

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG FONDASI RUMAH SUSUN PEKERJA INDUSTRI BATANG II DENGAN TIANG PANCANG

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



Disusun Oleh :

**Andhika Arafat Brillianto.S.Wahyudi
NIM : 30201800019**

**Ashfa Zidan Mubarak
NIM : 30201800028**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN ULANG FONDASI RUMAH SUSUN PEKERJA INDUSTRI
BATANG II DENGAN TIANG PANCANG



Andhika Arafat Brillianto.S.Wahyudi
NIM : 30201800019

Ashfa Zidan Mubarak
NIM : 30201800028

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 30 Januari 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Prof.Ir.H.Pratikso.MST.,Ph.D**

NIDN : 0627115501

2. **Selvia Agustina.ST.,M.Eng**

NIDN : 0609099001

3. **Nama Lisa Fitriyana.ST.M.Eng**

NIDN : 0605016802

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

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

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No:03/A.2/SA-T/XI/2022

Pada hari ini tanggal 02-12-2022 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping :

1. Nama : Prof.Ir.H.Pratikso.MST.,Ph.D
Jabatan Akademik: Guru Besar
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Selvia Agustina.ST.,M.Eng
Jabatan Akademik: Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Andhika Arafat Brillianto.S.Wahyudi

Ashfa Zidan Mubarak

NIM : 302018000019

NIM : 302018000028

Judul : Judul Laporan Tugas Akhir Desain Ulang Fondasi Rumah Susun Pekerja Industri Batang II dengan Tiang Pancang

Dengan tahapan sebagai berikut :


No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	15/02/2022	-
2	Seminar Proposal	07/04/2022	ACC
3	Pengumpulan data	21/04/2022	-
4	Analisis data	05/08/2022	-
5	Penyusunan laporan	28/02/2022	-
6	Selesai laporan	30/11/2022	ACC

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

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping


Prof.Ir.H.Pratikso.MST.,Ph.D


Selvia Agustina.ST.,M.Eng

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhammad Rusli Ahyar.ST.,M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Andhika Arafat Brillianto Setyo Wahyudi

NIM : 30201800019

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

Desain Ulang Fondasi Rumah Susun Pekerja Industri Batang II dengan Tiang Pancang

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 31 / 01 / 2023

Yang membuat pernyataan,



Andhika Arafat Brillianto Setyo Wahyudi

Nim : 30201800019

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Ashfa Zidan Mubarak

NIM : 30201800028

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:


Desain Ulang Fondasi Rumah Susun Pekerja Industri Batang II dengan Tiang Pancang

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 31 / 01 / 2023

Yang membuat pernyataan,



UNISSULA

جامعة سلطان أبي جوح الإسلامية

Ashfa Zidan Mubarak

Nim : 30201800028

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Andhika Arafat Brillianto Setyo Wahyudi
NIM : 30201800019
JUDUL TUGAS AKHIR : Desain Ulang Fondasi Rumah Susun Pekerja Industri Batang II dengan Tiang Pancang

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 ijasag pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

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, 31/ 01 / 2023

Yang membuat pernyataan,


 0,-)

Andhika Arafat Brillianto Setyo Wahyudi

Nim : 30201800019

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Ashfa Zidan Mubarak
NIM : 30201800028
JUDUL TUGAS AKHIR : Desain Ulang Fondasi Rumah Susun Pekerja Industri Batang II dengan Tiang Pancang

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 ijasag pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

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, 31 / 01 / 2023

Yang membuat pernyataan,



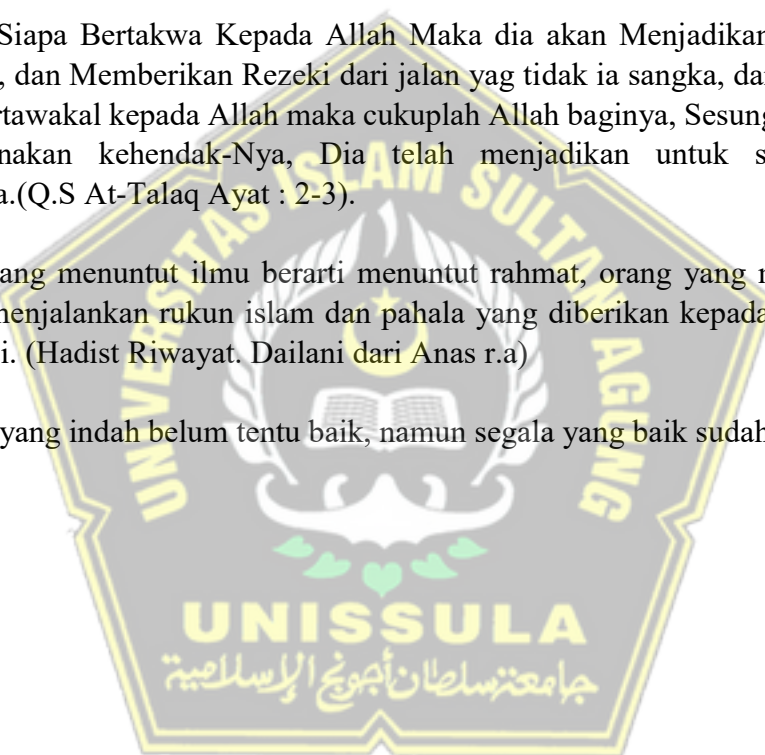
9E835AKX296915953

Ashfa Zidan Mubarak

Nim : 30201800028

MOTTO

1. Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang – orang yang fasik. (Q.S. Ali Imran 110)
2. Barang Siapa Yang Mengerjakan Kebaikan Sekecil Apapun, Niscaya dia Akan Melihat (Balasan)nya. (Q.S Al-Zalzalah 7).
3. Barang Siapa Bertakwa Kepada Allah Maka dia akan Menjadikan Jalan Keluar Baginya, dan Memberikan Rezeki dari jalan yang tidak ia sangka, dan barang siapa yang bertawakal kepada Allah maka cukuplah Allah baginya, Sesungguhnya Allah melaksanakan kehendak-Nya, Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu kadarnya.(Q.S At-Talaq Ayat : 2-3).
4. Orang yang menuntut ilmu berarti menuntut rahmat, orang yang menuntut ilmu berarti menjalankan rukun islam dan pahala yang diberikan kepada sama dengan para nabi. (Hadist Riwayat. Dailani dari Anas r.a)
5. “Segala yang indah belum tentu baik, namun segala yang baik sudah tentu indah”



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadirat Allah SWT yang atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada :

1. Pertama yaitu kedua orang tua saya, Bapak M.B.Setiyo Wahyudi dan Ibu Kurubiyah yang telah memberikan segenap kasih sayang dan cinta, materi, semangat dan yang utama adalah doa dan pendidikan menjadi seseorang yang sukses dalam dunia maupun diakhirat.
2. Kedua Orang Tua Ashfa, Bapak Jumari dan Ibu Pujiati yang telah memberikan segenap kasih sayang dan cinta, materi, semangat dan dukungan yang utama adalah doa dan pendidikan menjadi seseorang yang sukses dalam dunia maupun diakhirat.
3. Dosen – dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya tentang ilmu keteknikan yang saya sebelumnya tidak mengetahui dan memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
4. Ashfa Zidan Mubarak selaku partner saya yang telah bekerja keras dan bekerja sama berjuang dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.
5. Devi Astari Damayanti selaku teman dekat saya yang selalu sabar mengajari dan mendukung saya dalam mengerjakan laporan tugas akhir ini.
6. Teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA Angkatan 2017,2018 dan semua pihak yang tidak disebutkan dalam membantu penyusunan laporan tugas akhir ini.

Andhika Arafat Brillianto S.Wahyudi

30201800019

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadirat Allah SWT yang atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada :

1. Pertama yaitu kedua orang tua saya, Bapak Jumari dan Ibu Pujiati yang telah memberikan segenap kasih sayang dan cinta, materi, semangat dan yang utama adalah doa dan pendidikan menjadi seseorang yang sukses dalam dunia maupun diakhirat.
2. Kedua Orang Tua Andhika, Bapak M.B.Setiyo Wahyudi dan Ibu Kurubiyah yang telah memberikan segenap kasih sayang dan cinta, materi, semangat dan dukungan yang utama adalah doa dan pendidikan menjadi seseorang yang sukses dalam dunia maupun diakhirat.
3. Dosen – dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya tentang ilmu keteknikan yang saya sebelumnya tidak mengetahui dan memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
4. Andhika Arafat Brillianto selaku partner saya yang telah bekerja keras dan bekerja sama berjuang dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.
5. Munna selaku teman dekat saya yang selalu sabar mengajari dan mendukung saya dalam mengerjakan laporan tugas akhir ini.
6. Teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA Angkatan 2017,2018 dan semua pihak yang tidak disebutkan dalam membantu penyusunan laporan tugas akhir ini.

Ashfa Zidan Mubarak

30201800028

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **DESAIN ULANG FONDASI RUMAH SUSUN PEKERJA INDUSTRI BATANG II DENGAN TIANG PANCANG.**

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini bertujuan sebagai memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) pada lingkungan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang (UNISSULA). Selesaiannya Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan banyak pihak yang sudah memberikan arahan dan masukan kepada penulis. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Kaprodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Prof. Ir. H. Pratikso.,MST.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing, arahan,kritikan dan motivasi dengan sabar.
4. Ibu Selvia Agustina.,ST.,M.Eng, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing,arahan,kritikan, dan motivasi dengan sabar.
5. Orang tua, Keluarga, serta sahabat-sahabat dari kedua penulis atas dukungan dan serta bantuan yang telah diberikan.

Penulis menyadari dalam keterbatasan waktu dan wawasan, kemampuan serta dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dalam bentuk baik isi maupun susunan, maka dari itu, penulis berharap agar pembaca memberikan kritik dan sarannya untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini agar bermanfaat dan dapat membantu bagi para pembaca.

Wassalamualaikum Wr.Wb

Semarang, November 2022

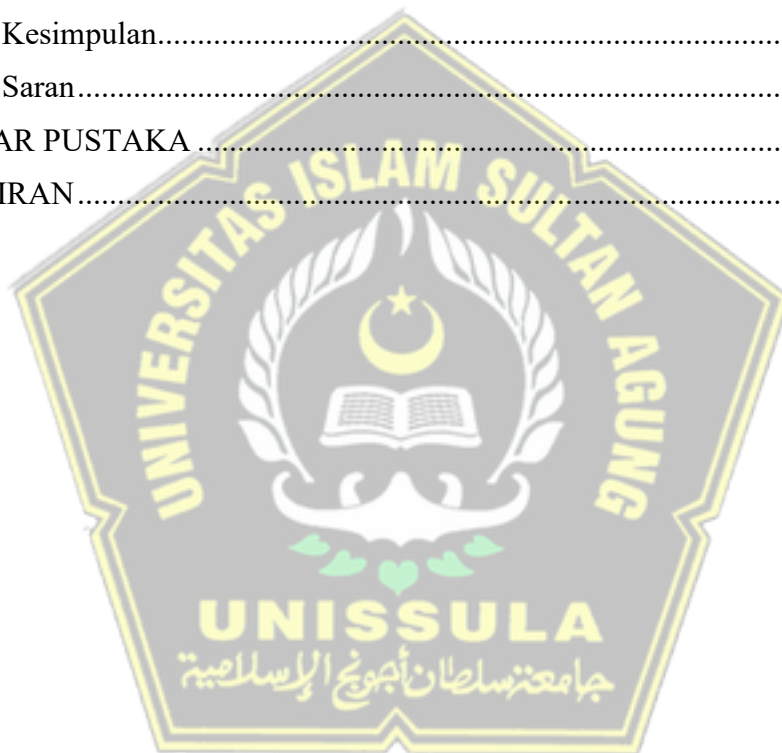
Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xix
ABSTRAK.....	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Pengertian Fondasi	5
2.2. Pengelompokan Fondasi	5
2.2.1 Fondasi Dalam.....	5
2.2.2 Fondasi Tiang Pancang	6
2.3. Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang.....	10
2.3.1 Perhitungan Daya Dukung Fondasi (<i>Reese & Wright, 1977</i>)	10
2.3.2 Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode <i>Meyerhof</i>	11
2.4. Menentukan Jarak Antara Tiang	13
2.5. Efisiensi Daya Dukung Tiang Pancang (Kelompok)	13
2.6. Penurunan Pada Fondasi Tiang Pancang	15

2.7.	Menentukan Banyak Tiang Fondasi Yang Dibutuhkan	16
2.8.	Waktu Penurunan	17
2.9.	Menghitung Daya Dukung Lateral Tiang Pancang.....	17
2.10.	Perhitungan Penulangan <i>Pile Cap</i>	20
2.11.	Permodelan Menggunakan <i>Software</i>	23
BAB III METEDOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Pendahuluan	25
3.2	Pengumpulan Data	25
3.3	Lokasi Proyek.....	25
3.4	Data Umum Proyek.....	26
3.5	Diagram Alur.....	27
3.6	Analisis Pembebanan Program SAP 2000 v.14	29
3.7	Metode Perhitungan	37
3.7.1	Perhitungan Daya Dukung Fondasi dengan Metode <i>Reese & Wright</i> (1977)	37
3.7.2	Perhitungan Daya Dukung Fondasi Tiang dengan Metode <i>Meyerhof</i> (1976)	38
3.7.3	Hasil Analisis Permodelan Menggunakan <i>Software</i> PLAXIS.v.8.6	38
3.8	Kesimpulan dan Saran.....	39
3.9	Penyusunan Laporan	39
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		40
4.1	Tinjauan Umum.....	40
4.2	Design Struktur Atas Dengan <i>Software</i> SAP2000 V.14	40
4.3	Desain Dan Pembebanan Struktur.....	41
4.4	Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang.....	45
4.4.1	Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode <i>Reese & Wright</i>	46
4.4.2	Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Metode <i>Meyerhof</i> (1976).....	49
4.5	Perhitungan Jarak Antar Fondasi Tiang Pancang dan Jarak As Ke Tepi..	50
4.6	Kebutuhan Jumlah Fondasi Tiang Pancang	51
4.7	Efisiensi Daya Dukung Tiang	51
4.8	Penurunan Tiang Tunggal	52
4.9	Penurunan Kelompok Tiang.....	53
4.10	Waktu Penurunan Tanah Pada Fondasi Tiang Pancang.....	54

4.11	Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi Tiang Pancang	54
4.12	Penulangan <i>Pile cap</i> (PC-L).....	57
4.13	Penulangan <i>Pile Cap</i> (P2)	59
4.14	Penulangan Fondasi Tiang Pancang.....	61
4.15	Penurunan Fondasi Menggunakan <i>Software</i> PLAXIS V.8.6	65
4.16	Hasil dan Pembahasan.....	80
4.16.1	Hasil Pembebanan dengan <i>Software</i> SAP2000.....	80
4.16.2	Hasil Analisis Fondasi Tiang Pancang.....	81
4.16.3	Hasil Analisa Fondasi Tiang Pancang.....	82
BAB VPENUTUP.....		83
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN.....		87



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai-nilai Tipikal Beban Izin Tiang Beton Pracetak.....	8
Tabel 2.2 Faktor Keamanan	11
Tabel 2.3 Koefisien Empiris	16
Tabel 2.4 Hubungan Modulus <i>Subgrade</i> (k_1) dengan Kuat Geser <i>Undrained</i> untuk Lempung Kaku Terkonsolidasi Berlebihan (<i>Overconsolidation</i>)	19
Tabel 2.5 Nilai – Nilai n_h untuk Tanah Granular ($c=0$)	19
Tabel 2.6 Nilai-Nilai n_h untuk Tanah Kohesif.....	20
Tabel 2.7 Kriteria Fondasi Tiang Kaku dan Tiang Tidak Kaku Untung Tiang Ujung Bebas	20
Tabel 3.1 Data Umum Proyek.....	26
Tabel 3.2 Data Teknis	27
Tabel 4.1 Beban Hidup	42
Tabel 4.2 Kategori Resiko.....	42
Tabel 4.3 Faktor Keutamaan Gempa	42
Tabel 4.4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai S_{Ds}	42
Tabel 4.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai S_{D1}	43
Tabel 4.6 Faktor Reduksi Gempa	43
Tabel 4.7 Hasil <i>Output Joint Reaction</i>	44
Tabel 4.8 Data N-SPT	45
Tabel 4.9 Perhitungan N-SPT	46
Tabel 4.10 Hasil Daya Dukung Fondasi Metode <i>Reese & Wright</i>	48
Tabel 4.11 Hasil Daya Dukung Fondasi Metode <i>Meyerhoff</i>	50
Tabel 4.12 Parameter Tanah	65
Tabel 4.13 Hasil Daya Dukung Metode <i>Meyerhof</i> dan <i>Reese & Wright</i>	81
Tabel 4.14 Hasil Daya Dukung Tiang Kelompok.....	81
Tabel 4.15 Hasil Daya Dukung Lateral Tiang Pancang.....	82
Tabel 4.16 Hasil Penurunan Fondasi Tiang Pancang.....	82

DAFTAR GAMBAR


Gambar 2.1 Fondasi Tiang.....	6
Gambar 2.2 Tiang Pancang Beton Bertulang Bujur Sangkar	8
Gambar 2.3 Tiang Pancang Beton Bertulang Segi Delapan	8
Gambar 2.4 Tiang <i>Franki</i>	9
Gambar 2.5 Tiang <i>Standart Roman</i>	9
Gambar 2.6 Fondasi Bored Pile	10
Gambar 2.7 Faktor Adhesi	12
Gambar 3.1 Lokasi Proyek.....	26
Gambar 3.2 <i>Flow Chart</i>	28
Gambar 3.3 <i>New Model</i>	29
Gambar 3.4 <i>Edit Grid</i>	29
Gambar 3.5 Material Beton.....	30
Gambar 3.6 Material Baja.....	30
Gambar 3.7 <i>Material Frame Section Properties</i>	31
Gambar 3.8 <i>Reinforcement</i> Data untuk Kolom.....	31
Gambar 3.9 <i>Reinforcement</i> Data untuk <i>Beam</i>	32
Gambar 3.10 <i>Shell Section Data</i>	32
Gambar 3.11 <i>Plot Penampang</i>	33
Gambar 3.12 <i>Define Load Patterns</i>	33
Gambar 3.13 <i>Load Combination Data</i>	34
Gambar 3.14 <i>Load Pattern Dead</i>	34
Gambar 3.15 <i>Load Pattern Live</i>	35
Gambar 3.16 <i>Respon Spectrum</i>	36
Gambar 3.17 <i>Load Case Respon Spectrum</i>	36
Gambar 3.18 <i>Run Analysis</i>	37
Gambar 3.19 Hasil <i>Run Analysis</i>	37
Gambar 4.1 Desain Struktur Atas <i>Software</i> SAP2000.v.14.....	41
Gambar 4.2 Peta Periode Gempa TL1 Wilayah Indonesia	43
Gambar 4.3 Nilai Respon Spektrum	44
Gambar 4.4 Denah <i>Joint</i> Yang Dipakai Dalam Perhitungan	45

Gambar 4.5 PC-L	53
Gambar 4.6 PC-2.....	54
Gambar 4.7 Grafik Nilai Tahanan Ultimit	57
Gambar 4.8 Pengaturan <i>Global</i>	66
Gambar 4.9 Pengaturan <i>Global</i>	66
Gambar 4.10 Permodelan Kontur Tanah.....	67
Gambar 4.11 Data Umum <i>Mohr Coulumb</i>	67
Gambar 4.12 Data Umum <i>Mohr Coulumb</i>	67
Gambar 4.13 Data Umum <i>Mohr Coulumb</i>	68
Gambar 4.14 Data Material Fondasi	68
Gambar 4.15 Permodelan.....	69
Gambar 4.16 Input Pembebanan Terpusat.....	69
Gambar 4.17 Susunan Jaringan Elemen.....	70
Gambar 4.18 Berat Isi Air.....	70
Gambar 4.19 Muka Air Tanah	70
Gambar 4.20 <i>Output Soil Stress</i>	71
Gambar 4.21 Tekanan Air Pori.....	71
Gambar 4.22 Prosedur K0.....	72
Gambar 4.23 Tekanan Efektif Tanah.....	72
Gambar 4.24 Hasil Deformasi.....	72
Gambar 4.25 Pengaturan <i>General Project</i>	73
Gambar 4.26 <i>General Setting – Dimensi</i>	73
Gambar 4.27 Permodelan Kontur Tanah	74
Gambar 4.28 <i>Mohr Coulumb Lunak</i>	74
Gambar 4.29 <i>Mohr Coulomb</i>	74
Gambar 4.30 Dialog Muka Material	75
Gambar 4.31 Data Material Fondasi	75
Gambar 4.32 Permodelan Fondasi Tiang Pancang Kelompok	76
Gambar 4.33 Beban Merata Diatas <i>Pilecap</i>	76
Gambar 4.34 Susunan Jaringan Elemen.....	77
Gambar 4.35 Berat Air.....	77
Gambar 4.36 <i>Output Muka Air Tanah</i>	77
Gambar 4.37 <i>Output Soil Stress</i>	78
Gambar 4.38 <i>Output Air Pori</i>	78

Gambar 4.39 K0 Procedure	79
Gambar 4.40 Tekanan Efektif Tanah	79
Gambar 4.41 Hasil Deformasi 2D.....	79
Gambar 4.42 Hasil Deformasi 3D.....	80
Gambar Lampiran 1: Data N-SPT.....	88
Gambar Lampiran 2 : Detail Penulangan Pc-2 dan PC-L.....	89



DAFTAR NOTASI



α	= Faktor Adhesi
η	= Efisiensi Kelompok Tiang (%)
γ	= Berat Volume Tanah (kN/m^3)
γ_{dry}	= Berat Volume Tanah Kering (kN/m^3)
γ_{wet}	= Berat Volume Tanah Basah (kN/m^3)
θ	= Arc tg d/s dalam derajat
ϕ	= Sudut Geser Dalam Tanah
A_p	= Luas Penampang (m^2)
A_b	= Luas Penampang Tiang (m^2)
A_g	= Luas Penampang Beton (mm^2)
A_{st}	= Luas Tulangan (mm^2)
b'	= Lebar Kelompok Tiang (mm)
B	= Diameter Fondasi (mm)
B_w	= Lebar Fondasi (m)
C_p	= Koefisiensi Empiris
C_u	= Kohesi Tanah (kN/m^2)
C_v	= Derajat Konsolidasi
d	= Diameter Tiang (m)
D_{st}	= Diameter Tulangan (mm)
e	= Jarak Beban <i>Horizontal</i> ke Permukaan Tanah (kN.m)

E	= Modulus Elastis Tiang
EP	= Modulus Elastis Tiang (kN/m^2)
f	= Jarak Kedalaman Titik Dimana Gaya Geser = 0 (m)
F	= Gesekan Selimut Tiang (kN/m^2)
h	= Beban Lateral (kN)
H	= Seluruh Panjang Lintas Fondasi (m)
Hu	= Daya Dukung Lateral Tiang (kN)
I	= Momen Inersia (m^3)
Ip	= Momen Inersia Tiang (m^4)
Kh	= Modulus Reaksi <i>Subgrade</i> (kN/m^3)
Kp	= Koefisien Tekanan Tanah Pasif
L	= Panjang Tiang (m)
Li	= Tebal Lapisan Tanah (m)
m	= Jumlah Tiang Arah <i>Vertical</i>
My	= Momen Max Yang Dapat Ditahan Tiang (kN/m)
n	= Jumlah Kolom Arah <i>Vertical</i>
n	= Jumlah Tiang
N	= Nilai N-SPT
N1	= N-SPT 8D
N2	= N-SPT 4D
Nb	= $\frac{N1+N2}{2}$
Nh	= Koefisien Modulus Variasi (kN/m^3)
Ni	= Nilai N-SPT rata –rata
Np	= Jumlah Tiang

P	= Keliling Tiang (m)
Qg	= Kapasitas Izin Kelompok Tiang (kN)
Q _{tiang}	= Daya Dukung Izin Tunggal (kN)
Qp	= Daya Dukung Ujung Tiang (kN)
qp	= Tahanan ujung tiang (kN/m ²)
Qs	= Daya Dukung Selimut Tiang (kN)
Qsp	= Daya Dukung Ujung Vertikal (kN)
Qu	= Daya Dukung Ultimit Tiang (kN)
Qwp	= Beban Yang Ujung Tiang (kN)
Qws	= Beban Yang Selimut Tiang (kN)
s	= Jarak As Tiang (m)
S	= Total Penurunan (mm)
SF	= <i>Safety Factor</i>
Sg	= Penurunan Kelompok Tiang (mm)
S _{izim}	= Penurunan Tiang yang Diizinkan
St	= Penurunan Tiang Tunggal (mm)
T	= Waktu Penurunan
Tv	= Faktor Waktu (Derajat Konsolidasi Rata-Rata)
U	= Keliling Tiang (m)
V	= Beban Strukturnya (kN)

Desain Ulang Fondasi Rumah Susun Pekerja Industri Batang II dengan Tiang Pancang

ABSTRAK

Kota Batang merupakan wilayah pesisir utara Jawa dan menjadi pusat ekonomi, maka pembangunan rumah susun termasuk infrastruktur umum. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beban yang diterima pada fondasi tiang pancang, dimensi dan daya dukung tiang, jumlah tiang pancang pada satu *pile cap*, dan waktu penurunan tiang pancang.

Analisa menggunakan data SPT dari studi kasus Rumah Susun Pekerja Industri Batang II, Metode yang digunakan untuk menghitung daya dukung tiang, dan penurunan tiang pancang menggunakan metode *Meyerhof* dan metode *Reese & Wright*. Dan analisa penurunan menggunakan metode *Vesic* dan *software* Plaxis v.8.6.

Berdasarkan analisa yang diperhitungkan dengan pembebanan *software* SAP2000 v.14 hasil 1125 kN, fondasi Tiang Pancang diameter 40 cm dengan kedalaman 12 m dan nilai N-SPT sebesar 31. Dimensi *pile cap* area lift sebesar 2,6 m x 2,6 m x 0,7 m. Hasil area lift sebesar 2610 kN, sedangkan area koridor sebesar 1,4 m x 2,6 m x 0,7 m. Hasil area koridor sebesar 1473 kN. Daya dukung lateral sebesar 1806 kN. Penurunan perhitungan manual tiang tunggal sebesar 1,7 cm pada *software* plaxis v.8.6 sebesar 1,9 cm. Perhitungan manual kelompok tiang area lift sebesar 4,3 cm, pada *software* plaxis sebesar 4,5 cm, Perhitungan manual kelompok tiang area koridor sebesar 3,1 cm, pada *software* plaxis sebesar 3,7 cm, penurunan tersebut dapat di katakan AMAN dengan batas izin adalah <5 cm. Penurunan tersebut terjadi selama 4,2 tahun. Maka kesimpulan evaluasi pada fondasi tiang pancang yang direncanakan kuat menahan beban struktur atas.

Kata kunci : Tiang Pancang; Penurunan; Daya Dukung

Redesign the Foundation of Industrial Workers Flats in Batang II with Piles

ABSTRACT

Batang City is the northern coastal region of Java and is an economic center, then the construction of flats including public infrastructure. The purpose of the study is to determine the load settlement on the pile foundation, the dimensions and bearing capacity of the piles, the number of piles in one pile cap, and the time the piles settle.

The analysis uses SPT data from the case study of the Batang II Industrial Workers' Flats. The method used to calculate the bearing capacity of the piles, and the settlement of the piles uses the Meyerhof method and the Reese & Wright method. And the reduction analysis uses the Vesic method and Plaxis v.8.6 software.

Based on the analysis calculated by loading the SAP2000 v.14 software, the results are 1125 kN, the pile foundation has a diameter of 40 cm with a depth of 12 m and an N-SPT value of 31. The dimensions of the pile cap lift area are 2.6 m x 2,6 m x 0.7 m. The result of the lift area is 2610 kN, while the corridor area is 1,4 m x 2.6 m x 0.7 m. The result of the corridor area is 1473 kN. The lateral bearing capacity is 1806 kN. The reduction in single pile manual calculation is 1.7 cm in the software plaxis v.8.6 it is 1.9 cm. Manual calculation of the lift area pillar group is 4.3 cm, in the plaxis software it is 4,5 cm, Manual calculation of the column group in the corridor area is 3,1 cm, in the plaxis software it is 3,7 cm, this reduction can be said to be SAFE with a permit limit of <5 cm. The decline occurred for 4.2 years. Then the conclusion of the evaluation on the planned pile foundation is strong to withstand the superstructure load.

Keyword : *Pile; Settlement; Bearing Capacity*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Batang merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Jawa Tengah, Wilayahnya cukup luas, hampir tidak memiliki bencana geologi dan didukung oleh sumber daya manusia yang banyak, sehingga menguntungkan bagi investor yang ingin membangun industri di wilayah ini.

Lokasi wilayah Kabupaten Batang memiliki garis pantai yang panjang dengan potensi untuk dikembangkan menjadi pelabuhan peti kemas komoditas hasil usaha lokal, berada pada jalur ekonomi pulau utara jawa, dan tingkat perkembangan mobilitas jalur pantura yang besar memungkinkan pembangunan di wilayah tersebut, yang sangat menjanjikan untuk sektor transportasi dan industri. Yang melewati area Tol Trans Jawa. Maka dari itu direncanakanlah Pembangunan Rumah Susun Pekerja Industri Batang II, Desa Ketanggan, Kecamatan Gringsing, Kabupaten Batang, yang dibangun untuk memberi pelayanan bagi pekerja industri yang bekerja pada daerah kawasan industri Batang. Rencana pembangunan rumah susun pekerja industri batang II ini merupakan wujud dari lokasi dari Kawasan Industri Batang. Proyek pembangunan Rumah Susun Pekerja Industri Batang II dibuat pada tanah seluas 11000 m² dan luas bangunan 1000 m² per lantainya.

Pembangunan Rumah Susun ini, terdapat 3 Tower dimana setiap tower terdiri dari 5 lantai. Rumah susun ini termasuk infrastruktur umum yang diperuntukan bagi para pekerja di Kawasan Industri Batang sebagai bentuk fasilitas umum dari Pemerintah. Mengingat fungsi gedung yang digunakan sebagai hunian, tentunya banyak aspek yang harus diperhatikan dalam proses pengerjaannya terutama pada struktur fondasi.

Fondasi merupakan bagian paling bawah dan yang paling dimana langsung berhubungan dengan tanah dan bebatuan yang berfungsi sebagai menyalurkan beban bangunan yang ada di atasnya. Jenis fondasi direncanakan berdasarkan Beban, kekuatan dan daya dukung tanah. Berdasarkan jenisnya fondasi dapat

diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Dalam perencanaan Rumah Susun Industri Batang II ini perencana menggunakan salah satu dari fondasi dalam yaitu tiang pancang.

Berdasarkan pemaparan di atas ingin merencanakan ulang perhitungan beban dengan menggunakan *software* SAP2000 V.14 dan perhitungan penurunan fondasi dan perhitungan stabilitas tanah menggunakan *software* PLAXIS pada fondasi dalam yaitu Fondasi tiang pancang dengan kedalaman tanah 12 m. bentuk pada tugas akhir ini yang berjudul “**DESAIN ULANG FONDASI RUMAH SUSUN PEKERJA INDUSTRI BATANG II DENGAN TIANG PANCANG**”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, berikut rumusan masalahnya :

1. Berapa beban yang akan diterima pada perencanaan Fondasi Tiang Pancang ?
2. Berapa dimensi Tiang Pancang yang digunakan pada perencanaan proyek Pembangunan Rumah Susun Pekerja Industri Batang II ?
3. Berapa kapasitas daya dukung tiang yang mampu diterima Fondasi Tiang pancang pada Rumah Susun Pekerja Industri Batang II ?
4. Berapa Jumlah Fondasi Tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu *pile cap* ?
5. Berapa lama penurunan Fondasi Tiang pancang dapat terjadi pada Rumah Susun Pekerja Industri Batang II sesuai dengan data yang ada ?

1.3 Tujuan Penelitian

Pada rumusan masalah di atas, tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui beban yang akan diterima dalam Fondasi Tiang pancang yang akan direncanakan.
2. Mengetahui dimensi fondasi Tiang Pancang yang digunakan pada rumah susun pekerja industri Batang II
3. Mengetahui kapasitas daya dukung tiang yang diterima pada Fondasi Tiang Pancang pada rumah susun pekerja industri Batang II.

4. Mengetahui Jumlah Fondasi Tiang Pancang yang dibutuhkan dalam satu *pile cap*
5. Mengetahui nilai penurunan yang terjadi dan waktu penurunan yang terjadi rumah susun pekerja industri Batang II.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa hal pada batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Merencanakan fondasi Tiang pancang menggunakan data penyelidikan tanah dari hasil uji tanah Rumah Susun Pekerja Industri Batang II oleh PT. BAHANA TEHNIK RAYA Berupa N-SPT .
2. Perhitungan ini hanya fokus pada Metode *Meyerhof* dan *Reese&Wright*.
3. Perhitungan Struktur Atas hanya untuk Pembebanan dengan menggunakan *Software Sap 2000v.14*.
4. Aspek yang ditinjau hanya mengenai fondasi Tiang pancang dan tidak termasuk metode pelaksanaan ataupun memperhitungkan anggaran biaya.
5. Peninjauan lainnya meliputi jenis tanah, daya dukung, zona gempa, dan pembebanan pada struktur atas.

1.5 Sistematika Penulisan

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

BAB 1 PENDAHULUAN

Konteks, Rumusan Masalah, Tujuan Penyusunan Tugas Akhir, Batasan Topik serta kaidah penulisan yang akan dilakukan terdapat pada bab ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3 METODOLOGI

Dalam bab metodologi penelitian akan menjelaskan metode yang akan digunakan pada penulisan mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam perencanaan.

BAB 4 ANALISA DAN PERHITUNGAN

Pada bab ini menjelaskan tentang perhitungan perencanaan yang dibuat oleh penulis dalam perencanaan dan metode yang dipakai oleh penulis dalam perencanaan.

BAB 5 PENUTUP

Setelah Melakukan analisis akan mendapatkan kesimpulan dan saran pada penulisan Tugas Akhir Ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Fondasi

Fondasi merupakan bagian dari konstruksi bangunan yang bersifat meneruskan beban bangunan dari dasar tanah yang cukup untuk menerima beban. (Gunawan, 2546). Semua struktur diatas tanah membutuhkan fondasi. Fondasi adalah elemen substruktur yang memindahkan beban mati pada fondasi ke tanah dasar di bawahnya. (*Bowless Dalam Rachman, 2018*).

Desain struktur fondasi harus mempertimbangkan fakta bahwa beban yang disalurkan ke tanah kurang dari daya dukung tanah yang diizinkan. Ketika ada penurunan tanah yang berlebihan maka akan terjadi kerusakan pada tanah. (*Das, 1995*).

Pemahaman tentang fondasi merupakan suatu unsur awal dari konstruksi bangunan (*upper structure*) yang beroperasi dengan membangun bangunan dan mengurangi tekanan pada lapisan tanah dibawah fondasi, tanpa membawa dampak terhadap kerusakan dan penurunan fondasi atau tanah yang berlebihan. Awal dari suatu konstruksi disebut fondasi.

Tujuan fondasi adalah untuk meningkatkan kapasitas lapisan tanah untuk mendukung beban konstruksi. Selama berat yang disalurkan oleh fondasi tidak melebihi kekuatan tanah yang diizinkan, rencana fondasi dianggap akurat. Ketika tanah terlampaui, tanah akan mengendap secara berlebihan atau gagal.

2.2. Pengelompokan Fondasi

2.2.1 Fondasi Dalam

Fondasi Dalam adalah fondasi yang direncanakan untuk tempat dimana tanah keras terletak retalif tinggi diatas permukaan tanah (*Hardiyatmo, 2002*). Kedalaman fondasi lebih besar dari lebar fondasi ($D > B$), menurut ahli. Fondasi ini

berfungsi untuk mempertahankan berat lapisan yang lebih dalam guna menentukan jenis tanah. yang mampu menopang berat fondasi. Beberapa jenis fondasi dalam :

a. Fondasi Tiang (*Pile Foundation*)

Fondasi ini berfungsi untuk mengurangi beban vertikal dan horizontal tanah. Fondasi ini lebih panjang dan diameternya lebih kecil daripada fondasi sumuran (*Bowles* Dalam Rachman, 2018). Fondasi semacam ini, fondasi tiang pancang, bertumpu pada tanah yang berada 10 m di bawah permukaan tanah. (Sosrodarsono & Nakazawa, 1997), pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Fondasi Tiang

(Sosrodarsono & Suyono Nakazawa, 1997)

2.2.2 Fondasi Tiang Pancang

Tujuan fondasi tiang adalah untuk mendistribusikan dan menerima beban ke tanah pada kedalaman tertentu. Memiliki diameter kecil dan panjang untuk fondasinya. Bahan fondasi tiang berupa kayu yang dipukul, baja (*steel*). Setelah itu pile cap disambungkan dengan beton yang telah dibor dan didongkrak. Penggunaan fondasi tiang pancang pada konstruksi tanah dibawah struktur tidak memiliki daya dukung (*bearing capacity*) yang diperlukan untuk menopang berat struktur dan beban pada fondasi untuk memikul berat bangunan dan beban-beban yang bekerja pada fondasi (Muluk, dkk 2020). Memikul beban konstruksi, yang berada di lapisan permukaan tanah kedalaman > 8 meter, kedalaman jika tanah memiliki daya dukung yang cukup untuk melakukannya. (*Bowles* Dalam Rachman, 2018).

Susunan berdasarkan metode yang digunakan, faktor ini antara lain :

a. Tiang Pancang Kayu

Menggunakan tiang kayu yang dipotong dengan benar dari batang pohon sebagai bahan untuk tiang pancang kayu, dan setelah itu diberikan bahan pengawet dengan ujung yang sedikit runcing. Jika tumpukan kayu basah dan kering secara bergantian, maka akan mudah rusak. Oleh karena itu, jika tumpukan kayu terus menerus terendam air, akan bertahan lebih lama.

Tiang pancang kayu bisa mengalami pembusukan oleh serangga. Untuk mengurangi pembusukan pada saat pemancangan tiang.

Beban yang ditopang oleh tiang pancang kayu tunggal adalah 25-35 ton. Tiang pancang kayu ini akan mudah mendapatkan batang kayu yang bisa dijadikan timbunan, karena tiang kayu ini bisa digunakan di tempat berawa dan daerah yang masih banyak hutannya.

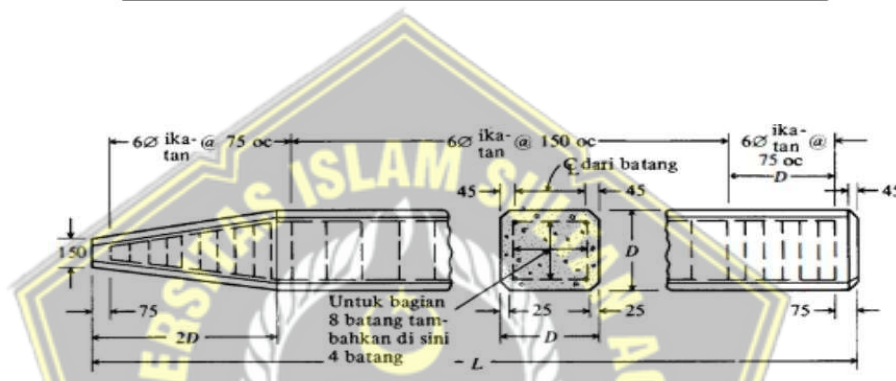
b. Tiang Pancang Beton Bertulang

Tiang pancang beton bertulang yang dikenal sebagai tiang pancang beton pracetak, dicetak di lokasi tertentu sebelum dibawa ke lokasi konstruksi. Tiang pancang harus diperkuat dengan tulangan karena beton tidak memiliki kekuatan untuk menahan tegangan tarik, ketika beratnya sendiri sangat besar namun dapat menahan momen lentur selama pengangkatan dan pemancangan. Pada Tabel 2.6 Nilai-nilai beban izin tiang beton bertulang.

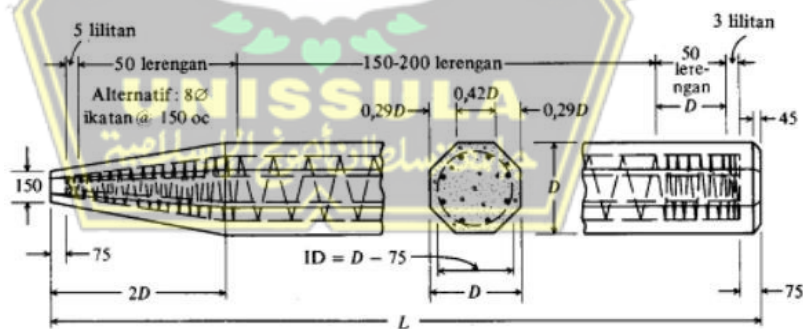
Tiang pancang beton bertulang ini memiliki daya dukung yang sangat tinggi yaitu lebih dari 50 ton/tiang. Tapi ini juga tergantung dimensi tiang. Nilai beban maksimum tiang pancang beton bertulang sering dievaluasi berdasarkan kekuatan materialnya. Seperti pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.

Tabel 2.1 Nilai-nilai Beban Izin Tiang Beton Bertulang
(Hardiyatmo, 2002)

Diameter Tiang (cm)	Beban Maksimum (kN)
30	300 – 700
35	350 – 850
40	450 – 1200
45	500 – 1400
50	700 – 1750
60	800 – 2500



Gambar 2.2 Tiang Pancang Beton Bertulang Bujur Sangkar
(Bowles, 2005)

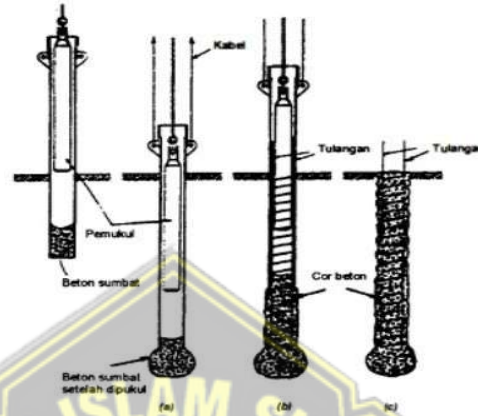


Gambar 2.3 Tiang Pancang Beton Bertulang Segi Delapan
(Bowles Dalam Rachman, 2018)

c. Tiang Pancang Beton Cor di Tempat

Tiang pancang beton cor ditempat ada dua jenis yaitu terselubung oleh pipa dan pipa yang tidak terselubung. Pipa - pipa baja ditancapkan ke dalam lubang-lubang pipa, dalam adukan beton pada tiang –tiang yang terselubung oleh pipa,

tiang pancang ini dikenal sebagai Tiang *Franki* seperti pada Gambar 2.4 Tiang *Standart Raimon*. Tiang ini tidak tertutup pipa, sebagai gantinya, campuran beton dituangkan ke dalam lubang pipa setelah pipa baja dipasang di tanah, pipa baja dilepas baik saat campuran beton dituangkan atau setelah pengecoran selesai, dan tumpukan ini dikenal sebagai *Standart Roman* pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4 Tiang *Franki*

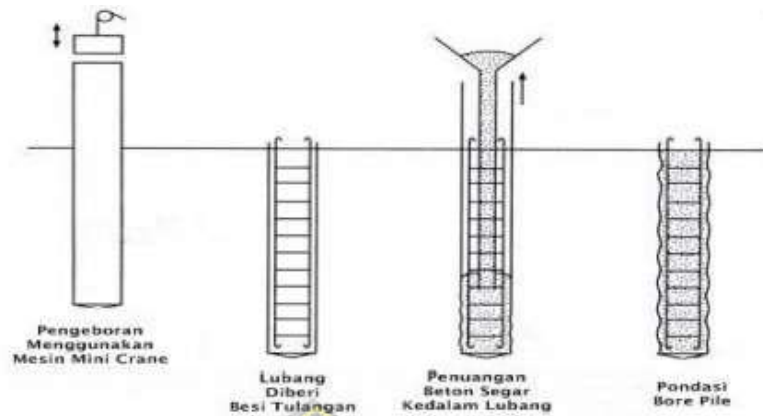


Gambar 2.5 Tiang *Standart Roman* (Hardiyatmo, 2002)

d. Fondasi *Bored Pile*

Pemasangan Fondasi *Bored Pile*, yaitu fondasi tiang pancang membutuhkan pengeboran tanah terlebih dahulu (Hardiyatmo, 2002). Pengeboran tanah dilakukan sebelum pemasangan pondasi tiang bor, setelah itu diisi dengan beton cor dan tulangan rakitan. Pipa besi diperlukan jika tanah mengandung air, alternatifnya bisa disebut *temporary casing*. Pipa ini akan dikeluarkan saat pengecoran beton untuk mencegah selip dengan menahan dinding lubang pada

tempatya. Bentuk fondasi ini sering digunakan di daerah metropolitan yang padat penduduk, pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Fondasi Bored Pile (Sardjono H., 1991)

2.3. Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang

Kapasitas daya dukung fondasi merupakan suatu potensi dari tanah dimana memberikan dukungan berupa beban terbesar pada bangunan yang ada di atasnya. Kapasitas daya dukung fondasi yang kuat pada gaya geser dimana untuk melindungi dari pergeseran yang akan terjadi, fondasi juga harus diletakan pada tanah yang keras agar daya dukung lebih stabil. Berikut ini metode untuk menghitung kapasitas fondasi.

2.3.1 Perhitungan Daya Dukung Fondasi (Reese & Wright, 1977)

Rumus daya dukung fondasi Reese & Wright Untuk tiang pancang dapat dilihat pada Persamaan 2.1 sampai 2.6 :

$$C_u = N\text{-SPT rata-rata} \frac{2}{3} \times 10 \dots\dots\dots (2.1)$$

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

$$Q_p = q_p \times A_p \text{ (kN)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Rumus daya dukung selimut tiang tanah kohesif :

$$F_s = a \times C_u \text{ (Skin Fraction)} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$A_s = 3,14 \times D \times L \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Q_s = F_s \times A_s \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

Nilai tahanan ujung persatuan luas (q_p) dalam *Reese & Wright*(1977), diasumsikan 9 kali kuat geser tanah :

Q_p = Daya dukung ujung tiang (kN)

q_p = Tahanan ujung per satuan luas (kN/m²)

Q_s = Daya dukung Selimut Tiang (kN)

A_p = Luas penampang tiang pancang (m²)

A_s = Luas selimut Tiang (m²)

C_u = Kohesi Tanah (kN/m²)

L = Kedalaman tanah (m)

P = Keliling (m)

F_s = Gesekan Selimut Tiang (kN/m²)

N = nilai N-SPT

Rumus daya dukung ultimit fondasi tiang :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Q_{all} = Q_u / SF \dots\dots\dots (2.8)$$

$$(SF \text{ menurut } Reese \& Wright \text{ 1977} = (2,5) \dots\dots\dots (2.9)$$

Tabel 2.2 Faktor Keamanan

Klasifikasi Struktur	Faktor Keamanan (SF)			
	Kontrol Baik	Kontrol Normal	Kontrol Jelek	Kontrol Sangat Jelek
Monumental	2.3	3	3.75	4
Permanen	2	2.5	2.8	3.4
Sementara	1.4	2	2.3	2.8

2.3.2 Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode *Meyerhof*

Rumus daya dukung ujung tiang dengan menggunakan metode *Meyerhof*, 1976,

Persamaan daya dukung ujung fondasi (Kohesif) :

$$q_p = 380N_{avg}(L_b/d) \leq 380N_{avg} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$Q_p = q_p \times A_p \dots\dots\dots (2.11)$$

Persamaan daya dukung selimut tiang :

$$F_s = \alpha \times C_u \dots\dots\dots (2.12)$$

$$A_s = 3,14 \times D \times L \dots\dots\dots (2.13)$$

$$Q_s = f_s \times A_s \dots\dots\dots (2.14)$$

Persamaan daya dukung ultimit fondasi :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Q_{all} = Q_u / SF \dots\dots\dots (2.16)$$

$$(SF \text{ menurut Meyerhof} = 3) \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

α = Adhesi Empiris

A_p = Luas penampang (m^2)

A_s = Luas Selimut Tiang (m^2)

F_s = Gesekan Selimut Tiang (kN/m^2)

N_{avg} = Nilai N-SPT rata-rata

Q_p = Daya dukung ultimate ujung tiang (kN)

q_p = Tahanan ujung persatuan luas (kN/m^2)

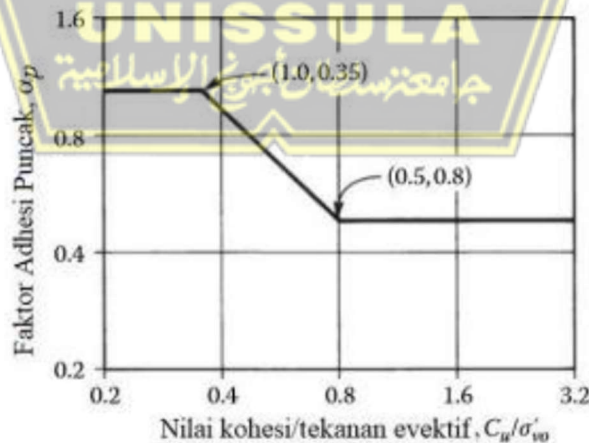
Q_u = Daya Dukung Ultimat (kN)

Q_s = daya dukung selimut tiang (kN/m^2)

C_u = Kohesi Tanah (kN/m^2)

L = Kedalaman Tanah (m)

Untuk mendapatkan faktor adhesi empiris, dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Faktor Adhesi (Tomlinson & Woodward, 2014)

2.4. Menentukan Jarak Antara Tiang

Menentukan jarak antara tiang sangat penting dilaksanakan sebab jarak tiang ini yang menunjukkan daya dukung tiang, friksi yaitu penurunan pada tiang yang mana akan terjadi. Apabila terjadinya jarak antara tiang terlalu jauh maka daya dukungnya fondasinya menjadi kecil, tetapi kalau jarak antara tiang sangat dekat maka akan semakin boros biayanya, maka ada Persamaan yang bisa dijadikan acuan untuk menentukan antara jarak tiang dan acuan ini biasa bertambah namun dengan menggunakan Persamaan 2.18 dan 2.19 (Fauzi, & mukh allam Prasetyo, 2021) :

$$2,5 D < s < 3D \dots\dots\dots (2.18)$$

Dan untuk jarak as pondasi ke tepi *pile cap* dapat diketahui nilainya pada Persamaan 2.19 :

$$S < 1,25 \times D \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

D = diameter tiangnya

2.5. Efisiensi Daya Dukung Tiang Pancang (Kelompok)

Metode tersebut antara lain dapat digunakan untuk menghitung efisiensi daya dukung fondasi tiang yang disebut sebagai kelompok tiang: *converse labarre* dan *los angeles group*. Ketika satu tiang tidak dapat lagi menopang beban yang ditempatkan di atasnya karena beban, tiang tunggal lainnya juga gagal, dan tiang tersebut kemudian dianggap tidak dapat dioperasikan 100% Efisiensi akan ditentukan untuk memikul beban dari atas, dan setelah itu, kapasitas ultimit kelompok tiang akan di demonstrasikan bagaimana faktor efisiensi tiang dinyatakan menggunakan Persamaan 2.20 (Wardana,dkk 2019) :

$$Q_g = E_g \times N \times Q_s \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

Qg = beban maksimum

N = jumlah tiang dalam kelompok

Qa = beban maksimum tiang tunggal

$$Eg = \frac{\text{kapasitas kelompok tiang pancang}}{\text{jumlah tiang pancang} \times \text{kapasitas tiang pancang individual}} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n^f - 1).m + (m - 1)n'}{90.m.n'} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

Eg = efisiensi kelompok tiang

θ = arc tg d/s, dalam derajat

m = jumlah baris tiang

n = jumlah tiang dalam satu baris

N = jumlah tiang

d = diameter tiang

s = jarak pusat ke pusat tiang

Persamaan menurut *los angles group* dapat dilihat pada Persamaan 2.23 :

$$\eta = 1 - \frac{D}{s.m.n} [m(n - 1) + n)m - 1) + \sqrt{2} (n - 1)(m - 1)] \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

n' = jumlah tiang

D = diameter tiang

s = jarak pusat antar tiang

m = jumlah baris tiang

setelah didapatkan hasil dari efisiensi tiang, maka berikutnya adalah dapat dilihat pada Persamaan 2.24 izin kelompok tiang :

$$Qg = \eta \times n' \times Qu \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

Qg = Kapasitas izin kelompok (kN)

η = efisiensi kelompok tiang

N' = Jumlah tiang

Qu = kapasitas dukung ultimate tiang (kN)

2.6. Penurunan Pada Fondasi Tiang Pancang

Penurunan terhadap pada fondasi tiang pancang biasanya hanya terjadi sedikit penurunan saja, dimana dalam perencanaan fondasi tersebut harus sangat mempertimbangkan daya dukung ujung tiang serta friksinya berdasarkan penurunan fondasi menurut *vesic* (1977), dapat dilihat pada Persamaan 2.25 sampai 2.29.

$$S_t = S_1 + S_2 + S_3 \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana :

S = total penurunan (mm)

S₁ = akibat batang (mm)

S₂ = akibat beban di ujung (mm)

S₃ = akibat beban yang tersalurkan sepanjang selimut (mm)

Persamaan semi empiris untuk menentukan S₁, S₂, dan S₃ adalah sebagai berikut :

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi \times Q_{ws}) \times L}{A_b \times E_p} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$S_2 = \frac{Q_{wp} \times C_p}{D \times q_p} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$S_3 = \frac{Q_{wp}}{P.L} \times \frac{D}{E_s} \times (1 - \mu_s^2) \times I_{ws} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

D = Diameter tiang (m)

Q_{wp} = beban yang diterima ujung tiang (kN)

Q_{ws} = beban yang diterima selimut tiang (kN)

L = panjang tiang (m)

A_b = luas penampang tiang (m²)

E_p = modulus elastistas tiang (Mpa)

ξ = 0,5 (distribusi tahanan sepanjang tiang)

Q_p = tahanan ujung batas tiang (kN)

C_p = koefisien empiris, dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Koefisien Empiris

Jenis Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Sand (Padat-Lepas)	0.02 - 0.04	0.09 - 0.18
Clay(Kaku-Lunak)	0.02 - 0.03	0.03 - 0.06
Silty (Padat-Lepas)	0.03 - 0.05	0.09 - 0.12

Berikut adalah Persamaan 2.30 penurunan fondasi tiang kelompok :

$$S_g = S_t \sqrt{\frac{b'}{B}} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana :

S_g = Penurunan Kelompok Tiang (mm)

S_t = Penurunan Tiang Tunggal (mm)

b' = Lebar Kelompok Tiang (mm)

B = Diameter Fondasi (mm)

Dari hasil Persamaan diatas akan didapatkan nilai penurunannya, namun untuk lebih amanya lebih baik harus diperhitungkan juga batasan izin untuk penurunan fondasi tiang pancang, dapat dilihat pada Persamaan 2.31 :

$$S_{izin} = 10\% \times D \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

D = Diameter Fondasi

S_{izin} = Hasil penurunan tidak boleh melebihi

2.7. Menentukan Banyak Tiang Fondasi Yang Dibutuhkan

Menentukan kebutuhan fondasi maka seseorang perencana sudah harus mengetahui berapa jumlah fondasi yang dibutuhkan untuk menerima beban dari struktur atasnya, sebab jika sebuah fondasi tunggal tidak bisa menerima beban dari atas maka dapat direkomendasikan menggunakan fondasi kelompok, berikut dengan menggunakan Persamaan pada 2.32 banyaknya tiang pada fondasi (Chandra, 2018):

$$N_p = \frac{V}{Q_{tiang}} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana :

- Np = Jumlah tiang
- V = Beban strukturnya (kN)
- Q tiang = Daya dukung izin tiang tunggal (kN)

2.8. Waktu Penurunan

Waktu penurunan dari tanah harus mengetahui solusi apa yang bakal cocok pada percepatan penurnan tersebut, maka dalam pembangunan lebih *safety* dan tidak terjadi kembali dalam penurnan. Salah satu upaya dalam mempercepat penurunan adalah dengan melakukan vertical drain. Dapat dilihat pada Persamaan 2.33 waktu penurunan/*settlement*

$$T = \frac{T_v \times H^2}{C_v} \dots\dots\dots(2.33)$$

2.9. Menghitung Daya Dukung Lateral Tiang Pancang

Dinding Penahan tanah mengalami Beban lateral yang mengalami tekanan tanah yang mendorongnya, meskipun fondasi tiang pancang dapat menahan beban tersebut. Dapat memikul beban lateral yang beroperasi pada gedung pencakar langit, atau konstruksi gedung tinggi lainnya, seperti yang dibangun dengan rangka baja, sehingga fondasi tiang pancang mengalami gaya tarik dan tekan, diantara fakot lainnya.(Rambe, 2018)

Beban ultimit dengan faktor keamanan, beban lateral yang diizinkan, dan lendutan maksimum yang diizinkan adalah salah satu parameter yang digunakan untuk menetapkan beban lateral yang diizinkan pada fondasi tiang pancang. Metode analisis yang bisa dipakai, yaitu metode *Broms* 1964, metode *Brinch Hansen* 1961, dan metode *Reese-Matlock* 1956.

Pada tanah lempung keras yang terkonsolidasi terlalu banyak, modulus tanah biasanya dianggap tetap konstan sepanjang kedalaman. Berikut adalah istilah yang digunakan untuk menunjukkan faktor kekakuan untuk modulus tanah konstan (R).(Hardiyatmo, 2008) :

$$R = \left(\frac{EI}{K}\right)^{1/4} \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana :

$$E = 4700\sqrt{f'c'} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$I = \frac{1}{64} \pi D^4 = 0,0030664 \text{ m}^4 \dots\dots\dots (2.36)$$

Jadi untuk tanah granular dan tanah lempung yang biasanya konsolidasi yang normal (*normally consolidated*). Faktor tanah T, suatu non-konstanta, dinyatakan sebagai berikut :

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p \times l_p}{n_h}} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$4T = 4 \times T \dots\dots\dots (2.38)$$

$$M_{max} = B \times \gamma \times L^3 \times K_p \dots\dots\dots (2.39)$$

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{d \times K_p \times \gamma}} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$H_u = \frac{2My}{e + \frac{2f}{3}} \dots\dots\dots (2.41)$$

$$H_{izin} = \frac{H_u}{S_f} \dots\dots\dots (2.42)$$

Dimana :

E = Modulus elastis tiang

D = lebar atau Diameter tiang (m)

I = Momen inersia tiang

H_u = Daya Dukung Lateral Tiang (kN)

M_y = Momen Max yang dapat ditahan Tiang (kN.m)

γ = Berat Volume Tanah (kN/m³)

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

Koefisien variasi modulus (n_h) untuk uji beban tiang dalam pada tanah berpasir yang terendam air diperoleh langsung dari *Terzaghi* Nilai n_h yang disarankan oleh *Terzaghi* dan *Reese* (1956) (*Terzaghi & Peck*, 1987) ditunjukkan dalam Tabel 2.4 dan untuk nilai n_h dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.4 Hubungan Modulus *Subgrade* (k_1) dengan Kuat Geser *Undrained* untuk Lempung Kaku Terkonsolidasi Berlebihan (*Overconsolidation*)

Konsistensi	Kaku	Sangat Kaku	Keras
Kohesi <i>Undrained</i> c_u			
kN/m ²	100-200	200-400	>400
Kg/cm ²	1-2	2-4	>4
K_1			
MN/m ³	18 - 36	36-72	>72
Kg/cm ³	1,8 - 3,6	3,6 – 7,2	>7,2
K_1 direkomendasikan			
MN/m ³	27	54	>108
Kg/cm ³	2,7	5,4	>10,8

(Hardiyatmo, 2008)

Tabel 2.5 Nilai – Nilai n_h untuk Tanah Granular ($c=0$)

Kerapatan <i>Relative</i> (D_r)	Tidak Padat	Sedang	Padat
Interval Nilai A	100 – 300	300 – 1000	1000 – 2000
Nilai A dipakai	200	600	1500
N_h Pasir Kering atau Lembab (<i>Terzaghi</i>) (kN/m ³)	2425	7275	19400
N_h Pasir Terendam Air (kN/m ³)			
<i>Terzaghi</i>	1386	4850	11779
Reese, dkk	5300	16300	34000

(Hardiyatmo, 2008)

Tabel 2.6 Nilai-Nilai n_h untuk Tanah Kohesif (*Poulos & Davis, 1980*)

Tanah	n_h (kN/m ³)	Referensi
Lempung Terkonsolidasi Normal Lunak	166 – 3518	<i>Reese dan Matlock</i> (1956)
	277 – 554	<i>Davisson – Prakash</i> (1963)
Lempung Terkonsolidasi Normal Organik	111 – 277	<i>Peck dan Davidsson</i> (1962)
	111 – 831	<i>Davidson</i> (1970)
Gambut	55	<i>Davidson</i> (1970)
	27,7 – 111	<i>Wilson dan Hilts</i> (1967)
<i>Loss</i>	8033 – 11080	<i>Bowles</i> (1968)

(Hardiyatmo, 2008)

Maka nilai dari faktor kekakuan yaitu R dan T yang telah dihitung, *Tomlinson* (1977) (*Tomlinson & Woodward, 2014*) mendefinisikan parameter tiang pendek (Tiang kaku) dan tiang panjang (Tiang elastis), misalnya, seperti yang diilustrasikan Tabel 2.7 yang sebagian besar digunakan untuk menghitung lendutan tiang akibat gaya Horizontal.

Tabel 2.7 Kriteria Fondasi Tiang Kaku dan Tiang Tidak Kaku Untung Tiang Ujung Bebas (*Tomlinson, 1977*)

Tipe Tiang	Modulus Tanah (K) Bertambah dengan Kedalaman	Modulus Tanah (K) Konstan
Kaku	$L \leq 2T$	$L \leq 2R$
Tidak Kaku	$L \geq 4T$	$L \geq 3,5 R$

(Hardiyatmo, 2008)

2.10. Perhitungan Penulangan *Pile Cap*

- Menghitung Rasio Tulangan dapat dilihat pada persamaan 2.43 sampai 2.46 (Ningrum, 2022)

$$\frac{M_u}{b.d^2} = \rho \cdot 0,8 \cdot f_y \cdot \left(1 - 0,588 \cdot \frac{f_y}{f_c'}\right) \dots\dots\dots (2.43)$$

$$p_b = \frac{0,85 \times f_{c'}}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600+f} \beta_1 = 0,85 \dots (2.44)$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot p_b \dots (2.45)$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \dots (2.46)$$

$$\text{Syarat} = \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

- Menghitung luas tulangan dapat dilihat pada Persamaan 2.47 sampai 2.49

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{\text{rencana}} \dots (2.47)$$

$$\text{Jumlah tulangan yang dibutuhkan, } A_s/A_s \text{ tul} \dots (2.48)$$

$$S = \text{lebar/n tulangan} \dots (2.49)$$

- Cek tinggi efektif ($d_{\text{pakai}} > d_{\text{rencana}}$)

$$D_{\text{pakai}} = h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan} \dots (2.50)$$

- Kontrol terhadap geser pons 1 arah

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_{c'}} \times b_w \times d, \text{ dengan } V_n \leq V_c \dots (2.51)$$

$$\text{Maka, } \frac{V_u}{\phi} \leq \frac{1}{6} \sqrt{f_{c'}} \times b_w \times d \dots (2.52)$$

Dimana :

B_w = lebar fondasi (m)

d = $h - d'$ (tinggi pelat – selimut beton) (m)

ϕ = 0,6

- Kontrol geser pons 2 arah

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_0}\right) 2x \sqrt{f_{c'}} \times b_o \times d \dots (2.53)$$

Dimana :

$B_o = 2(b_o + h_o)$ (m)

$\beta_0 = h/b$, (sisi panjang/sisi pendek kolom)(m)

d = tinggi efektif (m)

- Menghitung eksentrisitas penampang

$$e = \frac{M_u}{P_u} \dots (2.54)$$

- Menghitung gaya aksial nominal

$$P_{n\text{perlu}} = \frac{P_u}{\phi} \dots (2.55)$$

- Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \dots (2.56)$$

$$A_s = 1/4 \cdot \pi \cdot \rho \cdot D^2 \dots\dots\dots(2.57)$$

$$A_{stul} = 1/4 \cdot \pi \cdot D_{st}^2 \dots\dots\dots(2.58)$$

$$n = \frac{A_s}{A_{stul}} \dots\dots\dots(2.59)$$

$$A_{st} = 1/4 \cdot \pi \cdot D_{st}^2 \cdot n \dots\dots\dots(2.60)$$

Dimana :

A_g = luas penampang beton (mm²)

A_{st} = luas tulangan (mm²)

D = diameter fondasi (mm)

D_{st} = diameter tulangan (mm)

n = jumlah tulangan

ρ = 0,0117

- Perhitungan kekuatan beban axial max

$$\phi P = 0,85 \cdot \phi (0,85 \times f_c' (A_g - A_{st}) + (f_y \times A_{st})) \dots\dots\dots(2.61)$$

$$P_{n_{max}} = \phi P / 0,8 > P_u \dots\dots\dots(2.62)$$

- Perhitungan Kekuatan Penampang

$$H_{ekiv} = 0,8 h \dots\dots\dots(2.63)$$

$$L_{ekiv} = \frac{1/4 \times \pi \times D^2}{H_{ekiv}} \dots\dots\dots(2.64)$$

- Luas penampang total A_s

$$A_s' = 1/2 \times A_{st} \dots\dots\dots(2.65)$$

$$d' = \text{selimut beton} + 0,5D \text{ tul utama} + \text{sengkang} \dots\dots\dots(2.66)$$

$$D_s = D - 2d' \text{ kolom} \dots\dots\dots(2.67)$$

$$D_{seq} = 2/3 \times D_s \dots\dots\dots(2.68)$$

$$d'_{ekui} = h_{ekiv} - (D_{seq}/2) \dots\dots\dots(2.69)$$

- Cek tegangan tekan

$$d_{ekiv} = h'_{ekiv} + \frac{h_{ekiv} - D_{seq}}{2} \dots\dots\dots(2.70)$$

$$C_b = \frac{600}{600+} \times d_{ekiv} \dots\dots\dots(2.71)$$

$$A_b = 0,85 \times c_b \dots\dots\dots(2.72)$$

$$F_s = \frac{0,003 \times E_s \times (d_{ekiv} - C_b)}{d_{ekiv}} \dots\dots\dots(2.73)$$

Batasanya adalah f_y rencana

- Perhitungan axial balance

$$P_n = (0,85 \cdot f_c' \cdot A_b \cdot b) + (A_s' \cdot f_s') - (A_s \cdot f_y) \dots\dots\dots (2.74)$$

Syarat $\phi P_n \geq P_u$

2.11. Permodelan Menggunakan *Software*

Pada penyelesaian tugas akhir ini akan menggunakan *software* SAP 2000 v.14 dan *software* Plaxis V.8.6. berikut ini adalah uraian singkatnya.

a. SAP 2000 v.14

SAP 2000v.14 digunakan untuk analisis pembebanan dan permodelan struktur untuk Proyek Pembangunan Rumah Susun Pekerja Industri Batang II Paket II, merupakan sebuah program yang digunakan untuk menghitung pembebanan dan juga permodelan struktur atas pada bangunan ini, dalam perencanaan fondasi yang akan direncanakan dalam tugas akhir ini. (Wardana et al., 2019)

Software ini digunakan untuk merencanakan jembatan, gedung, tower dan sebagainya. Dalam merencanakan *software* ini dapat menggunakan material antara lain : beton (*Concrete*) dan baja (*Steel*) pada kebutuhan perencanaan. Program ini juga sudah mumpuni dan lengkap sehingga memudahkan dalam merencanakan permodelan dan pembebanan yang terdapat fitur – fitur yang lengkap. *Output* pada program *software* ini antara lain : momen, gaya geser, serta gaya normal, maka mendapatkan beban terbesar dari perencanaan yang akan digunakan dalam perencanaan fondasi. (Ningrum, 2022) (Rambe, 2018)

b. PLAXIS v.8.6

PLAXISV.8.6 digunakan untuk permodelan dan perhitungan stuktur fondasi dua dimensi terutama untuk analisis secara khusus deformasi dan stabilitas dalam bidang geoteknik, contohnya daya dukung tanah. Perihal yang terjadi bisa permodelan dalam regangan bidang maupun secara *axismetris*.

Pada program ini membutuhkan permodelan, analisis ini dalam permodelan geometrik dapat diklasifikasikan menjadi 3 kategori diantaranya :

1. *Axismetris*, digunakan untuk struktur yang simetris, contohnya untuk tiang pancang.
2. *Plain strain*, digunakan untuk permodelan struktur memanjang, contohnya dinding penahan tanah pada badan jalan dan pada saluran drainase.
3. *Plain stress*, digunakan untuk permodelan portal.

Permodelan axismetris dan plain strain dalam program PLAXIS harus dilakukan berdasarkan tahapan pengerjaan di lapangan dengan harapan yang diperoleh cukup mendekati hasil dari pelaksanaan di lapangan.(Rambe, 2018)(Ningrum, 2022)



BAB III

METEDOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Maksud dari penelitian ini untuk menentukan beban dari tiang pancang. Dari proyek Pembangunan Rumah Susun Pekerja Industri Batang II pada lokasi Desa *Ketanggan*, Kecamatan Gringsing, Kabupaten Batang, Jawa Tengah 51281. Struktur Rumah Susun ini memiliki 5 lantai. Penyusunan tugas akhir ini mencoba mengkaji beban bangunan. Dengan menggunakan *software* SAP 2000v.14. Hasil dari permodelan di *Software* SAP 2000v.14, Beban terbesar pada bangunan dari hasil kolom dan balok akibat beban di atasnya. Dengan menggunakan *software* PLAXIS.v.8.6 dan perhitungan manual, ditentukan untuk mengetahui penurunan fondasi.

3.2 Pengumpulan Data

Dalam penyusunan tugas akhir ini, maka setelah prosedur pengumpulan data sekunder berupa data N-SPT dan gambar denah fondasi, yang digunakan sebagai perhitungan fondasi. Maka data sekunder ini untuk mengumpulkan bahan yang didapat tidak langsung dari peneliti dan sudah diolah terlebih dahulu dengan diberikan kepada perantara orang lain. Data sekunder ini biasanya diperoleh antara lain buku, jurnal, media sosial, dll.

3.3 Lokasi Proyek

Proyek Pembangunan Rumah Susun Pekerja Industri Batang II terletak pada lokasi Jl. Desa Ketanggan, Kecamatan Gringsing, Kabupaten Batang, Jawa Tengah 51281, Lokasi Proyek dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Proyek

3.4 Data Umum Proyek

Data umum proyek merupakan segala perencanaan dan pelaksanaan dapat terkoordinir dengan baik mengacu pada data umum proyek berdasarkan pelaksanaan Proyek Rumah Susun Pekerja Industri Batang II, data – data berikut antara lain dapat dilihat pada Tabel 3.1 Data Umum Proyek dan 3.2 Data Teknis

Tabel 3.1 Data Umum Proyek

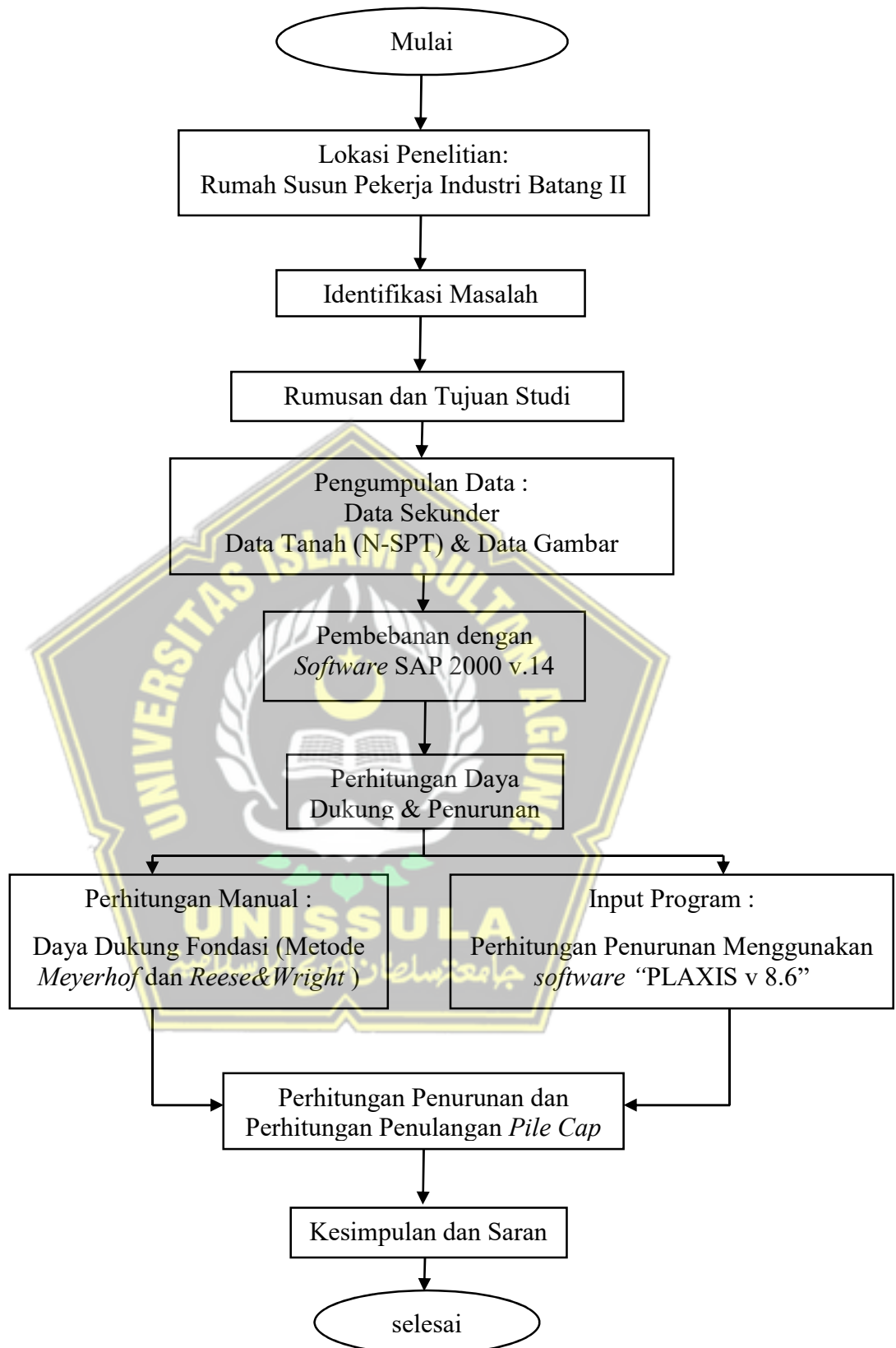
Jenis Data	Keterangan
Nama Proyek	Rumah Susun Pekerja Industri Batang II
Lokasi Proyek	Jl.Deso Ketanggan, Kecamatan Gringsing, Kabupaten Batang, Jawa Tengah 51281.
Pemilik Proyek	Satuan Kerja Direktorat Rumah Susun Pejabat Pembuat Komitmen Direktorat Rumah Susun
Konsultan Perencana	PT.Concept Design Architect
Managemen Konstruksi	PT. Ciriajasa Cipta Mandiri
Kontraktor Pelaksana	PT.Abadi Prima Intikarya

Tabel 3.2 Data Teknis

Jenis Data	Keterangan
Fondasi	Tiang Pancang
Mutu Beton	K-350 = $F_c' = 31,2$ MPa

3.5 Diagram Alur

Flowchart (Diagram Alur) merupakan penggambaran suatu bagan dari urutan prosedur suatu program, biasanya mempengaruhi solusi masalah khususnya untuk penelitian dan evaluasi berikutnya. Bisa dibilang *flowchart* adalah suatu bagan ilustrasi berupa suatu teknik analisis dimana menggambarkan sebuah urutan dan hubungan antar proses secara mendetail menggunakan simbol tertentu. Simbol penghubung digunakan *flowchart* untuk menghubungkan satu simbol dengan simbol lainnya. Kemudian, simbol ini dikenal sebagai *connecting line*. Dari simbol yang digunakan antara lain \rightleftarrows (Arus/Flow) digunakan sebagai menyatakan arus suatu proses. *Processing symbol* untuk simbol yang menjelaskan tentang suatu pengolahan suatu proses / prosedur, simbol yang digunakan antara lain \square (Proses) menandakan dimulainya atau selesainya pemrosesan yang dilakukan oleh komputer biasanya mengubah data atau informasi, \circ (Terminator) simbol yang menyatakan awal atau akhir dari suatu program. Berikut adalah diagram alur atau *flowchart* pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 *Flow Chart*. :

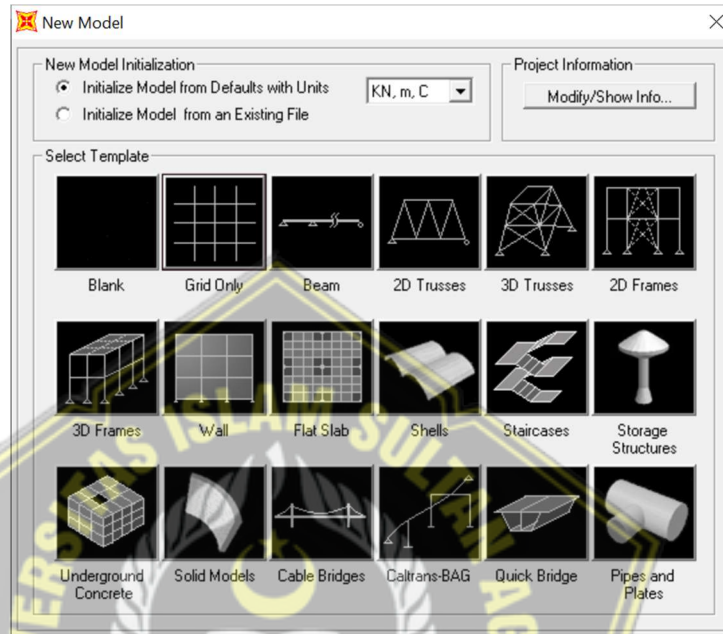


Gambar 3.2 Flow Chart

3.6 Analisis Pembebanan Program SAP 2000 v.14

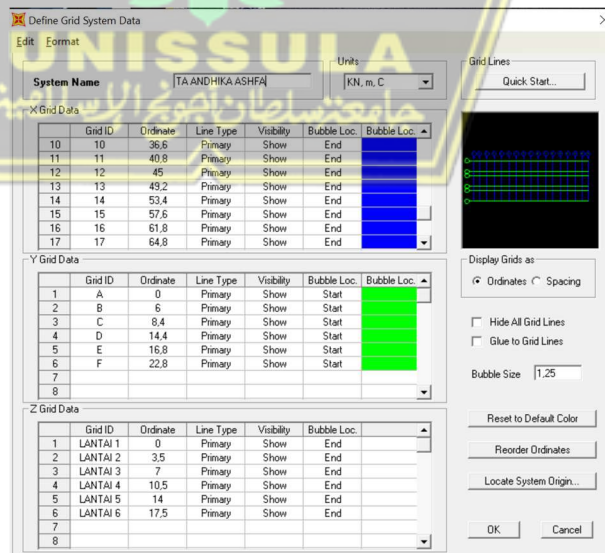
Perhitungan beban bangunan menggunakan *software* SAP 2000 v 14. Berikut langkah – langkahnya :

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



Gambar 3.3 New Model

- b. Mengatur koordinat, klik kanan, lalu klik *Edit Grid Data*



Gambar 3.4 Edit Grid

c. Lalu klik *define – materials – add new material*

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: k 350(Fc 29 mpa) ■

Material Type: Concrete

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2,4

Mass per Unit Volume: 0,2447

Units: KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 25310,27459353

Poisson's Ratio, U: 0,2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 10545,948

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f_c: 29

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

Gambar 3.5 Material Beton

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: fy 400 mpa ■

Material Type: Rebar

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 768842

Mass per Unit Volume: 78400,06

Units: KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 200000

Poisson's Ratio, U: 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 76923,08

Other Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Stress, F_y: 400000

Minimum Tensile Stress, F_u: 570000

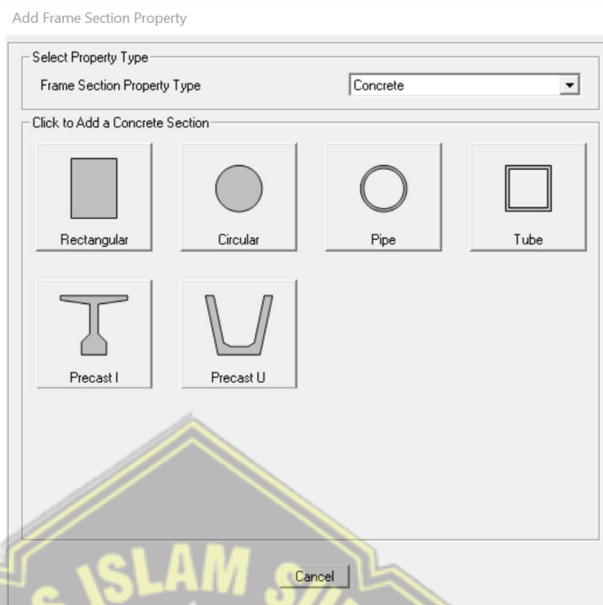
Expected Yield Stress, F_{ye}: 400000

Expected Tensile Stress, F_{ue}: 570000

Switch To Advanced Property Display

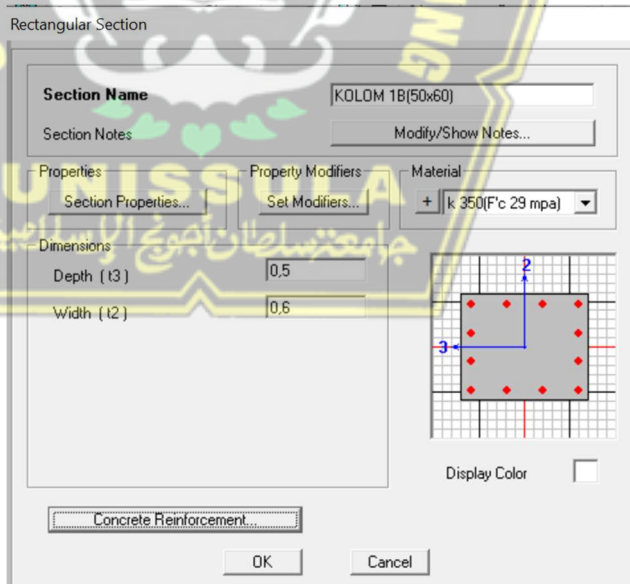
Gambar 3.6 Material Baja

- d. Klik *define – section properties – frame section – add new properties –* lalu pilih bagian yang mau dipakai yaitu beton pilih menjadi *concrete*.



Gambar 3.7 *Material Frame Section Properties*

- e. Lalu pilih bentuk sesuai kebutuhan dan klik *concrete –* pilih bagian *rectangular –* lalu tentukan dimensi kolom – klik *concrete reinforcemct*



Gambar 3.8 *Reinforcement Data* untuk Kolom

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: 240 mpa

Material Type: Rebar

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 768842

Mass per Unit Volume: 78400,06

Units: KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 200000

Poisson's Ratio, U: 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 76923,08

Other Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 240000

Minimum Tensile Stress, Fu: 390000

Expected Yield Stress, Fye: 240000

Expected Tensile Stress, Fue: 390000

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Gambar 3.9 Reinforcement Data untuk Beam

f. Untuk plat, klik Define – Section Properties – Area Section – Modify

Shell Section Data

Section Name: PLAT LANTAI 12,5

Section Notes: Modify/Show...

Display Color: [Color]

Type

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

Modify/Show Layer Definition...

Material

Material Name: + k 350(F'c 29 mpa)

Material Angle: 0

Thickness

Membrane: 0,125

Bending: 0,125

Concrete Shell Section Design Parameters

Modify/Show Shell Design Parameters...

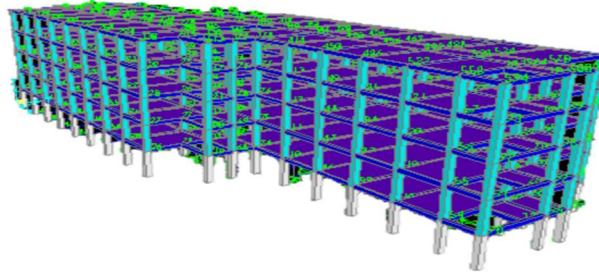
Stiffness Modifiers: [Set Modifiers...]

Temp Dependent Properties: Thermal Properties...

OK Cancel

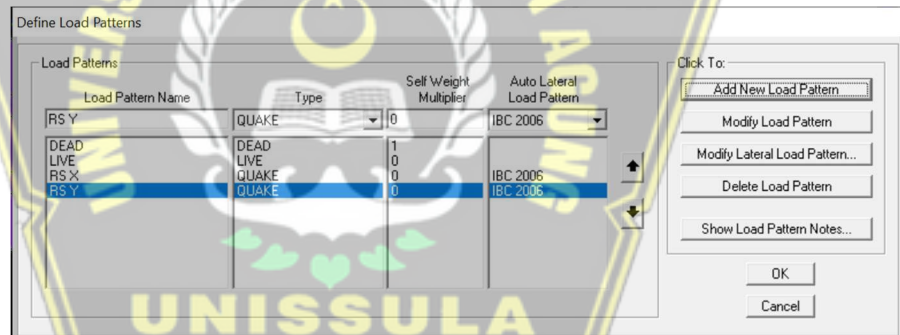
Gambar 3.10 Shell Section Data

- g. Setelah bahan dan material yang dibutuhkan, lalu pilih seleksi batang sesuai dengan materialnya, *Assign – Frame Section*, lalu klik properties.



Gambar 3.11 *Plot Penampang*

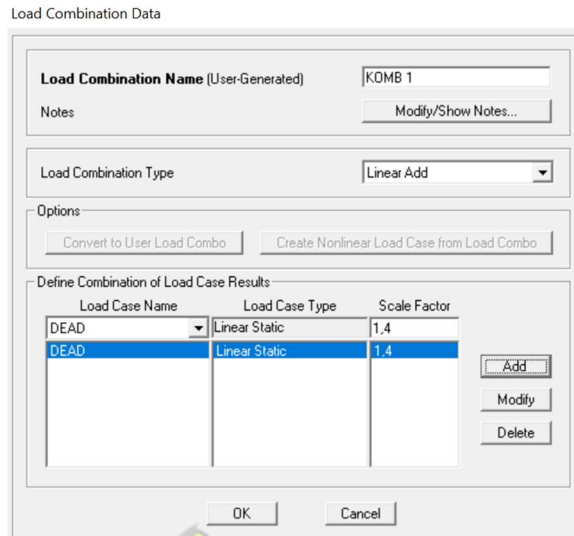
- h. Tahap berikutnya adalah menginput beban mati dan beban hidup yaitu (Beban mati Struktur dan beban mati tambahan) Klik *Define – load patterns* – lalu muncul tabel dialog, lalu isi sesuai dengan beban input yang dibutuhkan.



Gambar 3.12 *Define Load Patterns*

- i. Tahap berikutnya menginput beban kombinasi yang akan digunakan sesuai pada SNI 1727 – 2020 : 2.3.1 (SNI 1727, 2020) :

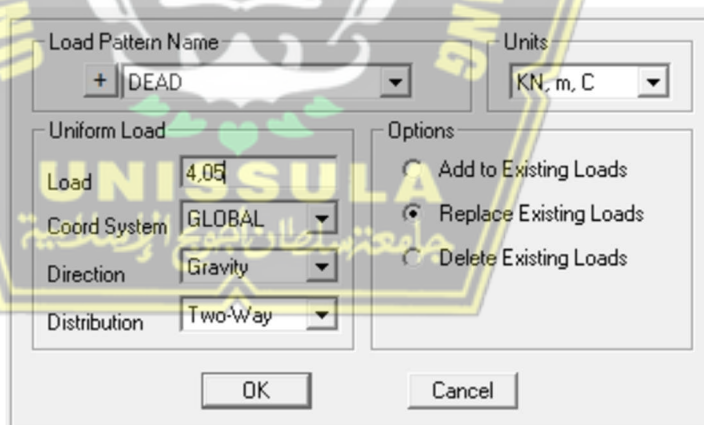
- 1.4 D
- 1.2 D + 1.6 L
- 1.2 D + 1.6 L + RSX
- 1.2 D + 1.6 L + RSY
- 0.9 D + RSX
- 0.9 D + RSY



Gambar 3.13 Load Combination Data

- j. Tahap Berikutnya untuk beban mati pada tambahan plat, pilih salah satu plat yang akan dibebani, pilih *assign – area loads – uniform to frame (shell) – area uniform loads to frames* – ubah *load pattern name* dan pilih menjadi *Dead* – masukan beban lantai sesuai data yang telah diperhitungkan – lalu klik *apply* – *ok*.

Area Uniform Loads to Frames



Gambar 3.14 Load Pattern Dead

- k. Tahap Berikutnya untuk beban hidup mengikuti sesuai dengan acuan SNI 1727 2020 :4.7.2, (SNI 1727, 2020) pilih beban hidup yaitu ruang publik $4,79 \text{ kN/m}^2$, pilih *assign – area loads – uniform to frame (shell) – area uniform loads to frames* – ubah *load pattern name* dan pilih menjadi *Live* –

masukin beban hidup sesuai data yang telah diperhitungkan – lalu klik *apply* – *ok*.

Area Uniform Loads to Frames

Load Pattern Name: + LIVE

Units: KN, m, C

Uniform Load:

Load: 4,79

Coord System: GLOBAL

Direction: Gravity

Distribution: Two-Way

Options:

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

OK Cancel

Gambar 3.15 *Load Pattern Live*

1. Tahap selanjutnya isi data pembebanan gempa dinamik respon spektra pada aplikasi SAP 2000 v.14 dengan cara : klik *define – function – respons spectrum* – pilih *function type IBC 2006 – Add new function*. Input beban gempa respon spektrum sesuai pada website : http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ (PPMB-ITB, 2011) dan SNI 1726 – 2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

Function Name SPEKRES TA ANDHIKA ASHFA **Function Damping Ratio** 0.05

Parameters

Ss and S1 from USGS - by Lat./Long.
 Ss and S1 from USGS - by Zip Code
 Ss and S1 User Specified

Site Latitude (degrees) ?
 Site Longitude (degrees) ?
 Site Zip Code (5-Digits) ?

0.2 Sec Spectral Accel, Ss 0.585
 1 Sec Spectral Accel, S1 0.244
 Long-Period Transition Period 4

Site Class B
 Site Coefficient, Fa 1.
 Site Coefficient, Fv 1.

Calculated Values for Response Spectrum Curve

SDS = (2/3) * Fa * Ss 0.39
 SD1 = (2/3) * Fv * S1 0.1627

Define Function

Period	Acceleration
0.6	0.9656
0.	0.156
0.0834	0.39
0.4171	0.39
0.6	0.2711
0.8	0.2033
1.	0.1627
1.2	0.1356
1.4	0.1162
1.6	0.1017

Function Graph

(0.1309 , 0.39)

Gambar 3.16 Respons Spectrum

m. Tahap selanjutnya yaitu klik *define – load cases – modfy RSX dan RSY – lalu klik ok.*

Load Case Name RSX **Notes**

Load Case Type Response Spectrum

Modal Combination

CQC SRSS Absolute GMC NRC 10 Percent Double Sum

GMC f1 1.
 GMC f2 0.
 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	SPEKRES T	0.5
Accel	U1	SPEKRES TA.A	0.5
Accel	U2	SPEKRES TA.A	0.2

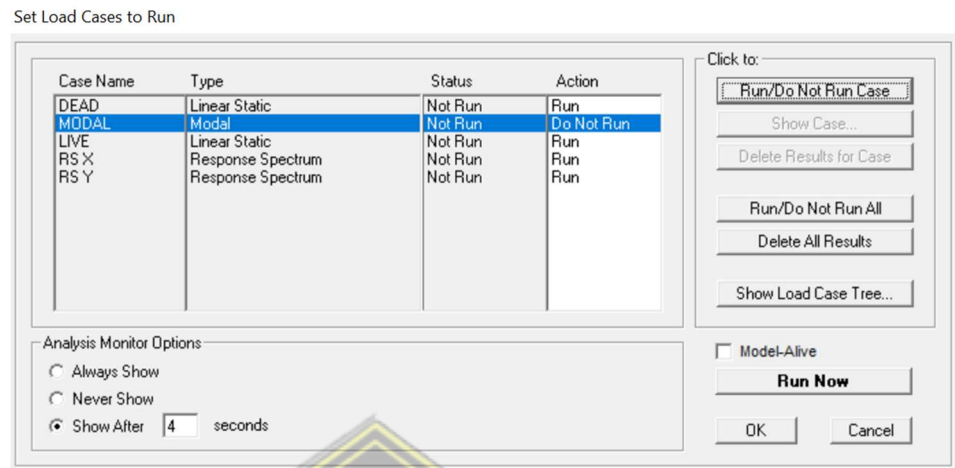
Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

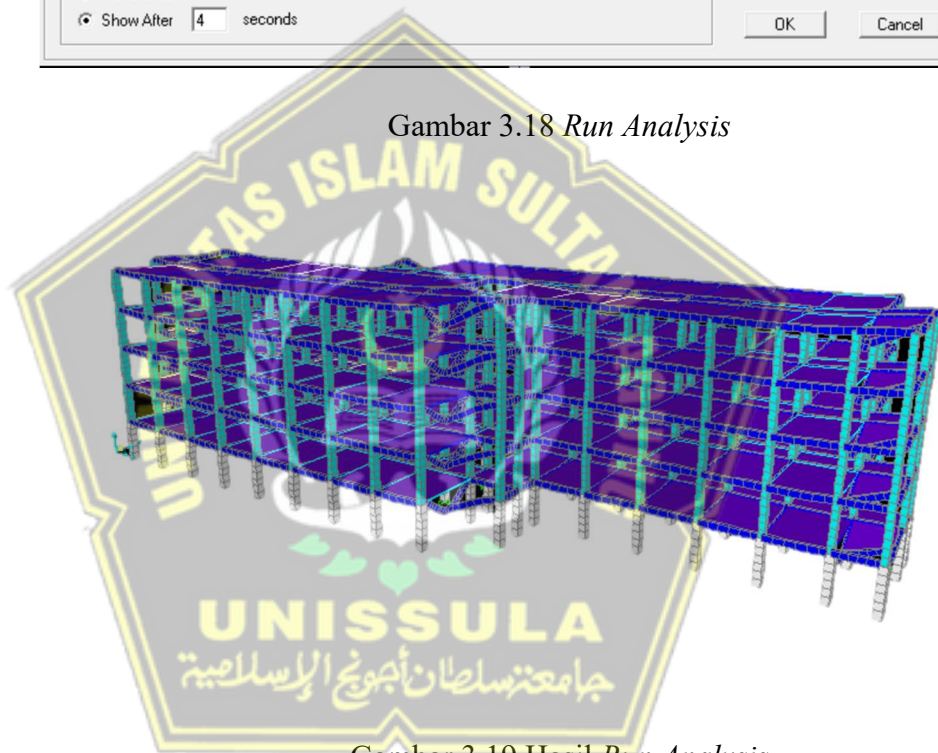
Modal Damping Constant at 0.05

Gambar 3.17 Load Case Respons Spectrum

- n. Setelah semua data selesai di input maka, klik *Analyze – run analysis* – lalu klik *run now*.



Gambar 3.18 *Run Analysis*



Gambar 3.19 Hasil *Run Analysis*

3.7 Metode Perhitungan

Metode perhitungan yang digunakan antara lain :

3.7.1 Perhitungan Daya Dukung Fondasi dengan Metode *Reese & Wright* (1977)

Berdasarkan perhitungan pada tanah kohesif menggunakan Persamaan 2.3 dan Persamaan 2.6 :

$$Q_p = q_p \times A_p$$

Dimana :

Q_p = Daya dukung ujung tiang (kN)

q_p = Tahanan ujung persatuan luas (kN/m²)

A_p = luas permukaan (m²)

$$Q_s = F_s \times A_s$$

Dimana :

Q_s = Daya Dukung Selimut Tiang (kN)

F_s = Gesekan Selimut Tiang (kN/m²)

A_s = Luas Selimut Tiang (m²)

3.7.2 Perhitungan Daya Dukung Fondasi Tiang dengan Metode *Meyerhof* (1976)

Berdasarkan perhitungan pada tanah kohesif menggunakan Persamaan 2.10 dan Persamaan 2.14 :

$$Q_p = q_p \times A_p$$

Dimana :

Q_p = daya dukung ujung (kN/m²)

c_u = Kohesi tanah (kN/m²)

A_p = Luas penampang (m²)

$$Q_s = F_s \times A_s$$

Dimana :

Q_s = Daya Dukung Selimut Tiang (kN)

F_s = Gesekan Selimut Tiang (kN/m²)

A_s = Luas Selimut Tiang (m²)

3.7.3 Hasil Analisis Permodelan Menggunakan *Software PLAXIS.v.8.6*

Hasil dari analisis ini menggunakan *software* PLAXIS.v.8.6 yang tujuan menganalisis besarnya terjadi penurunan akibat beban di atasnya.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan pada *software* SAP2000.v.14 mendapatkan hasil dalam menganalisis beban dan permodelan struktur atas pada proyek Rusun Pekerja Industri Batang II dengan mempersingkat dan mencakup data –data yang dibutuhkan guna untuk inti pada pembahasan.

3.9 Penyusunan Laporan

Laporan ini disusun setelah adanya hasil yang di dapat dari analisa yang telah dilakukan, yang berisi tahapan permodelan struktur sehingga mendapatkan hasil analisa tersebut, dari beberapa tahap yang akan dilaksanakan maka hasil dari *output* SAP2000.v.14 akan membantu dalam menganalisis data dalam *software* perhitungan PLAXIS.v.8.6.



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

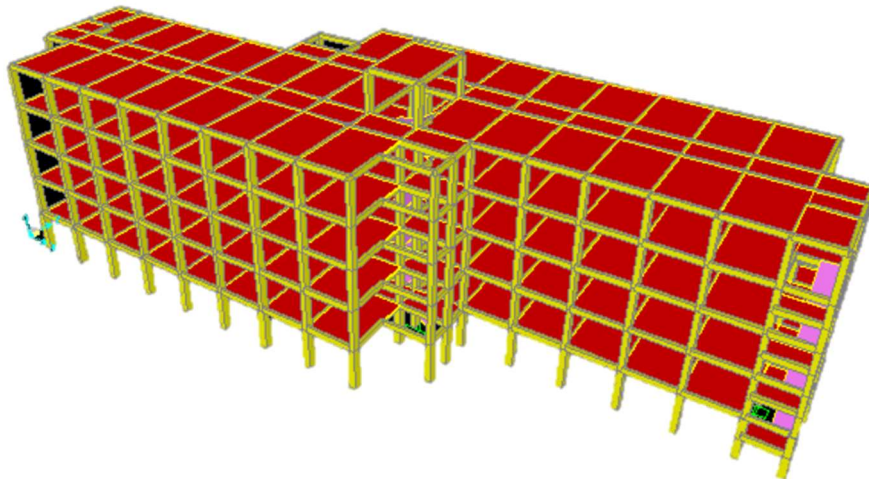
4.1 Tinjauan Umum

Pada Bab ini disajikan analisa data yang pengolahan data tanah pada proyek rumah susun pekerja industri batang II. Pada perencanaan fondasi yang sebelumnya, proyek rumah susun ini menggunakan fondasi *bored pile* berukuran 50 cm. Fondasi yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini, untuk perencanaan ulang adalah fondasi Tiang Pancang berdiameter 40 cm. Hasil uji N-SPT akan digunakan sebagai data yang tersedia pada tugas akhir ini, untuk mengkaji daya dukung dan penurunan fondasi dengan menggunakan data tanah. Perhitungan daya dukung kelompok, perhitungan penurunan secara manual menggunakan metode *Vesic*, dan perhitungan daya dukung fondasi metode *Meyerhof* dan Metode *Reese & Wright*, serta menggunakan *software* PLAXIS V.8.6.

Untuk mengetahui beban maksimum yang di topang oleh fondasi yang direncanakan, kami akan menggunakan perhitungan beban struktur dengan *software* SAP 2000 v.14. Mengacu pada SNI 1727-2020 tentang beban minimum untuk beban hidup gedung, SNI 1726-2019 mengenai beban gempa dan PPIUG 1983 tentang peraturan pembebanan untuk beban mati.

4.2 Design Struktur Atas Dengan *Software* SAP2000 V.14

Design struktur atas menggunakan *software* SAP2000 v.14 untuk mengetahui besar gaya pada bangunan. Yang mana gaya yang didapatkan untuk perhitungan selanjutnya pada perencanaan fondasi tiang pancang. Yang dimodelkan sesuai pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Desain Struktur Atas *Software* SAP2000.v.14

4.3 Desain Dan Pembebanan Struktur

Berikut adalah data yang digunakan :

- Berat jenis beton bertulang = 24 kN/m²
- Tebal plat lantai dan atap = 0,12 m
- Mutu beton = K-350
- Mutu baja tulangan = fy 400 MPa

Berikut ini adalah beban mati yang digunakan mengacu pada PPIUG 1983 :

a. Beban mati plat lantai			
• Berat Plat lantai	= 0,12 x 2400	= 288 kg/m ²	
• Pasir (1cm)	= 0,01 x 1600	= 0,16 kg/m ²	
• Adukan semen (3cm)	= 0,03 x 21	= 0,63 kg/m ²	
• Keramik (1cm)	= 24	= 24 kg/m ²	
• ME	= 25	= 25 kg/m ²	
• Plafond	= 18	= 18 kg/m ²	+
TOTAL		= 355,79 kg/m ²	
		= 3,48 kN/m ²	
b. Beban mati plat atap			
• ME	= 25	= 25 kN/m ²	
• Plafond	= 18	= 18 kN/m ²	
• Penutup Atap	= 40 x 0,12	= 4,8 kN/m ²	+
TOTAL		= 47,8 kg/m ²	
		= 0,47 kN/m ²	

Berikut adalah beban hidup yang digunakan dengan mengacu pada SNI 1727-2020, dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Beban Hidup

Hunian	Merata (kN/m ²)	Terpusat (kN)
Rumah Susun :		
Koridor / Lobby	4,79 kN/m ²	-
Ruang Serbaguna	4,79 kN/m ²	-

(SNI 1727, 2020)

Berikut adalah beban gempa yang digunakan mengacu pada SNI 1726-2019, dapat dilihat dari Tabel 4.2 hingga Tabel 4.6

Tabel 4.2 Kategori Resiko

Kegunaan	Kategori Resiko
Perumahan Gedung Perkantoran Gedung Apartemen / Rumah Susun	II

(SNI 1726, 2019)

Tabel 4.3 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(SNI 1726, 2019)

Tabel 4.4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai S_{Ds}

Nilai S_{Ds}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{Ds} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{Ds} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{Ds} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{Ds}$	D	D

(SNI 1726, 2019)

Tabel 4.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai S_{D1}

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

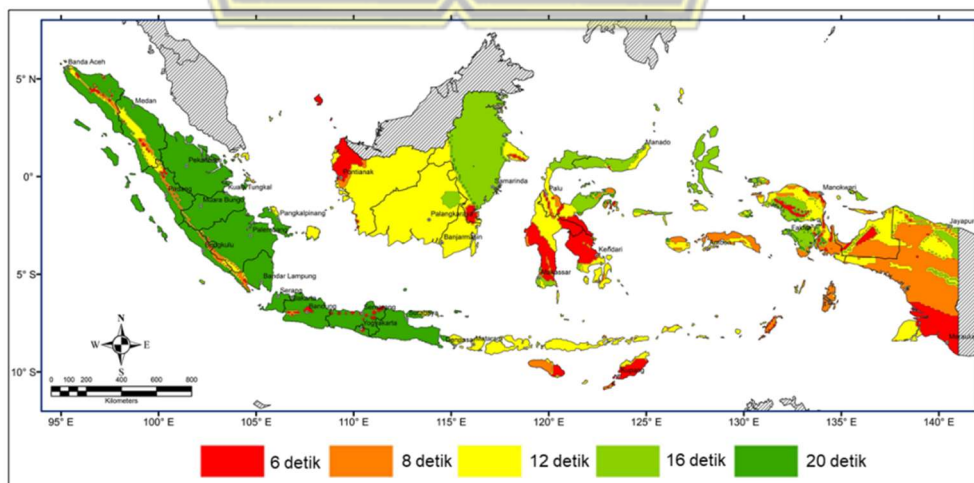
(SNI 1726, 2019)

Tabel 4.6 Faktor Reduksi Gempa

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons, R^a	Faktor Kuat-lebih Sistem, Ω_0^g	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d^b	Batasan Sistem Struktur dan Batasan tinggi Struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^d
C. Sistem Rangka Pemikul Momen								
5. Rangka beton bertulang pemikul khusus	8	3	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB

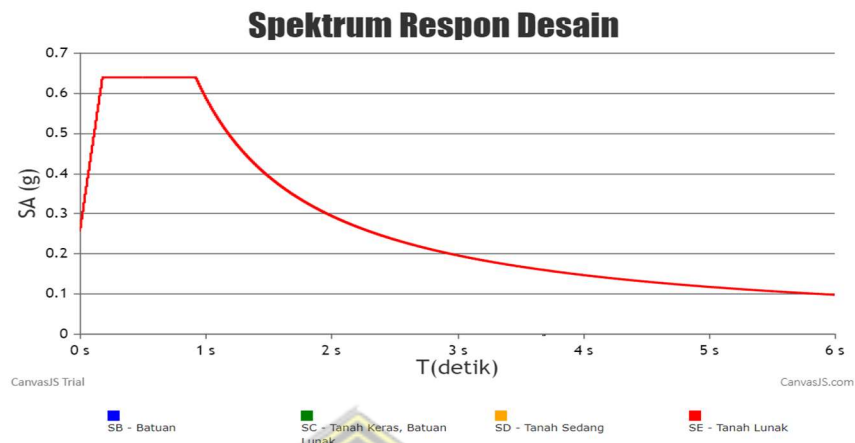
(SNI 1726, 2019)

Untuk menentukan periode gempa dapat dilihat pada Gambar 4.2 dengan menggunakan peta periode pada SNI 1726:2019, karena perencanaan ada di Batang jadi menggunakan periode sebesar 20 detik.



Gambar 4.2 Peta Periode Gempa TL1 Wilayah Indonesia (1726, 2019)

Untuk zona wilayah gempa didapatkan dari website <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>, dan diperoleh pada Gambar 4.3.



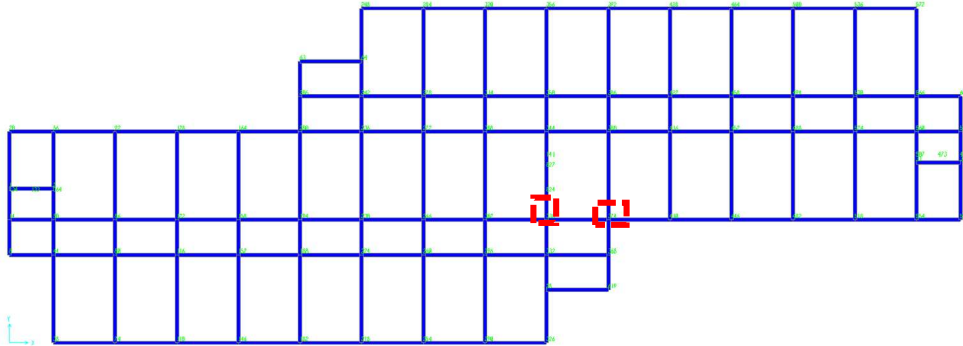
Gambar 4.3 Nilai Respon Spektrum

Tabel 4.7 Hasil *Output Join Reaction*

Joint	Beban(kN)	Joint	Beban	Joint	Beban	Joint	Beban
481	122	529	-509	277	411	618	-163
181	173	85	-494	49	435	37	-161
193	177	241	-490	421	436	108	-156
493	186	517	-475	391	521	523	-108
535	200	229	-441	319	522	79	-27
223	275	217	-414	409	564	91	6
463	280	199	-380	295	598	553	23
235	281	127	-375	325	628	109	26
451	300	187	-356	589	644	43	35
247	339	157	-354	19	699	559	47
565	361	145	-309	7	704	121	66
265	368	115	-289	349	753	151	106
253	392	55	-283	378	857	163	115
601	402	73	-183	367	858	487	-542
127	-375	217	-414	13	912	271	-532
187	-356	199	-380	337	1125	259	-510

 Note : Nilai Data SAP, untuk Perhitungan Manual & Software

Setelah semua data pembebanan dimasukkan pada SAP2000 v.14, maka didapatkan hasil *output joint reaction* dilihat pada Tabel 4.7. sedangkan *joint* yang digunakan dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Denah *Joint* Yang Dipakai Dalam Perhitungan

4.4 Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang

Berdasarkan perhitungan daya dukung tiang pancang, diusulkan untuk menggunakan fondasi tiang pancang dengan diameter 40 cm. untuk proyek rumah susun pekerja industri Batang II. Adapun data tiang pancang dapat diperoleh pada Tabel 4.8 Data N-SPT :

Tabel 4.8 Data N-SPT

Kedalaman Tanah (m)	Tebal Lapisan(m)	N-SPT
0	0	0
2	2	5
4	2	4
6	2	4
8	2	7
10	2	16
12	2	31
14	2	60
16	2	60
18	2	60
20	2	60

- Diameter tiang (D) = 40 cm = 0,4 m
- Keliling penampang fondasi (p) = $\pi \times D$
= 3,14 x 0,4 m
= 1,256 m
- Luas penampang (Ap) = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
= $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,4^2$
= 0,126 m²
- Kedalaman = 12 m

4.4.1 Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Reese & Wright

- ❖ Perhitungan NSPT pada lapisan tanah yaitu N1 = 8D dan N2 = 4D. Kemudian NSPT_{rata-rata} diperhitungkan dengan membagi N1 dan N2, dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perhitungan N-SPT

Dept (m)	N-SPT	N1-8D	Spt	N2-4D	Spt	NB	Spt Rata
0	0	3,2	4	1,6	5	4,5	3,0
2	5	-1,2	0	3,6	4	2	3,0
4	4	0,8	0	5,6	4	2	2,7
6	4	2,8	0	7,6	7	3,5	3,7
8	7	4,8	4	9,6	16	10	9,0
10	16	6,8	4	11,6	31	17,5	17,0
12	31	8,8	7	13,6	60	33,5	32,67

❖ Perhitungan Daya dukung fondasi *Reese & Wright* (1977), untuk tiang pancang pada persamaan 2.1 sampai 2.3.

- $C_u = N\text{-SPT}_{\text{rata-rata}} \times \frac{2}{3} \times 10$
 $= 32,67 \times \frac{2}{3} \times 10$
 $= 218 \text{ kN}$

- $q_p = 9 \times C_u$
 $= 9 \times 218 \text{ kN}$
 $= 1960 \text{ kN}$

- $Q_p = q_p \times A_p$
 $= 1960 \times 0,126$
 $= 246,18 \text{ kN}$

❖ Perhitungan Daya dukung selimut tiang fondasi tiang pancang, Gesekan selimut tiang per satuan luas dipengaruhi oleh jenis tanah dan parameter kuat geser tanah pada Persamaan 2.4.

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

$$= 0,55 \times 218 \text{ kN}$$

$$= 119,7 \text{ kN/m}^2$$

$$A_s = \pi \times D \times L \text{ dimana } D = 0,4 \text{ m}$$

$$= 3,14 \times 0,4 \times 12$$

$$= 15,07 \text{ m}^2$$

$$Q_s = f_s \times A_s$$

$$= 119,7 \text{ kN} \times 15,07$$

$$= 1805,2 \text{ kN}$$

- ❖ Perhitungan Daya dukung ultimit fondasi berdasarkan pada Persamaan 2.7 :

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 246,18 + 1805,29 \\
 &= 2051,47 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- ❖ Perhitungan Daya dukung fondasi yang diijinkan berdasarkan pada Persamaan 2.8 :

$$\begin{aligned}
 Q_{all(\text{kohesif})} &= \frac{Q_{ult}}{S_f} \\
 &= \frac{2051,47}{2,5} \\
 &= 820,6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.10 Hasil Daya Dukung Fondasi Metode Reese & Wright

Dept (m)	N SPT	Cu (kN/m ²) 2/3 x N-Spt x 10	qp (kN/m ²) 9 x Cu	Ap (m) ¼ x π D ²	Qp (kN) qp x Ap	α	fs (kN/m) α x Cu	As (m ²) π x D x L	Qs (kN) fs x As	Qult (kN) Qp + Qs	Qall (kN) Qult/2,5
0	0	0	0	0,126	0	0,55	0	0	0	0	0
2	5	20	180	0,126	22,608	0,55	11,00	2,51	27,63	50,24	20,10
4	4	18	160	0,126	20,10	0,55	9,78	5,02	49,12	69,22	27,69
6	4	24	220	0,126	27,63	0,55	13,44	7,54	101,32	128,95	51,58
8	7	60	540	0,126	67,82	0,55	33,00	10,05	331,58	399,41	159,76
10	16	113	1020	0,126	128,11	0,55	62,33	12,56	782,91	911,02	364,41
12	31	218	1960	0,126	246,18	0,55	119,78	15,07	1805,29	2051,47	820,59

4.4.2 Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Metode *Meyerhof* (1976)

Dalam teori ini, sejumlah faktor yang diperhitungkan dalam menentukan daya dukung tanah kohesif pada kedalaman 12 m, faktor-faktor tersebut adalah pengaruh kedalaman fondasi berdasarkan Persamaan 2.10 dan 2.12, dapat dilihat hasil perhitungan *Meyerhof* (1976) pada Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Daya Dukung *Meyerhof*.

❖ Perhitungan nilai kohesi tanah

N_b = Nilai rata-rata SPT pada zona 8D keatas dan 4D kebawah ujung tiang

$$N_1 - 8D = 8 \times 0,4 = 3,2 \leftrightarrow 12 - 3,2 = 8,8 \rightarrow N-SPT = 16$$

$$N_2 - 4D = 4 \times 0,4 = 1,6 \leftrightarrow 12 + 1,6 = 13,6 \rightarrow N-SPT = 31$$

$$\text{Didapat nilai } N_b = (16+31) / 2 = 23,5$$

❖ Perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang berdasarkan Persamaan 2.10 dan 2.11

$$\begin{aligned} q_p &= 380 \times N_{SPT} \\ &= 380 \times 31 \text{ kN} \\ &= 11780 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \times A_p \\ &= 11780 \times 0,126 \text{ m}^2 \\ &= 1479,56 \text{ kN} \end{aligned}$$

❖ Perhitungan Daya dukung selimut tiang berdasarkan Persamaan 2.12

$$\begin{aligned} F_s &= \alpha \times C_u \\ &= 0,5 \times 218 \text{ kN} \\ &= 108,89 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times L \\ &= 3,14 \times 0,4 \times 12 \\ &= 15,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= F_s \times A_s \\ &= 108,89 \times 15,07 \\ &= 1641,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

- ❖ Perhitungan Daya dukung ultimit tiang berdasarkan Persamaan 2.15

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 1479,56 \text{ kN} + 1641,17 \text{ kN} \\ &= 3120,74 \text{ kN} \end{aligned}$$

- ❖ Perhitungan Daya dukung yang diijinkan pada tiang berdasarkan Persamaan 2.16

$$\begin{aligned} Q_{all} \text{ (kohesif)} &= \frac{Q_{ult}}{S_f} \\ &= \frac{3120,74}{3} \\ &= 1040,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4.11 Hasil Daya Dukung Fondasi Metode Meyerhoff

Dept (m)	N SPT	Cu (kN/m) N-SPT x 2/3 x 10	qp (kN/m ²) 380 x Cu	Ap (m) ¼ x π x D ²	Qp (kN) qp x Ap	α	fs (kN/m ²) α x Cu	As (m ²) π x D x L	Qs (kN) fs x As	Qult (kN) Qp + Qs	Qall (kN) Qult/3
0	0	0	0	0,126	0	0,5	0	0	0	0	0
2	5	20	1900	0,126	238,64	0,5	10,00	2,51	25,12	263,76	87,92
4	4	18	1520	0,126	190,912	0,5	8,89	5,02	44,66	235,57	78,52
6	4	24	1520	0,126	190,912	0,5	12,22	7,54	92,11	283,02	94,34
8	7	60	2660	0,126	334,096	0,5	30,00	10,05	301,44	635,54	211,85
10	16	113	6080	0,126	763,648	0,5	56,67	12,56	711,73	1475,38	491,79
12	31	218	11780	0,126	1479,568	0,5	108,89	15,07	1641,17	3120,74	1040,25

4.5 Perhitungan Jarak Antar Fondasi Tiang Pancang dan Jarak As Ke Tepi

- ❖ Menentukan jarak antar fondasi tiang pancang pada Persamaan 2.18

$$2,5D < S < 3D, \text{ diambil } 2,5D \rightarrow 3 \times 0,4 = 1,2 \text{ m}$$

- ❖ Menentukan jarak as fondasi ke tepi *pile cap* pada Persamaan 2.19

$$S < 1,25 = 1,25 \cdot 0,4 = 0,5 \text{ m, maka digunakan } 0,5 \text{ m}$$

4.6 Kebutuhan Jumlah Fondasi Tiang Pancang

Menentukan banyaknya fondasi yang dibutuhkan dalam kelompok tiang dibagi dengan nilai Q_{all} paling rendah adalah metode *Reese&Wright* (1977) berdasarkan Persamaan 2.32 :

1. Beban utama area *lift* = 1125 kN, maka $N_{pl} = \frac{V}{Q_{tiang}} = \frac{1125}{820} = 1,37$

dibulatkan menjadi 4 buah.

2. Beban kedua area kolom koridor = 857 kN, maka $N_{pl} = \frac{V}{Q_{tiang}} = \frac{857}{820} =$

1,04 dibulatkan menjadi 2 buah.

4.7 Efisiensi Daya Dukung Tiang

Efisiensi daya dukung menggunakan metode *Converse-Labarre* berdasarkan Persamaan 2.21 :

❖ Perhitungan efisiensi tiang dengan rencana pada area *lift* berjumlah 4 buah

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{D}{S} = \text{Arc tan } \frac{0,4}{1,2} = 0,33$$

$$n = 2 ; m = 2$$

$$\eta = 1 - \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right] \times \theta$$

$$= 1 - \left[\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90.2.2} \right] \times 0,33$$

$$= 0,79 = 79 \%$$

$$Q_g = \eta \times n' \times Q_{all}$$

$$= 0,79 \times 4 \times 820,6 \text{ kN}$$

$$= 2610 \text{ kN}$$

Didapatkan V (1125 kN) \leq Q_g (2610 kN), maka **AMAN**

- ❖ Perhitungan efisiensi tiang dengan rencana pada area koridor berjumlah 2 buah

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{D}{S} = \text{Arc tan } \frac{0,4}{1,2} = 0,33$$

$$n = 2 ; m = 1$$

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right] \times \theta \\ &= 1 - \left[\frac{(2-1)1 + (1-1)2}{90.1.2} \right] \times 0,33 \\ &= 0,89 = 89 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_g &= \eta \times n' \times Q_{all} \\ &= 0,89 \times 2 \times 820,6 \text{ kN} \\ &= 1473 \text{ kN} \end{aligned}$$

Didapatkan $V(857 \text{ kN}) \leq Q_g(1473 \text{ kN})$, maka AMAN

4.8 Penurunan Tiang Tunggal

Perhitungan penurunan fondasi tiang tunggal menurut *Vesic*, berdasarkan Persamaan 2.26 sampai 2.29

- $Q_{wp} = 246,18 \text{ kN}$
- $Q_{ws} = 1805,29 \text{ kN}$
- $q_p = 1960 \text{ kN}$
- $E_p = 4700\sqrt{31,2} = 26252771 \text{ kN/m}^2$
- $E_s = 50000 \text{ kN/m}^2$
- $C_p = 0,03$
- $\epsilon_s = 0,5$ (Distribusi Tahanan Sepanjang Tiang)
- $D = 0,4 \text{ m}$
- $L = 12 \text{ m}$
- $A_p = 0,126 \text{ m}^2$
- $P = 1,256 \text{ m}$
- $S_1 = \frac{(Q_{wp} + \epsilon_s \times Q_{ws})L}{A_p \cdot E_p} = \frac{(246,18 + 0,5 \times 1805,29)12}{0,126 \cdot 26252771} = 0,0041809 \text{ mm}$
- $S_2 = \frac{Q_{wp} \times C_p}{D \cdot q_p} = \frac{246,18 \times 0,03}{0,4 \times 1960} = 0,00942 \text{ mm}$

- Iws = $2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{12}{0,4}} = 3,91$
- S3 = $\frac{Qwp}{P.L} \times \frac{D}{Es} \times (1 - \mu s^2)$.
- IWS = $\frac{246,18}{1,256 \times 12} \times \frac{0,4}{50000} \times (1 - 0,32) \times 3,91 = 0,00342 \text{ mm}$
- St = S1 + S2 + S3
= 0,0041809 + 0,00942 + 0,00342
= 0,0170 m

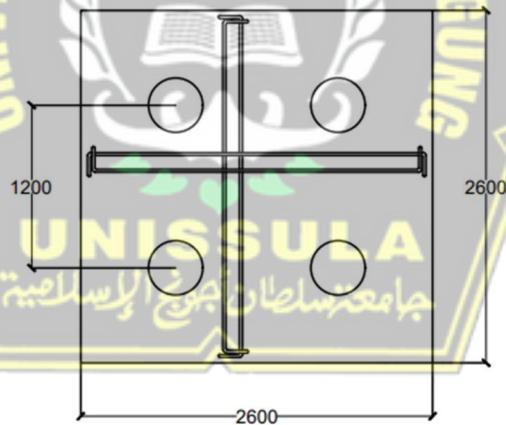
Penurunan yang diizinkan adalah Sizin = 10% x D = 10% x 0,4 = 0,04 m

Oleh karena itu, total tiang tunggal AMAN, karena 0,0170 m < 0,04 m.

4.9 Penurunan Kelompok Tiang

Perhitungan penurunan kelompok tiang berdasarkan Persamaan 2.30

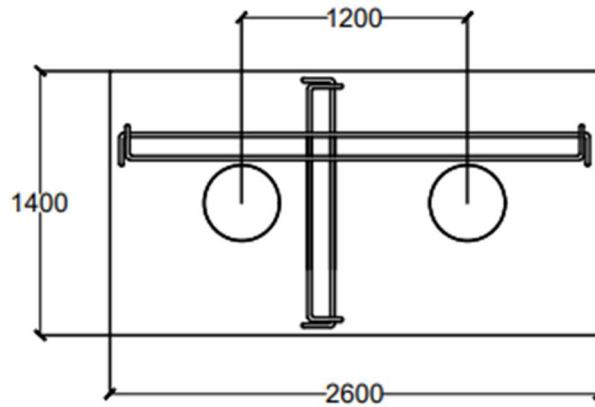
1. Penurunan kelompok tiang pancang



Gambar 4.5 PC-L

$$\begin{aligned}
 S_g &= St \sqrt{\frac{b'}{D}} \\
 &= 0,017 \text{ m} \sqrt{\frac{2,6 \text{ m}}{0,4 \text{ m}}} \\
 &= 0,043 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Penurunan kelompok tiang pancang(PC-2)



Gambar 4.6 PC-2

$$S_g = S_t \sqrt{\frac{b'}{D}}$$

$$= 0,012 \sqrt{\frac{1,4}{0,4}}$$

$$= 0,031 \text{ m}$$

4.10 Waktu Penurunan Tanah Pada Fondasi Tiang Pancang

Perhitungan penurunan tanah pada fondasi tiang pancang dapat dilihat pada Persamaan 2.33 :

$$T_v = 0,848$$

$$C_v = 0,0045 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$T = \frac{T_v \times H^2}{C_v}$$

$$= \frac{0,848 \times 14^2}{0,0045}$$

$$= 36935 \text{ jam}$$

$$= 4,2 \text{ tahun}$$

4.11 Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung lateral dapat dilihat pada Persamaan 2.35

Diketahui :

- $\gamma = 15,59 \text{ kN/m}^3$
- $K_p = \tan^3 \left(45 + \frac{\theta}{2} \right) = \tan^3 \left(45 + \frac{8,6}{2} \right)$
- $K_p = 2,08$
- $f_c' = 31,2 \text{ Mpa}$
- $D = 0,4 \text{ m}$
- $n_h = 150 \text{ kN/m}^3$
- $L = 12 \text{ m}$

❖ Cek kekakuan tiang fondasi tiang pancang

$$\begin{aligned}
 E &= 4700 \times \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \times \sqrt{31,2} \\
 &= 2652,77 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

❖ Kekakuan tiang fondasi

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{6} \times \pi \times D^3 \\
 &= \frac{1}{6} \times 3,14 \times 0,4^3 \\
 &= 0,0837 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

❖ Faktor kekakuan R dan T

Faktor kekakuan pada tanah *granular*

$$\begin{aligned}
 T &= \sqrt[5]{\frac{E_p \times I}{n_h}} \\
 &= \sqrt[5]{\frac{2652,77 \times 0,0837}{150}} \\
 &= 1,710 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$4T = 4 \times T$$

$$= 4 \times 1,710 \text{ m} = 6,843 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan menunjukkan, $L (12 \text{ m}) > 4T (6,843 \text{ m})$, bahwa tiang fondasi merupakan tiang fondasi panjang yang elastis.

❖ Cek keruntuhan tanah

Perhitungan keruntuhan tanah

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \gamma \times D \times L^3 \times K_p \\ &= 15,59 \text{ kN.m}^3 \times 0,4 \text{ m} \times 12^3 \text{ m} \times 2,08 \\ &= 22413,7 \text{ kN.m}^3 \end{aligned}$$

❖ Karena tiang fondasi yang panjang dan ujung tiang jepit, maka $M_{\max} > M_y$, diasumsikan M_y diambil 1500 KN

$$\begin{aligned} f &= 0,82 \sqrt{\frac{Hu}{D \times K_p \times \gamma}} \\ &= 0,82 \sqrt{\frac{Hu}{0,4 \times 2,08 \times 15,59}} \\ &= 0,227 \sqrt{Hu} \end{aligned}$$

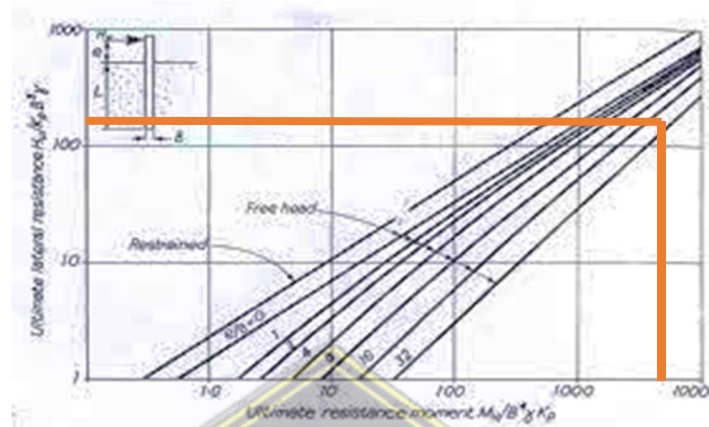
$$\begin{aligned} Hu &= \frac{2My}{e + \frac{2f}{3}} \\ &= \frac{2 \times 1500}{0 + \frac{2(0,227\sqrt{Hu})}{3}} \\ &= 644,05 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$H_{\text{izin}} = \frac{Hu}{Sf} = \frac{644,05}{2,5} = 257,62 \text{ kN}$$

❖ Daya dukung ultimit fondasi Tiang pancang terhadap gaya lateral berdasarkan grafik

$$\begin{aligned} \text{Tahanan momen ultimit} &= \frac{My}{D^4 \times \gamma \times K_p} \\ &= \frac{1500}{0,4^4 \times 15,59 \times 2,08} \\ &= 1806 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai tahanan ultimit didapatkan 1806 kN, setelah dimasukkan ke dalam grafik untuk mendapatkan nilai tahanan lateral ultimit, dapat dilihat pada Gambar 4.7, dihasilkan sebesar 180.



Gambar 4.7 Grafik Nilai Tahanan Ultimit

$$180 = \frac{Hu}{Kp \times \gamma \times D^3}$$

$$Hu = 180 \times 2,08 \times 15,59 \times 0,4^3$$

$$= 166,02 \text{ kN}$$

4.12 Penulangan *Pile cap* (PC-L)

Diketahui data sebagai berikut :

- Mu = 2,9 kN
- Pu = 1125 kN
- Vu = 62,87 kN
- B = 2600 mm
- H = 700 mm
- I = 2600 mm
- D = 630 mm
- Λ = 1
- Fc' = 31,2 mpa
- Fy = 400 mpa
- D tul = 22 mm
- Selimut = 40 mm

- ❖ Menghitung rasio tulangan pada Persamaan 2.43

$$\frac{Mu}{b \cdot D^2} = \rho \times 0,8 \times f_y \times (1 - 0,588 \times \rho \times \frac{f_y}{f_c})$$

$$\frac{2,9 \times 10^6}{2600 \times 630^2} = \rho \times 0,8 \times 400 \times (1 - 0,588 \times \rho \times \frac{400}{31,2})$$

$$= 0,00281024 = 320\rho - 2092,31\rho^2$$

$$= 2092,31\rho^2 - 320\rho + 0,00281024 = 0$$

$$\rho_1 = 2,7 \times 10^{-7} \quad \rho_2 = 0,15 \text{ (dipakai)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 31,2}{400} \times 0,85 \frac{600}{600 + 4}$$

$$= 0,033813 \text{ kN}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,033813$$

$$= 0,02535 \text{ kN}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \text{ kN}$$

Syarat $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$, karena $\rho > \rho_{min}$ maka diambil nilai $\rho_{min} = 0,0035$

- ❖ Menghitung luas tulangan pada Persamaan 2.47

$$A_s = \rho \times b \times d \text{ rencana}$$

$$= 0,0035 \times 2600 \times 630$$

$$= 5733 \text{ mm}^2$$

- ❖ Cek tinggi efektif pada Persamaan 2.50

$$D_{pakai} = h - \text{selimut beton} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan utama}$$

$$= 700 - 40 - 12 - 11 = 638 \text{ mm}$$

$$D_{pakai} (638) > D_{rencana} (630) \text{ AMAN}$$

- ❖ Kontrol terhadap geser pada Persamaan 2.51

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\
 &= \frac{1}{6} \sqrt{31,2} \times 2600 \times 630 \\
 &= 1524895 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_n = \frac{V_u}{0,85} = \frac{62,87}{0,85} = 73,96 \text{ kN}$$

$V_n (73,96 \text{ kN}) \leq V_c (1524895 \text{ kN})$ AMAN

Gambar detail penulangan dapat dilihat pada Gambar Lampiran 2.

- ❖ Menghitung diameter dan jarak tulangan pada Persamaan 2.58

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ tul} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\
 &= 379,94 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- ❖ Jumlah tulangan yang dibutuhkan pada Persamaan 2.59

$$\begin{aligned}
 n \text{ tulangan} &= \frac{A_s}{A_s \text{ tul}} = \frac{5733}{379,94} = 29,01 \approx 29 \text{ buah} \\
 S &= \frac{\text{lebar}}{n \text{ tulangan}} = \frac{2600}{29} = 89,65 \approx 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi menggunakan tulangan D22-100 mm

4.13 Penulangan *Pile Cap* (P2)

Diketahui data sebagai berikut :

- $M_u = 0,776 \text{ kN}$
- $P_u = 361 \text{ kN}$
- $V_u = 42,87 \text{ kN}$
- $B = 1400 \text{ mm}$
- $H = 700 \text{ mm}$
- $I = 2600 \text{ mm}$
- $D = 630 \text{ mm}$

- $\Lambda = 1$
- $F_c' = 31,2 \text{ mpa}$
- $F_y = 400 \text{ mpa}$
- $D \text{ tul} = 22 \text{ mm}$
- $\text{Selimut} = 40 \text{ mm}$

❖ Menghitung rasio tulangan pada Persamaan 2.43

$$\begin{aligned} \frac{M_u}{b \cdot d^2} &= \rho \times 0,8 \times f_y \times (1 - 0,588 \times \rho \times \frac{f_y}{f_c'}) \\ \frac{0,776 \times 10^6}{1400 \times 630^2} &= \rho \times 0,8 \times 400 \times (1 - 0,588 \times \rho \times \frac{400}{31,2}) \\ &= 0,001396537 = 320\rho - 2092,31\rho^2 \\ &= 2092,31\rho^2 - 320\rho + 0,001396537 = 0 \\ \rho_1 &= 2,4 \times 10^{-5} \quad \rho_2 = 0,15 \text{ (dipakai)} \\ \rho_b &= \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 31,2}{400} \times 0,85 \times \frac{600}{60} \\ &= 0,033813 \text{ kN} \\ \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,033813 \\ &= 0,02535 \text{ kN} \\ \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syarat $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, karena $\rho > \rho_{\min}$ maka diambil nilai $\rho_{\min} = 0,0035$

❖ Menghitung luas tulangan pada Persamaan 2.47

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ rencana} \\ &= 0,0035 \times 1400 \times 630 \\ &= 3087 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- ❖ Cek tinggi efektif pada Persamaan 2.50

$$D_{\text{pakai}} = h - \text{selimut beton} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan utama}$$

$$= 700 - 40 - 12 - 11 = 638 \text{ mm}$$

$$D_{\text{pakai}} (638) > D_{\text{rencana}} (630) \text{ AMAN}$$

- ❖ Kontrol terhadap geser pada Persamaan 2.51

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \times b_w \times d$$

$$= \frac{1}{6} \sqrt{31,2} \times 1400 \times 630$$

$$= 821097,3 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{v_u}{0,85} = \frac{42,87}{0,85} = 50,43 \text{ kN}$$

$$V_n (50,43 \text{ kN}) \leq V_c (821097,3 \text{ kN}) \text{ AMAN}$$

Gambar detail penulangan dapat dilihat pada Gambar Lampiran 2.

- ❖ Menghitung diameter dan jarak tulangan pada Persamaan 2.58

$$A_s \text{ tul} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

- ❖ Jumlah tulangan yang dibutuhkan pada Persamaan 2.59

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_s}{A_s \text{ tul}} = \frac{3087}{379,94} = 8,12 \approx 10 \text{ buah}$$

$$S = \frac{\text{lebar}}{n \text{ tulangan}} = \frac{2600}{10} = 260 \approx 250 \text{ mm}$$

Jadi menggunakan tulangan D22-250 mm

4.14 Penulangan Fondasi Tiang Pancang

Diketahui data berikut ini :

- D = 400 cm
 - D_{tul} = 22 mm
 - D_{seng} = 12 mm
 - F_{c'} = 31,2 MPa
 - F_y = 400 MPa
 - Dept = 1200 mm
 - Selimut = 40 mm
 - Mu = 2,9 kN
 - Pu = 1125 kN
 - Vu = 62,87 kN
 - P = 0,0117
 - H = 700 mm
- ❖ Menghitung eksentrisitas penampang dapat dilihat pada Persamaan 2.54
- $$e = \frac{Mu}{Pu} = \frac{2,9}{1125} = 0,002577 \text{ m}$$
- ❖ Menghitung gaya aksial nominal dapat dilihat pada Persamaan 2.55
- $$P_{n\text{perlu}} = \frac{Pu}{0,8} = \frac{1125}{0,8} = 1406 \text{ kN}$$
- ❖ Menghitung tulangan yang dibutuhkan dapat dilihat pada Persamaan 2.56
- $$\begin{aligned} A_g &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 400^2 \\ &= 125600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \rho \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,0117 \cdot 400^2 \\ &= 1469,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} A_{Stul} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{st}^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s}{A_{s \text{ tul}}} = \frac{1469,52}{379,94} = 3,8 \approx 4 \text{ Buah}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{st}^2 \cdot n \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 \cdot 4 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- ❖ Perhitungan kekuatan beban aksial maksimal (ϕP) dapat dilihat pada Persamaan 2.61

$$\begin{aligned} \phi P &= 0,85 \times \phi (0,85 \cdot f_c (A_g - A_{st}) + (f_y \cdot A_{st})) \\ &= 0,85 \times 0,8 (0,85 \times 31,2 (125600 - 1519,76) + (400 \times 1519,76)) \\ &= 2845517 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_{n_{\max}} = \frac{\phi P}{0,8} = \frac{2845517}{0,8} = 3556897 \text{ kN}$$

$$P_n (3556897 \text{ kN}) > P_u (1125 \text{ kN}) \text{ AMAN}$$

- ❖ Perhitungan Kekuatan Penampang pada Persamaan 2.63

$$\begin{aligned} H_{ekiv} &= 0,8 h \\ &= 0,8 \cdot 400 \\ &= 320 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{ekiv} &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2}{H_{ekiv}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 400^2}{320} \end{aligned}$$

$$= 392,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{s'} &= \frac{1}{2} \cdot A_{st} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1519,76 \\ &= 759,88 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'_{\text{kolom}} &= \text{selimut beton} + 0,5D_{\text{tul utama}} + D_{\text{tul sengkang}} \\ &= 40 + 0,5 \cdot 22 + 12 \end{aligned}$$

$$= 63 \text{ mm}$$

$$D_s = D - 2d'$$

$$= 400 - 2 \cdot 63$$

$$= 274 \text{ mm}$$

$$D_{seq} = \frac{2}{3} \cdot D_s$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 274$$

$$= 182,66 \text{ mm}$$

$$d'_{ekiv} = h_{ekiv} - d'_{ekiv}/2$$

$$= 392,5 - (182,66/2)$$

$$= 228,67 \text{ mm}$$

$$d_{ekiv} = h'_{ekiv} - d'_{ekiv}$$

$$= 320 - 228,67$$

$$= 91,33 \text{ mm}$$

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d_{ekiv}$$

$$= \frac{600}{600 + f_y} \cdot 91,33$$

$$= 54,8 \text{ mm}$$

$$A_b = 0,85 \cdot C_b$$

$$= 0,85 \cdot 54,8$$

$$= 46,58 \text{ mm}$$

❖ Cek tegangan tekan dapat dilihat pada Persamaan 2.73

$$F_s = \frac{0,003 \cdot E_s \cdot (d_{ekiv} - C_b)}{d_{ekiv}}$$

$$= \frac{0,003 \cdot 200000 \cdot (91,33 - 54,8)}{91,33}$$

$$= 456,21 \text{ MPa}$$

456,21 Mpa > fy (400 Mpa), maka hasil dari tegangan tekan sudah leleh sehingga digunakan fy = 400 Mpa

❖ Perhitungan aksial *balance* dapat dilihat pada Persamaan 2.74

$$\begin{aligned} P_n &= (0,85 \cdot f_c \cdot A_b \cdot b) + (A_s' \cdot f_s') - (A_s \cdot f_y) \\ &= (0,85 \cdot 31,2 \cdot 46,58 \cdot 400) + (759,88 \cdot 456,21) - (1469,52 \cdot 400) \\ &= 839716 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syarat $\phi P_n > P_u$

$$839716 \cdot 0,8 > 1125 = 671773 \text{ kN} > 1125 \text{ kN AMAN}$$

4.15 Penurunan Fondasi Menggunakan Software PLAXIS V.8.6

Penggunaan *software* PLAXIS.v.8.6 bertujuan sebagai membuat permodelan fondasi tiang pancang serta mengetahui besarnya penurunan fondasi tiang pancang akibat beban aksial yang diterima. Data yang akan digunakan sebagai permodelan menggunakan *software* PLAXIS.v.8.6 pada tabel berikut .

Tabel 4.12 Parameter Tanah

No.	Depth (m)	Konsistensi	N-SPT	E (kN/m ²)	C (kN/m ²)	Φ (PHI)	Kx (m/day)	Ky (m/day)	v	γdry (kN/m ³)	γwet (kN/m ³)
1	0.00-08.00	LUNAK	6	6000	20,594	11,50	0,000864	0,000864	0,3	16	18
2	08.00-14.00	AGAK KERAS	24	24000	21,574	12,10	0,00864	0,00864	0,3	14	20
3	14.00-20.00	KERAS	60	60000	20,594	8,6	0,0864	0,0864	0,3	15	22

Nb: data-data parameter tanah diatas diambil dari data uji tanah Rumah susun pekerja industri Batang II

Dimana :

$$E = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{31,2} = 26252,77 \text{ Mpa}$$

$$I = \frac{1}{2} m r^2 = 0,5 \times 2400 \times 0,3^2 = 0,108 \text{ m}^2$$

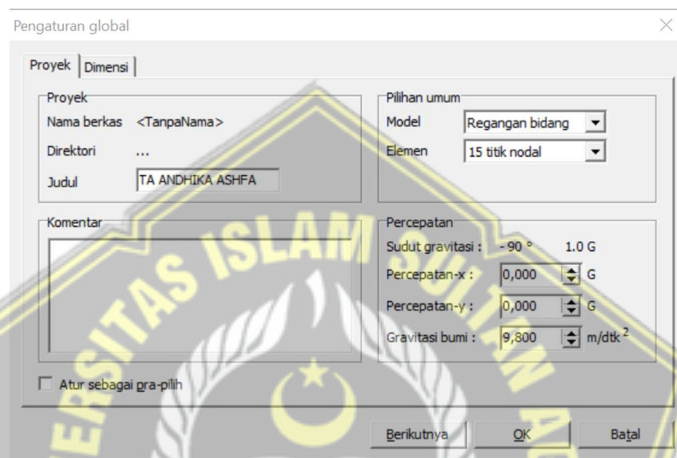
$$A = 0,126 \text{ m}^2$$

$$EA = 26252,77 \times 0,126 = 3307849 \text{ kN/m}^2$$

$$EI = 26252,77 \times 0,108 = 2835299 \text{ kN/m}^2$$

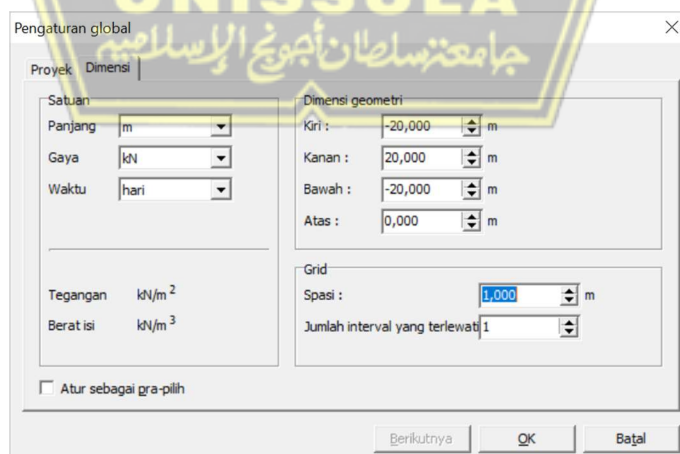
❖ Berikut langkah – langkah pengerjaan perhitungan pada penurunan fondasi tiang tunggal menggunakan *software* PLAXIS.v.8.6

1. Pertama masukan data menggunakan *software* PLAXIS.v.8.6 dengan menentukan judul dan satuan yang akan digunakan, dapat dilihat pada Gambar 4.8 :




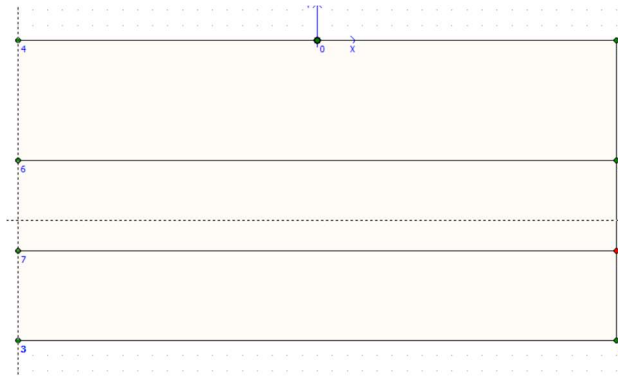
Gambar 4.8 Pengaturan *Global*

2. Selanjutnya masukan data yang digunakan sesuai dimensi dengan fondasi yang direncanakan, dapat dilihat pada Gambar 4.9 :




Gambar 4.9 Pengaturan *Global*

3. Kemudian pada tahap selanjutnya klik  untuk mengatur pemodelan kontur, dapat dilihat pada Gambar 4.10 :



Gambar 4.10 Pemodelan Kontur Tanah

4. Selanjutnya klik  untuk menentukan material tanah yang dibutuhkan, dapat dilihat pada Gambar 4.11 sampai Gambar 4.13 :

The screenshot shows the 'Mohr-Coulomb - LEMPUNG 0-8' dialog box, 'Umum' tab. The 'Kumpulan material' section includes:

- Identifikasi: LEMPUNG 0-8
- Model material: Mohr-Coulomb
- Jenis material: Terdrainase

 The 'Sifat umum' section includes:

- γ_{unsat} : 16,000 kN/m³
- γ_{sat} : 18,000 kN/m³

 The 'Permeabilitas' section includes:

- k_x : 8,640E-04 m/hari
- k_y : 8,640E-04 m/hari

 At the bottom, there are buttons for 'SoilTest', 'Berikutnya', 'OK', and 'Batal'.

Gambar 4.11 Data Umum *Mohr Coulumb*

The screenshot shows the 'Mohr-Coulomb - LEMPUNG 0-8' dialog box, 'Parameter' tab. The 'Kekakuan' section includes:

- E_{ref} : 6000,000 kN/m²
- ν (nu): 0,300

 The 'Kekuatan' section includes:

- c_{ref} : 20,594 kN/m²
- ϕ (phi): 11,500 °
- ψ (psi): 0,000 °

 The 'Alternatif' section includes:

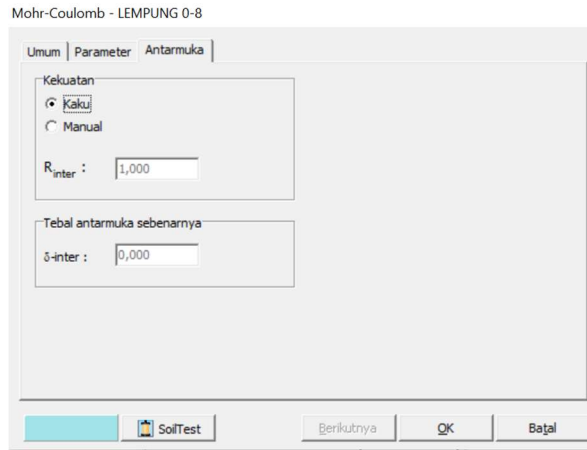
- G_{ref} : 2307,692 kN/m²
- E_{oed} : 8077,000 kN/m²

 The 'Kecepatan' section includes:

- V_s : 37,600 m/dtk
- V_p : 70,340 m/dtk

 At the bottom, there are buttons for 'SoilTest', 'Berikutnya', 'OK', and 'Batal'.

Gambar 4.12 Data Umum *Mohr Coulumb*





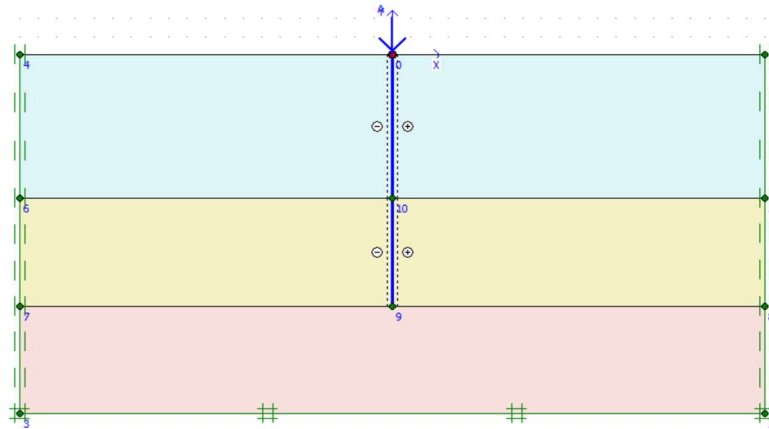
Gambar 4.13 Data Umum *Mohr Coulumb*

- Selanjutnya input data material tanah, berikutnya input data material fondasi sesuai yang dibutuhkan, dapat dilihat pada Gambar 4.14 :




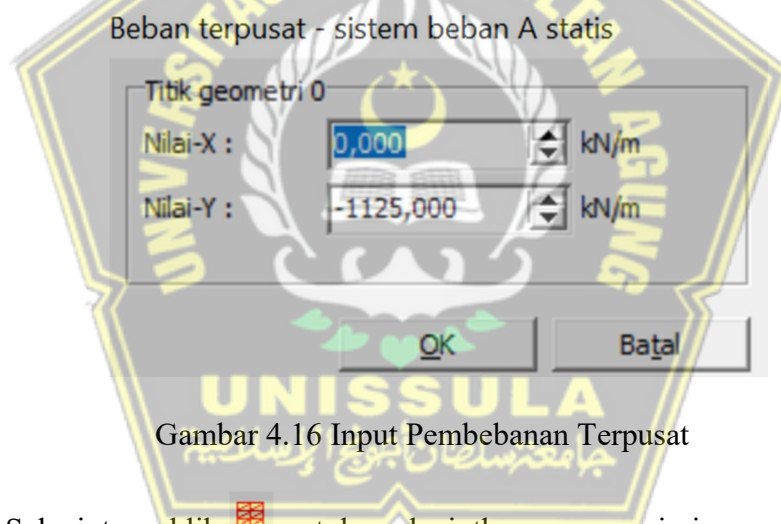
Gambar 4.14 Data Mateial Fondasi

- Selanjutnya klik  untuk menentukan fondasi tiang pancang yang sudah ditentukan, setelah itu klik  untuk mengaktifkan tekanan positif dan negatif pada daerah sekeliling fondasi, dapat dilihat pada Gambar 4.15 :




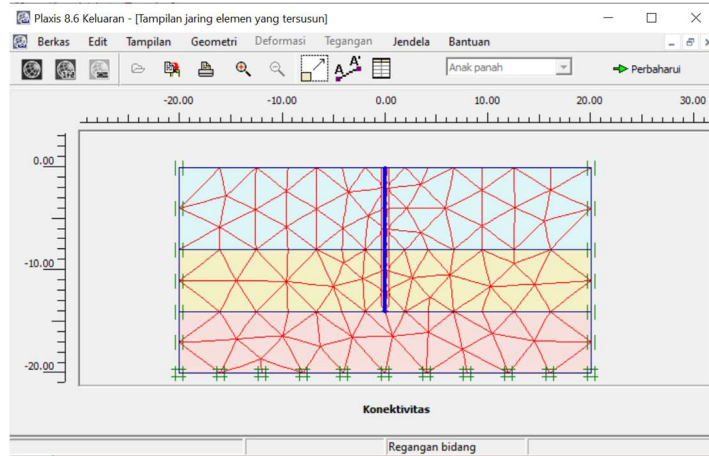
Gambar 4.15 Permodelan

- Selanjutnya klik  untuk mengisi beban dari *software* SAP2000.v.14 dari beban bangunan, beban yang akan digunakan beban terberat sebesar 1125 kN/m^2 , dapat dilihat pada Gambar 4.16 :

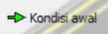



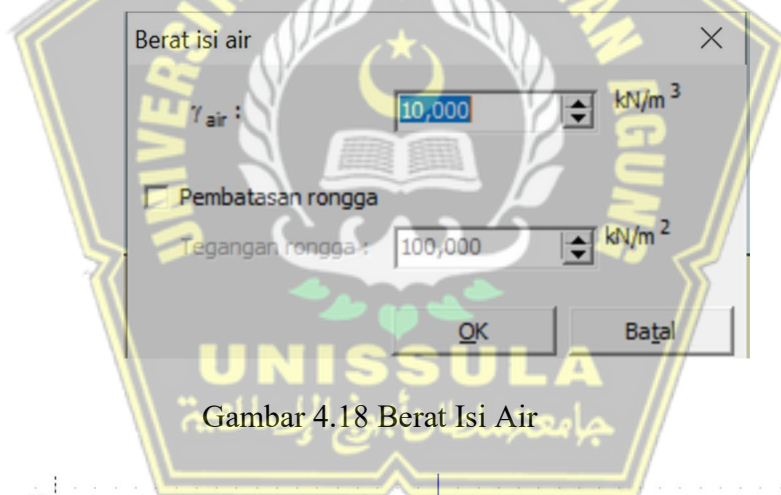
Gambar 4.16 Input Pembebanan Terpusat

- Selanjutnya klik  untuk melanjutkan susunan jaringan antara elemen, dapat dilihat pada Gambar 4.17 :

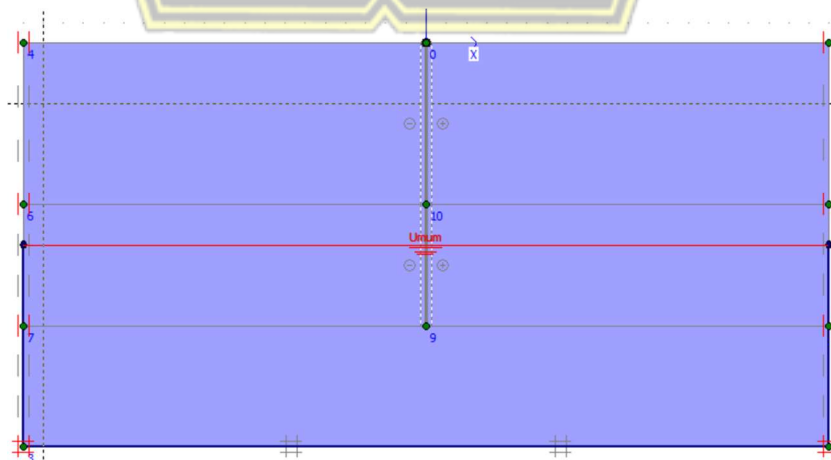


Gambar 4.17 Susunan Jaringan Elemen


9. Selanjutnya klik  yang ada di *toolbar*, kemudian klik  untuk mengetahui berat isi air dan muka air tanah 10 meter dibawah tanah, dapat dilihat pada Gambar 4.18 sampai Gambar 4.19 :

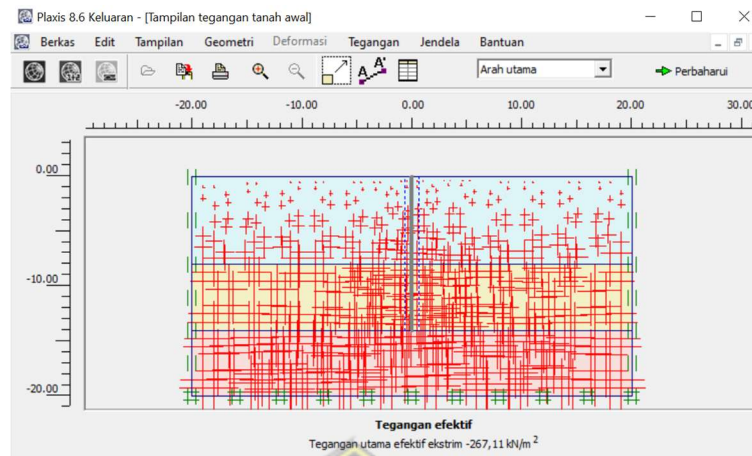


Gambar 4.18 Berat Isi Air



Gambar 4.19 Muka Air Tanah

10. Selanjutnya Klik  sesuai dapat dilihat pada Gambar 4.20 :





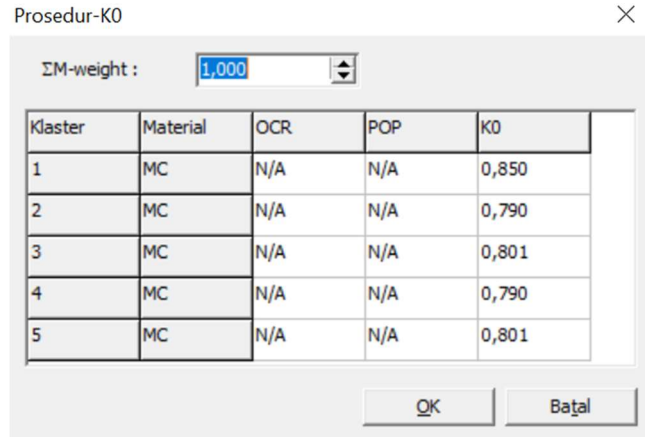
Gambar 4.20 *Output Soil Stress*

11. Selanjutnya klik  dan didapatkan hasil sesuai, dapat dilihat pada Gambar 4.21 :

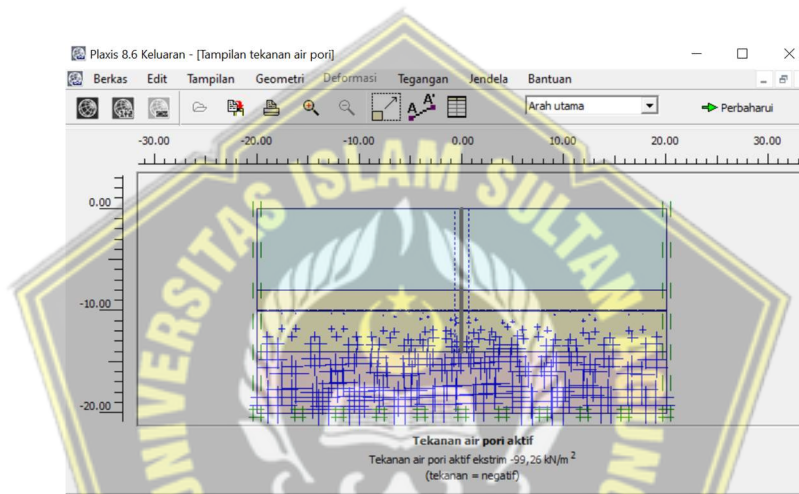


Gambar 4.21 Tekanan Air Pori

12. Selanjutnya klik  lalu akan muncul prosedur – K0 sesuai pada Gambar 4.22 Tekan tombol  untuk mengetahui hasil dari perhitungan permodelan menggunakan *software* PLAXIS.v.8.6 dapat dilihat pada Gambar 4.23 :

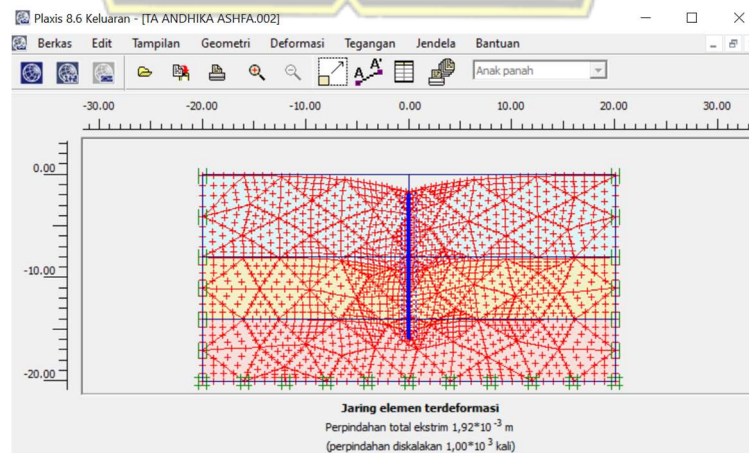


Gambar 4.22 Prosedur K0



Gambar 4.23 Tekanan Efektif Tanah

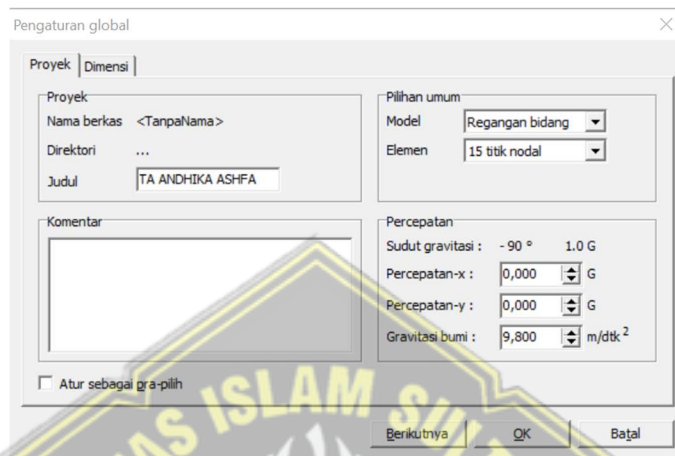
13. Hasil dari permodelan menggunakan *software* PLAXIS.v.8.6 menghasilkan penurunan sebesar 1,92 cm, dapat dilihat pada gambar 4.24 :



Gambar 4.24 Hasil Deformasi

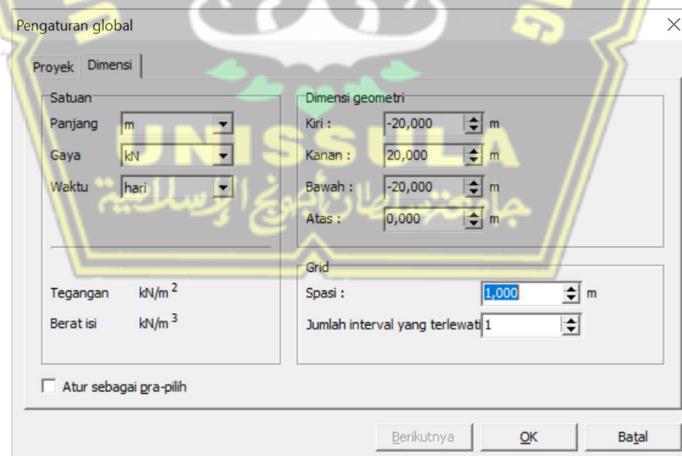
❖ Berikut langkah – langkah perhitungan penurunan fondasi kelompok tiang menggunakan *software* PLAXIS.v.8.6

1. Tahap pertama melakukan penggunaan *software* PLAXIS.v.8.6 adalah menginput data dengan menentukan judul dan satuan, dapat dilihat pada Gambar 4.25 :




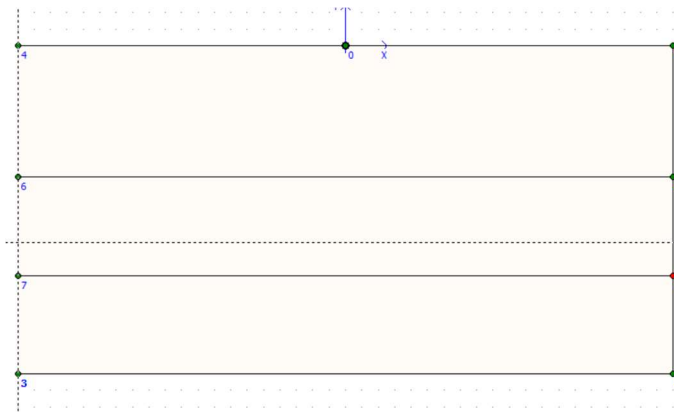
Gambar 4.25 Pengaturan *General Project*

2. Selanjutnya input data sesuai dimensi dengan fondasi rencana, dapat dilihat pada Gambar 4.26 :




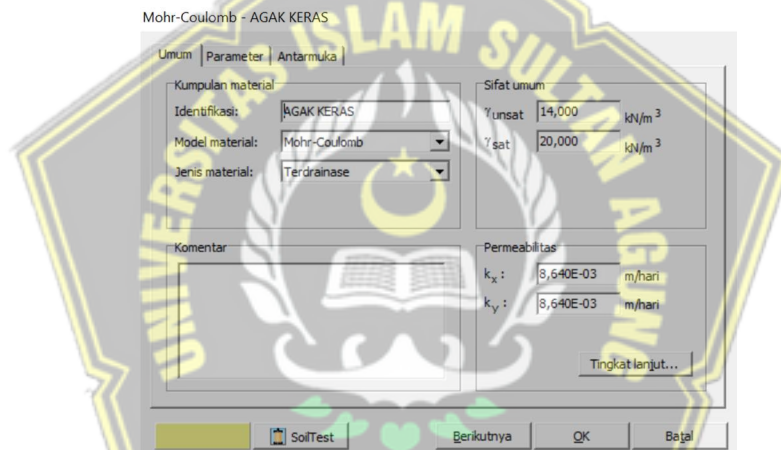
Gambar 4.26 *General Setting – Dimensi*

3. Selanjutnya klik  untuk mengatur permodelan pada kontur tanah, dapat dilihat pada Gambar 4.27 :

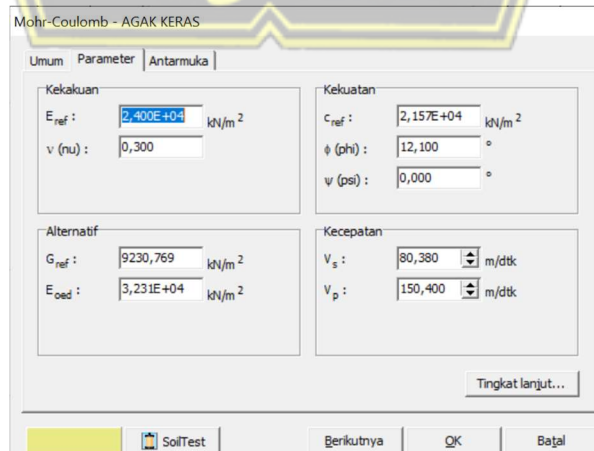


Gambar 4.27 Permodelan Kontur Tanah

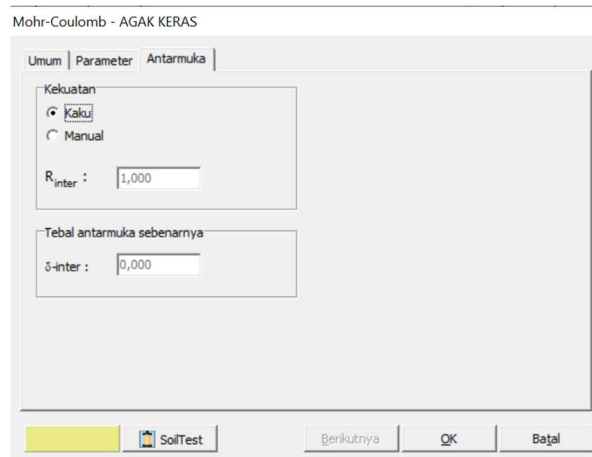
4. Selanjutnya klik  dan akan muncul dialog, dapat dilihat pada Gambar 4.28 sampai Gambar 4.30:



Gambar 4.28 Mohr Coulumb Lunak

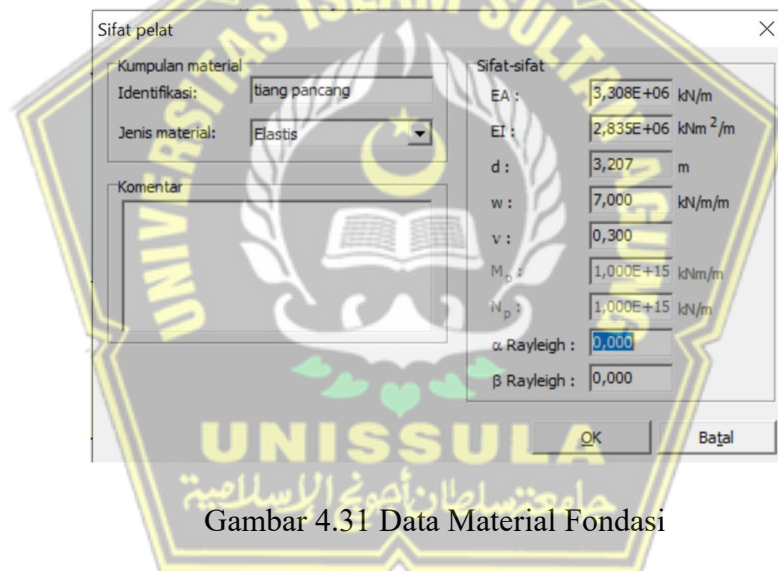


Gambar 4.29 Mohr Coulomb





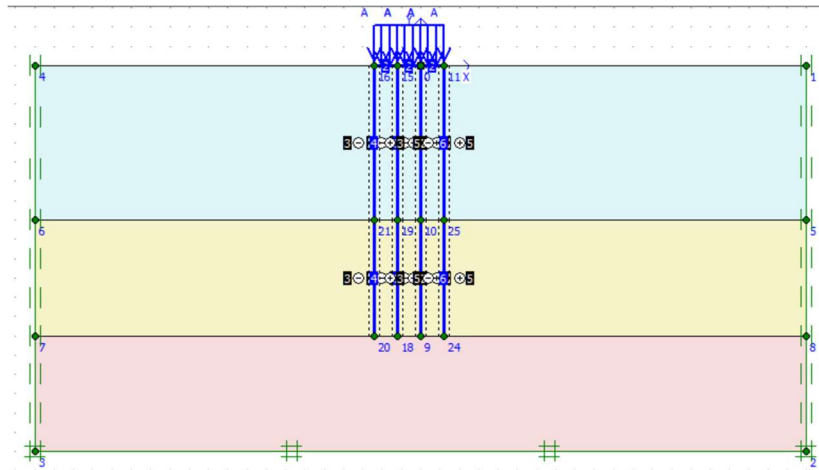
Gambar 4.30 Dialog Muka Material

- Selanjutnya *input* data material tanah, tahap selanjutnya input data material fondasi sesuai dengan yang direncanakan, dapat dilihat pada Gambar 4.31 :




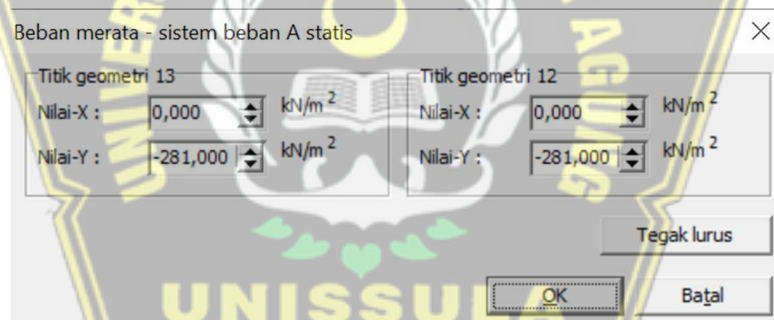
Gambar 4.31 Data Material Fondasi

- Selanjutnya klik  untuk menentukan fondasi tiang pancang yang sudah ditentukan. Setelah itu klik  untuk mengaktifkan tekanan positif dan negatif didaerah sekeliling fondasi sesuai pada Gambar 4.32 :




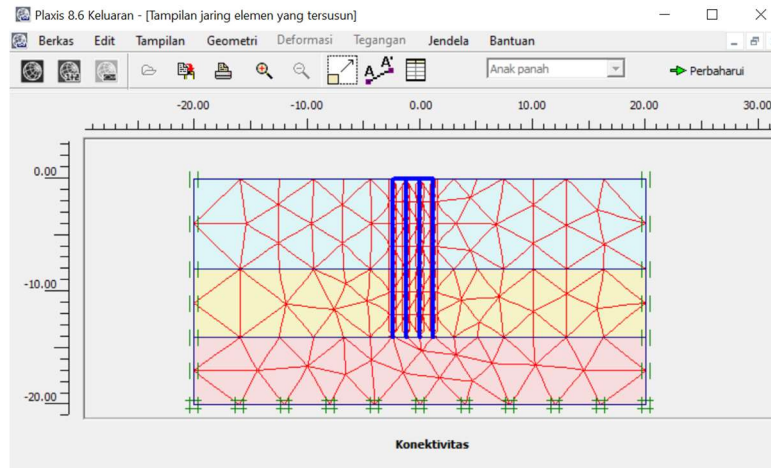
Gambar 4.32 Permodelan Fondasi Tiang Pancang Kelompok

7. Selanjutnya klik  untuk mengisi beban dimana hasil dari beban bangunan, beban yang digunakan sebesar 1125 kN/m^2 dibagi merata menjadi sebesar 281 kN/m^2 menjadi beban merata diatas *pile cap*, dapat dilihat pada Gambar 4.33 :





Gambar 4.33 Beban Merata Diatas *Pilecap*

8. Selanjutnya klik  untuk mengetahui susunan jaringan antara elemen, dapat dilihat pada Gambar 4.34 :

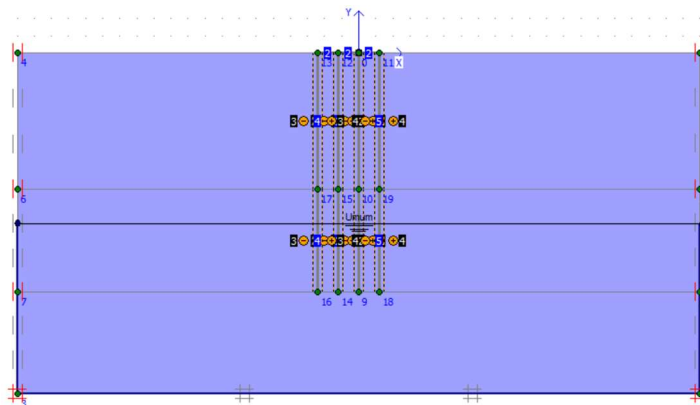


Gambar 4.34 Susunan Jaringan Elemen


9. Selanjutnya Klik  yang ada pada *toolbar*, kemudian klik pada  untuk mengetahui berat air dan muka air tanah yang berada pada kedalaman 10 m dibawah permukaan tanah, dapat dilihat pada Gambar 4.35 sampai Gambar 4.36 :

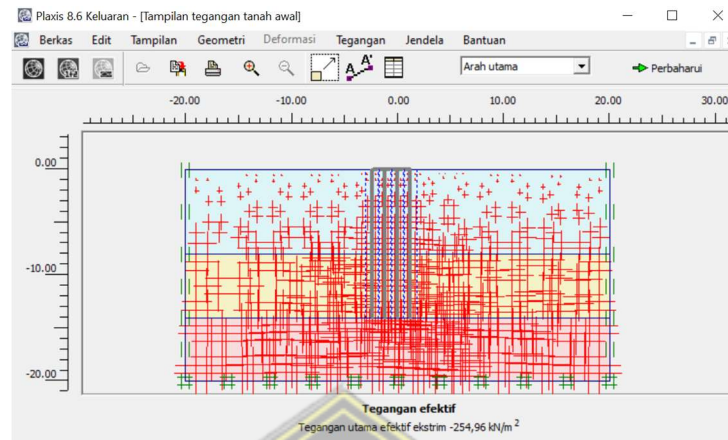


Gambar 4.35 Berat Air




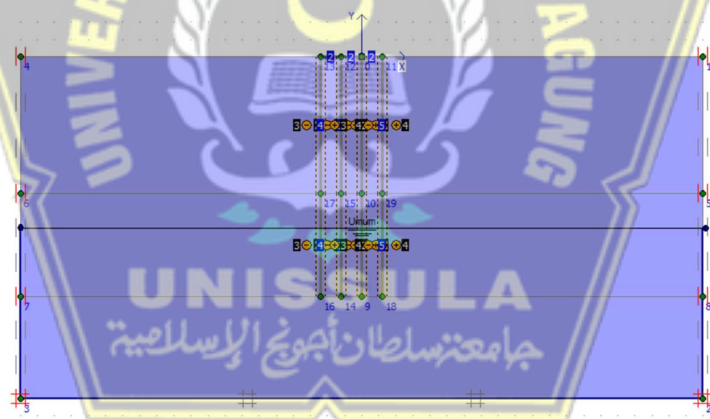
Gambar 4.36 Output Muka Air Tanah

10. Selanjutnya klik  maka akan muncul dialog dapat dilihat pada Gambar 4.37 :


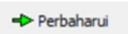


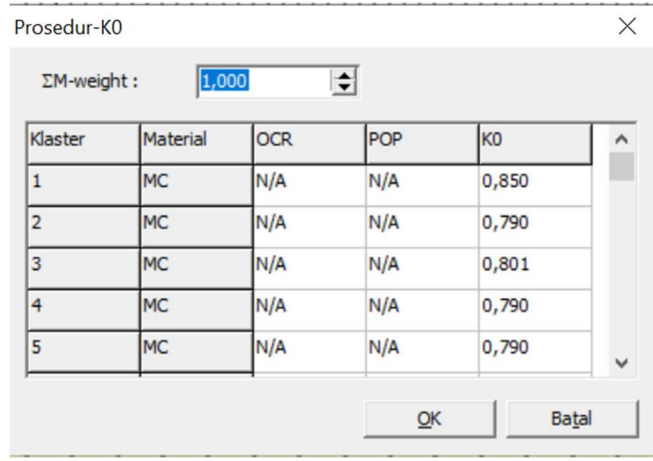
Gambar 4.37 *Output Soil Stress*

11. Selanjutnya klik  maka akan muncul dialog dapat dilihat pada Gambar 4.38 :

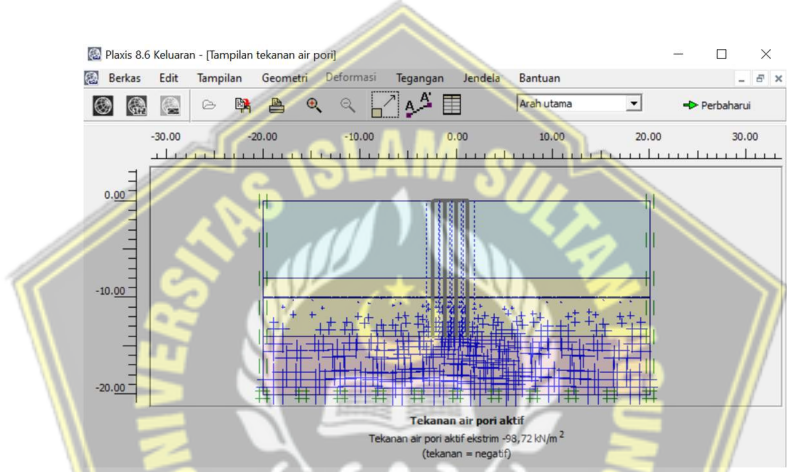


Gambar 4.38 *Output Air Pori*

12. Selanjutnya klik  lalu akan muncul *K0 Procedure* pada Gambar 4.39, selanjutnya klik  untuk mengetahui hasil dari perhitungan permodelan menggunakan *software* PLAXIS.v.8.6 dapat dilihat pada Gambar 4.40

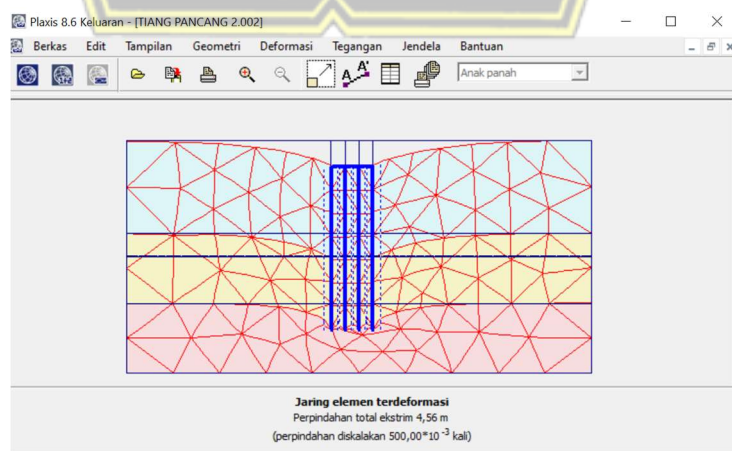


Gambar 4.39 K0 Procedure



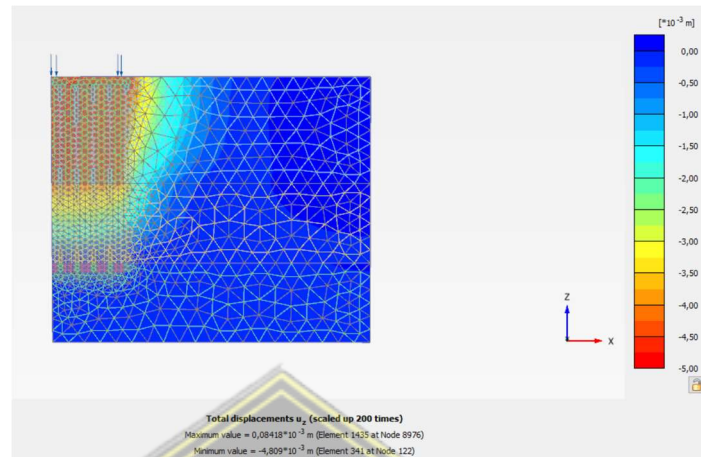
Gambar 4.40 Tekanan Efektif Tanah

13. Hasil dari permodelan menggunakan *software* PLAXIS.v.8.6 menghasilkan penurunan sebesar 4,53 cm dapat dilihat pada Gambar 4.41 :



Gambar 4.41 Hasil Deformasi 2D

14. Hasil dari permodelan menggunakan *software* Plaxis 3D.v.20 menghasilkan penurunan sebesar 8,4 cm dapat dilihat pada Gambar 4.42 :



Gambar 4.42 Hasil Deformasi 3D

4.16 Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan suatu struktur bangunan akan memperhitungkan struktur pondasi diperlukan sebagai penyalur beban ke tanah tidak disertai dengan penurunan beban yang berlebihan. Berikut hasil perhitungan yang telah didapatkan seperti hasil *output* SAP2000, metode *Meyerhof* dan *Reese & Wright*, daya dukung lateral tiang pancang tunggal dan kelompok, dan perhitungan manual atau *software* PLAXIS dari penurunan fondasi tiang tunggal dan kelompok, Berikut hasil perhitungan yang didapatkan.

4.16.1 Hasil Pembebanan dengan *Software* SAP2000

Hasil pembebanan dari *software* SAP2000 telah dilakukan penginputan dari *material properties*, *elemen struktur*, penggambaran struktur, *input* pembebanan (*beban mati*, *beban hidup* dan *beban gempa*), semua data yang terinput kemudian *run analyze* maka didapatkan hasil dan beban maksimum yang bekerja pada gedung yaitu :

- P (Beban Aksial) : -1125,028 kN
- V (Gaya Geser) : -91,623 kN
- M (Gaya Momen) : -616,908 kN

4.16.2 Hasil Analisis Fondasi Tiang Pancang

Hasil analisis perhitungan fondasi tiang pancang menggunakan dua metode yaitu metode *Meyerhof* dan *Reese & Wright* berdasarkan data SPT atau N-SPT dengan diameter 0,4 m dan panjang tiang pancang 12 m. Hasil yang didapatkan berbeda berdasarkan dua metode tersebut maka hasil daya dukung metode *Meyerhof* yang didapatkan lebih besar sehingga dibagikan SF(*safety factor*) yang besar agar didapatkan hasil Q_{izin} yang aman. Berikut hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.13 yang lebih detail sebagai berikut :

Tabel 4.13 Hasil Daya Dukung Metode *Meyerhof* dan *Reese & Wright*

Metode	Titik	l (m)	Q_p (kN)	Q_s (kN)	Q_{ult} (kN)	Q_{all} (kN)
Mayerhof	337	12	1479,56	1641,17	3120,74	1040,25
Reese & Wright	337	12	246,18	1805	2051,47	820,6

Setelah hasil perhitungan daya dukung aksial maka mendapatkan hasil jumlah tiang, efisiensi kelompok tiang dengan *Converse Labarre Formula*, dengan daya dukung izin yang kemudian dikalikan untuk mendapatkan daya dukung kelompok. Hasil analisa daya dukung kelompok lebih jelas sebagai berikut :

Tabel 4.14 Hasil Daya Dukung Tiang Kelompok

Metode	Titik	Jumlah Tiang (n)	Efisiensi ($E_g\%$)	Q_{izin} (kN)	Q_{group} (kN)
<i>Reese&Wright</i>	S-337	4	0,79	820,6	2610
<i>Reese&Wright</i>	S-378	2	0,89	820,6	1473

Tabel 4.15 Hasil Daya Dukung Lateral Tiang Pancang

Metode	Titik	Daya Dukung Lateral Tunggal (Hu)	Daya Dukung Lateral Kelompok (Hgroup)
		kN	kN
Mayerhof	S-337	1806	166,02

4.16.3 Hasil Analisa Fondasi Tiang Pancang

Penurunan fondasi pada tiang yang terjadi dengan dipengaruhi beban yang bekerja, dan banyaknya tiang. Maka material tanah dan ukuran tiang, maka penurunan tiang pancang yang diperhitungkan dapat berbeda hasilnya karena sifat. Dari karakteristik sifat tanah, dan parameter tanah yang berbeda dan bisa mengalami *human error* pada saat menyelidiki tanah.

Tabel 4.16 Hasil Penurunan Fondasi Tiang Pancang

Metode	Titik	l	Tiang Tunggal	Tiang Kelompok
		m	m	m
Manual	S-337	12	0,0170	0,043
PLAXIS v8.6	S-337	12	0,0192	0,045

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil dari analisis pembangunan Rumah Susun Pekerja Industri Batang II dapat disimpulkan hasil sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan pembebanan gedung menggunakan *software* SAP2000.v.14, didapatkan hasil beban maksimal yang terjadi pada gedung di area lift tersebut sebesar 1125 kN, Sedangkan beban maksimal area koridor tersebut sebesar 857 kN.
2. Hasil perhitungan mengenai dimensi *pile cap* pada area *lift* didapatkan ukuran sebesar 2,6 m x 2,6 m x 0,7 m , sedangkan buat area koridor dimensi *pile cap* didapatkan ukuran 1,4 m x 2,6 m x 0,7 m.
3. Hasil daya dukung dari metode *Meyerhof* yaitu 1040,25 kN, hasil dari metode *Reese & Wright* 820,6 kN. Sedangkan hasil dari kelompok tiang pada area lift diperoleh sebesar Q_{group} 2610 kN, dan untuk area koridor diperoleh Q_{group} 1473 kN, nilai dari daya dukung tiang tunggal lateral diperoleh sebesar H_u 1806 kN, hasil dari daya dukung tiang kelompok lateral diperoleh sebesar 166,02 kN.
4. Hasil perhitungan pada jumlah fondasi tiang pancang dalam satu *pile cap* didapatkan 4 buah pada area *lift*, dan perhitungan jumlah fondasi tiang pancang pada area koridor didapatkan 2 buah.
5. Hasil penurunan dengan perhitungan manual untuk tiang tunggal sebesar 0,017 m, sedangkan pada tiang kelompok area *lift* sebesar 0,043 m, dan untuk area koridor sebesar 0,031 m. Sedangkan untuk penurunan menggunakan *software* PLAXIS.v.8.6 untuk tiang tunggal sebesar 0,0192 m dan kelompok tiang area *lift* sebesar 0,045 m, dan untuk area koridor sebesar 0,037 , jadi penurunan dapat dikatakan AMAN karena $S < S_{izin}$ (10% x D). Sedangkan untuk waktu penurunan didapatkan 4,2 Tahun.

5.2 Saran

Dari hasil analisa pengerjaan tugas akhir yang berjudul Desain Ulang Fondasi Rumah Susun Pekerja Industri Batang II dengan Tiang Pancang perlu dianalisa lebih lanjut dengan saran sebagai berikut :

1. Kami menyarankan untuk tugas akhir ini yang tujuannya sama menggunakan fondasi tiang pancang, kalian bisa menggunakan metode lain seperti : Metode *Reese&O'Neil* dan *U.S.Army* dengan penggunaan data tanah NSPT (*Standart Penetration Test*).
2. Kami menyarankan saat menggunakan sebagai referensi tugas akhir ini, bisa menggunakan Fondasi yang lain seperti *Mini Pile* atau lain sebagainya. Dengan menggunakan data tanah yang lain.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Sni 1726:2019. In *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.
- Bowles, J. E. (2005). Analisis Dan Desain Pondasi II. *Erlangga, Jakarta*, 2, 474.
- Chandra, A. (2018). Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile pada Proyek Pembangunan Menara Listrik Transmisi 500 KV Peranap-Perawang. *Jurnal Teknik*, 12(2), 171–178. <https://doi.org/10.31849/teknik.v12i2.1732>
- Das, B. M. (1995). *Solutions Manual to Accompany Principles of Foundation Engineering*.
- Fauzi, mukh allam Prasetyo, R. B. (2021). ANALISA DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI BORED PILE PADA TANAH LUNAK TAMBAK LOROK. *ANALISA DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI BORED PILE PADA TANAH LUNAK TAMBAK LOROK*, (3), 7–8.
- Gunawan, I. R. (2546). *PENGANTAR TEKNIK PONDASI*.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). Teknik Pondasi 1 Edisi Kedua. In *Gramedia Pustaka Utama*. Retrieved from https://www.academia.edu/download/57492139/Hardiyatmo_____ - 1996 - _Teknik_Pondasi_1.pdf
- Hardiyatmo, H. C. (2008). Teknik Fondasi 2. *Gramedia Pustaka Utama*, 275.
- Ningrum, P. W. (2022). PERENCANAAN FONDASI BORED PILE RUMAH SAKIT. *PERENCANAAN FONDASI BORED PILE RUMAH SAKIT*, 114.
- PPMB-ITB. (2011). Desain Spektra Indonesia. Retrieved March 17, 2022, from http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/
- Rachman, T. (2018). ANALISIS DAN DESAIN PONDASI BOWLESS EDISI 2. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Vol. 2).

- Rambe, N. (2018). UNIVERSITAS SUMATERA UTARA Poliklinik
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 1(3), 82–91.
- Sardjono H. (1991). *Pondasi Tiang Pancang Jilid 2*.
- SNI 1727, 2020. (2020). Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain 1727:2020. In *Badan Standarisasi Nasional 1727:2020*.
- Sosrodarsono, Suyono Nakazawa, K. (1997). *Mekanika Tanah dan Pondasi*.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1987). Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa. In *Penerbit Erlangga* (Vol. 2).
- Tomlinson, M., & Woodward, J. (2014). Pile Design and Construction Practice. In *Pile Design and Construction Practice*. <https://doi.org/10.1201/b17526>
- Wardana, M. R., Waluyo, R., & Simamora, Y. (2019). Analisa Rekayasa Nilai Pekerjaan Struktur Balok Dan Kolom Bangunan Gedung (Studi Kasus Badan Penanaman Modal Dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Kota Palangka Raya). *Jurnal Teknika*, 2(2), 101–111. Retrieved from <https://e-journal.upr.ac.id/index.php/JT/article/view/1290>