

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN FONDASI *BORED PILE* PADA PEMBANGUNAN KANTOR PEMERINTAH TERPADU KABUPATEN BREBES

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



Disusun Oleh :

Rifki Maulana Saputra

30.2018.00.158

Saiful Mujab

30.2018.00.170

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
S E M A R A N G
2022**

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN FONDASI *BORED PILE* PADA PEMBANGUNAN KANTOR PEMERINTAH TERPADU KABUPATEN BREBES

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan

Program Sarjana (SI) Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh :

Rifki Maulana Saputra
30.2018.00.158

Saiful Mujab
30.2018.00.170

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
S E M A R A N G
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

PERENCANAAN FONDASI *BORED PILE* PADA PEMBANGUNAN KANTOR PEMERINTAH TERPADU KABUPATEN BREBES

Oleh:



Rifki Maulana Saputra
30.2018.00.158



Saiful Mujab
30.2018.00.170

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Agustus 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si
NIDN: 062005301
2. Lisa Fitryana, ST., M.Eng
NIDN: 210216087
3. Dr. Abdul Rochim, ST., MT
NIDN: 060806761

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung

a/n

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 21 / A.2 / SA – T / VII 2022

Pada hari ini Senin tanggal 15 Agustus 2022 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

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

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

Rifki Maulana Saputra
30.2018.00.158

Saiful Mujab
30.2018.00.170

Judul : PERENCANAAN FONDASI *BORED PILE* PADA PEMBANGUNAN KANTOR PEMERINTAH TERPADU KABUPATEN BREBES

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	11/02/2022	-
2	Seminar Proposal	31/03/2022	ACC
3	Pengumpulan data	04/04/2022	-
4	Analisis data	06/04/2022	-
5	Penyusunan laporan	07/04/2022	-
6	Selesai laporan	22/07/2022	ACC

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

Dosen Pembimbing Utama

Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si.

Dosen Pembimbing Pendamping

Lisa Fitryana, ST., M.Eng

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

AN

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Rifki Maulana Saputra

NIM : 30201800158

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

“PERENCANAAN FONDASI *BORED PILE* PADA PEMBANGUNAN KANTOR PEMERINTAH TERPADU KABUPATEN BREBES” benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 15 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Saiful Mujab

NIM : 30201800170

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

“PERENCANAAN FONDASI *BORED PILE* PADA PEMBANGUNAN KANTOR PEMERINTAH TERPADU KABUPATEN BREBES” benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 15 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Saiful Mujab

NIM : 30201800170

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Rifki Maulana Saputra

NIM : 30201800158

JUDUL TUGAS AKHIR :

“PERENCANAAN FONDASI *BORED PILE* PADA PEMBANGUNAN KANTOR PEMERINTAH TERPADU KABUPATEN BREBES”

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

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 15 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Rifki Maulana Saputra

NIM : 30201800158

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Saiful Mujab

NIM : 30201800170

JUDUL TUGAS AKHIR :

“PERENCANAAN FONDASI *BORED PILE* PADA PEMBANGUNAN KANTOR PEMERINTAH TERPADU KABUPATEN BREBES”

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

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 15 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Saiful Mujab

NIM : 30201800170

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ
عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ ۚ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا
لَّهُمْ ۚ مِنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ

- Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik. (Qs. Ali 'Imran:)

وَلَوْ أَنَّ أَهْلَ الْقُرَىٰ آمَنُوا وَاتَّقَوْا لَفَتَحْنَا عَلَيْهِم بَرَكَاتٍ مِّنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ
وَلَكِنَّ كَذَّبُوا فَأَخَذْنَاهُم بِمَا كَانُوا يَكْسِبُونَ

- Dan sekiranya penduduk negeri beriman dan bertakwa, pasti Kami akan melimpahkan kepada mereka berkah dari langit dan bumi, tetapi ternyata mereka mendustakan (ayat-ayat Kami), maka Kami siksa mereka sesuai dengan apa yang telah mereka kerjakan. (Qs. A'raf:96)
- Kerjakan kebaikan meskipun kamu anggap itu kecil, sebab engkau tidak tahu kebaikan mana yang memasukanmu ke surga
{Hasan Al-Bashri}
- Amal shaleh yang disuka oleh Allah ialah yang langgeng (konsisten) meskipun sedikit
{HR Bukhari}
- "Barangsiapa berjalan di suatu jalan untuk mencari ilmu, niscaya Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga."
(HR Tirmidzi No. 2570)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, kehadiran Allah SWT atas segala-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dan dipersembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Dariyanto dan Ibu kandung saya Supadmi serta Ibu sambung saya unsiowati , yang selalu memberikan dukungan, cinta , do'a, dan studi untuk menjadi seseorang yang sukses serta mulia di dunia dan akhirat.
2. Saiful Mujab selaku teman yang sabar dan sungguh-sunnguh dalam penyelesaian Laporan Tugas Akir ini.
3. Rekan Fakultas Teknik UNISSULA periode 2018 , yang membantu dan mendukung dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
4. Semua pihak yang tidak disebutkan dalam membantu membuat penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.



Rifki Maulana Saputra

NIM : 30201800158

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, kehadiran Allah SWT atas segala-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dan dipersembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak H. Nur Khamid dan Ibu Hj. Sri Rofiatun. Serta nenek saya Hj. Sutimah, Serta kakak dan adik-adik tercinta saya yaitu mas alan dan mbak desy, dek Nadia dan dek Kalista yang selalu memeberikan dukungan, cinta , do'a, dan studi untuk menjadi seseorang yang sukses serta mulia di dunia dan akhirat.
2. Rifki Maulana Saputra selaku teman yang sabar dan sungguh-sunnguh dalam penyelesaian Laporan Tugas Akir ini.
3. Vebilla Putri Ariyanto yang selalu memberi semangat dan motivas agar giat dalam mengerjakan Tugas Akhir.
4. Sahabat-sahabat saya di Jepara yaitu Rizka, Paini, Rico, Ucup, Udin, Seno, Fandos, Reza, Temon Yang selalu memberi semangat, dukungan dan hiburan sehingga saya bisa menyelesaikan laporan Tugas Akhir .
5. Rekan Fakultas Teknik UNISSULA periode 2017 & 2018 , yang membantudan mendukung dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Semua pihak yang tidak disebutkan dalam membantu penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Saiful Mujab

NIM : 30201800170

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-NYA sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul PERENCANAAN FONDASI *BORED PILE* PADA PEMBANGUNAN KANTOR PEMERINTAH TERPADU KABUPATEN BREBES

Penyelesaian Tugas Akhir ini bertujuan untuk mencukupi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang. Laporan Tugas Akhir ini dibantu, dibimbing serta pengarahan dari berbagai pihak yang telah membagikan ide-ide kepada penulis. Terlepas dari itu semua penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph. D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Kaprodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang
3. Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono M.Si., selalu dosen pembimbing I Tugas Akhir, yang telah menyisihkan waktu dan tenaga untuk membimbing dengan sabar.
4. Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng, selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir, yang telah menyisihkan waktu dan tenaga untuk membimbing dengan sabar.
5. Semua pihak yang tak disebutkan dalam membantu penulisan Tugas Akhir.

Karena keterbatasan wawasan, kemampuan serta pengalaman, penulis sadar jika laporan ini jauh dari kesempurnaan baik isi atau susunannya. Maka dari itu, penulis berharap agar pembaca memberikan kritik dan sarannya untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini agar bermanfaat bagi pembaca lainnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Semarang, 15 Agustus 2022

Rifki Mualana Saputra (30201800158)

Saiful Mujab (30201800170)



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
PERNYATAAN KEASLIAN	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR NOTASI	xxi
Abstrak	xxiii
Abstract	xxiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Pengertian Tanah	4
2.1.1. Parameter Tanah.....	4
2.1.2. <i>Modulus Young</i>	6
2.1.3. <i>Possion Ratio</i>	7
2.1.4. Sudut Geser Dalam	7
2.1.5. Kohesi	8
2.2. Fondasi	8
2.3. Klasifikasi Fondasi.....	9
2.3.1. Fondasi Dangkal.....	9

2.3.2.	Fondasi Dalam	10
2.4.	Kapasitas Daya Dukung Fondasi	12
2.4.1.	Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode Mayerhoff	12
2.4.2.	Perhitungan Daya Dukung Fondasi (Reese & Wright, 1977).....	13
2.4.3.	Daya Dukung Ultimit Fondasi	14
2.5.	Efisiensi Daya Dukung Fondasi <i>Bored Pile</i> (kelompok)	14
2.6.	Menentukan Banyak Tiang Pondasi Yang Dibutuhkan.....	15
2.7.	Menentukan Jarak Antar Tiang.....	15
2.8.	Perhitungan Daya Dukung Latera	16
2.9.	Penurunan Pada Fondasi <i>Bored Pile</i>	19
2.10.	Waktu Penurunan	21
2.11.	Perhitungan Penulangan	21
2.12.	Pemodelan Menggunakan <i>Software</i>	25
BAB III.....		26
METODOLOGI PENELITIAN.....		26
3.1.	Pendahuluan	26
3.2.	Pengumpulan Data.....	26
3.3.	Lokasi Proyek.....	26
3.4.	Data Umum Proyek	27
3.5.	Tahap Penelitian.....	28
3.6.	Studi Literatur	28
BAB IV		31
4.1.	Tinjauan Umum.....	31
4.2.	Design Struktur Atas dengan <i>Software</i> SAP2000 V.14.....	32
4.3.	Metode Perhitungan	42
4.3.1.	Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode Mayerhof 1956	42
4.3.2.	Perhitugan Daya Dukung Selimut Fondasi <i>Bored Pile</i> Kohesif Mayerhof 1956.....	42
4.3.3.	Perhitungan Daya Dukung Ultimit Fondasi.....	42
4.3.4.	Perhitungan Nilai Kohesi Tanah Metode Reese&Wright, 1977 ...	43
4.3.5.	Perhitungan Daya Dukung Fondasi Reese&Wright, 1977	43
4.3.6.	Perhitungan Daya Dukung Selimut Fondasi <i>Bored Pile</i>	43
4.3.7.	Perhitungan Daya Dukung Ultimit Fondasi	43
4.3.8.	Perhitungan Efisiensi Daya Dukung Fondasi <i>Bored Pile</i>	44

4.3.9.	Menentukan Banyaknya Tiang Fondasi Yang Dibutuhkan	44
4.3.10.	Perhitungan Data Dukung Lateral Fondasi Metode Broms (1964).....	44
4.3.11.	Perhitungan waktu penurunan.....	44
4.3.12.	Perhitungan Penulangan <i>Pile Cap</i>	45
4.3.13.	Penulangan Fondasi <i>Bored Pile</i>	45
4.4.	Desain Dan Pembebanan Struktur	45
4.5.	Analisa Daya Dukung Fondasi <i>Bored pile</i>	50
4.5.1.	Daya Dukung Fondasi <i>Bored pile</i> Metode Mayerhoft.....	50
4.5.2.	Daya Dukung Fondasi <i>Bored pile</i> Metode Reese & Wright (1977).....	53
4.6.	Perhitungan Jarak Antar Fondasi <i>Bored pile</i> dan Jarak As Ke Tepi.....	55
4.7.	Kebutuhan Jumlah Fondasi <i>Bored pile</i>	55
4.8.	Efisiensi Daya Dukung Tiang.....	56
4.9.	Penurunan Tiang Tunggal.....	57
4.10.	Penurunan Kelompok Tiang	59
4.11.	Lama Penurunan Tanah Fondasi <i>Bored Pile</i>	60
4.12.	Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi <i>Bored Pile</i>	61
4.13.	Penulangan <i>Pile Cap</i> (P1).....	64
4.14.	Penulangan <i>Pile Cap</i> (P2).....	65
4.15.	Penulangan <i>Pile Cap</i> (P3).....	67
4.16.	Penulangan Fondasi <i>Bored pile</i>	69
4.17.	Perhitungan Tulangan Sengkang	72
4.18.	Penurunan Pondasi Menggunakan Software PLAXIS V.8.6.....	74
4.19.	Pembahasan.....	92
4.18.1	Daya dukung pondasi.....	92
4.18.2	Perhitungan Penurunan	92
BAB V		94
PENUTUP		94
5.1.	Kesimpulan.....	94
5.2.	Saran	94
DAFTAR PUSTAKA.....		96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Tanah dari Data Sondir.....	6
Tabel 2.2	Hubungan Antara Konsistensi Dengan Tekanan <i>Conus</i>	6
Tabel 2.3	Hubungan Antara Kepadatan Dengan <i>Relative Density</i>	7
Tabel 2.4	Nilai Perkiraan <i>Modulus Young</i>	7
Tabel 2.5	Hubungan Antara Jenis Tanah dan <i>Possion Ratio</i>	8
Tabel 2.6	Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dan Jenis Tanah.....	8
Tabel 2.7	Faktor Keamanan	15
Tabel 2.8	Nilai-nilai Untuk Tanah Glanular ($c=0$)	19
Tabel 2.9	Nilai-nilai Untuk Tanah Kohesif.....	20
Tabel 2.10	Koefisien Empiris	21
Tabel 2.11	Derajat Konsolidasi.....	22
Tabel 3.1	Data Umum Proyek.....	28
Tabel 3.2	Rencana Waktu Penelitian	30
Tabel 4.1	Data Boring Log dan Nspt Proyek Pembangunan Kantor Pemerintah Terpadu Kabupaten Brebes	31
Tabel 4.2	Beban Hidup	46
Tabel 4.3	Kategori Resiko.....	46
Tabel 4.4	Faktor Keutamaan Gempa	46
Tabel 4.5	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai SDS	47
Tabel 4.6	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai SD1.....	47
Tabel 4.7	Faktor Reduksi Gempa.....	47
Tabel 4.8	Hasil Output SAP2000 v.14.....	49
Tabel 4.9	Hasil Daya Dukung Fondasi Metode Mayerhofs (1956)	51
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode Reese&Wright 1977.....	54
Tabel 4.11	Parameter Tanah	72
Tabel 4.12	Hasil perhitungan daya dukung.....	90
Tabel 4.13	Hasil perhitungan manual dan <i>software</i>	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Macam-Macam Bentuk Fondasi	10
Gambar 2.2 Fondasi <i>Bored Pile</i>	12
Gambar 2.3 Faktor Adhesi	13
Gambar 2.4 Grafik nilai tahanan momen ultimate	18
Gambar 2.5 (a) penampang lingkaran, (b) penampang persegi	23
Gambar 3.1 Denah Lokasi Proyek Pembangunan Kantor Pemerintahan Terpadu Kab. Brebes	27
Gambar 3.2 <i>Flow Chart</i> Perencanaan Fondasi <i>Bored Pile</i> Kantor Pemerintahan Terpadu Kab Brebes.....	29
Gambar 4.1 New Model.....	32
Gambar 4.2 Edit Grid.....	32
Gambar 4.3 Material Baja.....	33
Gambar 4.4 Material Beton.....	33
Gambar 4.5 Material Frame Section.....	34
Gambar 4.6 Reinforcement Data untuk Beam	34
Gambar 4.7 Reinforcement Data untuk Kolom	35
Gambar 4.8 Shell Section Data	35
Gambar 4.9 Plot Penampang.....	36
Gambar 4.10 Detail Propertis Batang	36
Gambar 4.11 Load Pattrens.....	37
Gambar 4.12 Load Combination Data	37
Gambar 4.13 Load Pattren Loads.....	38
Gambar 4.14 Load Pattern Dead.....	38
Gambar 4.15 Load Pattren Live	39
Gambar 4.16 Response Spectrum	39
Gambar 4.17 Load Case Respon Sprettrum	40
Gambar 4.18 Run Analyze	40
Gambar 4.19 Hasil Run Analyze	41
Gambar 4.20 Peta Periode Gempa(SNI 1726 : 2019)	48
Gambar 4.21 Nilai Respon Spektrum	48

Gambar 4.22 Denah Joint Yang Digunakan Dalam Perhitungan	49
Gambar 4.23 <i>Pile cap</i> P1	59
Gambar 4.24 <i>Pile cap</i> P2	59
Gambar 4.25 <i>Pile cap</i> P3	59
Gambar 4.26 Tahanan Ultimit.....	63
Gambar 4.27 <i>Bored Pile</i>	69
Gambar 4.28 General Setting.....	73
Gambar 4.29 General Setting.....	73
Gambar 4.30 Pemodelan Kontur Tanah.....	74
Gambar 4.31 Data Umum	74
Gambar 4.32 Mohr Coulomb	75
Gambar 4.33 Mohr Coulomb	75
Gambar 4.34 Data Material Fondasi	76
Gambar 4.35 Pemodelan	76
Gambar 4.36 Input Pembebanan	77
Gambar 4.37 Susunan Jaringan Elemen.....	77
Gambar 4.38 water weight	78
Gambar 4.39 Muka Air Tanah	78
Gambar 4.40 output soil stressess	79
Gambar 4.41 Tekanan air pori	79
Gambar 4.42 Prosedur K0.....	80
Gambar 4.43 Tekanan Efektif Tanah	80
Gambar 4.44 Deformasi yang Terjadi.....	81
Gambar 4.45 Pengaturan Global – Project.....	81
Gambar 4.46 Pengaturan Global – Dimensi	82
Gambar 4.47 Pemodelan Kontur Tanah.....	82
Gambar 4.48 Mohr- Coulomb (Lunak)	83
Gambar 4.49 Mohr Colomb	83
Gambar 4.50 Dialog Muka Material Pasir	84
Gambar 4.51 Data Material Fondasi	84
Gambar 4.52 Pemodelan Fondasi <i>Bored Pile</i>	85
Gambar 4.53 Distributed Load.....	85

Gambar 4.54 Susunan Jaringan Elemen.....	86
Gambar 4.55 Water Weight	86
Gambar 4.56 output muka air.....	87
Gambar 4.57 output soil stresess	87
Gambar 4.58 output air pori.....	88
Gambar 4.59 Prosedur K0.....	88
Gambar 4.60 Prosedur K0.....	89
Gambar 4.61 Deformasi.....	89



DAFTAR NOTASI

Q_p	= Daya Dukung Ujung Tiang (kN)
A_p	= Luas Penampang (m^2)
C_u	= Kohesi Tanah
α	= Faktor Adhesi Empiris
P	= Keliling Tiang (m)
L_i	= Tebal Lapisan Tanah (m)
Q_p	= Daya Dukung Ujung Tiang (kN)
Q_s	= Daya Dukung Slimut Tiang (kN)
Q_u	= Daya Dukung Ultimat Tiang (kN)
C_u	= Kohesi Tanah (kN/m^2)
η	= Efisiensi Kelompok Tiang (%)
m	= Jumlah Tiang Arah Vertical
n	= Jumlah Kolom Arah Vertical
θ	= Arc tg d/s
s	= Jarak As Tiang (m)
d	= Diameter Tiang (m)
n'	= Jumlah Tiang
Q_g	= Kapasitas Izin Kelompok Tiang (kN)
N_p	= Jumlah Tiang
V	= Beban Strukturnya (kN)
Q_{tiang}	= Daya Dukung Izin Tiang Tunggal (kN)
E_p	= Modulus Elastis Tiang (kN/m^2)
I	= Momen Inersia (m^4)
n_h	= Koefisien Modulus Variasi (kN/m^3)
K_h	= Modulus Reaksi Subgrade (kN/m^3)
H_u	= Daya Dukung Lateral Tiang (kN)
M_y	= Momen Max Yang Dapat Ditahan Tiang (kN.m)
γ	= Berat Volume Tanah (kN/m^3)
e	= Jarak Beban Horizontal ke Permukaan Tanah (m)
K_p	= Koefisien Tekanan Tanah Pasif

f	= Jarak Kedalaman Titik Dimana Gaya Geser = 0 (m)
I_p	= Momen Inersia Tiang (m^4)
H	= Beban Lateral (kN)
L	= Panjang Tiang (m)
S	= Total Penurunan (mm)
S_1	= Penurunan Batang Tiang (mm)
S_2	= Penurunan Tiang Akibat Beban Diujung Tiang (mm)
S_3	= Penurunan Tiang Akibat Beban Selimut (mm)
Q_{wp}	= Beban yang Ujung Tiang (kN)
Q_{ws}	= Beban Yang Selimut Taing (kN)
A_b	= Luas PEnampang Tiang (m^2)
ξ	= 0,5 (Distribusi Tahanan Sepanjang Tiang)
C_p	= Koefisien Empiris
S_g	= Penurunana Kelompok Tiang (mm)
S_t	= Penurunan Tiang Tunggal (mm)
b'	= Lebar Kelompok Tiang (mm)
B	= Diameter Fondasi (mm)
T	= Waktu Penurunan
T_v	= Factor Waktu (Derajat Konsolidasi Rata-Rata)
H_2	= Seluruh panjang Lintas Fondasi (m)
C_v	= Derajat Konsolidasi ($0.0045 \text{ m}^2/\text{dtk}$)
B_w	= Lebar Fondasi (m)
A_g	= Luas Penampang Beton (mm^2)
A_{st}	= Luas Tulangan (mm^2)
D_{st}	= Diamater Tulangan (mm)

PERENCANAAN FONDASI *BORED PILE* PADA PEMBANGUNAN KANTOR PEMERINTAH TERPADU KABUPATEN BREBES

Abstrak

Rifki Maulana Saputra¹⁾, Saiful Mujab¹⁾, Soedarsono²⁾, Lisa Fitriyana²⁾

Kantor Pemerintah Kabupaten Brebes menggunakan fondasi tiang pancang, pada penelitian ini dilakukan *redesain* menggunakan fondasi *bored pile* untuk mengetahui daya dukung fondasi. Penelitian ini memperhitungkan jenis beban dan kondisi tanah yang terdapat di lokasi penelitian. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan daya dukung dan penurunan fondasi.

Penelitian ini menggunakan data tanah dari proyek tersebut. Dan dilakukan analisa menggunakan data SPT, metode untuk menghitung daya dukung yaitu Mayerhof 1956 dan Reese&Wright 1977. Sedangkan penurunan menggunakan metode Vesic 1977 dan *software* Plaxis v8.6. Berdasarkan analisa yang dilakukan dengan pembebanan menggunakan *software* SAP2000.

Analisa pembebanan menggunakan *software* SAP2000 didapatkan beban P1 : 17054,852 kN, P2 : 7848,268 kN dan P3 : 1611,193 kN sebagai beban terbesar, sedang dan terkecil. Direncanakan fondasi *bored pile* diameter 50 cm kedalaman 48 m dengan N-SPT sebesar 60. Dimensi *pile cap* 4x2,5x0,5m. Hasil perhitungan daya dukung kelompok tiang P1 sebesar 17138,304 kN, P2 senilai 9696,672 kN, dan P3 senilai 3758,4 kN dan daya dukung lateral 1302,9 kN. Penurunannya sebesar 1,773 cm dan 5 cm untuk tiang tunggal dan kelompok berdasarkan metode vesic. Sedangkan penurunan berdasarkan *software* Plaxis v8.6 sebesar 1,584 cm dan penurunan kelompok 2,506 cm, lama penurunan 49,9 tahun. Kesimpulan berdasarkan evaluasi pada fondasi *bored pile* yang direncanakan kuat menahan beban struktur atas.

Kata kunci : *Fondasi bored pile, Daya Dukung, Penurunan*

BORED PILE FOUNDATION PLANNING FOR INTEGRATED GOVERNMENT OFFICE DEVELOPMENT IN BREBES DISTRICT

Abstract

Rifki Maulana Saputra¹⁾, Saiful Mujab¹⁾, Soedarsono²⁾, Lisa Fitriyana²⁾

The Brebes Regency Government Office uses a pile foundation, in this study a redesign was carried out using a bored pile foundation to determine the bearing capacity of the foundation. This study takes into account the type of load and soil conditions found at the research site. The purpose of this study was to compare the bearing capacity and settlement of the foundation.

This study uses soil data from the project. And analyzed using SPT data, the method to calculate the carrying capacity is Mayerhof 1956 and Reese & Wright 1977. While the decrease is using the Vesic 1977 method and Plaxis v8.6 software. Based on the analysis carried out by loading using SAP2000 software.

analysis using SAP2000 software obtained P1 : 17054,852 kN, P2 : 7848,268 kN and P3 : 1611,193 kN loads as the largest, medium and smallest loads. It is planned that the bored pile foundation has a diameter of 50 cm and a depth of 48 m with an N-SPT of 60. The dimensions of the pile cap are 4x2,5x0,5m. The results of the calculation of the carrying capacity of the pile group P1 is 17138.304 kN, P2 is 9696.672 kN, and P3 is 3758.4 kN and lateral bearing capacity is 1302.9 kN. The decrease was 1.773 cm and 5 cm for single and group piles based on the vesic method. While the decrease based on Plaxis v8.6 software was 1.615 cm and the decline in the group was 2.5 cm, the duration of the decline was 49.9 years. The conclusion is based on the evaluation of the planned bored pile foundation to withstand the load of the superstructure.

Keywords : *Bored pile Foundation, Supporting Capacity, Settlement*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kantor Pemerintahan adalah tempat aktifitas diselenggarakannya pemerintahan daerah, tempat wakil rakyat untuk mengatur jalannya pemerintahan. Pembangunan ini untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Namun juga sebagai simbol filosofis, fungsional dan teknis, serta fungsi sebagai simbol mewakili masyarakat. Seiring berjalannya waktu jumlah penduduk Brebes mencapai 1,9 juta jiwa, maka pelayanan pemerintahan makin tinggi terhadap tuntutan masyarakat, maka dibangunnya Kantor Pemerintahan Terpadu Kabupaten Brebes dan dibangun di atas lahan seluas 28900 m² dengan luas bangunan 2848 m² yang mempunyai 7 lantai, Pada proyek pembangunan Kantor Pemerintahan Terpadu ini menggunakan fondasi tiang pancang Ø 50 cm.

Fondasi adalah bagian dari sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh fondasi dan beratnya sendiri kepada ke dalam tanah dan batuan yang berada di bawahnya. Struktur atas umumnya digunakan untuk menjelaskan bagian sistem yang direkayasa untuk membawa beban ke fondasi atau struktur bawah. Penelitian ini mengacu pada sistem fondasi yang ada pada pembangunan Kantor Pemerintahan Terpadu Kabupaten Brebes

Salah satunya fondasi *bored pile* yang dapat digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam, mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang terpengaruh dari gaya-gaya penggulingan akibat beban angin. Pada penelitian ini dilakukan rencana ulang pondasi yang awalnya menggunakan pondasi tiang pancang Ø 50 cm kedalaman 48 m di redesain menggunakan pondasi *bored pile* dengan diameter kedalaman berbeda untuk mengetahui daya dukung pondasi terhadap beban.

Dalam penelitian ini juga mempertimbangkan jenis beban dan kondisi tanah yang terdapat di proyek tersebut. Suatu fondasi agar dapat menahan beban yang diterima adanya daya dukung fondasi harus direncanakan dengan matang. Dalam

penelitian ini untuk menghitung beban menggunakan *software* SAP2000 v.14, dan perhitungan penurunan yang terjadi menggunakan *software* PLAXIS v. 8.6

1.2. Rumusan Masalah

Pada perencanaan pembangunan Kantor Pemerintahan Terpadu Kabupaten Brebes peneliti akan merancang ulang fondasi *bored pile* sebagai berikut :

1. Berapa beban yang akan diterima untuk perencanaan fondasi *bored pile*.
2. Berapa dimensi yang akan digunakan untuk perencanaan fondasi *bored pile*.
3. Berapa daya dukung yang dapat diterima fondasi *bored pile* pada pembangunan Kantor Pemerintah Terpadu Kabupaten Brebes.
4. Berapa besar penurunan dan berapa lama penurunan yang akan terjadi pada pembangunan Kantor Pemerintah Terpadu Kabupaten Brebes sesuai dengan data tanah telah diuji.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Mengetahui berapa beban yang harus dipikul oleh fondasi *bored pile* yang akan direncanakan.
2. Untuk mengetahui dimensi fondasi *bored pile* yang digunakan dalam perencanaan proyek pembangunan Kantor Pemerintah Terpadu Kabupaten Brebes.
3. Mengetahui berapa besar daya dukung fondasi pada proyek pembangunan Kantor Pemerintah Terpadu Kabupaten Brebes.
4. Untuk mengetahui besar penurunan yang terjadi dan lama penurunan yang terjadi akibat beban yang diterima fondasi *bored pile* dengan *software* plaxis pada proyek pembangunan Kantor Pemerintah Terpadu Kabupaten Brebes.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah :

1. *Redesain* pondasi tiang pancang proyek pembangunan Kantor Pemerintahan Terpadu dari PT. Istaka Karya (persero).
2. Perhitungan struktur atas hanya untuk pembebanan dengan menggunakan *software* SAP 2000 v.14.

3. Perhitungan nilai penurunannya menggunakan *software* PLAXIS V 8.6, dan untuk mengetahui lama penurunan terjadi dihitung manual.
4. Aspek yang ditinjau hanya mengenai fondasi *bored pile* saja, dan tidak termasuk metode pelaksanaannya ataupun memperhitungkan anggaran biaya.
5. Peninjauan pendukung lainnya meliputi jenis tanah, daya dukung, zona gempa, dan pembebanan struktur atas yang didapatkan dari proyek pembangunan Kantor Pemerintahan Terpadu.
6. Perhitungan daya dukung fondasi menggunakan metode *Mayerhoff*.

1.5. Sistematika Penulisan

Agar mempermudah penyusunan Tugas Akhir ini, maka penyusun membagi laporan dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas mengenai landasan teori yang berkaitan dengan perhitungan daya dukung dan penurunan fondasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menguraikan tentang analisis data serta pengumpulan data pada penyusunan Tugas Akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan atas saran dan hasil perencanaan yang berhubungan dengan perencanaan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Tanah

Tanah merupakan suatu permukaan daratan yang membentuk mintakat (*zone*) yang terdiri dari lapukan batuan (*rock*), massa galir (*loose*) dan bahan organik yang bercampur (Notohadiprawiro, 2006). Menurut Das (1995) tanah adalah suatu bahan yang didapat dari butiran-butiran padat yang terurai dan terikat oleh gas dan cairan yang saling mengisi rongga antar partikel. Tanah diartikan sebagai suatu material berupa butiran-butiran (agregat) mineral padat yang tidak saling terikat secara kimia yang terbentuk dari bahan organik yang telah melapuk serta zat gas dan cair yang saling mengisi antar rongga partikel tersebut (Pratikso, 2017).

Umumnya tanah dibagi menjadi dua yaitu tidak lengket (tak kohesif) dan lengket (kohesif). Tanah tidak lengket yaitu tanah yang lengas bisa disebabkan tegangan permukaan air, mirip pasir. Tanah lengket adalah tanah yang bercampur dan mengering, seperti tanah liat / lempung (Bowles, 1991). Menurut Hardiyatmo (1992) tanah adalah ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya.

Jenis tanah yang terdapat di lapangan merupakan tanah kohesif karena berupa lempung, dengan tanah keras pada kedalaman 48 m. Dalam perencanaan memerlukan pemahaman mengenai karakteristik, sifat-sifat dan parameter tanah seperti daya dukung, berat jenis, kadar air, dll.

2.1.1. Parameter Tanah

Angka parameter disuatu wilayah ditentukan oleh karakteristik bawah permukaan tanah yang terdiri dari nilai kohesif, N-SPT, sudut geser internal (Hardiyatmo, 2015 dalam Fitriyana, 2017). Parameter tanah adalah dasar untuk memahami apa yang berubah di dalam tanah. Faktor-faktor untuk parameter ini adalah jenis tanah, tingkat kepadatan, kadar air, dll. Dari hasil pengujian sondir kita dapatkan data berupa tekanan

conus (q_c) dan hambatan pelekak (f_s) yang dapat kita gunakan untuk menentukan jenis tanah seperti yang tertera pada Tabel 2.1. berikut:

Tabel 2.1. Klasifikasi Tanah dari Data Sondir

Hasil Sondir		Klasifikasi
q_c	F_s	
06.00	0,15 - 0,40	Humus, Lempung sangat lunak
6,0 - 10,0	0,20	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0,20 - 0,60	Lempung lembek, lempung kelanauan lembek
10,0 - 30,0	0,10	Kerikil lepas
	0,10 - 0,40	Pasir Lepas
	0,40 - 0,80	Lempung atau lempung kelanauan
	0,80 - 2,00	Lempung agak kenyal
30 - 60	1,50	Pasir kelanauan, pasir agak padat
	1,0 - 3,0	Lempung atau lempung kelanauan kenyal
60 - 150	1,00	Kerikil kepasiran lepas
	1,0 - 3,0	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan
	3,00	Lempung kekerikilan kenyal
150 - 300	1,0 - 2,0	Pasir padat, pasir kekerikilan, pasir kasar pasir, pasir kelanauan sangat padat

(Sumber: Braja M Das, 2011)

Hubungan antara konsistensi terhadap tekanan *conus* dan *undrained cohesion* adalah setara, apabila nilai c dan q_c semakin tinggi maka semakin keras pula tanah tersebut. Seperti pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2. Hubungan Antara Konsistensi Dengan Tekanan *Conus*

<u>Konsistensi tanah</u>	Tekanan Konus q_c (kg/cm^2)	Undrained Cohesion (T/m^2)
Very Soft	< 2,50	< 1,25
Soft	2,50 - 5,0	1,25 - 2,50
Medium Stiff	5,0 - 10,0	2,50 - 5,0
Stiff	10,0 - 20,0	5,0 - 10,0
Very Stiff	20,0 - 40,0	10,0 - 20,0
Hard	> 40,0	> 20,0

(Sumber : Begeman, 1965)

Hubungan antara Kepadatan dengan *relative density*, nilai *N-SPT*, *qc* dan ϕ adalah setara. Seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Hubungan Antara Kepadatan Dengan *Relative Density*

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

(Sumber : Mayerhofs, 1965)

2.1.2. Modulus Young

Nilai *modulus Young* menunjukkan nilai elastisitas tanah, yaitu perbandingan antara tegangan dan regangan yang terjadi. Nilai ini dapat diperoleh dari *Triaxial Test*. Nilai *modulus elastisitas* (E_s) dapat ditentukan secara empiris dari data Sondir dan jenis tanah tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4. Nilai Perkiraan *Modulus Young* (Bowles, 1977)

Macam Tanah	E (Kg/cm^2)
Lempung	
1 Sangat Lunak	3 - 30
2 Lunak	20 - 40
3 Sedang	45 - 90
4 Berpasir	300 - 425
Pasir	
1 Berlanau	50 - 200
2 Tidak Padat	100 - 250
3 Padat	500 - 1000
Pasir & Kerikil	
1 Padat	800 - 2000
2 Tidak Padat	500 - 1400
Lanau	20 - 200
Loses	150 - 600
Cadas	1400 - 14000

(Sumber : Bowles, 1977)

2.1.3. *Possion Ratio*

Possion Ratio ditentukan sebagai kompresi aksial atas tegangan permukaan transversal. Nilai *possion ratio* dapat ditentukan sesuai dengan jenis tanah seperti pada Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5. Hubungan Anatara Jenis Tanah dan *Possion Ratio*

Jenis Tanah	Poisson Ratio (μ)
Lempung Jenuh	0,4 - 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 - 0,3
Lempung berpasir	0,2 - 0,3
Lanau	0,3 - 0,35
Pasir	0,1 - 1,0
Batuan	0,1 - 0,4
Umum di pakai untuk tanah	0,3 - 0,4

(Sumber: Braja M Das, 2011)

2.1.4. Sudut Geser Dalam

Nilai sudut geser internal dan kohesi menentukan ketahanan tanah akibat tegangan kerja berupa tekanan tanah lateral. Nilai ini juga dapat diperoleh dengan pengukuran *Direct Shear Teset*. Hubungan antara Sudut Tertulis dan Kepadatan Tanah dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6. Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dan Jenis Tanah

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

(Sumber: Braja M Das, 2011)

2.1.5. Kohesi

Kohesi adalah gaya tarik menarik antar partikel tanah. Sudut geser internal dan kohesi adalah satuan yang menentukan kuat geser tanah, dan tahanan tanah adalah *deformasi* akibat tegangan yang bekerja pada tanah, yang merupakan bentuk gerakan tanah lateral. *Deformasi* merupakan hasil kombinasi keadaan kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak memenuhi faktor keamanan yang direncanakan. Nilai ini didapat dari pengujian *Direct Shear Test*. Nilai kohesi secara empiris dapat ditentukan dari data sondir (qc) yaitu sebagai berikut: Kohesi (c) = $qc/20$

2.2. Fondasi

Fondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya (Gunawan, 1990). Semua konstruksi yang didesain yang berada diatas tanah harus didukung oleh fondasi. Fondasi ialah bagian struktur bawah bangunan yang meneruskan beban yang dipikul oleh fondasi dan beratnya sendiri kedalam tanah di bawahnya (Bowles, 1997).

Fondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi bangunan. Fondasi berfungsi untuk meneruskan beban bangunan dan berat sendiri fondasi ke lapisan tanah keras yang berada dibawah fondasi. Perencanaan struktur fondasi harus berpedoman bahwa beban yang diteruskan oleh fondasi ke tanah lebih kecil dari daya dukung tanah yang diijinkan. Apabila kekuatan tanah dilampaui maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi (Das, 1998).

Sehingga pengertian fondasi adalah suatu bagian paling bawah dari konstruksi bangunan (*upperstructure*) yang berfungsi meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah yang berada dibawah fondasi tersebut tanpa menyebabkan keruntuhan geser dan penurunan fondasi atau tanah yang berlebihan. paling bawah dari suatu konstruksi dinamakan fondasi. Fungsi dari fondasi ini adalah untuk meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah yang berada dibawah fondasi. Suatu perencanaan fondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh fondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang diijinkan. Apabila

kekuatan tanah dilampaui maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi (Das, 1998).

2.3. Klasifikasi Fondasi

2.3.1. Fondasi Dangkal

Fondasi dangkal adalah fondasi yang tidak memerlukan galian tanah terlalu dalam karena lapisan dangkal sudah cukup keras. Kekuatan fondasi dangkal berada pada alasnya, hal ini karena jenis fondasi ini berfungsi meneruskan dan menyalurkan beban secara merata ke lapisan tanah. Menurut (Terzaghi, 1940), bahwa fondasi dangkal apabila kedalamannya kurang atau sama dengan lebar fondasi ($D \leq B$).

a. Fondasi Memanjang (*continuous footing*)

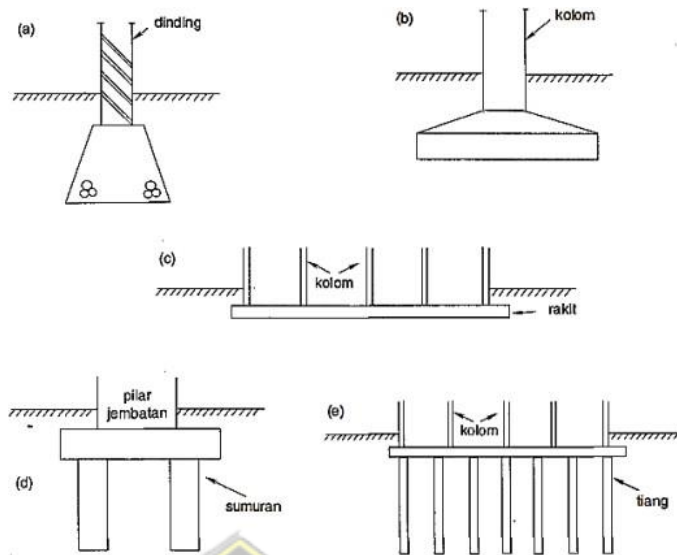
Fondasi memanjang biasa dinamakan dengan fondasi batu kali yang berfungsi untuk menyangga kolom dengan jarak dekat, bias juga untuk menyangga dinding. Biasanya berupa batu kali, pasangan batu bata atau beton tak bertulang (Rustiansyah, 2019).

b. Fondasi Telapak (*spread footing*)

Fondasi telapak digunakan untuk tumpuan kolom tunggal, biasanya menggunakan beton dengan tulangan dimanya bentuknya menyerupai telapak dan memiliki tebal dengan ukuran yang disesuaikan. Terkadang digunakan untuk bangunan tingkat (Rustiansyah, 2019).

c. Fondasi rakit (*raft foundation*)

Fondasi rakit biasanya digunakan pada daerah yang tanahnya bersifat lunak, karena tanah tersebut memiliki daya dukung yang rendah, maka sangat diperlukan fondasi dengan bentuk yang agak lebar (Rustiansyah, 2019).



Gambar 2.1 Macam Bentuk Fondasi (Hardiyatmo , 2002)

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

2.3.2. Fondasi Dalam

Fondasi dalam adalah fondasi dirancang apabila letak tanah keras yang relatif dalam dari atas permukaan tanah (Hardiyatmo, 2002). Secara umum kedalaman fondasi lebih besar dari lebar fondasi ($D \geq B$). Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan yang lebih dalam sampai diperoleh jenis tanah yang dapat menopang beban yang dipikul oleh pondasi.

a. Fondasi sumuran

Fondasi sumuran adalah fondasi antara fondasi dalam dan dangkal, namun lebih digolongkan menjadi fondasi dangkal karena lebih panjang dari lebarnya. Fondasi ini berbentuk bulat berlubang dan ditutup dengan beton bertulang atau pracetak dengan diameter yang bervariasi, antara lain 200 mm, 320 mm, 380 mm, (Rustiansyah, 2019).

b. Fondasi tiang pancang

Tiang Pancang merupakan konstruksi yang terbuat dari kayu, beton dan atau baja yang digunakan untuk menyalurkan beban – beban struktur atas ke tingkat permukaan tanah yang lebih dalam (Bowles,1999). Penggunaan fondasi tiang pancang pada bangunan

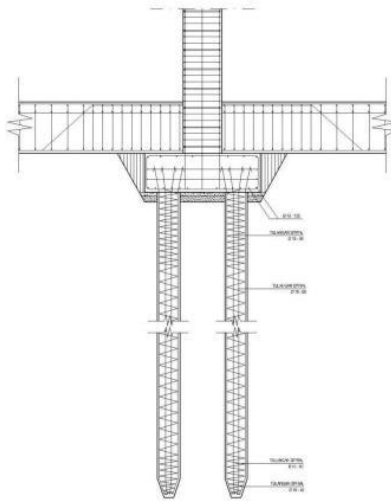
apabila tanah yang berada dibawah bangunan tidak memiliki daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban – beban yang bekerja pada fondasi (Sardjono, 1998).

Jika tiang pancang menyentuh tanah yang sangat lunak ke fondasi yang kokoh, tiang dapat bertindak sebagai kombinasi dari tahanan samping dan tumpuan ujung. Biasanya tiang pancang ini dipancang tegak lurus dengan tanah, tetapi dapat dimiringkan jika tiang tersebut menahan gaya horizontal. Sudut kemiringan disesuaikan dengan luas dan denah alat pemancang.

c. **Fondasi Bored Pile**

Fondasi *bored pile* ini adalah semacam pondasi dalam, fungsinya untuk mendistribusikan beban bangunan pada lapisan tanah, dan daya dukungnya memenuhi (*bearing stratum*). Keuntungan menggunakan pondasi tiang bor adalah kemampuannya untuk menahan beban konstruksi yang lebih besar, biaya konstruksi yang relatif lebih ekonomis, penyesuaian panjang dan diameter tiang yang dibutuhkan mudah, dan getaran dan kebisingan yang minimal selama pelaksanaan.

Pada fondasi *bored pile* yang menerima beban aksial, beban didistribusikan ke tanah oleh tahanan selimut (*skin friction resistance*) dan tahanan ujung (*end bearing resistance*) tiang melalui suatu mekanisme *transfer* beban. Keuntungan menggunakan pondasi tiang bor adalah kemampuannya untuk menahan beban konstruksi yang lebih besar, biaya konstruksi yang relatif lebih ekonomis, penyesuaian panjang dan diameter tiang yang dibutuhkan mudah, dan getaran dan kebisingan yang minimal selama pelaksanaan. (Nugraha dkk, 2015).



Gambar 2.2 Fondasi *Bored pile*

2.4. Kapasitas Daya Dukung Fondasi

Kapasitas daya dukung fondasi yaitu potensi tanah untuk memberikan dukungan berupa beban terbesar dari bangunan di atasnya (Hardiyatmo, 2011). Kapasitas daya dukung fondasi kuat terhadap gaya geser untuk melindungi dari pergeseran yang akan terjadi (Yusti dan Fahriani, 2014). Dan Pondasi juga harus diletakkan di atas tanah yang keras agar daya dukungnya lebih stabil. Daya dukung beban pondasi berasal dari bantalan ujung gesekannya. Berikut cara menghitung kapasitas dasar.

2.4.1. Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode Mayerhoff

Rumus daya dukung ujung tiang metode mayerhoff, 1956, tanah kohesif :

$$Q_p = 40 \times N_b \times A_p \dots\dots\dots 2.2$$

Persamaan daya Dukung Ujung fondasi tak kohesif :

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \dots\dots\dots 2.3$$

Persamaan daya dukung selimut untuk tanah kohesif :

$$Q_s = 2 \times N\text{-SPT} \times P \times L_i \dots\dots\dots 2.4$$

Persamaan daya dukung selimut tiang tak kohesif :

$$Q_s = \alpha \times C_u \times P \times L_i \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana :

Q_p = Daya Dukung Ujung Tiang (kN)

$$N_b = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

N1 = N-SPT 10D

N2 = N-SPT 4D

Ap = Luas Penampang (m²)

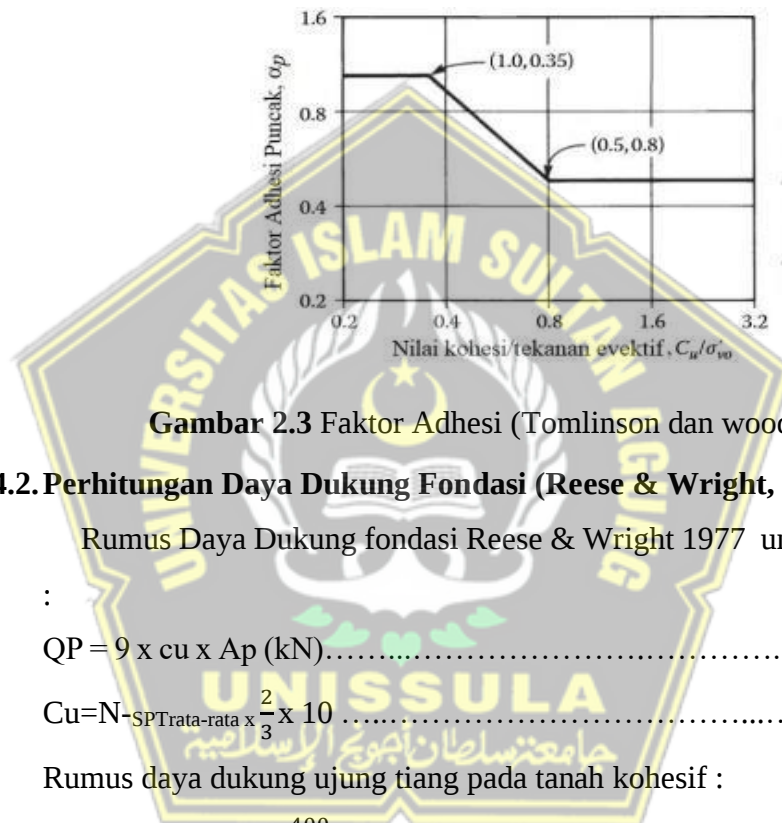
Cu = Kohesi Tanah (kN/m²)

α = Adhesi Empiris

P = Keliling (m)

Li = Tebal Lapisan Tanah (m)

Untuk mendapatkan faktor adhesi empiris, dilihat pada Gambar 2.2 .



Gambar 2.3 Faktor Adhesi (Tomlinson dan woodword, 2015)

2.4.2. Perhitungan Daya Dukung Fondasi (Reese & Wright, 1977)

Rumus Daya Dukung fondasi Reese & Wright 1977 untuk tiang bor

:

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p \text{ (kN)} \dots\dots\dots 2.6$$

$$c_u = N_{\text{SPT rata-rata}} \times \frac{2}{3} \times 10 \dots\dots\dots 2.7$$

Rumus daya dukung ujung tiang pada tanah kohesif :

$$Q_p = 9 \cdot c_u \cdot A_p \leq \frac{400}{3} \cdot N_{\text{SPT rata-rata}} \dots\dots\dots 2.8$$

Rumus daya dukung selimut kohesif :

$$Q_s = 2 \times N_{\text{SPT}} \times P \times L_i \dots\dots\dots 2.9$$

Rumus daya dukung selimut tiang tanah tak kohesif :

$$Q_s = c_u \times \alpha \times p \times \Delta l \dots\dots\dots 2.10$$

Dimana :

Q p = Daya Dukung Ujung (kN)

Q s = Daya Dukung Selimut (kN)

Q u = Daya Dukung Ultimat (kN)

- C_u = Kohesi Tanah (kN/m^2)
 A_p = luas permukaan tiang (m^2)
 α = koreksi faktor (berdasarkan Reese & Wright $\alpha = 0,55$)
 P = keliling (m)
 N = nilai N-SPT
 Δl = kedalaman yang di rencanakan (m)
 $N\text{-SPT}_{\text{rata-rata}} = N\text{-SPT}_{\text{rata-rata}} \text{ dari } 10 D - 4 D$

2.4.3. Daya Dukung Ultimit Fondasi

Rumus daya dukung ultimit fondasi adalah

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots 2.11$$

$$Q_{all} = Q_u / SF \dots\dots\dots 2.12$$

Tabel 2.7. 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

(sumber : Hardiyatmo , 1996)

2.5. Efisiensi Daya Dukung Fondasi *Bored Pile* (kelompok)

Persamaan efisiensi daya dukung untuk kelompok pondasi tiang bor dapat dirumuskan berdasarkan metode *Converse-Labarre* dan Grup *Los Angeles*, berikut adalah persamaan untuk metode *Converse-Labarre* :

$$\eta = 1 - \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right] \times \theta \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana :

- η = efisiensi kelompok (%)
 m = jumlah arah vertical
 n = jumlah kolom arah horizontal
 θ = arc tg d/s
 s = jarak as tiang (m)
 d = diameter tiang (m)

Persamaan menurut *los angeles group*

$$\eta = 1 - \frac{D}{s.m.n'} [m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2(n-1)(m-1)}] \dots\dots\dots 2.14$$

Dimana :

n' = jumlah tiang

Setelah diperoleh hasil efisiensi tiang, persamaan kelompok tiang yang diijinkan adalah sebagai berikut:

$$Q_g = \eta \times n' \times Q_u \dots\dots\dots 2.15$$

Dimana :

Q_g = kapasitas izin kelompok (kN)

η = efisiensi kelompok tiang

N' = jumlah tiang

Q_u = kapasitas dukung ultimate tiang (kN)

2.6. Menentukan Banyak Tiang Pondasi Yang Dibutuhkan

Cara menentukan kebutuhan pondasi, perancang harus mengetahui berapa banyak pondasi yang dibutuhkan untuk memikul beban dari bangunan atas, karena jika pondasi tunggal tidak dapat memikul beban, maka disarankan menggunakan pondasi kelompok, berikut persamaannya.

$$N_p = \frac{V}{Q_{tiang}} \dots\dots\dots 2.16$$

Dimana :

N_p = jumlah tiang

V = beban strukturnya (kN)

Q_{tiang} = daya dukung izin tiang tunggal (kN)

2.7. Menentukan Jarak Antar Tiang

Penentuan jarak antar tiang menjadi penting karena jarak tiang menentukan daya dukung, gesekan dan penurunan tiang yang akan terjadi. Tiang pancang terlalu berjauhan, daya dukung pondasi juga kecil, tiang pancang terlalu dekat, dan biaya terbuang percuma, ada rumus yang menjadi acuan untuk menentukan jarak antar tiang, dan dari acuan ini biasanya bertambah , tetapi hanya sedikit mengikuti persamaan :

$$2,5 D < s < 3D \dots\dots\dots 2.17$$

Dimana D adalah diameter tiangnya.

2.8. Perhitungan Daya Dukung Latera

Saat memulai perhitungan kapasitas lateral tiang tunggal, hal utama yang harus diketahui adalah tentang sifat tiang itu sendiri. Apakah berupa tiang pendek (*rigid pile*) ataupun tiang panjang (*elastic pile*).

$$E_p = 4700 \times \sqrt{f_c} \dots\dots\dots 2.18$$

$$I = \frac{1}{64} \times \pi \times D^4 \dots\dots\dots 2.19$$

Berikut merupakan cara menentukan R dan T.

- a. Pada tanah lempung yang kaku dan mengalami konsolidasi terlebih dahulu, maka modulus tanah dianggap permanen di seluruh kedalam.

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{K_h \times d}} \dots\dots\dots 2.20$$

- b. Untuk tanah lempung dan granular yang mengalami konsolidasi normal, maka modulus tanah menjadi tak permanen atau meningkat dengan linier di kedalaman tertentu.

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p \times I_p}{nh}} \dots\dots\dots 2.21$$

$$4T = 4 \times T \dots\dots\dots 2.22$$

Keterangan :

- E_p = Modulus Elastisitas Tiang (kN/m^2)
- I = Momen Inersia (m^4)
- nh = Koefisien Modulus Variasi (kN/m^3)
- K_h = Modulus Reaksi Subgrade (kN/m^3)
- D = Diameter (m)

Untuk mengetahui bahwa tanah akan runtuh akibat pembebanan lateral, maka momen lentur maksimum harus dihitung terlebih dahulu. Jika $M_{\max} > M_y$, maka tanah tidak runtuh dan H_u diperoleh dari kekuatan bahan tiang dalam menahan beban momen.

$$M_{\max} = D \times \gamma \times L^3 \times K_p \dots\dots\dots 2.23$$

- a. Perhitungan daya dukung lateral fondasi metode Broms (1964) Digunakan untuk menghitung maksimal tanah disebabkan oleh gaya lateral (*rigid pile*) atau (*elastic pile*). Berikut merupakan rumus untuk elastic pile pada kondisi lapisan tanah yang sama dan tanah kohesif :

$$H_u = \frac{2 M_y}{e + \frac{2f}{3}} \dots\dots\dots 2.24$$

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{d \times K_p \times \gamma}} \dots\dots\dots 2.25$$

$$H_{ijin} = H_u / S_f \dots\dots\dots 2.26$$

Dimana :

- H_u = Daya Dukung Lateral Tiang (kN)
- M_y = Momen Max Yang Dapat Ditahan Tiang (kN.m)
- γ = Berat Volume Tanah (kN/m³)
- D = Diameter (m)
- e = Jarak Titik Beban Horizontal ke Permukaan Tanah (m)
- K_p = Koefisien Tekanan Tanah Pasif
- f = Jarak Kedalaman Titik Dimana Gaya Geser = 0 (m)

b. Defleksi Tiang

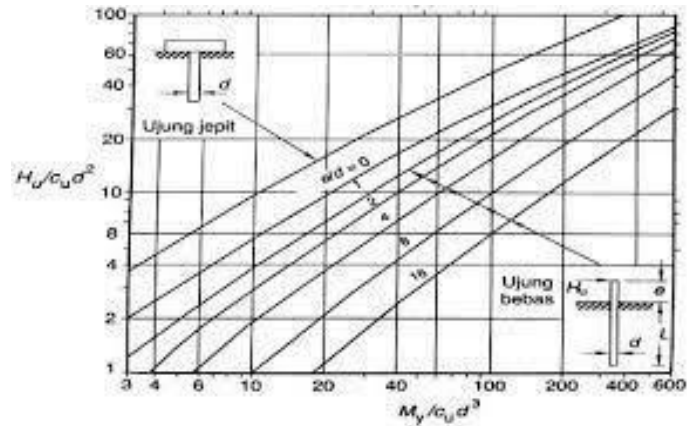
$$\alpha = \left[\frac{n_h}{E_p \times I_p} \right]^{1/5} \dots\dots\dots 2.27$$

Dimana :

- E_p = Modulus Elastisitas Tiang (kN/m²)
- I_p = Momen Inersia Tiang (m⁴)
- n_h = Koefisien Modulus Variasi (kN/m³)
- Tiang pendek jika $\alpha L < 2$, $y_o = \frac{2H}{L^2 \times n_h} \dots\dots\dots 2.28$
- Tiang pendek jika $\alpha L < 4$, $y_o = \frac{0,93 H}{(n_h)^{0,6} (E_p I_p)^{0,4}} \dots\dots\dots 2.29$

Dimana :

- H = Beban Lateral (kN)
- L = Panjang Tiang (m)
- Nilai H_u didapat berdasarkan grafik
- Tahanan momen ultimit = $\frac{M_u}{D^4 \times \gamma \times k_p} \dots\dots\dots 2.30$



Gambar 2.4 Grafik Angka Tahanan Momen Ultimit
(Hardiyatmo, 2013)

Perhitungan lateral izin adalah:

$$\text{Tahanan momen ultimit (grafik)} = \frac{H_u}{D^4 \times Y \times k_p} \dots\dots\dots 2.31$$

Untuk menentukan nilai n_h sesuai jenis tanah dalam Tabel 2.8 dan Tabel 2.9.

Tabel 2.8. Nilai-Nilai Untuk Tanah Granular $\rightarrow c = 0$

Kerapatan Rlatif (d_r)	Tak padat	sedang	padat
Interval nilai A	100 – 300	300 - 1000	1000 - 2000
Nilai A dipakai	200	600	1500
Kerapatan relatif (d_r)	Tak padat	sedang	padat
N_h , pasir kering atau lembab (Kn/m^3) , Terzaghi	2425	7275	19.400
n_h , pasir terendam air (Kn/m^3) ,	1386	4850	11779
Terzaghi	5300	16300	34000
Reese et al			

(sumber : Hardiyatmo, 2013)

Tabel 2.9. Nilai - Nilai Untuk Tanah Kohesif

Tanah	nh (kN/m ³)	Referensi
Lempung	166 - 3518	Reese & Matlock 1950
Terkonsolidasi	277 - 554	Davisson - Prakash 1963
Normal Lunak		
Lempung	111 - 277	Pech dan Davisson 1962
Terkonsolidasi	111 - 831	Davisson 1970
Normal Organik		
Gambut	55	Davisson 1970
	17,7 - 111	Wilson dan Hitls 1967
<i>Loess</i>	8033 - 11080	Bowles 1968

(sumber : Pouloos dan Davis , 1980)

2.9. Penurunan Pada Fondasi *Bored Pile*

Penurunan terhadap pondasi tiang pancang dan *bored pile* biasanya hanya terjadi sedikit penurunan saja, karena dalam perencanaan fondasi diantara kedua fondasi tersebut sangat mempertimbangkan daya dukung ujung tiangnya serta friksinya. Berikut adalah persamaan penurunan fondasi menurut Vesic (1977).

$$S_t = S_1 + S_2 + S_3 \dots \dots \dots 2.32$$

Dimana :

S = total penurunan (mm)

S_1 = akibat batang (mm)

S_2 = akibat beban di ujung (mm)

S_3 = akibat beban yang tersalurkan sepanjang selimut (mm)

persamaan semi empiris untuk menentukan S_1 , S_2 dan S_3 adalah sebagai berikut :

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi \times Q_{ws}) \times L}{A_b \times E_p} \dots \dots \dots 2.33$$

$$S_2 = \frac{Q_{wp} \times C_p}{D \times q_p} \dots \dots \dots 2.34$$

$$S_3 = \frac{Q_{wp}}{P.L} \times \frac{D}{E_s} \times (1 - \mu_s^2) \times I_{ws} \dots \dots \dots 2.35$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \dots\dots\dots 2.36$$

Dimana :

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

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

L = panjang tiang (m)

A_b = Luas peinampang tiang (m^2)

E_p = modulus elastisitas tiang (MPa)

ξ = 0,5 (diistribusi tahanan sepanjang tiang)

q_p = tahanan ujung batas tiang (kN)

C_p = koefisien empiris, dapat dilihat pada tabel 2.10

Tabel 2.10. 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

(sumber : Vesic, 1977)

Berikut adalah persamaan penurunan fondasi tiang kelompok :

$$S_g = St \sqrt{\frac{b'}{B}} \dots\dots\dots 2.37$$

Dimana :

S_g = Penurunan Kelompok Tiang (mm)

St = Penurunan Tiang Tunggal (mm)

b' = Lebar Kelompok Tiang (mm)

B = Diameter Fondasi (mm)

Dari hasil rumus diatas akan didapatkan nilai reduksi, namun untuk keamanan perlu dihitung batas yang diijinkan pengurangan pondasi tiang bor sebagai berikut :

$$S_{izin} = 10\% \times D \dots\dots\dots 2.38$$

Dimana D adalah diamter fondasi, dan hasil penuruna tidak boleh melebihi dari S_{izin} tersebut.

2.10. Waktu Penurunan

Waktu penurunan tanah harus diketahui untuk menemukan solusi yang tepat untuk mempercepat penurunan dan membuat konstruksi lebih aman tanpa penurunan lebih lanjut. Salah satu cara untuk mempercepat penurunan adalah dengan menggunakan *vertical drain*. Berikut adalah rumus untuk menghitung *settlement* / penurunan :

$$T = \frac{T_v \times H^2}{C_v} \dots\dots\dots 2.39$$

Dimana :

T = waktu penurunan

T_v = factor waktu (derajat konsolidasi rata-rata), pada tabel 2.11

H² = seluruh panjang lintasan fondasi (m)

C_v = derajat konsolidasi (0.0045 m² / dtk)

Tabel 2.11. Derajat konsolidasi

U _{av} (%)	T _v
0	0
10	0,008
20	0,031
30	0,071
40	0,126
50	0,197
60	0,403
70	0,197
80	0,567
90	0,0848
100	∞

(Sumber : Adi Mardani, 2014)

2.11. Perhitungan Penulangan

a. Penulangan *Pile Cap* (Handri. dkk, 2019)

- Menghitung rasio tulangan

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \rho \cdot 0,8 \cdot f_y \cdot (1 - 0,588 \cdot \frac{f_y}{f_{c'}}) \dots\dots\dots 2.40$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_{c'} }{f_y} \beta_1 \frac{600}{600+f_y}, \beta_1 = 0,85 \dots\dots\dots 2.41$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots 2.42$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots 2.43$$

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

- Menghitung luas tulangan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{rencana} \dots\dots\dots 2.44$$

- Menghitung diameter dan jarak tulangan

$$A_{s_{tul}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \dots\dots\dots 2.45$$

$$\text{Jumlah tulangan yang dibutuhkan, } A_s/A_{s_{tul}} \dots\dots\dots 2.46$$

$$S = \text{lebar} / n \text{ tulangan} \dots\dots\dots 2.47$$

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

$$D_{pakai} = h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan} \dots\dots\dots 2.48$$

- Kontrol terhadap geser pons 1 arah

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_{c'}} \times b_w \times d, \text{ dengan } V_n \leq V_c \dots\dots\dots 2.49$$

$$\text{Maka, } \frac{V_u}{\phi} \leq \frac{1}{6} \sqrt{f_{c'}} \times b_w \times d \dots\dots\dots 2.50$$

Dimana :

$$B_w = \text{lebar fondasi (m)}$$

$$d = h - d' \text{ (tinggi pelat – selimut beton) (m)}$$

$$\phi = 0,6$$

- Kontrol geser pons 2 arah

$$V_c = (1 + \frac{2}{\beta_0}) \frac{2}{3} \times \sqrt{f_{c'}} \times b_o \times d \dots\dots\dots 2.51$$

Dimana :

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

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

$$d = \text{tinggi efektif (m)}$$

b. Penulangan *bored pile* (Karim, 2020)

- Menghitung eksentrisitas penampang

$$e = M_u / P_u \dots\dots\dots 2.52$$

- Menghitung gaya aksial nominal

$$P_n \text{ perlu} = \frac{P_u}{\phi} \dots\dots\dots 2.53$$

- Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \dots\dots\dots 2.54$$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot p \cdot D^2 \dots\dots\dots 2.55$$

$$A_{s \text{ tul}} = \frac{1}{4} \times \pi \times D_{st}^2 \dots\dots\dots 2.56$$

$$n = \frac{A_s}{A_{s \text{ tul}}} \dots\dots\dots 2.57$$

$$A_{st} = \frac{1}{4} \times \pi \times D_{st}^2 \times n \dots\dots\dots 2.58$$

Dimana :

A_g = luas penampang beton (mm^2)

A_{st} = luas tulangan (mm^2)

D = diameter fondasi (mm)

D_{st} = diameter tulangan (mm)

n = jumlah tulangan

p = 0,0117

- Perhitungan kekuatan beban axial max

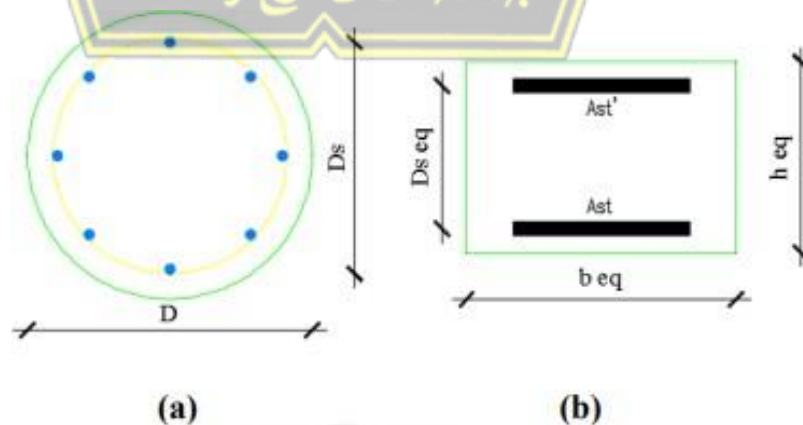
$$\phi P = 0,85 \cdot \phi (0,85 \times f_c' (A_g - A_{st})) + (f_y \times A_{st}) \dots\dots\dots 2.59$$

$$P_{n \text{ max}} = \phi P / 0,8 > P_u \dots\dots\dots 2.60$$

- Perhitungan kekuatan penampang

$$H_{ekiv} = 0,8 h \dots\dots\dots 2.61$$

h adalah diameter kolom bulat



Gambar 2.5 (a) penampang lingkaran , (b) penampang persegi

(<http://eprints.umm.ac.id>)

$$L_{ekiv} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}{H_{ekiv}} \dots\dots\dots 2.62$$

Luas penampang total As'

$$As' = As = \frac{1}{2} \times Ast \dots\dots\dots 2.63$$

$$d'_{kolom\ bundar} = \text{selimut beton} + 0,5D \text{ tul utama} + \text{senggang} \dots\dots\dots 2.64$$

$$Ds = D - 2d'_{kolom\ bundar} \dots\dots\dots 2.65$$

$$D_{Seq} = \frac{2}{3} \times Ds \dots\dots\dots 2.66$$

$$d'_{ekui} = h_{ekiv} - (D_{Seq}/2) \dots\dots\dots 2.67$$

- cek tegangan tekan

$$d_{ekiv} = h'_{ekiv} + \frac{h_{ekiv} - D_{Seq}}{2} \dots\dots\dots 2.68$$

$$Cb = \frac{600}{600 + f_y} \times d_{ekiv} \dots\dots\dots 2.69$$

$$Ab = 0,85 \times cb \dots\dots\dots 2.70$$

$$F_s = \frac{0,003 \times E_s \times (d_{ekiv} - cb)}{d_{ekiv}} \dots\dots\dots 2.71$$

Batasannya adalah f_y rencana

- perhitungan axial balance

$$P_n = (0,85 \cdot f_c' \cdot Ab \cdot b) + (As' \cdot f_s') - (As \cdot f_y) \dots\dots\dots 2.72$$

Syarat $\phi P_n \geq P_u$

c. Perhitungan tulangan sengkang (Handri. Dkk, 2019)

- Menghitung $H_{ekuivalen}$, sesuai dengan persamaan 2.61

$$\text{• Menghitung } B_{min}, b_{min} = A_g / h_{ekiv} \dots\dots\dots 2.73$$

- Menghitung luas penampang (A_g)

- Menghitung luas penampang sengkang

$$\text{• } A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \text{jumlah sengkang} \dots\dots\dots 2.74$$

$$\text{• Menghitung } V_n \text{ perlu} = V_u / 0,8 \dots\dots\dots 2.75$$

$$\text{• Menghitung } V_c = \frac{1}{6} \times \left(+ \frac{N_u}{14 \times A_g} \right) \times 0,85 \times f_c^{0,5} \times b_w \times d \dots\dots\dots 2.76$$

$$\text{• Menghitung } V_s = V_n \text{ perlu} - V_c \dots\dots\dots 2.77$$

$$\text{• Menghitung } \phi V_c = V_c / 0,75 \dots\dots\dots 2.78$$

2.12. Pemodelan Menggunakan *Software*

Penulis tugas akhir ini akan menggunakan *software* SAP2000 V.14 dan *software* PLAXIS V 8.6. Berikut adalah deskripsi singkatnya.

a. SAP2000 V.14

Analisis beban proyek pembangunan kantor pemerintahan terpadu Kabupaten Brebes dihitung dengan menggunakan *software* aplikasi SAP2000 V.14. *Software* SAP2000 V.14 merupakan program yang akan digunakan untuk menghitung beban pada struktur bangunan pada saat merencanakan pondasi yang akan direncanakan.

Software ini dapat digunakan untuk merencanakan bangunan, jembatan, menara, dan banyak lagi. Dan dalam perencanaannya, material baja dan beton dapat digunakan sesuai kebutuhan. Program ini lengkap dan mudah digunakan karena fitur yang ada di dalamnya sudah mencukupi. Keluaran dari program ini berupa momen, geser dan gaya normal, sehingga dari keluaran tersebut akan diperoleh beban maksimum dari kolom yang direncanakan untuk perencanaan pondasi.

b. PLAXIS V.8.6

Plaxis adalah metode analisis stabilitas tanah dengan menerapkan elemen hingga yang dapat memperkirakan atau memprediksi kejadian nyata. Lokasi-lokasi dalam program ini menyediakan berbagai analisis yang dapat digunakan. Namun sayangnya prosedur ini jarang diketahui oleh mahasiswa teknik sipil karena prosedur ini hanya digunakan untuk masalah geoteknik saja, tetapi dalam teknik sipil tidak bisa lepas dari masalah geoteknik, bisa berupa tanah atau batuan.

Perhitungan penurunan yang terjadi pada perencanaan pondasi akan dihitung secara manual menggunakan *software* PLAXIS V 8.6. Perangkat lunak ini merupakan program analisis geoteknik yang dapat menganalisis stabilitas tanah. Program ini dapat menganalisis penurunan tanah, penggalian, tanggul dan tanggul. Dalam perencanaan ini, plaxis digunakan untuk menghitung penurunan yang terjadi pada perencanaan pondasi dan digunakan sebagai pembanding dengan perhitungan manual.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pendahuluan

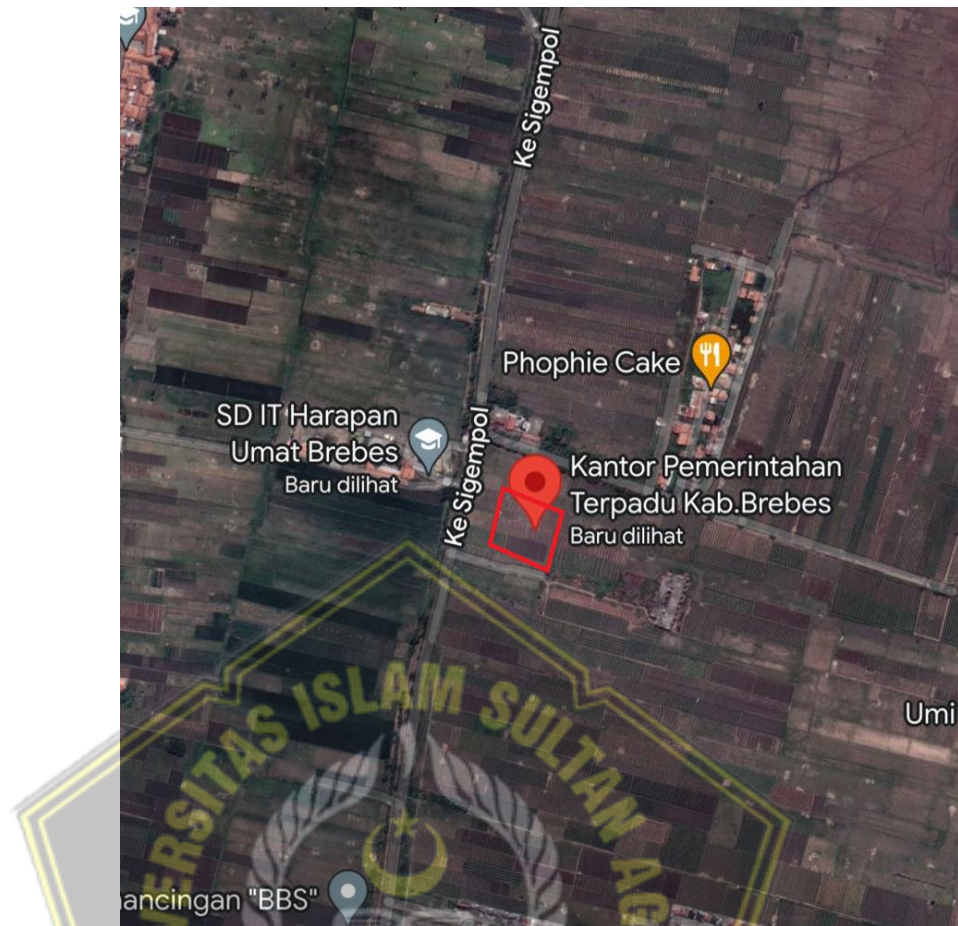
Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merencanakan fondasi tipe *bored pile* pada proyek pembangunan Kantor Pemerintahan Terpadu Kabupaten Brebes yang terdiri dari 7 lantai. Analisis beban bangunan dengan menggunakan program SAP 2000v.14 dan mengetahui hasil pemodelan di *software* SAP 2000v.14 akan mendapatkan beban terbesar pada bangunan serta reaksi-reaksi pada kolom dan balok akibat beban diatasnya. Perhitungan fondasi yaitu Fondasi *bored pile*. Untuk perhitungan nilai penurunan fondasi dilakukan perhitungan manual dan *software* PLAXIS V 8.6.

3.2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada tugas akhir ini adalah data sekunder di dapatkan secara tidak langsung pada proyek pembangunan Kantor Pemerintahan Terpadu Kabupaten Brebes PT. Istaka Karya (persero) atau dengan mencari sumber dari data pustaka – pustaka dan data teknis yang diperoleh dari instansi tersebut. Data yang digunakan yaitu data penyelidikan tanah (N-SPT) dan gambar denah pondasi yang akan digunakan untuk perhitungan perencanaan dan analisa fondasi yang dapat dilihat pada lampiran serta data – data pustaka lainnya.

3.3. Lokasi Proyek

Proyek Pembangunan Kantor Pemerintahan Terpadu Kabupaten Brebes terletak di Desa Silenggang, PS. Batang, Kec. Brebes, Kab. Brebes, Jawa Tengah



Gambar 3. 1 Lokasi Proyek Kantor Pemerintahan Terpadu (KPT) Kabupaten Brebes.

3.4. Data Umum Proyek

Pengembangan Gedung Kantor Pemerintahan Terpadu Kabupaten Brebes 7 Lantai yang memiliki data umum sebagai berikut :

Tabel 3.1 Data Umum Proyek

Jenis Data	Keterangan
Nama Proyek	Kantor Pemerintahan Terpadu Kabupaten Brebes
Lokasi Proyek	Silenggang, PS. Batang, Kec. Brebes, Kab. Brebes, Jawa Tengah
Pemilik Proyek	DINAS PEKERJAAN UMUM KABUPATEN BREBES

Kontraktor Pelaksana	PT. Istaka Karya (persero)
Konsultan MK	PT. Andaru Koncer Jagad PT. Elcentro Engineering Consultant PT. Adjisaka Konsultan Teknik KSO
Sumber Dana	Anggaran pendapatan dan Belanja Daerah (APBD)
Nilai Kontrak	110.775.611.176,00

(Sumber : PT. Istaka Karya (persero))

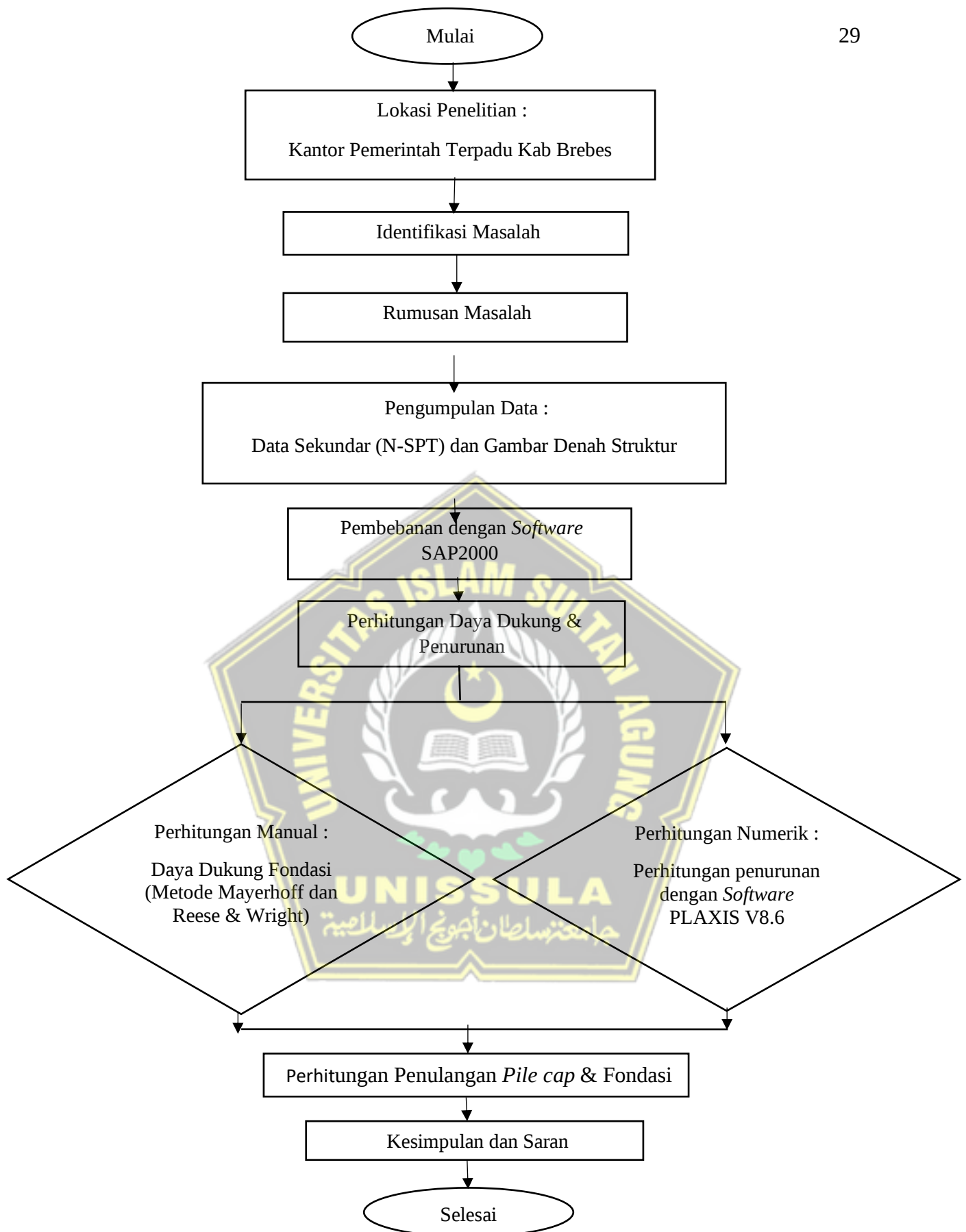
3.5. Tahap Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini, terdapat beberapa tahapan pelaksanaan agar tujuan dari penelitian ini dapat tercapai. Untuk memudahkan penulisan Tugas Akhir ini, penulis melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- Tahap pertama adalah mengumpulkan berbagai jenis literatur, termasuk buku-buku dan tulisan-tulisan ilmiah yang relevan dengan penelitian ini.
- Tahap kedua mengumpulkan data survei tanah dari proyek pembangunan kantor pemerintah terpadu PT. Istaka Caria (Persero). Data yang dikumpulkan meliputi data proyek umum, data SPT, data tanah.
- Tahap ketiga adalah analisis data yang diperoleh dari lapangan, termasuk buku-buku dan jenis literatur lain yang berkaitan dengan penulisan tugas akhir.
- Tahap Keempat Pada tahap ini melakukan perhitungan manual dan perbandingan daya dukung ultimit dan penurunan pondasi tiang tunggal dan kelompok tiang serta aktivitas aplikasi *software* SAP 2000 v.14 dan *software* Plaxis 8.6
- Tahap Kelima melakukan perhitungan dan perbandingan serta menarik kesimpulan.

3.6. Studi Literatur

Sumber literatur atau pustaka diambil dari berbagai sumber seperti jurnal, diktat, pedoman peraturan dan referensi teoritis terkait untuk mendapatkan landasan teori dan parameter yang diperlukan.



Gambar 3. 2 Flow chart Perencanaan Fondasi Bored Pile Kantor Pemerintahan Terpadu Kabupaten Brebes

Rencana Waktu Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini akan memakan waktu 3 bulan. Rencana penelitiannya adalah sebagai berikut pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Rencana Waktu Penelitian

No.	Kegiatan	Februari				Maret			
		Minggu Ke							
		1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Tahap Persiapan Penelitian								
	a. Penyusunan dan Pengajuan Judul								
	b. Pengajuan Proposal								
	c. Perijinan Penelitian								
2.	Tahap Pelaksanaan								
	a. Pengumpulan Data								
	b. Analisis Data								
3.	Tahap Penyusunan Laporan								

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum

Bab ini berisi tentang analisis data didapat dari pengolahan data tanah pada proyek pembangunan Kantor Pemerintah Terpadu Kabupaten Brebes. Pada perencanaan fondasi sebelumnya proyek tersebut menggunakan tiang pancang pondasi tiang pancang $\varnothing$ 50 cm kedalaman 48 m. Sedangkan pada tugas akhir ini akan dirancang dengan fondasi tiang bor dengan $\varnothing$ 50 cm. Data tersebut akan dibuat untuk menganalisa daya dukung dan penurunan fondasi menggunakan data survey tanah berupa N-SPT (*Standart Penetration Test*), Perhitungan daya dukung fondasi menggunakan Metode Mayerhoff dan Metode Reese & Wright, Metode Converse-Labarre untuk perhitungan daya dukung kelompok, perhitungan penurunan fondasi secara manual dengan Metode Vesic dan juga menggunakan *software* PLAXISV.8.6

Perhitungan beban pada superstruktur menggunakan *software* SAP2000 untuk mengetahui beban maksimum yang akan ditopang oleh fondasi yang dirancang. Yang mengacu pada SNI 1727-2013 mengenai beban minimum gedung untuk beban hidup, SNI 1726-2019 mengenai beban gempa dan PPIUG 1983 tentang peraturan pembebanan untuk beban mati.

Tabel 4.1 Data Boring Log dan Nspt Proyek Pembangunan Kantor Pemerintah Terpadu Kabupaten Brebes.

Dept	Sample description	Nspt
0 - 5	Lempung lanau berpasir sisipan krikilan anorganis coklat hingga abu - abu	4
6 - 10	Lempung lanau anorganis abu – abu	7
10 - 15	Lempung lanau anorganis abu - abu	13
15 - 20	Lempung lanauan anorganis abu - abu	15
20 – 25	Lempung lanauan anorganis abu - abu	24

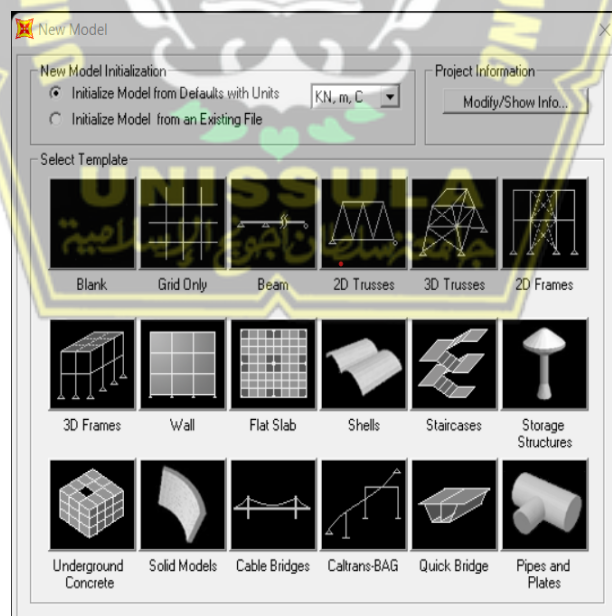
26 – 30	Lempung lanauan anorganis abu – abu hingga abu – abu kecoklatan	26
31 – 35	Lempung lanauan anorganis abu – abu hingga abu – abu kecoklatan	22
36 – 40	Lempung lanauan anorganis abu – abu hingga abu – abu kecoklatan	28
41 – 45	Lempung lanauan anorganis abu – abu hingga abu – abu kecoklatan	39
46 - 50	Lempung lanauan anorganis abu – abu,	60

(Sumber : Data Boring Log dan Nspt Proyek Pembangunan Kantor Pemerintah Terpadu Kabupaten Brebes)

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

Langkah-langkah perhitungan beban bangunan menggunakan aplikasi SAP 2000 v.14. sebagai berikut :

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



Gambar 4.1 *New Model*

b. Mengatur koordinat, klik kanan, lalu klik *Edit Grid data*

Define Grid System Data

System Name: GLOBAL Units: KN, m, C

Grid Lines: Quick Start...

X Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	A	0.	Primary	Show	End	
2	B	8.	Primary	Show	End	
3	C	14.	Primary	Show	End	
4	D	20.	Primary	Show	End	
5	E	28.	Primary	Show	End	
6	F	36.	Primary	Show	End	
7	G	44.	Primary	Show	End	
8	H	50.	Primary	Show	End	

Y Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	1	0.	Primary	Show	Start	
2	2	6.5	Primary	Show	Start	
3	3	8.5	Primary	Show	Start	
4	4	14.5	Primary	Show	Start	
5	5	20.5	Primary	Show	Start	
6	6	26.5	Primary	Show	Start	
7	7	29.5	Primary	Show	Start	
8	8	32.5	Primary	Show	Start	

Z Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	Z1	0.	Primary	Show	End	
2	Z2	4.	Primary	Show	End	
3	Z3	8.	Primary	Show	End	
4	Z4	12.	Primary	Show	End	
5	Z5	16.	Primary	Show	End	
6	Z6	20.	Primary	Show	End	
7	Z7	24.	Primary	Show	End	
8	Z8	28.	Primary	Show	End	

Display Grids as:
☒ Ordinates ☐ Spacing
☐ Hide All Grid Lines
☐ Glue to Grid Lines
Bubble Size: 1,3125
Reset to Default Color
Reorder Ordinates
OK Cancel

Gambar 4.2 Edit Grid

c. Lalu klik *define – materials – modify*

Material Property Data

General Data
Material Name and Display Color: fy 420
Material Type: Rebar
Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass
Weight per Unit Volume: 200000.
Mass per Unit Volume: 20394.324
Units: KN, m, C

Isotropic Property Data
Modulus of Elasticity, E: 1.999E+08
Poisson's Ratio, U: 0.3
Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05
Shear Modulus, G: 76903069

Other Properties for Rebar Materials
Minimum Yield Stress, Fy: 400000.
Minimum Tensile Stress, Fu: 540000.
Expected Yield Stress, Fye: 400000.
Expected Tensile Stress, Fue: 540000.

☐ Switch To Advanced Property Display
OK Cancel

Gambar 4.3 Material Baja

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: K-300 ■

Material Type: Concrete

Material Notes: [Modify/Show 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: 23500000

Poisson's Ratio, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 9038462.

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 25000.

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Gambar 4.4 Material Beton

- d. Klik *define – section properties – frame section* – lalu pilih bahannya karena pakai beton jadinya pilih *concrete*.

Add Frame Section Property

Select Property Type: Concrete

Frame Section Property Type: Concrete

Click to Add a Concrete Section:

Rectangular Circular Pipe Tube

Precast I Precast U

Cancel

Gambar 4.5 Material *Frame Section*

- e. Lalu pilih bentuk sesuai kebutuhan dan klik *concreate*
reinforcemet

Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + fy 420

Confinement Bars (Ties) + fy 420

Design Type

☐ Column (P-M2-M3 Design)

☒ Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

Top 0,04

Bottom 0,04

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

	Left	Right
Top	6,	3,
Bottom	3,	6,

OK Cancel

Gambar 4.6 Reinforcement Data untuk Beam

Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + fy 420

Confinement Bars (Ties) + fy 420

Design Type

☒ Column (P-M2-M3 Design)

☐ Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

☒ Rectangular

☐ Circular

Confinement Bars

☒ Ties

☐ Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars 0,04

Number of Longit Bars Along 3-dir Face 3

Number of Longit Bars Along 2-dir Face 3

Longitudinal Bar Size + N16

Confinement Bars

Confinement Bar Size + #10

Longitudinal Spacing of Confinement Bars 0,2

Number of Confinement Bars in 3-dir 3

Number of Confinement Bars in 2-dir 3

Check/Design

☐ Reinforcement to be Checked

☒ Reinforcement to be Designed

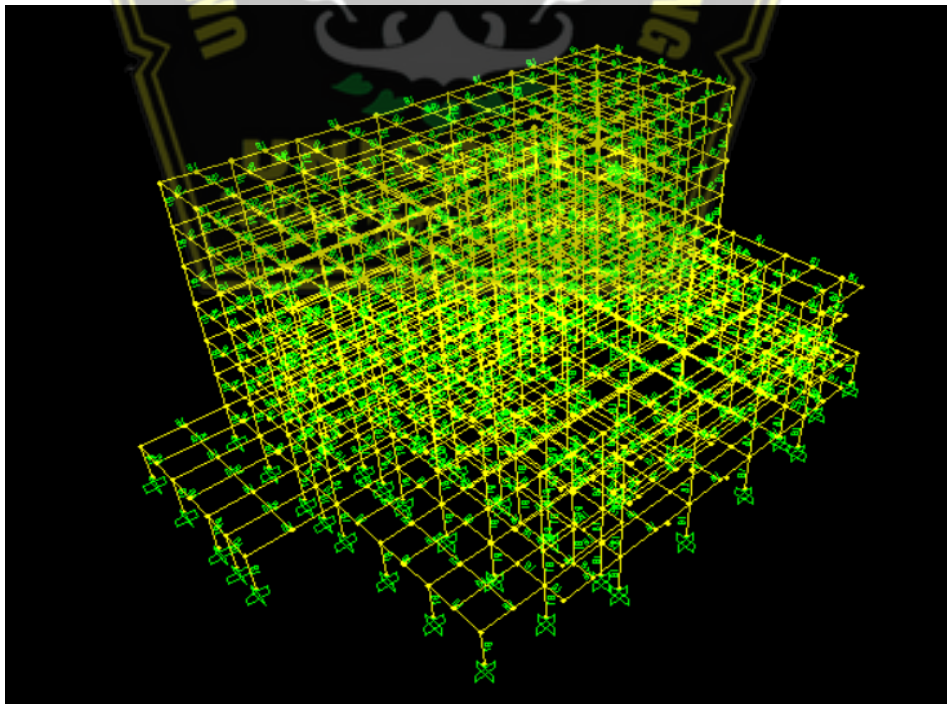
OK Cancel

Gambar 4.7 Reinforcement Data untuk Kolom

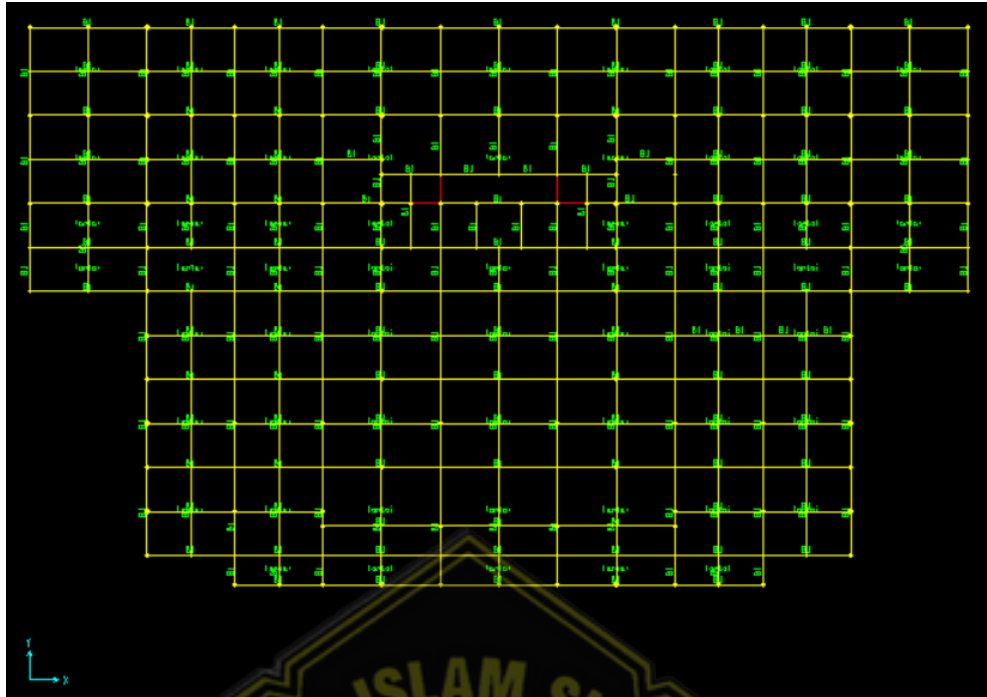
- f. Untuk plat, klik *Define – section properties – area section – modify*

Gambar 4.8 *Shell Section Data*

- g. Setelah bahan dan material ditentukan, lalu seleksi batang sesuai dengan tipe materialnya, *Assign – Frame Section*, lalu pilih propertisnya

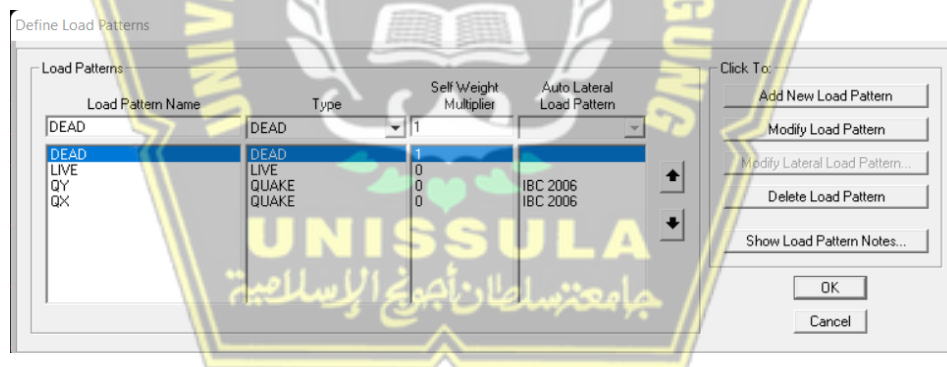


Gambar 4.9 Plot Penampang



Gambar 4.10 *Detail Propertis Batang*

- h. Klik *define – load pattrrens* – lalu muncul dialognya, dan isi sesuai beban yang akan di input



Gambar 4.11 *Load Pattrrens*

- i. Selanjutnya membuat kombinasi beban yang akan digunakan berdasarkan SNI 1727 2013 : 11 :

- 1.4 D
- 1.2 D + 1.6 L
- 1.2 D + L + QX
- 1.2 D + L + QY
- 0.9 D + QX
- 0.9 D + QY

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): 1.4 D
 Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

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

Define Combination of Load Case Results

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

Add Modify Delete

OK Cancel

Gambar 4.12 Load Combination Data

- j. Untuk pembebanan balok, seleksi dulu kemudian dibebani, klik *Assign-frameload – distributed*

Frame Distributed Loads

Load Pattern Name: + DEAD Units: KN, m, C

Load Type and Direction:
☒ Forces ☐ Moments
 Coord Sys: GLOBAL Direction: Gravity

Options:
☐ Add to Existing Loads
☒ Replace Existing Loads
☐ Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0.25	0.75	1.
Load	0.	0.	0.	0.

☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

Uniform Load:
 Load: 0.

OK Cancel

Gambar 4.13 Load Pattren Loads

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

Area Uniform Loads to Frames

Load Pattern Name + DEAD	Units KN, m, C
Uniform Load Load: 3,14 Coord System: GLOBAL Direction: Gravity Distribution: Two-Way	Options ☐ Add to Existing Loads ☒ Replace Existing Loads ☐ Delete Existing Loads
OK	Cancel

Gambar 4.14 *Load Pattern Dead*

Area Uniform Loads to Frames

Load Pattern Name + LIVE	Units KN, m, C
Uniform Load Load: 8,9 Coord System: GLOBAL Direction: Gravity Distribution: Two-Way	Options ☐ Add to Existing Loads ☒ Replace Existing Loads ☐ Delete Existing Loads
OK	Cancel

Gambar 4.15 *Load Pattern Live*

- l. Masukkan beban gempa respon spektrum sesuai data yang diambil dari website http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia dan juga SNI 1726 : 2019. Caranya klik *define – funtions – respons spectrum-* pilih IBC2006

Response Spectrum IBC 2006 Function Definition

Function Name RESPEK **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 740.
 1 Sec Spectral Accel, S1 301.
 Long-Period Transition Period 6.

Site Class 0
 Site Coefficient, Fa 1.
 Site Coefficient, Fv 1.5

Calculated Values for Response Spectrum Curve

SDS = (2/3) * Fa * Ss 493.3333
 SD1 = (2/3) * Fv * S1 301.

Define Function

Period	Acceleration
0.	197.3333
0.122	493.3333
0.6101	493.3333
0.8	376.25
1.	301.
1.2	250.8333
1.4	215.
1.6	188.125
1.8	167.2222

Function Graph

Buttons: Convert to User Defined, Display Graph, OK, Cancel

Gambar 4.16 Response Spectrum

m. Klik *define – load cases- modify QX dan QY*

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name QX **Set Def Name** **Notes** **Modify/Show...** **Load Case Type** Response Spectrum **Design...**

Modal Combination

☒ CQC ☐ SRSS ☐ Absolute ☐ GMC ☐ NRC 10 Percent ☐ Double Sum

GMC I1 1.
 GMC I2 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	RESPEK	0.7
Accel	U1	RESPEK	0.7
Accel	U2	RESPEK	0.3

Buttons: Add, Modify, Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

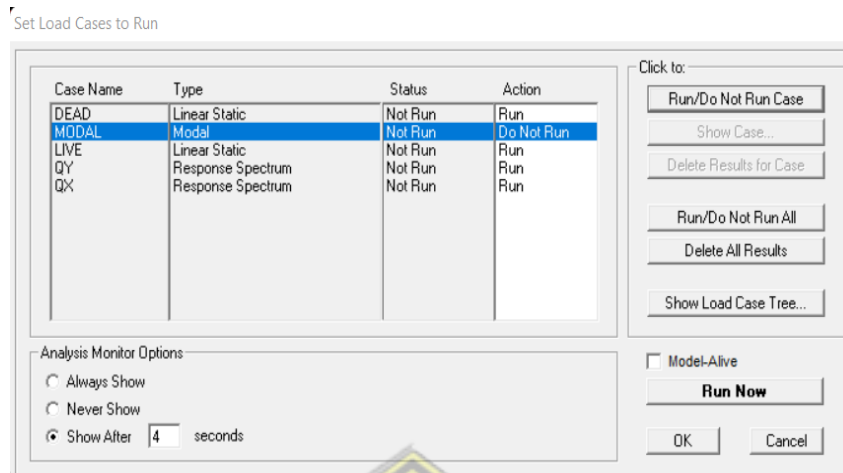
Other Parameters

Modal Damping Constant at 0.05 **Modify/Show...**

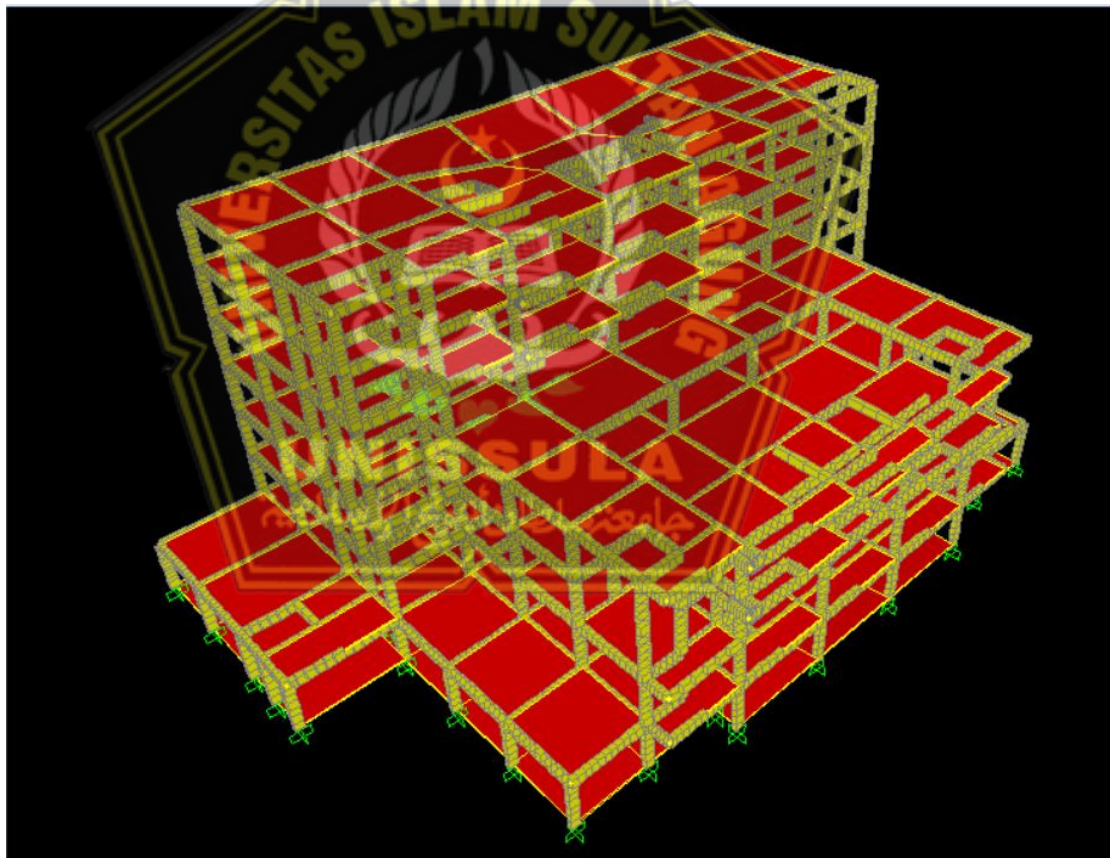
Buttons: OK, Cancel

Gambar 4.17 Load Case Respon Spectrum

- n. Setelah semua data di input, klik *Analyze – Run Analyze – ok*



Gambar 4.18 *Run Analyze*



Gambar 4.19 Hasil *Run Analyze*

4.3. Metode Perhitungan

Metode perhitungan yang dilakukan meliputi :

4.3.1. Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode Mayerhof 1956

Berdasarkan Persamaan 2.2

$$Q_p = 40 \times N_b \times A_p$$

Dimana :

Q_p = daya dukung ujung (kN)

$$N_b = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

N_b = nilai rata-rata N-SPT pada dasar tiang,

N_1 = nilai rata-rata N_{spt} pada kedalaman 10D di atas tiang

N_2 = nilai rata-rata N_{spt} pada kedalaman 4D di bawah tiang

A_p = luas penampang (m^2)

4.3.2. Perhitungan Daya Dukung Selimut Fondasi *Bored Pile* Kohesif Mayerhof 1956

Berdasarkan Persamaan 2.4

$$Q_s = 2 \cdot N_{spt} \cdot P \cdot L_i$$

Dimana :

Q_s = Daya Dukung Selimut (kN)

P = Keliling (m)

L_i = Tebal Lapisan Tanah (m)

4.3.3. Perhitungan Daya Dukung Ultimit Fondasi

Berdasarkan Persamaan 2.11 dan 2.12

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_{all} = Q_u / SF$$

Dimana :

Q_p = Daya Dukung Ujung (kN)

Q_s = Daya Dukung Selimut (kN)

Q_u = Daya Dukung Ultimat (kN)

Q_{all} = Kapasitas Daya dukung ijin (kN)

SF = Faktor Keamanan (2,5)

4.3.4. Perhitungan Nilai Kohesi Tanah Metode Reese & Wright, 1977

Berdasarkan Persamaan 2.7

$$C_u = \frac{2}{3} \cdot N \cdot SPT_{rata-rata} \cdot 10$$

Dimana :

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

$$N \cdot SPT_{rata-rata} = \frac{N_1 + N_2 + N_{spt \text{ fondasi}}}{3}$$

N_1 = nilai rata-rata N_{spt} pada kedalaman 10D di atas tiang

N_2 = nilai rata-rata N_{spt} pada kedalaman 4D di bawah tiang

4.3.5. Perhitungan Daya Dukung Fondasi Reese & Wright, 1977

Berdasarkan Persamaan 2.6

$$Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p$$

Dimana :

Q_p = daya dukung ujung (kN)

C_u = kohesi tanah (kN/m²)

A_p = luas penampang (m²)

4.3.6. Perhitungan Daya Dukung Selimut Fondasi Bored Pile

Berdasarkan Persamaan 2.4

$$Q_s = 2 \cdot NSPT \cdot P \cdot L_i$$

Dimana :

Q_s = Daya Dukung Selimut (kN)

P = Keliling (m)

L_i = kedalaman Tanah (m)

4.3.7. Perhitungan Daya Dukung Ultimit Fondasi

Berdasarkan Persamaan 2.11 dan 2.12

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_{all} = Q_u / SF$$

Dimana :

Q_p = Daya Dukung Ujung (kN)

Q_s = Daya Dukung Selimut (kN)

Q_u = Daya Dukung Ultimat (kN)

Q_{all} = Kapasitas Daya dukung ijin (kN)

SF = Faktor Keamanan (2,5)

4.3.8. Perhitungan Efisiensi Daya Dukung Fondasi *Bored Pile*

Berdasarkan Persamaan 2.13

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

Dimana :

η = efisien kelompok tiang

m = jumlah arah vertical

n = jumlah arah kolom horizontal

θ = arc tg d/s dalam satu baris

s = jaak pusat ke pusat tiang

d = diameter tiang

4.3.9. Menentukan Banyaknya Tiang Fondasi Yang Dibutuhkan

Berdasarkan Persamaan 2.16

$$N_p = \frac{v}{Q_{tiang}}$$

Dimana :

N_p = jumlah tiang

V = beban struktur (Kn)

Q_{tiang} = daya dukung izin tiang tunggal (Kn)

4.3.10. Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi Metode Broms (1964)

Berdasarkan Persamaan 2.24

$$H_u = \frac{2My}{e + \frac{2f}{3}}$$

Dimana :

H_u = daya dukung lateral tiang (kN)

M_y = momen max (kN.m)

e = jarak beban horizontal (m)

f = jarak gaya geser, 0 (m)

4.3.11. Perhitungan waktu penurunan

Berdasarkan Persamaan 2.39

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

Dimana :

T = waktu penurunan

Tv = faktor waktu (derajat konsolidasi rata-rata), pada tabel

2.11

H 2 = seluruh panjang lintasan fondasi (m)

Cv = derajat konsolidasi ($0.0045 \text{ m}^2 / \text{dtk}$)

4.3.12. Perhitungan Penulangan *Pile Cap*

Berdasarkan Persamaan 2.40

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = \rho \cdot 0,8 \cdot f_y \cdot (1 - 0,588 \cdot \frac{f_y}{f_{c'}})$$

4.3.13. Penulangan Fondasi *Bored Pile*

Berdasarkan Persamaan 2.57

$$n = \frac{A_s}{A_{s \text{ tul}}}$$

4.4. Desain Dan Pembebanan Struktur

Berikut adalah data yang digunakan pada proyek pembangunan Kantor Pemerintahan Terpadu Kabupaten Brebes.

(Sumber : DED proyek pembangunan Kantor Pemerintahan Terpadu Kabupaten Brebes)

- Berat jenis beton bertulang = $24 \text{ KN} / \text{m}^3$
- Tebal plat lantai dan atap = 12 cm
- Mutu beton = K-600
- Mutu baja tulangan = $f_y 420 \text{ Mpa}$

Berikut ini adalah beban mati yang digunakan mengacu pada PPIUG 1983

a. Beban mati plat lantai

• Pasir (1cm)	= $0,01 \times 1600 \text{ kg} / \text{m}^2$	= $16 \text{ kg} / \text{m}^2$
• Adukan semen (3cm)	= $0,03 \times 21 \text{ kg} / \text{m}^2$	= $0,63 \text{ kg} / \text{m}^2$
• Keramik (1cm)	= $0,01 \times 24 \text{ kg} / \text{m}^2$	= $0,24 \text{ kg} / \text{m}^2$
• ME	= $25 \text{ kg} / \text{m}^2$	= $25 \text{ kg} / \text{m}^2$
• Plafond & penggantung	= $18 \text{ kg} / \text{m}^2$	= $18 \text{ kg} / \text{m}^2$
TOTAL		= $59,87 \text{ kg/m}^2$ +

b. Beban mati plat atap

• ME	= 25 kg/m ²	= 25 kg/m ²	
• Plafond & penggantung	= 18 kg/m ²	= 18 kg/m ²	
• Penutup Atap	= 40 kg/m ²	= 40 kg/m ²	
TOTAL		<u>= 83 kg/m²</u>	+

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

Tabel 4.2 Beban Hidup

Hunian	Merata (KN/m ²)	Terpusat (KN)
Gedung perkantoran :		
Lobi dan koridor lantai pertama	4,78	8,90
Kantor	2,40	8,90
Koridor diatas lantai pertama	3,83	8,90

(sumber : SNI 1727-2020)

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

Tabel 4.3 Kategori Resiko

Kegunaan	Kategori Resiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran	II

(sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 4.4 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiiko	Faktor keutamaan gempa (I_e)
I / II	1
III	1.25
IV	1.5

(sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 4.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai S_{DS}

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} \leq 0.33$	B	C
$0.33 \leq S_{DS} \leq 0.50$	C	D
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D

(sumber : SNI 1726 : 2019)

Tabel 4.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Nilai S_{D1}

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	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

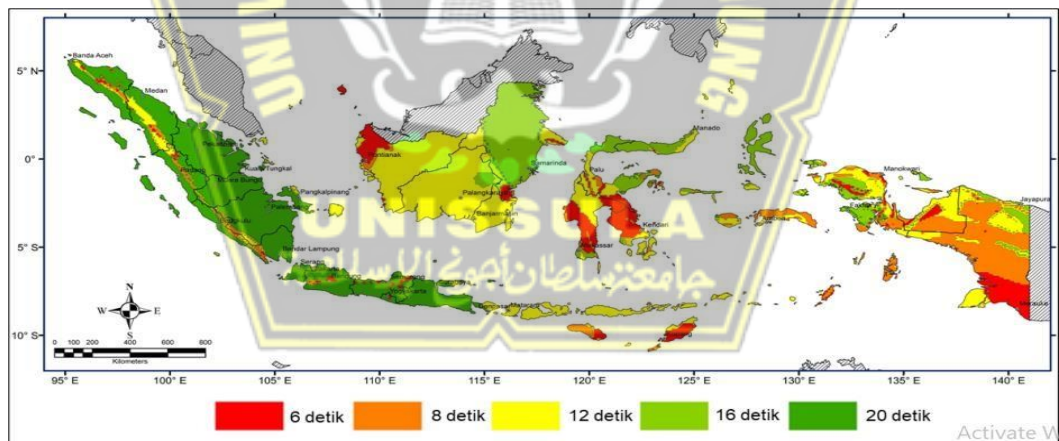
(sumber : SNI 1726 : 2019)

Tabel 4.7 Faktor Reduksi Gempa

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons R^d	Faktor kuat leboh sistem α_{θ}	Faktor pembesaran defleksi, C_u	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur $h_n(m)^e$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
Rangka beton bertulang pemikul momen Khusus	8	3	5.5	TB	TB	TB	TB	TB

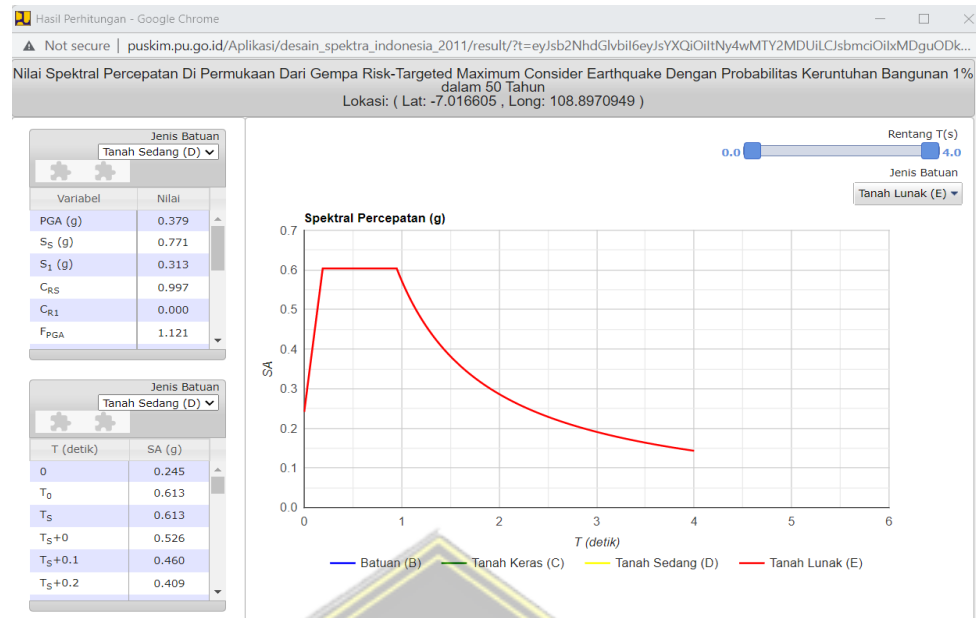
(Sumber: SNI 1726:2019)

Untuk menentukan periode gempa dapat dilihat pada Gambar 4.2 dengan menggunakan peta periode pada SNI 1726:2019, karena perencanaan ada di Brebes jadi menggunakan periode sebesar 6 detik.



Gambar 4.20 Peta Periode Gempa(SNI 1726 : 2019)

Untuk zona wilayah gempa didapatkan dari website http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ dan diperoleh pada Gambar 4.22 .



Gambar 4.21 Nilai Respon Spektrum

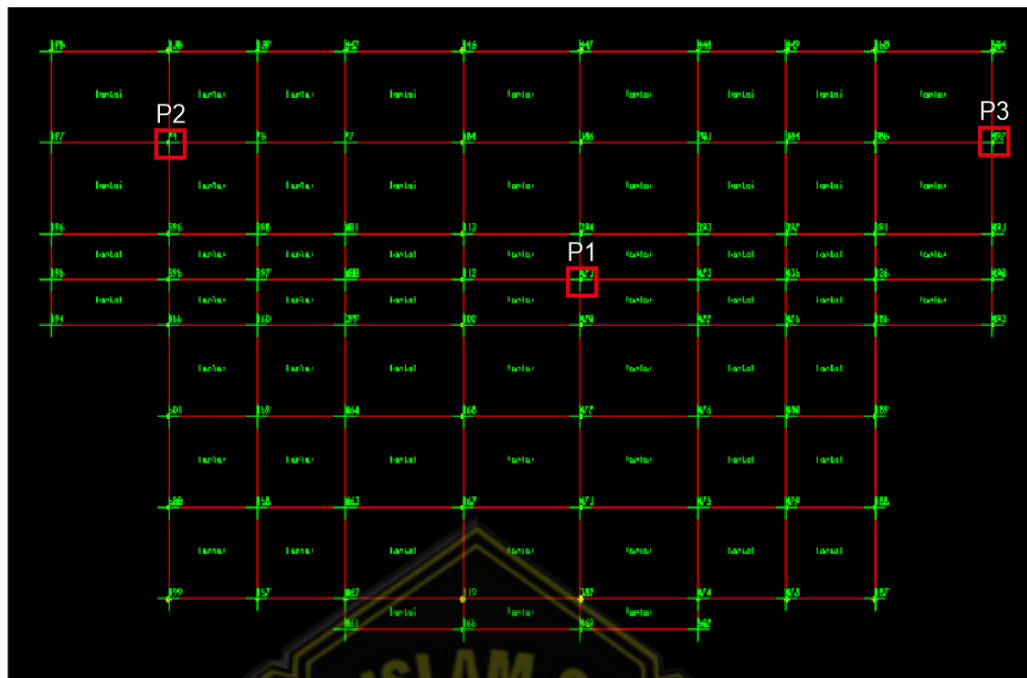
<http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain Spektra Indonesia 2011/>

Setelah semua data pembebanan dimasukkan pada SAP2000 v.14, maka didapatkan hasil *output* yang dapat dilihat pada Tabel 4.7 . Sedangkan joint yang digunakan dilihat pada Gambar 4.23

Tabel 4.8 Hasil Output SAP2000 v.14

	Joint	OutputCase	StepType	Pu KN	Mu KN-m	Vu KN-m
	401	1,2 D + L + QY	Max	16830,41	6369,99	189,56
	402	1,2 D + L + QY	Max	16086,61	6543,09	189,03
	412	1,2 D + L + QY	Max	16399,00	6444,73	93,06
	420	1,2 D + L + QY	Max	16124,22	6541,12	171,45
P1	421	1,2 D + L + QY	Max	17054,94	6442,35	201,14
P2	74	1,2 D + L + QY	Max	7848,27	6101,17	104,84
	76	1,2 D + L + QY	Max	6088,73	619,82	15,13
	77	1,2 D + L + QY	Max	4716,22	222,75	21,76
	184	1,2 D + L + QY	Max	7652,64	4901,19	81,02
	186	1,2 D + L + QY	Max	7657,22	206,11	206,11
	491	1,2 D + L + QY	Max	2060,09	4165,47	3981,14
P3	492	1,2 D + L + QY	Max	1611,19	6204,18	4112,05
	493	1,2 D + L + QY	Max	3259,08	4264,99	4138,05
	494	1,2 D + L + QY	Max	3269,83	4267,94	4141,06
	495	1,2 D + L + QY	Max	1170,93	313,31	174,66

(Sumber : pada SAP2000 v.14)



Gambar 4.22 Denah Joint Yang Digunakan Dalam Perhitungan

4.5. Analisa Daya Dukung Fondasi *Bored pile*

Data fondasi *bored pile*

Diameter (D) = 50 cm

Keliling (P) = $\pi \cdot D$
 = $3,14 \cdot 0,5$
 = 1,57 m

luas Penampang (Ap) = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$
 = $0,196 \text{ m}^2$

Kedalaman = 48 m

4.5.1. Daya Dukung Fondasi *Bored pile* Metode Mayerhoft

Daya dukung tanah kohesif kedalaman 48 m, berdasarkan persamaan 2.2 .

$$Q_p = 40 \cdot N_b \cdot A_p$$

Dimana :

Q_p = daya dukung ujung (kN)

$$N_b = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

N_b = nilai rata- rata N-SPT pada dasar tiang,

N1 = nilai rata- rata Nspt pada kedalaman 10D di atas tiang

N2 = nilai rata- rata Nspt pada kedalaman 4D di bawah tiang

Ap = luas penampang (m²)

➤ Perhitungan nilai N-SPT

$$N1 \text{ — } 10D = 10 \times 0,5 = 5 \leftrightarrow 48 - 5 = 43 \rightarrow N\text{-SPT} = 30$$

$$N2 \text{ — } 4D = 4 \times 0,5 = 2 \leftrightarrow 48 + 2 = 50 \rightarrow N\text{-SPT} = 60$$

$$Nb = \frac{N1+N2}{2} = \frac{30+60}{2} = 45$$

➤ Perhitungan daya dukung ujung tiang berdasarkan persamaan 2.2

$$\begin{aligned} Qp &= 40 \cdot Nb \cdot Ap \\ &= 40 \cdot 45 \cdot 0.196 \\ &= 352,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan daya dukung selimut fondasi *bored pile* berdasarkan persamaan 2.4

$$Qs = 2 \cdot NSPT \cdot P \cdot Li$$

Dimana :

Qs = Daya Dukung Selimut (kN)

P = Keliling (m)

Li = kedalaman Tanah (m)

$$\begin{aligned} Qs &= 2 \cdot NSPT \cdot P \cdot Li \\ &= 2 \cdot 60 \cdot 1,57 \cdot 48 \\ &= 9.043,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan daya dukung ultimat fondasi berdasarkan persamaan 2.11

$$Qult = Qp + Qs$$

Dimana :

Qp = Daya Dukung Ujung (kN)

Qs = Daya Dukung Selimut (kN)

Qult = Daya Dukung Ultimat (kN)

$$\begin{aligned} Qult &= Qp + Qs \\ &= 352,8 + 9.043,2 \\ &= 9.396 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Perhitungan daya dukung izin fondasi *bored pile* berdasarkan persamaan 2.12

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{sf}$$

Dimana :

Q_{all} = Kapasitas Daya dukung ijin (kN)

SF = Faktor Keamanan (2,5)

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{sf} = \frac{9.396}{2,5} = 3.758,4 \text{ kN}$$

Untuk perhitungan selanjutnya pada Tabel 4.8

Tabel 4.9 Hasil Daya Dukung Fondasi Metode Mayerhoft (1956)

dept	NSPT	Ap	Li	Nb	P(m)	Qp (Kn)	Qs (Kn)	Qult (kn)	sf	Qall (kn)
0	0	0,20	48,00	2,00	1,57	15,71	0,00	15,71	2,50	6,285714
2	4	0,20	48,00	2,00	1,57	15,71	603,43	619,14	2,50	247,6571
4	5	0,20	48,00	3,50	1,57	27,50	754,29	781,79	2,50	312,7143
6	7	0,20	48,00	5,50	1,57	43,21	1056,00	1099,21	2,50	439,6857
8	9	0,20	48,00	8,00	1,57	62,86	1357,71	1420,57	2,50	568,2286
10	11	0,20	48,00	10,00	1,57	78,57	1659,43	1738,00	2,50	695,200
14	12	0,20	48,00	12,00	1,57	94,29	1810,29	1904,57	2,50	761,8286
16	14	0,20	48,00	14,50	1,57	113,93	2112,00	2225,93	2,50	890,3714
18	17	0,20	48,00	22,50	1,57	176,79	2564,57	2741,36	2,50	1096,543
20	32	0,20	48,00	15,50	1,57	121,79	4827,43	4949,21	2,50	1979,686
22	18	0,20	48,00	19,00	1,57	149,29	2715,43	2864,71	2,50	1145,886
24	22	0,20	48,00	24,50	1,57	192,50	3318,86	3511,36	2,50	1404,543
26	25	0,20	48,00	27,00	1,57	212,14	3771,43	3983,57	2,50	1593,429
28	29	0,20	48,00	23,00	1,57	180,71	4374,86	4555,57	2,50	1822,229
30	26	0,20	48,00	22,00	1,57	172,86	3922,29	4095,14	2,50	1638,057
32	21	0,20	48,00	25,00	1,57	196,43	3168,00	3364,43	2,50	1345,771
34	23	0,20	48,00	27,00	1,57	212,14	3469,71	3681,86	2,50	1472,743
36	26	0,20	48,00	27,00	1,57	212,14	3922,29	4134,43	2,50	1653,771

dept	NSPT	Ap	Li	Nb	P(m)	Qp (Kn)	Qs (Kn)	Qult (kn)	sf	Qall (kn)
40	27	0,20	48,00	26,50	1,57	208,21	4073,14	4281,36	2,50	1712,543
42	29	0,20	48,00	32,00	1,57	251,43	4374,86	4626,29	2,50	1850,514
44	36	0,20	48,00	33,50	1,57	263,21	5430,86	5694,07	2,50	2277,629
46	39	0,20	48,00	44,00	1,57	345,71	5883,43	6229,14	2,50	2491,657
48	60	0,20	48,00	45,00	1,57	353,57	9051,43	9405,00	2,50	3762,000

4.5.2. Daya Dukung Fondasi *Bored pile* Metode Reese & Wright (1977)

Perhitungan untuk tanah kohesif menggunakan metode Reese & Wright, pada kedalaman 48 m berdasarkan persamaan 2.7 .

- Perhitungan nilai kohesi tanah

$$C_u = \frac{2}{3} \cdot N\text{-SPT}_{\text{rata-rata}} \cdot 10$$

Dimana :

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

$$N\text{-SPT}_{\text{rata-rata}} = \frac{10D + N_{\text{spt fondasi}} + 4D}{3}$$

$$10D = 10 \times 0,5 = 5 \leftrightarrow 48 - 5 = 43 \rightarrow N\text{-SPT} = 30$$

$$4D = 4 \times 0,5 = 2 \leftrightarrow 48 + 2 = 50 \rightarrow N\text{-SPT} = 60$$

$$N\text{-SPT}_{\text{rata-rata}} = \frac{30+60+60}{3} = 50$$

$$C_u = \frac{2}{3} \cdot N\text{-SPT}_{\text{rata-rata}} \cdot 10$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 50 \cdot 10$$

$$= 333,3 \text{ kN / m}^2$$

- Perhitungan daya dukung ujung fondasi *bored pile* berdasarkan persamaan 2.6

$$Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p$$

Dimana :

$$Q_p = \text{Daya Dukung Ujung (kN)}$$

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

$$A_p = \text{luas permukaan tiang (m}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 9 \cdot C_u \cdot A_p \\
 &= 9 \cdot 333,3 \cdot 0,196 \\
 &= 589,8 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan daya dukung selimut fondasi *bored pile* berdasarkan persamaan 2.9

$$Q_s = 2 \cdot N_{spt} \cdot P \cdot \Delta I$$

Dimana :

N_{spt} = N_{spt} kedalaman fondasi

P = keliling (m)

ΔI = kedalaman yang di rencanakan (m)

$$\begin{aligned}
 Q_s &= 2 \cdot N_{spt} \cdot P \cdot \Delta I \\
 &= 2 \cdot 60 \cdot 1,57 \cdot 48 \\
 &= 9054,43 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan daya dukung ultimat berdasarkan persamaan 2.11

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\
 &= 589,8 + 9054,43 \\
 &= 9640,71 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan daya dukung izin berdasarkan persamaan 2.12

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{S_f} = \frac{9640,71}{2,5} = 3856,3 \text{ kN}$$

Untuk perhitungan selanjutnya di Tabel 4.9

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode Reese&Wright 1977

dept	NSPT	CU (Kn/m ²)	A_p (m ²)	P (m)	ΔI (m)	Q_p (Kn)	Q_s (Kn)	Qult (Kn)	sf	Qall (kn)
0	0	8,89	0,20	1,57	48,00	15,71	0,00	15,71	2,50	6,285714
2	4	17,78	0,20	1,57	48,00	31,43	603,43	634,86	2,50	253,9429
4	5	26,67	0,20	1,57	48,00	47,14	754,29	801,43	2,50	320,5714
6	7	40,00	0,20	1,57	48,00	70,71	1056,00	1126,71	2,50	450,6857
8	9	55,56	0,20	1,57	48,00	98,21	1357,71	1455,93	2,50	582,3714
10	11	68,89	0,20	1,57	48,00	121,79	1659,43	1781,21	2,50	712,4857
12	14	75,56	0,20	1,57	48,00	133,57	2112,00	2245,57	2,50	898,2286
14	12	80,00	0,20	1,57	48,00	141,43	1810,29	1951,71	2,50	780,6857

dept	NSPT	CU (Kn/m ²)	Ap (m ²)	P (m)	ΔI (m)	Qp (Kn)	Qs (Kn)	Qult (Kn)	sf	Qall (kn)
18	17	137,78	0,20	1,57	48,00	243,57	2564,57	2808,14	2,50	1123,257
20	32	140,00	0,20	1,57	48,00	247,50	4827,43	5074,93	2,50	2029,971
22	18	124,44	0,20	1,57	48,00	220,00	2715,43	2935,43	2,50	1174,171
24	22	157,78	0,20	1,57	48,00	278,93	3318,86	3597,79	2,50	1439,114
26	25	175,56	0,20	1,57	48,00	310,36	3771,43	4081,79	2,50	1632,714
28	29	166,67	0,20	1,57	48,00	294,64	4374,86	4669,50	2,50	1867,800
30	26	155,56	0,20	1,57	48,00	275,00	3922,29	4197,29	2,50	1678,914
32	21	157,78	0,20	1,57	48,00	278,93	3168,00	3446,93	2,50	1378,771
34	23	171,11	0,20	1,57	48,00	302,50	3469,71	3772,21	2,50	1508,886
36	26	177,78	0,20	1,57	48,00	314,29	3922,29	4236,57	2,50	1694,629
38	30	175,56	0,20	1,57	48,00	310,36	4525,71	4836,07	2,50	1934,429
40	27	177,78	0,20	1,57	48,00	314,29	4073,14	4387,43	2,50	1754,971
42	29	206,67	0,20	1,57	48,00	365,36	4374,86	4740,21	2,50	1896,086
44	36	228,89	0,20	1,57	48,00	404,64	5430,86	5835,50	2,50	2334,200
46	39	282,22	0,20	1,57	48,00	498,93	5883,43	6382,36	2,50	2552,943
48	60	333,33	0,20	1,57	48,00	589,29	9051,43	9640,71	2,50	3856,286

4.6. Perhitungan Jarak Antar Fondasi *Bored pile* dan Jarak As Ke Tepi

- Menentukan jarak antar fondasi *bored pile* berdasarkan persamaan 2.17
 $2,5D < S < 3D$, diambil $3D \rightarrow 3 \times 0,5 = 1,5 \text{ m}$
- Menentukan jarak as fondasi ke tepi *pile cap*
 $S < 1.25D = 1.25 \cdot 0.5 = 0.625 \text{ m}$, maka digunakan $0,5 \text{ m}$.

4.7. Kebutuhan Jumlah Fondasi *Bored pile*

Menentukan banyaknya fondasi yang dibutuhkan dalam kelompok tiang berdasarkan persamaan 2.16 . Berikut adalah data beban yang digunakan :

- a. $P_1 = 17054,852 \text{ kN}$, maka $N_{p1} = \frac{v}{Q_{tiang}} = \frac{17054,8}{3758,4} = 4,54$ dibulatkan menjadi 6 buah.

b. $P2 = 7848,268 \text{ kN}$, maka $N_{pl} = \frac{v}{Q_{tiang}} = \frac{7848,268}{3758,4} = 2,1$ dibulatkan menjadi 3 buah.

c. $P3 = 1611,193 \text{ kN}$, maka $N_{pl} = \frac{v}{Q_{tiang}} = \frac{1611,193}{3758,4} = 0,4$ dibulatkan menjadi 1 buah.

4.8. Efisiensi Daya Dukung Tiang

Efisiensi daya dukung menggunakan metode Converse-Labarre berdasarkan persamaan 2.13 .

➤ Perhitungan efisiensi tiang dengan jumlah rencana 6 buah

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

Dimana :

η = efisiensi kelompok (%)

m = jumlah arah vertical

n = jumlah kolom arah horizontal

θ = arc tg d/s

s = jarak as tiang (m)

d = diameter tiang (m)

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{D}{s} = \text{Arc tan } \frac{0,5}{1,5} = 18,43$$

$$n = 3 ; m = 2$$

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

$$= 1 - \left[\frac{(3-1)2 + (2-1)3}{90 \cdot 2 \cdot 3} \right] \times 18,43$$

$$= 0,76 = 76\%$$

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

$$= 0,76 \cdot 6 \cdot 3758,4$$

$$= 17138,304 \text{ kN}$$

Didapatkan $V (17054,852 \text{ kN}) \leq Q_g (17138,304 \text{ kN})$, maka **AMAN**

➤ Perhitungan efisiensi tiang dengan jumlah rencana 3 buah

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{D}{s} = \text{Arc tan } \frac{0,5}{1,5} = 18,43$$

$$n = 3 ; m = 1$$

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

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

$$= 0,86 = 86\%$$

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

$$= 0,86 \cdot 3 \cdot 3758,4$$

$$= 9696,672 \text{ kN}$$

Didapatkan $V (7848,268 \text{ kN}) \leq Q_g (9696,672 \text{ kN})$, maka **AMAN**

➤ Perhitungan efisiensi tiang dengan jumlah rencana 1 buah

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{D}{S} = \text{Arc tan } \frac{0,5}{1,5} = 18,43$$

$$n = 1 ; m = 1$$

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

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

$$= 1 = 100\%$$

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

$$= 1 \cdot 1 \cdot 3758,4$$

$$= 3758,4 \text{ kN}$$

Didapatkan $V (1611,193 \text{ kN}) \leq Q_g (3758,4 \text{ kN})$, maka **AMAN**

4.9. Penurunan Tiang Tunggal

Diketahui :

$$Q_{wp} = 353,57 \text{ kN}$$

$$Q_{ws} = 9051,43 \text{ kN}$$

$$Q_p = 1500 \text{ kN}$$

$$E_p = 4700\sqrt{50} = 33234018,71 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 50000 \text{ kN/m}^2$$

$$C_p = 0,03$$

$$\varepsilon_v = 0,5$$

$$D = 0,5 \text{ m}$$

$$L = 48 \text{ m}$$

$$A_p = 0,196 \text{ m}^2$$

$$P = 1,57 \text{ m}$$

Perhitungan penurunan tiang tunggal menurut Vesic, berdasarkan persamaan 2.32 .

$$S_t = S_1 + S_2 + S_3$$

Dimana :

S = total penurunan (mm)

S_1 = akibat batang (mm)

S_2 = akibat beban di ujung (mm)

S_3 = akibat beban yang tersalurkan sepanjang selimut (mm)

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

$$S_2 = \frac{Q_{wp} \times C_p}{D \times q_p}$$

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

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

Dimana :

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 (m^2)

E_p = modulus elastisitas tiang (MPa)

ξ = 0,5 (distribusi tahanan sepanjang tiang)

q_p = tahanan ujung batas tiang (kN)

C_p = koefisien empiris

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi \times Q_{ws})L}{A_p \times E_p} = \frac{(353,57 + 0,5 \times 9051,43)48}{0,196 \times 33234018,71} = 0,0035 \text{ m}$$

$$S_2 = \frac{Q_{wp} \times C_p}{D \times q_p} = \frac{353,57 \times 0,03}{0,5 \times 1500} = 0,014 \text{ m}$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{48}{0,5}} = 5,43$$

$$S_3 = \frac{Q_{wp}}{P.L} \times \frac{D}{E_s} \times (1 - \mu_s^2) \cdot I_{ws} = \frac{353,57}{1,57 \times 48} \times \frac{0,5}{50000} \times (1 - 0,3^2) \times 5,43 = 0,00023 \text{ m}$$

$$S_t = S_1 + S_2 + S_3$$

$$= 0,0035 + 0,014 + 0,00023$$

$$= 0,01773 \text{ m}$$

Penurunan yang diizinkan adalah $S_{izin} = 10 \% \times D$, $10\% \times 0,5 = 0,05 \text{ m}$

Maka penurunan total tiang tunggal **AMAN**, karena $0,01773 < 0,05 \text{ m}$

4.10. Penurunan Kelompok Tiang

Perhitungan menurut persamaan 2.37

➤ Penurunan kelompok tiang *bored pile* (P1)

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

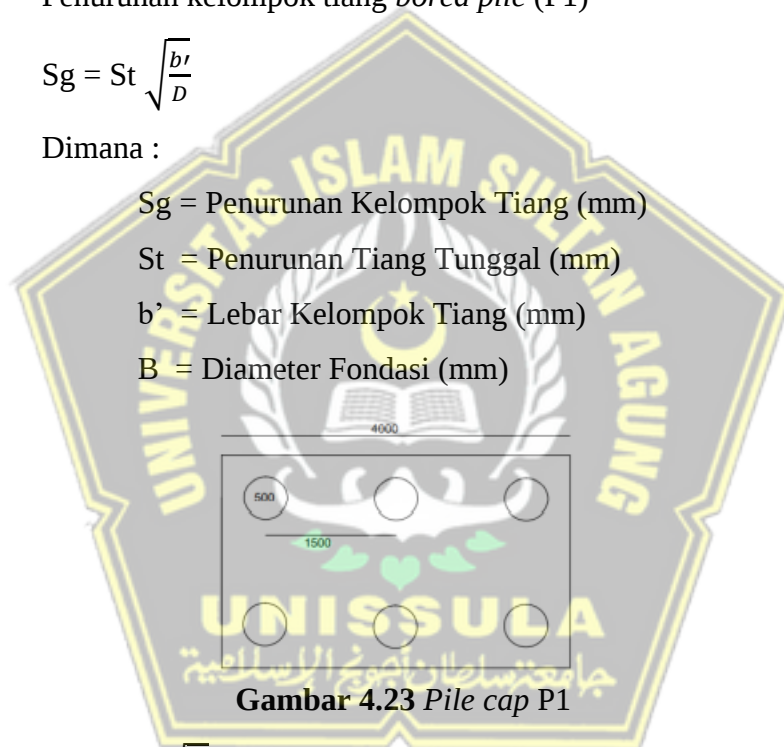
Dimana :

S_g = Penurunan Kelompok Tiang (mm)

S_t = Penurunan Tiang Tunggal (mm)

b' = Lebar Kelompok Tiang (mm)

B = Diameter Fondasi (mm)

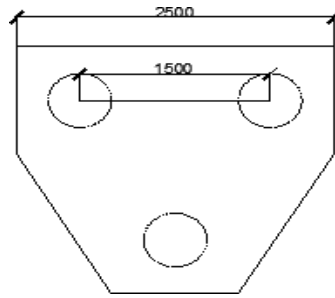


Gambar 4.23 Pile cap P1

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

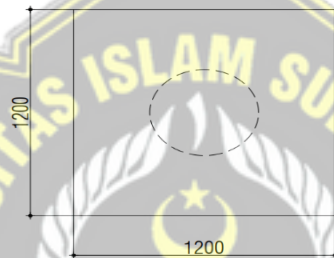
$$= 0,01773 \sqrt{\frac{4}{0,5}}$$

$$= 0,050 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$



Gambar 4.24 Pile cap P2

$$\begin{aligned}
 S_g &= S_t \sqrt{\frac{b'}{D}} \\
 &= 0,01773 \sqrt{\frac{2,5}{0,5}} \\
 &= 0,039 \text{ m} = 3,9 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.25 Pile cap P3

$$\begin{aligned}
 S_g &= S_t \sqrt{\frac{b'}{D}} \\
 &= 0,01773 \sqrt{\frac{1,2}{0,5}} \\
 &= 0,027 \text{ m} = 2,7 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

4.11. Lama Penurunan Tanah Fondasi Bored Pile

Penurunan tanah pada fondasi *bored pile*, berdasarkan persamaan 2.39

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

Dimana :

T = waktu penurunan

T_v = factor waktu (derajat konsolidasi rata-rata), pada tabel 2.11

H^2 = seluruh panjang lintasan fondasi (m)

C_v = derajat konsolidasi ($0,0045 \text{ m}^2 / \text{dtk}$)

$$T_v = 0,848$$

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

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{T_v \times H^2}{C_v} \\
 &= \frac{0,848 \times 48^2}{0,0045} \\
 &= 434176 \text{ jam} \\
 &= 49,6 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

4.12. Perhitungan Daya Dukung Lateral Fondasi *Bored Pile*

Diketahui :

$$\gamma = 12,05 \text{ kN/m}^3$$

$$\theta = 30^\circ, K_p = \frac{1}{K_a} = \frac{1}{\tan(45 - \frac{30}{2})} = \frac{1}{0,577} = 1,73$$

$$f_c' = 50 \text{ Mpa}$$

$$D = 0,5 \text{ m}$$

$$\gamma_h = 150 \text{ kN/m}^3$$

$$L = 48 \text{ m}$$

- Cek kekakuan tiang fondasi *bored pile*, berdasarkan persamaan 2.18

$$E_p = 4700 \times \sqrt{f_c}$$

Dimana :

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

f_c = Kuat Jenis Beton (MPa)

$$\begin{aligned}
 E_p &= 4700 \times \sqrt{f_c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{50} \\
 &= 33234,018 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- Kekakuan tiang fondasi, berdasarkan persamaan 2.19

$$I = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot D^3$$

Dimana :

I = Momen Inersia (m^4)

D = Diameter (m)

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot D^3 \\
 &= \frac{1}{6} \cdot 3,14 \cdot 0,5^3 \\
 &= 0,0327083 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

➤ Faktor kekakuan

Faktor kekakuan pada tanah granular, berdasarkan persamaan 2.21 dan 2.22

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p \times I}{n_h}}$$

Dimana :

T = konsolidasi normal, maka modulus tanah menjadi tak permanen (m)

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

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p \times I}{n_h}}$$

$$= \sqrt[5]{\frac{33234,018 \times 0,0327083}{150}}$$

$$= 1,486 \text{ m}$$

$$4T = 4 \cdot T$$

$$= 4 \cdot 1,486$$

$$= 5,944 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan, $L (48 \text{ m}) > 4T (5,944 \text{ m})$, sehingga tiang fondasi merupakan tiang fondasi panjang elastis.

➤ Cek keruntuhan tanah

Perhitungan keruntuhan tanah berdasarkan persamaan 2.23

$$M_{\max} = \gamma \cdot D \cdot L^3 \cdot K_p$$

Dimana :

γ = Berat Volume Tanah (kN/m^3)

L = Kedalaman (m)

K_p = Koefisien Tekanan Tanah Pasif

$$M_{\max} = \gamma \cdot D \cdot L^3 \cdot K_p$$

$$= 12,05 \cdot 0,5 \cdot 48^3 \cdot 1,73$$

$$= 11.52728,064 \text{ kNm}$$

➤ Karena tiang fondasi panjang dan ujung jepit, $M_{\max} > M_y$, dan asumsi

$M_y = 1500 \text{ KNm}$. sedangkan perhitungannya sesuai persamaan 2.26 .

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{D \times K_p \times \gamma}}$$

$$= 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{0,5 \times 1,73 \times 12,05}}$$

$$= 0,254 \sqrt{H_u}$$

$$H_u = \frac{2My}{e + \frac{2f}{3}}$$

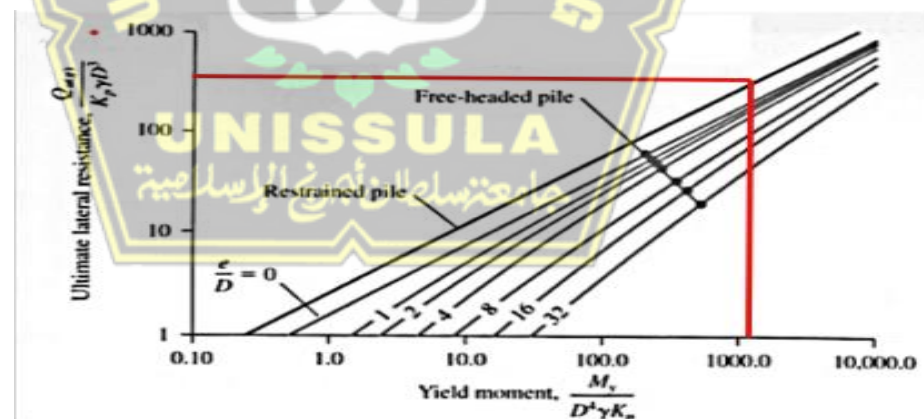
$$= \frac{2 \times 1500}{0 + \frac{2(0,254 \sqrt{H_u})}{3}}$$

$$= 679,6 \text{ kN}$$

$$H_{izin} = \frac{H_u}{Sf} = \frac{679,6}{2,5} = 271,84 \text{ Kn}$$

$$\begin{aligned} \text{Tahanan momen ultimit} &= \frac{My}{D^4 \times \gamma \times K_p} \\ &= \frac{1500}{0,5^4 \times 12,05 \times 1,73} \\ &= 1151,27 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai tahanan ultimit didapatkan 1151,27 kN, lalu di input ke dalam grafik, dilihat di Gambar 4.7 didapat sebesar 500.



Gambar 4.26 Tahanan Ultimit

$$500 = \frac{H_u}{K_p \times \gamma \times D^3}$$

$$\begin{aligned} H_u &= 500 \times 1,73 \times 12,05 \times 0,5^3 \\ &= 1302,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.13. Penulangan *Pile Cap* (P1)

Diketahui data sebagai berikut :

$$M_u = 6442,349 \text{ kN}$$

$$P_u = 17054,85 \text{ kN}$$

$$V_u = 201,1489 \text{ kN}$$

$$b = 4000 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$l = 2500 \text{ mm}$$

$$d = 417 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1$$

$$f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$D_{\text{tul}} = 22 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{seng}} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{selimut} = 60 \text{ mm}$$

➤ Menghitung rasio tulangan berdasarkan persamaan 2.40

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

$$\frac{6442,349 \times 10^6}{4000 \cdot 417^2} = \rho \cdot 0,8 \cdot 420 \cdot \left(1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{420}{25} \right)$$

$$9,26 = 320\rho - 2690,56\rho^2$$

$$2690,56\rho^2 - 320\rho + 9,26 = 0$$

$$\rho_1 = 0,04 \quad \rho_2 = 0,07 \text{ (dipakai)}$$

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

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 420}$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,027$$

$$= 0,020$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0035$$

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

- Menghitung luas tulangan berdasarkan persamaan 2.44

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \text{ rencana} \\ &= 0,0035 \cdot 4000 \cdot 417 \\ &= 5838 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Menghitung diameter dan jarak tulangan berdasarkan persamaan 2.45

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

Maka tulangan yang diperlukan berdasarkan persamaan 2.46

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_s}{A_{s \text{ tul}}} = \frac{5838}{379,94} = 15,4 \approx 16 \text{ buah}$$

$$S = \frac{\text{lebar}}{n \text{ tulangan}} = \frac{2500}{16} = 156,25 \approx 160 \text{ mm}$$

Jadi menggunakan tulangan D22 – 160 mm

- Kontrol terhadap geser berdasarkan persamaan 2.49

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot 2500 \cdot 417 \\ &= 868.750 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_n = \frac{V_u}{0,85} = \frac{201,1489}{0,85} = 236,64 \text{ kN}$$

$$V_n (236,64 \text{ kN}) \leq V_c (868.750 \text{ kN}) \text{ AMAN}$$

4.14. Penulangan *Pile Cap* (P2)

Diketahui data sebagai berikut :

$$M_u = 6101,174 \text{ kN}$$

$$P_u = 7848,268 \text{ kN}$$

$$V_u = 104,8448 \text{ kN}$$

$$b = 2500 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$l = 2500 \text{ mm}$$

$$d = 417 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1$$

$$f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$D_{tul} = 22 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{seng} = 12 \text{ mm}$$

$$selimut = 60 \text{ mm}$$

➤ Menghitung rasio tulangan berdasarkan persamaan 2.40

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

$$\frac{6101,174 \times 10^6}{2500 \cdot 417^2} = \rho \cdot 0,8 \cdot 420 \cdot \left(1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{420}{25} \right)$$

$$14,03 = 320\rho - 2690,56\rho^2$$

$$2690,56\rho^2 - 320\rho + 14,03 = 0$$

$$\rho_1 = -0,04 \quad \rho_2 = 0,06 \text{ (dipakai)}$$

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

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 420}$$

$$= 0,027$$

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

$$= 0,75 \cdot 0,02$$

$$= 0,020$$

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

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

- Menghitung luas tulangan berdasarkan persamaan 2.44

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \text{ rencana} \\ &= 0,0035 \cdot 2500 \cdot 417 \\ &= 3648,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Menghitung diameter dan jarak tulangan berdasarkan persamaan 2.45

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

Maka tulangan yang diperlukan berdasarkan persamaan 2.46

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_s}{A_{s \text{ tul}}} = \frac{3648,75}{379,94} = 9,6 \approx 10 \text{ buah}$$

$$S = \frac{\text{lebar}}{n \text{ tulangan}} = \frac{2500}{10} = 250 \approx 250 \text{ mm}$$

Jadi menggunakan tulangan D22 – 250 mm

- Kontrol terhadap geser berdasarkan persamaan 2.49

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot 2500 \cdot 417 \\ &= 868.750 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_n = \frac{V_u}{0,85} = \frac{104,8448}{0,85} = 123,35 \text{ kN}$$

$$V_n (123,35 \text{ kN}) \leq V_c (868.750 \text{ kN}) \text{ AMAN}$$

4.15. Penulangan *Pile Cap* (P3)

Diketahui data sebagai berikut :

$$M_u = 6204,176 \text{ kN}$$

$$P_u = 1611,193 \text{ kN}$$

$$V_u = 4112,054 \text{ kN}$$

$$b = 1200 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$l = 1200 \text{ mm}$$

$$d = 417 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1$$

$$f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$D_{tul} = 22 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{seng} = 12 \text{ mm}$$

$$selimut = 60 \text{ mm}$$

- Menghitung rasio tulangan berdasarkan persamaan 2.40

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = \rho \cdot 0,8 \cdot f_y \cdot \left(1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f_{c'}}\right)$$

$$\frac{6204,176 \times 10^6}{1200 \cdot 417^2} = \rho \cdot 0,8 \cdot 420 \cdot \left(1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{420}{25}\right)$$

$$29,73 = 320\rho - 2690,56\rho^2$$

$$2690,56\rho^2 - 320\rho + 29,73 = 0$$

$$\rho_1 = -0,07 \quad \rho_2 = 0,06 \text{ (dipakai)}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times f_{c'}}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 25}{420} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + 420} \\ &= 0,027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,027 \\ &= 0,020 \end{aligned}$$

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

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

- Menghitung luas tulangan berdasarkan persamaan 2.44

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{rencana}$$

$$= 0,0035 \cdot 1200 \cdot 417$$

$$= 1751,4 \text{ mm}^2$$

- Menghitung diameter dan jarak tulangan berdasarkan persamaan 2.45

$$A_{s \text{ tul}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 22^2$$

$$= 379.94 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang diperlukan berdasarkan persamaan 2.46

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_s}{A_s \text{ tul}} = \frac{1751,4}{379,94} = 4,6 \approx 5 \text{ buah}$$

$$S = \frac{\text{lebar}}{n \text{ tulangan}} = \frac{1200}{5} = 240 \approx 240 \text{ mm}$$

Jadi menggunakan tulangan D22 – 240 mm

➤ Kontrol terhadap geser berdasarkan persamaan 2.49

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

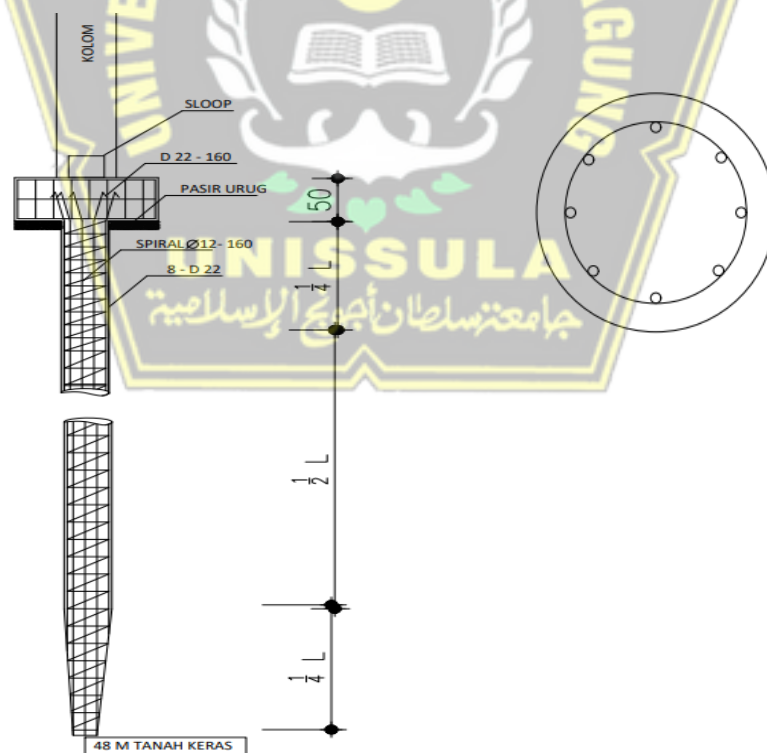
$$= \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot 1200 \cdot 417$$

$$= 417.000 \text{ KN}$$

$$V_n = \frac{V_u}{0,85} = \frac{4112,054}{0,85} = 4837,71 \text{ kN}$$

$$V_n (4837,71 \text{ kN}) \leq V_c (417.000 \text{ kN}) \text{ AMAN}$$

4.16. Penulangan Fondasi *Bored pile*



Gambar 4.27 Bored Pile

Diketahui data berikut ini :

$$d = 500 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tul}} = 22 \text{ mm}$$

$$\varnothing \text{ sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$f_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d_{\text{eff}} = 4800 \text{ mm}$$

$$s_{\text{selimut}} = 60 \text{ mm}$$

$$M_u = 6442,349 \text{ kNm}$$

$$P_u = 17054,85 \text{ kN}$$

$$V_u = 201,1489 \text{ kN}$$

$$\rho = 0,0117$$

- Menghitung eksentrisitas penampang berdasarkan persamaan 2.52

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{6442,349}{17054,85} = 0,37 \text{ m}$$

- Menghitung gaya aksial nominal berdasarkan persamaan 2.53

$$P_{n \text{ perlu}} = \frac{P_u}{0,8} = \frac{17054,85}{0,8} = 21318,56$$

- Menghitung tulangan yang dibutuhkan berdasarkan persamaan 2.54

$$\begin{aligned} A_g &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 500^2 \\ &= 196250 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \rho \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,0117 \cdot 500^2 \\ &= 2296,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ tul}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{\text{tul}}^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_s}{A_{s \text{ tul}}} = \frac{2296,13}{379,94} = 6,043 \approx 8 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{\text{tul}}^2 \cdot N \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 \cdot 8 \end{aligned}$$

$$= 2659.58 \text{ mm}$$

- Perhitungan kekuatan beban aksial maksimal (ΦP) berdasarkan persamaan 2.59

$$\begin{aligned}\Phi P &= 0,85 \times \Phi (0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + (f_y \times A_{st})) \\ &= 0,85 \cdot 0,8 (0,85 \cdot 25 (196250 - 2659,58) + (400 \cdot 2659,58)) \\ &= 3520787,329 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$P_{n \max} = \frac{\Phi P}{0,8} = \frac{3520787,329}{0,8} = 4400984,16 \text{ kN}$$

$$P_n (4400984,16 \text{ kN}) > P_u (17054,85 \text{ kN}) \text{ AMAN}$$

- Perhitungan kekuatan penampang

$$h_{ekiv} = 0,8h = 0,8 \times 500 = 400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}L_{ekiv} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}{h_{ekiv}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 500^2}{400} \\ &= 490,625 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s'} &= A_s = \frac{1}{2} \times A_{st} \\ &= \frac{1}{2} \times 2659,58 \\ &= 1329,79 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d' \text{ kolom bundar} &= \text{selimut beton} + 0,5D \text{ tul utama} + \text{sengkang} \\ &= 60 + 0,5 \cdot 22 + 12 \\ &= 83 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}D_s &= D - 2d' \text{ kolom bundar} \\ &= 500 - 2 \times 83 \\ &= 334 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}D_{seq} &= \frac{2}{3} \times D_s \\ &= \frac{2}{3} \times 334 \\ &= 222,67 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d' \text{ ekivalen} &= h_{ekiv} - (d_{seq}/2) \\ &= 400 - (222,67/2) \\ &= 288,665 \text{ mm}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
&= 400 - 288,665 \\
&= 111,335 \text{ mm} \\
C_b &= \frac{600}{600+f_y} \times d_{\text{ekiv}} \\
&= \frac{600}{600+400} \times 111,335 \\
&= 66,801 \text{ mm} \\
A_b &= 0,85 \times C_b \\
&= 0,85 \times 66,801 \\
&= 56,78 \text{ mm}
\end{aligned}$$

- Cek tegangan tekan berdasarkan persamaan 2.71

$$\begin{aligned}
F_s &= \frac{0,003 \times E_s \times (d_{\text{ekiv}} - C_b)}{d_{\text{ekiv}}} \\
&= \frac{0,003 \times 200000 \times (288,665 - 66,801)}{288,665} = 461 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

461 MPa > f_y (420 MPa), maka tulangan tekan sudah leleh sehingga digunakan $f_y = 420 \text{ Mpa}$

- Perhitungan aksial balance berdasarkan persamaan 2.72

$$\begin{aligned}
P_n &= (0,85 \cdot f_c \cdot A_b \cdot b) + (A_s' \cdot f_s') - (A_s \cdot f_y) \\
&= (0,85 \cdot 25 \cdot 56,76 \cdot 500) + (1329,79 \cdot 461) - (2296,13 \cdot 420) \\
&= 297656,19 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Syarat $\Phi P_n > P_u$

$$297656,19 \cdot 0,8 > 17054,85 = 238.124,952 \text{ kN} > 17054,85 \text{ kN AMAN}$$

4.17. Perhitungan Tulangan Sengkang

Diketahui data sebagai berikut :

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

$$F_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Jumlah sengkang} = 8$$

$$D_{\text{tul}} = 22 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter fondasi} = 500 \text{ mm}$$

$$d = 595 \text{ mm}$$

$$A_g = 196250 \text{ mm}^2$$

- Menghitung H ekuivalen berdasarkan persamaan 2.61

$$H_{ekiv} = 0,8h = 0,8 \times 500 = 400 \text{ mm}$$

- Menghitung Bmin berdasarkan persamaan 2.73

$$B_{min} = \frac{A_g}{H_{ekiv}} = \frac{196250}{400} = 490,625 \text{ mm}$$

- Menghitung luas penampang sengkang berdasarkan persamaan 2.74

- $A_v = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \text{jumlah tulangan}$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \cdot 8$$

$$= 226,08 \text{ mm}^2$$

- Menghitung Vn perlu berdasarkan persamaan 2.75

$$V_{n \text{ perlu}} = \frac{V_u}{0,8} = \frac{201,1489}{0,8} = 251,44 \text{ kN}$$

- Menghitung Vc berdasarkan persamaan 2.76

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g}\right) \cdot 0,85 \cdot f_c^{0,5} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \left(1 + \frac{17054,85}{14 \cdot 196250}\right) \cdot 0,85 \cdot 25^{0,5} \cdot 2500 \cdot 595 \\ &= 1060186,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Menghitung Vs berdasarkan persamaan 2.77

$$\begin{aligned} V_s &= V_{n \text{ perlu}} - V_c \\ &= 251,44 - 1060186,24 \\ &= -105834,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Menghitung ΦV_c berdasarkan persamaan 2.78

$$\Phi V_c = \frac{V_c}{0,75} = \frac{1060186,24}{0,75} = 1413581,65 \text{ kN}$$

Karena $\Phi V_c > V_u$, nilai V_s negatif, maka tidak perlu menggunakan tulangan geser.

- Mencari jarak sengkang

$$- S \leq d/2$$

$$S \leq 617/2 \rightarrow 309 \text{ mm}$$

$$- S \leq 16D \text{ tul. utama}$$

$$S \leq 16 \times 22 \rightarrow 352 \text{ mm}$$

$$- S \leq 48D \text{ tul. Sengkang}$$

$$S \leq 48 \times 12 \rightarrow 576 \text{ mm}$$

$$- S \leq B \text{ min } S \leq 595 \text{ mm}$$

4.18. Penurunan Pondasi Menggunakan Software PLAXIS V.8.6

Penggunaan *software* PLAXIS V 8.6 bertujuan untuk membuat pemodelan fondasi *bored pile* serta mengetahui besarnya penurunan fondasi *bored pile* akibat beban aksial yang diterima. Data yang digunakan untuk pemodelan menggunakan *software* PLAXIS V 8.6 pada Tabel 4.10.

Tabel 4.11 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	γ dry (kN/M ³)	γ sat (kN/m ³)
1	0-20	lunak	10	10000	11.689	27.27	6.74E-07	6,74E-07	0.3	9.345	13.845
2	20-46	agak lunak	25	25000	14.042	33.26	0,9504	0,9504	0.3	9.914	14.592
3	46-55	keras	60	60000	17.573	37.70	0,9504	0,9504	0.3	13.454	17.789

Nb : data-data parameter tanah diatas diambil dari data uji tanah proyek pembangunan Kantor Pemerintah Terpadu Kabupaten Brebes.

Dimana :

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

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 \\
 &= 0,5 \times 2400 \times 0,25^2 \\
 &= 75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

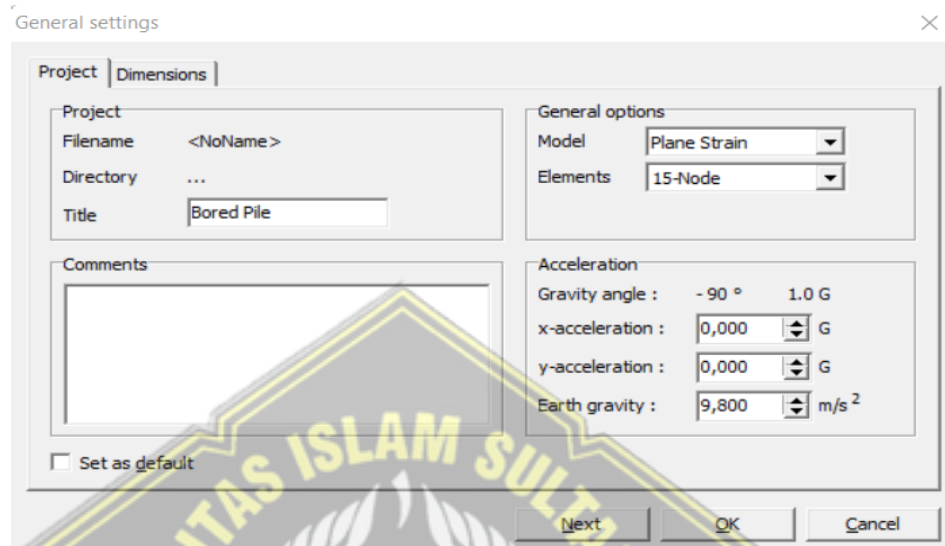
$$A = 0,196 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 EA &= 33234018,7 \times 0,196 \\
 &= 6513867 \text{ kN / m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EI &= 33234018,7 \times 75 \\
 &= 2,5 \times 10^9 \text{ Kn/m}^2
 \end{aligned}$$

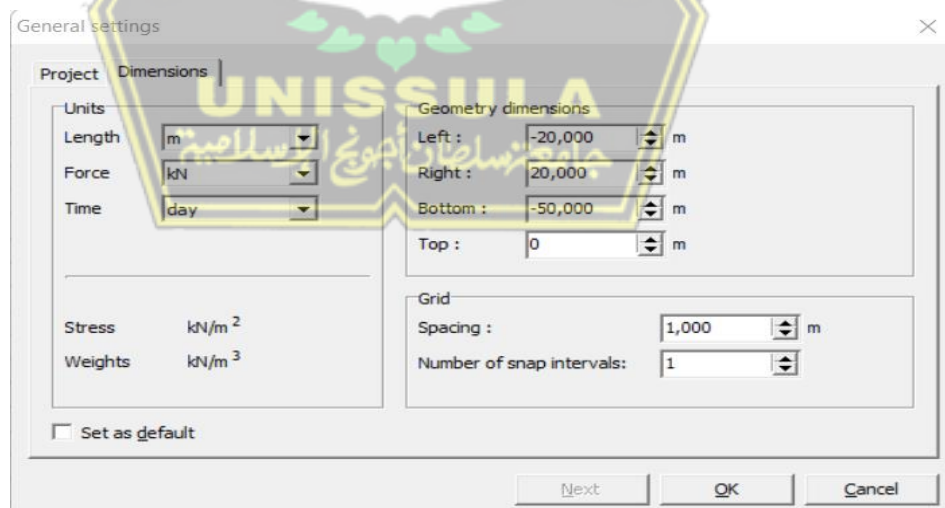
- Berikut langkah-langkah perhitungan penurunan fondasi tiang tunggal menggunakan *software* PLAXIS V 8.6.

1. Tahapan pertama input data menggunakan *software* PLAXIS V 8.6 dengan menentukan judul dan satuan unakan, dapa dilihat di Gambar 4.29



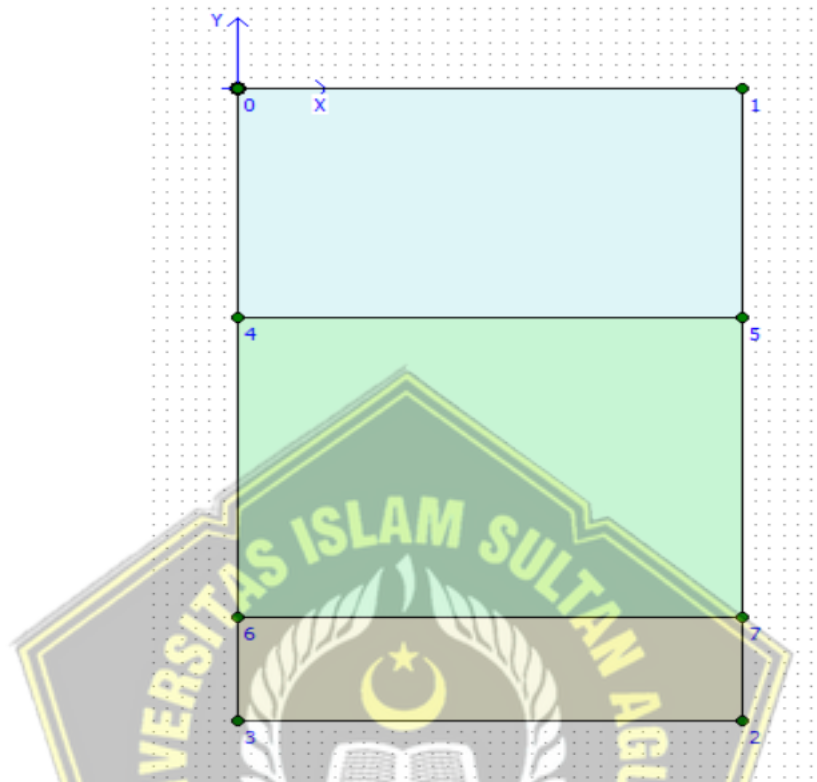
Gambar 4.28 General Setting

2. Lalu input data dimensi sesuai dengan fondasi rencana, terdapat pada Gambar 4.29



Gambar 4.29 General Setting

3. Kemudian pada tahap selanjutnya klik  untuk mengatur pemodelan kontur, terdapat pada Gambar 4.30



Gambar 4.30 Pemodelan Kontur Tanah

4. Klik  untuk menentukan material tanah, terdapat pada Gambair 4.31 hingga Gambar 4..33

Mohr-Coulomb - Lunak 0-20

General		Parameters		Interfaces	
Material set Identification: Lunak 0-20 Material model: Mohr-Coulomb Material type: UnDrained					
General properties γ_{unsat} : 9,340 kN/m ³ γ_{sat} : 13,845 kN/m ³					
Permeability k_x : 6,740E-07 m/day k_y : 6,740E-07 m/day Advanced...					
Comments 					

Gambar 4.31 Data Umum

Mohr-Coulomb - Lunak 0-20

General	Parameters	Interfaces
Stiffness E_{ref} : 1,000E+04 kN/m ² ν (nu) : 0,300		
Strength C_{ref} : 11,689 kN/m ² ϕ (phi) : 27,270 ° ψ (psi) : 0,000 °		
Alternatives G_{ref} : 3846,154 kN/m ² E_{oed} : 1,346E+04 kN/m ²		
Velocities V_s : 63,530 m/s V_p : 118,800 m/s		
Advanced...		

SoilTest Next OK Cancel

Gambar 4.32 Mohr Coulomb

Mohr-Coulomb - Lunak 0-20

General	Parameters	Interfaces
Strength ☒ Rigid ☐ Manual R_{inter} : 1,000		
Real interface thickness δ_{inter} : 0,000		

SoilTest Next OK Cancel

Gambar 4.33 Mohr Coulomb

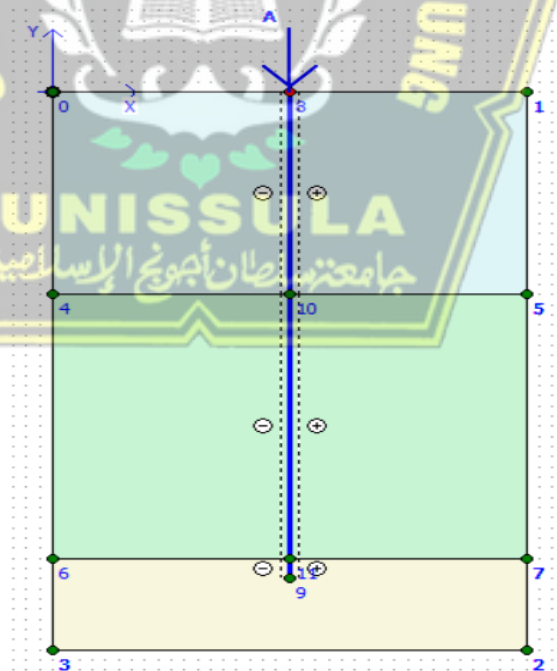
- Setelah input data material tanah, tahap selanjutnya input data material fondasi sesuai dengan yang direncanakan, sesuai Gambar 4.34

Plate properties

Material set	
Identification:	K-600
Material type:	Elastic
Comments	
Properties	
EA :	6,514E+06 kN/m
EI :	2,400E+09 kNm ² /m
d :	66,493 m
w :	7,000 kN/m/m
v :	0,300
M _p :	1,000E+15 kNm/m
N _p :	1,000E+15 kN/m
Rayleigh α :	0,000
Rayleigh β :	0,000
OK Cancel	

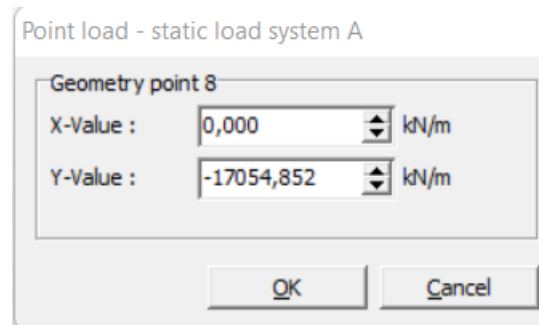
Gambar 4.34 Data Material Fondasi

6. Kemudian klik  untuk menentukan fondasi *bored pile* yang sudah ditentukan. Setelah itu klik  untuk mengaktifkan tekanan positif dan negatif didaerah sekeliling fondasi, terdapat di Gambar 4.35



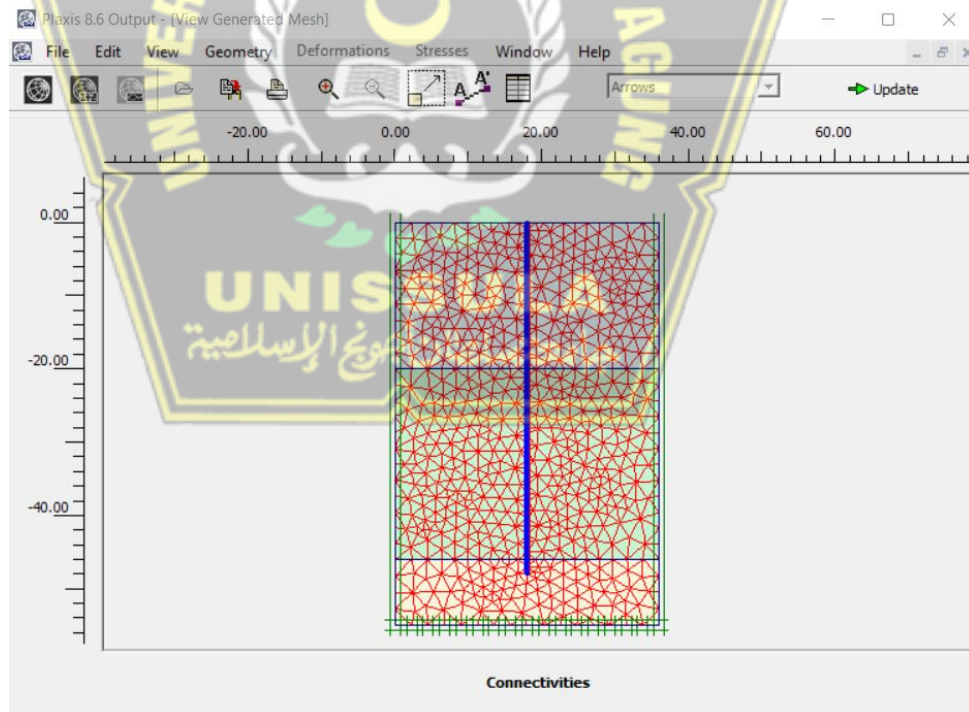
Gambar 4.35 Pemodelan

7. Lalu tekan  untuk mengisi beban dari beban bangunan, beban yang digunakan sebesar 17054,852 kN/m², terdapat di Gambar 4.36



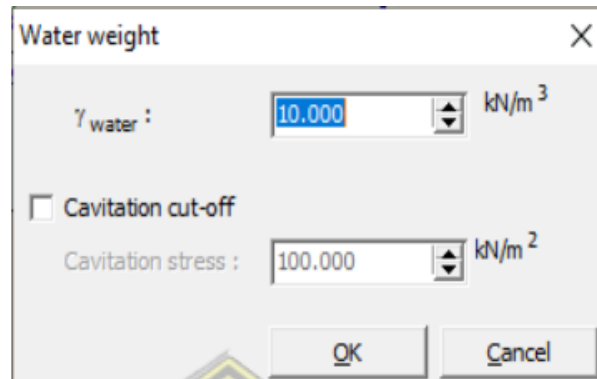
Gambar 4.36 Input Pembebanan

8. Klik  untuk mengetahui susunan jaringan antara elemen, sesuai pada Gambar 4.37

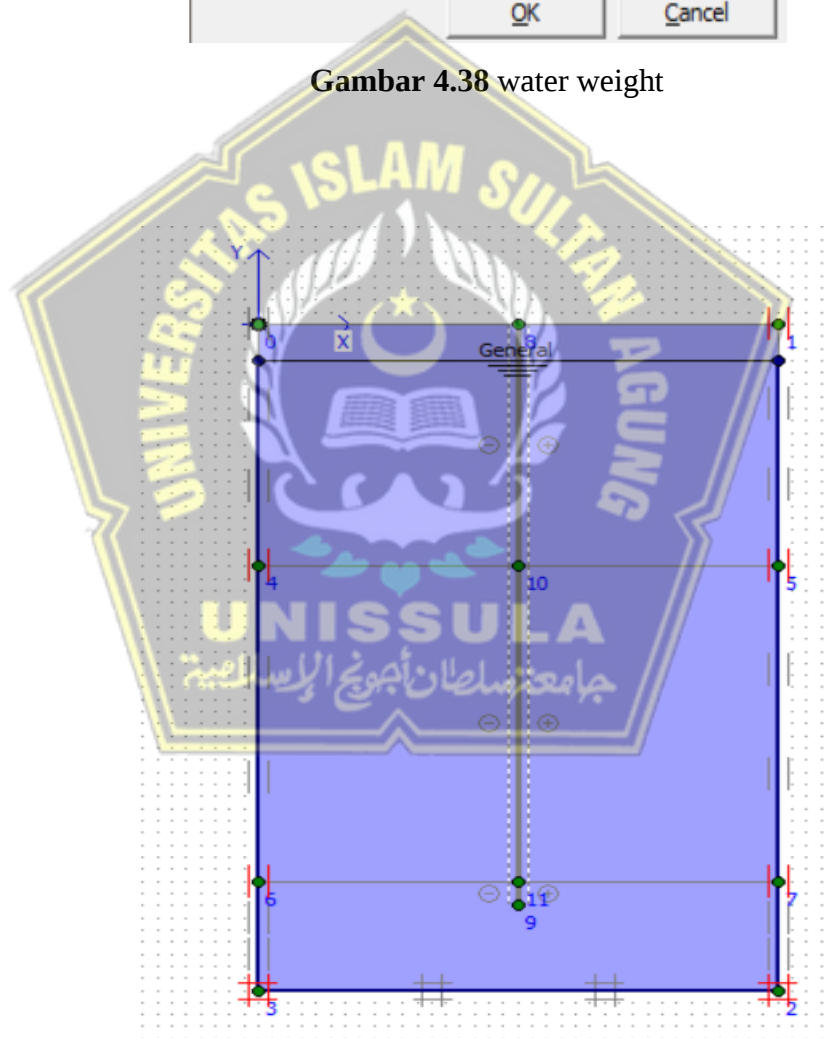


Gambar 4.37 Susunan Jaringan Elemen

9. Lalu klik  Initial conditions yang ada di toolbar, kemudian klik  untuk mengetahui berat isi air dan muka air tanah 3 meter di bawah tanah, terdapat di Gambar 4.38 hingga Gambar 4.39

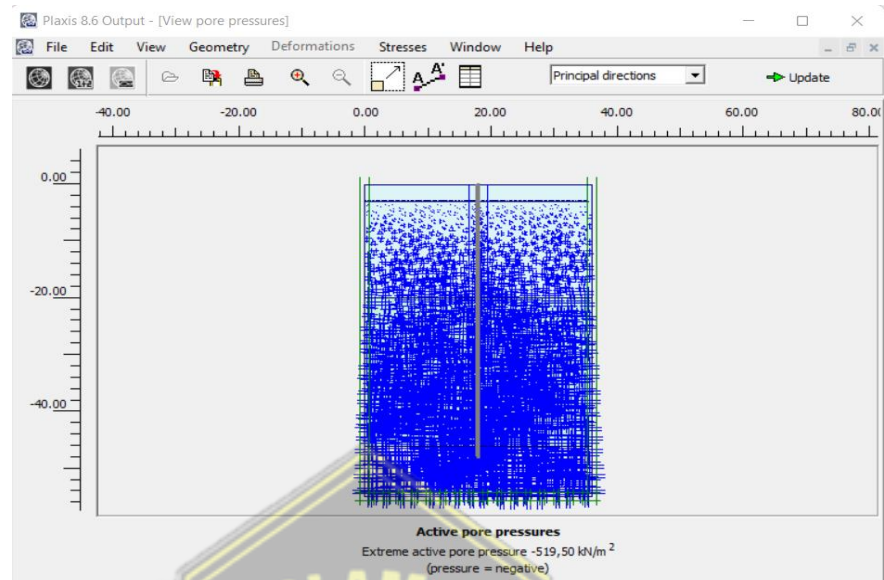


Gambar 4.38 water weight



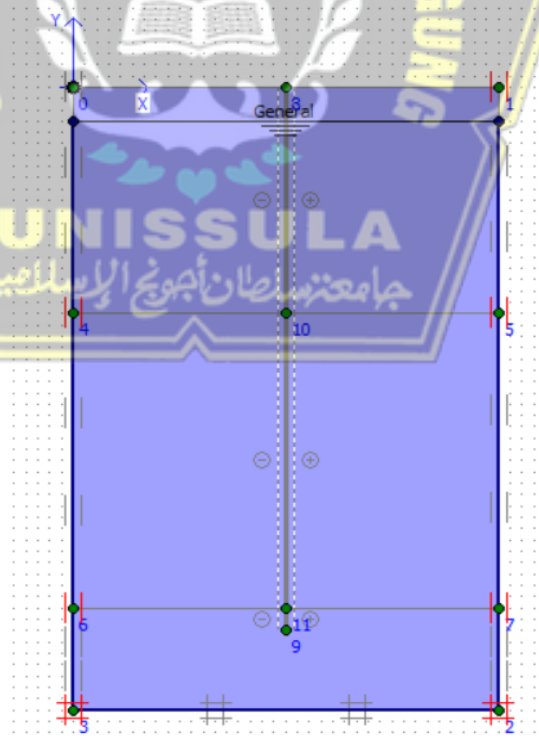
Gambar 4.39 Muka Air Tanah

10. Kemudian klik  sesuai pada Gambar 4.40



Gambar 4.40 output soil stressess

11. Klik  dan didapatkan sesuai Gambar 4.41



Gambar 4.41 Tekanan air pori

12. Kemudian klik  lalu akan muncul prosedur – K0 sesuai Gambar 4.42. Tekan tombol  untuk mengetahui hasil dari perhitungan pemodelan menggunakan *software* PLAXIS V 8.6, dapat dilihat di Gambar 4.43.

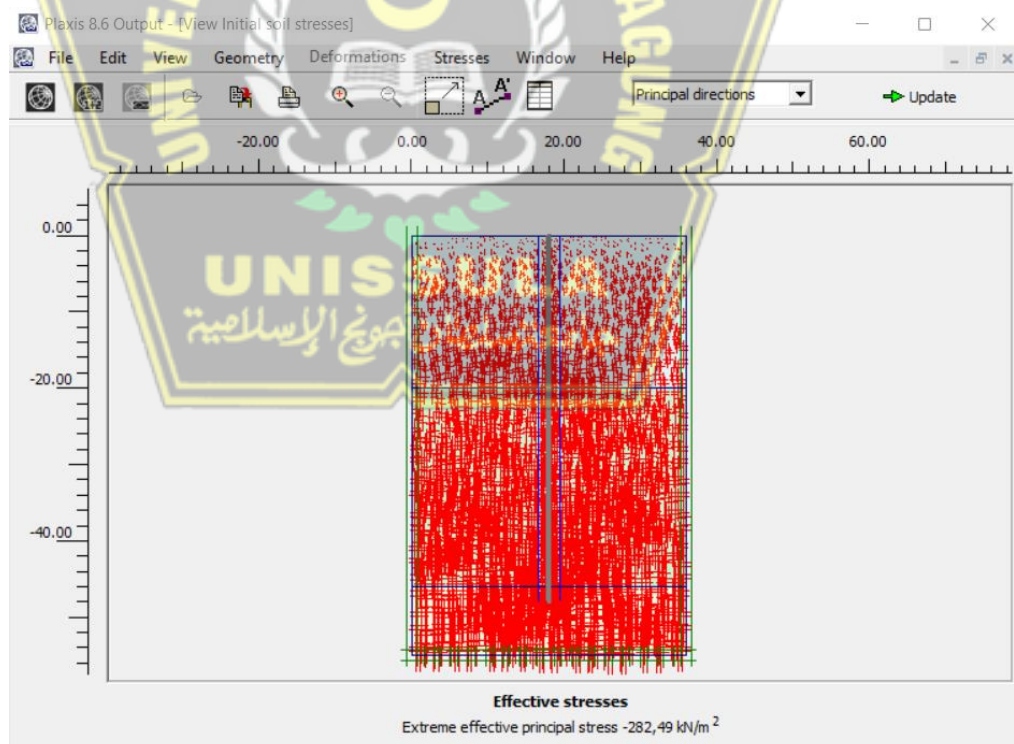
K0-procedure

ΣM -weight : 1,000

Cluster	Material	OCR	POP	K0
1	MC	N/A	N/A	0,388
2	MC	N/A	N/A	0,452
3	MC	N/A	N/A	0,452
4	MC	N/A	N/A	0,542
5	MC	N/A	N/A	0,542

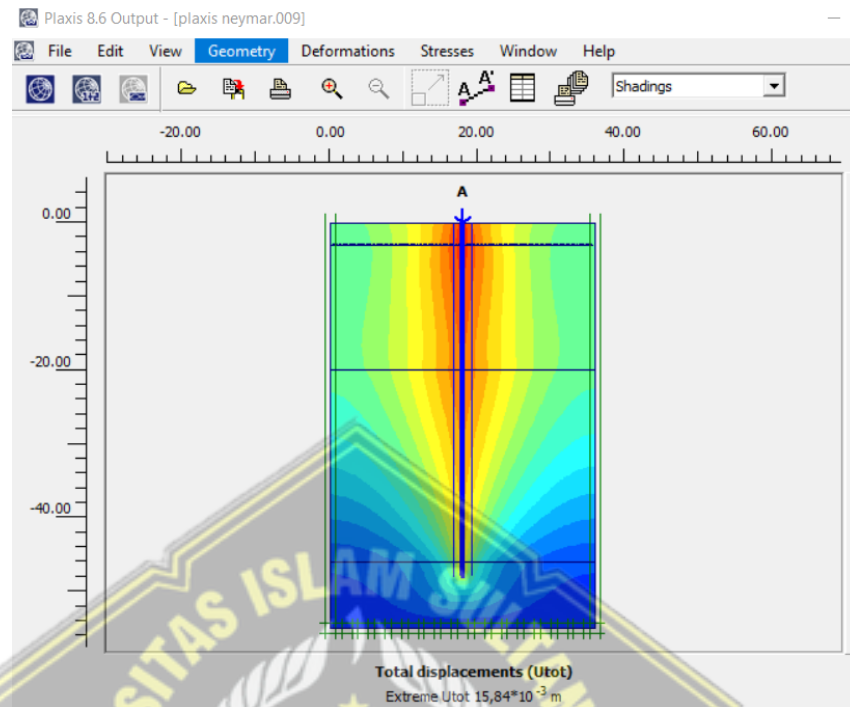
OK Cancel

Gambar 4.42 Prosedur K0



Gambar 4.43 Tekanan Efektif Tanah

13. Hasil dari pemodelan menggunakan *software* PLAXIS V.8.6 menghasilkan penurunan sebesar $15,84 \times 10^{-3}$ m, terdapat di Gambar 4.44

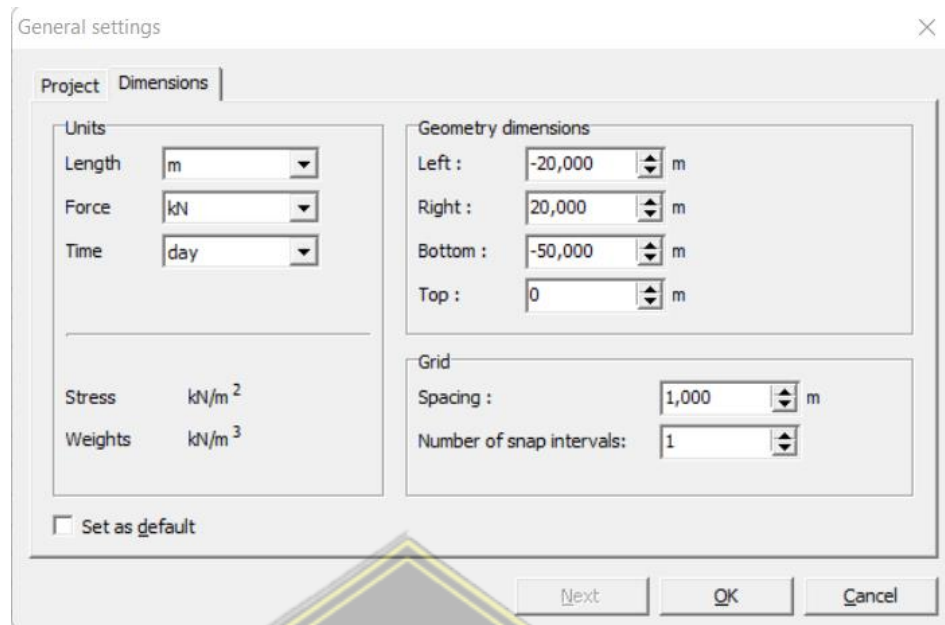


Gambar 4.44 Deformasi yang Terjadi

- Berikut langkah-langkah perhitungan penurunan fondasi kelompok tiang menggunakan *software* PLAXIS V 8.6
- 1. Tahapan pertama input data menggunakan *software* PLAXIS V 8.6 dengan menentukan judul dan satuan, sesuai Gambar 4.45

Gambar 4.45 Pengaturan Global – Project

2. Lalu input data dimensi sesuai dengan fondasi rencana, sesuai Gambar 4.46



Gambar 4.46 Pengaturan Global – Dimensi

3. Kemudian pada tahap selanjutnya klik  untuk mengatur pemodelan kontur tanah, sesuai Gambar 4.47



Gambar 4.47 Pemodelan Kontur Tanah

4. Klik  dan akan muncul dialog seperti Gambar 4.48 hingga Gambar 4.49

Mohr-Coulomb - Lunak

General	Parameters	Interfaces
Material set Identification: Lunak Material model: Mohr-Coulomb Material type: UnDrained		
General properties γ_{unsat} : 9,345 kN/m ³ γ_{sat} : 13,845 kN/m ³		
Comments 		
Permeability k_x : 6,740E-07 m/day k_y : 6,740E-07 m/day Advanced...		
SoilTest Next OK Cancel		

Gambar 4.48 Mohr- Coulomb (Lunak)

Mohr-Coulomb - Lunak 0-20

General	Parameters	Interfaces
Stiffness E_{ref} : 1,000E+04 kN/m ² ν (nu): 0,300		
Strength c_{ref} : 11,689 kN/m ² ϕ (phi): 27,270 ° ψ (psi): 0,000 °		
Alternatives G_{ref} : 3846,154 kN/m ² E_{oed} : 1,346E+04 kN/m ²		
Velocities V_s : 63,530 m/s V_p : 118,800 m/s		
Advanced...		
SoilTest Next OK Cancel		

Gambar 4.49 Mohr Colomb

General | Parameters | Interfaces

Strength

☒ Rigid

☐ Manual

R_{inter} : 1,000

Real interface thickness

δ_{inter} : 0,000

SoilTest Next OK Cancel

Gambar 4.50 Dialog Muka Material Pasir

- Setelah input data material tanah, tahap selanjutnya input data material fondasi sesuai dengan yang direncanakan, terdapat di Gambar 4.51

Plate properties

Material set

Identification: K-600

Material type: Elastic

Comments

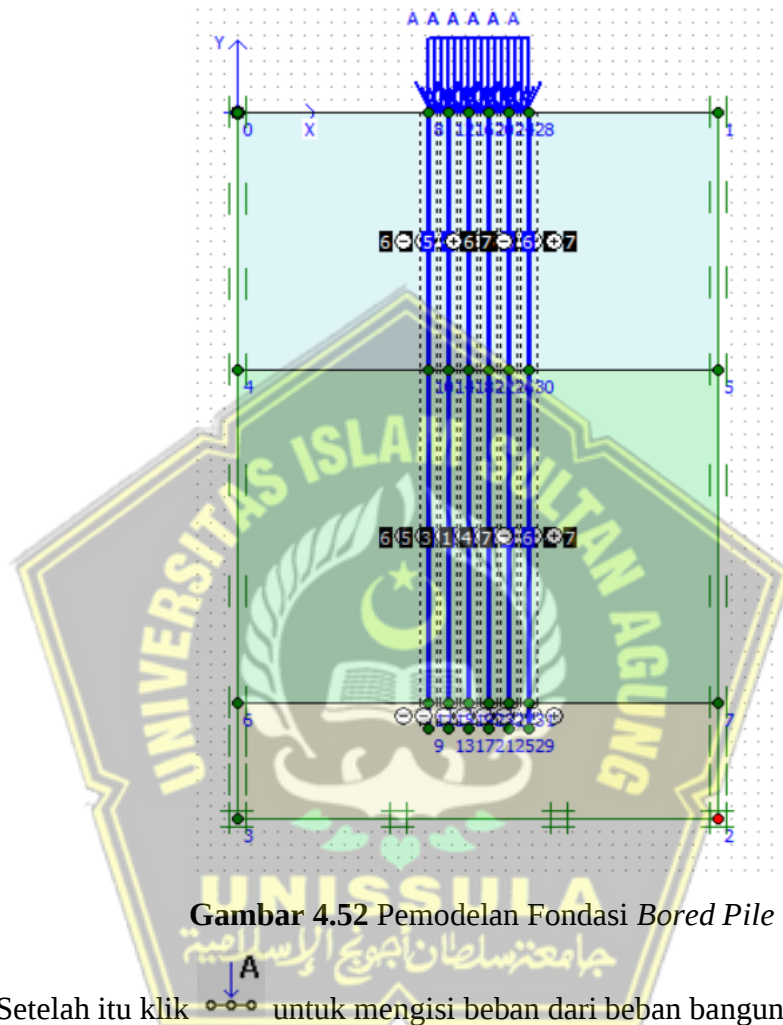
Properties

EA :	6,514E+06	kN/m
EI :	2,400E+09	kNm ² /m
d :	66,493	m
w :	7,000	kN/m/m
v :	0,300	
M_p :	1,000E+15	kNm/m
N_p :	1,000E+15	kN/m
Rayleigh α :	0,000	
Rayleigh β :	0,000	

OK Cancel

Gambar 4.51 Data Material Fondasi

6. Kemudian klik  untuk menentukan fondasi *bored pile* yang sudah ditentukan. Setelah itu klik  untuk mengaktifkan tekanan positif dan negatif di daerah sekeliling fondasi sesuai Gambar 4.52



Gambar 4.52 Pemodelan Fondasi Bored Pile

7. Setelah itu klik  untuk mengisi beban dari beban bangunan, beban yang di gunakan sebesar 17054,852 kN/m² sesuai Gambar 4.53

Distributed load - static load system A

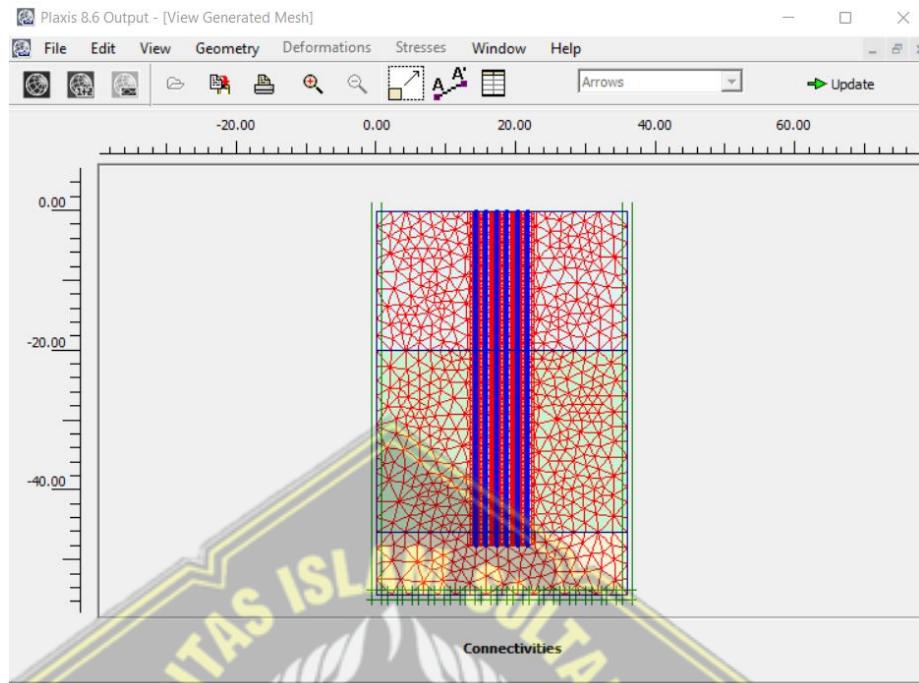
Geometry point 12		Geometry point 16	
X-Value :	0,000 kN/m ²	X-Value :	0,000 kN/m ²
Y-Value :	-1,705E4 kN/m ²	Y-Value :	-17054,8 kN/m ²

Perpendicular

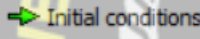
OK Cancel

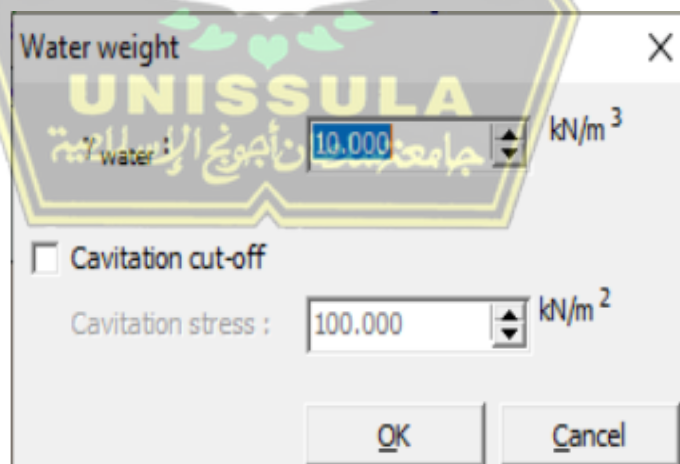
Gambar 4.53 Distributed Load

8. Klik untuk mengetahui susunan jaringan antara elemen, terdapat pada Gambar 4.54

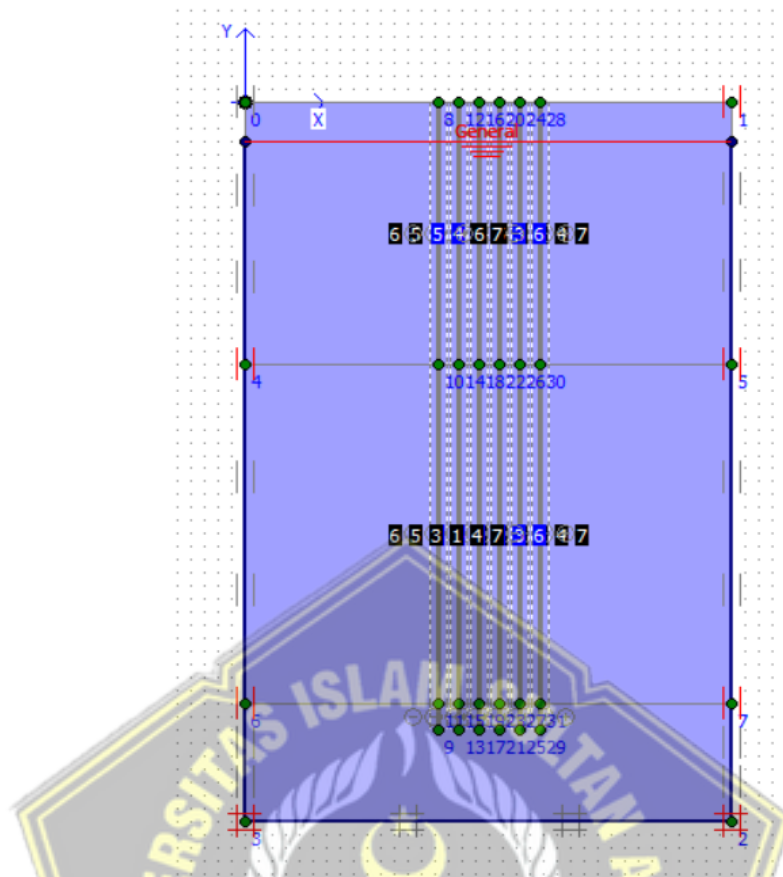


Gambar 4.54 Susunan Jaringan Elemen

9. Lalu klik  yang ada di toolbar, kemudian klik  untuk mengetahui berat isi air dan muka air tanah yang berada dikedalaman 3 m dibawah permukaan tanah sesuai Gambar 4.55 hingga Gambar 4.56

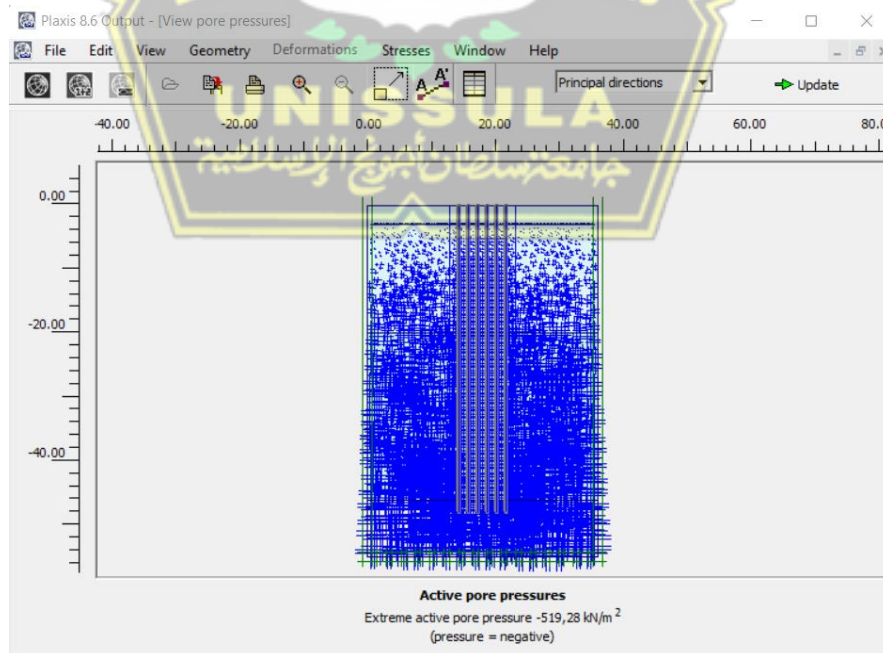


Gambar 4.55 Water Weight



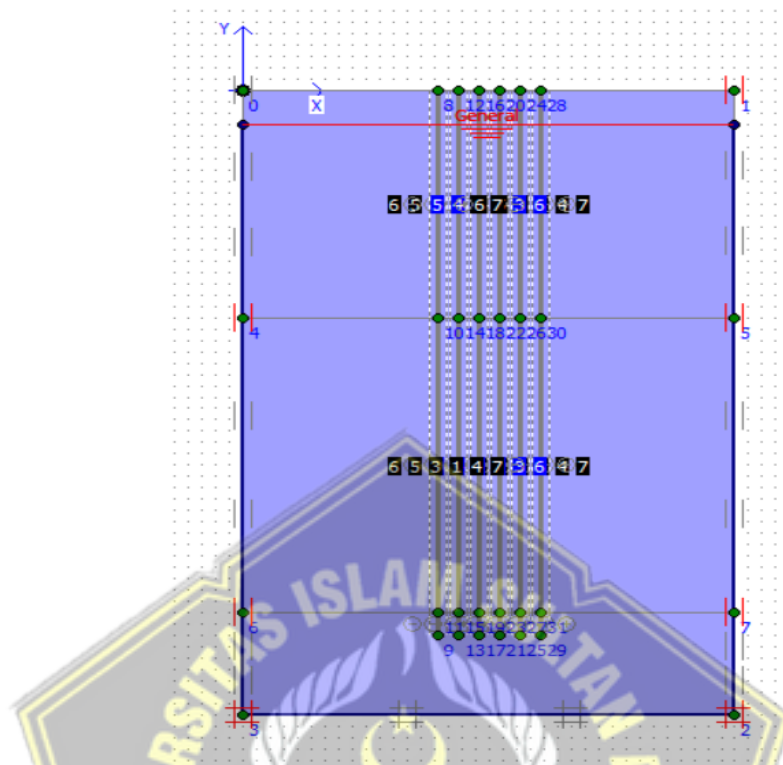
Gambar 4.56 output muka air

10. Kemudian klik  maka akan muncul dialog sesuai Gambar 4.57



Gambar 4.57 output soil stressess

11. Klik  dan didapatkan sesuai Gambar 4.58



Gambar 4.58 output air pori

12. Kemudian klik  lalu akan muncul prosedur – K0 dapat dilihat pada Gambar 4.59. Tekan tombol  Update untuk mengetahui hasil dari perhitungan pemodelan menggunakan *software* PLAXIS V 8.6, dapat dilihat digambar 4.60

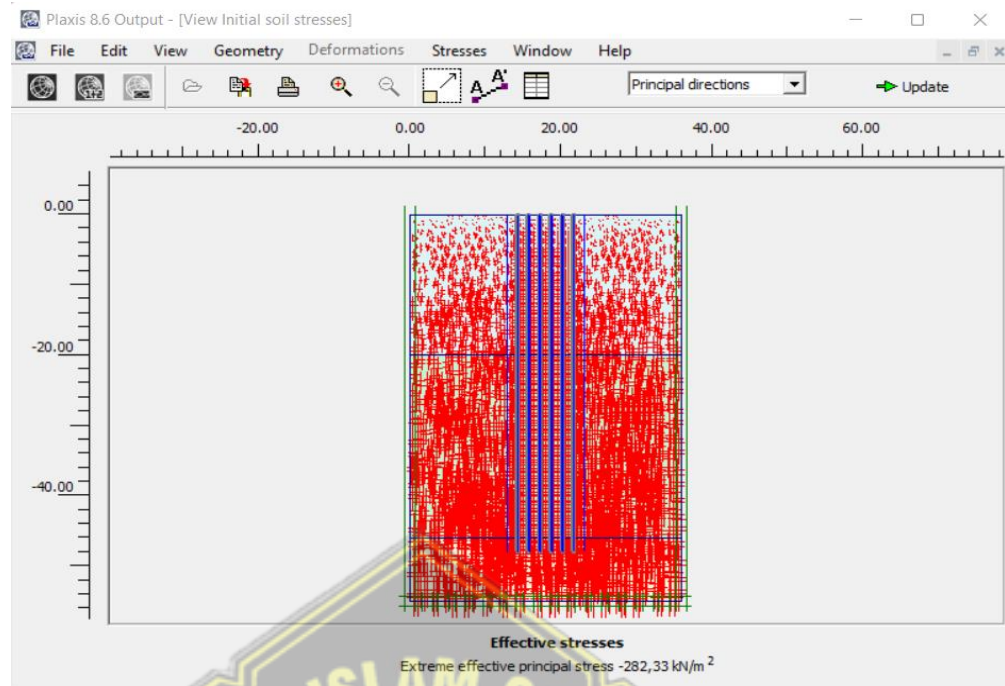
K0-procedure

ΣM-weight : 1,000

Cluster	Material	OCR	POP	K0
1	MC	N/A	N/A	0,388
2	MC	N/A	N/A	0,452
3	MC	N/A	N/A	0,452
4	MC	N/A	N/A	0,452
5	MC	N/A	N/A	0,452

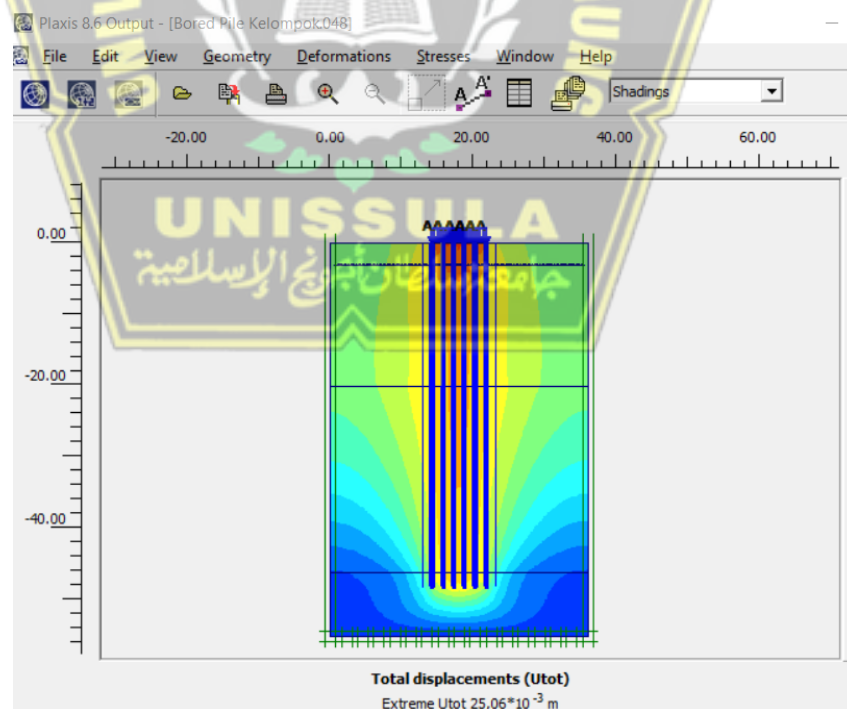
OK Cancel

Gambar 4.59 Prosedur K0



Gambar 4.60 Prosedur K0

13. Hasil dari pemodelan menggunakan software PLAXIS V.8.6 menghasilkan penurunan sebesar $25,06 \times 10^{-3}$ m sesuai Gambar 4.61.



Gambar 4.61 Deformasi

4.19. Pembahasan

4.18.1 Daya dukung pondasi

Hasil perhitungan daya dukung pondasi kedalaman 48 m antara metode Mayerhoff (1956) dan Metode Reese & Wright (1977) didapatkan hasil sebagai berikut pada Tabel 4.11.

Tabel 4.12. Hasil perhitungan daya dukung

Metode	daya dukung (kN)
Mayerhoff	3.758,40
Reese & Wright	3.856,30

Pada tabel 4.11 terlihat bahwa daya dukung dengan dimensi dan kedalaman fondasi yang sama, didapatkan daya dukung fondasi dengan metode Reese & Wright lebih besar. Perbedaan perhitungan daya dukung pondasi dua metode itu yang paling utama dapat dilihat pada daya dukung ujung. Daya dukung ujung Mayerhoff menggunakan nilai SPT rata-rata dengan rumus $Q_p = 40 \cdot N_b \cdot A_p$. Sedangkan metode Reese & Wright menggunakan nilai kohesi tanah dengan rumus $Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p$.

4.18.2 Perhitungan Penurunan

Penurunan pondasi dalam analisa ini menggunakan perhitungan manual metode Vesic dan software *plaxis*. Perhitungan manual untuk tiang tunggal menggunakan rumus $S_t = S_1 + S_2 + S_3$. Sedangkan untuk tiang kelompok menggunakan rumus $S_g = S_t \sqrt{\frac{b'}{D}}$. Hasil perhitungan penurunan tiang dari perhitungan manual dan perhitungan *software* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.13. Hasil perhitungan manual dan *software*

Jenis Tiang	Penurunan	
	Manual (cm)	Plaxis (cm)
Tunggal	1,773	1,584
Kelompok	5,000	2,506

Pada tabel 4.12 dapat dilihat bahwa perhitungan manual lebih besar dari perhitungan menggunakan program plaxis V.8.6, hal ini bisa terjadi karena parameter tanah yang digunakan.



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Hasil analisis proyek pembangunan kantor kabupaten brebes dapat disimpulkan hasil sebagai berikut :

- a. Hasil perhitungan pembebanan gedung menggunakan *software* SAP2000 V.14, didapatkan beban sebesar $P_1 = 17054,852 \text{ kN}$, $P_2 = 7848,268 \text{ kN}$ dan $P_3 = 1611,193 \text{ kN}$ sebagai beban terbesar, sedang dan terkecil.
- b. Hasil perhitungan mengenai dimensi *pile cap* didapatkan ukuran $4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$. Sedangkan untuk dimensi *bored pile* didapatkan diameter $0,5 \text{ m}$ setinggi 48 m .
- c. Hasil perhitungan daya dukung aksial dan lateral secara manual untuk fondasi *bored pile* menggunakan metode *Meyerhoft* dengan kedalaman 48 m . Dihasilkan daya dukung kelompok tiang P_1 senilai $17138,304 \text{ kN}$, untuk daya dukung kelompok tiang P_2 senilai $9696,672 \text{ kN}$, dan untuk daya dukung kelompok tiang P_3 senilai $3758,4 \text{ kN}$ untuk daya dukung lateral (H_u) sebesar $1302,9 \text{ Kn}$.
- d. Hasil perhitungan penurunan terjadi pada tiang tunggal sebesar $1,773 \text{ cm}$, sedangkan untuk penurunan tiang kelompok sebesar 5 cm yang akan terjadi selama $49,9$ tahun. Sedangkan penurunan menggunakan *software* PLAXIS v.8.6 didapatkan nilai penurunan fondasi *bored pile* sebesar $1,584 \text{ cm}$ dan untuk penurunan fondasi kelompok sebesar $2,5 \text{ cm}$.

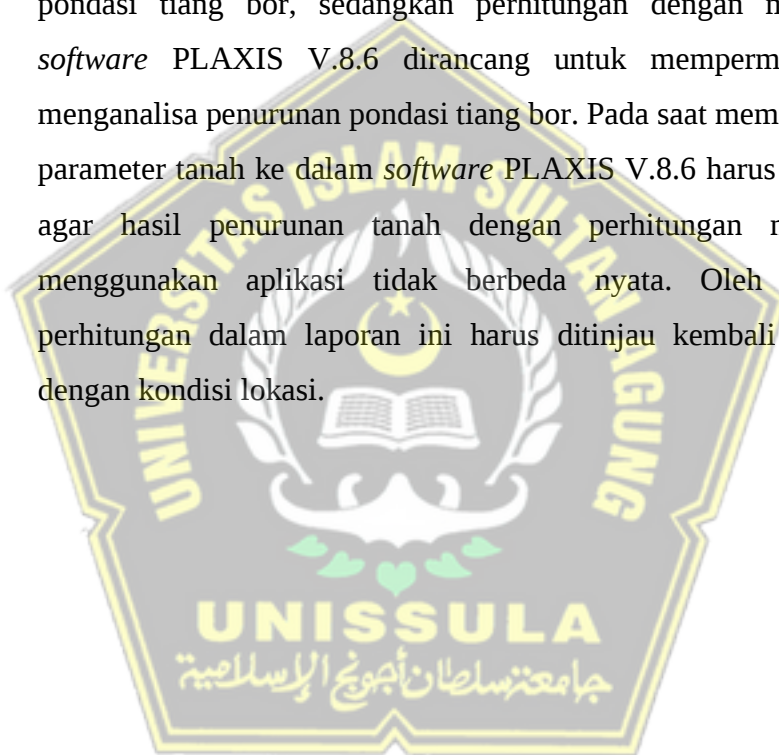
5.2. Saran

Berdasarkan dari penelitian tugas akhir yang telah dilakukan, memberikan saran sebagai berikut:

- a. Bilamana kita hendak menghitung besarnya daya dukung pondasi tiang pancang alangkah baiknya kita memiliki kelengkapan data, baik data teknis maupun data penyelidikan tanah yang dilaksanakan di lapangan dan data hasil pengujian laboratorium mekanika tanah untuk penentuan nilai dari parameter-parameter tanah sebagai kelengkapan dalam perhitungan, sehingga akan didapatkan ketelitian dan keakuratan dalam

perhitungan besarnya nilai daya dukung tanah pada suatu lokasi yang akan dilaksanakan pekerjaan konstruksi.

- b. Saat menghitung daya dukung pondasi dan menghitung penurunan secara manual atau saat menghitung dengan *software* PLAXIS V.8.6, ada beberapa data yang harus digunakan yaitu data teknis, data survey tanah yang dilakukan langsung di lapangan dan data uji dari laboratorium mekanika tanah, oleh karena itu dalam menghitung daya dukung pondasi dan penurunan pondasi harus teliti.
- c. Perhitungan manual dirancang untuk mengetahui proses penurunan pondasi tiang bor, sedangkan perhitungan dengan menggunakan *software* PLAXIS V.8.6 dirancang untuk mempermudah dalam menganalisa penurunan pondasi tiang bor. Pada saat memasukkan data parameter tanah ke dalam *software* PLAXIS V.8.6 harus diperhatikan agar hasil penurunan tanah dengan perhitungan manual atau menggunakan aplikasi tidak berbeda nyata. Oleh karena itu, perhitungan dalam laporan ini harus ditinjau kembali agar sesuai dengan kondisi lokasi.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 1727:2013 *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional,
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 1726:2019 *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional,
- Bogeman, M. L. 1965. *Teknologi Mekanika*. Jakarta: Erlangga,
- Bowless, J. E. 1991. *Sifar-Sifat Fisik dan Geoteknik Tanah*. Jakarta: Erlangga,
- Bowless, J. E. 1997. *Analisis Dan Desain Pondasi Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah (prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Indonesia: Erlangga,
- Das, B. M. 2011. *Principle Of Foundastion Engineering*, edisi 7. Cengage Laerning, Stamford USA,
- Fitriyana, Lisa. 2017. *Penilaian Kelayakan Goeteknik dalam Pembangunan STIE BPD Semarang*. Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung. Semarang.
- Gunawan, R. 1990. *Pengantar Teknik Pondasi*. Yogyakarta: Kanisius,
- H. G Poulos dan E. H Davis. 1980. *Pile Foundation Analysis and Disgen*, John Wiley and Sons, New York,
- Hardiyatmo, Hary Christady, 1992, *Mekanika Tanah I*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiiyatmo, H. C. 1996. *Teknik Pondasi I*. Jakarta: P.T Gramedia Pusat Utama,
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah I Edisis 3*. Jakarta: PT. Gramedia Pusat Utara,
- Hardiyatmo, H. C. 2011. *Analisis dan Perencanaan Fondasi Bagian Edisis 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press,
- Hardiyatmo, H. C. 2013. *Geosisntetk Untuk Rekaya Jalan Raya (Perancangan dan Aplikasi)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press,

- Haris, V. T. dkk, 2018. *Nilai Hohesif Dan Sudut Geser Tanag Pada Akses Gerbang Universitas Lancang Kuning*. Program Studi Teknik Sipil Universitas lancang Kuning, Pekanbaru,
- Hendri, M. A. P. dkk. 2019. *Analisia dan Perencanaan Pondasi Tiang Bored Pile pada jembatann jalur Ganda Kerat Api Weay Pengebuan Kabupaten Lampung Tengah*. JRSDD, Edisi Desember 2019. Vol. 7, No. 4, Hal:483-494 (ISSN:2303- 0011),
- Karim, F. S., 2020. *Perencanaan Ulang Struktur Bawah Gedung Laboratrium Vokasi Univeristas Brawijaya Malang Menggunakan Pondasi Bored Pile Tipe Franky Pile*. Undergraduate (S1) thesis, Universitas Muhammadiyah Malang,
- Kawangian, S. dkk, 2018. *Analisis Daya Dukung Lateral Pada Tiang Pancang Kelompok Di Dermaga*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulagi, Manado,
- Lastiasih, Y. dkk, 2018. *Reabilitas Daya Dukung Pondasi Tiang Bord Berdasarkan Formula Reese & Wright dan Usullan Load Resistance Factor Design dalam Perencanaan Pondasi Tiang Bor*, Jakarta,
- Mardani, A. 2014. *Pengaruh Perbedan Material Tanah Terhadap Capat Rambat Rembesan Pada Dasar Bendungan*. Program Studi Fakutas Teknik Sipil Univerista Pendidikan Indonesia. Jawa Barat,
- Mayerhoff, G. G. 1965. *Shallow Foundation. Journal Of The Soil Mechanics And Foundations Devision*. ASCE. Vol. 91. No. SM2. pp 21-23,
- Nugraha, A. S., & Refanie, A. (2015). *Analisis Beban-Penurunan Pada Pondasi Tiang Bor Berdasarkan Hasil Uji Beban Tiang Terinstrumentasi dan Program GEO5*. Jurnal Teknik Sipil, 11(2), 155-167.
- Notohadiprawiro T. 2006. *Tanah dan Lingkungan*. Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pratikso, 2017. *Mekanika Tanah I*. Semarang: UNISSULA PRESS,
- Rustiansyah, M. D. 2019. *Studi Perencanaan Pondasi Rakit (Raft Foundasition) Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Gigi Dan Mulut*

- Universitas Brawijaya. Undergraduate (S1) thesis,
University of Muhammadiyah Malang,
- Tomlinson, M., and Woodward, J. 2015. *Pile Design Construction Practice 6th ed.*
CRC Pres Taylor & Francis Group A Spon Press Book.
Landen, New York,
- Vesic, A. S. 1977. *Design of Pile Foundations. NCHRRP Synthesis of Practice.*
No. 42. Transportation Research Board. Washinton DC,
- Yuliprianto, H. 2010. *Biologis Tanah dan Strategi Pengelolahan.* Yogyakarta:
Graha Ilmu,
- Yusti, A dan Fahriani. F. 2014. *Analaisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang
Diverifikasi dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzei Rest dan
CAPWAP (Studi: Kasus Proyek Pembangunan Gedung
Kantor Bank Sumsel Babel Di Palangkalpinang).* Jurnal
Fropil, 2 (1). PP 19-31

