v) pada fondasi dalam.

Pelaksanaan PDA Tes mengacu pada ASTM D-4945 (*Standart Tes Method for High Strain Dynamic Testiing of Deep Foundation*) karena PDA Tes termasuk salah satu dari uji *High Strain Dynamic Testiing* (HSDT). Pada hasil PDA Tes didapatkan hasil sementara yang masih mendekati akurat tetapi belum sempurna, sehingga masih harus diproses kembali menggunakan software *CAPWAP* (*Case Pile Wave Analysis*).



Gambar 2. 3 *Pile Driving Analyzer Test*

(*Sumber:* (Admin, 2020))

Berikut tata cara pengujian tiang pancang dengan instrument kontrol *Pile Drive Analyzer Tes* (Tes PDA) dikutip dari Jurnal Kacapuri sebagai berikut:

- Siapkan tiang pancang untuk PDA dengan ukuran 1,5m atau 3xD tiang, kemudian hitung panjang tiang sesuai yang direncanakan.
- Siapkan arus listrik AC, umumnya dengan daya 220 V, 60 Hz, dan 30 Amp.

- c. Siapkan tenda untuk melindungi alat PDA dan pekerja dari panas matahari. Tenda ditempatkan dengan jarak 15-20 m dari tiang.
- d. Siapkan lokasi penempatan dan pemasangan baut transducer dengan cara mengebor dengan mesin bor sampai 16 lubang baut di kedua sisi atau 4 sisi tiang dengan jarak 3xD tiang bawah kepala tumpukan.
- e. Pastikan alat dengan kondisi baik dan sensor memiliki sertifikat kabilbrasi yang update (minimal 2 tahun sekali).
- f. Pastikan *testing engineer* memahami dengan baik prinsip dasar tes PDA.
- g. Pastikan kondisi kepala tiang ujung harus rata, umur beton sudah memenuhi syarat >28 hari, dan hasil tes beton sesuai spesifikasi design.
- h. Berat hammer harus sesuai yaitu 1-2 % dari daya dukung ultimate.
- i. Pengetesan drop hammer harus dengan ladder/selongsong yang tepat untuk menjaga eksentrisitas tumbukan hammer.
- j. Pelaksanaan harus safety agar tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan.
- k. Pengujian dilakukan sesuai ASTM D-4945:
 - Memasang 2 pcs sensor yaitu strain transduser dan accelerometer transduser pada sisi tiang dengan posisi saling berhadapan, dua system tersebut memiliki fungsi ganda dimana masing-masing menerima perubahan percepatan dan regangan.
 - Gelombang tekan akan merambat dari kepala tiang ke ujung bawah tiang kemudian gelombang tersebut akan dipantulkan kembali ke kepala tiang dan ditangkap oleh sensor.
 - Gelombang dari sensor akan otomatis disimpan di computer.
 - Rekaman hasil gelombang akan menjadi dasar untuk analisa dengan program TNOWAVE-TNODLT, gelombang pantul yang berupa reaksi tanah sebab kapasitas daya dukung ujung dan gerak akan memberikan kapasitas sukung termobilisasi.
 - Hasil pengujian angka penurunan yang diambil sebagai immediate displacement saat beban mencapai kapasitas dukung dengan *safety faktor* 2.0 dan tidak menyatakan penurunan konsolidasi.

l. Indikator tolak ukur keberhasilan pengujian yaitu:

- Uji PDA Tes selesai dikerjakan, dengan hasil harus dicatat dan di dokumentasikan.
- Laporan disusun dengan pengawasan seorang ahli geoteknik yang berpengalaman.
- *Safety Faktor* pada PDA ialah 2,25 dari daya dukung design.
- Semua prosedur harus memenuhi standar yang ditentukan ASTM D-4945 yang terbaru.
- Wajib mentaati peraturan yang ada dan tidak terjadi *accident*.

2.5.4. Aplikasi AllPile

Aplikasi AllPile merupakan salah satu aplikasi yang digunakan untuk membantu engineer untuk merancang fondasi suatu proyek konstruksi. Pada umumnya aplikasi AllPile digunakan untuk perencanaan desain fondasi dan juga desain fondasi dangkal.

2.5.5. Aplikasi SAP2000 V.14

Analisa pembebanan pada proyek pembangunan Gedung Fakultas Teknik UNWAHAS Semarang diperhitungkan menggunakan aplikasi SAP2000 V.14. SAP2000 V.14 merupakan program yang akan digunakan untuk menghitung pembebanan pada struktur atas dalam perencanaan fondasi. Program ini memiliki fitur-fitur yang sudah lengkap dan mudah digunakan.

Output di program ini berupa momen, gaya geser, dan gaya normal yang akhirnya output tersebut akan mendapat beban terbesar dari kolom-kolom perencanaan yang akan digunakan dalam merencanakan fondasi.

2.6. Penelitian Terdahulu

Nama	Penjelasan
Agung Mugiono & Fakhry Hanif S. (2020)	Jurnal yang diterbitkan oleh Konferensi Ilmiah Mahasiswa UNISSULA (KIMU) 4 dari penulis (Mugiono & Saifuddin, 2020) dengan judul “Analisis Perbandingan Daya Dukung Fondasi Tiang Bored Pile Dari Hasil Tes PDA berdasarkan Metode Chin, Mazurkiewich dan Davisson”. Metode penelitian yang digunakan berupa pengumpulan data, studi

		literatur dan dalam perhitungan menggunakan metode <i>Chin</i>, <i>Mazurkiewich</i> dan <i>Davisson</i>. Dengan hasil : • Nilai daya dukung total tes PDA 991 ton, aplikasi <i>AllPile</i> 1006,47ton. Nilai daya dukung ujung tes PDA 119 ton, aplikasi <i>AllPile</i> 67,67 ton. Nilai daya dukung selimut tes PDA 872 ton, aplikasi <i>AllPile</i> 938,72ton. Nilai penurunan tes PDA 10,8ton, aplikasi <i>AllPile</i> 19,6 ton. Nilai dari metode yang digunakan dalam perhitungan daya dukung dan penurunan beban ultimit sebesar 1000 ton (Metode <i>Davisson</i> dan <i>Mazurkiewich</i>), beban ultimit 1111,11ton (Metode <i>Chin</i>). • Hasil uji tes PDA 991 ton lebih kecil dari hasil aplikasi <i>AllPile</i> 1006,47 ton sebab pada tes uji PDA dalam proses transfer beban dari palu kurang nilai dari daya dan penurunan selama pengujian tercatat lebih kecil dan bentuk kurva yang kurang sempurna.
Livian (2012)	Teddy	Jurnal yang diterbitkan oleh Seminar Nasional Palembang: Masa Lalu, Kini dan Masa Depan dari penulis (Teddy, 2012) dengan judul “Evaluasi Fondasi Tiang Dengan <i>Pile Driven Analysis</i> (PDA) Di Kota Palembang”. Metode yang digunakan melakukan perbandingan melalui data PDA tes dan CPT/SPT dari beberapa proyek yang ada di Palembang. Dengan hasil : • Hasil daya dukung ultimit dan penurunan tiang pada tiga lokasi masih cukup aman, sedangkan untuk uji integritas tiang hanya satu lokasi yang hasil ujinya kurang baik atau tidak aman, sehingga kualitas pengerjaan dan pengujian tiang untuk lokasi lainnya secara eksplisit tidak diketahui. Sebagai <i>quality assurance</i>, PDA tes sangat memadai untuk

	mengevaluasi fondasi tiang. Sedangkan tujuan lain tes PDA untuk mengetahui keutuhan tiang.
Andyt Tegar Zakahfi & Rini Kusumawardani (2018)	Jurnal yang diterbitkan oleh Jurnal Ilmiah Universitas Semarang dari penulis (Zahkafi & Kusumawardani, 2018) dengan judul “Perbandingan Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Metode Perhitungan <i>L. Decourt</i> dan tes PDA”. Metode yang digunakan berupa pengumpulan data dan perhitungannya menggunakan metode <i>L. Decourt</i>. Dengan hasil : • Berdasarkan perhitungan daya dukung fondasi dengan metode <i>L. Decourt</i> (1982) maupun pengujian dengan PDA (<i>Pile Driving Analysis</i>) dapat diketahui bahwa daya dukung fondasi tiang diameter 812 mm dengan data tanah B4 untuk kedalaman tiang tertanam sepanjang > 24 m sudah melebihi beban rencana. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa tiang pancang tersebut mampu untuk memikul beban melebihi beban rencana. • Berdasarkan perbandingan perhitungan daya dukung fondasi dengan metode <i>L. Decourt</i> (1982) dan pengujian dengan metode PDA didapatkan perbedaan kapasitas daya dukung ultimate fondasi < 60 Ton.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Pembangunan Gedung Fakultas Teknik UNWAHAS terletak di Kampus II UNWAHAS Jl. Raya Manyaran - Gunung Pati, Nongkosawit, Kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah.



Gambar 3. 1 Denah Lokasi Gedung Fakultas Teknik UNWAHAS Semarang
(Sumber: Google Maps, 2023)

3.2. Data Teknik

Untuk data Teknis didapat di lapangan

1. Kedalaman fondasi *mini pile* : 10 m
2. Ukuran fondasi *mini pile* : 25 x 25 cm
3. Mutu beton fondasi *mini pile* : K500

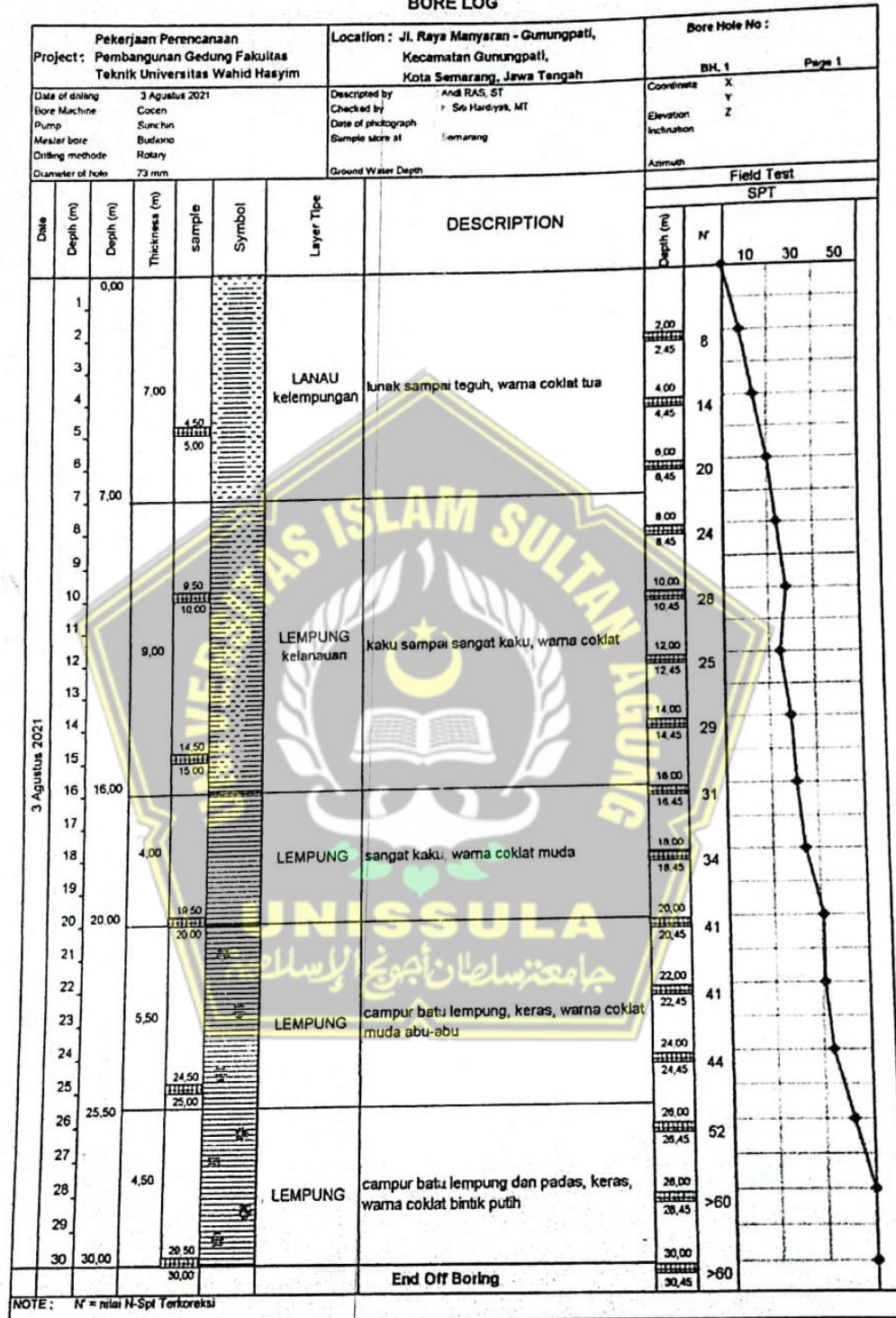
3.3. Data Laboratorium

Data laboratorium dari hasil penyelidikan tanah di lapangan pada pembangunan Gedung fakultas Teknik UNWAHAS Semarang adalah hasil Uji Sondir, Uji Boring (N-SPT) dan uji PDA.



Laboratorium Mekanika Tanah
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro
Semarang

BORE LOG



Gambar 3. 2 Data Penyelidikan Tanah

(Sumber : PT. Chimarder 777)

3.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan di pembangunan gedung Fakultas Teknik UNWAHAS yang berada di Kecamatan Gunungpati, berfungsi untuk proses penelitian analisis perhitungan nilai daya dukung dan penurunan dari perbandingan hasil tes PDA dan perhitungan manual. Beberapa langkah yang digunakan untuk pengumpulan data agar tercapai maksud dan tujuan dari studi penelitian ini antara lain:

1. Studi pustaka dari jurnal mengenai analisis daya dukung fondasi.
2. Pengumpulan data dari pihak kontraktor PT. Chimarder 777.
 - Data pengujian tanah
 - Data tes fondasi (PDA tes)
3. Melakukan diskusi dan analisis mengenai data-data yang sudah didapat dengan dosen pembimbing terkait teori yang akan di pergunakan.
4. Menghitung dan menganalisis permodelan dari aplikasi.
5. Membuat kesimpulan dan saran setelah mendapatkan hasil dari perhitungan analisis yang digunakan.

3.5. Analisis Data dan Perhitungan

3.5.1. Struktur Atas Menggunakan Aplikasi SAP2000 V.14

SAP2000 V.14 merupakan program yang akan digunakan untuk menghitung pembebanan pada struktur atas dalam perencanaan fondasi. Program ini memiliki fitur-fitur yang sudah lengkap dan mudah digunakan.

- Teknik Pengolahan Data

Data sekunder yang terkumpul dianalisis deskriptif. Sehingga data-data akan diuraikan sebagaimana adanya tanpa mengadakan perubahan atau manipulasi pada variabelnya. Dari analisis data dapat diketahui besarnya daya dukung dan penurunan pada fondasi tiang pancang.

Tahapan-tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

1. Menggabungkan beberapa teori mengenai permasalahan daya dukung dan penurunan fondasi.
2. Perumusan masalah dan pengumpulan data yang diperlukan.

3. Menganalisis perhitungan beberapa metode dan beberapa aplikasi dengan mengacu pada tinjauan pustaka yang menjadi dasar penelitian.

4. Menarik kesimpulan.

- **Penginputan Data**

Dalam penggunaan program SAP2000 V.14 diperlukan penginputan data yang harus dimasukkan untuk mengetahui besar nilai beban yang akan direncanakan.

Perhitungan pembebanan pada tahap analisis dijelaskan sebagai berikut:

1. Permodelan struktur
2. Pendefinisian propertis material
3. Dimensi penampang
4. Jenis pembebanan
 - a. Beban mati
 - b. Beban hidup
 - c. Beban gempa
5. Kombinasi gaya-gaya dalam struktur

- **Hasil Analisis SAP2000 V.14**

Hasil permodelan SAP2000 V.14 dari data yang sudah dimasukkan, kemudian dilakukan pemilihan tipe model dan juga metode distribusi momen sehingga menghasilkan berbagai hasil analisis meliputi desain, komponen, struktur akhir, bentuk mode momen, *shear*, diagram gaya aksial, tampilan respon dan animasi perpindahan ditampilkan dengan grafik berserta hasil kesimpulan analisis.

3.5.2. Perhitungan Daya dukung

No.	Metode	Penjelasan
1.	<i>Meyerhof (1976)</i>	Metode yang didasarkan pada pola keruntuhan tanah dengan asumsi bahwa distribusi tegangan geser sampai ke lapisan permukaan tanah. Kapasitas daya dukung tiang ultimiti dapat dihitung pada persamaan (2.1).
b.	<i>Tomlinson</i>	Metode <i>Tomlinson</i> adalah metode yang digunakan untuk perencanaan fondasi pada tanah kohesif berdasarkan nilai undrained shear strength (C_u) dari tanah lempung. Nilai C_u didapat dari uji

		laboratorium dan uji lapangan seperti N-SPT atau sondir. Kapasitas daya dukung tiang dapat di hitung berdasarkan pada persamaan (2.7).
c.	<i>Resse and Wright</i>	Dalam metode <i>Reese & Wright (1977)</i> , nilai suatu gesekan selimut tiang dapat dipengaruhi oleh jenis suatu tanah dan parameter kuat geser tanah. Perhitungan ini dapat dilihat di persamaan (2.12).
d.	<i>AllPile</i>	Penggunaan program <i>AllPile</i> ini terdiri dari pemodelan fondasi tiang pancang dengan memasukkan data fondasi yang direncanakan dan data tanah yang diperoleh di lokasi survei. Banyak yang harus dipertimbangkan dalam menginput software ini, misalnya kondisi tanah, beban lateral, beban vertikal, dan tinggi muka air.

3.5.3. Penurunan Menggunakan Metode Vesic (1997)

Suatu metode untuk menghitung penurunan daya dukung tiang pancang berdasarkan persamaan 2.18 untuk tiang tunggal persamaan 2.22 untuk tiang kelompok.

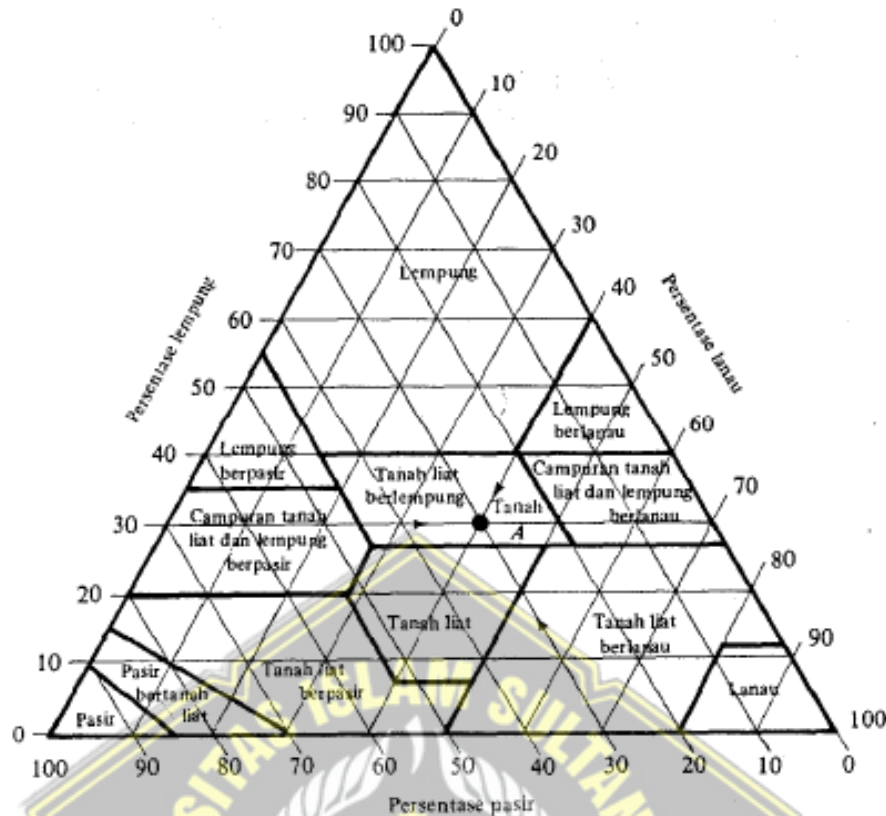
3.6. Parameter Tanah

3.6.1. Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah memiliki beberapa versi, hal ini dikarenakan tanah memiliki sifat yang bervariasi. Adapun klasifikasinya antara lain:

- Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur

Pengaruh ukuran setiap partikel tanah di dalam tanah ini adalah bentuk tekstur tanah. Tanah dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan ukuran partikel: pasir (*sand*), lanau (*silt*), lempung (*clay*), kerikil (*gravel*). Departemen Pertanian Amerika Serikat telah mengembangkan sistem untuk mengklasifikasikan ukuran butir melalui persentase pasir, lanau, dan lempung yang digambar pada grafik segitiga dibawah ini.



Gambar 3. 3 Klasifikasi berdasarkan tekstur tanah oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA)

(Sumber: Admin, 2013)

Metode ini tidak memperhitungkan plastisitas tanah yang disebabkan adanya mineral lempung yang terdapat pada tanah (baik jumlah maupun jenisnya). Untuk menafsirkan ciri-ciri suatu tanah perlu diperhatikan jumlah dan jenis mineral lempung yang terkandung didalamnya.

- **Klasifikasi Tanah Berdasarkan Pemakaian**

Sistem untuk mengklasifikasikan struktur tanah relatif sederhana karena hanya berdasarkan distribusi ukuran butir. Pada kenyataannya, jumlah dan jenis mineral lempung di dalam tanah mempengaruhi sifat fisik tanah ini. Itu sebabnya perlu mempertimbangkan jenis plastisitas tanah karena adanya kandungan mineral lempung untuk menafsirkan ciri-ciri suatu tanah.

- **Sistem Klasifikasi AASHTO**

Sistem klasifikasi tanah AASHTO awalnya dikembangkan pada tahun 1929 sebagai Public Road Administration Classification System. Sistem ini

mengklasifikasikan tanah menjadi delapan kelompok, A-1 sampai A-7. Setelah beberapa perbaikan, Amerika mengadopsi sistem ini The American Association of State Highway Officials (AASHTO) pada tahun 1945. Bagan Klasifikasi sistem ini ditunjukkan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 di bawah. Klasifikasi tanah dilakukan dengan memproses dari kiri ke kanan pada bagan sampai menemukan kelompok pertama yang data pengujian terpenuhi. Untuk tanah yang mengandung bahan butir halus diidentifikasi lebih lanjut dengan indeks kelompoknya. Indeks kelompok ditentukan oleh persamaan berikut.

Tabel 3. 1 Klasifikasi Tanah Berbutir

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)							
Klasifikasi Ayakan	A-1		A-3	A-2				
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	
Analisis Ayakan (% Lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35	
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6			NP	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu Pecah kerikil pasi	Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau					
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik							

(Sumber: Das, 1995)

Tabel 3. 2 Klasifikasi Tanah Lanau-Lempung

Klasifikasi Umum	Tanah Lanau-Lempung (lebih dari 35% atau kurang dari seluruh contoh tanah yang lolos ayakan No. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Analisis Ayakan (%) Lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36

Sifat fraksi yang lolos No. 40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah Berlanau		Tanah Berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

(**Sumber:** Das, 1995)

- **Klasifikasi Tanah Sistem UNIFIED**

Sistem ini diperkenalkan pertama kali oleh *Cassagrande* di tahun 1941 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan di lapangan ternagn yang dilaksanakan oleh *The Army Corps Engineers*. Sistem ini dimodifikasi sedikit oleh *U.S Bureau of Reclamation* dan *U.S Corps of Engineers* dalam tahun 1952. Dan pada tahun 1969 *American Society for Tesing and Material* telah menjadikan system ini sebagai standar untuk mengklklasifikasikan tanah dengan tujuan rekayasa. Sistem UNIFIED dibagi 2 kelompok utama:

- a. Tanah berbutir kasar adalah tanah yang lebih dan 50% bahan tertahan pada ayakan No. 200. Tanah kasar terbagi atas kerikir dengan simbol G (*gravel*), dan pasir dengan simbol S (*sand*).
- b. Tanah butir halus adalah tanah yang lebih dan 50% bahannya lewat pada saringan No.200. Tanah butir halus memiliki simbol M (*silt*), lempung dengan simbol C (*clay*), serta lanau dan lempung organic dengan simbol O, bergantung pada tanah itu terletak pada grafik plastisitas. Tanda L untuk plastisitas rendah dan H untuk plastisitas tinggi.

Adapun simbol-simbol lain yang digunakan pada klasifikasi tanah ini:

W = *well graded* (tanah dengan gradasi baik)

P = *poorly graded* (tanah dengan gradasi buruk)

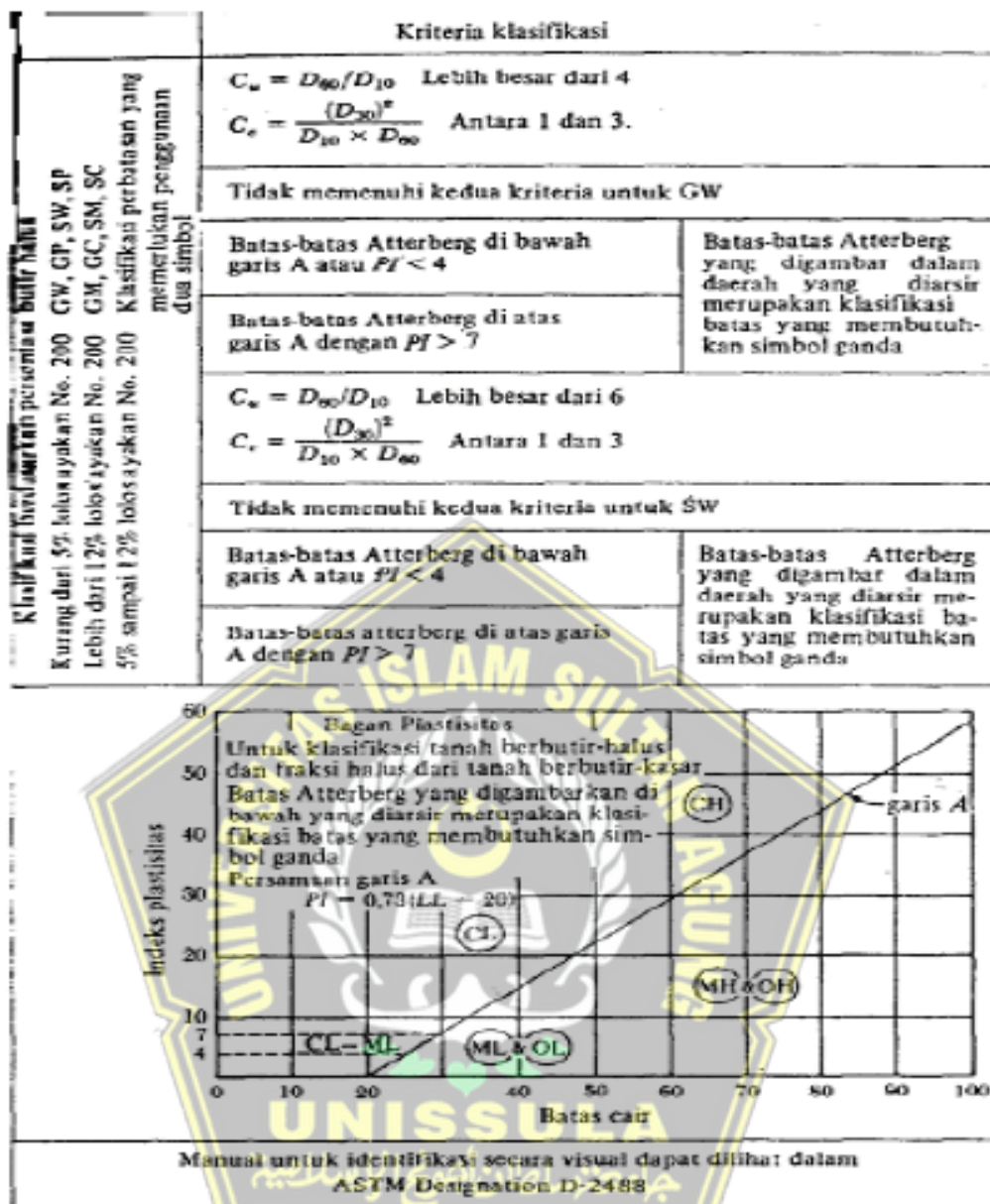
L = *low plasticity* (plastisitas rendah) ($LL < 50$)

H = *high plasticity* (plastisitas tinggi) ($LL > 50$)

Divisi utama			Simbol kelompok	Nama umum
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No. 200 ⁺	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Kerikil dengan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung
	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada ayakan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP	Pasir bergradasi-buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir - lempung
Tanah Berbutir Halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan Lempung Batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (lean clays)	
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan Lempung Batas cair lebih dari 50%	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis.	
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi			PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi

Gambar 3. 4 Simbol Klasifikasi Tanah

(Sumber: Das, 1995)

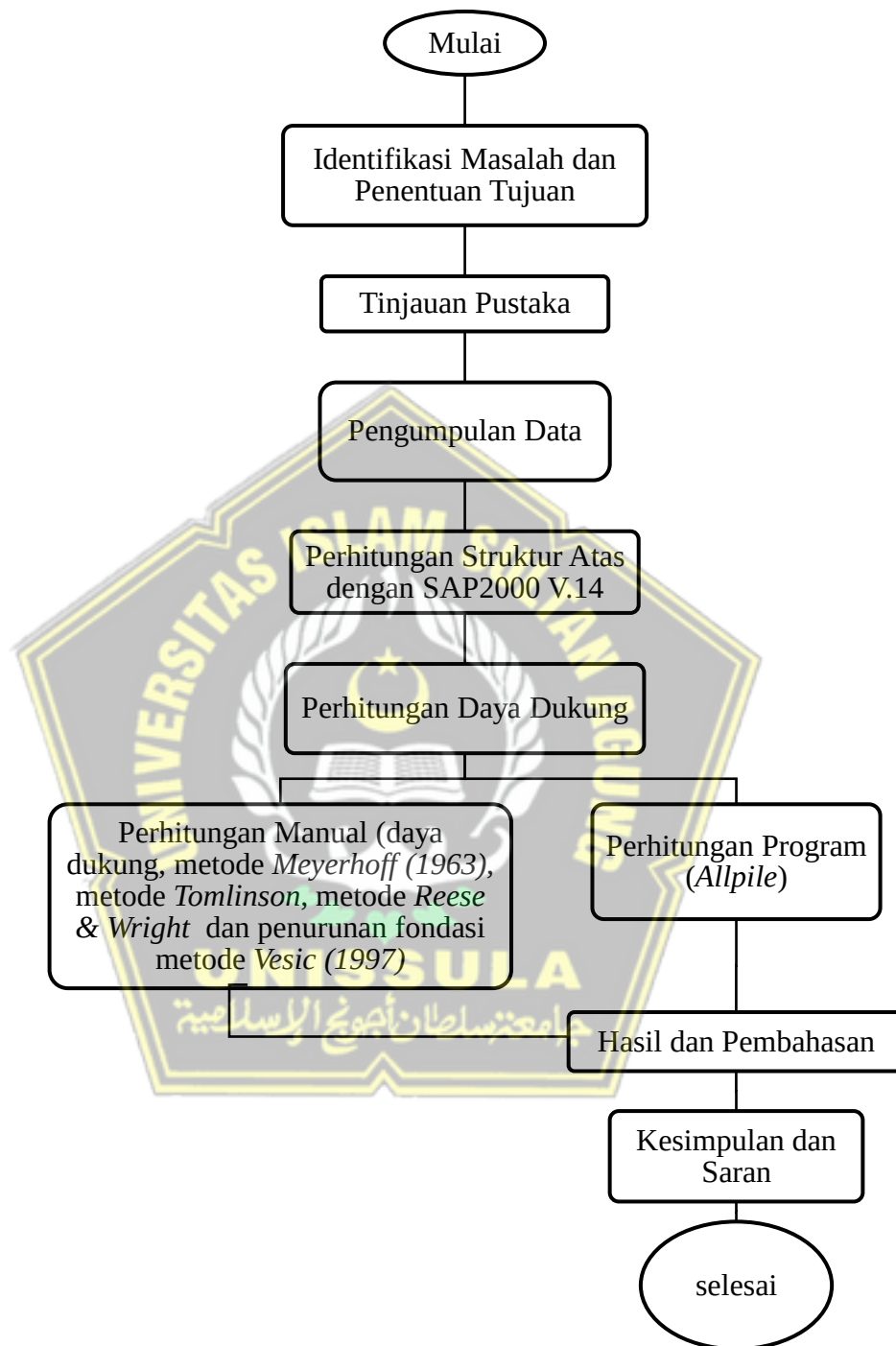


Gambar 3. 5 Kriteria Klasifikasi Tanah

(Sumber: Das, 1995)

3.7. Bagan Alir

Skema pelaksanaan pada studi kasus ini antara lain :

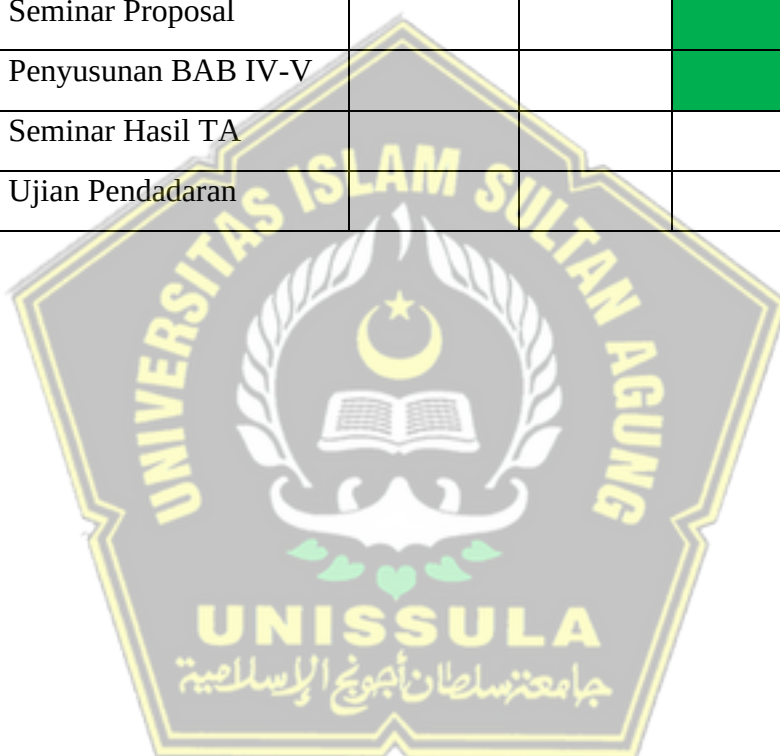


Gambar 3. 6 Diagram Alir

3.8. Jadwal Pelaksanaan

Tabel 3. 3 Waktu Pelaksanaan Tugas Akhir.

NO	KEGIATAN	WAKTU				
		MARET	APRIL	MEI	JUNI	JULI
1.	Disposisi Tugas Akhir					
2.	Pengajuan Judul					
3.	Pengumpulan Data					
4.	Penyusunan BAB I - III					
7.	Seminar Proposal					
8.	Penyusunan BAB IV-V					
10.	Seminar Hasil TA					
11.	Ujian Pendadaran					



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum

Dalam menganalisis data dan perhitungan, penulis sudah mendapatkan data tanah dari proyek Gedung Fakultas Teknik UNWAHAS. Pada perencanaan fondasi menggunakan jenis fondasi mini pile dengan ukuran 25x25 cm dengan Panjang 14m. Dalam tugas akhir ini, penulis akan membahas tentang perbandingan hasil perhitungan daya dukung menggunakan PDA yang telah dilakukan perencanaan proyek dengan hasil perhitungan penulis menggunakan software *AllPile*.

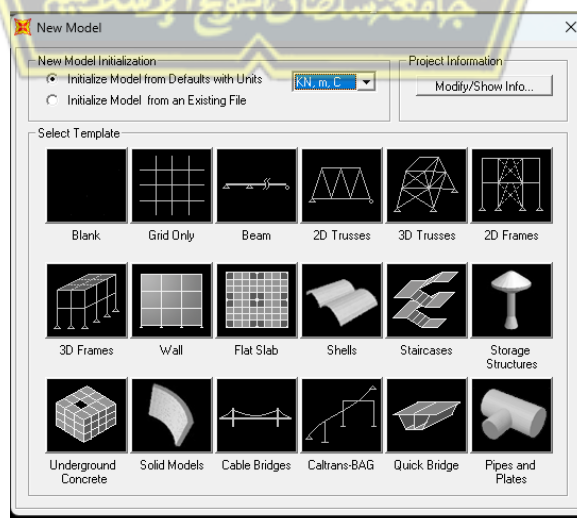
Dalam perhitungan daya dukung ini dilakukan beberapa metode perhitungan yaitu metode *Tomlinson*, *Meyerhof*, *Resse and Wright*. Data yang akan dipakai dalam penelitian ini yaitu data N-SPT, tes PDA, dan tes sondir.

4.2. Perhitungan Pembebanan Struktur Atas Menggunakan SAP2000 V.14

Pada tahap awal permodelan Gedung sesuai data di lapangan dengan membuat design struktur atas menggunakan software SAP200 V.14 untuk mengetahui besar beban gaya yang di dapat dari bangunan tersebut. Dimana beban gaya yang didapat akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

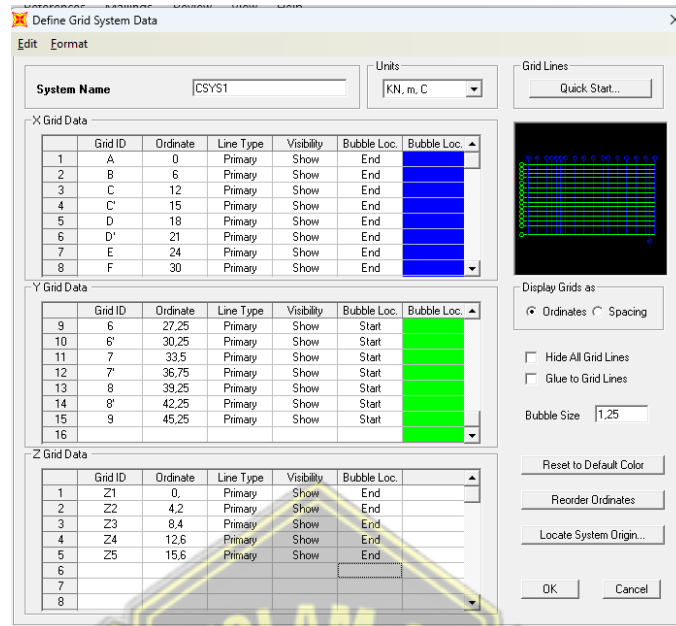
Perhitungan pembebanan bangunan menggunakan SAP2000 V.14. Berikut langkah-langkah yang di lakukan :

1. Model frame 3D, *new model*, ganti satuan menjadi kN,m,C lalu klik 3D model.



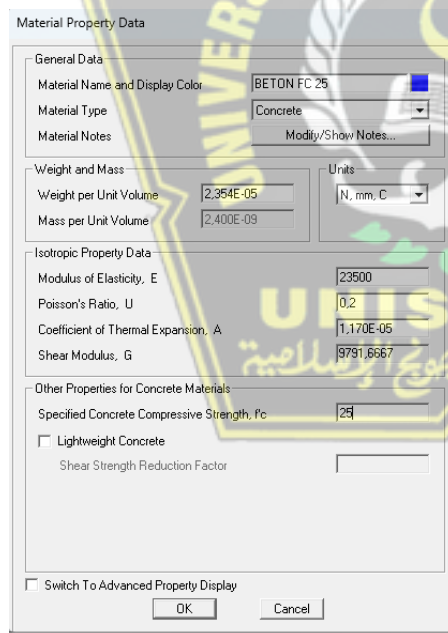
Gambar 4. 1 New Model

2. Mengatur koordinat, klik kanan, lalu klik edit *grid* data.

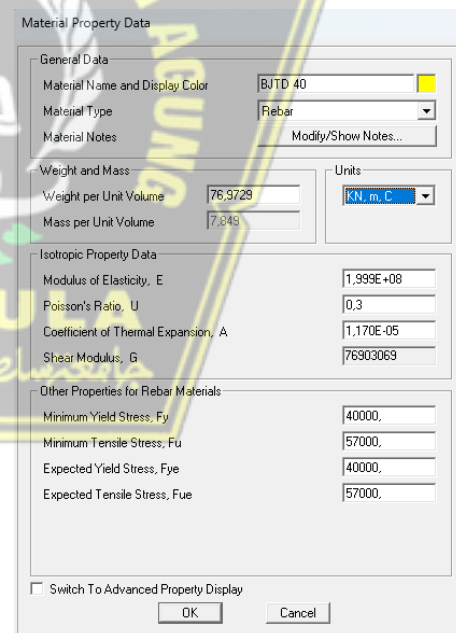


Gambar 4. 2 Edit Grid

3. Lalu klik *Define – Materials - Modify*.

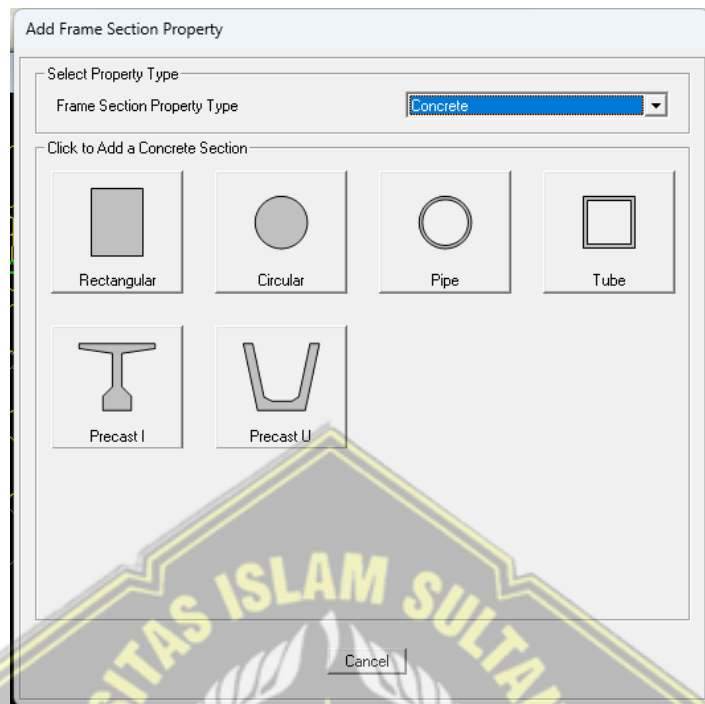


Gambar 4. 3 Material Beton



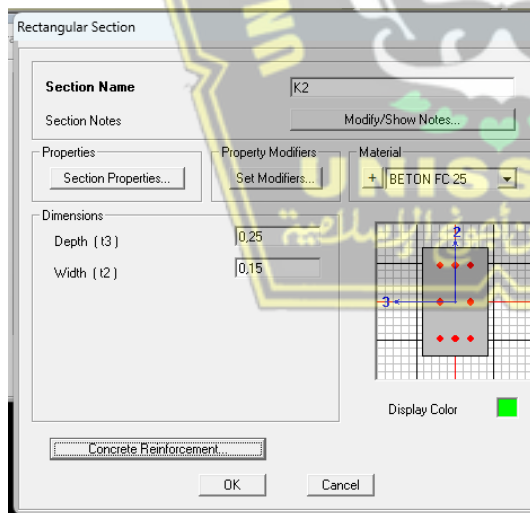
Gambar 4. 4 Material Baja

4. Klik *define - section properties - frame section* - lalu pilih beban karena pakai beton jadi pilih *concrete*.

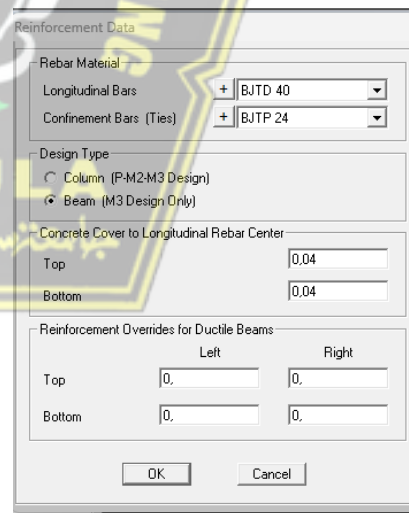


Gambar 4. 5 Material *Frame Section*

5. Lalu pilih bentuk sesuai kebutuhan dan klik *concreate reinforcement*.



Gambar 4. 6 Reinforcement Section
Data.



Gambar 4. 7 Reinforcement Data
Untuk *Beam*

6. Untuk plat, klik *define – section properties – area section – modify*.

Shell Section Data

Section Name: PLAT 12
 Section Notes: Modify/Show...
 Display Color: [Green Box]

Type:
☒ Shell - Thin
☐ Shell - Thick
☐ Plate - Thin
☐ Plate Thick
☐ Membrane
☐ Shell - Layered/Nonlinear
 Modify/Show Layer Definition...

Material:
 Material Name: + BETON FC 25
 Material Angle: 0.

Thickness:
 Membrane: 0.12
 Bending: 0.12

Concrete Shell Section Design Parameters:
 Modify/Show Shell Design Parameters...

Stiffness Modifiers: [Set Modifiers...]
 Temp Dependent Properties: [Thermal Properties...]

OK Cancel

Gambar 4. 8 *Shell Section Data*

7. Klik *define – load patterns* – lalu muncul dialog dan isi sesuai beban yang akan di input.

Define Load Patterns

Load Patterns

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
EARTQUAKE - Y	QUAKE	0	AS 1170 2007
DEAD	DEAD	1	
SD	DEAD	0	
EARTQUAKE - X	QUAKE	0	AS 1170 2007
LIVE	LIVE	0	
WIND	WIND	0	None
EARTQUAKE - Y	QUAKE	0	AS 1170 2007

Click To:
 Add New Load Pattern
 Modify Load Pattern
 Modify Lateral Load Pattern...
 Delete Load Pattern
 Show Load Pattern Notes...

OK Cancel

Gambar 4. 9 *Load Patterns*

8. Selanjutnya membuat beban kombinasi yang akan digunakan berdasarkan SNI 2847 2019 : Pasal 5.3.1

- $1,4D + 1,4SDL$
- $1,2 D + 1,2 SDL + 1,6 DLL$
- $1,37 D + 1,37 SDL + 1LL + 1 EDx + 0,3 Edy$
- $1,37 D + 1,37 SDL + 1LL + 1 EDx - 0,3 Edy$

- $1,37 D + 1,37 SDL + 1LL - 1 EDx + 0,3 Edy$
- $1,37 D + 1,37 SDL + 1LL - 1 EDx - 0,3 Edy$
- $1,37 D + 1,37 SDL + 1LL + 1 EDy + 0,3 Edx$
- $1,37 D + 1,37 SDL + 1LL + 1 EDy - 0,3 Edx$
- $1,37 D + 1,37 SDL + 1LL - 1 EDy - 0,3 Edx$
- $0,73 D + 0,73 SDL + 1 EDx + 0,3 Edy$
- $0,73 D + 0,73 SDL + 1 EDx - 0,3 Edy$
- $0,73 D + 0,73 SDL - 1 EDx + 0,3 Edy$
- $0,73 D + 0,73 SDL - 1 EDx - 0,3 Edy$
- $0,73 D + 0,73 SDL + 1 EDy + 0,3 Edx$
- $0,73 D + 0,73 SDL + 1 EDy - 0,3 Edx$
- $0,73 D + 0,73 SDL - 1 EDy + 0,3 Edx$
- $0,73 D + 0,73 SDL - 1 EDy - 0,3 Edx$

Keterangan :

D = Beban Mati Sendiri Struktur

SDL = Beban Mati Tambahan Yang Didapat Pada Struktur

LL = Beban Hidup

EDx = Beban Gempa Arah x (dipilih beban gempa dinamik)

Ey = Beban Gempa Arah y (dipilih beban gempa dinamik)

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated) COMB1

Notes Modify/Show Notes...

Load Combination Type Linear Add

Options

Convert to User Load Combo Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

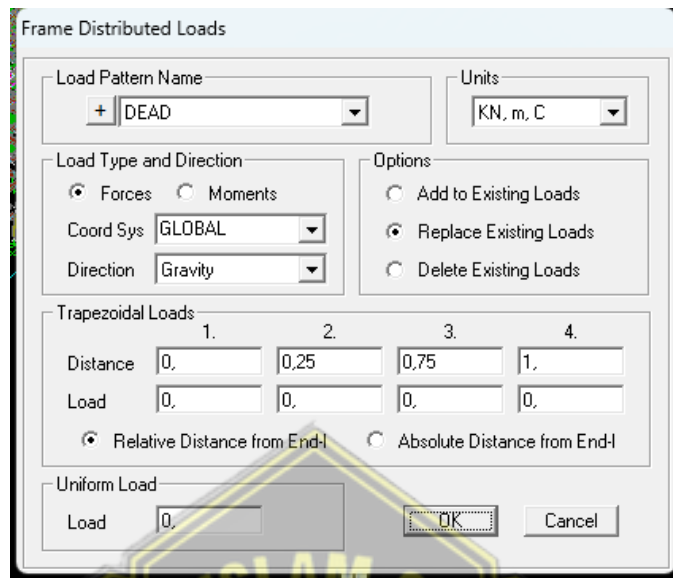
Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
SD	Linear Static	1.4
DEAD	Linear Static	1.4
SD	Linear Static	1.4

Add Modify Delete

OK Cancel

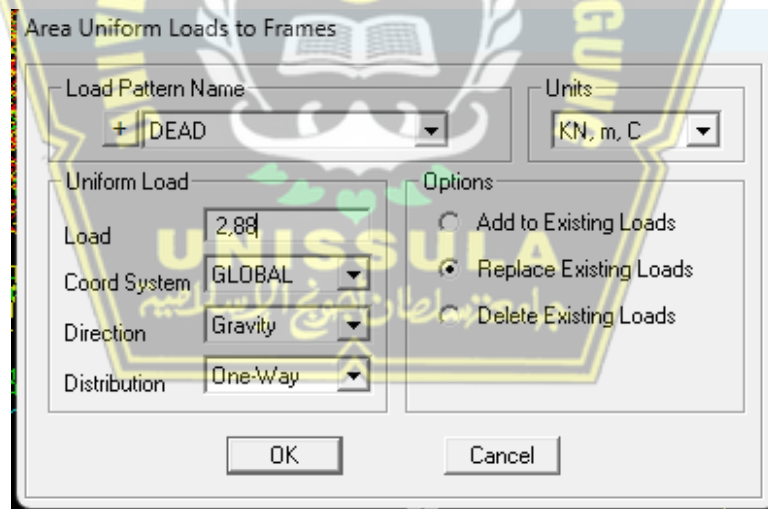
Gambar 4. 10 Load Combination Data

9. Untuk pembebanan balok, seleksi dulu kemudian dibebani, klik *Assign – flameload – distributed*.



Gambar 4. 11 *Frame Distributed Load*

10. Untuk beban mati dan hidup tambahan pada plat, seleksi plat yang akan dibebani, klik *assign – area load – uniform to frame*.



Gambar 4. 12 *Load Pattern Mati*

Area Uniform Loads to Frames

Load Pattern Name: SD Units: KN, m, C

Uniform Load

Load: 5.69

Coord System: GLOBAL

Direction: Gravity

Distribution: Two-Way

Options

☐ Add to Existing Loads

☒ Replace Existing Loads

☐ Delete Existing Loads

OK Cancel

Gambar 4. 13 Beban Mati Tambahan

Area Uniform Loads to Frames

Load Pattern Name: LIVE Units: KN, m, C

Uniform Load

Load: 7

Coord System: GLOBAL

Direction: Gravity

Distribution: Two-Way

Options

☐ Add to Existing Loads

☒ Replace Existing Loads

☐ Delete Existing Loads

OK Cancel

Gambar 4. 14 Beban Hidup

11. Masukkan beban gempa respon spektrum sesuai data yang diambil dari website <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/Aplikasi/desain Spektrum Indonesia> dan juga SNI 1726

Function Name: TEKNIK UNWAHAS Function Damping Ratio: 0.05

Parameters

☐ S_s and S₁ from USGS - by Lat./Long.

☐ S_s and S₁ from USGS - by Zip Code

☒ S_s and S₁ User Specified

Site Latitude (degrees): ?

Site Longitude (degrees): ?

Site Zip Code (5-Digits): ?

0.2 Sec Spectral Accel, S_s: 0.941

1 Sec Spectral Accel, S₁: 0.3923

Long-Period Transition Period: 8

Site Class: B

Site Coefficient, F_a: 1.

Site Coefficient, F_v: 1.

Calculated Values for Response Spectrum Curve

SDS = (2/3) * F_a * S_s: 0.6273

SD1 = (2/3) * F_v * S₁: 0.2615

Convert to User Defined

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.6107
0.	0.2509
0.0834	0.6273
0.4169	0.6273
0.6	0.4359
0.8	0.3269
1.	0.2615
1.2	0.2179
1.4	0.1868
1.6	0.1635

Function Graph

Display Graph

OK Cancel

Gambar 4. 15 Response Spectrum

12. Klik *define – load cases – modify RSX dan RS*

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: EARTHQUAKE - DX [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Response Spectrum [Design...]

Modal Combination:

- ☒ CQC GMC f1: 1.0 GMC f2: 0.0
- ☐ SRSS
- ☐ Absolute
- ☐ GMC
- ☐ NRC 10 Percent
- ☐ Double Sum

Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination:

- ☒ SRSS
- ☐ Absolute

Scale Factor: []

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	TEKNIK UN	1.2263

[Add] [Modify] [Delete]

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Gambar 4. 16 Load Case Respon Sprectrum

13. Setelah semua data diinput klik *Analyze – run analyze - oke*

Set Load Cases to Run

Case Name	Type	Status	Action
DEAD	Linear Static	Not Run	Run
MODAL	Modal	Not Run	Run
SD	Linear Static	Not Run	Run
EARTHQUAKE - X	Linear Static	Not Run	Run
LIVE	Linear Static	Not Run	Run
WIND	Linear Static	Not Run	Run
EARTHQUAKE - Y	Linear Static	Not Run	Run
Earthquake - DX	Response Spectrum	Not Run	Run
Earthquake - DY	Response Spectrum	Not Run	Run

Click to:

[Run/Do Not Run Case] [Show Case...] [Delete Results for Case]

[Run/Do Not Run All] [Delete All Results] [Show Load Case Tree...]

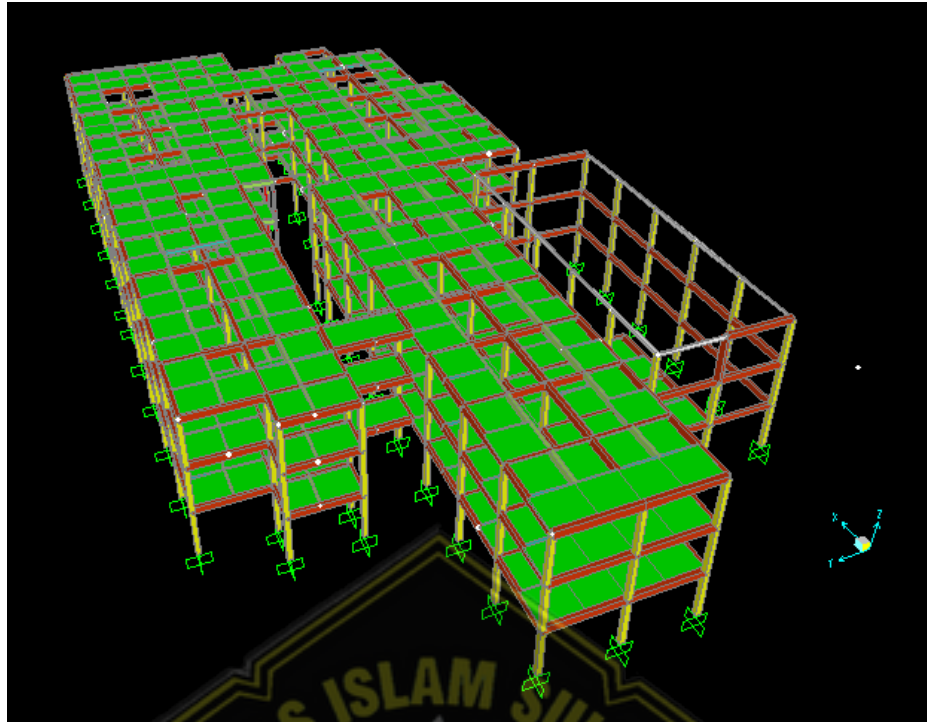
Analysis Monitor Options:

- ☐ Always Show
- ☐ Never Show
- ☒ Show After 4 seconds

☐ Model-Alive

Run Now [OK] [Cancel]

Gambar 4. 17 Run Analysis



Gambar 4. 18 Pemodelan 3D Struktur Atas dengan SAP2000 V.23

4.2.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati yang dipakai dalam permodelan SAP2000 V.14 tentu mengacu pada SNI 03-1727-2020. Berikut beban – beban yang bekerja:

- a. Berat plat lantai (12 cm) = $\text{Tebal plat} \times \gamma_{\text{beton}}$
 $= 0,12 \times 2.400$
 $= 288 \text{ kg/m}^2$
- b. Berat bata ringan = $100 \text{ kg/m}^2 \times 4,2$
 $= 420 \text{ kg/m}^2$

c. Finishing lantai

- a. Berat pasir (1cm) = $0,01 \times 16$
 $= 0,16 \text{ kN/m}^2$
- b. Berat spesi (3 cm) = $0,03 \times 22$
 $= 0,66 \text{ kN/m}^2$
- c. Berat keramik (1cm) = $0,01 \times 22$
 $= 0,22 \text{ kN/m}^2$

Total = $1,04 \text{ kN/m}^2$

Tabel 4. 1 Beban Mati Pada Plat Lantai 2 Dan Lantai 3

Jenis	Keterangan	Satuan (kN/m ²)
Beban Mati	Berat sendiri plat 12 cm	2,88
	Finishing lantai	1,04
	Berat instalasi ME	0,25
	Berat bata ringan	4,2
	Berat Plafon dan penggantungan	0,2
Berat Total		8,57

(Sumber: SNI 03-1727-2020)

Tabel 4. 2 Beban Mati pada Dak Atap

Jenis	Keterangan	Satuan (kN/m ²)
Beban Mati	Berat sendiri plat 12 cm	2,88
	Berat plafon dan penggantungan	0,2
	Berat instalasi ME	0,25
	Berat atap baja	0,4
Berat Total		3,73

(Sumber: SNI 03-1727-2020)

4.2.2 Beban Hidup(Live Load)

Beban hidup juga mengacu pada SNI 1927-2020 mengenai beban minimum perencanaan bangunan didapat 2,87 kn/m².

Tabel 4. 3 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

No.	Keterangan	Satuan (kN/m ²)
1.	Balkon dan Dak	4,79
2.	Jalur Penyelamatan	4,79
3.	Laboratorium	2,87
4.	Lobi	4,79
5.	Ruang Penyimpanan	7,18
6.	Semua Ruangan Kecuali Tangga	1,92
7.	Atap Datar, Berhubungan dan lengkung	0,96

(Sumber: SNI 03-1727-2020)

4.2.3 Beban Gempa (*Seismic*)

Beban gempa adalah beban pada bangunan yang terjadi akibat gempa bumi, mengacu pada SNI 1926-2019

a. Faktor Keamanan

Untuk perencanaan Gedung kuliah ini memiliki faktor keutamaan suatu gempa (*I_e*) untuk gedung sebesar 1,5. Kategori risiko bangunan dan struktur lainnya untuk beban banjir, angin, gempa dan es.

Penggunaan atau pemanfaatan fungsi bangunan gedung dan struktur	Kategori risiko
Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan manusia dalam kejadian kegagalan	I
Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam kategori risiko I, III, dan IV	II
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia.	III
Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam kategori risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari ke hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan.	IV
Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam risiko kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis*	
Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting.	
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat.	
Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis*	
Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari kategori risiko IV struktur lainnya.	

Gambar 4. 19 Faktor Risiko Gempa

(*Sumber: SNI 1926-2019*)

Tabel 4. 4 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa <i>I_s</i>
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(*Sumber: SNI 1926-2019*)

Tabel 4. 5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai S_{DS}

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I,II,III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,067 < S_{DS} < 0,133$	B	C
$0,133 < S_{DS} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DS}$	D	D

*(Sumber: SNI 1926-2019)***Tabel 4. 6** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai S_{D1}

Nilai S_{D1}	Kategori Risiko	
	I, II, III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 < S_{D1} < 0,1,33$	B	C
$0,133 < S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

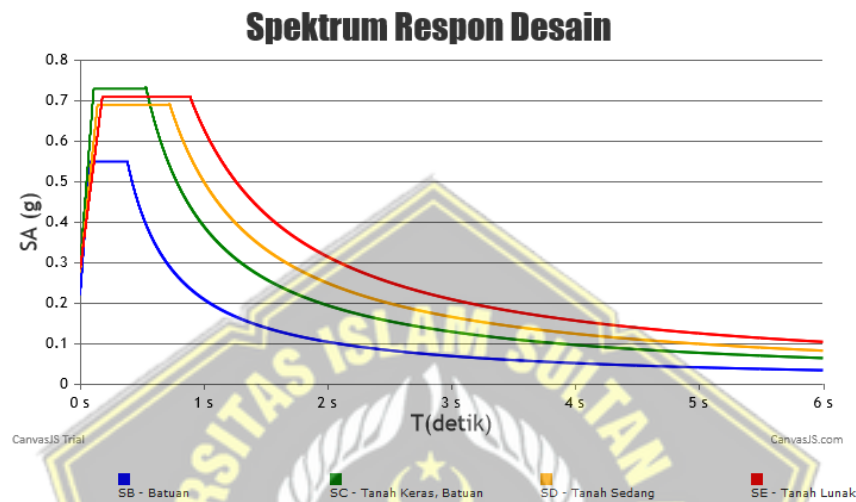
(Sumber: SNI 1926-2019)

b. Zona Wilayah Gempa

Menentukan zona gempa bangunan yang direncanakan, penulis menggunakan informasi Website https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/Aplikasi/desain_spektrum_indonesia dari zona gempa yang akan di rencanakan untuk pembebanan desain berada di kelurahan Nangka Sawit, Kecamatan Gunung Pati Kota Semarang, Jawa Tengah memiliki koordinat garis lintang – 7,0601005 dan bujur 110,3576877,17 maka di peroleh:

- Percepatan respon spectral MCE dari peta gempa pada periode pendek, $SS(g) = 0,941$
- Percepatan respon spectral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik $S1(g) = 0,3923$
- Percepatan respon spectral MCE pada periode pendek, $SMS(g) = 0,941$
- Percepatan respon spectral MCE pada periode 1 detik $SM1(g) = 0,3923$
- Percepatan respon spectral pada periode pendek,
- $SDS(g) = 0,71$
- Percepatan respon spectral pada periode 1 detik,

- $SD1 (g) = 0,50$
- $T0 (detik) = 0,14$
- $TS (detik) = 0,70$
- Koefisien situs, $F_a = 1,000$
- Koefisien situs, $F_v = 1,000$



Gambar 4. 20 Grafik Spektrum
 (Sumber: rsa.ciptakarya.pu.go.id)

Untuk data parameter gempa yang diperoleh melalui website dimasukkan pada software SAP2000 V.14 sebagai beban struktur rencana. setelah penginputan data selesai maka hasil yang didapat dari beban masing- masing yang direncanakan yaitu:

Tabel 4. 7 Hasil Run Analysis

TABLE: Element Joint Forces - Frames											
Frame	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3	FrameElem
Text	Text	Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Text
542	678	ENVELOPE	Combination	Max	2,8948	-0,8272	-14,9411	-1,62609	-0,49002	0,69403	142
542	677	ENVELOPE	Combination	Min	-2,8948	0,8272	16,1185	-5,27311	-6,24667	-0,694	142
542	678	ENVELOPE	Combination	Min	0,2672	-2,3884	-31,9942	-4,77801	-6,0152	-0,7334	142
543	678	ENVELOPE	Combination	Max	-0,4631	2,4767	13,8056	-2,21202	-0,7238	0,74202	143
543	679	ENVELOPE	Combination	Max	1,9209	-1,2589	-5,7221	-2,99351	-1,15789	0,79817	143
543	678	ENVELOPE	Combination	Min	-1,9209	1,2589	6,8995	-4,44464	-4,33863	-0,7982	143
543	679	ENVELOPE	Combination	Min	0,4631	-2,4767	-11,5961	-5,95761	-3,79226	-0,742	143
545	681	ENVELOPE	Combination	Max	0,945	0,5384	64,098	0,77804	3,04011	0,8238	144
545	682	ENVELOPE	Combination	Max	1,0802	0,3762	-32,1734	0,80559	1,74343	0,87115	144
545	681	ENVELOPE	Combination	Min	-1,0802	-0,3762	33,3507	-1,20183	-3,32866	-0,8712	144
545	682	ENVELOPE	Combination	Min	-0,945	-0,5384	-61,84	-1,06304	-2,02267	-0,8238	144
546	682	ENVELOPE	Combination	Max	0,7358	0,7263	42,8028	0,4618	2,4032	0,67553	145
546	683	ENVELOPE	Combination	Max	0,8844	0,217	-21,1043	0,45448	1,13845	0,6678	145
546	682	ENVELOPE	Combination	Min	-0,8844	-0,217	22,2817	-1,50593	-2,70877	-0,6678	145
546	683	ENVELOPE	Combination	Min	-0,7358	-0,7263	-40,5449	-1,54957	-1,45682	-0,6755	145

Dari data tersebut dipilih beban yang terbesar yaitu:

- Kolom 545 dengan beban 64,098 ton jadi 628,59 kN

4.3. Perhitungan Daya Dukung Aksial Fondasi Mini Pile

Data fondasi *mini pile*:

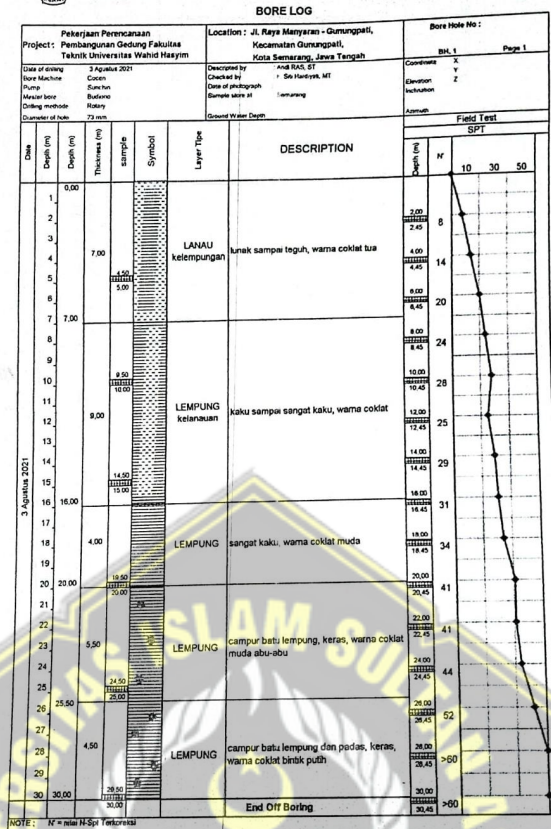
Dimensi (D) = 25 x 25cm = 0,25 x 0,25m

Kedalaman (L) = 10m

Keliling tiang (K)
 = 4 x s
 = 4 x 0,25
 = 1 m

Luas selimut tiang (As)
 = 4 x s x L
 = 4 x 0,25 x 10
 = 10 m²

Luas penampang tiang (Ap) = s x s
 = 0,25 x 0,25
 = 0,0625 m²



Gambar 4. 21 Data Tanah
(Sumber: PT. Chimarder 777)

4.3.1. Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal Fondasi Mini Pile

Menggunakan Metode Meyerhof

- Kedalaman 10 m

- a. Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p) untuk tanah tipe kohesif

$$C_u = (N-SPT_{(rata-rata)} \times 2/3 \times 10)$$

$$= (28 \times 2/3 \times 10)$$

$$= 186,6 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p$$

$$= 9 \times 186,6 \times 0,0625$$

$$= 105 \text{ kN}$$

- b. Daya Dukung Friksi Tiang (*Skin Friction*) untuk tanah tipe kohesif

$$Q_s = a \times c_u \times p \times L_i$$

$$= 0,55 \times 186,6 \times 1 \times 10$$

$$= 1.072,82 \text{ kN}$$

c. Daya Dukung Ultimate (Qult)

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 105 + 1.072,87 \\ &= 1.177,87 \text{ kN} \end{aligned}$$

d. Daya Dukung yang Diijinkan (Qall)

$$\begin{aligned} Q_{all} &= Q_{ult}/SF \\ &= 1.177,87 / 3 \\ &= 392,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Daya Dukung Metode *Meyerhof*

Dept (m)	Cu (kN/m ²)	Ap (m ²)	Qp (kN)	Qs (kN)	Qult (kN)	Qall (kN)
2	53,33	0,06	30,00	58,67	88,67	29,56
4	93,33	0,06	52,50	205,33	257,83	85,94
6	133,33	0,06	75,00	440,00	515,00	171,67
8	160,00	0,06	90,00	704,00	794,00	264,67
10	186,67	0,06	105,00	1072,87	1177,87	392,62
12	166,67	0,06	93,75	1100,00	1193,75	397,92
14	193,33	0,06	108,75	1488,67	1597,42	532,47
16	206,67	0,06	116,25	1818,67	1934,92	644,97

4.3.2. Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal Fondasi Mini Pile

Menggunakan Metode Reese & Wright

• **Kedalaman 10 m**

a. Daya Dukung Ujung Tiang (Qp)

Hitungan untuk nilai kohesi (cu)

$$C_u = (N-SPT(rata-rata) \times 2/3 \times 10)$$

$$= (28 \times 2/3 \times 10)$$

$$= 186,6 \text{ kN/m}^2$$

Hitungan untuk tahanan ujung tiang (qp)

$$q_p = 9 \times C_u$$

$$= 9 \times 186,6$$

$$= 1680 \text{ kN/m}^2$$

Hitungan untuk daya dukung ujung tiang (Q_p)

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \times A_p \\ &= 1679,4 \times 0,0625 \\ &= 105 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Daya Dukung Friksi Tiang (Skin Friction) untuk tanah tipe kohesif

$$\begin{aligned} f_s &= \alpha \times C_u \\ &= 0,55 \times 186,6 \\ &= 102,63 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Hitungan untuk daya dukung selimut tiang (Q_s)

$$\begin{aligned} Q_s &= f \times L_i \times K \\ &= 102,63 \times 10 \times 1 \\ &= 1.072,87 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Daya Dukung Ultimit (Q_{ult})

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 105 + 1.072,87 \\ &= 1.177,87 \text{ kN} \end{aligned}$$

d. Daya Dukung yang Di ijin (Qall)

$$\begin{aligned} Q_{all} &= Q_{ult} / SF \\ &= 1.177,87 / 3 \\ &= 392,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Daya Dukung Metode Reese & Wright

Dept (m)	Cu (kN/m ²)	qp (kN/m ²)	Qp (kN)	fs (kN)	Qs (kN)	Qult (kN)	Qall (kN)
2	53,33	480,00	30,00	29,33	58,67	88,67	29,56
4	93,33	840,00	52,50	51,33	205,33	257,83	85,94
6	133,33	1200,00	75,00	73,33	440,00	515,00	171,67
8	160,00	1440,00	90,00	88,00	704,00	794,00	264,67
10	186,67	1680,00	105,00	102,67	1072,87	1177,87	392,62
12	166,67	1500,00	93,75	91,67	0,00	93,75	31,25
14	193,33	1740,00	108,75	106,33	1488,67	1597,42	532,47
16	206,67	1860,00	116,25	113,67	1818,67	1934,92	644,97

4.3.3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal Fondasi Mini Pile Menggunakan Metode Tomlinson

- Kedalaman 10 m

a. Perhitungan nilai kohesi tanah

$$\begin{aligned}C_u &= 1/20 \times q_c \\&= 1/20 \times 45 \\&= 2,25 \text{ kg/cm}^2 \\&= 220,64 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

b. Perhitungan daya dukung di ujung tiang

$$Q_p = A_p \times C_u \times N_c$$

Dimana:

N_c = faktor daya dukung dibawah ujung tiang bor, bernilai 9

A_p = luas penampang ujung tiang

$$\begin{aligned}Q_p &= A_p \times C_u \times N_c \\&= 0,0625 \times 220,64 \times 9 \\&= 124,11 \text{ kN}\end{aligned}$$

Perhitungan daya dukung selimut fondasi minipile

$$\begin{aligned}Q_s &= f \times L_i \times p \\&= 220,64 \times 10 \times 1 \\&= 2206,4 \text{ kN}\end{aligned}$$

Perhitungan daya dukung ultimit (Q_{ult})

$$\begin{aligned}Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\&= 124,11 + 2206,4 \\&= 2330,51 \text{ kN}\end{aligned}$$

Perhitungan daya dukung ijin (Q_{all})

$$\begin{aligned}Q_{all} &= Q_{ult} / SF \\&= 2330,51 / 2,5 \\&= 932,204 \text{ kN}\end{aligned}$$

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Daya Dukung

No.	Metode	Kedalaman 10	
		Q _{ult} (kN)	Q _{all} (kN)
1.	Meyerhoff	1.177,87	392,62
2.	Reese & Wright	1.177,87	392,62
3.	Tomlinson	2330,51	932,204

Pada Tabel 4.10 dapat dipilih daya dukung fondasi yang memiliki hasil nilai terkecil dapat dijadikan acuan untuk perhitungan selanjutnya. Dimana metode Meyerhof dan metode Reese & Wright memiliki hasil perhitungan yang sama.

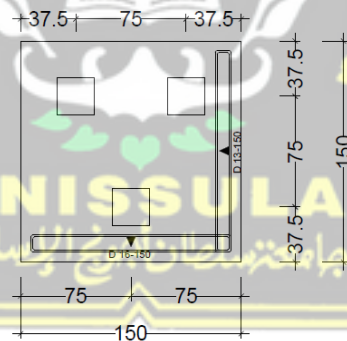
4.3.4. Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok Fondasi Mini Pile

Dalam menghitung daya dukung fondasi kelompok tiang diambil beban dari SAP2000. Untuk beban yang diambil yaitu dari letak tumpuan struktur bangunan di P2 dengan beban 64,098 ton.

- **Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Metode Converse-Labrabe.**

Berdasarkan data yang ada jenis *pile cap* tipe P2 memiliki Panjang 150cm dan lebar 150 cm dengan jumlah tiang sebanyak 6 dan jarak antar tiang 75cm.

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



Gambar 4. 22 Detail *Pile Cap* P2

a. Fondasi P2

P = 64,098 ton

S = 0,75 m

d = 0,25 m

n_{tiang} = 3

m = 2

n = 1

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1} (d/s) \\ &= \tan^{-1} (0,25/0,75) \\ &= 18,435\end{aligned}$$

Efisiensi group tiang:

$$\begin{aligned}E_g &= 1 - \left(\frac{(m-1)n + (n-1)m}{90 \times m \times n} \right) \times \theta \\ &= 1 - \left(\frac{(2-1)1 + (1-1)2}{90 \times 2 \times 1} \right) \times 18,435 \\ &= 0,897\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{all \text{ (group)}} &= n_{tiang} \times Q_{all} \times E_g \\ &= 3 \times 392,62 \times 0,897 \\ &= 1056,54 \text{ kN} \\ &= 105,654 \text{ ton}\end{aligned}$$

Dimana $Q_{all \text{ (group)}} > P$, yaitu $105,654 \text{ ton} > 64,098 \text{ ton}$ (**Aman**), sehingga fondasi P2 dapat menahan beban atas dengan jumlah tiang 3 dan jarak tiang 75cm antar tiang.

- **Daya Dukung Lateral Metode Brooms 1964**

Beban lateral yaitu beban pada arah *horizontal*. Dengan data tanah yang sudah ada dapat di hitung sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Berat Jenis Tanah

Jenis Tanah	$\gamma_{sat} \text{ (kN/m}^3\text{)}$	$\gamma_{dry} \text{ (kN/m}^3\text{)}$
Kerikil	20-22	15-17
Pasir	18-20	13-16
lanau	18-20	14-18
Lempung	16-22	14-21

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

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

$$= \tan^2(45 + \frac{30,36^\circ}{2})$$

$$= 3,044$$

$$D = 0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$$

$$L = 10 \text{ m}$$

$$F_c' = 500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 41,50 \text{ MPa}$$

a. Kekakuan Tiang Fondasi

$$E_p = 4700 \sqrt{f_{c'}}$$

$$= 4700 \sqrt{41,50}$$

$$= 30.277.632 \text{ kN/m}^2$$

$$I_p = 1/64 \times \pi \times s^2$$

$$= 1/64 \times 3,14 \times 0,25^2$$

$$= 0,033 \text{ m}^4$$

Nilai untuk jenis tanah kohesif η_h 150 kN/m³

b. Nilai Faktor Kekakuan Tanah

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p \times I_p}{\eta_h}}$$

$$= \sqrt[5]{\frac{30.277.632 \times 0,033}{150}}$$

$$= 1,458 \text{ m}$$

$$4T = 4 \times T$$

$$= 4 \times 1,458$$

$$= 5,834 \text{ m}$$

Dari hasil L (10 m) > $4T$ (5,834 m), maka tiang fondasi terdiri dari tiang fondasi elastis yang panjang.

c. Cek Keruntuhan Tanah (pada ujung jepit)

$$M_{\max} = \gamma \times \text{sisi} \times L^3 \times K_p$$

$$= 16 \times 0,25 \times 10^3 \times 3,044$$

$$= 12.176 \text{ kN/m}^2$$

d. Tahanan Tiang Momen

$$W = \frac{I_p}{\frac{\text{sisi}}{2}}$$

$$= \frac{0,0327}{\frac{0,25}{2}}$$

$$= 0,262$$

e. Momen Maksimum Tiang

$$F_b = 0,4 \times F_{c'}$$

$$= 0,4 \times 41,50$$

$$= 16,6 \text{ MPa}$$

$$= 16.600 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= F_b \times W \\
 &= 16.600 \times 0,2616 \\
 &= 4.342,56 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

f. Nilai H_u

$$\begin{aligned}
 F &= 0,82 \times \sqrt{\frac{H_u}{D \times K_p \times \gamma}} \\
 &= 0,82 \times \sqrt{\frac{H_u}{0,25 \times 3,044 \times 16}} \\
 &= 0,234 \sqrt{H_u}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_u &= \left(\frac{2 M_y}{e + \frac{2f}{3}} \right) \\
 &= \left(\frac{2 \times 4.342,56}{0 + 2 \times \frac{0,234 \sqrt{H_u}}{3}} \right) \\
 &= \frac{55.673,84}{H_u^{\frac{1}{2}}} \\
 &= 55.673,84 \times H_u^{-\frac{1}{2}}
 \end{aligned}$$

$$H_u \times H_u^{\frac{1}{2}} = 55.673,84 \times H_u^{-\frac{1}{2}} \times H_u^{\frac{1}{2}}$$

$$H_u^{\frac{3}{2}} = 55.673,84 \times H_u^0$$

$$H_u^{\frac{3}{2}} = 55.673,84 \times 1$$

$$H_u^{\frac{2}{3}} = 55.673,84$$

$$\left[H_u^{\frac{3}{2}} \right]^{\frac{2}{3}} = 55.673,84^{\frac{2}{3}}$$

$$\begin{aligned}
 H_u &= \sqrt[3]{(55.673,84)^2} \\
 &= 1.458,033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{u_{ijin}} &= 1.458,033 / 3 \\
 &= 486,011 \text{ kN} \\
 &= 49,56 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

g. Perhitungan Pada Tahanan Lateral Ijin

$$\begin{aligned}
 255 &= \frac{Hu}{Kp \times \gamma \times D^2} \\
 255 &= \frac{Hu}{3,044 \times 16 \times 0,25^2} \\
 &= 761 \text{ kN} \\
 &= 77,60 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Jadi nilai $Hu > Hu_{ijin} = 77,60 > 49,56 \text{ ton}$, maka nilai Hu **Aman**

4.4. Perhitungan Penurunan Fondasi Menggunakan Metode Vesic

4.4.1. Tiang Tunggal

Berdasarkan metode *Vesic*, untuk penurunan elastis pada fondasi Mini Pile tunggal dapat dihitung memakai persamaan:

$$L = 10 \text{ m}$$

$$F_c' = 41,50 \text{ Mpa}$$

$$S = 0,75 \text{ m}$$

$$A_p = 0,0625 \text{ m}^2$$

a. Hitungan untuk nilai elastisitas tiang memakai Persamaan

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

$$E = 4700 \sqrt{41,50}$$

$$E = 30277632 \text{ kN/m}^2$$

Untuk mencari nilai faktor empirik pada tahanan selimut tiang berdasarkan metode *vesic* Dikarenakan jenis tanah lempung maka menggunakan $\epsilon = 0,5$.

Hitungan untuk nilai penurunan $Se(1)$ memakai persamaan 2.17 :

$$Se(1) = ((Q_p + \xi \times Q_s) \times L) / (A_p \times E_p)$$

$$Se(1) = [(105 + (0,5 \times 1072,87) \times 10) / (0,0625 \times 30277632)]$$

$$Se(1) = 0,0028 \text{ m}$$

a. Hitungan untuk nilai penurunan $Se(2)$ memakai persamaan:

$$q_p = 1680 \text{ kN}$$

$$Q_p = 105,0 \text{ kN}$$

$$C_p = 0,03$$

Hitungan untuk nilai Se(2) :

$$Se(2) = (Q_p \times C_p) / (D \times q_p)$$

$$Se(2) = (105,0 \times 0,03) / (0,25 \times 1680)$$

$$Se(2) = 0,0075 \text{ m}$$

b. Hitungan untuk nilai Se(3) memakai persamaan:

$$E_s = 2000 \text{ kN/m}^2$$

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

$$= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{10}{0,25}}$$

$$= 4,21 \text{ m}$$

$$Se(3) = [(Q_p / (K \times L)) \times (D / E_s) \times (1 - (\mu_s)^2) \times I_{ws}]$$

$$Se(3) = [(105,00 / (1 \times 10)) \times (0,25 / 2000) \times (1 - (0,3)^2) \times 4,21]$$

$$Se(3) = 0,00081 \text{ m}$$

c. Hitungan untuk total penurunan elastis yang terjadi Se(total) memakai persamaan 2.16:

$$Se(\text{total}) = Se(1) + Se(2) + Se(3)$$

$$Se(\text{total}) = 0,0028 + 0,0075 + 0,00081$$

$$Se(\text{total}) = 0,011 \text{ m}$$

$$= 1,1 \text{ cm}$$

d. Hitungan untuk penurunan yang diijinkan Se(izin) :

$$Se(\text{izin}) = 10\% \times D$$

$$Se(\text{izin}) = 0,1 \times 0,25$$

$$Se(\text{izin}) = 0,025 \text{ m}$$

$$= 2,5 \text{ cm}$$

Syarat yang diijinkan ialah $Se < Se(\text{izin}) = 1,1 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm}$, sehingga syarat tersebut aman.

4.4.2. Tiang Kelompok P2

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

Fondasi P2

Diketahui :

$$S_e = 0,011$$

$$B_g = 0,75$$

$$D = 0,25$$

$$\begin{aligned} S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\ &= 0,011 \times \sqrt{\frac{0,75}{0,25}} \\ &= 0,019 \text{ m} \\ &= 1,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

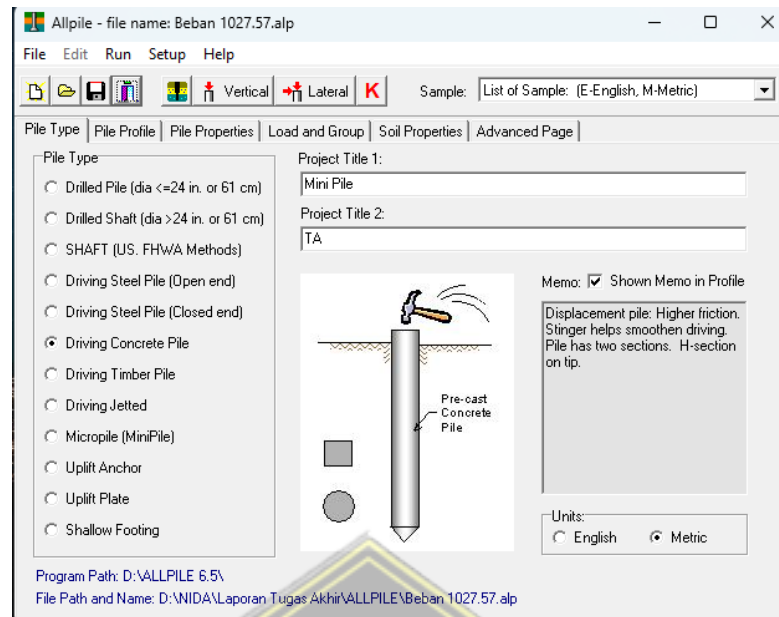
Syarat yang diijinkan $S_g < S_e(\text{izin})$ yaitu $1,9 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm}$, maka syarat tersebut aman.

4.5. Menganalisa Permodelan Pada Program AllPile

Aplikasi *AllPile* merupakan *software* yang banyak digunakan untuk merencanakan sebuah struktur fondasi yang akan di rancang. Data yang di butuhkan dalam pengimputan yaitu data tanah (SPT), beban atas yang sudah di hitung dengan aplikasi SAP2000.

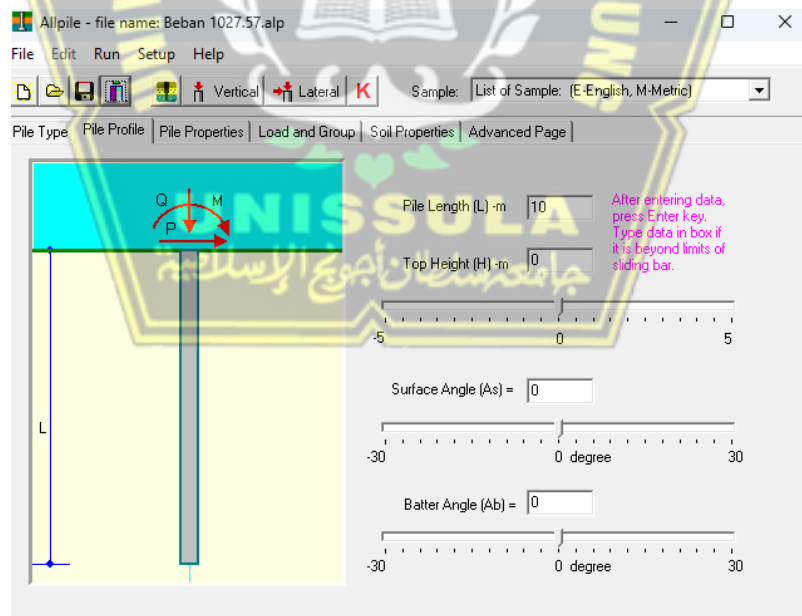
Software ini dapat mengalisa daya dukung fondasi dan juga penurunan yang terjadi di fondasi. Berikut langkah-langkah dalam permodelan fondasi dalam program *AllPile*:

1. Memilih tipe pile fondasi yang direncanakan setelah isi pada *project file* dan menamakan judul yang sesuai yang dapat penjelasan. Perhatikan gambar di bawah ini:



Gambar 4. 23 Input Pile Type

2. Untuk pengisian pada profil fondasi caranya memasukkan data yang direncanakan seperti panjang pada fondasi menyeluruh, panjang pada fondasi yang dilebihkan agar muncul dipermukaan, kemiringan pada tanah, dan kemiringan fondasi.



Gambar 4. 24 Input Pile Profile

3. Untuk pengisian pada data fondasi yang di rencanakan Perhatikan menu *pile properties*, perlu adanya data seperti bentuk dari fondasi, material pada fondasi, tulangan fondasi, kendala pada fondasi dan ukuran fondasi.

1. Select Shape

2. Outside

- Steel (rough)
- Steel (smooth)
- Concrete (rough)
- Concrete (smooth)
- Grouted
- Post-Grouted
- Timber
- Plastic
- Skin=0
- Skin=Soil Cohesion

3. Inside

- Outside
- Hollow
- Steel
- Concrete

4. Diameter Variation

Straight

5. Crack Deduction (%)

0

7. 0% Inside Materials in Total Area, At= 625.0

8. Width - cm 25 **A' - cm²** 625.0 **Perimeter - cm** 100.0 **I' - cm⁴** 32552.1 **E - Mp** 20683 **Weight - kN/m** 1.438

At - Total Section Area, A' - Effective Net Area, I' - Effective Moment of Inertia

Follow steps. Press Calculation Button at Step 6 and 8.

9 Apply **Cancel**

Gambar 4. 25 *Input Pile Properties*

4. Berdasarkan kedalaman fondasi yang sesuai sebesar 10 m, dengan nilai kemiringan tanah dan kemiringan pada fondasi disamakan dengan kondisi lapangan dan pada perancangan. Untuk hasil pengisian *pile properties*.

Pile Property Table (Zp - Depth from pile top to beginning of each section) Total Pile Length=10-m

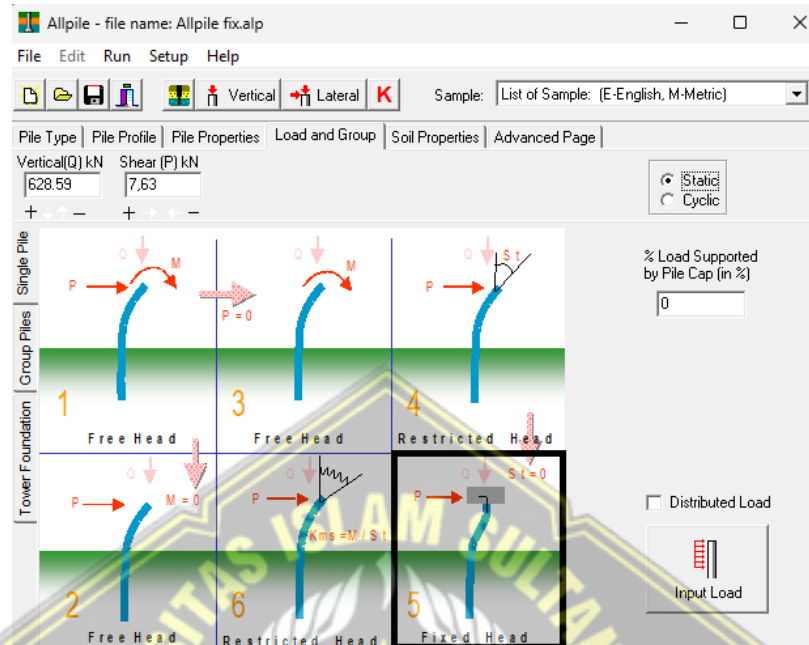
Zp-m	File Data Input	Width-cm	A'-cm ²	Per-cm	I'-cm ⁴	E-Mp	W-kN/m	At-cm ²
0	Concrete (rough)	25	625.0	100.0	32552.1	20683	1.438	625.0
10	Concrete (rough)	25	625.0	100.0	32552.1	20683	1.438	625.0
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							

Add Tip Section

Only if bearing area is different from that of the last section, add a new section then modify the area equal to the bearing area.

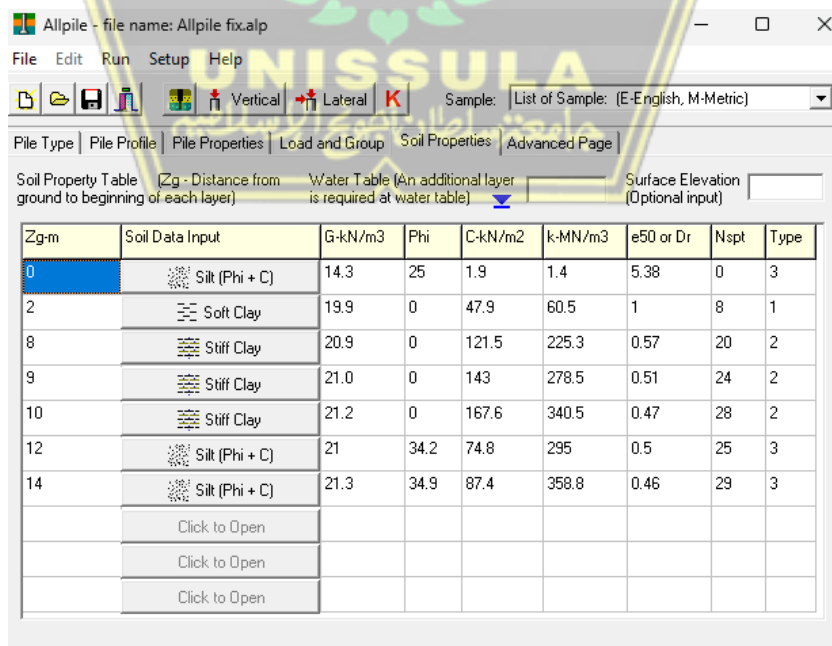
Gambar 4. 26 *Hasil Input Pile Properties*

5. Selanjutnya pilih menu load and group untuk pengisiannya menggunakan data pembebanan dari hasil perhitungan SAP2000 V.14 dengan hasil beban 87,968 kN.



Gambar 4. 27 *Input Pada Load and Group*

6. Untuk memasukan data pada *soil properties* digunakan data tanah dari data N-SPT lapangan di daerah Gunung Pati, Kota Semarang. Data tanah tersebut kemudian di input, serta untuk mengatur parameter pada tanah setiap N-SPT.



Gambar 4. 28 *Input Soil Properties*

Soil Parameter Screen - from ground surface: 0 -m

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

Under Water Table Static Loading Depth (Zg) 0 Description Soft Clay

2. Input N1* V. Soft(Soft|Medium| Stiff | Very Stiff | Hard) ☒ Links

N1 (spt)=0 CPT=0,0 kgf/cm2 G=28,3 lb/ft3 4,4 kN/m3

3. Adjust Values below:

Friction=0,0 0,00 kN/m2

C=0,00 kip/ft2 0,0 MN/m3

K=0,0 lb/in3

e50=5,38%

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

This Screen is Copyright© protected by CivilTech Software

4. Apply Cancel

Gambar 4. 29 Input Parameter Soil Properties

7. Kemudian pilih menu *advanced page* kemudian masukkan data angka keamanan yang di gunakan pada perencanaan, untuk nilai *safety faktor* sebesar 3 pada kolom analysis parameter.

Allpile - file name: Allpile fix.alp

File Edit Run Setup Help

Sample: List of Sample: (E-English, M-Metric)

Pile Type Pile Profile Pile Properties Load and Group Soil Properties Advanced Page

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

☐ Zero Friction from to ☐ Negative Friction from to Factor 1

☐ Zero Friction from to ☐ Negative Friction from to Factor 1

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

Analysis Parameters:

Parameters: Value [1]; Value [2]	Value [1]	Value [2]
FS for Downward: [1] FS_side; [2] FS_tip	1,0	2,0
FS for Uplift: [1] FS_side; [2] FS_weight	3,0	3,0
Load Factor: [1] Vertical,Q; [2] Lateral,P,M,T	1,0	1,0
(Critical Depth)/(Pile Diameter): [1] Side; [2] Tip	20,0	20,0
Resistance Limits: [1] Side; [2] Tip -kN/m2 (No Limit: 9999)	9999,0	9999,0
Allowable Deflection: [1] Vertical, x_allow [2] Lateral, y_allow -cm	2,5	2,5
Group Deduction Factor for Lateral Analysis: [1] Rfront [2] Rside	1,0	1,0

Settlement Calculation ☒ Vesic Method ☐ Reese Method

Define p-y, t-z Output Points

Gambar 4. 30 Input Advanced Page

8. Setelah semua data di input telah selesai, maka jalankan program dengan pilih menu *vertical* pada program, dan program akan segera menganalisa data-data yang telah di masukkan.

VERTICAL ANALYSIS RESULTS

Depth - s, f, Q Data

Load - Settlement Data

Capacity - Length Data

Length From 0,000 to 30,480

☒ Ultimate ☐ Allowable

t - z Curve

q - w Curve

Submittal Report

Summary Report

Detailed Report

To MS-Excel

Figure No. Figure 1

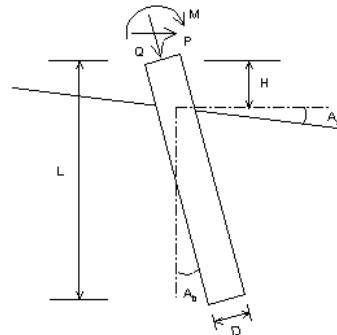
Close

Gambar 4. 31 Menu *Vertical Analysis Results*

Setelah proses penginputan data, kemudian dilakukan analisis gaya vertical. Dari hasil analisis didapat output nilai daya dukung total, daya dukung selimut, daya dukung ujung dan nilai penurunan pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.

VERTICAL ANALYSIS

Figure 1



Driving Concrete Pile

Loads:

Load Factor for Vertical Loads= 1,0
Load Factor for Lateral Loads= 1,0
Loads Supported by Pile Cap= 0 %
Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 628,6 -kN
Shear Load, P= 0,0 -kN
Slope Restrain St= 0,00 -cm/-cm

Profile:

Pile Length, L= 10,0 -m
Top Height, H= 0 -m
Slope Angle, As= 0
Batter Angle, Ab= 0

Fixed Head Condition

Soil Data:

Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K -MN/m3	e50 or Dr %	Nspt
0	14.3	25	1.9	1.4	5.38	0
2	19.9	0	47.9	60.5	1	8
8	20.9	0	121.5	225.3	0.57	20
9	21.0	0	143	278.5	0.51	24
10	21.2	0	167.6	340.5	0.47	28
12	21	34.2	74.8	295	0.5	25
14	21.3	34.9	87.4	358.8	0.46	29

Pile Data:

Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. -cm	I -cm4	E -MP	Weight -kN/m
0,0	25	625.0	100.0	32552.1	20683	1.438
10,0	25	625.0	100.0	32552.1	20683	1.438

Vertical capacity:

Weight above Ground= 0,00 Total Weight= 14,38-kN *Soil Weight is not included
Side Resistance (Down)= 553,948-kN Side Resistance (Up)= 553,947-kN
Tip Resistance (Down)= 97,412-kN Tip Resistance (Up)= 0,000-kN
Total Ultimate Capacity (Down)= 651,360-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 568,327-kN
Total Allowable Capacity (Down)= 602,654-kN Total Allowable Capacity (Up)= 189,442-kN
N/G! Qallow < Q

Settlement Calculation:

At Q= 628,59-kN Settlement= 0,40331-cm
At Xallow= 2,00-cm Qallow= 534,31116-kN

Note: If program can't find result or the result exceeds the up limits. The result shows 9999.



**CivilTech
Software**

Mini Pile
Tugas Akhri

Gambar 4. 32 Hasil Analisa Vertikal Fondasi

Sumber : Program Allpile

Jadi hasil daya dukung dan penurunan single pile sebagai berikut:

$$Q_p = 97,412 \text{ kN}$$

$$Q_s = 553,948 \text{ kN}$$

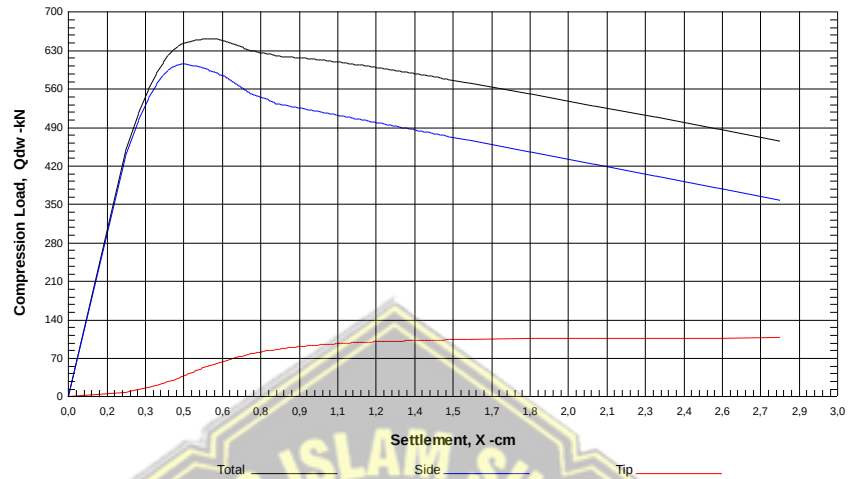
$$Q_u = 651,360 \text{ kN}$$

$$Q_{all} = 602,654 \text{ kN}$$

Dengan beban sebesar ton mengalami penurunan sebesar 0,403 cm

ALL-PILE Version 6 CivilTech Software www.civiltech.com Licensed to

Vertical Load vs. Settlement



Mini Pile
Tugas Akhir

Figure 1

Gambar 4. 33 Grafik Beban dan Penurunan

Pada Gambar 4.33 menunjukkan hubungan antara beban dan penurunan pada setiap daya dukung yang sudah dianalisis mulai dari beban awal sampai nilai beban terbesar atau daya dukung total yang di tandai dengan garis hitam 651,360 kN, daya dukung selimut ditandai dengan garis biru 553,948 kN, daya dukung ujung yang ditandai garis merah 97,412 kN dengan penurunan sebesar 0,403 cm.

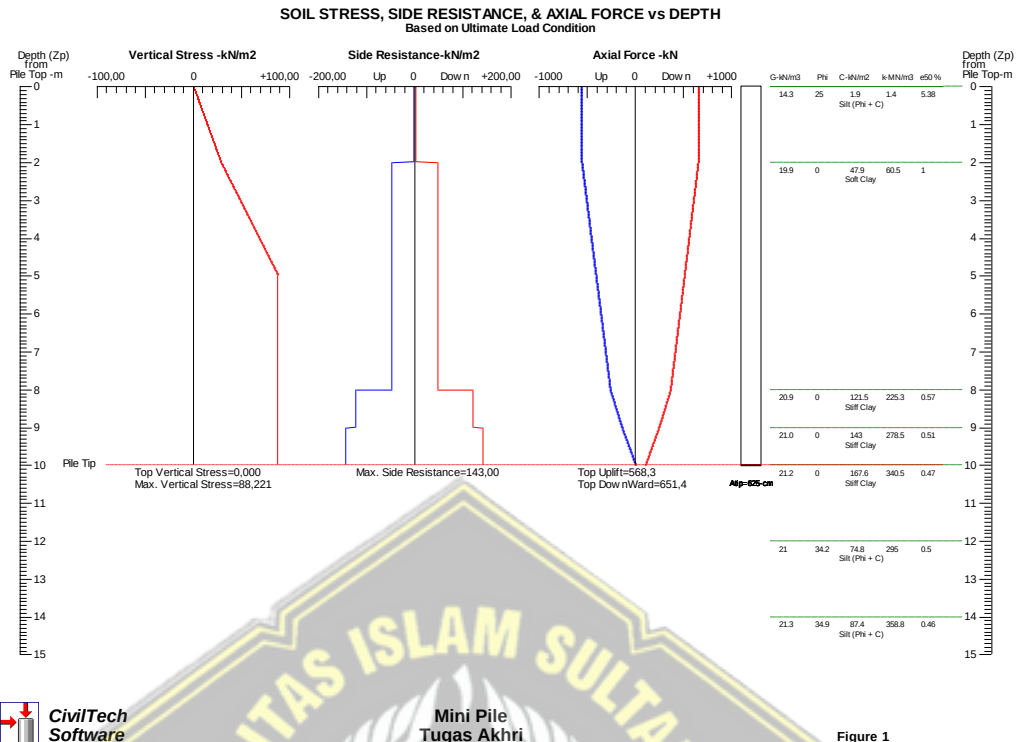


Figure 1

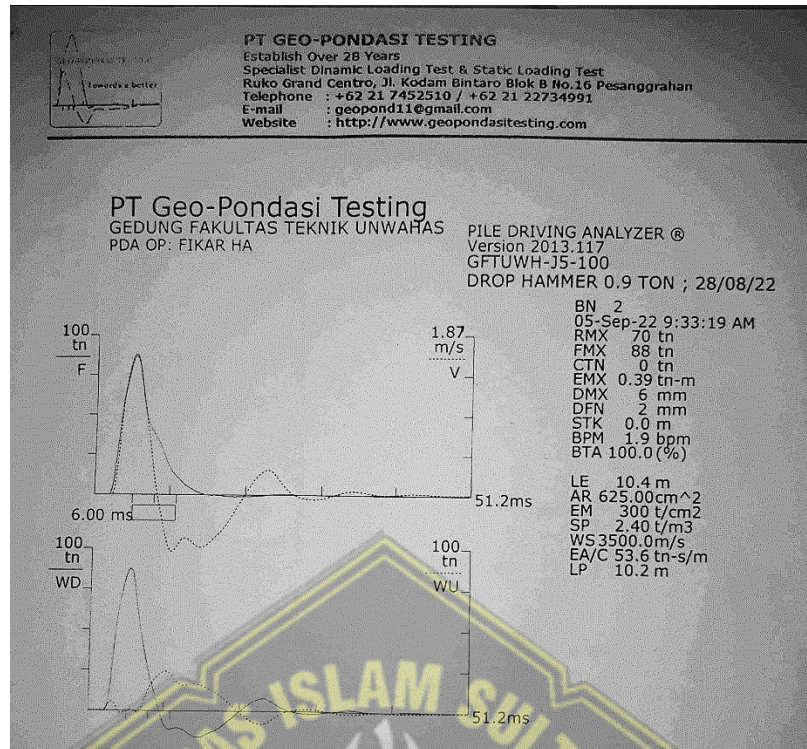
Gambar 4. 34 Tegangan Tanah Berdasarkan Beban *Ultimate*

Pada berat 628,59 kN dengan ukuran tiang 25 x 25 cm didapat nilai tegangan tanah total pada grafik *vertical stress* sebesar 88,221 kN/m² pada kedalaman 10 m dan nilai tegang samping sebesar 143,00 kN/m².

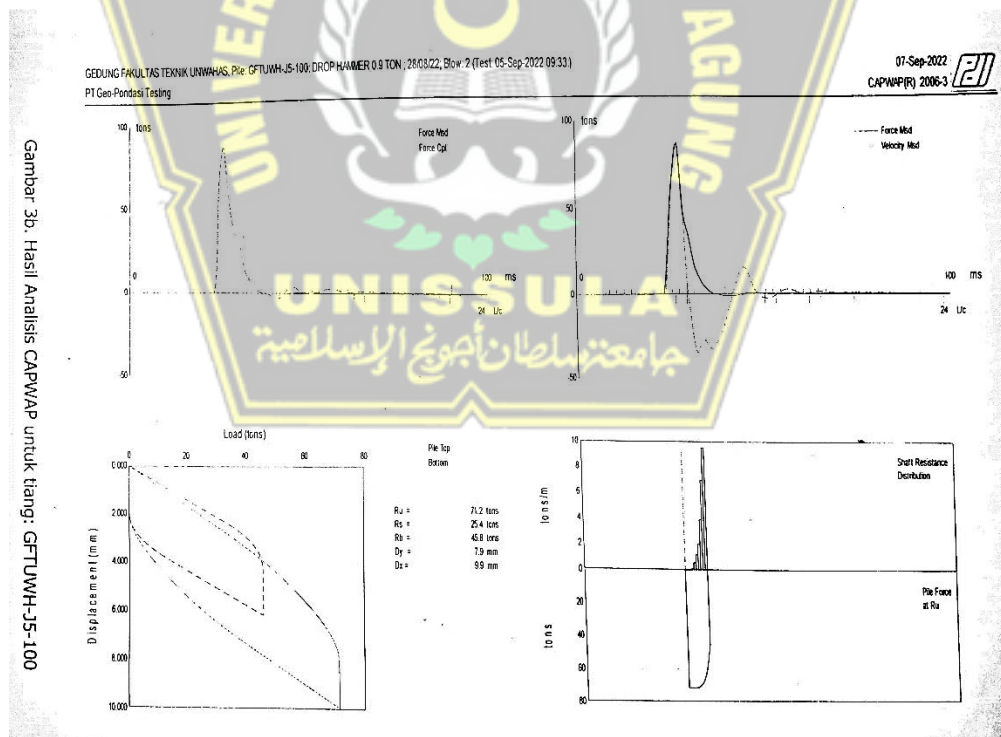
4.6. Hasil Tes PDA

Tes PDA (*Pile Drive Analyzer*) yaitu tes daya dukung fondasi pada proyek besar yang biasanya digunakan pada tiang pancang. Hasil analisis tes PDA menggunakan program CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*) yang analisisnya dari pengiputan data hasil PDA antara lain daya dukung tiang (RMX), energi Penurunan (EMX), dan lain sebagainya.

Hasil *output* analisis CAPWAP berupa hasil transfer beban pada tiang, perilaku relative tanah, kapasitas selimut fondasi dan ujung tiang, tegangan tekan dan tarik sepanjang fondasi serta penurunan fondasi.



Gambar 4. 35 Hasil Analisis Tes PDA J5-100



Gambar 4. 36 Grafik Hasil Analisis CAPWAP J5-100

Berikut merupakan keterangan kode analisis dari Gambar 4.35:

Tabel 4. 12 Keterangan Kode Analisis

Kode	Keterangan	Tiang J5- 100
BN	Pukulan	2
RMX	Daya Dukung Tiang (Ton)	70
FMX	Gaya Tekan Maksimum (ton)	88
CTN	Gaya Tarik Maksimum (ton)	0
EMX	Energi Maksimum yang ditransfer (ton/m)	0,39
DMX	Penurunan Maksimum (mm)	6
DFN	Penurunan Permanen (mm)	2
STK	Tinggi Jatuh Palu (m), Drop Hammer	0
BPM	Pukulan Permenit, Drop Hammer	1,9
BTA	Nilai Keutuhan Tiang (%)	100
LE	Panjang Tiang dibawah instrumen (m)	10,4
LP	Panjang tiang tertanaman (m)	10,2
AR	Luas penampang tiang (cm ²)	625

Dimana hasil Tes PDA untuk daya dukung tiang sebesar 70 ton jadi 697,48 kN, Sedangkan dari hasil analisis CAPWAP pada tiang fondasi *minipile* dititik J5-100 memiliki ukuran 0,25 x 0,25 m, Panjang tiang 10,2m , Panjang penetrasi tiang 39,5 m,dapat di lihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Hasil Analisis CAPWAP

Nomor Tiang	PDA	CAPWAP			
J5-100	Daya dukung total (ton)	Daya Dukung			Displacement
		Total (ton)	Friksi (ton)	End Bearing (ton)	Total (mm)
	70	71.2	25.4	45.8	9.9

4.7. Perbandingan Hasil Analisis Uji Tes PDA dan Aplikasi *AllPile*

Berdasarkan hasil tes PDA dan analisis program *AllPile*, maka dilakukan perbandingan sehingga didapat nilai daya dukung sebagai berikut:

1. Daya dukung total.

Daya dukung total dari jumlah daya dukung ujung dan daya dukung selimut. Dimana pada analisis tugas akhir didapat nilai daya dukung total pada Tabel 4.14:

Tabel 4. 14 Hasil Perbandingan Daya Dukung PDA Dengan *AllPile*

Keterangan	Qu (kN)	Penurunan(cm)
Tes PDA	712	0,99
<i>AllPile</i>	651,360	0,403

Berdasarkan data yang tercantum diatas dapat dilihat selisih setiap daya dukung sebesar 60,64 *kN* dan penurunan sebesar 0,587cm. Dapat dilihat hasil tes PDA lebih besar dari hasil program *AllPile*. Karena transfer energi dari palu sudah efektif, sehingga daya dukung dan penurunan yang tercatat selama pengujian lebih besar dan membentuk kurva yang baik atau stabil.

Selanjutnya dilakukan analisis secara manual dengan Metode *Meyerhoff*, metode *Tomlinson*, metode *Reese & Wright* yang dilakukan pada daya dukung total sehingga memperoleh daya dukung ultimit yang dapat ditahan fondasi. Untuk hasil dapat dilihat pada Tabel 4.15:

Tabel 4. 15 Perhitungan Daya Dukung Manual

No.	Metode	Kedalaman 10	
		Q _{ult} (kN)	Q _{all} (kN)
1.	<i>Meyerhoff</i>	1.177,87	392,62
2.	<i>Reese & Wright</i>	1.177,87	392,62
3.	<i>Tomlinson</i>	2330,51	932,204

Dari hasil analisa ketiga metode di atas, didapatkan daya dukung total lebih besar dari daya dukung hasil PDA tes. Maka hasilnya kurang aman atau kemungkinan kelebihan beban. Karena Q_u (SPT/CPT) > q_u (PDA tes)

4.8. Pembahasan daya Dukung Fondasi Tiang Pancang dan Penurunan

Dari hasil analisis diperoleh hasil sebagai berikut :

- Dari permodelan SAP2000 V.14 dengan hasil beban terbesar 64,098 ton jadi 628,59 kN didapatkan pada kolom 40cm x 40cm terletak di fondasi P2
- Dari hasil analisi dapat di interpretasi dari beberapa metode dan aplikasi didapatkan hasil seperti Tabel 4.16

Tabel 4. 16 Hasil perhitungan daya dukung tiang minipile

Keterangan	Qult (kN)	Qall (kN)
<i>Meyerhoff</i>	1.177,87	392,62
<i>Reese & Wright</i>	1.177,87	392,62
<i>Tomlinson</i>	2330,51	932,204
PDA	712	-
<i>AllPile</i>	651,360	602,654

Dari hasil Tabel 4.16 diatas didapatkan nilai daya dukung total pada perhitungan

- Daya dukung total dengan metode *Meyerhoff* ,metode *Reese & Wright* , metode *Thomlinson* lebih besar dari hasil Tes PDA(CAPWAP) dilapangan dengan hasil 712 kN, karena hasilnya kurang aman atau kemungkinan kelebihan beban. Karena Q_u (SPT/CPT) > q_u (PDA tes).
 - Daya dukung total dari hasil Aplikasi Allpile dengan hasil 651,360 kN lebih kecil dari hasil tes PDA(CAPWAP) dan tes lainnya. maka daya dukung tiang aman atau beban yang direncanakan kurang dari beban yang diberikan pada saat pengujian.
- Hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang kelompok dengan hasil Qall 760,53 kN pada fondasi (P2), untuk penurunan tiang dapat dilihat pada Tabel 4.17 dibawah ini. Dimana penurunan taing yang diizinkan sebesar 2,5 cm.

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Penurunan Tiang

No.	Nama	Metode	Penurunan (cm)	Ket
1.	Tiang Tunggal	<i>Vesic</i>	1,1	Aman
2.	Tiang Kelompok	<i>Vesic</i>	1,5	Aman
3.	Tiang Tunggal	PDA	0,99	Aman
4.	Tiang Tunggal	<i>AllPile</i>	0,403	Aman

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari analisa fondasi yang dilakukan pada pembangunan Gedung Fakultas Teknik UNWAHAS Semarang dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari permodelan SAP 2000 V.14 pada gedung 3 lantai didapatkan hasil perhitungan beban terbesar 64,098 ton jadi 628,59 *kN* didapatkan dari K1 (40cm x 40cm) terletak di fondasi P2.
2. Hasil perbandingan perhitungan daya dukung fondasi *mini pile* kedalaman 10 m menggunakan perhitungan manual dengan 3 metode untuk tiang tunggal. Dimana untuk metode *Meyerhoff*, dan metode *Reese and wright*, dengan hasil daya dukung total sebesar 1.177,87 *kN* dan untuk daya dukung ijinnya sebesar 392,62 *kN*, sedangkan metode *Tomlison* daya dukung total yang diperoleh sebesar 2330,51 *kN* dan untuk daya dukung ijinnya sebesar 932,204 *kN*.
3. Hasil analisis perhitungan daya dukung tiang manual dan program *AllPile* terhadap perbandingan dari hasil Tes PDA. Dimana hasil program *Allpile* daya dukung total didapat 651,360 *kN* Dengan penurunan sebesar 4,03 mm. sedangkan untuk hasil Tes PDA (CAPWAP) daya dukung total 712 *kN* dan untuk penurunan tiangnya sebesar 9,9 mm. Dimana dalam pengujian Tes PDA dilapangan transfer energi dari palu sudah efektif, sehingga daya dukung yang tercatat selama pengujian lebih besar dan membentuk kurva yang baik atau stabil, sehingga dapat diterima oleh fondasi agar tidak mengalami terjadinya keruntuhan pada fondasi atau bangunan.
4. Hasil perhitungan penurunan tiang tunggal dengan metode *Vesic* sebesar 1,1 cm sedangkan untuk penurunan tiang hasil PDA 0,99 cm dan hasil penurunan tiang Program *Allpile* sebesar 0,403cm. Hasil tabel diatas didapatkan bahwa hasil perhitungan penurunan tiang tunggal tes PDA, dan juga *AllPile* dengan hasil penurunan yang didapat sehingga di ijinkan atau Aman. Karena batas penurunan atau S_{eizin} adalah 2,5 cm.

5.2. Saran

Dari penelitian tugas akhir yang dilakukan penulis dengan judul “Studi Komparasi Daya Dukung Fondasi Dengan PDA dan *AllPile*” memberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Dalam analisa penelitian ini terdapat keterbatasan data, sehingga perhitungan daya dukung perlu dikaji ulang.
- Perhitungan daya dukung baik secara manual maupun aplikasi merupakan sebuah prediksi sehingga perlu disesuaikan dengan kondisi di lapangan.
- Perhitungan menggunakan program dilakukan sebagai alternatif pembandingan dengan data yang sudah ada yaitu tes PDA sehingga perlu pengkajian untuk hasil tersebut.
- Pada perhitungan dan penelitian ini diperlukan pengalaman dan ketelitian sehingga didapat hasil yang baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Admin. (2013, October). *Menentukan Tekstur Tanah*. Smile of God Is Victory.
- Admin. (2020, February 28). *Penjelasan PDA Tes*. Jasatekniksipil.Com.
- Afriyanto, A. (2017). Analisa Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Berbagai Macam Metode Pada Proyek Apartemen The Fontage Surabaya. In 2017. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Broms, B. B. (1964). Lateral Resistance of Piles in Cohesionless Soils. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 90(3), 123–156.
- Candra, A. I. (2017). *Analisis Daya Dukung Pondasi Strauss Pile Pada Pembangunan Gedung Mini Hospital Universitas Kadiri*.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah Jilid I (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)* (N. Endah & I. B. Mochtar, Eds.). Erlangga.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah Jilid I (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)* (N. Endah & I. B. Mochtar, Eds.). Erlangga.
- Martini. (2009). *Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal Dengan Beberapa Metode*.
- Mega, I. M., Dibia, I. N., Adi, I. G. P. R., & Kusmiyarti, T. B. (2010). *Klasifikasi Tanah Dan Kesesuaian Lahan*.
- Meyerhof, G. G. (1976). Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 102(3), 197–228.
- Mugiono, A., & Saifuddin, F. H. (2020). *Analisis Perbandingan Daya Dukung Fondasi Tiang Bored Pile Dari Hasil Tes PDA berdasarkan Metode Chin, Mazurkiewich dan Davisson*.
- Reese, L. C., & Wright, S. J. (1977). *Drilled Shaft Design and Construction Guidelines Manual*.
- Teddy, L. (2012). *Evaluasi Pondasi Tiang Dengan Pile Driven Analysis (Pda) Di Kota Palembang*.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. John Wiley & Sons, Inc.
- Tomlinson, M. J. (1994). *Pile Design and Construction Practice fourth edition*.

- Vesic, A. S. (1977). *TRID: the TRIS & ITRD database TRID the TRIS and ITRD database DESIGN OF PILE FOUNDATIONS*.
- Zahkafi, A. T., & Kusumawardani, R. (2018). *Perbandingan Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Metode Perhitungan L. Decourt Dan Tes PDA*.

