

LAPORAN TUGAS AKHIR
PERENCANAAN STRUKTUR FONDASI BORED PILE
PADA GEDUNG 8 LANTAI RUMAH SAKIT WAHIDIN
SUDIROHUSODO-MAKASSAR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Pendidikan Tingkat Sarjana (S1) Pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil
Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Disusun Oleh:

ABDUL RAHMAN

30201800003

JALALUDIN

30201800095

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG

2022

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR FONDASI BORED PILE PADA GEDUNG 8 LANTAI RUMAH SAKIT WAHIDIN SUDIROHUSODO-MAKASSAR

Oleh:



Abdul Rahman
NIM : 30201800003



Jalaludin
NIM : 30201800095

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Agustus 2022

Oleh:

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Dr. Ir. H. Sumirin, MS.
NIDN: 0004056302
2. Prof. Dr. Ir. Antonius, MT.
NIDN: 0605046703
3. Lisa Fitriyana, ST., M.Eng.
NIDN: 0605016802

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: 36 / A.3 / SA - T / VIII / 2022

Pada hari ini tanggal ... Agustus 2022 berdasarkan surat keputusan rektor Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II :

Nama : Dr. Ir. H. Sumirin, Ms.
Jabatan Akademik : Lektor

Nama : Prof. Dr. Ir. Antonius, MT.
Jabatan Akademik : Guru Besar

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

Nama : Abdul Rahman Nama : Jalaludin
NIM : 30.2018.00003 NIM : 30.2018.00095

Judul : STUDI PERENCANAAN STRUKTUR FONDASI BORED PILE PADA GEDUNG 8 LANTAI RUMAH SAKIT WAHIDIN SUDIROHUSODO-MAKASSAR.

Dengan tahapan sebagai berikut :

No.	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	18 Februari 2022	
2	Proposal	04 April 2022	ACC
3	Pengumpulan data	09 Maret 2022	
4	Analisis data	23 Maret 2022	
5	Penyusunan laporan	13 Juni 2022	
6	Selesai Laporan	28 Juli 2022	ACC

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

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. H. Sumirin, MS.



Prof. Dr. Ir. Antonius, MT.

Mengetahui,

Kaprodi Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNISSULA

Handwritten initials



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M. Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Abdul Rahman

NIM : 30.2018.00003

Nama : Jalaludin

NIM : 30.2018.00095

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR FONDASI BORED PILE PADA GEDUNG 8 LANTAI RUMAH SAKIT WAHIDIN SUDIROHUSODO-MAKASSAR. benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, ... Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,

Yang membuat pernyataan,



Abdul Rahman
NIM : 30201800003



Jaludin
NIM : 30201800095

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Abdul Rahman

NIM : 30.2018.00003

Nama : Jalaludin

NIM : 30.2018.00095

JUDUL : STUDI PERENCANAAN STRUKTUR FONDASI BORED PILE
PADA GEDUNG 8 LANTAI RUMAH SAKIT WAHIDIN
SUDIROHUSODO-MAKASSAR.

Memberikan pernyataan dengan sebenarnya bahwa tugas akhir ini adalah perolehan studi, gagasan serta penguraian asli kami. Bahwasalnya diajukan untuk memperoleh gelar di Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau akademik besar lainnya. Ataupun bahwa yang sudah diterbitkan lebih dahulu atau sudah ditulis oleh orang lain. Kami mencantulkannya dengan pengakuan.

Kami sanggup menerima sanksi akademik sesuai dengan pernyataan yang ada di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Jika nantinya terdapat kekeliruan serta ketidakabsahan dalam pernyataan ini.

Demikian pernyataan ini kami buat.

Semarang, ... Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,

Yang membuat pernyataan,

Abdul Rahman
NIM : 3020180000

Jalaludin
NIM : 30201800095

MOTTO

Kamu adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. (Q.S. Ali 'Imron Ayat 110)

Dan taatilah Allah dan Rasul-Nya dan janganlah kamu berselisih, yang menyebabkan kamu menjadi gentar dan kekuatanmu hilang dan bersabarlah. Sungguh, Allah beserta orang-orang sabar. (Q.S. Al-Anfal Ayat 46)

Ketahuilah sesungguhnya milik Allah-lah apa yang ada di langit dan di bumi. Bukankah janji Allah itu benar? Tetapi kebanyakan mereka tidak mengetahui. (Q.S. Yunus Ayat 55)

Maka barangsiapa mengerjakan kebaikan seberat zarrah, niscaya dia akan melihat (balasan)nya, (Q.S. Az-Zalzalah Ayat 7)

"Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga." (HR Muslim, no. 2699).

"Barangsiapa yang keluar untuk menuntut ilmu, maka ia berada di jalan Allah hingga ia pulang," (HR Tirmidzi).

"Belajarliah kalian ilmu untuk ketentraman dan ketenangan serta rendah hatilah pada orang yang kamu belajar darinya." (HR Thabrani).

"Jika seorang manusia mati, maka terputuslah darinya semua amalnya kecuali dari tiga hal; dari sedekah jariyah atau ilmu yang diambil manfaatnya atau anak shalih yang mendoakannya." (HR Muslim no. 1631).

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 La Seni dan Ibu Wa Salama, yang selalu memberikan dukungan, cinta, do'a, dan studi untuk menjadi seseorang yang sukses serta mulia di dunia dan akhirat.
2. Bapak Dr. Ir. H. Sumirin, Ms. dan Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, MT. Selaku dosen pembimbing Tugas Akhir saya, terimakasih banyak bapak sudah membantu selama ini. Sudah dinasehati, diajari, dan mengarahkan saya sampai Tugas Akhir ini selesai.
3. Jalaludin selaku teman saya yang sabar dan sungguh-sungguh dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.
4. Sebagai tanda terima kasih, aku persembahkan karya kecil ini untuk kakak saya Muh. Abdu dan Syaharddin serta kakak Jalaludi dan Nur Baitillah. Terima kasih telah memberikan semangat dan inspirasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga do'a dan semua hal yang terbaik yang engkau berikan menjadikan ku orang yang baik pula. Terima kasih.
5. Sahabat-sahabat saya Joko, Artha, Ilham, Yogi, Adji, Iman, Syahrul, Rozy, Zul, Alfian, Fadli, dan kawan-kawan Teknik Sipil 2018 atau angkatan lainnya, serta teman-teman diluar kampus di komunitas Ampel Buton dan di Alumni SDN 1 Saragi 2012 atau Angkatan lainnya. Saya sangat berterimakasih kepada kalian yang telah memberikan banyak hal yang tak terlupakan kepada saya.
6. Semua pihak yang tidak disebutkan dalam membantu penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Abdul Rahman

30201800003

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 La Tawali dan Ibu Wa Hasina, yang selalu memberikan dukungan, cinta, do'a, dan studi untuk menjadi seseorang yang sukses serta mulia di dunia dan akhirat.
2. Bapak Dr. Ir. H. Sumirin, Ms. dan Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, MT. Selaku dosen pembimbing Tugas Akhir saya, terimakasih banyak bapak sudah membantu selama ini. Sudah dinasehati, diajari, dan mengarahkan saya sampai Tugas Akhir ini selesai.
3. Abdul Rahman selaku teman saya yang sabar dan sungguh-sungguh dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.
4. Sebagai tanda terima kasih, aku persembahkan karya kecil ini untuk kakak saya yusmina dan Juneti serta kakak sepupu saya Muh. Abdu dan Syaharddin. Terima kasih telah memberikan semangat dan inspirasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga do'a dan semua hal yang terbaik yang engkau berikan menjadikan ku orang yang baik pula. Terima kasih.
5. Sahabat-sahabat saya Joko, Artha, Ilham, Yogi, Adji, Iman, Syahrul, Rozy, Zul, dan angkatan Teknik Sipil 2018. Yang selalu memberi memberi semangat, dukungan, dan hiburan sehingga saya bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
6. Semua pihak yang tidak disebutkan dalam membantu penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Jalaludin
30201800095

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tentang “Studi Perencanaan Struktur Fondasi Bored Pile Pada Gedung 8 Lantai Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar”. Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Bapak Ir. Rachmat Mudiyo, MT.,Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Dr. Ir. H. Sumirin, MS. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, MT. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
5. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
6. Kedua orang tua kami yang telah memberikan do'a dan motivasi.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya, semoga tugas akhir ini bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembacanya.

Semarang, ... Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GRAFIK	xviii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xix
ABSTRAK	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud Dan Tujuan	2
1.3.1 Maksud	2
1.3.2 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Teori Umum.....	4
2.2 Tanah.....	4
2.2.1 Penyelidikan Tanah.....	5
2.3 Klasifikasi Tanah.....	6
2.4 Fondasi	6
2.4.1 Fondasi Dangkal.....	7
2.4.2 Fondasi Dalam.....	8
2.5 Fondasi Bored Pile	10
2.6 Kapasitas Daya Dukung Fondasi Bored Pile.....	11
2.6.1 Daya Dukung Selimut	12
2.6.2 Daya Dukung Ujung	12
2.7 Daya Dukung Fondasi Menggunakan Metode Meyerhoft	12
2.8 Efisiensi Kelompok Tiang.....	13
2.8.1 Menentukan Banyak Tiang Fondasi Yang Dibutuhkan	14
2.8.2 Menentukan Jarak Antar Tiang	14
2.9 Beban Maksimum Tiang Pada Kelompok Tiang	15
2.10 Perhitungan Daya Dukung Lateral	15
2.10.1 Daya Dukung Horizontal Menurut Metode Brooms.....	18
2.10.2 Kontrol Defleksi Tiang Vertikal	21
2.11 Penurunan Dan Waktu Penurunan Fondasi Bored Pile	21

2.11.1 Penurunan Pada Fondasi Bored Pile	21
2.11.2 Waktu Penurunan Tanah	24
2.12 Perhitungan Penulangan	25
2.12.1 Penulangan Pile Cap	25
2.12.2 Penulangan Bored Pile	26
2.12.3 Perhitungan Tulangan Sengkang	29
2.13 Permodelan Menggunakan Software	29
2.13.1 Etabs	29
2.13.2 Plaxis	30
2.13.3 Allpile	34
BAB III METODOLOGI	39
3.1 Pendahuluan	39
3.2 Lokasi Perencanaan	39
3.3 Pengumpulan Data	40
3.3.1 Data Umum	40
3.3.2 Data Teknis	40
3.4 Bagan Alir	42
3.5 Permodelan Struktur Dengan Etabs V.16.2.1	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Tinjauan Umum	48
4.2 Perhitungan Pembebanan Struktur Atas	48
4.2.1 Kombinasi Pembebanan Untuk Fondasi	49
4.2.2 Beban Mati (Dead Load)	49
4.2.3 Beban Mati Tambahan (Super Dead Load)	49
4.2.4 Beban Hidup (Live Load)	51
4.2.5 Beban Hidup Atap (Live Load Roof)	51
4.2.6 Beban Gempa (Quake Load)	51
4.3 Permodelan Dan Input Struktur Atas	61
4.3.1 Permodelan	61
4.3.2 Input Permodelan Dengan Pengecekan	62
4.3.3 Beban Fondasi Dari Struktur Atas	68
4.4 Analisis Daya Dukung Fondasi Bored Pile	75
4.4.1 Daya Dukung Fondasi Bored Pile Metode Meyerhoft	75
4.5 Perhitungan Jarak Antara Fondasi Bored Pile Dan Jarak As Ke Tepi	77
4.6 Efisiensi Daya Dukung Tiang (Kelompok)	78
4.7 Beban Maksimum Tiang Pada Kelompok Tiang	80
4.8 Perhitugan Daya Dukung Lateral	84
4.8.1 Tahanan Beban Lateral Ultimate	84
4.8.2 Tingkat Kekakuan Dan Elastis Pada Tiang	85
4.8.3 Menghitung Besarnya Gaya Lateral	85
4.9 Kontrol Defleksi Tiang	89
4.10 Penurunan Tiang Tunggal	91
4.11 Penurunan Kelompok Tiang	93
4.12 Waktu Penurunan Tanah Fondasi Bored Pile	94

4.13 Perencanaan Penulangan Pile Cap	95
4.14 Penulangan Fondasi Bored Pile	109
4.15 Menganalisa Fondasi Menggunakan Software Plaxis	116
4.16 Menganalisa Fondasi Menggunakan Software Allpile	123
4.17 Hasil Perhitungan	127
BAB V PENUTUP	128
5.1 Kesimpulan	128
5.2 Saran.....	129
DAFTAR PUSTAKA	130
LAMPIRAN.....	132

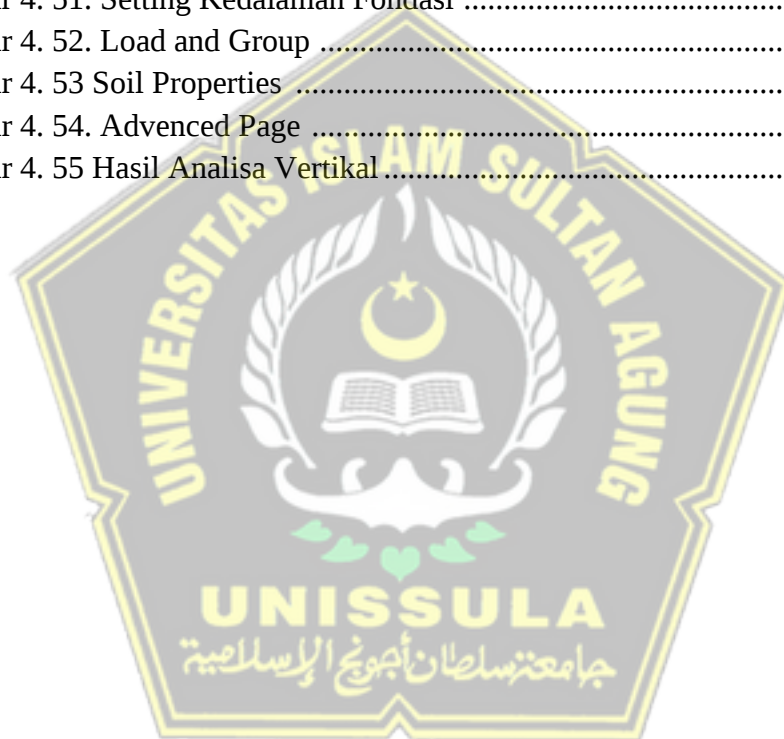


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1: Lokasi Penyelidikan Tanah	5
Gambar 2. 2: (a) Setempat, (b) Menerus, (c) Pelat/Rakit	8
Gambar 2. 3: Fondasi Bored Pile	9
Gambar 2. 4: Ilustrasi Pekerjaan Fondasi Bored Pile	10
Gambar 2. 5: Jenis-Jenis Bored Pile	11
Gambar 2. 6: Defleksi dan Mekanisme Keruntuhan Pondasi Tiang (a) Fondasi tiang pendek (b) Fondasi Tiang Panjang	19
Gambar 2.7: Grafik Tahanan Lateral Ultimit Tiang Pada Tanah Kohesif tiang pendek (Broms, 1964)	20
Gambar 2.8: Grafik Tahanan Lateral Ultimit Tiang Pada Tanah Kohesif tiang Panjang (Broms, 1964)	20
Gambar 2. 9: (a) Penampang Lingkaran, (b) Penampang Persegi	27
Gambar 2. 10: Jendela Penggambaran Model	30
Gambar 2. 11: Jendela Soil and Interface	32
Gambar 2. 12: Mesh Generation	32
Gambar 2. 13: Kondisi Muka Air Tanah	33
Gambar 2. 14: kalkulasi analisis	34
Gambar 2. 15: Pile Type	35
Gambar 2. 16: Pile Profile	35
Gambar 2. 17: Pile Properties	36
Gambar 2. 18: Setting Kedalaman Fondasi	36
Gambar 2. 19: Load and Group	37
Gambar 2. 20: Soil Properties	37
Gambar 2. 21: Advenced Page	38
Gambar 3. 1: lokasi Proyek Pembangunan Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar	39
Gambar 3. 2: Denah Keseluruhan Bangunan Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar dan dibagi menjadi 3 blok A, B, dan C	41
Gambar 3. 3: Denah Bangunan Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar Blok A	41
Gambar 3. 4: Flow Chart Perencanaan Fondasi Bored Pile Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar	42
Gambar 3. 5: Permodelan Tampak 3D	43
Gambar 3. 6: Permodelan 3D Tanpak Depan	43
Gambar 3. 7: Permodelan 3D Tanpak Samping Kiri Dan Kanan	44
Gambar 3. 8: Permodelan Lantai 1	44
Gambar 3. 9: Permodelan Lantai 2	45
Gambar 3. 10: Permodelan Lantai 3	45
Gambar 3. 11: Permodelan Lantai 4	46
Gambar 3. 12: Permodelan Lantai 5	46

Gambar 3. 13: Permodelan Lantai 6	46
Gambar 3. 14: Permodelan Lantai 7	47
Gambar 3. 15: Permodelan Lantai 8	47
Gambar 3. 16: Permodelan Lantai Atap.....	47
Gambar 4. 1: Model Beban dinding 4 m	50
Gambar 4. 2: Model Beban dinding 4,5 m	50
Gambar 4. 3: Percepatan periode pendek S_s	55
Gambar 4. 4: Percepatan periode 1 detik	56
Gambar 4. 5: Desain spektra indonesia	56
Gambar 4. 6: Model Struktur Atas	62
Gambar 4. 7: Beban mati plat	62
Gambar 4. 8: beban mati dinding	63
Gambar 4. 9: Beban Hidpu Plat	63
Gambar 4. 10: Input Fakotr-faktor beban statik Ekuvalen Arah x	64
Gambar 4. 11: Input Fakotr-faktor beban statik Ekuvalen arah y	64
Gambar 4. 12: Input Fakotr-faktor beban statik Ekuvalen arah x	65
Gambar 4. 13: Input Fakotr-faktor beban statik Ekuvalen arah y	65
Gambar 4.14: Denah Letak Fondasi	68
Gambar 4.15: Beban Dan Momen Yang Bekerja Di Setiap Fondasi	69
Gambar 4.16: Gaya Horizontal Yang Bekerja Di Setiap Fondasi	70
Gambar 4.17: Beban Maksimum Pada P1	80
Gambar 4.18: Beban Maksimum Pada P9	81
Gambar 4.19: Denah Fondasi Bored Pile Sesuai Perhitungan.....	89
Gambar 4.20: Pile Cap 2 Tiang	93
Gambar 4.21: Pile Cap 4 Tiang	93
Gambar 4.22: Perencanaan Pile Cap 2 Tiang Arah x dan y	95
Gambar 4.23: Ilustrasi Bidang Geser 2 Tiang.....	99
Gambar 4.24: Ilustrasi Penentuan Mu Pada Bidang Geser 2 Tiang.....	99
Gambar 4.25 Penulangan Pile Cap 2 Tiang	100
Gambar 4.26: Detail Penulangan Pile Cap 2 Tiang Potongan AA	101
Gambar 4.27: Detail Penulangan Pile Cap 2 Tiang Potongan BB	101
Gambar 4.28: Perencanaan Pile Cap 4 Tiang Arah x dan y	102
Gambar 4.29: Ilustrasi Bidang Geser 4 Tiang.....	106
Gambar 4.30: Ilustrasi Penentuan Mu Pada Bidang Geser 4 Tiang.....	106
Gambar 4.31 Penulangan Pile Cap 4 Tiang	108
Gambar 4.32: Detail Penulangan Pile Cap 4 Tiang Potongan AA dan BB	108
Gambar 4.33: Bored Pile Φ 1 m, Kedalaman 10 m	115
Gambar 4.34: Detail Fondasi Bored Pile Φ 1 m, Kedalaman 10 m	115
Gambar 4.35: Pengaturan Global	116
Gambar 4.36 Pengaturan Global	116
Gambar 4.37 Permodelan Kontur Tanah	117
Gambar 4.38 Material Tanah	117

Gambar 4.39 Memberikan Fondasi Bored Pile	118
Gambar 4.40 Memberikan Beban Terpusat Pada Fondasi.....	118
Gambar 4.41 Susunan Jaringan Elemen	119
Gambar 4.42 Prosedur-K0	119
Gambar 4.43 Tekanan Efektif Tanah	120
Gambar 4.44 Hasil Perhitungan	120
Gambar 4.45 Jaringan Elemen Terdeformasi	121
Gambar 4.46 Nilai Reduksi Phi-C	121
Gambar 4.47 Perpindahan Total	122
Gambar 4. 48 Pile Type	123
Gambar 4. 49 Pile Profile	123
Gambar 4. 50 Pile Properties	124
Gambar 4. 51. Setting Kedalaman Fondasi	124
Gambar 4. 52. Load and Group	125
Gambar 4. 53 Soil Properties	125
Gambar 4. 54. Advanced Page	126
Gambar 4. 55 Hasil Analisa Vertikal	126



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1: Data tanah Standart penetration test (N-SPT).....	6
Tabel 2. 2: Factor Keamana	11
Tabel 2. 3: Kriteria Fondasi Tiang Pendek Dan Tiang Panjang	16
Tabel 2. 4: hubungan modulus Sub grade (k_1) dengan kuat Geser Undrained untuk Lempung kaku Terkonsolidasi Berlebihan (Over consolidated clay).....	17
Tabel 2. 5: Nilai-Nilai Untuk Tanah Granular $\rightarrow c = 0$	17
Tabel 2. 6: Nilai-Nilai n_h Untuk Tanah Kohesif	17
Tabel 2. 7: Koefisien Empiris	22
Tabel 2. 8: Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah	23
Tabel 2. 9: Hubungan Jenis Tanah dan Poison Rasio (μ)	23
Tabel 2. 10: Derajat Konsolidasi	24
Tabel 3. 1: Data Umum Proyek	40
Tabel 3. 2: Data Teknisi	40
Tabel 4. 1: Beban hidup terdistribusi merata dan beban hidup terpusat minimum	51
Tabel 4. 2: Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung	51
Tabel 4. 3: Faktor Keutamaan Gempa	53
Tabel 4. 4: Data N-SPT	54
Tabel 4. 5: Penentuan Kelas Situs	54
Tabel 4. 6: Desain seismik percepatan pada perioda pendek	57
Tabel 4. 7: Desain seismik percepatan pada perioda 1 detik	57
Tabel 4. 8: Faktor R , Ω_0 dan C_d dalam Perancangan Sistem Penahan Gaya Gempa	58
Tabel 4. 9: Koefisien Pembatas Periode Getar Struktur	59
Tabel 4. 10: Koefisien Pembatas Periode Getar Struktur	59
Tabel 4. 11: Prosedur analisis yang boleh digunakan	60
Tabel 4. 12: Modal Load Participation Ration	66
Tabel 4. 13: Modal Priods And Frequencies	67
Tabel 4. 14: Modal Participating Mass Rastios	68
Tabel 4. 15: Joint Desing Reactions (Gaya Vertikanl Dan Momen)	71
Tabel 4. 16: Joint Desing Reactions (Gaya Horizontal)	73
Tabel 4. 17: Perhitungan Daya Dukung Ujung Bored Pile	76
Tabel 4. 18: Perhitungan Daya Dukung Selimut Bored Pile	77
Tabel 4. 19: Hasil Daya Dukung Fondasi Metode Meyerhof Dengan Faktor Keamanan ($FS = 3$)	77
Tabel 4. 20: Efisiensi Daya Dukung Tiang	78
Tabel 4. 21: Jumlah Tiang Berdasarkan Efisiensi Daya Dukung Tiang	79
Tabel 4. 22: Menentukan Berat Dari Pile Cep Yang Di Asumsikan $t = 1,2$ m	82
Tabel 4. 23: Beban Maksimala Kelompok Tiang	83
Tabel 4. 24: Pengecekan Jumlah Tiang Berdasarkan Daya Dukung Lateral	88

Tabel 4. 25: Kontrol Defleksi Tiang Fondasi Bored Pile	90
Tabel 4. 26: Penurunan Kelompok Tiang Fondasi	94
Tabel 4. 27: Daya Dukung Fondasi Tiang Bored Pile Berdiameter 1 Meter	127
Tabel 4. 28: Penurunan Fondasi Tiang Bored Pile Dengan Diameter 1 Meter ...	127



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1: Spektrum Respon Desain	67
Grafik 4. 2: Tahanan Lateral Ultimit Tiang Pada Tanah Kohesif Tiang	87
Grafik 4. 3: Perbandingan Presentasi Dilakukan Pada 32%	127



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



α	= Factor Adhesi Empiris
A_b	= Luas Penampang Tiang (m^2)
A_g	= Luas Penampang Beton (mm^2)
A_{st}	= Luas Tulangan (mm^2)
A_s	= Keliling Tiang (m)
A_p	= Luas Penampang Tiang (m^2)
B_w	= Lebar Fondasi (m)
b'	= Lebar Kelompok Tiang (mm)
C_p	= Koefisien Empiris
C_u	= Kohesi Tanah
C_v	= Derajat Konsolidasi ($0,0045 m^2/dtk$)
D	= Diameter Fondasi (mm)
d	= Diameter Tiang (m)
D_{st}	= Diameter Tulangan (mm)
e	= Jarak Beban Horizontal Ke Permukaan Tanah (m)
E_p	= Modulus Elastis Tiang (kN/m^2)
f	= Jarak Momen Maksimal Terjadi (m)
H	= Beban Lateral (kN)
H_u	= Daya Dukung Lateral
H^2	= Seluruh Panjang Lintasan Dondasi (m)
I_p	= Momen Inersia (m^4)
K_h	= Modulus Reaksi Subgrade (kN/m^3)
K_p	= Koefisien Tanah
L	= Panjang Tiang (m)
L_i	= Tebal Lapisan Tanah (m)
η	= Efisiensi Kelompok Tiang
n	= Jumlah Tiang Arah x
n'	= Jumlah Tiang

n_h = Koefisien Modulus Variasi (kN/m^3)
 N_p = Jumlah Tiang
 m = Jumlah Tiang Arah y
 M_y = Momen Maks Yang Dapat Ditahan Tiang (kN.m)
 θ = Arc tg d/s
 Q_p = Daya Dukung Ujung Tiang (kN)
 Q_s = Daya Dukung Selimut Tiang (kN)
 Q_{ult} = Daya Dukung Ultimate Tiang (kN)
 Q_{all} = Daya Dukung Izin Tiang Tunggal (kN)
 Q_g = Kapasitas Izin Kelompok Tiang (kN)
 Q_{wp} = Daya Dukung Izin Ujung Tiang (kN)
 Q_{ws} = Daya Dukung Izin Selimut Tiang (kN)
 S = Penurunan Tiang Tunggal (mm)
 s = Jarak as Tiang (m)
 S_t = Total Penurunan (mm)
 S_1 = Penurunan Batang Tiang (mm)
 S_2 = Penurunan Tiang Akibat Beban Ujung Tiang (mm)
 S_3 = Penurunan Akibat Beban Selimut (mm)
 S_g = Penurunan Kelompok Tiang (mm)
 T = Waktu Penurunan Tiang
 T_v = Factor Waktu (Derajat Konsolidasi Rata-Rata)
 V = Beban Struktur (kN)
 ξ = 0,5 (Distribusi Tahanan Sepanjang Tiang)

PERENCANAAN STRUKTUR FONDASI BORED PILE PADA GEDUNG 8 LANTAI RUMAH SAKIT WAHIDIN SUDIROHUSODO-MAKASSAR

ABSTRAK

Pada proyek pembangunan Rumah Sakit wahidin Sudirohusodo-Makassar ini menggunakan jenis fondasi dalam yakni fondasi *bored pile*, fondasi bertujuan untuk mendistribusikan beban bangunan ke tanah. Perencanaan ini bertujuan untuk menentukan gaya-gaya yang diterima fondasi, menentukan daya dukung fondasi, mengetahui penurunan fondasi dan menghitung tulangan yang dibutuhkan Fondasi.

Analisis menggunakan data tanah Standard penetration test (SPT) dari hasil pengujian pada Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar. Direncanakan pembangunan Gedung rumah sakit yang terdiri dari 8 lantai. Perhitungan daya dukung vertikal menggunakan metode Mayerhof dan daya dukung horizontal menggunakan metode Brom's dan juga digunakan *software* Plaxis dan Allpile. perhitungan penurunan menggunakan metode Vesic 1977.

Perencanaan struktur atas menggunakan *software* Etabs didapatkan beban yang disalurkan ke fondasi terbesar 45037,37 kN, fondasi bored pile berdiameter 1 m sedalam 10 m. diperoleh daya dukung vertikal sebesar $Q_{all} = 3592$ kN, program Plaxis diperoleh 3429,678 kN, dan program AllPile diperoleh 3816,475 kN dan daya dukung Horizontal sebesar $H_{ijin} = 427$ kN. Penurunan fondasi tiang tunggal $S_t = 0,0479$ m. fondasi bored pile didapat tulangan utama 25-D22 mm dan tulangan Sengkang D13-200 mm. Dan penulangan pile cap diperoleh tulangan bawah D29-250 mm, dan tulangan atas D16-250 mm.

Kata kunci: fondasi, daya dukung, penurunan, penulangan fondasi.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setelah terjadinya revolusi industri pembangunan, seluruh wilayah Indonesia mengalami pertumbuhan pesat disegala bidang kehidupan, khususnya dibidang masyarakat. Maka Dalam mengembangkan prekonomian suatu wilayah dalam meningkatkan infrastruktur pembangunan ialah dengan meningkatkan sarana dan prasarana perekonomian bagi masyarakat.

Kota Makassar adalah salah Ibu Kota Provinsi di Indonesia tepatnya berada di Provinsi Sulawesi Selatan yang berupaya untuk memajukan dan mengembangkan pembangunan infrastruktur didaerah tersebut seperti pembangunan perkantoran, rumah sakit, perumahan, Lembaga Pendidikan, pusat perbelanjaan, tempat hiburan, sarana transportasi darat, laut dan udara, serta pembangunan-pembangunan lainnya. dengan tumbuhnya pembangunan disuatu daerah maka akan meningkatkan pendapatan serta perekonomian daerah.

Oleh sebab itu di lakukanlah pembangunan untuk memberi pelayanan kesehatan yang mumpuni dan baik bagi masyarakat. Maka dilakukan proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar, dalam proses pembangunan rumah sakit ini dilakukan perencanaan dan perancangan dari awal sampai akhir. suatu hal yang wajib juga dalam perencanaan struktur bangunan ialah perencanaan struktur fondasi. Karna fungsi utama dari fondasi ialah sebagai penopang dari bangunan diatasnya. Tanpa adanya perencanaan fondasi pada bangunan akan mengakibatkan kegagalan serta ketidakmampuan untuk merencanakan struktur bangunan Gedung.

Mengingat bahwa suatu infarastrukut yang sangat penting penting bagi masyarakat ialah rumah sakit. Maka dari itu dilakukan pereancangan dan perencanaan fondasi harus dan perlu diperhitungkan secara cermat agar tidak terjadi masalah teknis dalam perancangan bangunan atasnya, sehingga tidak mengalami penurunan bahkan terjadinya ambruk pada bangunan Gedung yang dibangun. Salah satu yang perlu di perhatikan dalam merencanakan stuktur fondasi ialah jenis tanah, lokasi sekitar kontruksi, kondisi iklim/geografis, kemudahan pelaksanaan

dilapangan dan biaya kontruksi. Seta diperhitungkan juga besarnya beban gempa statis dan gempa dinamis yang bekerja, fungsi bangunannya dan jumlah tingkat pada bangunan.

Penentuan fondasi pada proyek pembangunan Gedung rumah sakit Wahidin sudiahusodo-makassar ini ialah berjenis fondasi dalam yakni fondasi *bored pile*. Fondasi ini bertujuan untuk menyalurkan beban dari bangunan atas dan gaya-gaya lainnya kedalam tanah sehingga dapat memikul beban kontruksi Gedung tersebut.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan Masalah dalam tugas akhir ini ialah:

1. Bagaimana menentukan gaya-gaya yang di terima oleh fondasi.
2. Bagaimana menentukan daya dukung fondasi.
3. Bagaimana menghitung penurunan fondasi.
4. Menentukan dan menghitung penulangan Fondasi dan Pile Cap.

1.3 Maksud Dan Tujuan

Maksud serta tujuan dalam pembuatan Tugas Akhir ini yaitu:

1.3.1 Maksud

Merencanakan struktur fondasi pada proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar. Dengan menggunakan fondasi dalam (*bored pile*).

1.3.2 Tujuan

1. Mengetahui gaya-gaya yang di terima Fondasi,
2. Menentukan daya dukung fondasi,
3. Mengetahui besarnya penurunan fondasi,
4. Menentukan diameter tulangan yang dibutuhkan Fondasi Bored Pile dan Pile Cap.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah pada penyusunan tugas akhir ini memiliki sebagai berikut:

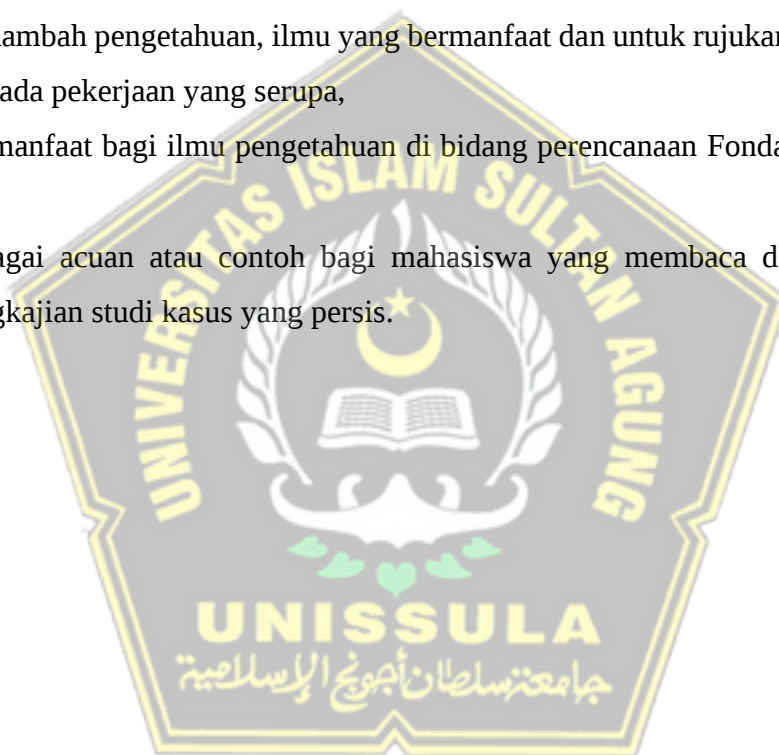
1. Lokasi penyelidikan tanah dilakukan di lokasi rencana Pembangunan Gedung Pusat Layanan Kesehatan Ibu dan Anak Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar,

2. Penggunaan data tanah hanya menggunakan data Standart Penetration test (N-SPT),
3. Perencanaan desain menggunakan Fondasi Bored Pile.
4. Kedalaman fondasi direncanakan pada kedalaman 10.
5. Ukuran fondasi Berdiameter 1 m.
6. Dilakukan perencanaan fondasi pada bangunan A di Bangunan Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar,

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang bisa di ambil antara lain:

1. Menambah pengetahuan, ilmu yang bermanfaat dan untuk rujukan dan referensi jika ada pekerjaan yang serupa,
2. Bermanfaat bagi ilmu pengetahuan di bidang perencanaan Fondasi Bored Pile, dan
3. Sebagai acuan atau contoh bagi mahasiswa yang membaca dan melakukan pengkajian studi kasus yang persis.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Umum

Struktur bangunan secara umum dibagi menjadi 2 yaitu struktur atas dan struktur bawah, dimana struktur atas ini ialah struktur yang sering kita lihat seperti pada bangunan pada umumnya seperti balok kolom dan lain-lain. Sedangkan struktur bawah ini ialah struktur yang tidak terlihat karena biasanya berada di bawah bangunan dan terletak di bawah permukaan tanah dan disebut sebagai fondasi, sehingga terkadang tidak disadari oleh orang banyak.

Struktur bangunan terdiri atas elemen struktur yang berada di bagian bawah tanah, dan elemen struktur yang ada di bagian atas bangunan, dalam suatu bangunan konstruksi baik gedung dan jembatan ada yang disebut bangunan atas dan bangunan bawah, salah satu dari bangunan sipil adalah elemen fondasi yang berada di bangunan bawah. (seputar, 2017).

2.2. Tanah

Tanah adalah bantuan yang mengalami pelapukan karena korosi dan abrasi sehingga terbentuk kumpulan partikel mineral dan bahan organik yang antara partikelnya memiliki ikatan yang lemah. Tanah juga mempunyai rongga-rongga kosong atau sering disebut pori-pori (*void space*) diantara partikelnya, yang biasa berisi udara atau air. Lemahnya ikatan antara partikel ini dikarenakan udara yang berada pada pori-pori tanah yang mengandung karbon dan oksigen, atau tanah yang dipengaruhi material organik. Tanah hasil dari pelapukan batuan yang tanahnya berada di sekitar batuan itu sendiri disebut Tanah sisa (*residual soil*), sedangkan tanah bawaan (*transportation soil*) adalah tanah sisa tersebut ketika diangkut oleh air, angin, gaya gravitasi, dan gletsyer sehingga berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Dan saat berpindah dari satu tempat ke tempat lain ukuran atau bentuk partikelnya berubah menjadi butiran-butiran dengan ukuran yang berbeda-beda. (Soepandji, 1989)

Jenis tanah yang terdapat di lapangan berdasarkan BH-1 sampai BH-5 dilakukan pengeboran sampai kedalaman 15 meter, didominasi batuan lempung dengan konsistensi kepadatan sangat keras.

2.2.1. Penyelidikan Tanah

Suatu penyelidikan lapangan umumnya diperlukan untuk memperoleh deskripsi struktur lapisan tanah di bawah permukaan guna membuat desain teknis konstruksi, Ada beberapa cara untuk melakukan penyelidikan tanah, yaitu:

1. Uji Penetrasi Standar (SPT)
2. Uji Penetrasi Konus (CPT) atau sering di sebut SONDIR
3. Uji Dilatometer Datar (Plat) (DMT)
4. Uji Pressure Meter (PMT)
5. Uji Vaneshear (VST)

Penyelidikan tanah dilakukan pada tanggal 8-22 Mei 2021, dilokasi rencana Pembangunan Gedung Pusat Layanan Kesehatan Ibu dan Anak Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar, dilakukan Bor Inti dan Uji Penetrasi Lapangan (SPT) dengan masing-masing titik pengujian telah ditentukan sebelumnya oleh pihak pemberi kerja dan sesuai dengan kebutuhan penyelidikan tanah sebagaimana lokasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Lokasi penyelidikan bor inti berikut SPT ditunjukkan sebanyak 5 titik dengan kedalaman 15 meter



Sumber : (Kadir, 2021)

Gambar 2. 1: Lokasi Penyelidikan Tanah

2.3. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi berdasarkan benda Bor Inti dan SPT pada 5 titik lokasi pengeboran dengan kedalaman 15 meter, diperoleh identifikasi jenis lapisan tanah dan nilai SPT, Sesuai dengan rekapitulasi yang di sajikan pada table 2.1 berikut.

Tabel 2. 1: Data tanah Standart penetration test (N-SPT)

Titik	Kedalaman	Karakteristik Lapisan	N-SPT
Bor Inti	(m)		
BH-1	0,00 - 2,00	Lempung,wama coklat , kepadatan lunak	5
	2,00 - 5,00	Lempung kepasiran, wama merah, kepadatan lunak sampai sedang	7 - 42
	5,00 - 15,00	Batu lempung, warna abu-abu,kepadatan keras	> 60
BH-2	0,00 - 3,30	Lempung, warna coklat kemerahan, kepadatan lunak	7
	3,30 - 15,00	Batu lempung, warna abu-abu,kepadatan keras	> 60
BH-3	0,00 - 3,85	Lempung, warna coklat, kepadatan lunak	8 - 16
	3,85 - 15,00	Batu lempung, wama abu-abu, kepadatan keras	> 60
BH-4	0,00 - 7,70	Lempung, warna coklat, kepadatan lunak	3 - 12
	5,70 - 15,00	Batu lempung, warna abu-abu, kepadatan keras	> 60
BH-5	0,00 - 2,10	Lempung, warna coklat, kepadatan lunak	-
	2,10 - 15,00	Batu lempung, warna abu-abu, kepadatan keras	> 60

Sumber: (Kadir, 2021)

2.4. Fondasi

Fondasi ialah salah satu konstruksi struktur bangunan bagian bawah yang berada di dalam tanah atau berada di bawah permukaan tanah yang fungsinya untuk menopang bangunan diatasnya. Untuk Fondasi dalam terdiri dari dua bagian yakni *pile cap* dan tiang fondasi biasanya untuk bangunan tinggi (lebih dari 3 lantai), sedangkan untuk fondasi dangkal sering diperuntukkann untuk bangunan tidak terlalu tinggi (kurang lebih 3 lantai). fondasi bertujuan untuk menyalurkan seluruh beban bangunan, serta gaya-gaya yang bekerja pada bangunan dan juga berat dari

fondasi itu sendiri. Semua beban itu akan ditransferkan oleh fondasi ke tanah dasar dengan efisien. (Sudarno, 2015)

Fondasi ialah sistem rekayasa yang menyalurkan beban struktur atas yang dipikul oleh fondasi dan berat dari fondasi itu sendiri kedalam tanah atau bebatuan yang memiliki nilai daya dukung tanah yang kuat. (Bowless J. E., 1997).

Jadi dapat disimpulkan bahwa fondasi merupakan struktur bangunan bagian bawah dan digunakan sebagai penopang beban bangunan di atasnya untuk disalurkan kedalam tanah sampai tanah keras.

Secara umum fondasi terbagi menjadi 2 jenis yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Fondasi ini dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

2.4.1. Fondasi Dangkal

2.4.1.1. Fondasi setempat

Fondasi setempat ialah fondasi yang terpisah antara bagian-bagiannya seperti kolom dan tiangnya. Fondasi ini sering digunakan pada bangunan yang berada di daerah rawa-rawa, baik bangunan kayu maupun beton sering menggunakan fondasi jenis ini. Sering dilakukan pada bangunan sementara dilakukan dengan cara menumpukan batu alam padat lalu ditempatkan di permukaan tanah yang telah diratakan. (Noorlaelasari, 2010).

2.4.1.2. Fondasi Menerus

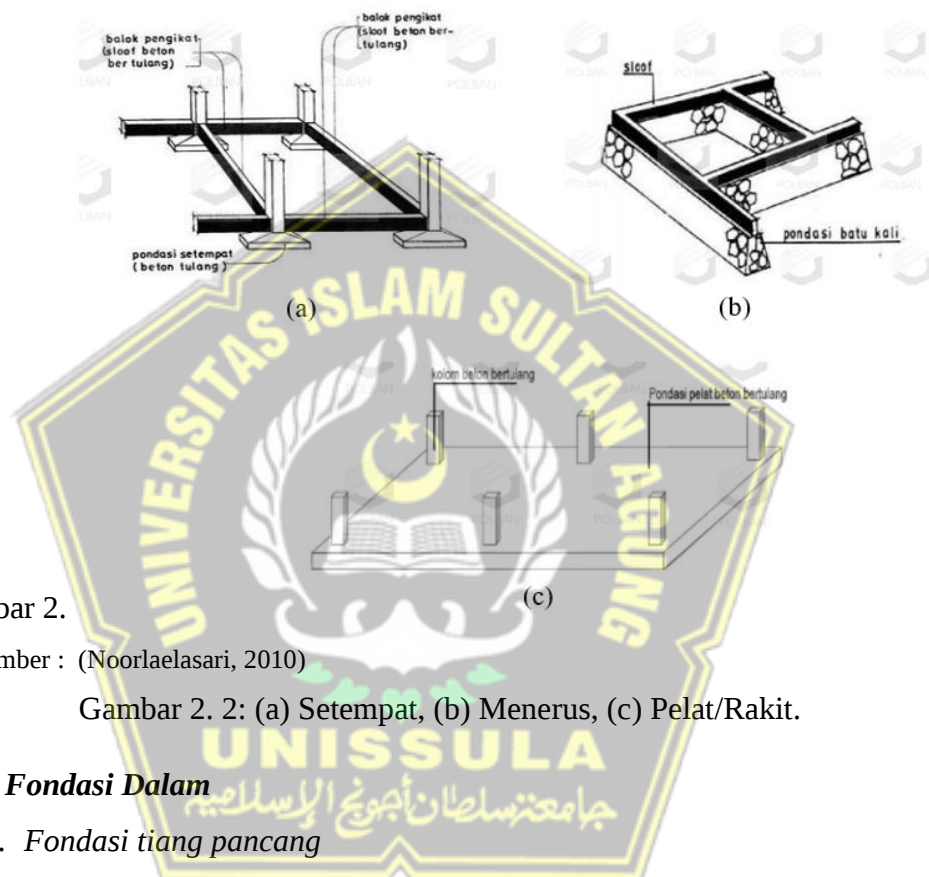
Fondasi menerus menggambarkan sistem dari sistem fondasi langsung, fondasi langsung ialah salah satu jenis fondasi dangkal yang sering digunakan pada rumah sederhana yang cuma 1 lantai saja. Bentuk dari fondasi ini yaitu memiliki ukuran Panjang dan lebar dan dengan kedalaman yang persis. dalam pemasangan fondasi menerus dilakukan penggalian dengan dimensi yang sama antar kedalamannya. (Noorlaelasari, 2010).

2.4.1.3. Fondasi rakit/pelat

Fondasi rakit atau yang sering disebut sebagai fondasi pelat dengan bentuk pelat beton dengan menghubungkan seluruh permukaan (*Interface*) kolom dengan tanah asli/dasar. Dalam garis besar fondasi ini dapat diasumsikan dengan dua persamaan yaitu :

- fondasi rakit disebut sebagai struktur yang fleksibel (plat fondasi mengalami deformasi yang tidak sama) akibat beban.
- fondasi rakit disebut sebagai struktur yang kaku (plat fondasi mengalami deformasi yang sama) akibat beban

Fondasi plat ini biasanya digunakan pada Gedung bertingkat banyak, peralatan industri, rumah mesin, tendon air, tendon minyak, dan lain-lain. dan bisa di lihat pada gambar 2.2 (Noorlaelasari, 2010) Sumber :



Gambar 2.

Sumber : (Noorlaelasari, 2010)

Gambar 2. 2: (a) Setempat, (b) Menerus, (c) Pelat/Rakit.

2.4.2. Fondasi Dalam

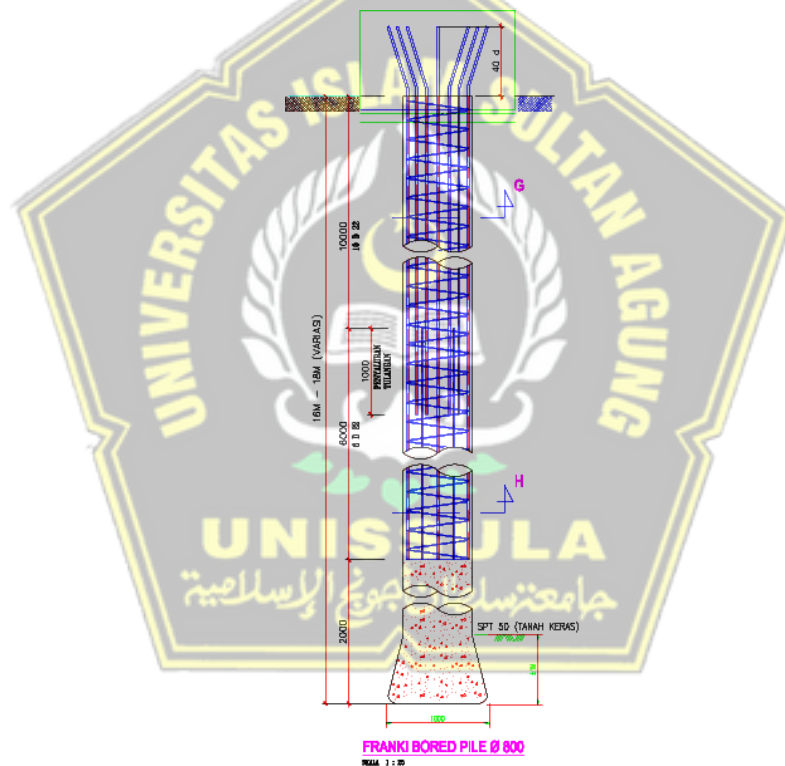
2.4.2.1. Fondasi tiang pancang

Fondasi tiang pancang ialah salah satu fondasi dalam yang dilakukan dengan cara tiang dipancang/ditumbuk secara tegak lurus ke dalam tanah hingga ke tanah keras. Biasanya ada beberapa kasus dalam proses pemancangan dilakukan secara miring agar tiang dapat menahan gaya lateral yang besar contohnya di jembatan, dermaga dan lain-lain. Fondasi ini bisanya digunakan dikawasan dengan tingkat kekutan lapisan tanah atasnya rendah (daya dukung tanah yang kecil) dan pada kedalaman tertentu mempunyai daya dukung tanah cukup kuat untuk menahan beban di atasnya. Fungsi utama dari fondasi tiang pancang itu sendiri ialah untuk

meneruskan beban bangunan di atasnya lewat tiang ke lapisan tanah dengan tingkat keras cukup kuat. (Arafuru, 2022)

2.4.2.2. Fondasi bored pile

Fondasi *Bored Pile* ialah jenis fondasi dalam yang dikerjakan dengan cara lubang bor dimasukan dengan casting terbuat dari besi. fondasi ini memiliki daya dukung yang sangat baik dari jenis fondasi dalam lainnya. fungsi kinerja dari fondasi *bored pile* ini ialah sama seperti fondasi dalam lainnya yakni sebagai perantara/pentransfer beban bangunan atas ke lapisan tanah yang cukup kuat. Kelebihannya ialah fondasi ini dalam pengerjaanya tidak terlalu berisik sehingga padat di aplikasikan didaerah atau lingkungan yang padat penduduk, contoh gambar fondasi Bored Pile bisa di lihat pada Gambar 2.3. (Arafuru, 2022)



Gambar 2. 3 : Fondasi Bored Pile (Riza, 2010)

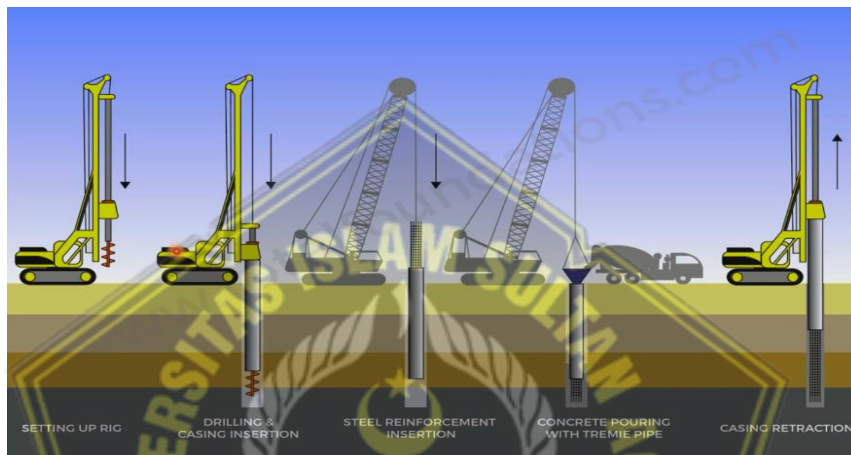
2.4.2.3. Fondasi sumuran

Fondasi sumuran merupakan fondasi yang mirip seperti fondasi *bore pile* yang membedakannya fondasi ini menggunakan prinsip-prinsip pembuatan antara fondasi dangkal dengan fondasi dalam. Yang mana fondasi ini digunakan sebagai peralihan fondasi dangkal ke fondasi tiang. Dinamakan sumuran karena fondasi ini dibangun dengan cara menggali tanah seperti sumur. Lalu dilakukan pengecoran

didalam sumurnya. Fondasi sumuran sering diaplikasikan diarea dengan jenis tanah keras pada kedalaman lebih dari 3 meter.(Arafuru, 2022)

2.5. Fondasi Bored Pile

Fondasi *Bored Pile* merupakan suatu fondasi yang di pasang dengan melakukan pengebor pada tanah dengan diameter yang ditentukan hingga kedalaman tertentu, selanjutnya memasukan rakitan baja tulangan kedalam lubang yang telah di bor, dan mengisi mortar beton ke dalam lubang bor. Seperti pada gambar 2.4 dibawah.

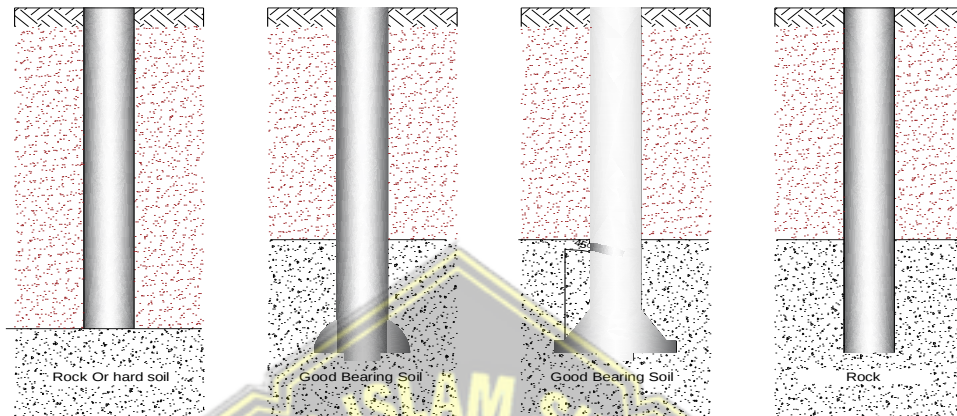


Gambar 2. 4: Ilustrasi Pekerjaan Fondasi Bored Pile ("masdosen", 2021)

Fungsi utama fondasi bored pile yaitu untuk menyalurkan beban dan gaya-gaya yang terjadi pada struktur atas ke dalam tanah lewat perantara tiang dengan kedalaman tertentu sehingga bangunan dapat berdiri kuat di atas tanah. Fungsi lain dari fondasi bored pile adalah pada bangunan ringan di wilayah/area tanah lunak guna menstabilkan lereng dinding penahan tanah yang disebabkan oleh gaya horizontal yang cukup besar. Fondasi *bored pile* pada kedalaman tertentu memiliki daya dukung yang besar letaknya sangat dalam, yaitu kurang lebih 15 meter. Fondasi bored pile mampu menahan suatu gaya yang bekerja tegak lurus tiang dalam suatu konstruksi. Tiang fondasi dengan satu kesatuan dibuat dengan menyatukan tiang dasar suatu konstruksi bawah yang ditumpu pada fondasi tersebut. (Nakazawa. K, 1983). Dengan merencanakan fondasi bored pile yaitu dilakukan beberapa kegiatan yang telah melalui berbagai tahap yakni meliputi studi kelayakan dan perencanaan teknis, itu semua dilakukan agar menjamin hasil akhir yang kuat, ekonomis, serta aman pada suatu konstruksi. (Halibu, 2015)

Ada beberapa jenis-jenis fondasi *bored pile* yakni:

1. Fondasi *Bored Pile* tegak lurus sampai ke tanah keras;
2. Fondasi *Bored Pile* dengan ujungnya dibesarkan berbentuk setengah lingkaran;
3. Fondasi *Bored Pile* dengan ujungnya dibesarkan berbentuk trapesium;
4. Fondasi *Bored Pile* tegak lurus sampai ke tanah yang mengandung batuan.



Gambar 2. 5: Jenis-Jenis Bored Pile (Halibu, 2015)

2.6. Kapasitas Daya Dukung Fondasi Bored Pile

Komponen kapasitas Daya Dukung Fondasi dalam secara umum, yaitu:

- a. Daya dukung ujung tiang (*End Bearing Capacity*) → **Q_p**
→ kapasitas daya dukung yang berasal dari tekanan ujung tiang
- b. Daya dukung gesek selimut (*Friction Baring Capacity*) → **Q_s**
→ kapasitas daya dukung yang berasal dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara tiang fondasi dengan tanah di sekelilingnya
- c. Kombinasi *End Bearing + Friction*

$$\rightarrow Q_{ult} = [Q_p + Q_s] \quad (2.1)$$

$$\rightarrow Q_{all} = Q_u / SF \quad (2.2)$$

$SF \approx 3$ atau seperti table factor keamanan

Tabel 2. 2: Factor Keamanan

Klasifikasi Struktur	Faktor Keamanan (SF)			
	Control baik	Control normal	Control jelek	Control 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

Ini adalah konsep dasar dari kapasitas daya dukung tanah. Ada beberapa metode untuk mencari daya dukung fondasi Bored Pile pada tanah yang mendominasi tanah Lempung dan berdasarkan data tanah di lapangan.

Konsep umum atau rumus dasar daya dukung geser selimut dan tahanan ujung fondasi tiang seperti gambar di bawah:

2.6.1. Daya Dukung Selimut

$$Q_s = \sum \pi D \Delta I (\alpha \cdot c_u) + \sum \pi D \Delta I (K_s \cdot \sigma'_v \cdot \tan \delta) \quad (2.3)$$

$\sum \pi D \cdot \Delta I \Rightarrow$ luas selimut untuk lingkaran = $\pi D \cdot \Delta I$ persegmen

$\Rightarrow$ luas selimut untuk kotak = 4. sisi . ΔI persegmen

Dimana:

α = Koefisien adhesi antar tanah dan tiang

c_u = Cohesion (*undrained*) (kN/m²)

ΔI =Tebal lapisan tanah (m)

$P (\pi D)$ = Keliling tiang (m)

K_s = Koefisien adhesi antar tanah dan tiang ($1 - \sin \phi$)

σ'_v = Ketegangan vertikal efektif (konstan setelah 15D) (kN/m²)

$\tan \delta$ = Sudut geser terdrainase ($2/3 \Phi$)

N = nilai N-SPT

$N-SPT_{rata-rata}$ = nilai N-SPT rata² dari 8D-4D

2.6.2. Daya Dukung Ujung

$$Q_p = A_p (C \cdot N_c + q \cdot N_q) \quad (2.4)$$

$$q_p = (C \cdot N_c + q \cdot N_q) \quad (2.5)$$

Dimana:

A_p = Luas penampang tiang

C = kohesi (*undrained*)

q = Tekanan overburden

N_c, N_q = Faktor daya dukung

2.7. Daya Dukung Fondasi Menggunakan Metode Meyerhof

Daya dukung ujung pondasi (*End Bearing*) berdasarkan data pengujian SPT dihitung dengan persamaan Meyerhof (Bowles,1997), yaitu :

$$Q_p = q_p \times A_p \quad (2.6)$$

Keterangan :

$q_p = 20 N_b$ untuk tanah kohesif (t/m^2)

$= 40 N_b$ untuk tanah non-kohesif (t/m^2)

untuk tanah non kohesif $q_p \leq 400 t/m^2$

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

Daya dukung selimut (*Skin Friction*) berdasarkan data pengujian SPT dihitung dengan persamaan Meyerhof (Bowles,1997), yaitu:

$$Q_s = X_m \cdot N_i \times A_{st} \times L_i \quad (2.7)$$

Keterangan :

A_{st} = Keliling penampang bored pile (m).

X_m = Untuk tiang bor nilai $X_m = 2$

N_i = Nilai N-SPT rata rata.

2.8. Efisiensi Kelompok Tiang

Persamaan untuk Efisiensi Daya Dukung fondasi bored pile kelompok dapat di rumuskan berdasarkan metode *Converse-Labarre* dan *Los Angeles Group*, berikut adalah Persamaan untuk metode *Converse-Labarre* (A'yun, 2022):

$$\eta = 1 - \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right] \cdot \theta \quad (2.8)$$

Dimana:

η = efisiensi kelompok (%)

n = jumlah kolom arah vertikal

m = jumlah kolom arah harizontal

$\theta = \arctg \frac{d}{s}$

s = jarak as tiang (m)

d = diameter tiang (m)

Persamaan menurut los angeles group (A'yun, 2022):

$$\eta = 1 - \frac{D}{s \cdot m \cdot n'} \left[m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2(n-1) \cdot (m-1)} \right] \quad (2.9)$$

Dimana:

n' = jumlah tiang

Setelah didapat hasil dari efisiensi tiangnya, selanjutnya adalah persamaan izin kelompok tiang:

$$Q_g = \eta \times n' \times Q_u \quad (2.10)$$

Dimana:

Q_g = kapasitas izin kelompok (kN)

η = efisiensi kelompok tiang

n' = jumlah tiang

Q_u = kapasitas dukung ultimat tiang (kN)

Setelah itu, menentukan banyaknya fondasi yang dibutuhkan dalam satu pile cap dan menentukan jarak antar tiang bored pilenya.

2.8.1. Menentukan Banyak Tiang Fondasi Yang Dibutuhkan

Cara menentukan kebutuhan fondasi seorang perencana harus mengetahui berapa jumlah fondasi yang dibutuhkan untuk menerima beban dari struktur atasnya, karena jika sebuah fondasi tunggal tidak dapat menerima beban maka dapat direkomendasikan menggunakan fondasi kelompok, berikut adalah persamaannya.

(A'yun, 2022):

$$N_p = \frac{V}{Q_{tiang}} \quad (2.11)$$

Dimana:

N_p = jumlah tiang

V = beban strukturnya (kN)

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

2.8.2. Menentukan Jarak Antar Tiang

Menentukan jarak dari tiang ke tiang sangat penting dilakukan karna pada jarak tiang inilah yang menentukan daya dukung tiang dengan penurunan tiang. Apabila jarak antar tiang terlalu jauh maka daya dukung fondasi juga kecil, dan akan tetapi apabila jarak dari tiang ke tiang berdempetan akan memakan banyak biaya (boros). Maka ada persamaan yang dapat dijadikan acuan untuk menentukan jarak antar tiang dan dari acuan ini bisa bertambah namun sedikit saja, berikut ini adalah persamaannya: (A'yun, 2022)

$$2,5D < s < 3D \quad (2.12)$$

Dimana D adalah diameter tiangnya.

2.9. Beban Maksimum Tiang Pada Kelompok Tiang

Beban maksimum tiang pada kelompok tiang yang menerima beban normal sendiri dan momen dua arah.

$$P_{max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \sum Y^2} \quad (2.13)$$

Dimana :

P_{max} = Beban maksimum yang di terima oleh tiap tiang bored pile.

$\sum V$ = Jumlah total beban Vertikal/Normal

n = banyak tiang.

n_x = Banyaknya tiang dalam 1 baris sumbu x

n_y = Banyaknya tiang dalam 1 baris sumbu y

m_y = Momen yang bekerja tegak lurus sumbu x

m_x = Momen yang bekerja tegak lurus sumbu y

X_{max} = Jarak terjauh tiang ke pusat berat kelompok tiang sumbu x

Y_{max} = Jarak terjauh tiang ke pusat berat kelompok tiang sumbu y

$\sum X^2$ = jumlah kuadrat *absis-absis* tiang

$\sum Y^2$ = jumlah kuadrat *ordinat-ordinat* tiang

2.10. Perhitungan Daya Dukung Lateral

Saat memulai perhitungan kapasitas lateral tunggal, hal utama yang harus di ketahui adalah tentang sifat tiang itu sendiri. Apakah berupa tiang panjang (*Elastic Pile*) ataupun tiang pendek (*Rigid Pile*). (A'yun, 2022).

$$E_p = 4700 \times \sqrt{f'_c} \quad (2.14)$$

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

Berikut merupakan cara menentukan R dan T.

- Pada tanah lempung yang kaku dan mengalami konsolidasi terlebih dahulu, maka modulus pada tanah katakan permanen disemua kedalaman.

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{K}} \quad (2.16)$$

Dimana :

E_p = Modulus elastis tiang

d = Lebar atau diameter tiang (cm)

I_p = Momen inersia tiang (cm⁴)

$$K = kh \cdot d$$

$$= k1/1,5$$

$$= \text{Modulus tanah}$$

$k1 = \text{Modulus reaksi subgrade dari Terzaghi}$

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

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p \times I_p}{nh}} \quad (2.17)$$

Yang mana modulus tanah; $k = nh \cdot z$

Dan *modulus reaksi subgrade* horizontal; $kh = nh \cdot (z/d)$

$z = \text{kedalaman elemen (m)}$

$$4T = 4 \times T \quad (2.18)$$

Dimana :

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

$E_p = \text{Modulus Elastitas Tiang (kN/m}^2\text{)}$

$E_s = \text{Modulus Elastisitas Tanah (kN/m}^2\text{)}$

$H = \text{Beban Lateral (kN)}$

$I = \text{Momen Inersia (m}^4\text{)}$

$I_p = \text{Momen Inersia Tiang (m}^4\text{)}$

$Kh = \text{Modulus Reaksi Subgrade (kN/m}^3\text{)}$

$nh = \text{Koefisien Modulus Variasi (kN/m}^3\text{)}$

Penentuan karakteristik tingkat kekakuan atau Panjang dan pendeknya sebuah tiang (tiang tidak kaku/elastis) dapat dilakukan Perhitungan factor kekakuan R dan T, dengan mengambil sampel Panjang tiang yang beradah/tertanam dibawah tanah (L). perhitungan defleksi tiang yang dipengaruhi gaya horizontal dapat dilihat pada tabel 2.3. (Tomlinson, 1977).

Tabel 2. 3: Kriteria Fondasi Tiang Pendek Dan Tiang Panjang

Tipe Tiang	Modulus Tanah (K) bertambah dengan kedalaman	Modulus tanah (K) konstan
Kaku	$L \leq 2T$	$L \leq 2R$
Tidak Kaku	$L \geq 4T$	$L \geq 3,5R$

(Sumber: Tomlinson, 1977)

Tabel 2. 4: hubungan *modulus Sub grade* (k_1) dengan kuat Geser Undrained untuk Lempung kaku Terkonsolidasi Berlebihan (*Over consolidated clay*)

Konsistensi	Kaku	Sangat Kaku	Keras
Koheksi undrained C_u			
kN/m^2	100 - 200	200 - 400	> 400
kg/cm^2	1 - 2	2 - 4	> 4
K_1			
MN/m^3	18 - 36	36 - 72	> 72
kg/cm^3	1,8 - 3,6	3,6 - 7,2	> 7,2
K_1 direkomendasikan			
MN/m^3	27	54	> 108
kg/cm^3	2,7	5,4	> 10,8

(Sumber: Terzaghi, 1955)

Untuk menentukan nilai n_h berdasarkan jenis tanah dijelaskan pada pada tabel 2.5 dan tabel 2.6 berikut ini :

Tabel 2. 5: Nilai-Nilai Untuk Tanah Granular $\rightarrow c = 0$

Kerapatan Relative (dr)	Tidak Padat	Sedang	Padat
Interval nilai A	100-300	300-1000	1000-2000
Nilai A dipakai	200	600	1500
n_h , pasir kering atau lembap(kN/m^3), Terzaghi	2425	7275	19.400
n_h , pasir terendam air (kN/m^3), Terzaghi	1386	4850	11779
Reese et al	5300	16300	34000

Sumber: (Hardiatmo, 2013 dalam A'yun, 2022)

Tabel 2. 61 : Nilai-Nilai n_h Untuk Tanah Kohesif

Tanah	n_h (kN/m^3)	Referensi
Lempung Terkonsolidasi Normal Lunak	166-3518	Reese & Matlock 1956
	277-554	Davisson – Prakash 1963
Lempung Terkonsolidasi Normal Organik	111-277	Pech dan Davisson 1962
	111-831	Davisson 1970
Gambut	55	Davisson 1970
	17,7-111	Wilson dan Hitls 1967
Loess	8033-11080	Bowleh 1968

Sumber: (Davis, 1980 dalam A'yun, 2022)

2.10.1. Daya Dukung Horizontal Metode Brom's

Dalam perhitungan daya dukung horizontal ini menggunakan metode *Brom's*, dan digunakan persamaan tekanan tanah dengan memperhailungkan sepanjang kedalaman tiang hingga mencapai tegangan ultimit. Kelebihan metode *Brom's* :

- Bisa dipakai pada perhitungan tiang panjang ataupun pada tiang pendek.
- Bisa menggunakan persamaan saat kondisi kepala tiang terjepit atau bebas.

Kekurangan metode *Brom's* :

- Cuma berlaku pada lapisan tanah yang sejenis/homogen, yakni pada tanah pasir saja ataupun pada tanah lempung saja.
- Kurang efektif dipakai pada tanah yang berlapis-lapis.

Tanah Kohesif

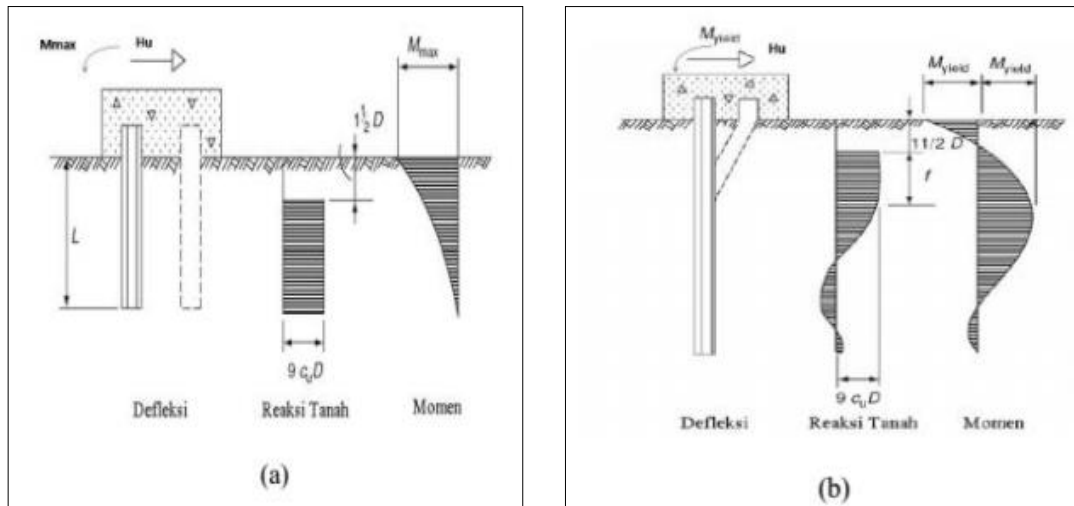
Untuk tanah kohesif, tegangan tanah dari permukaan tanah sampai kedalaman 1,5 kali diameter ($1,5D$) di jadikan nol dan untuk kedalaman melebihi $1,5D$ dianggap konstan dengan digunakan 9 cu . Pada kasus ini diakibatkan oleh penyusutan tanah, dan pada tiang ujung di bagi menjadi dua yaitu sebagai berikut :

- a. Tiang Ujung Jepit (*Fixed-end Pile*)
- b. Tiang Ujung Bebas (*Free-end Piles*)

Menurut persamaan *brom's* menganggap Tiang ujung jepit merupakan proses dimana terjadi pengaruh gaya momen yang bekerja pada batang tiang yang tanam di dalam tanah memiliki nilai yang sama juga pada momen yang bekerja diujung atas tiang dan terjepit oleh pile cap.

Sedangkan gaya momen yang terjadi pada tiang ujung bebas, menurut *brom's* hanya terjadi pada batang tiang yang ada dalam/bawah tanah.

Proses yang terjadi akibat keruntuhan beban gaya horizontal pada fondasi tiang dengan keadaan kepala tiang terjepit pada tanah kohesif yaitu Kepala Tiang Terjepit dengan fondasi tiang pendek dan kepala tiang terjepit pada fondasi tiang Panjang, dan dapat dilihat pada gambar 2. 6.



(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

Gambar 2. 6: Defleksi dan Mekanisme Keruntuhan Pondasi Tiang (a) Fondasi tiang pendek (b) Fondasi Tiang Panjang

Untuk tiang pendek, dapat dihitung tahanan ultimate tiang terhadap beban lateral dengan persamaan berikut:

$$H_u = 9 * c_u * D \left(L_p - \frac{3}{2} D \right) \quad (2.19)$$

$$M_{max} = H_u * (0,5L_p + 0,75D) \quad (2.20)$$

Dimana :

H_u = Beban Lateral (kN)

d = Diameter Tiang (m)

c_u = Kohesi Tanah Undrained (kN/m²)

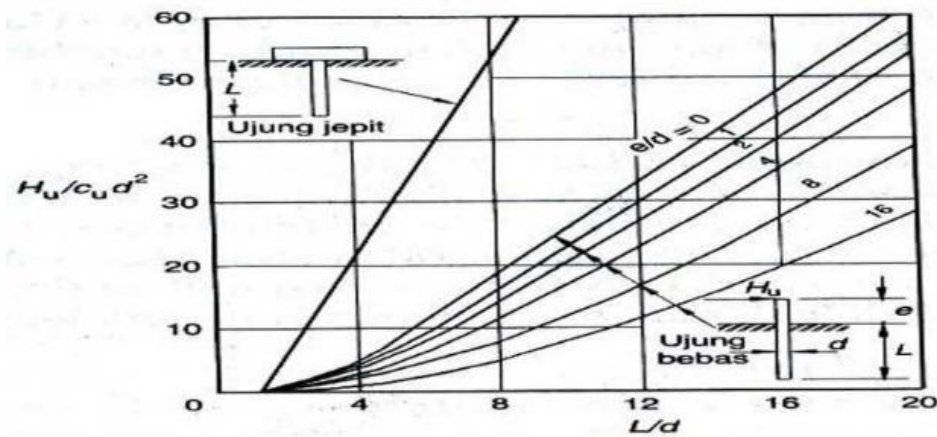
$$= N \frac{2}{3} 10 \text{ kN/m}^2$$

L = Panjang Tiang (m)

f = Jarak Momen Maksimum Dari Permukaan Tanah (m)

g = Jarak Dari Lokasi Momen Maksimum Sampai Dasar Tiang (m)

Penentuan H_u untuk tiang pendek dapat diplot/dicari menggunakan grafik dengan menghubungkan garis pada L/D dan H_u/cuD^2 , bisa dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Grafik Tahanan Lateral Ultimit Tiang Pada Tanah Kohesif tiang pendek (Broms, 1964)

Sedangkan pada tiang Panjang, untuk menentukan nilai H_u digunakan rumus seperti berikut ini :

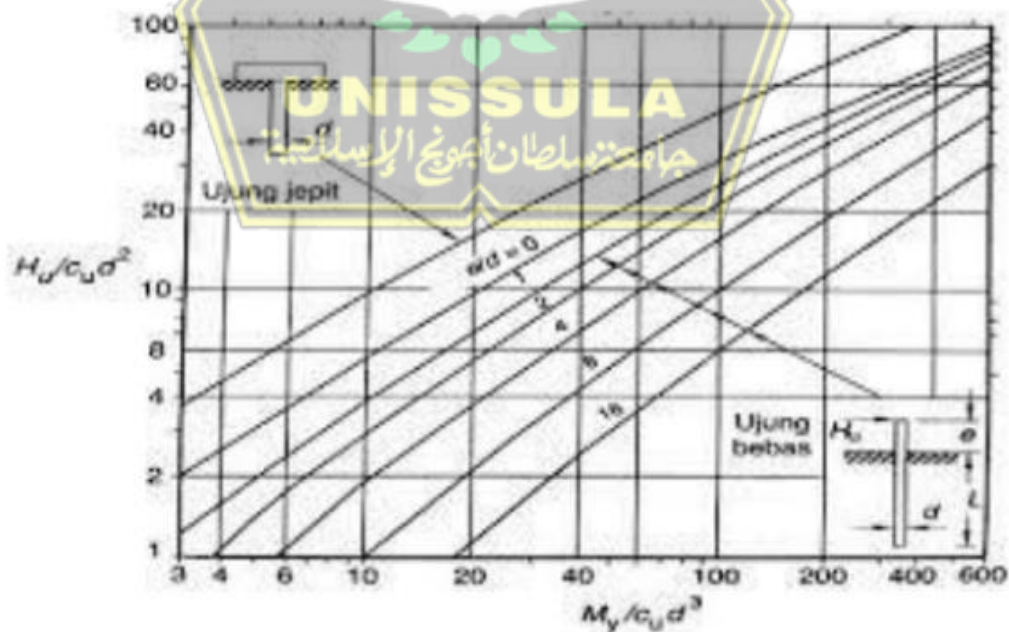
$$H_u = \frac{2M_y}{(1,5d+0,5f)} \quad (2.21)$$

Dimana :

f = Jarak Momen Maksimum Dari Pemukaan Tanah (m)

M_y = Momen Leleh (kN-m)

Penentuan H_u dapat dicari menggunakan grafik dengan hubungan $M_y/c_u d^3$ dan $H_u/c_u d^2$, seperti Gambar 2.8. berikut ini :



Gambar 2.8 Grafik Tahanan Lateral Ultimit Tiang Pada Tanah Kohesif tiang Panjang (Broms, 1964)

2.10.2. Kontrol Defleksi Tiang

Metode Broms (1964) dianggap metode yang lebih teliti dalam hal menghitung defleksi tiang.

Untuk tiang dalam tanah kohesif, defleksi tiang dikaitkan dengan factor tak berdimensi βL , dengan:

$$\beta = \left(\frac{k_h D}{4 E_P I_P} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (2.22)$$

Defleksi ujung tiang di permukaan tanah (y_0) dinyatakan oleh persamaan-persamaan yang tergantung pada tipe jepitan tiang:

- Tiang ujung bebas sebagai tiang pendek (bila $\beta L_p < 1,5$)

$$y_0 = \frac{4H \left(1 + \frac{1,5e}{L_p} \right)}{k_h D L_p} \quad (2.23)$$

- Tiang ujung jepit sebagai tiang pendek (bila $\beta L_p < 0,5$)

$$y_0 = \frac{H}{k_h D L_p} \quad (2.24)$$

- Tiang ujung bebas sebagai tiang panjang (bila $\beta L_p > 2,5$)

$$y_0 = \frac{2H\beta(e\beta+1)}{k_h D} \quad (2.25)$$

- Tiang ujung jepit sebagai tiang panjang (bila $\beta L_p > 1,5$)

$$y_0 = \frac{H\beta}{k_h D} \quad (2.26)$$

Menurut Mc Nulty pada tahun 1956 memberikan masukan agar perpindahan ijin lateral untuk bangunan gedung ialah 6 mm, sedang pada bangunan lainnya seperti tiang listrik bisa sampai 12 mm bahkan bisa lebih besar.

2.11. Penurunan Dan Waktu Penurunan Pada Fondasi Bored Pile

2.11.1. Penurunan Pada Fondasi Bored Pile

Penurunan terhadap fondasi 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. (Vesic 1977 dalam A'yun, 2022)

$$S_t = S_1 + S_2 + S_3 \quad (2.27)$$

Dimana:

S = total penurunan (mm)

S1 = terjadi penurunan karena beban batang (mm)

S2 = penurunan dipengaruhi beban di ujung tiang (mm)

S3 = penurunan dipengaruhi beban yang tersalurkan sepanjang selimut (mm)

Persamaan semi empiris untuk menentukan S1, S2 dan S3 yaitu :

$$S1 = \frac{(Q_{wp} + \xi \times Q_{ws}) \times L}{A_p \times E_p} \quad (2.28)$$

$$S2 = \frac{(Q_{wp} \times C_p)}{D \times q_p} \quad (2.29)$$

$$S3 = \frac{Q_{wp}}{P.L} \times \frac{D}{E_s} \times (1 - \mu_s^2) \times I_{ws} \quad (2.30)$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \quad (2.31)$$

Dimana:

L = Panjang tiang (m)

Ab = luas penampang tiang (m²)

Cp = koefisien empiris, dapat dilihat pada Table 2.10

Ep = modulus elastisitas tiang (kN/m²)

Es = Modulus Elastisitas Tanah (kN/m²)

Qwp = beban yang diterima ujung tiang (kN)

Qws = beban yang diterima selimut tiang (kN)

qp = tahanan ujung batas tiang (kN)

μ = poisson

ξ = 0,5 (distribusi tahanan sepanjang tiang)

Tabel 2. 7: 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 dalam A'yun, 2022)

Tabel 2. 8: Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah

Jenis Tanah	E (kg/cm ²)
LEMPUNG	
- Sangat Lunak	2 - 30
- Lunak	20 - 40
- Sedang	45 - 90
- Berpasir	300 - 425
PASIR	
- Berlanau	50 - 200
- Tidak Padat	100 - 250
- Padat	500 - 1000
PASIR KERIKIL	
- Padat	800 - 2000
- Tidak Padat	500 - 1400
LANAU	20 - 200
LOSES	150 - 600
CADAS	1400 - 14000

Sumber : (Bowless J. E., 1997)

Tabel 2. 9: Hubungan Jenis Tanah dan Poisson Rasio (μ)

Jenis Tanah	Poisson Rasio
Lempung Jenuh	0,4 - 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 - 0,3
lempung berpasir	0,2 - 0,3
lanau	0,3 - 0,35
pasir	0,1 - 1,0
batuan	0,1 - 0,4
umum dipakai untuk tanah	0,3 - 0,4

Sumber :

Berikut adalah persamaan penurunan fondasi tiang kelompok:

$$S_g = S_t \sqrt{\frac{b'}{D}} \quad (2. 32)$$

Dimana:

S_g = Penurunan Kelompok Tiang (m)

S_t = Penurunan Tiang Tunggal (m)

b' = Lebar Kelompok Tiang (m)

D = Diameter Fondasi (m)

Dari hasil persamaan diatas akan didapatkan nilai penurunannya, namun untuk lebih amannya harus diperhitungnya juga batasan izin untuk penurunan fondasi bore pile, berikut adalah persamaannya:

$$S_{izin} = 10\% * D \quad (2.33)$$

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

2.11.2. Waktu Penurunan Tanah

Waktu penurunan pada tanah harus diketahui untuk mengetahui solusi apa yang cocok untuk mempercepat penurunan tersebut, agar dalam pembangunan lebih aman dan tidak terjadi penurunan lagi. Salah satu cara untuk mempercepat penurunan adalah dengan menggunakan vertical drain. Dan berikut adalah rumus menghitung penurunan/*settlement* (Rustiansyah, 2019 dalam A'yun, 2022)

$$T = \frac{T_v \times H^2}{C_v} \quad (2.34)$$

Dimana:

T = Waktu penurunan

T_v = Faktor waktu (derajat konsolidasi rata-rata), pada table 2.13

H = Seluruh Panjang lintasan fondasi (m)

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

Tabel 2.10 : Derajat Konsolidasi

$U_{av} (\%)$	T_v
0	0
10	0,008
20	0,031
30	0,071
40	0,126
50	0,197
60	0,287
70	0,403
80	0,567
90	0,848
100	∞

(Sumber: Adi Mardani, 2014 dalam A'yun, 2022)

2.12. Perhitungan Penulangan

2.12.1. Penulangan Pile Cap

- Menghitung beban terfaktor (Setiawan, 2020)

$$P_u = 1,2 P_D + 1,6 P_L \quad (2.35)$$

$$V_u = \frac{P_u}{n} \quad (2.36)$$

Dimana :

P_u = Gaya Vertikal (kN)

P_D = Gaya Vertikal Akibat Beban Mati (kN)

P_L = Gaya Vertikal Akibat Beban Hidup (kN)

V_u = Gaya Vertikal/Jumlah Tiang

n = Jumlah Tiang

- Desain terhadap lentur penulangan

$$M_u = \left(\frac{n}{2} * V_u \right) * \left(\frac{\text{as ke as tiang}}{2} - \left(\frac{b_k}{2} \right) \right) \quad (2.37)$$

$$R_n = M_u / (\phi * b * d^2) \quad (2.38)$$

Dimana :

b_k = Lebar Kolom (m)

M_u = Momen Yang Bekerja Pada Plat (kN)

- Menghitung rasio tulangan

$$\rho = \omega \cdot \frac{f_c'}{f_y} \quad (2.39)$$

$$P_b = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600+f_y}, \beta_1 = 0,85 \quad (2.40)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot P_b \quad (2.41)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.42)$$

$$\text{Syarat} = \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \quad (2.43)$$

- Menghitung luas tulangan

$$A_s = p * b * d_{rencana} \quad (2.44)$$

- Menghitung diameter dan jarak tulangan

$$A_{s\ tul} = \frac{1}{4} * \pi * D^2 \quad (2.45)$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan, $A_s/A_{s\ tul}$

$$S = \text{lebar}/n \text{ tulangan} \quad (2.46)$$

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

$$D_{pakai} = h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan} \quad (2.47)$$

- Kontrol terhadap geser pons 1 arah

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} * b_w * d, \text{ dengan } V_n \leq V_c \quad (2.48)$$

$$\text{Maka, } V_n = \frac{V_u}{\phi} \leq \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} * b_w * d \quad (2.49)$$

Dimana:

B_w = Lebar fondasi (m)

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

$\phi = 0,85$

- Kontrol geser pons 2 arah

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_0}\right) 2 \sqrt{f_c'} * b_o * d \quad (2.50)$$

Dimana:

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

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

d = tinggi efektif (m)

2.12.2. Penulangan Bore Pile

- Menghitung eksentrisitas penampang

$$e = M_u / P_u \quad (2.51)$$

- Menghitung gaya aksial nominal

$$P_{n\text{perlu}} = \frac{P_u}{\phi} \quad (2.52)$$

- Menghitung luas penampang fondasi

$$A_g = \frac{1}{4} * \pi * d^2 \quad (2.53)$$

$$A_s = \frac{1}{4} * \pi * \rho * d^2 \quad (2.54)$$

Dimana:

A_g = luas penampang beton (mm²)

$$\rho = 0,0117$$

- Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$A_{s_{tul}} = \frac{1}{4} * \pi * D_{st}^2 \quad (2.55)$$

$$n = \frac{A_s}{A_{s_{tul}}} \quad (2.56)$$

$$A_{st} = \frac{1}{4} * \pi * D_{st}^2 * n \quad (2.57)$$

Dimana:

A_g = luas penampang beton (mm²)

A_{st} = luas tulangan (mm²)

D = diameter fondasi (mm)

D_{st} = diameter tulangan (mm)

n = jumlah tulangan

- Perhitungan kekuatan beban aksial maksimum

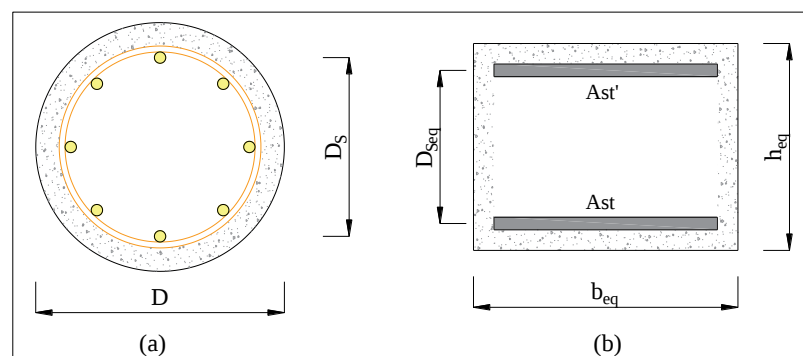
$$\phi P = 0,85 * \phi (0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + (f_y * A_{st})) \quad (2.58)$$

$$P_{n_{max}} = \frac{\phi P}{0,8} > P_u \quad (2.59)$$

- Perhitungan kekuatan penampang

$$H_{ekiv} = 0,8 h \quad (2.60)$$

h adalah diameter kolom bulat



Gambar 2. 9 : (a) Penampang Lingkaran, (b) Penampang Persegi

(<http://eprints.umm.ac.id> dalam A'yun, 2022)

$$L_{ekiv} = \frac{1/4 * \pi * D^2}{H_{ekiv}} \quad (2.61)$$

Luas penampang total As'

$$As' = As = 1/2 * Ast \quad (2.62)$$

$$d'_{kolom\ bundar} = \text{selimut beton} + 0,5D \text{ tul utama} + \text{Sengkang} \quad (2.63)$$

$$Ds = D - 2d'_{kolom\ bundar} \quad (2.64)$$

$$D_{Seq} = 2/3 * Ds \quad (2.65)$$

$$d'_{ekuiv} = h_{ekiv} - \left(\frac{D_{seq}}{2} \right) \quad (2.66)$$

- Cek tegangan tekan

$$d_{ekiv} = h_{ekiv} - d'_{ekuiv} \quad (2.67)$$

$$Cb = \frac{600}{600 + f_y} * d_{ekiv} \quad (2.68)$$

$$Ab = 0,85 * cb \quad (2.69)$$

$$F_s = \frac{0,003 * E_s * (d_{ekiv} - cb)}{d_{ekiv}} \quad (2.70)$$

Batasannya adalah f_y rencana

Dimana:

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$$

- Perhitungan aksial balance

$$P_n = (0,85 F_c' * Ab * b) + (As' * f_s') - (As * f_y) \quad (2.71)$$

$$\text{Syarat } \phi P_n \geq P_u$$

$$M_n = (0,85 f_c' * Ab * b) \left(\frac{h_{ekiv}}{2} - \frac{Ab}{2} \right) + (As' * f_s') \left(\frac{h_{ekiv}}{2} - d'_{ekiv} \right) + (As * f_y) \left(d_{ekiv} - \frac{h_{ekiv}}{2} \right) \quad (2.72)$$

$$\text{Syarat } \phi M_n \geq M_u$$

$$e_b = \frac{M_n}{P_n} \quad (2.73)$$

$$\text{Syarat } e_b < e$$

- Jika $P_u > P_b$ dan $e < e_b$, maka terjadi keruntuhan dengan tekan eksentrisitas kecil.
- Jika $P_u < P_b$ dan $e > e_b$, maka terjadi keruntuhan dengan tekan eksentrisitas besar.

2.12.3. Perhitungan Tulangan Sengkang

- Menghitung H ekuivalen, sesuai dengan persamaan 2.60

$$\text{Menghitung } B_{\min}, b_{\min} = A_g / \text{hekiv} \quad (2.74)$$

- Menghitung luas penampang (A_g)
- Menghitung luas penampang Sengkang

$$A_v = \frac{1}{4} * \pi * D^2 * \text{jumlah Sengkang}$$

$$\text{Menghitung } V_{n_{\text{perlu}}} = \frac{V_u}{0,8} \quad (2.75)$$

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

$$\text{Menghitung } V_s = V_{n_{\text{perlu}}} - V_c \quad (2.77)$$

$$\text{Menghitung } \phi V_c = \frac{V_c}{0,75} \quad (2.78)$$

2.13. Permodelan Menggunakan Software

Pada penyelesaian tugas akhir ini penulis akan menggunakan software Etabs, Plaxis dan Allpile berikut adalah uraian singkatnya.

2.13.1. Etabs

ETABS (*Extended Three Analysis Building Systems*) digunakan untuk menghitung desain konstruksi beton secara cepat dengan menggunakan komputer. ETABS merupakan salah satu software yang biasa digunakan untuk melakukan analisa, desain dan pengecekan terhadap struktur (Cahyadi, 2016)

Software Etabs mempunyai 6 karakteristik diantaranya: (Sagita, 2021).

- Sering dipakai untuk pengerjaan proyek seismic dengan skala besar, terutama dengan digunakan permodelan non linier.
- Sering dipakai untuk kontruksi pengerjaan gedung bertingkat.
- *Software* ini mampu menganalisa struktur dengan meliputi sifat material dengan bergantung kuat tekan dan tarik, menganalisis terhadap tahapan konstruksi, dan melakukan analisis pertekanan kolom.
- Penyederhanaan proses analisis struktural dengan menyeluruh bisa menghasilkan capaian target kinerja yang maksimal.
- Hasil lateral lebih efektif dan sederhana.
- Hasil desain lateral atau data keluaran menjadi lebih konduktif.

2.13.2. Program Plaxis

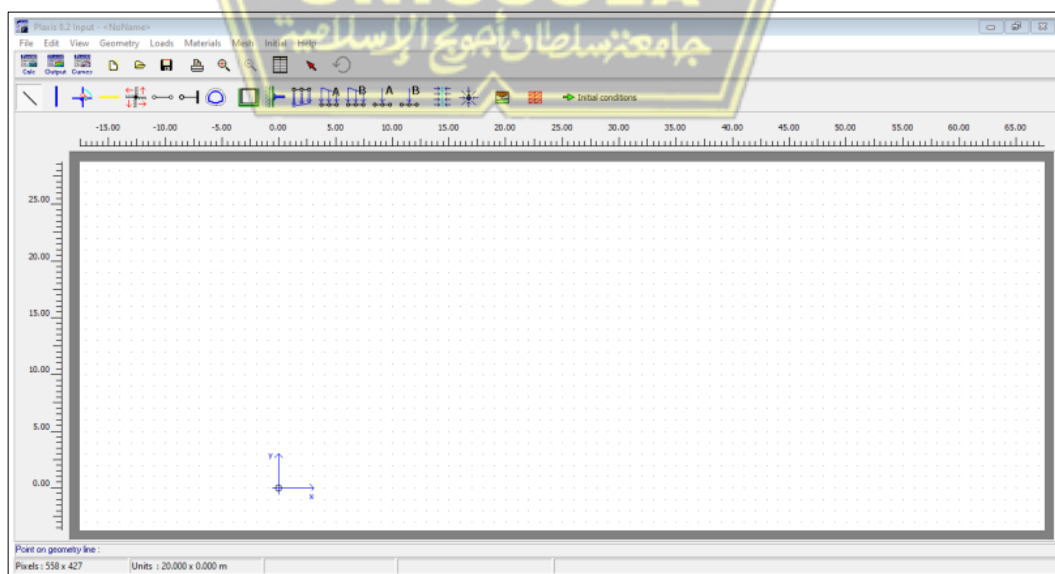
Plaxis merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis kestabilan tanah dengan mengaplikasikan elemen hingga yang bisa mendekati atau memperkirakan kejadian yang nyata. Dimana pada program ini menyediakan berbagai analisa yang dapat digunakan. Namun sayangnya program ini jarang dikenal oleh anak teknik sipil karena program ini digunakan untuk masalah geoteknik saja, namun dalam pekerjaan sipil juga tidak dapat terlepas pada masalah geoteknik, bisa berupa tanah ataupun batuan. (A'yun, 2022)

Program Plaxis merupakan program analisis geoteknik sering dipilih karena dapat menganalisa stabilitas tanah dengan menggunakan metode elemen hingga yang mampu melakukan analisis yang dapat mendekati perilaku sebenarnya. Plaxis memberikan berbagai analisis terkait displacement, tegangan-tegangan yang diterima pada tanah, faktor keamanan lereng dan lain-lain. (Harjawinata, 2017).

Penggunaan Plaxis 2D dalam analisa ini adalah untuk mendapatkan hasil konsolidasi dalam jangka waktu yang sudah ditentukan, dengan melihat indikator ϕ/c , γ sat, γ unsat dan indikator lain. Ouput dari program ini salah satunya displacement.

o Geometri Model

Geometri model sebuah lembar awal dalam aplikasi yang mengilustrasikan kondisi geometri tanah yang akan dihitung dan dianalisis. Permodelan yang digambarkan dalam Plaxis 8.2 adalah model dua dimensi seperti pada Gambar 2.10



Gambar 2. 10 : Jendela Penggambaran Model

○ **Kondisi Batas**

Suatu batas garis pada input geometri dapat disebut juga dengan kondisi batas. Plaxis ada banyak pilihan untuk standar batas kondisi yang dapat dipilih. Dalam analisis, batas kondisi standar adalah kondisi batas umum yang sering dipakai (Brinkgreve, 2007).

○ **Data Elemen**

Program plaxis ini adalah program analisis nonlinear yaitu perilaku tanah serta batuan saat adanya pembebanan di atasnya. Plaxis dapat memodelkan beberapa jenis sesuai kondisi di lapangan tergantung tegangan serta regangan yang ada. Soil and Interface adalah elemen yang sangat diperlukan untuk melakukan analisis. Indikator paling utama pada program ini adalah elemen tanah, maka indikator yang dapat diinput seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11 antara lain:

- **Material Sets**

Pada material sets memperlihatkan nama material, mode material, dan tipe material. Mode material sendiri tersedia dalam pilihan linearelastic, mohr-coilomb, hardening soft soil, soft soil, dan soft soil creep. Untuk tipe material ada beberapa pilihan juga seperti drained, undrained, dan non-porous.

- **General Properties**

General properties memuat mengenai γ_{unsat} dan γ_{sat} tanah.

- **Permeability**

Permeability memperlihatkan tanah dari arah x dan y.

- **Kekakuan**

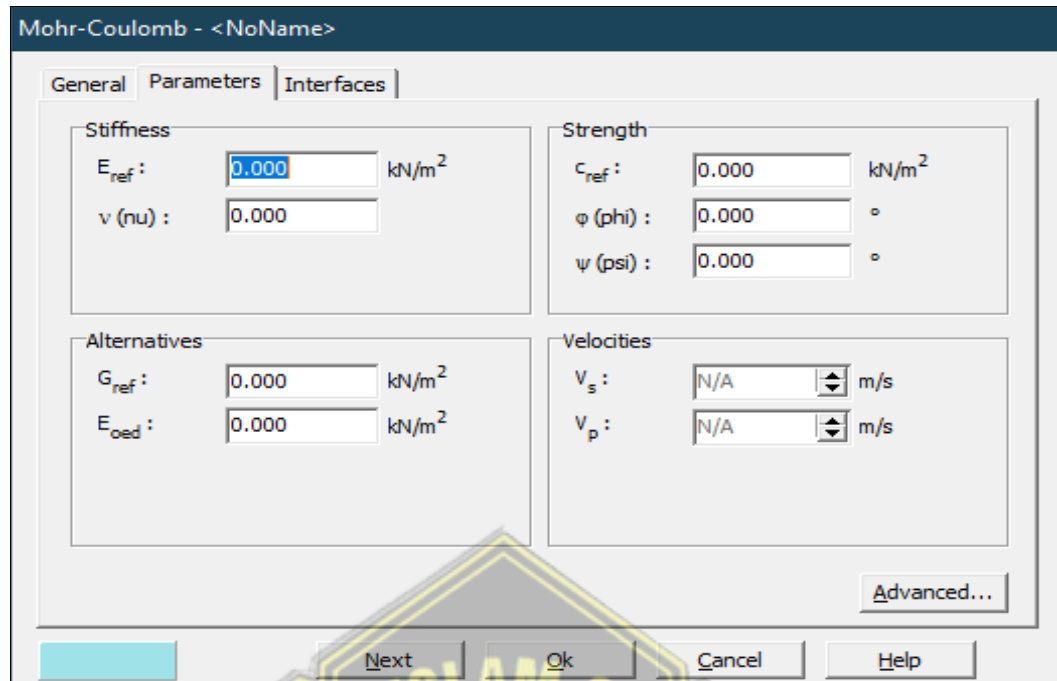
Kekakuan memuat mengenai modulus young dan poisson ratio.

- **Kuat Geser**

Kuat geser memperlihatkan indikator kohesi (c), sudut geser dalam (θ), dan sudut inklinasi (ψ).

- **Strength**

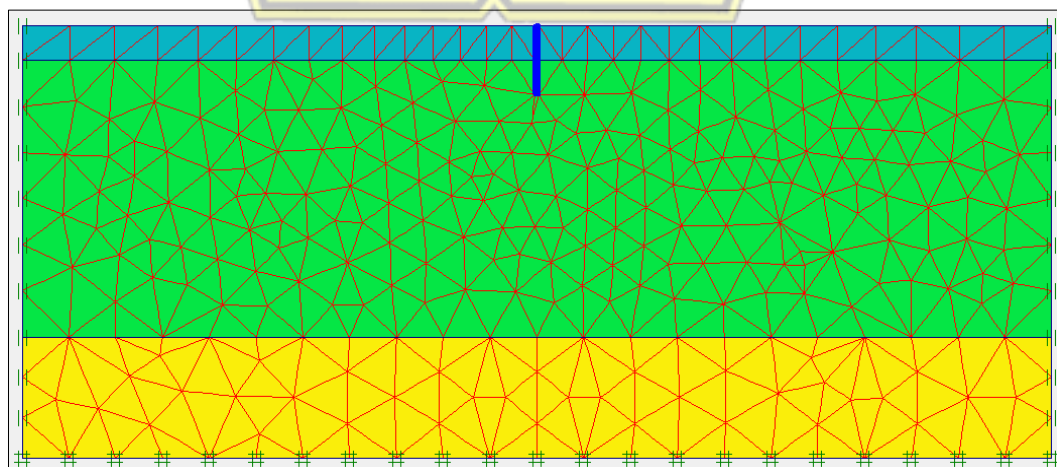
Strength memuat berupa rigid dan manuals.



Gambar 2. 11 : Jendela Soil and Interface

○ **Mesh Generation**

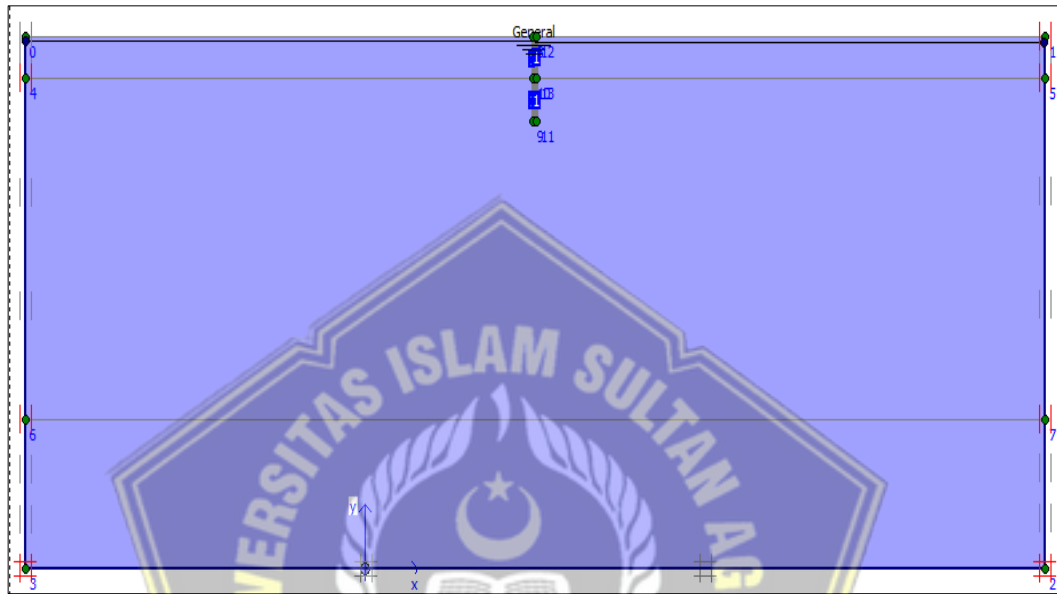
Mesh Generation sebuah tahapan untuk melakukan sebuah analisis pada program plaxis. Analisis tidak dapat dilanjutkan jika mesh generation di plaxis tidak mampu dilakukan. Kasus ini bisa terjadi karena adanya kesalahan pada input data. Elemen-elemen segitiga yang berbentuk jarring atau mesh dapat terjadi jika mesh generation sudah dilakukan. Jumlah serta besarnya elemen-elemen tadi bisa diatur serta diubah sendiri pada plaxis. Plaxis menyampaikan pilihan buat melakukakn hal tadi antara lain: very coarse, coarse, medium, fine, dan very fine. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 : Mesh Generation

- **Kondisi Awal**

Pada penentuan kondisi awal pada plaxis bisa diartikan sebagai tahapan awal yang dilakukan sebelum adanya pembebanan serta perkuatan. Nilai koefisien tanah akan mempengaruhi pada tahap ini dan secara otomatis dimasukkan ke dalam program plaxis. Nilai tersebut berfungsi untuk menentukan kondisi awal yang diatur agar memperlihatkan muka air tanah seperti pada Gambar 2.13.



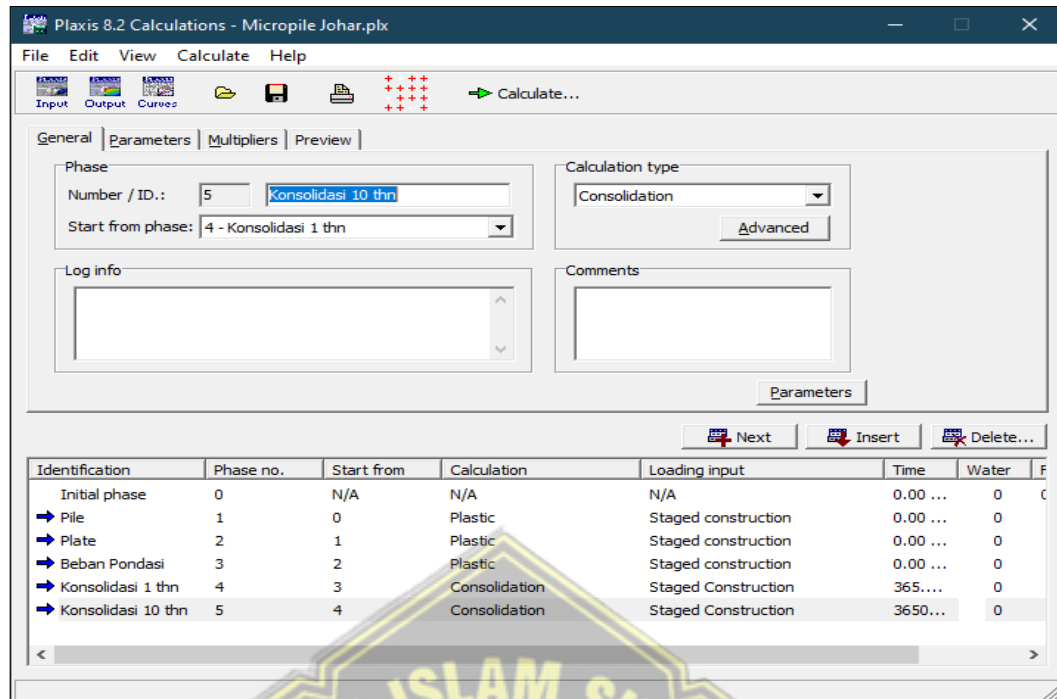
Gambar 2. 13 : Kondisi Muka Air Tanah

- **Perhitungan**

Perhitungan aliran air tanah, konsolidasi dan deformasi adalah hasil dari perhitungan program plaxis (Antonius, 2007). Penggunaan factor pembesaran bertujuan supaya hasil dari perhitungan sesuai dengan kondisi pada lapangan adalah tahap untuk perhitungan plaxis.

Dengan memasukkan pembebanan secara sedikit demi sedikit sampai dengan beban yang direncanakan adalah analisis secara bertahap pada program Plaxis. Bila selama perhitungan terjadi keruntuhan, maka program plaxis akan menghentikan proses perhitungan. Kasus ini bisa disimpulkan bahwa tanah tidak mampu menahan beban yang direncanakan.

Pada analisis konsolidasi bisa gunakan consolidation pada calculation type. Sebelum ke perhitungan konsolidasi, harus menginstallkan seperti pile, plate, beban pada calculation type. Pengaturan lainnya bisa dipilih pada menu seperti pada Gambar 2.14.



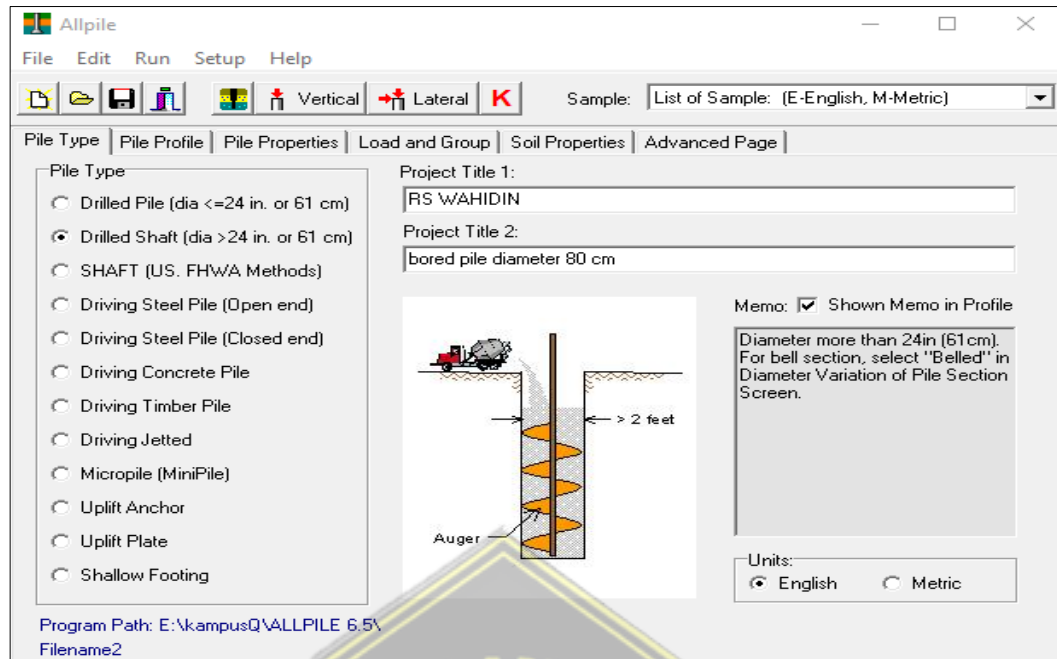
Gambar 2. 14 : kalkulasi analisis

2.13.3. AllPile

Allpile adalah software yang di gunakan untuk menganalisis atau merencanakan sebuah fondasi pada suatu bangunan. Allpile sering digunakan karna mudah dalam pengoprasiannya dan hasil/output kalkulus yang sangat cepat. Penggunaan software allpile ini digunakan untuk memodelkan fondasi bored pile, Dengan menginput data fondasi yang di rencanakan dan data tanah yang diperoleh dilikasi proyek.

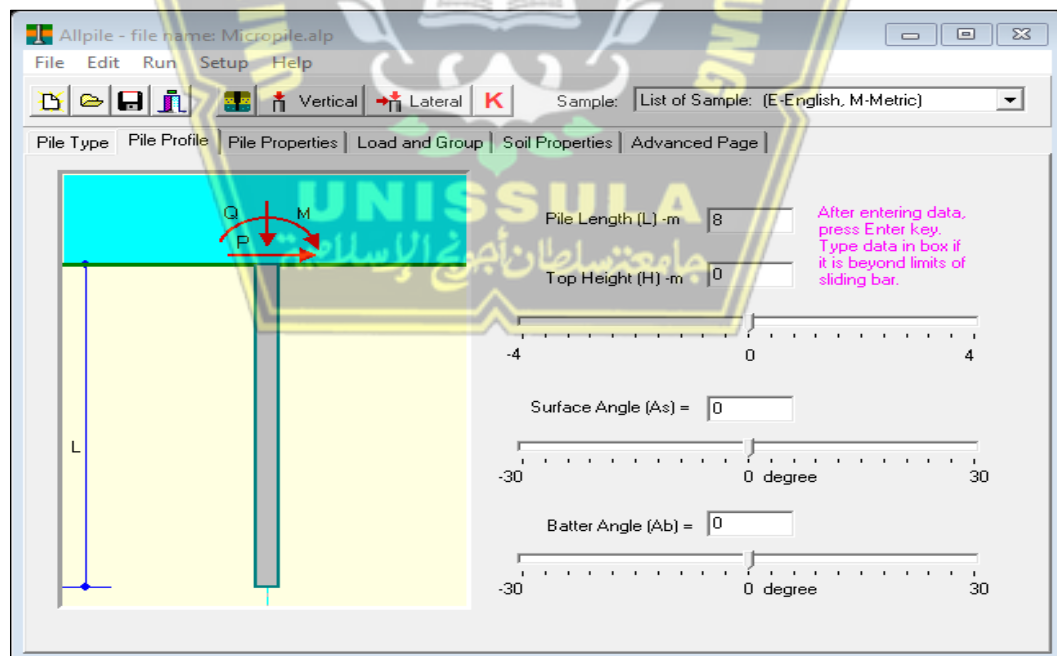
Dalam input allpile ini harus memperhatikan berbagai indekatorr seperti soil properties, beban lateral, beban vertical dan ground water level. Output yang di hasilkan setelah run analysis diperoleh settlement fondasi yang sesuai dengan perencanaan.

- Menentukan pile type yang dianalisis serta mengisikan project title seperti di Gambar 2.15



Gambar 2. 15 : Pile Type

- b. Pada pile profile diisikan dengan rencana fondasi yang akan dianalisis seperti contohnya adalah panjang tiang. Dalam penelitian ini tiang micropile menggunakan kedalaman 10 m yang ditunjukkan di Gambar 2.16



Gambar 2. 16 : Pile Profile

- c. Setelah itu properti fondasi diisi dengan data yang dipakai seperti bentuk, material yang digunakan, tulangan, diameter dan kendala fondasi tersebut seperti di Gambar 2. 17.

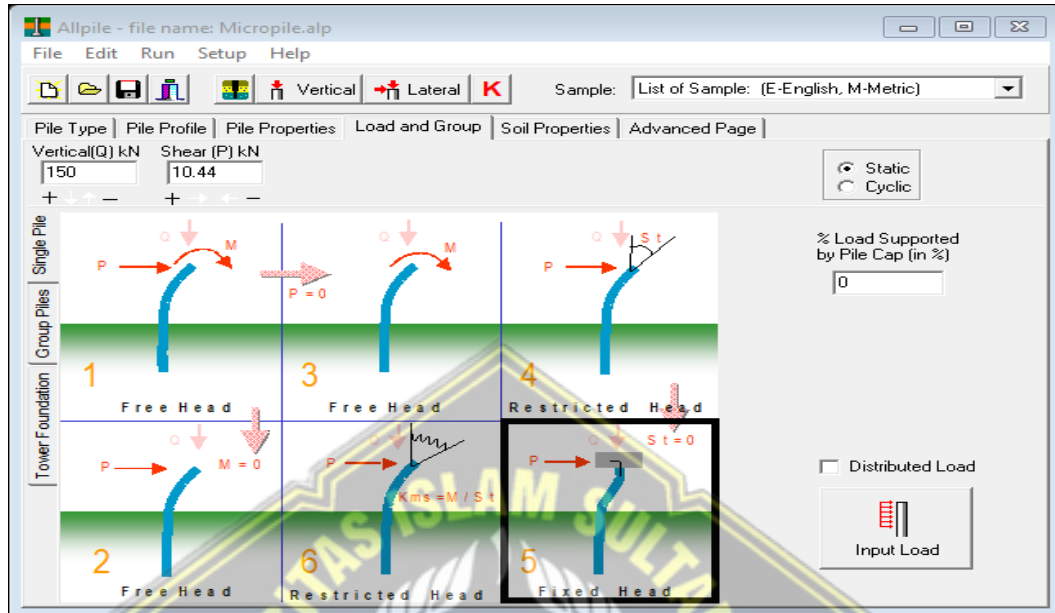
Gambar 2. 17 : Pile Properties

- d. Pada kedalaman fondasi sendiri dalam perencanaan yaitu 8 m untuk kedalaman tanah serta karakteristik tiang menyesuaikan lapangan seperti di Gambar 2.18.

Zp-m	Pile Data Input	Width-cm	A'-cm2	Per.-cm	I'-cm4	E-MP	W-kN/m	At-cm2
0	● Concrete (rough)	20	314.2	62.8	7854.0	20683	0.741	314.2
8	● Concrete (rough)	20	314.2	62.8	7854.0	20683	0.741	314.2
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							

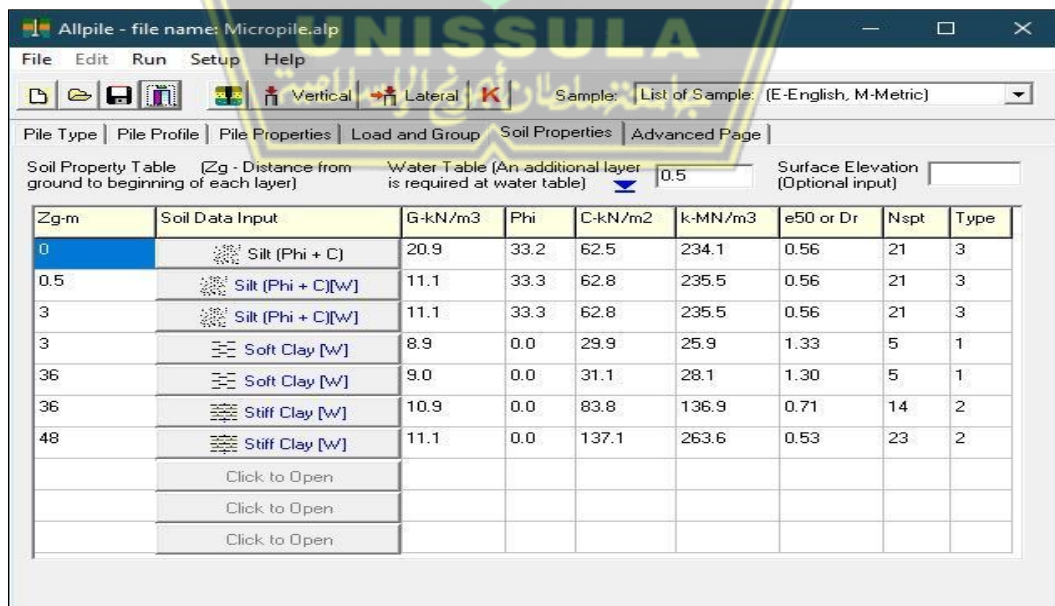
Gambar 2. 18 : Setting Kedalaman Fondasi

- e. Menginput beban pada Load and Group sesuai yang direncanakan yaitu sebesar 150 kN untuk beban vertical dan 10,44 kN untuk beban horizontal seperti pada Gambar 2.19.



Gambar 2. 19 : Load and Group

- f. Lalu memasukkan data tanah sesuai pada lokasi yang akan dianalisa pada Soil Properties. Data tanah yang digunakan berada di Kawasan Pasar Johar Selatan, Semarang seperti di Gambar 2.20.



Gambar 2. 20 : Soil Properties

- g. Mengisi faktor keamanan pada Advanced Page sebesar 1,5 seperti pada Gambar 2.21.

File Edit Run Setup Help

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

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

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

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

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

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

Analysis Parameters:

Parameters: Value [1]: Value [2]	Value [1]	Value [2]
FS for Downward: [1] FS_side; [2] FS_tip	1.5	1.5
FS for Uplift: [1] FS_side; [2] FS_weight	1.5	1.5
Load Factor: [1] Vertical,Q; [2] Lateral,P,M,T	1.0	1.0
(Critical Depth)/(Pile Diameter): [1] Side; [2] Tip	20.0	20.0
Resistance Limits: [1] Side; [2] Tip -kN/m ² (No Limit: 9999)	9999.0	9999.0
Allowable Deflection: [1] Vertical, x_allow [2] Lateral, y_allow -cm	2.5	2.5
Group Deduction Factor for Lateral Analysis: [1] Rfront [2] Rside	1.0	1.0

Settlement Calculation

☒ Vesic Method ☐ Reese Method

Define p-y, t-z Output Points

Gambar 2. 21 : Advenced Page

- h. Sesudah data dimasukkan semua, maka plaxis dapat dijalankan untuk menganalisa serta program memberikan hasil analisa vertical dan lateral.

BAB III

METODOLOGI

3.1. Pendahuluan

Perencanaan struktur fondasi ini tujuan untuk mengetahui beban fondasi menggunakan tipe fondasi bored pile, pada Pembangunan Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar. Pembangunan ini terdiri dari 8 lantai. Penyusunan tugas akhir ini dibuat bertujuan untuk menganalisa beban menggunakan program ETABS dan SAP2000 hasil dari permodelan di softwer ETABS dan SAP2000 akan diperoleh beban terbesar bangunan serta reaksi-reaksi pada kolom dan balok akibat beban diatasnya. Untuk menghitung nilai penurunan fondasi menggunakan perhitungan manual berdasarkan SNI- 8460 : 2017 Persyaratan Perancangan Gotechnik, dan juga menggunakan softwer ALLPILE dan PLAXIS.

3.2. Lokasi Perencanaan

Perencanaan Proyek Pembangunan Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar, ini terletak di area Gedung Pusat Layanan Kesehatan Ibu dan Anak Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar, Jl. Perintis Kemerdekaan No. Km. 11, Tamalanrea Jaya, Kec. Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90245



Gambar 3. 1: lokasi Proyek Pembangunan Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar

3.3. Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data untuk analisis maka hanya digunakan data sekunder baik itu data yang berhubungan dengan konsentrasi yang dianalisis seperti gambar kerja, data tanah, ataupun data dari struktur yang dianalisis dan yang berupa peraturan yang berhubungan dengan kepentingan analisis.

3.3.1. Data Umum

Tabel 3.1: Data Umum Proyek

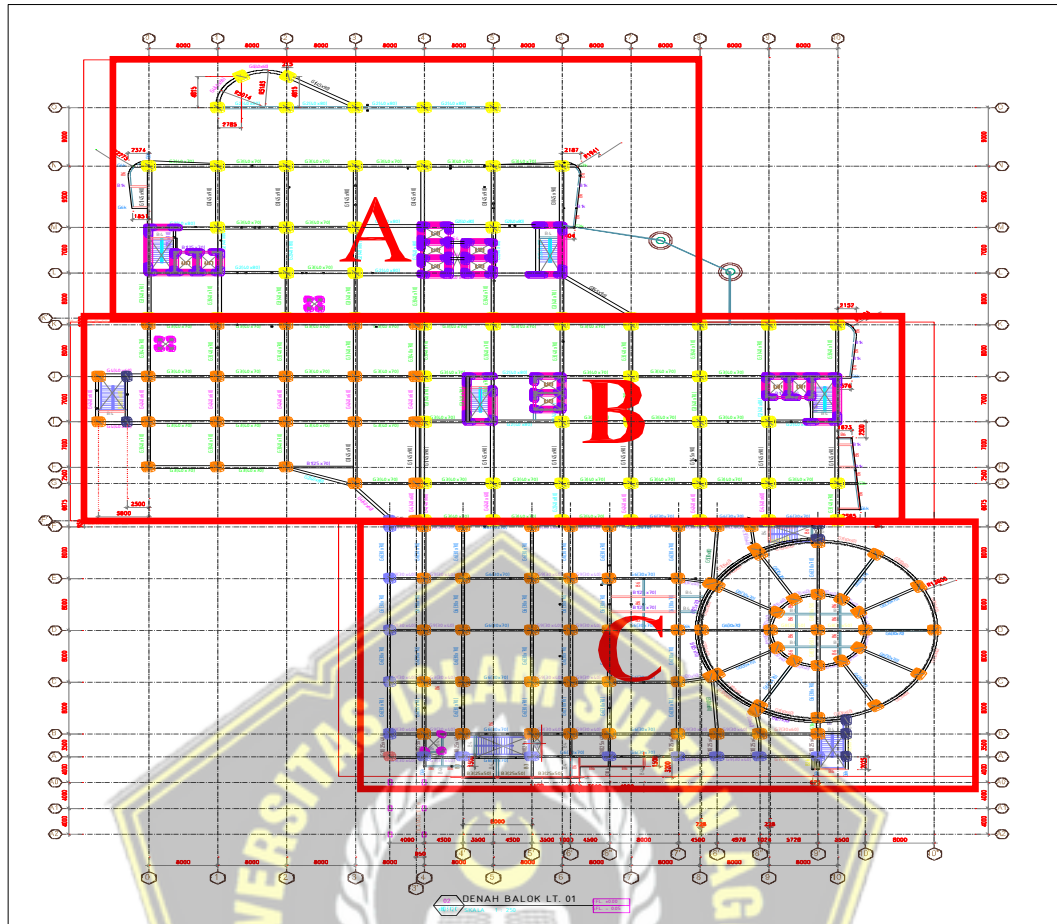
Jenis data	Keterangan
Nama Proyek	Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar
Lokasi Proyek	Jl. Perintis Kemerdekaan No. Km. 11, Tamalanrea Jaya, Kec. Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90245
Jumlah Lantai	8 lantai
Penyelidikan Tanah	Uji Penetrasi Standar (SPT) Dan menggunakan data tanah pada titik BH-1 dikarenakan memiliki data N-SPT terkecil

3.3.2. Data Teknis

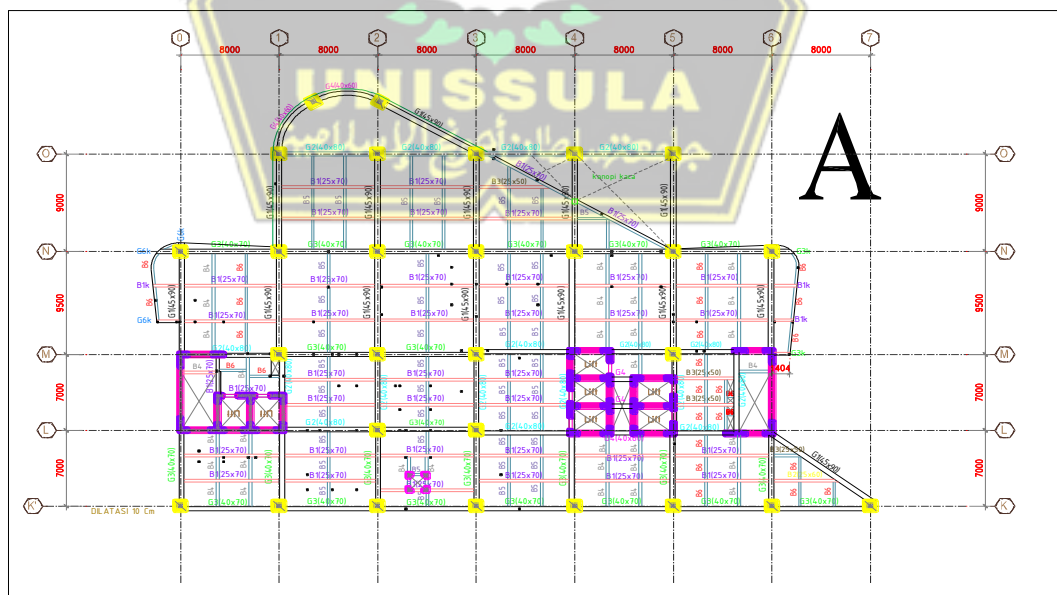
Tabel 3.2: Data Teknisi

Jenis Data	Keterangan
Fondasi	Bored pile
Mutu Beton	$f'c$ 29

Deasain Gambar denah bangunan ada di Gambar 3.2 Bangunan Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar ini terdapat Dilatasi pada bangunanya dan memiliki 3 bangunan yang terpisah seperti pada gambar 3.2 dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini penulis hanya merencanakan/mendesain struktur fondasi ini di lakukan hanya pada blok A dari gambar 3.2 dan di didapat denah seperti Gambar 3.3

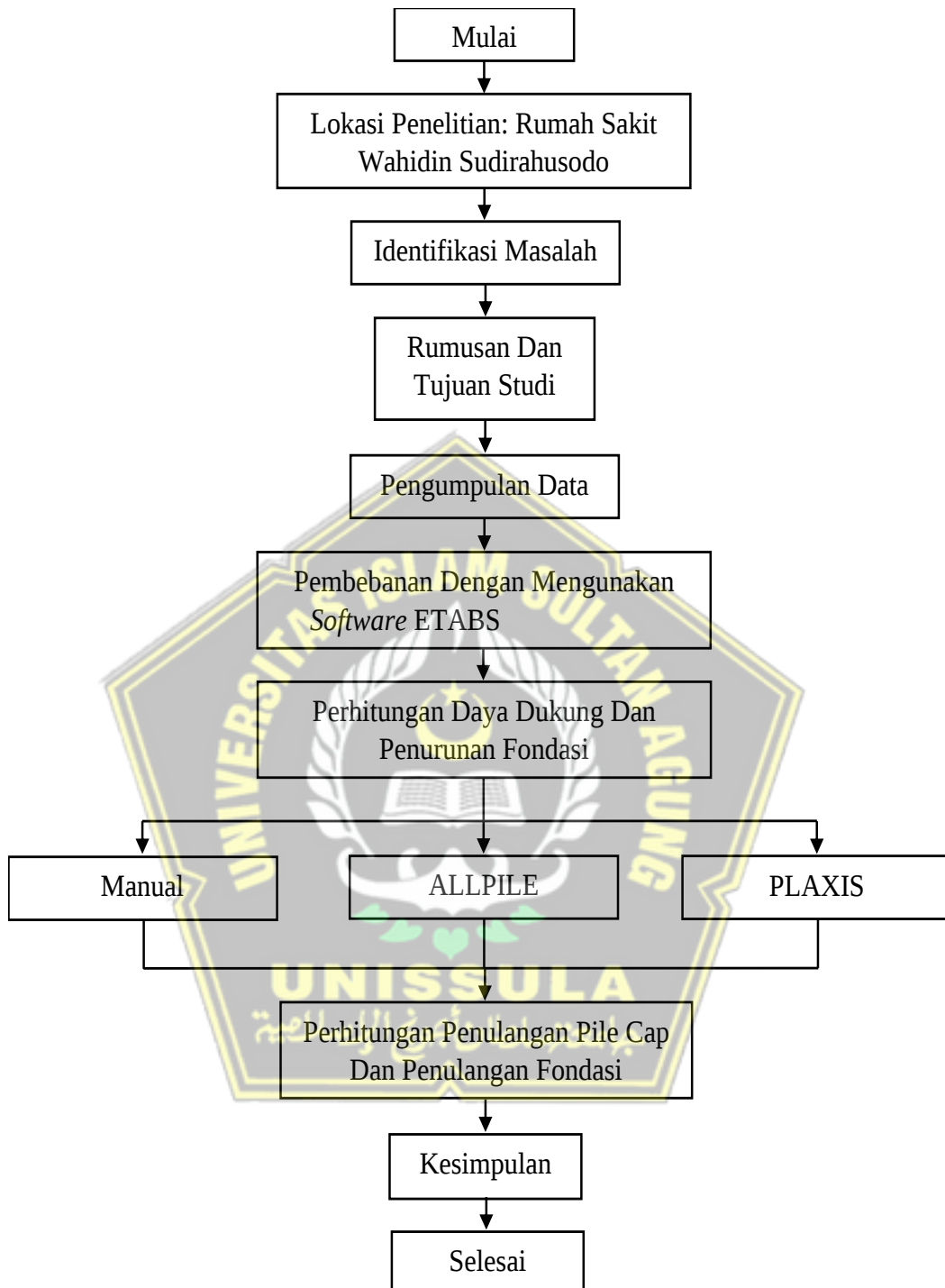


Gambar 3. 2 : Denah Keseluruhan Bangunan Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar dan dibagi menjadi 3 blok A, B, dan C



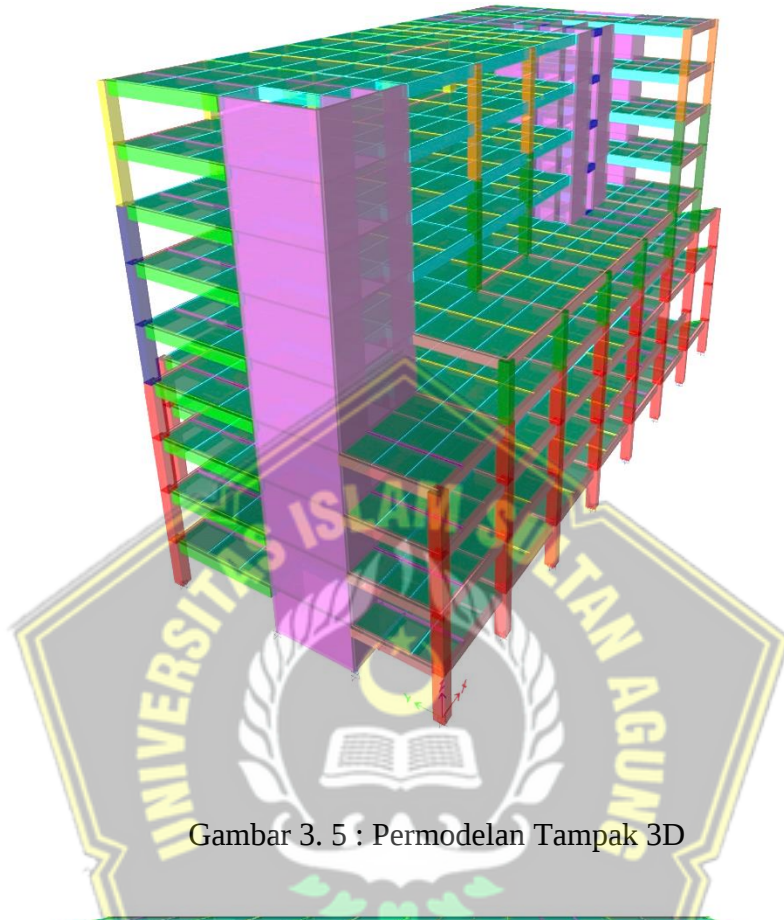
Gambar 3. 3: Denah Bangunan Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar Blok A

3.4. Bagan Alir

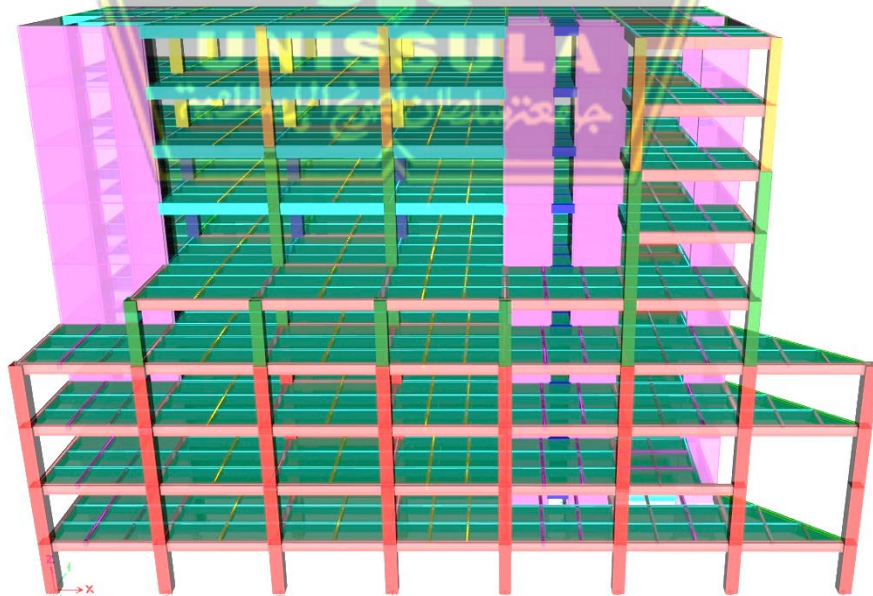


Gambar 3. 4: Flow Chart Perencanaan Fondasi Bored Pile Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar

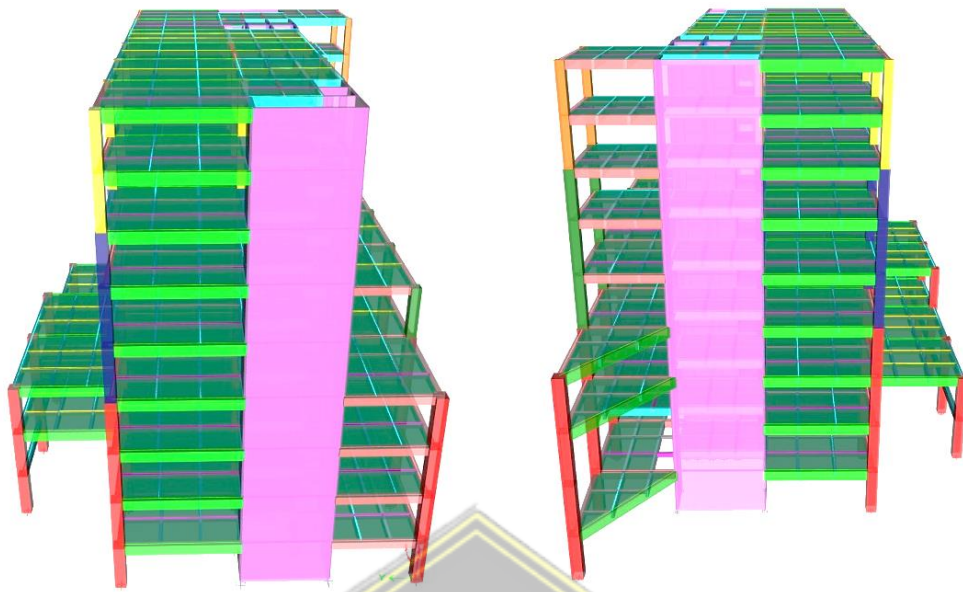
3.5. Permodelan Struktur Dengan ETABS V.16.2.1



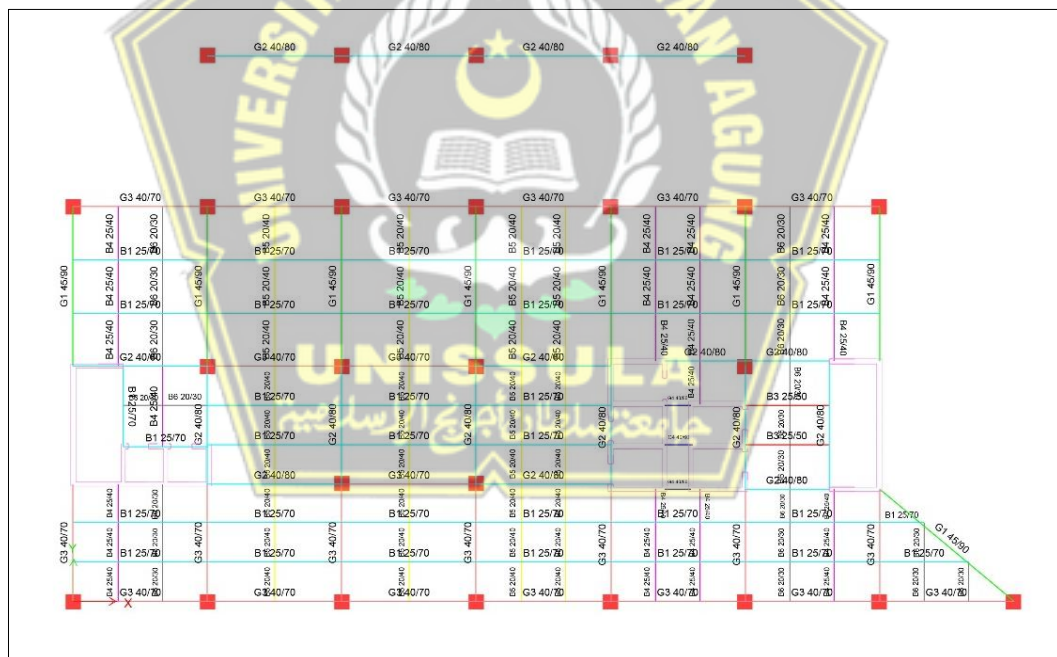
Gambar 3. 5 : Permodelan Tampak 3D



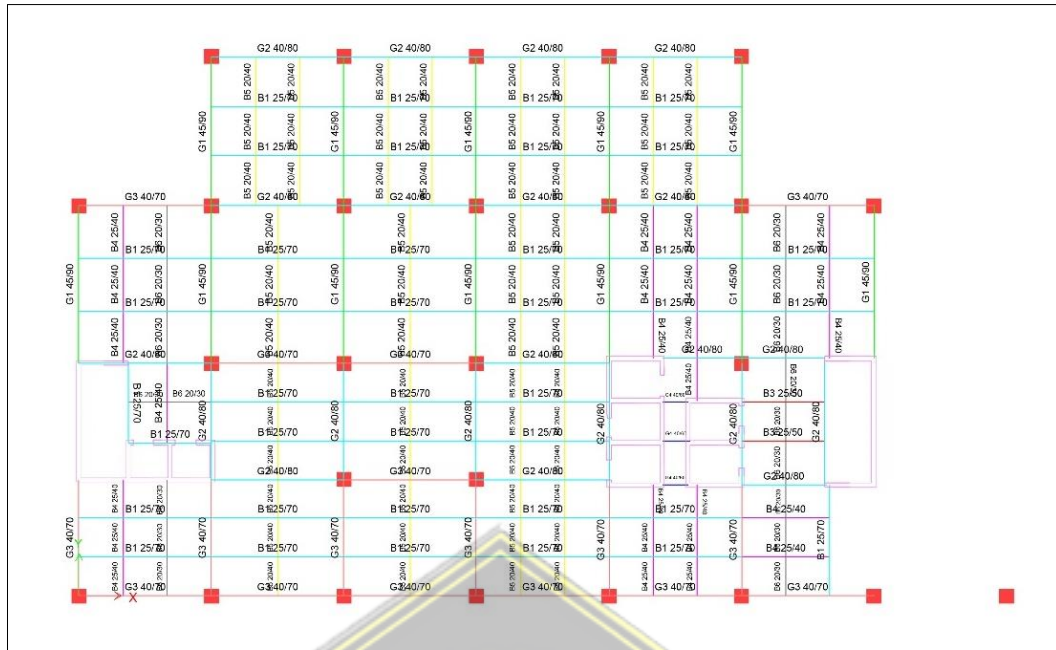
Gambar 3. 6 : Permodelan 3D Tampak Depan



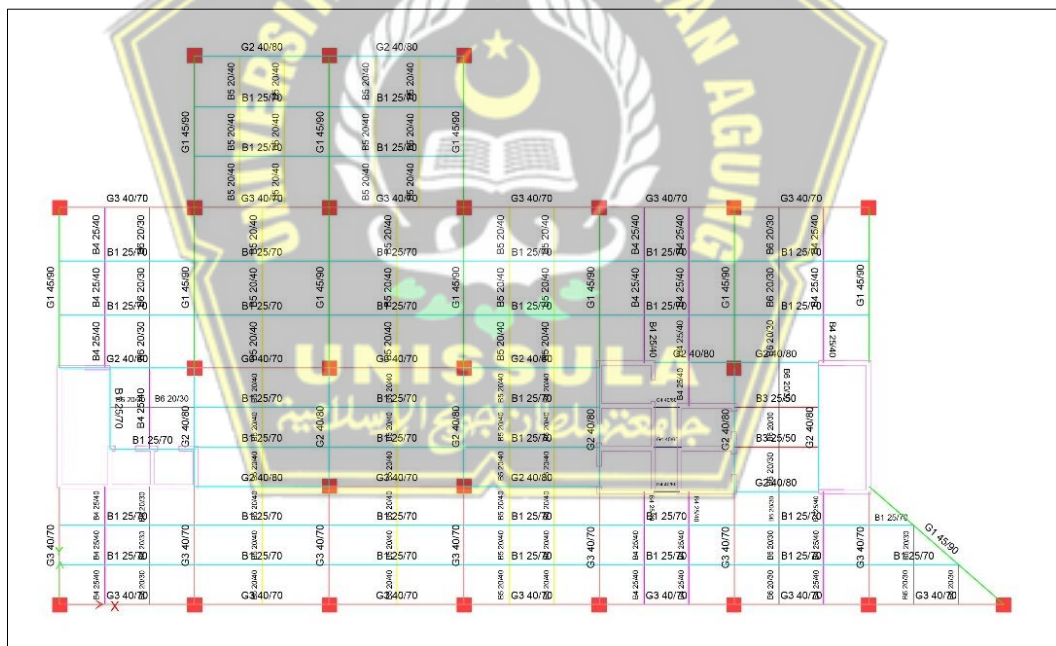
Gambar 3. 7 : Permodelan 3D Tanpak Samping Kiri Dan Kanan



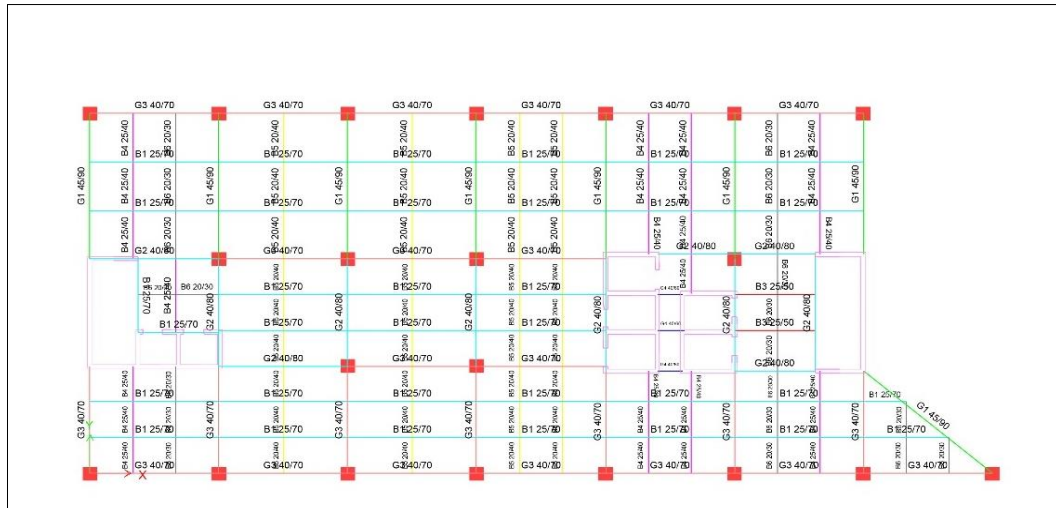
Gambar 3. 8: Permodelan Lantai 1



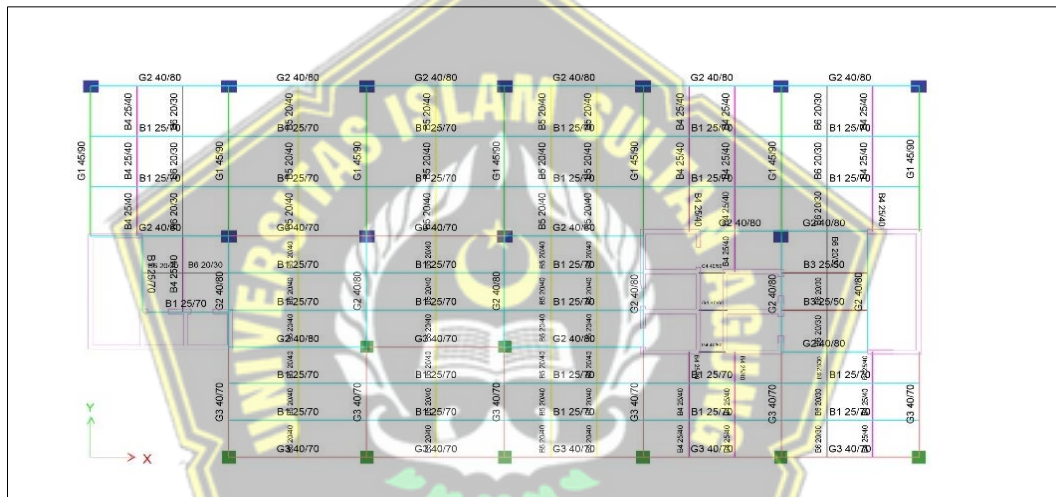
Gambar 3. 9: Permodelan Lantai 2



Gambar 3. 10: Permodelan Lantai 3



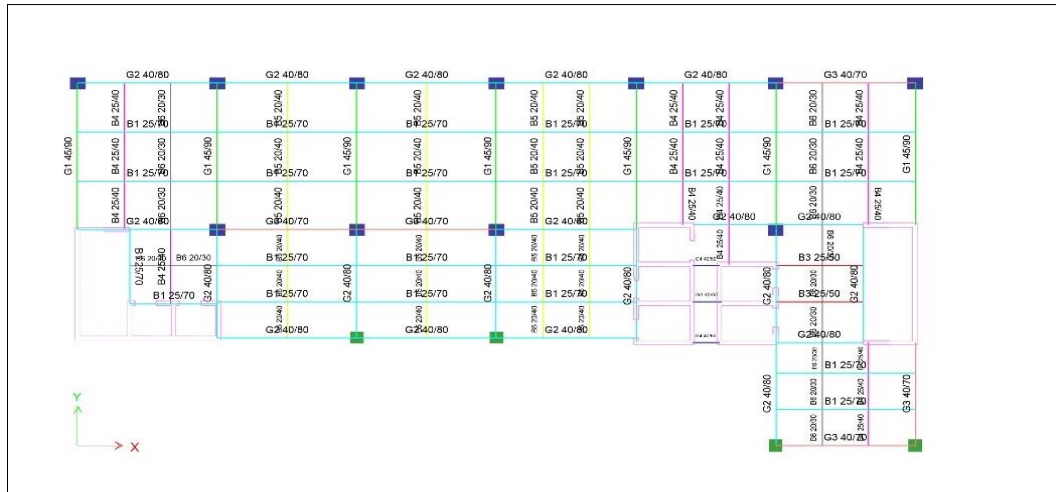
Gambar 3. 11: Permodelan Lantai 4



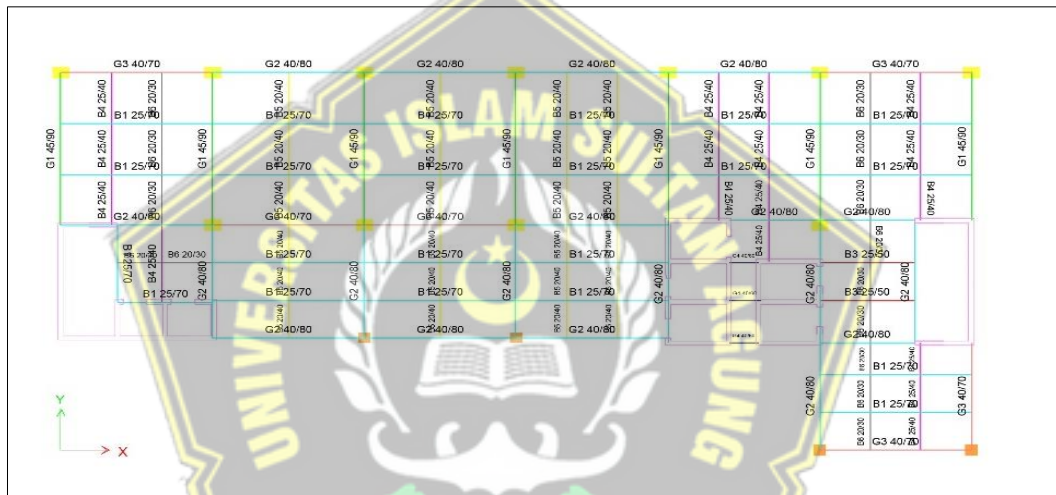
Gambar 3. 12: Permodelan Lantai 5



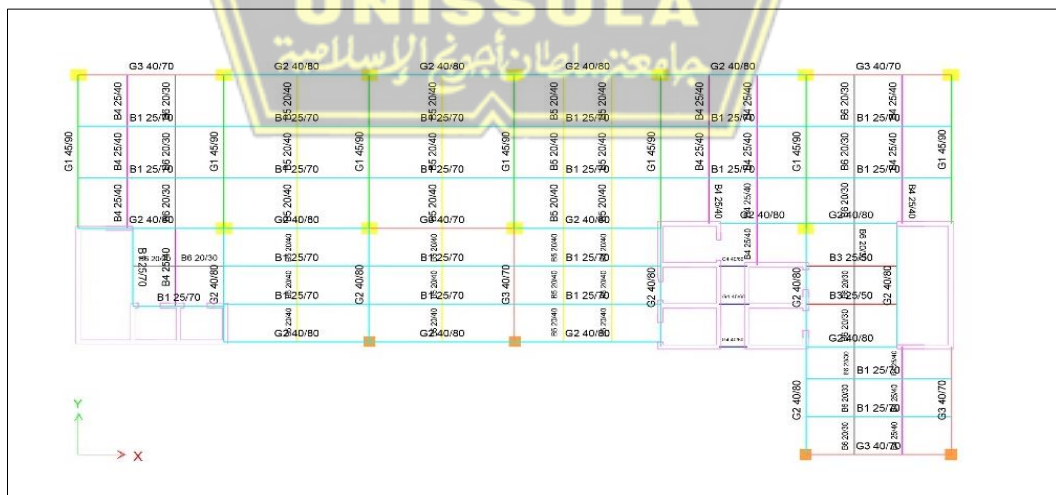
Gambar 3. 13: Permodelan Lantai 6



Gambar 3. 14 : Permodelan Lantai 7



Gambar 3. 15: Permodelan Lantai 8



Gambar 3. 16 : Permodelan Lantai Atap

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum

Analisi perencanaan fondasi bored pile pada bangunan gedung rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar. Dengan menggunakan data tanah dan gambar bangunan. Digunakan data tanah N-SPT (*Standart Penetration Test*) pada titik pengeboran 1 (BH-1) karna memiliki daya dukung terkecil, yang mana data tersebut akan dibuat untuk menganalisa daya dukung dan penurunan fondasi. Perhitungan daya dukung fondasi menggunakan Metode Mayerhoff. Dan untuk perhitungan penurunan fondasi dilakukan secara Manual dengan Metode Vesic dan juga menggunakan Software PLAXI V.8.6 dan ALLPILE.

Perhitungan beban pada superstructural menggunakan software etabs v.16 yang digunakan untuk mengetahui beban maksimum yang akan ditopang oleh fondasi yang dirancang. Pekerjaan struktur bangunan Gedung berpacu pada SNI-1726-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan beban gempa mengacu pada SNI-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Dan untuk beban mati dapat dilihat pada peraturan PPIUG 1983.

Adapun data umum yang digunakan sebagai berikut:

- a. Berat jenis beton bertulang = 2400 kg/m^3
- b. Tebal Plat Lantai dan Atap = 125 mm
- c. Mutu Beton = $f'_c \text{ 29 MPa}$
- d. Mutu Baja Tulangan = $f_y \text{ 420 MPa}$

4.2. Perhitungan Pembebanan Struktur Atas

Pada perhitungan pembebanan untuk struktur atas, beban-beban yang digunakan yaitu berupa beban mati berat sendiri (*Dead Load*), Beban mati Tambahan (*Super dead Load*), beban hidup Plat Lantai (*Live Load*), beban hidup plat atap (*Live load roof*), dan beban gempa (*Quake Load*) dan untuk desain pondasi maka struktur dibuat berdasarkan kombinasi beban diatas dan adapun kombinasi beban dan perhitungan masing-masing yaitu sebagai berikut:

4.2.1. Kombinasi Pembebanan Untuk Fondasi

Kombinasi beban untuk desain pondasi struktur bawah yaitu sebagai berikut:

1. D
2. D + L
3. D + L_r
4. D + 0,75 L + 0,75 L_r
5. D + 0,7 E_v + 0,7 E_h dimana E_h = Q_E dan E_v = 0,2 S_{DS}D dan S_{DS} = 0,25
$$D + 0,7 (0,2 \cdot 0,25 \cdot D) + 0,7 Q_E$$
$$D + 0,035 D + 0,7 Q_E$$
$$1,035 D + 0,7 Q_E$$
6. D + 0,525 E_v + 0,535 E_h + 0,75 L
$$D + 0,525 (0,2 \cdot 0,25 \cdot D) + 0,535 Q_E + 0,75 L$$
$$D + 0,02625 D + 0,535 Q_E + 0,75 L$$
$$1,02625 D + 0,535 Q_E + 0,75 L$$
7. 0,6 D - 0,7 E_v + 0,7 E_h
$$D - 0,7 (0,2 \cdot 0,25 \cdot D) + 0,7 Q_E$$
$$D - 0,035 D + 0,7 Q_E$$
$$0,965 D + 0,7 Q_E$$

4.2.2. Beban Mati (Dead Load)

Beban mati berat sendiri struktur (dead load) dihitung otomatis oleh software berdasarkan model dan dimensi yang di input di software seperti kolom, balok, palt ataupun yang lain yang dimodelkan langsung.

4.2.3. Beban Mati Tambahan (Super Dead Load)

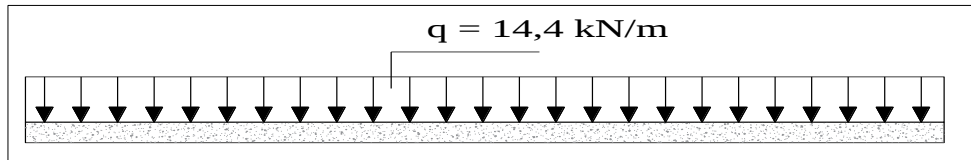
Beban mati tambahan (Super dead load) merupakan beban mati di luar dari permodelan struktur di mana beban ini dibagi menjadi beberapa penempatan dengan perhitungan sebagai berikut:

- a. Beban mati pada balok

Beban mati pada balok dihitung berdasarkan beban dinding di mana tinggi dinding yang ada di bangunan ada dua ketinggian yaitu tinggi 4m dan tinggi 4,5 m dengan perhitungan sebagai berikut :

- ❖ Tinggi 4 m

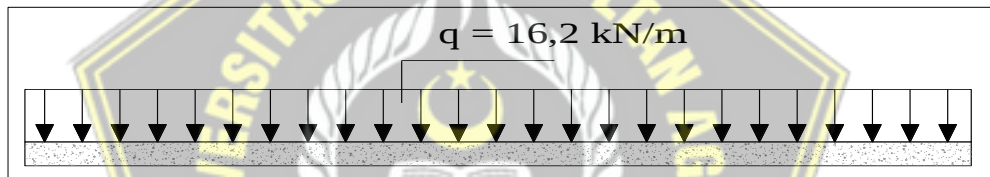
Tinggi dinding $(T_d) = 4 \text{ m}$
 Beban plesteran + aci $(q_p) = 1,1 \text{ kN/m}^2$
Beban Dinding ½ bata merah $(q_d) = 2,5 \text{ kN/m}^2$
 Maka beban $q = T_d * (q_p + q_d) = 14,4 \text{ kN/m}$



Gambar 4. 1: Model Beban dinding 4 m

❖ Tinggi 4,5 m

Tinggi dinding $(T_d) = 4,5 \text{ m}$
 Beban plesteran + aci $(q_p) = 1,1 \text{ kN/m}^2$
Beban Dinding ½ bata merah $(q_d) = 2,5 \text{ kN/m}^2$
 Maka beban $q = T_d * (q_p + q_d) = 16,2 \text{ kN/m}$



Gambar 4. 2: Model Beban dinding 4,5 m

b. Beban mati pada plat lantai

Pasir Tebal 1 cm $= 0,16 \text{ kN/m}^2$

Spesi tebal 3 cm $= 0,66 \text{ kN/m}^2$

Keramik $= 0,22 \text{ kN/m}^2$

Plafon dan Pengantung $= 0,20 \text{ kN/m}^2$

Dinding Partisi $= 0,75 \text{ kN/m}^2$

Mekanika Elektrikal (ME) $= 0,25 \text{ kN/m}^2$

Beban Total Plat Lantai (q) $= 2,24 \text{ kN/m}^2$

c. Beban mati pada plat lantai atap

Spesi tebal 3 cm $= 0,66 \text{ kN/m}^2$

Plafon dan Pengantung $= 0,20 \text{ kN/m}^2$

Mekanika Elektrikal (ME) $= 0,25 \text{ kN/m}^2$

Beban Total Plat Lantai (q) $= 1,11 \text{ kN/m}^2$

4.2.4. Beban Hidup (Live Load)

Beban hidup pada plat lantai ditentukan berdasarkan penggunaan atau fungsi bangunan di mana beban ini sudah di cantumkan dalam peraturan pembebanan dengan nilai bisa dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4. 1: Beban hidup terdistribusi merata dan beban hidup terpusat minimum

Hunian Dan Penggunaan	Merata	Terpusat
	kN/m ²	kN
Rumah sakit		
- Ruang Operasi Laboraturium	2,87	4,45
Ruang Pasien	1,92	4,45
Koridor Diatas Lantai Pertama	3,83	4,45

(Sumber: SNI 1726-2019)

4.2.5. Beban Hidup atap (Live Load Roof)

Beban hidup pada plat roof sudah di cantumkan dalam peraturan pembebanan dengan fungsi bangunan atap dengan nilai 0,96 kN/m²

4.2.6. Beban Gempa (Quake Load)

Dalam perencanaan beban gempa maka faktor-faktor untuk menentukan beban gempa harus ditentukan berdasarkan aturan-aturan yang sudah ditetapkan dengan penentuan sebagai berikut:

a. Penentuan Katetgori resiko struktur

Faktor keutamaan dan kategori risiko struktur bangunan merupakan koefisien-koefisien yang ditentukan berdasarkan peraturan-peraturan seperti Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa SNI 1726:2012 seperti pada tabel 4.2: dan berikut.

Tabel 4. 2: Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
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 - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk dalam kategori IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III
Gedung dan gedung yang ditunjukan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan	IV

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat	

Berdasarkan Tabel 4.2. untuk bangunan rumah sakit berada pada kategori risiko IV nilai ini untuk menentukan faktor keutamaan gempa dengan penentuan sebagai berikut :

b. Penentuan faktor keutamaan Gempa

Tabel 4. 3: Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726:2012

Dari tabel diatas maka faktor keutamaan Gempa dari struktur tersebut dengan kategori risiko IV yaitu $I_e = 1,5$

c. Penentuan Jenis Tanah

Data tanah yang digunakan pada analisis struktur untuk bangunan gedung ini menggunakan data tanah N-SPT dengan nilai sebagai berikut :

Tabel 4. 4: Data N-SPT

Kedalaman	Tebal (di)	N-SPT	Di/Ni
m	m		m
3	3	24,5	0,122
6	3	42	0,07
9	3	60	0,05
12	3	60	0,05
15	3	60	0,05
Total	15		0,342

$$\bar{N} = \frac{\sum d_i}{\sum \frac{d_i}{N_i}}$$

$$\bar{N} = \frac{15}{0,342} = 43,859$$

d. Klasifikasi situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai situs SA, SB, SC, SD, SE, Atau SF yang mengikut pada penentuan jenis tanah yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 5: Penentuan Kelas Situs

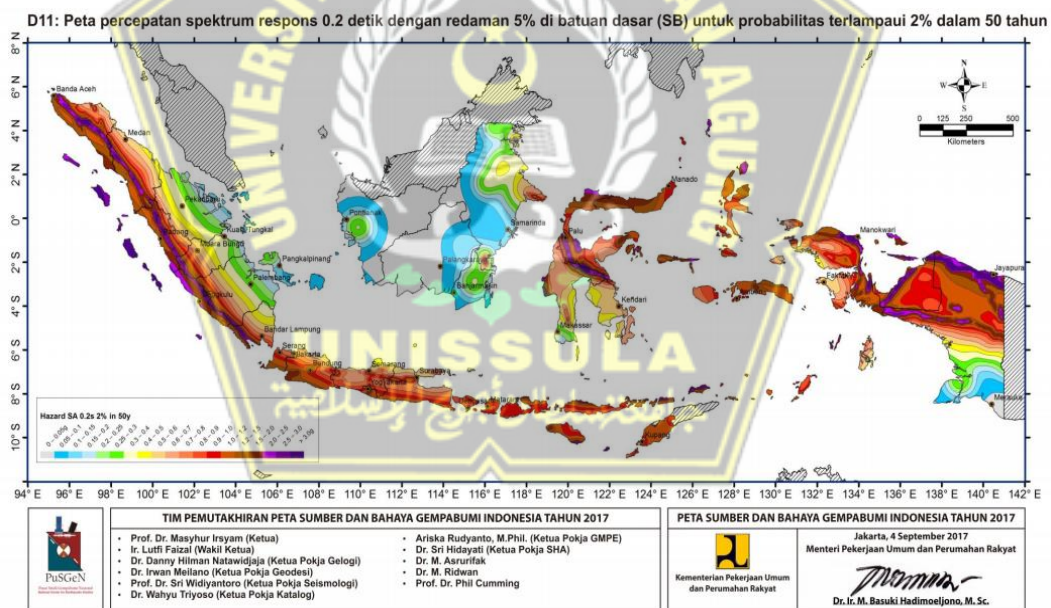
Kelas Situs	$\bar{V}_s \left(\frac{m}{detik} \right)$	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{CK}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan Keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750 Sampai 1500	N/A	N/A
SC (Tanah Keras, sangat padat dan batuan Lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	< 175	< 15	< 50
Atau setia profil tanah yang mengandung lebih dari tiga meter tanah dengan karakteristik sebagai berikut : Indeks plastisitas, $PI > 20$; Kada Air, $W \geq 40 \%$; Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa			

Kelas Situs	$\bar{V}_s \left(\frac{\text{m}}{\text{detik}} \right)$	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{CK}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SF (Tanah khusus yang membutuhkan infestigasi geoteknis spesifik dan analisa respon sesifik situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : 1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah.		

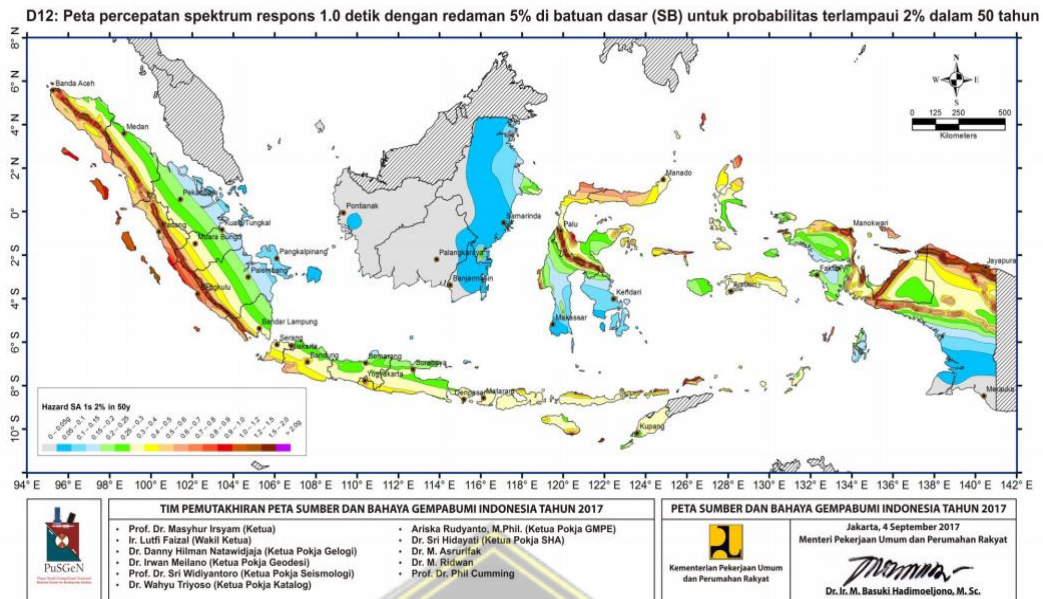
Berdasarkan Tabel 4. untuk nilai $N_{rata-rata} = 43,859$ maka masuk pada kelas Situ SD (Tanah Sedang) dengan nilai $N_{rata-rata}$ antara 15 sampai 50

e. Parameter Percepatan Gempa

Dalam penentuan gaya gempa menggunakan peraturan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non-Gedung, SNI-1726-2012 peta gempa 2017 dengan Peta gempa sebagai berikut

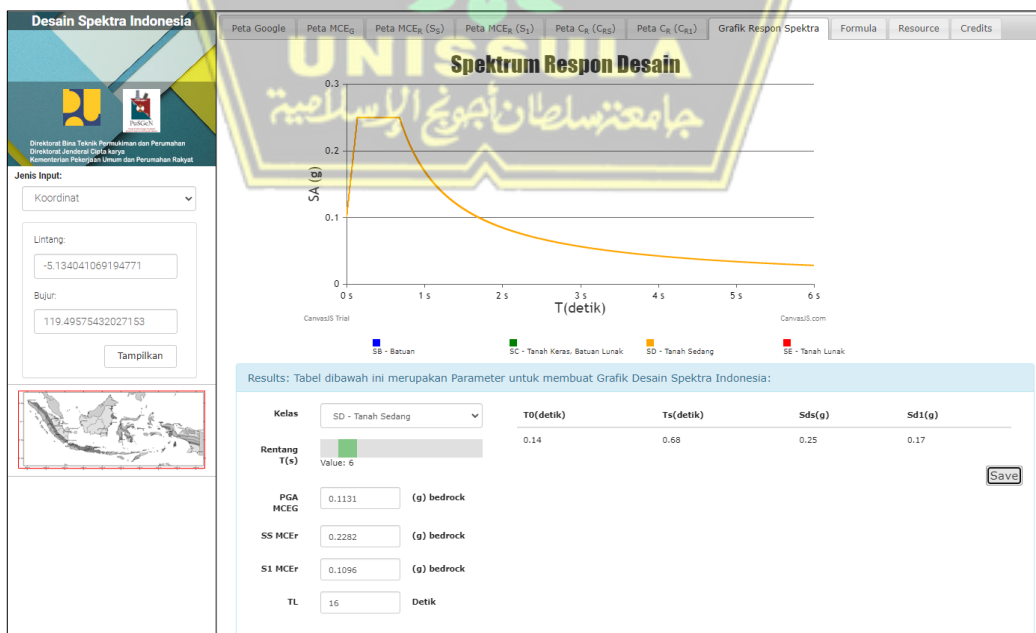


Gambar 4. 3: Percepatan periode pendek Ss



Gambar 4. 4: Percepatan periode 1 detik

Dari peta diatas untuk wilayah Bangunan Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar dengan titik koordinat $(-5.134041069194771, 119.49575432027153)$ maka percepatan batuan dasar pada perioda pendek (S_s) diambil 0,23 dan percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik (S_1) diambil 0,11 ini merupakan perkiraan dari peta gempa 2017 untuk lebih detail maka digunakan analisis dengan websaid <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>, dengan nilai sebagai berikut :



Gambar 4. 5: Desain spektra indonesia

Berdasarkan Gambar 4. maka data-data didapat sebagai berikut

- ❖ Percepatan batuan dasar Periode pendek $S_s = 0,2282$
- ❖ Percepatan batuan dasar Periode 1 detik $S_1 = 0,1096$
- ❖ Parameter respons spektral percepatan desain
Pada periode pendek $S_{Ds} = 0,25$
- ❖ Parameter respons spektral percepatan desain
Pada periode 1 detik $S_{D1} = 0,17$
- ❖ $T_0 = 0,14$
- ❖ $T_s = 0,68$

f. Kategori desain seismik

Tabel 4. 6: Desain seismik percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{Ds}	Kategori resiko	
	I atau II Atau III	IV
$S_{Ds} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{Ds} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{Ds} < 0,5$	C	D
$0,5 \leq S_{Ds}$	D	D

Berdasarkan kategori resiko nilai untuk resiko IV dan $S_{Ds} = 0,25$ maka $0,167 \leq S_{Ds} < 0,33$ yaitu C

Tabel 4. 7: Desain seismik percepatan pada perioda 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori resiko	
	I atau II Atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,2$	C	D
$0,2 \leq S_{D1}$	D	D

Berdasarkan kategori resiko nilai untuk resiko IV dan $S_{D1} = 0,17$ maka $0,133 \leq S_{D1} < 0,2$ yaitu D

Berdasarkan data diatas dengan parameter S_{Ds} dan S_{D1} maka diambil dampak yang paling beresiko maka digunakan nilai kategori desain seismik yaitu D

g. Faktor R , Ω_0 dan C_d dalam Perancangan Sistem Penahan Gaya Gempa

Tingginya suatu bangunan semakin penting pula aksi gaya lateral, dan menjadi semakin berarti. Maka dari itu, perlu dipertimbangkannya sistem penahan gaya gempa yang digunakan sesuai batasan ketinggian struktur dengan batasan sistem struktur. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi sistem penahan gaya gempa yaitu faktor kuat-lebih sistem (Ω_0), koefisien modifikasi respons (R), dan koefisien amplifikasi defleksi (C_d).

Tabel 4. 8: Faktor R , Ω_0 dan C_d dalam Perancangan Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respon R^a	Faktor Kuat Lebih sistem Ω_0^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)					
			Kategori desain seismik					
			Faktor Pembesaran Defleksi C_d^c	B	C	D	E	F
Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2,5	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2,5	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
3. dinding geser beton bertulang khusus	7	2,5	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
4. dinding geser beton bertulang biasa	6	2,5	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2,5	4	TB	TB	TB	TB	TB
6 rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2,5	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. dinding geser plat baja dan beton komposit	7,5	2,5	6	TB	TB	TB	TB	TB

dari data kategori desain seismik dengan nilai D maka bisa digunakan data (TB) yaitu Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan pada No. 3 dengan keterangan dinding geser

beton bertulang khusus dengan nilai masing-masing faktor $R = 7$; $\Omega_0 = 2,5$; dan $C_d = 5,5$

h. Penentuan Periode Getar (T)

Perioda fundamental (T) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan property struktur dan karakteristik deformasi elmen penahan dalam analisis yang teruji. Perioda fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi hasil koefesien untuk batasan atas pada prioda yang dihitung (C_u) dan prioda fundamental pendekatan (T_a):

$$T_{model} < C_u * T_a$$

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dimana:

T = periode getar struktur (detik)

C_u = koefisien Untuk batasan atas pada prioda yang dihitung

T_a = Prioda pendekatan (detik)

C_t = parameter prioda pendekatan

x = parameter prioda pendekatan

h_n = Ketinggian struktur utama (m) = 38,5 m

Tabel 4.9: Koefisien Pembatas Periode Getar Struktur

Tipe struktur	C_t	X
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka beton dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Dari data tabel diatas maka digunakan nilai maka $C_t = 0,0488$ dan $x = 0,75$

Tabel 4. 10: Koefisien Pembatas Periode Getar Struktur

Parameter percepatan respon spektra desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien Pembatas (C_u)
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber: SNI 1726:2012

Dari data $SD1 = 0,17$ maka nilai yang digunakan yaitu interpolasi untuk C_u digunakan interpolasi linear yaitu $C_u = 1,56$

Perioda

$$T_0 = 0,14 \text{ detik}$$

$$T_s = 0,68 \text{ detik}$$

$$T_a = C_t \cdot h_n^x = 0,0488 \cdot 38,5^{0,75} = 0,754 \text{ detik}$$

Untuk pembatas periode dalam menentukan waktu periode dan analisis sistem gaya gempa

$$C_u \cdot T_a = 1,56 \cdot 0,754 = 1,17 \text{ detik}$$

$$3,5 \cdot T_s = 3,5 \cdot 0,68 = 2,38 \text{ detik}$$

Prosedur analisis yang boleh digunakan

Tabel 4. 11: Prosedur analisis yang boleh digunakan

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya Lateral ekuivalen	Analisis spektrum respons ragam	Prosedur riwayat respons seismik
B,C	Bangunan dengan kategori risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan dengan kategori risiko I atau II, dengan ketinggian tidak lebih dari 2 tingkat	I	I	I
	Semua struktur lainnya	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II dari struktur rangka ringan dengan ketinggian tidak lebih 3 tingkat	I	I	I

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya Lateral ekuivalen	Analisis spektrum respons ragam	Prosedur riwayat respons seismik
	Bangunan lainnya dengan kategori risiko I atau II dengan ketinggian tidak lebih dari 2 tingkat	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan mempunyai hanya ketidakaturan horisontal tipe 2, 3, 4, atau 5 dari tabel 10 atau ketidakaturan vertikal tipe 4, 5a, atau 5b dari tabel 11	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

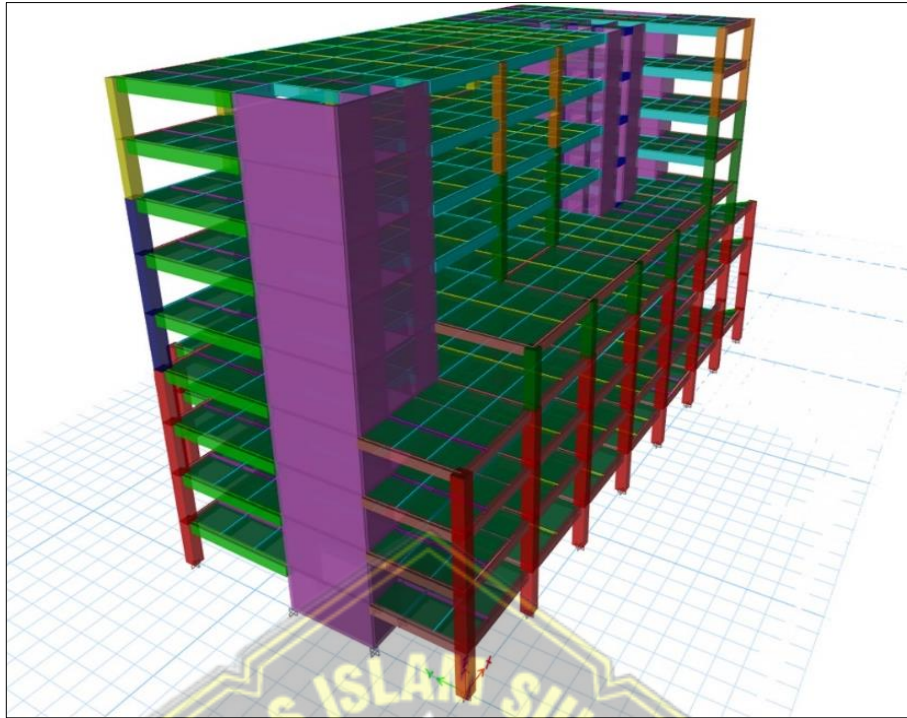
Dari tabel yang ada maka penentuan desain untuk bangunan tahan gempa dengan kategori resiko IV Maka analisis menggunakan Respos Spektrum

Karena analisis menggunakan respons spektrum maka Penentuan beban gempa respons spektrum dibatasi dengan syarat bahwa

4.3. Permodelan dan Input Pembebanan Struktur Atas

4.3.1. Permodelan

Pada permodelan struktur atas digunakan software etabs dengan model masing-masing sebagai berikut :

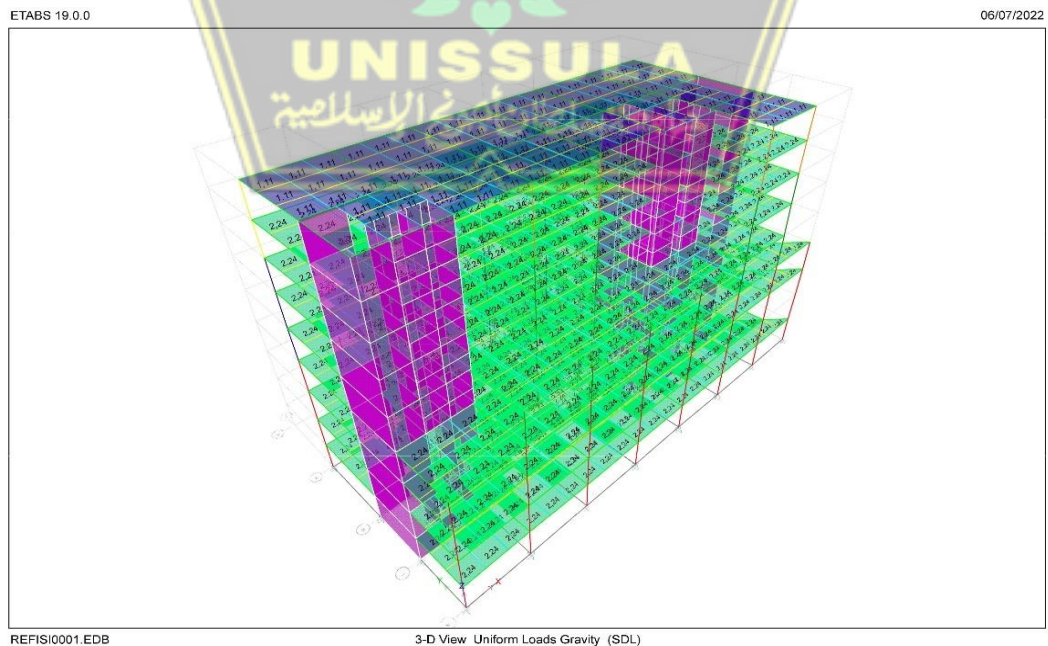


Gambar 4. 6: Model Struktur Atas

4.3.2. *Input Pembebanan dan pengecekan*

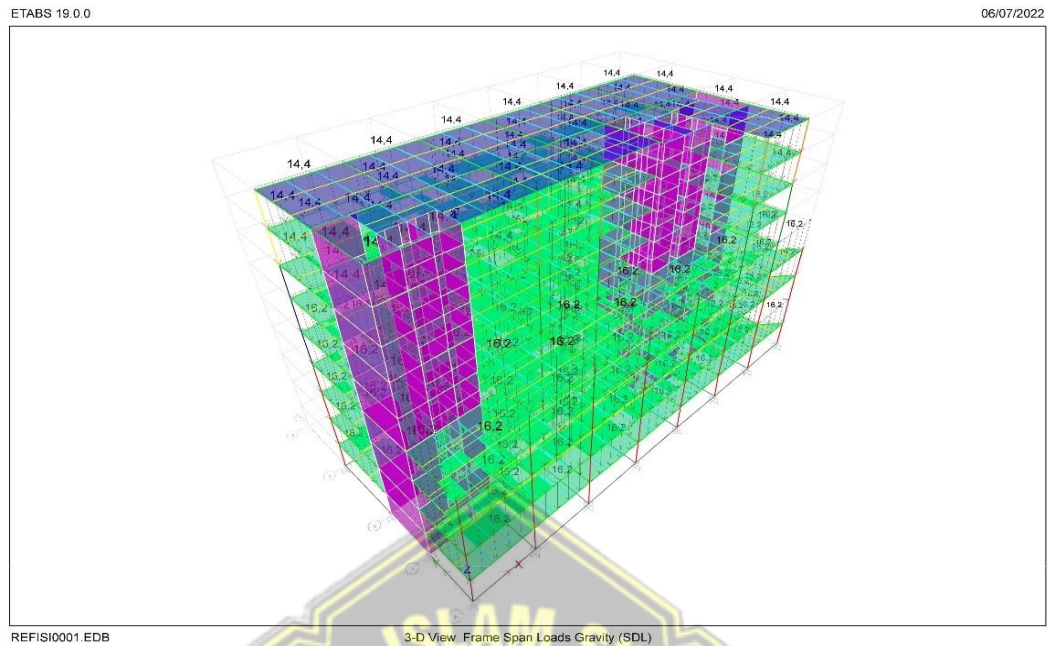
Pembebanan struktur atas terdiri dari beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa dan dapat dilihat berikut ini:

4.3.2.1. *Beban Mati pada Plat Lantai dan plat atap*



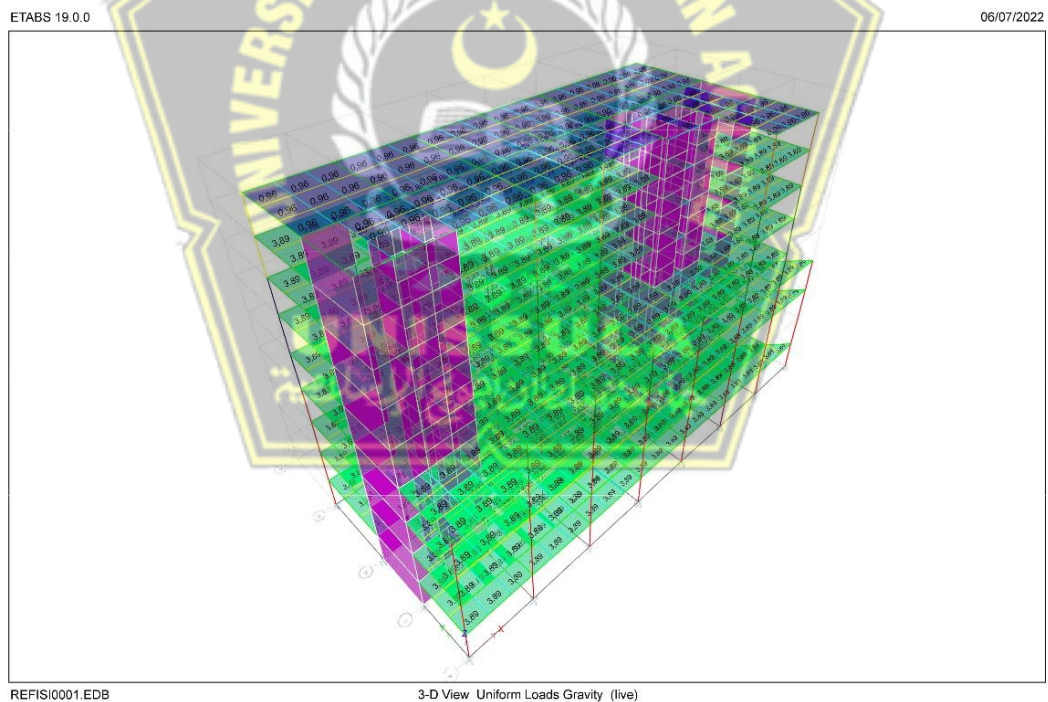
Gambar 4. 7 : Beban mati plat

4.3.2.2. Beban mati pada balok



Gambar 4. 8: beban mati dinding

4.3.2.3. Beban hidup pada plat lantai



Gambar 4. 9: Beban Hidpu Plat

4.3.2.4. Beban gempa

Pada pembebanan gempa analisis digunakan analisis respons spektrum dengan pengontrol menggunakan analisis statik ekuvalen dengan input beban masing-masing sebagai berikut :

a. Input data beban Gempa statik Ekuvalen

Gambar 4. 10: Input Fakotr-faktor beban statik Ekuvalen Arah x

Gambar 4. 11: Input Fakotr-faktor beban statik Ekuvalen arah y

b. Input beban gempa respons spektrum

Pada pengimputan beban gempa respons spektrum maka faktor beban sementara yang digunakan yaitu η_s = yaitu $g.I/R = 9,8 * 1,5 / 7 = 2,1$ dalam satuan m/s^2 dimana input faktor gempa respons spektrum sebagai berikut.

E Load Case Data

General

Load Case Name: EQR-X

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	rs wahidin	2,1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0,05

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

OK Cancel

Gambar 4. 12: Input Fakotr-faktor beban statik Ekuvalen arah x

E Load Case Data

General

Load Case Name: EQR-Y

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	rs wahidin	2,1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0,05

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

OK Cancel

Gambar 4. 13: Input Fakotr-faktor beban statik Ekuvalen arah y

4.3.2.5. Cek respon beban gempa

a. Modal load Partisipasi rasio

Sebelum pengecekan yang lain maka terlebih dahulu dilakukan penentuan modal untuk mencapai partisipasi sampai didapat 100% partisipasi modal maka didapat jumlah modal yaitu sebanyak 35 modal dengan partisipasi Berdasarkan table 4.12.

Tabel 4.12 : Modal Load Participation Ration

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
Case	ItemType	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	100	100
Modal	Acceleration	UY	100	100
Modal	Acceleration	UZ	0	0

b. Sakala Gempa

skala gempa respons spektrum terhadap statik ekuvalen dengan nilai masing masing hasil run analisis didapat $V_{X(\text{statik ekuvalen})} = 4077,5594 \text{ kN}$, $V_{Y(\text{statik ekuvalen})} = 4077,5594 \text{ kN}$, $V_{X(\text{respons spektrum})} = 2963,8759 \text{ kN}$ dan $V_{Y(\text{respons spektrum})} = 3151,5978 \text{ kN}$ maka didapat skala faktor masing masing yaitu :

$$\begin{aligned}\eta_x &= \eta_s * \frac{V_{X(\text{statik ekuvalen})}}{V_{X(\text{respons spektrum})}} \\ &= 2,1 * \frac{4077,5594}{2963,8759} \\ &= 2,88908 \text{ dan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_y &= \eta_s * \frac{V_{Y(\text{statik ekuvalen})}}{V_{Y(\text{respons spektrum})}} \\ &= 2,1 * \frac{4077,5594}{3151,5978} \\ &= 2,716994\end{aligned}$$

Cek repsons beban gempa

Setelah skala diinput dan di cek ternyata gaya geser respons spketurm sudah memenuhi dengan static dimana $\eta = \frac{V_{X(\text{respons spektrum})}}{V_{X(\text{statik ekuvalen})}} \geq 1$ dan $= \frac{4077,5594}{4077,5594} = 1$ maka penentuan skala sudah benar

c. Periode gempa

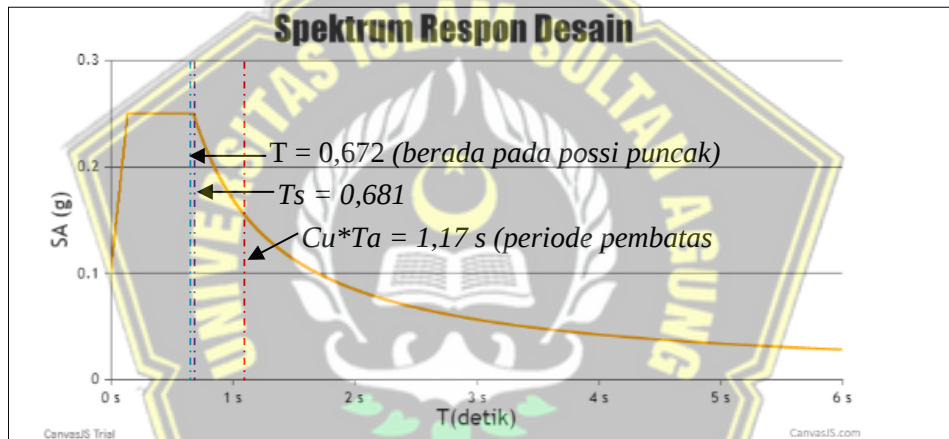
Berdasarkan table periode dari sap2000 didapat $T_{\text{mode1}} = 0,672$ dan berikut tabel periode dan frekuanesi yang diambil sebatas 5 modal.

Tabel 4.13: Modal Priods And Frequencies

TABLE: Modal Periods And Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	0,672	1,488	9,352	87,4607
Modal	2	0,621	1,61	10,117	102,3542
Modal	3	0,477	2,098	13,1826	173,7819
Modal	4	0,188	5,327	33,4736	1120,4846
Modal	5	0,171	5,835	36,6596	1343,9227

Berdasarkan data diatas maka $T = 0,672 < C_u \cdot T_a = 1,17$ maka periode analisis memenuhi dan menggunakan priode dengan beban gempa maksimum sesuai grafik 4.1

Grafik 4.1 Spektrum Respon Desain



Model posisi periode bangunan

d. Modal Participating Mass Ratios

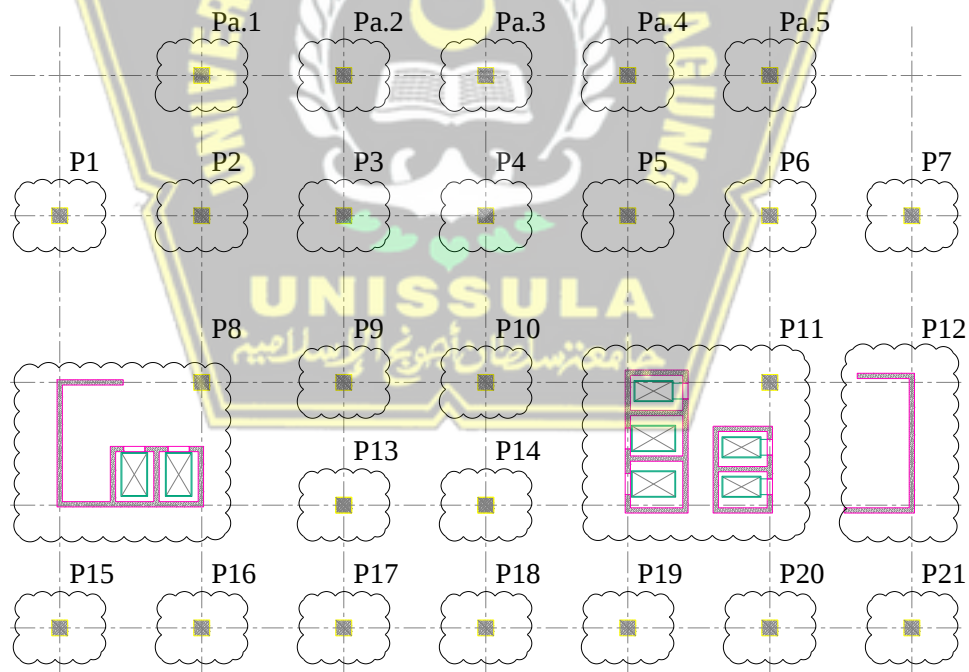
Pada Pengecekan modal partisipasi mass rasio maka pada modal 1 dan 2 mengalami trasnslasi maka struktur pada kondisi pergerakan yang baik sehingga tidak mengalami punter yang mengakibatkan penambahan momen.

Tabel 4.14 Modal Participating Mass Rastios

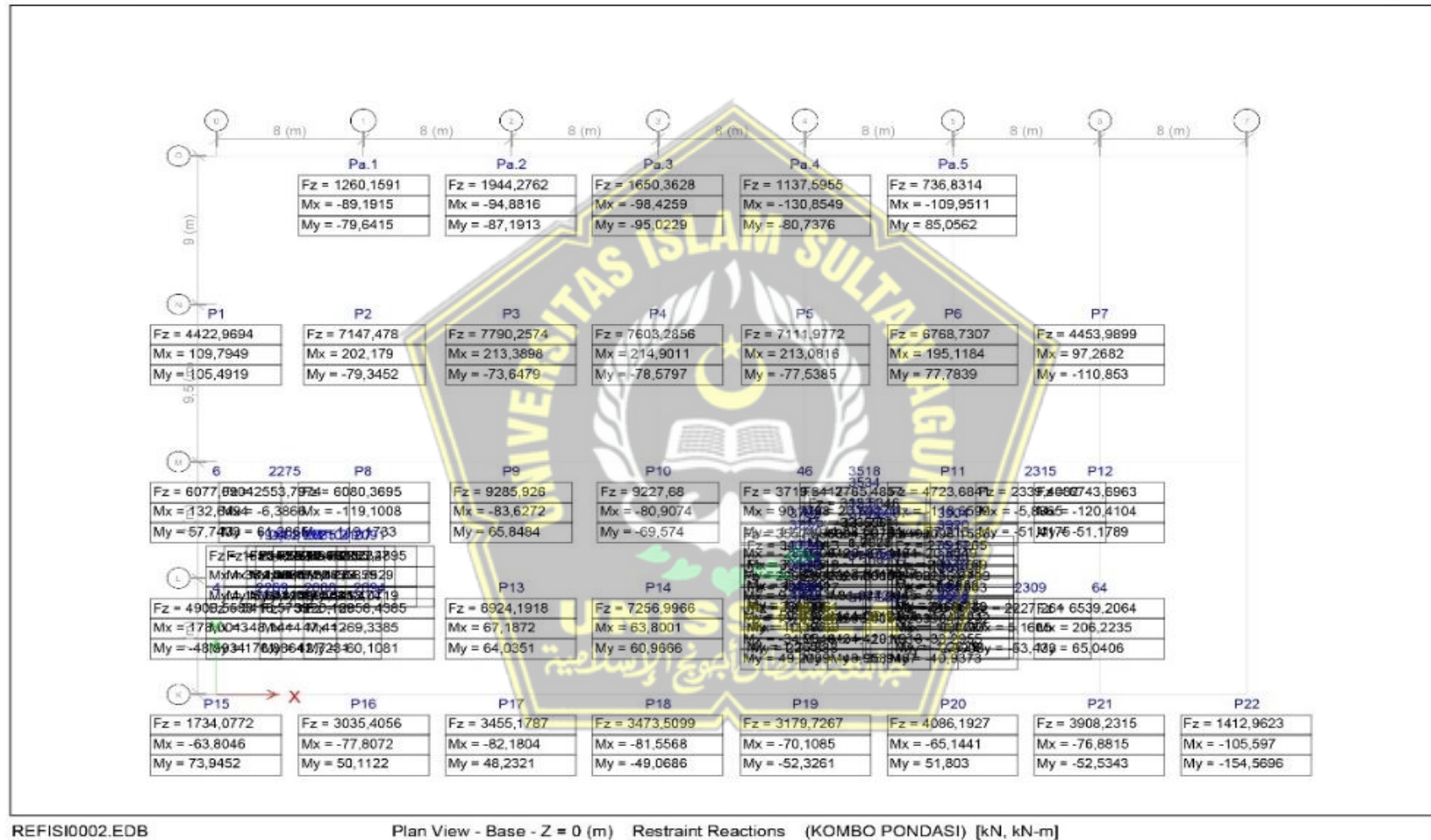
TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
		sec						
Modal	1	0,672	0,303	0,3167	0	0,1874	0,1718	0,0448
Modal	2	0,621	0,3055	0,3402	0	0,205	0,1644	0,029
Modal	3	0,477	0,0776	0,0008	0	0,0022	0,0308	0,5914
Modal	4	0,188	0,13	0,0438	0	0,0632	0,25	0,0268
Modal	5	0,171	0,0461	0,1618	0	0,2543	0,0946	0,0015

4.3.3. Beban Pondasi dari struktur Atas

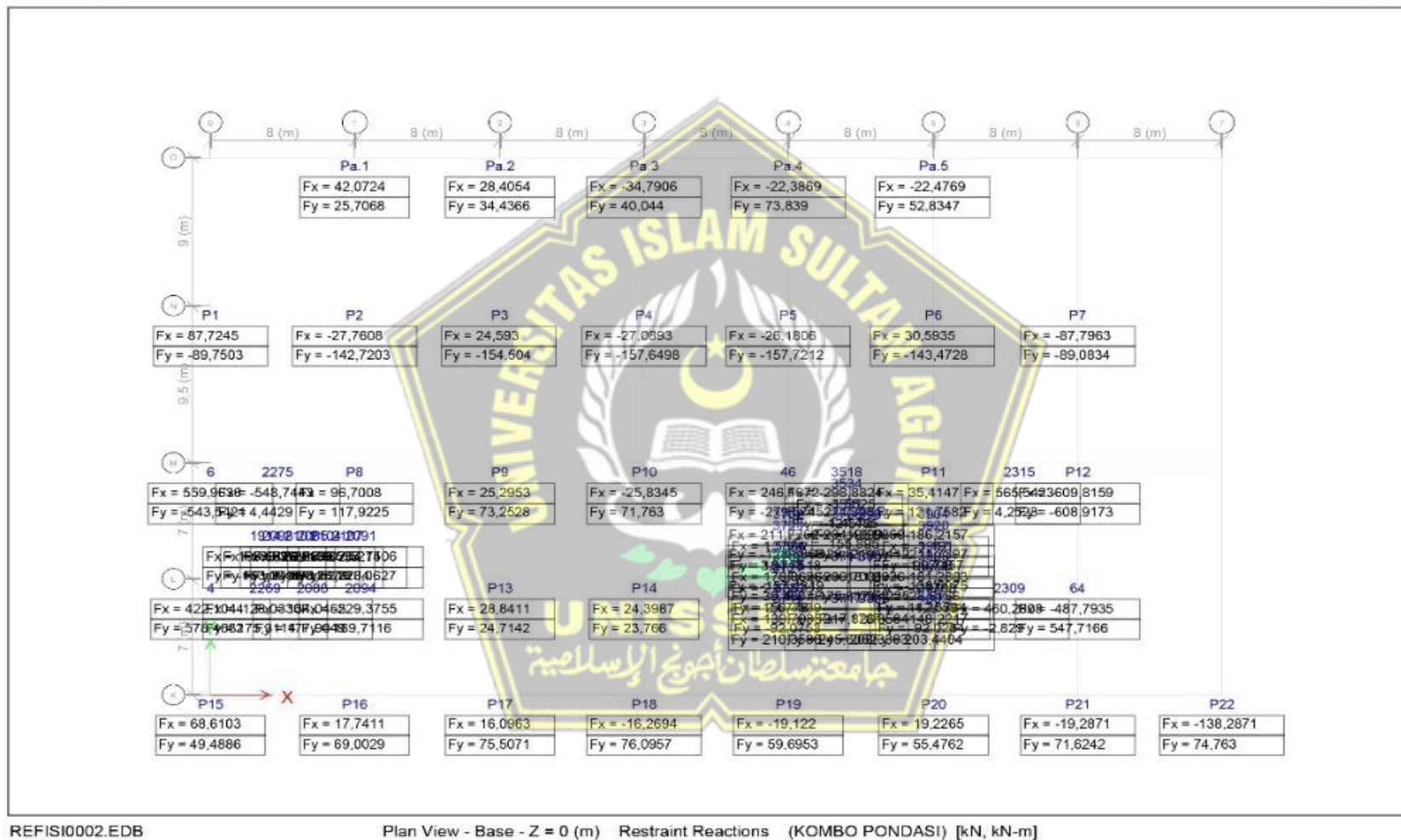
Setelah penentuan beban dan pengecekan syarat beban baik beban mati, beban hidup, beban gempa maka setelah itu bisa dilakukan analisis run untuk penentuan beban pondasi dengan skema area pondasi sebagai berikut:



Gambar 4.14 Denah Letak Fondas



Gambar 4.15. Beban Dan Momen Yang Bekerja Di Setiap Fondasi



Gambar 4.16. Gaya Horizontal Yang Bekerja Di Setiap Fondasi

Tabel 4.15 Joint Desing Reactions (Gaya Vertikanl Dan Momen)

Table: joint design reactions						
Story	Label	Unique name	Output case	Fz kN	Mx kN	My kN
Base	11	Pa.1	Kombo Pondasi	1260,159	4,273	70,005
Base	16	Pa.2	Kombo Pondasi	1944,276	-5,361	81,531
Base	21	Pa.3	Kombo Pondasi	1650,363	-12,417	71,330
Base	27	Pa.4	Kombo Pondasi	1137,596	-50,384	72,428
Base	32	Pa.5	Kombo Pondasi	736,831	-37,108	85,056
Base	4	P1	Kombo Pondasi	4422,969	109,795	105,492
Base	9	P2	Kombo Pondasi	7147,478	202,179	65,819
Base	15	P3	Kombo Pondasi	7790,257	213,390	71,017
Base	20	P4	Kombo Pondasi	7603,286	214,901	66,451
Base	26	P5	Kombo Pondasi	7111,977	213,082	67,095
Base	31	P6	Kombo Pondasi	6768,731	195,118	77,784
Base	36	P7	Kombo Pondasi	4453,990	97,268	21,047
Base	8	P8	Kombo Pondasi	6080,370	9,205	119,173
Base	2		Kombo Pondasi	6077,090	132,649	57,740
Base	3		Kombo Pondasi	4900,558	178,004	41,863
Base	364		Kombo Pondasi	3416,574	3,650	176,886
Base	365		Kombo Pondasi	2553,797	1,302	61,287
Base	366		Kombo Pondasi	2263,490	64,753	3,277
Base	367		Kombo Pondasi	2658,439	-33,584	-21,978
Base	368		Kombo Pondasi	2117,999	45,319	11,957
Base	369		Kombo Pondasi	3220,169	-4,234	42,723
Base	370		Kombo Pondasi	1656,098	38,157	16,601
Base	371		Kombo Pondasi	308,233	2,586	-0,252
Base	372		Kombo Pondasi	354,316	1,477	10,148
Base	373		Kombo Pondasi	307,890	1,477	0,487
Base	374		Kombo Pondasi	254,552	1,390	12,892
			Total	36169,58	442,151	532,804
Base	14	P9	Kombo Pondasi	9285,926	36,780	65,848
Base	19	P10	Kombo Pondasi	9227,680	34,237	57,910
Base	24	P11	Kombo Pondasi	30,523	-0,165	22,754
Base	25		Kombo Pondasi	3719,642	90,771	112,401
Base	29		Kombo Pondasi	20,803	-0,165	-2,789
Base	30		Kombo Pondasi	4723,684	9,914	77,216
Base	467		Kombo Pondasi	2765,486	20,693	-50,432
Base	641		Kombo Pondasi	323,781	-3,966	-0,302
Base	643		Kombo Pondasi	312,535	14,556	-0,704

Table: joint design reactions						
Story	Label	Unique name	Output case	Fz kN	Mx kN	My kN
Base	646		Kombo Pondasi	3557,686	10,532	55,926
Base	649		Kombo Pondasi	3043,071	14,583	-18,515
Base	650		Kombo Pondasi	2295,532	9,143	50,034
Base	653		Kombo Pondasi	3257,687	31,047	-17,570
Base	654		Kombo Pondasi	1978,804	-14,765	49,204
Base	657		Kombo Pondasi	2596,617	4,329	-21,671
Base	659		Kombo Pondasi	343,184	7,262	1,475
Base	661		Kombo Pondasi	305,132	0,196	1,490
Base	663		Kombo Pondasi	306,553	7,884	1,330
Base	665		Kombo Pondasi	250,336	1,437	1,266
Base	707		Kombo Pondasi	1904,123	-15,453	-0,346
Base	710		Kombo Pondasi	2405,828	6,324	36,949
Base	711		Kombo Pondasi	2256,971	8,860	-2,102
Base	714		Kombo Pondasi	3010,550	24,985	39,916
Base	715		Kombo Pondasi	2098,159	20,805	-2,465
Base	718		Kombo Pondasi	2675,449	37,149	41,755
Base	720		Kombo Pondasi	246,473	0,856	0,155
Base	722		Kombo Pondasi	309,386	8,156	0,065
Base	724		Kombo Pondasi	299,376	0,204	-0,004
			Total	45037,37	295,172	375,036
Base	34	P12	Kombo Pondasi	6539,206	206,224	65,041
Base	35		Kombo Pondasi	6743,696	77,091	34,283
Base	454		Kombo Pondasi	2227,261	5,161	40,066
Base	455		Kombo Pondasi	2339,408	-0,744	36,106
			Total	17849,57	287,732	175,496
Base	13	P13	Kombo Pondasi	6924,192	67,187	64,035
Base	18	P14	Kombo Pondasi	7256,997	63,800	60,967
Base	1	P15	Kombo Pondasi	1734,077	58,066	73,945
Base	6	P16	Kombo Pondasi	3035,406	38,576	50,112
Base	12	P17	Kombo Pondasi	3455,179	27,244	48,232
Base	17	P18	Kombo Pondasi	3473,510	23,380	47,199
Base	23	P19	Kombo Pondasi	3179,727	35,524	43,692
Base	28	P20	Kombo Pondasi	4086,193	36,426	51,803
Base	33	P21	Kombo Pondasi	3908,232	22,628	49,561
Base	39	P22	Kombo Pondasi	1412,962	-12,786	-42,986

Tabel 4.16 Joint Desing Reactions (Gaya Horizontal)

TABLE: Joint Design Reactions					
Story	Label	Unique Name	Output Case	FX kN.m	FY kN.m
Base	11	Pa.1	Kombo pondasi	42,072	25,707
Base	16	Pa.2	Kombo pondasi	28,405	34,437
Base	21	Pa.3	Kombo pondasi	19,477	40,044
Base	27	Pa.4	Kombo pondasi	20,523	73,839
Base	32	Pa.5	Kombo pondasi	10,268	52,835
Base	4	P1	Kombo pondasi	87,725	-46,756
Base	9	P2	Kombo pondasi	19,990	-88,090
Base	15	P3	Kombo pondasi	24,593	-97,726
Base	20	P4	Kombo pondasi	20,540	-100,387
Base	26	P5	Kombo pondasi	21,104	-100,688
Base	31	P6	Kombo pondasi	30,594	-91,923
Base	36	P7	Kombo pondasi	-41,377	-50,684
Base	8	P8	Kombo pondasi	96,701	117,923
Base	2		Kombo pondasi	559,964	42,139
Base	3		Kombo pondasi	422,104	578,468
Base	364		Kombo pondasi	115,360	175,311
Base	365		Kombo pondasi	-150,972	4,443
Base	366		Kombo pondasi	-53,170	-66,307
Base	367		Kombo pondasi	-16,050	169,712
Base	368		Kombo pondasi	52,132	-28,787
Base	369		Kombo pondasi	134,047	177,905
Base	370		Kombo pondasi	198,610	-29,763
Base	371		Kombo pondasi	107,522	-0,497
Base	372		Kombo pondasi	-38,218	-0,896
Base	373		Kombo pondasi	123,760	-0,949
Base	374		Kombo pondasi	-38,033	-0,785
			Total	1513,757	1137,917
Base	14	P9	Kombo pondasi	25,295	73,253
Base	19	P10	Kombo pondasi	18,270	71,763
Base	24	P11	Kombo pondasi	0,000	0,000
Base	25		Kombo pondasi	246,167	-28,688
Base	29		Kombo pondasi	0,000	0,000
Base	30		Kombo pondasi	35,415	121,758
Base	467		Kombo pondasi	-130,962	-99,200
Base	641		Kombo pondasi	-0,695	-84,048
Base	643		Kombo pondasi	-0,985	127,485

TABLE: Joint Design Reactions					
Story	Label	Unique Name	Output Case	FX kN.m	FY kN.m
Base	646		Kombo pondasi	211,776	65,611
Base	649		Kombo pondasi	-68,304	129,533
Base	650		Kombo pondasi	178,863	39,481
Base	653		Kombo pondasi	-74,671	175,617
Base	654		Kombo pondasi	139,794	210,359
Base	657		Kombo pondasi	-94,221	245,606
Base	659		Kombo pondasi	1,587	184,752
Base	661		Kombo pondasi	3,272	-61,961
Base	663		Kombo pondasi	2,686	150,754
Base	665		Kombo pondasi	2,678	-30,852
Base	707		Kombo pondasi	31,553	203,440
Base	710		Kombo pondasi	178,858	208,330
Base	711		Kombo pondasi	12,118	22,882
Base	714		Kombo pondasi	181,393	90,616
Base	715		Kombo pondasi	1,550	-99,729
Base	718		Kombo pondasi	196,987	-63,831
Base	720		Kombo pondasi	-0,592	-32,846
Base	722		Kombo pondasi	-1,065	142,573
Base	724		Kombo pondasi	-1,278	-62,762
Base	726		Kombo pondasi	-0,423	99,746
			Total	1051,501	1654,626
Base	34	P12	Kombo pondasi	-227,676	547,717
Base	35		Kombo pondasi	-369,342	-155,442
Base	454		Kombo pondasi	460,281	-0,692
Base	455		Kombo pondasi	565,542	4,252
			Total	428,805	395,835
Base	13	P13	Kombo pondasi	28,841	24,714
Base	18	P14	Kombo pondasi	24,399	23,766
Base	1	P15	Kombo pondasi	68,610	49,489
Base	6	P16	Kombo pondasi	17,741	69,003
Base	12	P17	Kombo pondasi	16,096	75,507
Base	17	P18	Kombo pondasi	15,173	76,096
Base	23	P19	Kombo pondasi	12,112	59,695
Base	28	P20	Kombo pondasi	19,227	55,476
Base	33	P21	Kombo pondasi	17,226	71,624
Base	39	P22	Kombo pondasi	-85,823	74,763

4.4. Analisa Daya Dukung Fondasi Bored Pile

Data fondasi bored pile

$$\text{Diameter (D)} = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Keliling (As)} &= \pi \cdot D \\ &= 3,14 \cdot 1 \\ &= 3,14 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang (AP)} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 1^2 \\ &= 0,785 \text{ m}^2\end{aligned}$$

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

4.4.1. Daya Dukung Fondasi Bored Pile Metode Meyerhof

Daya dukung tanah kohesif kedalaman 10 m, berdasarkan persamaan 2.6 dan 2.7

- Perhitungan Daya dukung ujung pondasi berdasarkan nilai N-SPT

$$N_1 = 8 D = 8 \times 1 = 8 \text{ m} \quad (10 - 8 = 2 \text{ m})$$

$$N_2 = 4 D = 4 \times 1 = 4 \text{ m} \quad (10 + 4 = 14 \text{ m})$$

Maka N-SPT rata-rata zona 8D keatas dan 4D kebawah ujung tiang ialah:

$$N_1 = \frac{(24,5 + 42 + 60 + 60)}{4} = 46,6$$

$$N_2 = \frac{(60 + 60 + 60 + 60)}{4} = 60$$

$$N_b = \frac{(46,6 + 60)}{2} = 53,313$$

Karena tanah kohesif maka daya dukung ujung tiang $q_p = 20 N_b \text{ t/m}^2$

$$q_p = 20 \cdot 53,313 = 1066,25 \text{ t/m}^2$$

$$Q_p = q_p \times AP$$

$$\begin{aligned}Q_p &= 1066,25 \times 0,785 \\ &= 837 \text{ t} = 8370 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$Q_{wp} = \frac{Q_p}{SF}$$

$$= \frac{837}{3}$$

$$= 279 \text{ t} = 2790 \text{ kN}$$

Tabel 4.17 Perhitungan Daya Dukung Ujung Bored Pile

No.	Depth (m)	Sgmn L (m)	N- SPT	Nb		Nb	qp kN/m ²	Ap m ²	Qp kN
				8D	4D				
1	2	2	5	5	32,9	18,938	3787,5	0,785	2973,19
2	4	2	24,5	14,8	46,6	30,688	6137,5	0,785	4817,94
3	6	2	42	23,8	55,5	39,667	7933,333	0,785	6227,67
4	8	2	60	32,9	60	46,438	9287,5	0,785	7290,69
5	10	2	60	46,6	60	53,313	10662,5	0,785	8370,06
6	12	2	60	55,5	60	57,75	11550	0,785	9066,75
7	14	2	60	60	60	60	12000	0,785	9420,00

- Perhitungan Daya dukung selimut pondasi berdasarkan nilai N-SPT

$$X_m = 2$$

$$Q_s = X_m \cdot N_i \times A_{st}$$

- *Qs pada lapisan 1 (2 m)*

$$N_i = 5$$

$$Q_{s1} = 2 \times 5 \times 3,14 \times 2$$

$$Q_{s1} = 62,8 \text{ kN}$$

- *Qs pada lapisan 2 (2 m)*

$$N_i = 24,5$$

$$Q_{s2} = 2 \times 24,5 \times 3,14 \times 2$$

$$Q_{s2} = 307,72 \text{ kN}$$

- *Qs pada lapisan 3 (2 m)*

$$N_i = 42$$

$$Q_{s3} = 2 \times 42 \times 3,14 \times 2$$

$$Q_{s3} = 527,67 \text{ kN}$$

- *Qs pada lapisan 4 (2 m)*

$$N_i = 60$$

$$Q_{s4} = 2 \times 60 \times 3,14 \times 2$$

$$Q_{s4} = 753,6 \text{ kN}$$

- *Qs pada lapisan 5 (2 m)*

$$N_i = 60$$

$$Q_{s5} = 2 \times 60 \times 3,14 \times 1$$

$$Q_{s5} = 753,6 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= Q_{s1} + Q_{s2} + Q_{s3} + Q_{s4} + Q_{s5} \\
 &= 62,8 + 307,94 + 527,52 + 753,6 + 753,6 \\
 &= 2405,24 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{ws} &= \frac{Q_s}{SF} \\
 &= \frac{2405,24}{3} \\
 &= 801,747 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.18 Perhitungan Daya Dukung Selimut Bored Pile

No.	Depth (m)	Sgmn L (m)	Ni	Xm.Ni kN/m ²	L _i m	A _s m	qs kN	Qs kN
1	2	2	5	10	2	3,14	62,8	62,8
2	4	2	24,5	49	2	3,14	307,7	370,52
3	6	2	42	84	2	3,14	527,5	898,04
4	8	2	60	120	2	3,14	753,6	1651,64
5	10	2	60	120	2	3,14	753,6	2405,24
6	12	2	60	120	2	3,14	753,6	3158,84
7	14	2	60	120	2	3,14	753,6	3912,44

- Perhitungan Daya dukung ultimat fondasi, persamaan 2.1

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\
 &= 8370,06 + 2405,24 \\
 &= 10775,3 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Daya dukung izin fondasi bored pile, persamaan 2.2

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{3} = \frac{10775,3}{3} = 3591,77 \text{ kN}$$

Tabel 4.19 Hasil Daya Dukung Fondasi Metode Meyerhof Dengan Faktor Keamanan (FS = 3)

Metode	Q _p (kN)	Q _s (kN)	Q _{ult} (kN)	FS	Q _{all} (kN)
Meyerhoft	8370,06	2405,24	10775,303	3	3591,768

4.5. Perhitungan Jarak Antar Fondasi Bored Pile Dan Jarak As Ke Tepi

- Menentukan jarak antar fondasi bored pile, berdasarkan persamaan 2. 12

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

- Menentukan jarak as tepi ke pile cap

$$S < 1,25D = 1,25 \times 1 = 1,25 \text{ m},$$

Maka digunakan jarak antar as tepi ke pile cep = 1,25 m ≈ 1 m

4.6. Efisiensi Daya Dukung Tiang (Kelompok)

Efisiensi Daya Dukung menggunakan metode *Converse-Labarre*, persamaan 2.8

- Perhitungan Efisiensi tiang dengan jumlah rencana 2 buah

$$\theta = \arctan \frac{d}{s} = \arctan \frac{1}{3} = 18,43^\circ$$

$$n = 2 ; m = 1$$

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

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

$$H = 0,90$$

Setelah didapat hasil dari efisiensi tiangnya, selanjutnya adalah persamaan izin kelompok tiang, berdasarkan persamaan 2.10

$$\begin{aligned} Qg &= \eta \times n' \times Q_{all} \\ &= 0,90 \times 2 \times 3591,768 \\ &= 6465,182 \text{ kN} \end{aligned}$$

Didapatkan $V (4422,969 \text{ kN}) \leq Qg (6465,182 \text{ kN})$, maka **AMAN**

Sehingga bisa di buat menggunakan tabel seperti berikut ini:

Tabel 4.20 Efisiensi Daya Dukung Tiang

jmh tiang (n')	η	Q_{all} kN	Qg kN
1	1	3591,768	3591,768
2	0,9	3591,768	6465,182
3	0,86	3591,768	9266,761
4	0,8	3591,768	11493,658
6	0,76	3591,768	16378,462
8	0,74	3591,768	21263,267
9	0,73	3591,768	23597,916
12	0,71	3591,768	30601,863
16	0,69	3591,768	39653,119
20	0,68	3591,768	48848,045

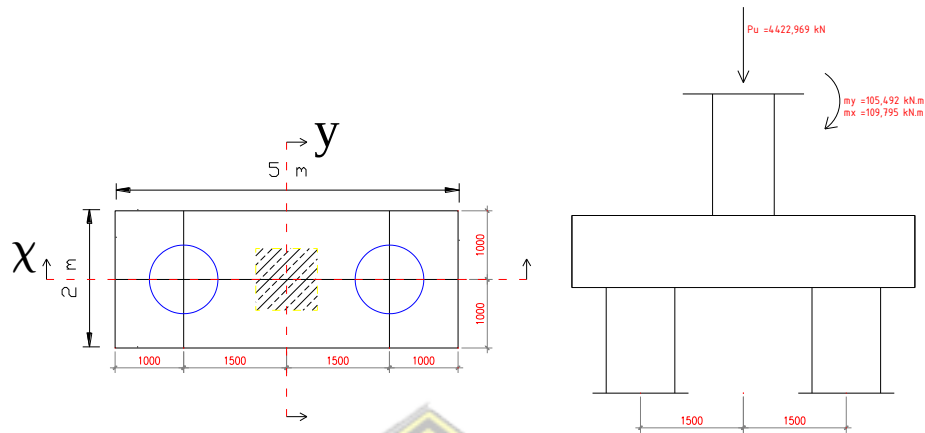
Dari tabel diatas dapat disimpulkan jumlah ke butuhan tiang di tinjau dari nilai efisiensi tiang sehingga diperoleh kebutuhan jumlah tiang di setiap pile dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.21 Jumlah Tiang Berdasarkan Efisiensi Daya Dukung Tiang

pile	Beban (V) kN	Qtang kN	Jmh Tiang buah	Qg kN	V < Qg
Pa.1	1260,159	3591,768	1	3591,768	OK.
Pa.2	1944,276	3591,768	1	3591,768	OK.
Pa.3	1650,363	3591,768	1	3591,768	OK.
Pa.4	1137,596	3591,768	1	3591,768	OK.
Pa.5	736,831	3591,768	1	3591,768	OK.
P1	4422,969	3591,768	2	6465,182	OK.
P2	7147,478	3591,768	3	9266,761	OK.
P3	7790,257	3591,768	3	9266,761	OK.
P4	7603,286	3591,768	3	9266,761	OK.
P5	7111,977	3591,768	3	9266,761	OK.
P6	6768,731	3591,768	3	9266,761	OK.
P7	4453,99	3591,768	2	6465,182	OK.
P8	36169,58	3591,768	16	39653,119	OK.
P9	9285,926	3591,768	4	11493,658	OK.
P10	9227,68	3591,768	4	11493,658	OK.
P11	45037,37	3591,768	20	48848,045	OK.
P12	17849,57	3591,768	8	21263,267	OK.
P13	6924,192	3591,768	3	9266,761	OK.
P14	7256,997	3591,768	3	9266,761	OK.
P15	1734,077	3591,768	1	3591,768	OK.
P16	3035,406	3591,768	2	6465,182	OK.
P17	3455,179	3591,768	2	6465,182	OK.
P18	3473,51	3591,768	2	6465,182	OK.
P19	3179,727	3591,768	2	6465,182	OK.
P20	4086,193	3591,768	2	6465,182	OK.
P21	3908,232	3591,768	2	6465,182	OK.
P22	1412,962	3591,768	1	3591,768	OK.

4.7. Beban Maksimum Tiang Pada Kelompok Tiang

- Perhitungan beban maksimala kelompok tiang pada P1. Persamaan 2. 13.



Gambar 4. 17 Beban Maksimum Pada P1

$$P_{max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y * X_{max}}{n_y \sum X^2} \pm \frac{M_x * Y_{max}}{n_x \sum Y^2}$$

Dimana:

Daya dukung ijin tiang (Qall) = 3591,768 Kn

Diasumsikan tinggi Pile cap (t) = 1,2 m

Berat jenis beton = 24 kN

V = 4422,969 kN

Vpoer = P*L*t*berat jenis beton

$$= 5*2*1,2*24$$

$$= 288 \text{ kN}$$

ΣV = V + Vpoer

$$= 4423 + 288$$

$$= 4711 \text{ kN}$$

n = 2 buah

n_x = 2

n_y = 1

m_y = 105,492 kN

m_x = 109,795 kN

X_{max} = 1,5 m

Y_{max} = 0 m

$$\Sigma X^2 = 2 \cdot 1,5^2 = 4,5 \text{ m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = 1 \cdot 0^2 = 0 \text{ m}^2$$

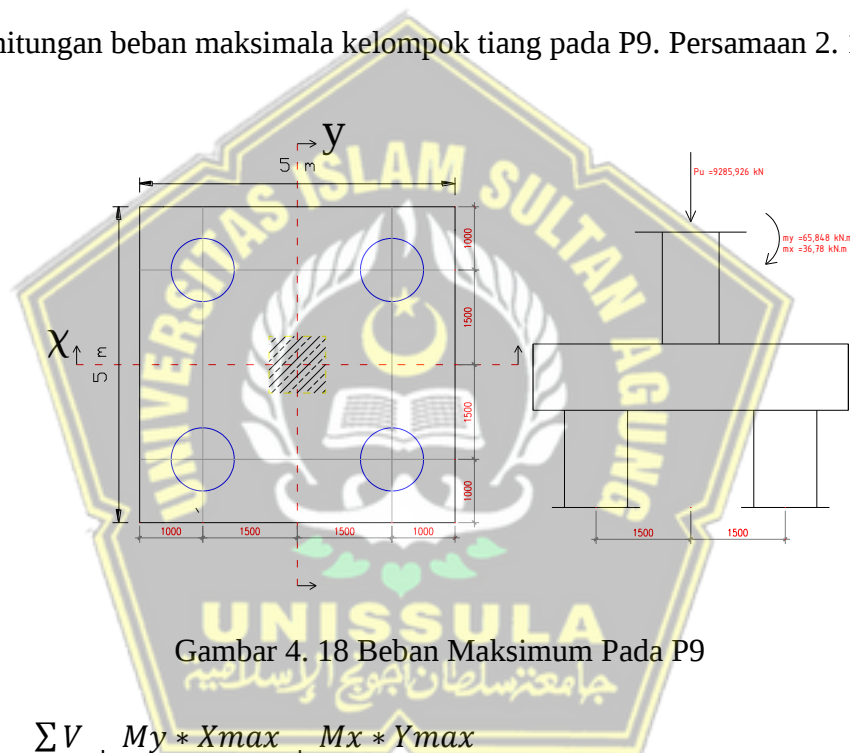
$$P_{max} = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \Sigma X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \Sigma Y^2}$$

$$P_{max} = \frac{4711}{2} \pm \frac{105,492 \cdot 1,5}{1 \cdot 4,5} \pm \frac{109,795 \cdot 0}{2 \cdot 0}$$

$$= 2390,649 \text{ kN}$$

Didapat P_{max} (2390,649 kN) < Q_{all} (3591,768 kN), maka **OK**.

- Perhitungan beban maksimala kelompok tiang pada P9. Persamaan 2. 13



Gambar 4. 18 Beban Maksimum Pada P9

$$P_{max} = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \Sigma X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \Sigma Y^2}$$

Dimana:

Daya dukung ijin tiang (Q_{all}) = 3591,768 kN

Diasumsikan tinggi Pile cap (t) = 1,2 m

Berat jenis beton = 24 kN

$$V = 9285,926 \text{ kN}$$

$$V_{poer} = P \cdot L \cdot t \cdot \text{berat jenis beton}$$

$$= 5 \cdot 5 \cdot 1,2 \cdot 24$$

$$= 720 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\Sigma V &= V + V_{\text{poer}} \\ &= 9285,926 + 720 \\ &= 10006 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\eta = 4 \text{ buah}$$

$$n_x = 2$$

$$n_y = 2$$

$$m_y = 65,848 \text{ kN}$$

$$m_x = 36,78 \text{ kN}$$

$$X_{\text{max}} = 1,5 \text{ m}$$

$$Y_{\text{max}} = 1,5 \text{ m}$$

$$\Sigma X^2 = 2 \cdot 2 \cdot 1,5^2 = 9 \text{ m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = 2 \cdot 2 \cdot 1,5^2 = 9 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}P_{\text{max}} &= \frac{10006}{4} \pm \frac{65,848 \cdot 1,5}{2 \cdot 9} \pm \frac{36,78 \cdot 1,5}{2 \cdot 9} \\ &= 2504,55 \text{ kN}\end{aligned}$$

Didapat P_{max} (2504,55 kN) < Q_{all} (3591,768 kN), maka **OK**.

Tabel 4. 22: Menentukan Berat Dari Pile Cep Yang Di Asumsikan $t = 1,2 \text{ m}$

Jumlah Tiang	Panjang m	Lebar m	Tinggi m	Berat Beon (kN)	Beban Poer V_{poer} (kN)
2	5	2	1,2	24	288
3	8	2	1,2	24	460,8
4	5	5	1,2	24	720
8	11	5	1,2	24	1584
16	11	11	1,2	24	3484,8
20	14	11	1,2	24	4435,2

Tabel 4. 23: Beban Maksimala Kelompok Tiang

Pile	V (kN)	V _{poer} (kN)	ΣV (kN)	η buah	m _x kN.m	m _y kN.m	X _{max} m	Y _{max} m	n _x buah	n _y buah	ΣX ² m ²	ΣY ² m ²	P _{max} kN
P1	4422,969	288	4710,969	2	109,795	105,492	1,5	0	2	1	4,5	0	2390,649
P2	7147,478	460,8	7608,278	3	202,179	65,819	3	0	3	1	18	0	2547,063
P3	7790,257	460,8	8251,057	3	213,39	71,017	3	0	3	1	18	0	2762,189
P4	7603,286	460,8	8064,086	3	214,901	66,451	3	0	3	1	18	0	2699,104
P5	7111,977	460,8	7572,777	3	213,082	67,095	3	0	3	1	18	0	2535,442
P6	6768,731	460,8	7229,531	3	195,118	77,784	3	0	3	1	18	0	2422,808
P7	4453,99	288	4741,99	2	97,268	21,047	1,5	0	2	1	4,5	0	2378,011
P8	36169,58	3484,8	39654,38	16	442,151	532,804	4,5	4,5	4	4	180	180	2484,492
P9	9285,926	720	10005,926	4	36,78	65,848	1,5	1,5	2	2	9	9	2510,034
P10	9227,68	720	9947,68	4	34,237	57,91	1,5	1,5	2	2	9	9	2494,599
P11	45037,37	4435,2	49472,57	20	295,172	375,036	6	4,5	5	4	360	225	2476,372
P12	17849,57	1584	19433,57	8	287,732	175,496	4,5	1,5	4	2	8	8	2492,042
P13	6924,192	460,8	7384,992	3	67,187	64,035	3	0	3	1	18	0	2472,337
P14	7256,997	460,8	7717,797	3	63,8	60,967	3	0	3	1	18	0	2582,76
P16	3035,406	288	3323,406	2	38,576	50,112	1,5	0	2	1	4,5	0	1678,407
P17	3455,179	288	3743,179	2	27,244	48,232	1,5	0	2	1	4,5	0	1887,667
P18	3473,51	288	3761,51	2	23,38	47,199	1,5	0	2	1	4,5	0	1896,488
P19	3179,727	288	3467,727	2	35,524	43,692	1,5	0	2	1	4,5	0	1748,428
P20	4086,193	288	4374,193	2	36,426	51,803	1,5	0	2	1	4,5	0	2204,364
P21	3908,232	288	4196,232	2	22,628	49,561	1,5	0	2	1	4,5	0	2114,636

4.8. Perhitungan Daya Dukung Lateral

Diketahui :

$$D = 1 \text{ m}$$

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

$$f'_c = 29 \text{ Mpa}$$

Jenis tanah : Tanah lempung (Kohesif)

4.8.1. Tahanan Beban Lateral Ultimit

- Modulus Elastisitas Tiang (E_p), berdasarkan persamaan 2. 14

$$\begin{aligned} E_p &= 4700 * \sqrt{f'_c} \\ &= 4700 * \sqrt{29} \\ &= 25310,275 \text{ Mpa} \\ &= 25310275 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Momen Inersia Tiang (I_p), berdasarkan persamaan 2. 15

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{\pi}{64} * D^4 \\ &= \frac{3,14}{64} * 1^4 \\ &= 0,049 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

- Modulus Subgrade Horizontal (k_h):

Nilai k_1 dapat di lihat pada tabel 2.14

$$\begin{aligned} k_1 &= 2,7 \text{ kg/cm}^3 \\ &= 27000 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_h &= \frac{k_1}{1,5} \\ &= \frac{27000}{1,5} \\ &= 18000 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= k_h * d \\ &= k_h * 1 \\ &= 18000 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Modulus Tanah Konstan (R), berdasarkan persamaan 2. 16

$$R = \sqrt[4]{\frac{E \cdot I}{K}}$$

$$= \sqrt[4]{\frac{25310275 \cdot 0,049}{18000}}$$

$$= 2,882 \text{ m}$$

- Menghitung Kohesi (Cu):

$$Cu = N - SPTrata - rata \cdot \frac{2}{3} \cdot 10$$

$$N - SPTrata - rata = \frac{5 + 24,5 + 42 + 60 + 60}{5} = 38,4$$

$$Cu = 38,3 \cdot \frac{2}{3} \cdot 10$$

$$= 255 \text{ kN/m}^2$$

4.8.2. Tingkat Kekaku Dan Elastis Pada Tiang

Untuk tiang bored pile pada tanah kohesif pengkaitan tipe tiang dan jepitan tiang berdasarkan factor tak berdimensi βL , menggunakan metode broms, persamaan 2.22

$$\beta = \left(\frac{k_h D}{4E_p I_p} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$= \left(\frac{18000 \cdot 1}{4 \cdot 25310275 \cdot 0,049} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$= 0,245 \text{ m}$$

$$\beta L = 0,245 \cdot 10$$

$$= 2,45 \text{ m}$$

Karen $\beta L (2,45 \text{ m}) \geq 1,5 \text{ m}$, maka tiang termaksud tiang ujung jepit sebagai tiang Panjang.

4.8.3. Menghitung Besarnya Gaya Lateral

Menghitung besarnya gaya lateral menggunakan metode Brom's:

- Kuat lentur beban tiang (fb):

$$fb = 0,40 \cdot f'_c$$

$$= 0,40 \cdot 29$$

$$= 11,6 \text{ Mpa}$$

$$= 11600 \text{ kN/m}^2$$

- Tahanan momen (W):

$$W = \frac{I_p}{d/2}$$

$$= \frac{0,049}{1/2}$$

$$= 0,098 \text{ m}^3$$

- Momen maksimal tiang (M_y):

$$M_y = f_b * W$$

$$= 11600 * 0,098$$

$$= 1138,25 \text{ kN/m}^2$$

- Menghitung gaya lateral pada tiang Panjang dengan ujung jepit.

$$f = \frac{H_u}{9 * C_u * d}$$

$$f = \frac{1}{9 * 255 * 1} H_u$$

$$f = 0,000436 H_u$$

Tahanan ultimate tiang Panjang, berdasarkan persamaan 2.21

$$H_u = \frac{2M_y}{\frac{3D}{2} + \frac{f}{2}}$$

$$H_u = \frac{2 * 1138,25}{\frac{3 \cdot 1}{2} + \frac{0,000436 H_u}{2}}$$

$$H_u = \frac{2276,5}{1,5 + 0,000218 H_u}$$

$$H_u * (1,5 + 0,000218 H_u) = 2276,5$$

$$1,5 H_u + 0,000218 H_u^2 = 2276,5$$

$$1,5 H_u + 0,000218 H_u^2 - 2276,5 = 0$$

$$\frac{0,000218 H_u^2 + 1,5 H_u - 2276,5}{0,000218} = 0$$

$$H_u^2 + 6885 H_u - 10449135 = 0$$

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2 \cdot a}$$

$$\text{Dik: } a = 1$$

$$b = 6885$$

$$c = -10449135$$

maka di peroleh:

$$Hu = \frac{-6885 \pm \sqrt{6885^2 - 4 * 1 * -10449135}}{2.1}$$

$$Hu = 1279,78 \approx 1280 \text{ kN}$$

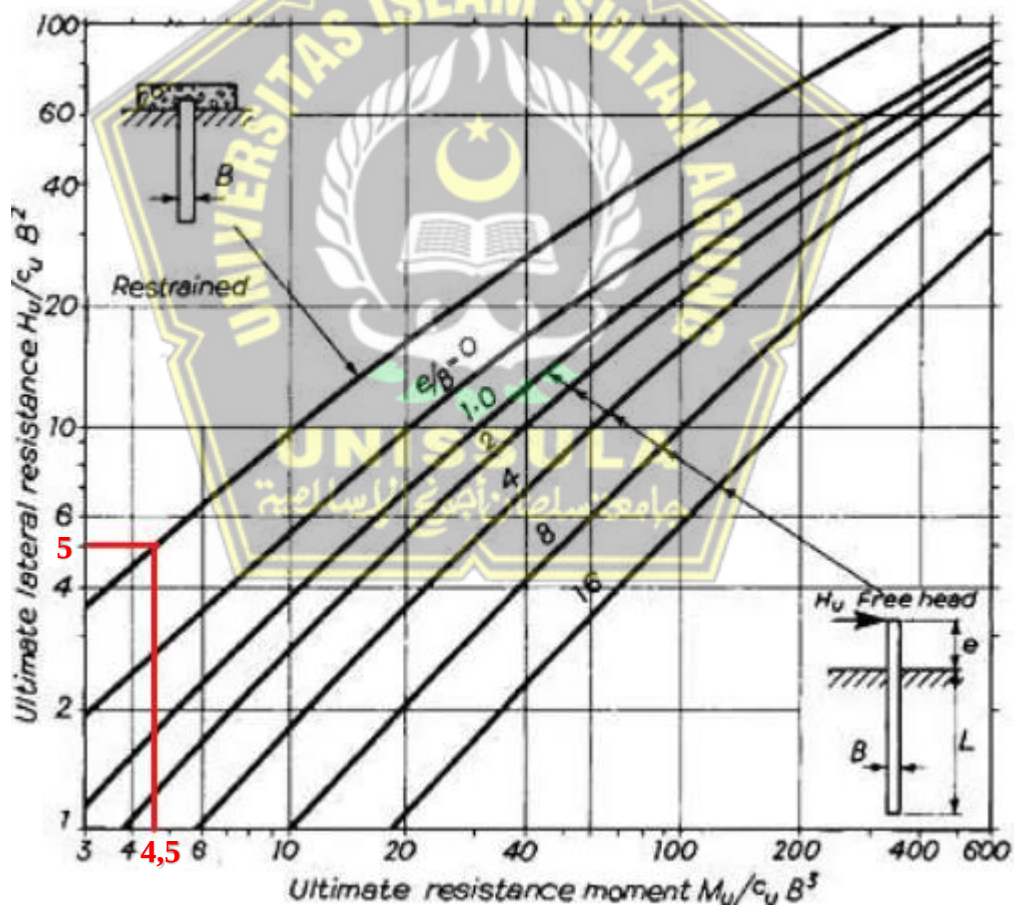
$$\begin{aligned} f &= 0,000436 Hu \\ &= 0,000436 * 1280 \\ &= 0,558 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menghitung gaya lateral pada tiang Panjang dengan ujung jepit berdasarkan grafik:

Momen maksimal (My) = 1138,25 kN.m

$$\frac{My}{Cu * d^3} = \frac{1138,5}{255 * 1^3} = 4,464 \approx 4,5$$

Grafik 4.2 Tahanan Lateral Ultimit Tiang Pada Tanah Kohesif Tiang



Berdasarkan grafik di peroleh:

$$\frac{Hu}{Cu * d^2} = 5$$

$$H_u = 5 * (255 * 1^2)$$

$$H_u = 1125 \text{ kN}$$

Dari perhitungan tahanan lateral ultimit (H_u) memiliki selisih antara menggunakan metode Brom's cara perhitungan biasa diperoleh nilai sebesar 1280 kN sedangkan dengan menggunakan grafik diperoleh nilai sebesar 1125 kN. Hal ini dikarenakan kurang telitinya dalam menentukan nilai grafik, namun kedua hasil tersebut tidak jauh berbeda. Dan digunakan nilai $H_u = 1280 \text{ kN}$.

Gaya lateral ijin (H_{ijin}), dengan factor keamanan(F) =3,

$$H_{ijin} = \frac{H_u}{F}$$

$$= \frac{1280}{3}$$

$$= 427 \text{ kN}$$

Diketahui nilai F_x pada P1 = 87,725

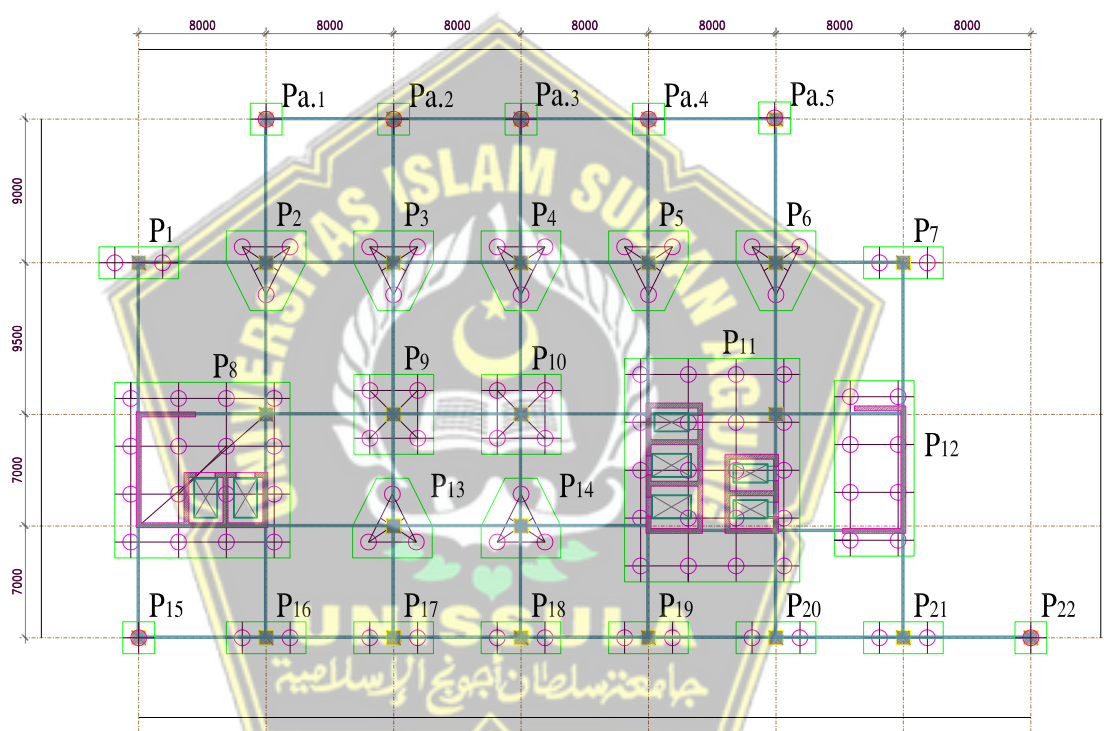
Gaya horizontal yang terjadi = $F_x/4 = 87,725 / 2$

$$= 43,863 \text{ kN} < H_u = 38565,9 \text{ kN (OK.)}$$

Tabel 4.24 Pengecekan Jumlah Tiang Berdasarkan Daya Dukung Lateral

Pile	Beban kN	Jmh Tiang (buah)	F_x/F_y kN	H kN	H_u kN	$H < H_u$
Pa.1	1260,159	1	42,072	42,072	427	OK.
Pa.2	1944,276	1	34,437	34,437	427	OK.
Pa.3	1650,363	1	40,044	40,044	427	OK.
Pa.4	1137,596	1	73,839	73,839	427	OK.
Pa.5	736,831	1	52,835	52,835	427	OK.
P1	4422,969	2	87,725	43,863	427	OK.
P2	7147,478	3	88,090	29,363	427	OK.
P3	7790,257	3	97,726	32,575	427	OK.
P4	7603,286	3	100,387	33,462	427	OK.
P5	7111,977	3	100,688	33,563	427	OK.
P6	6768,731	3	91,923	30,641	427	OK.
P7	4453,99	2	50,684	25,342	427	OK.
P8	36169,58	16	1513,757	100,917	427	OK.
P9	9285,926	4	73,253	18,313	427	OK.
P10	9227,68	4	71,763	17,941	427	OK.
P11	45037,37	20	1654,626	82,731	427	OK.
P12	17849,57	8	428,805	53,601	427	OK.
P13	6924,192	3	28,841	9,614	427	OK.

Pile	Beban kN	Jmh Tiang (buah)	Fx/Fy kN	H kN	Hu kN	H < Hu
P14	7256,997	3	24,399	8,133	427	OK.
P15	1734,077	1	68,610	68,610	427	OK.
P16	3035,406	2	69,003	34,502	427	OK.
P17	3455,179	2	75,507	37,754	427	OK.
P18	3473,51	2	76,096	38,048	427	OK.
P19	3179,727	2	59,695	29,848	427	OK.
P20	4086,193	2	55,476	27,738	427	OK.
P21	3908,232	2	71,624	35,812	427	OK.
P22	1412,962	1	85,823	85,823	427	OK.



Gambar 4.19 Denah Fondasi Bored Pile Sesuai Perhitungan

4.9. Kontrol Defleksi Tiang

Factor kekakuan untuk modulus tanah lempung R, berdasarkan persamaan 2.16

$$\begin{aligned}
 R &= \sqrt[4]{\frac{EI}{K}} \\
 &= \sqrt[4]{\frac{25310275 \cdot 0,049}{18000}} \\
 &= 2,882
 \end{aligned}$$

$$3,5 R = 3,5 * 2,882$$

$$= 10 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan, $L (10 \text{ m}) \geq 3,5R (10 \text{ m})$, sehingga tiang fondasi merupakan tiang fondasi tidak kaku (elastis).

Untuk tiang dalam tanah kohesif, defleksi tiang dikaitkan dengan factor tak berdimensi βL , dengan persamaan 2.22

$$\beta = \left(\frac{k_h D}{4 E_p I_p} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$= \left(\frac{18000 \cdot 1}{4 \cdot 25310275 \cdot 0,049} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$= 0,245 \text{ m}$$

$$\beta L = 0,245 * 10$$

$$= 2,45 \text{ m}$$

Tiang ujung jepit sebagai tiang panjang (karna $\beta \cdot L_p > 1,5$), dengan persamaan 2.26

Diketahui H pada P1 = 43,863

$$y_o = \frac{H \beta}{k_h D L_p}$$

$$= \frac{43,863 * 0,245}{18000 \cdot 1 \cdot 10}$$

$$= 0,00006 \text{ m}$$

$$= 0,06 \text{ mm} < 6 \text{ mm (OK.)}$$

Tabel 4.25 Kontrol Defleksi Tiang Fondasi Bored Pile

Pile	Kh kN/m2	D m	L m	H kN	β m	y _o		y _o < 6 mm
						m	mm	
Pa.1	18000	1	10	42,072	0,245	0,00006	0,057	OK.
Pa.2	18000	1	10	34,437	0,245	0,00005	0,047	OK.
Pa.3	18000	1	10	40,044	0,245	0,00005	0,055	OK.
Pa.4	18000	1	10	73,839	0,245	0,00010	0,101	OK.
Pa.5	18000	1	10	52,835	0,245	0,00007	0,072	OK.
P1	18000	1	10	43,863	0,245	0,00006	0,060	OK.
P2	18000	1	10	29,363	0,245	0,00004	0,040	OK.
P3	18000	1	10	32,575	0,245	0,00004	0,044	OK.
P4	18000	1	10	33,462	0,245	0,00005	0,046	OK.
P5	18000	1	10	33,563	0,245	0,00005	0,046	OK.
P6	18000	1	10	22,981	0,245	0,00003	0,031	OK.

Pile	Kh kN/m ²	D m	L m	H kN	β m	y _o		y _o < 6 mm
						m	mm	
P7	18000	1	10	25,342	0,245	0,00003	0,034	OK.
P8	18000	1	10	100,917	0,245	0,00014	0,137	OK.
P9	18000	1	10	12,209	0,245	0,00002	0,017	OK.
P10	18000	1	10	17,941	0,245	0,00002	0,024	OK.
P11	18000	1	10	82,731	0,245	0,00011	0,113	OK.
P12	18000	1	10	53,601	0,245	0,00007	0,073	OK.
P13	18000	1	10	9,614	0,245	0,00001	0,013	OK.
P14	18000	1	10	8,133	0,245	0,00001	0,011	OK.
P15	18000	1	10	68,610	0,245	0,00009	0,093	OK.
P16	18000	1	10	34,502	0,245	0,00005	0,047	OK.
P17	18000	1	10	37,754	0,245	0,00005	0,051	OK.
P18	18000	1	10	38,048	0,245	0,00005	0,052	OK.
P19	18000	1	10	29,848	0,245	0,00004	0,041	OK.
P20	18000	1	10	27,738	0,245	0,00004	0,038	OK.
P21	18000	1	10	35,812	0,245	0,00005	0,049	OK.
P22	18000	1	10	85,823	0,245	0,00012	0,117	OK.

4.10. Penurunan Tiang Tunggal

Penurunan tiang tunggal berdasarkan *vesic*, berdasarkan persamaan 2.27

$$Q_{wp} = 2790,02 \text{ kN}$$

$$Q_{ws} = 801,747 \text{ kN}$$

$$q_p = 3240 \text{ kN/m}^2$$

$$E_p = 25310275 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 9000 \text{ kN/m}^2$$

$$C_p = 0,03$$

$$\xi = 0,5$$

$$D = 1 \text{ m}$$

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

$$A_p = 0,785 \text{ m}^2$$

$$P = 3,14 \text{ m}$$

$$\mu = 0,5$$

$$\begin{aligned} C_s &= (0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{L}{d}}) \cdot C_p \\ &= (0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{10}{1}}) \cdot 0,03 \\ &= 0,043 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{(Q_{wp} + \xi \times Q_{ws}) \times L}{A_p \times E_p} \\ &= \frac{(2790,02 + 0,5 \times 801,747) \times 10}{0,785 \times 25310275} \\ &= 0,0016 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_2 &= \frac{(Q_{wp} \times C_p)}{D \times q_p} \\ &= \frac{(2790,02 \times 0,03)}{1 \times 3240} \\ &= 0,02325 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{ws} &= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \\ &= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{10}{1}} \\ &= 3,107 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_3 &= \frac{Q_{wp}}{P \cdot L} \times \frac{D}{E_s} \times (1 - \mu s^2) \times I_{ws} \\ &= \frac{2790,02}{3,14 \cdot 10} \times \frac{1}{9000} \times (1 - 0,5^2) \times 3,107 \\ &= 0,023 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_t &= S_1 + S_2 + S_3 \\ &= 0,0016 + 0,02325 + 0,023 \\ &= 0,0479 \text{ m} \end{aligned}$$

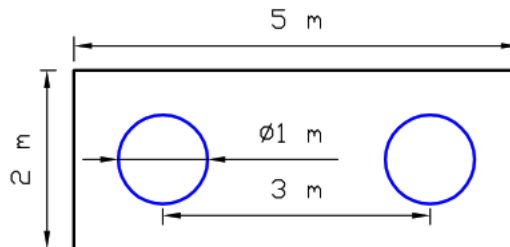
Penurunan yang di izinkan adalah $S_{izin} = 10\% \times d = 10\% \times 1 = 0,1 \text{ m}$

Maka penurunan total tiang tunggal **AMAN**, karena $S_t (0,0479 \text{ m}) < S_{izin} (0,1 \text{ m})$

4.11. Penurunan Kelompok Tiang

Perhitungan penurunan kelompok tiang, berdasarkan persamaan 2.32

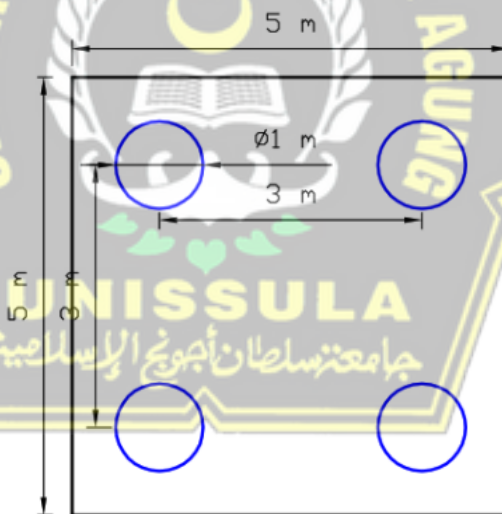
a. Penurunan Kelompok Tiang Bored Pile 2 Tiang



Gambar 4.20 Pile Cap 2 Tiang

$$\begin{aligned} S_g &= S_t \sqrt{\frac{b'}{D}} \\ &= 0,047 \sqrt{\frac{2}{1}} \\ &= 0,066 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Penurunan Kelompok Tiang Bored Pile 4 Tiang



Gambar 4.21 Pile Cap 4 Tiang

$$\begin{aligned} S_g &= S_t \sqrt{\frac{b'}{D}} \\ &= 0,047 \sqrt{\frac{5}{1}} \\ &= 0,105 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 4.26 Penurunan Kelompok Tiang Fondasi

Jmh Tiang Buah	St m	b' m	D m	Sg m
2	0,0479	5	1	0,107
3	0,0479	8	1	0,135
4	0,0479	5	1	0,107
6	0,0479	8	1	0,135
8	0,0479	11	1	0,159
9	0,0479	8	1	0,135
16	0,0479	11	1	0,159
20	0,0479	14	1	0,179

4.12. Waktu Penurunan Tanah Fondasi Bored Pile

Penurunan tanah fondasi bored pile, berdasarkan persamaan 2.34

$Tv = 0,031$ (tanah batu lempung keras)

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

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

$$T = \frac{Tv \times H^2}{Cv}$$

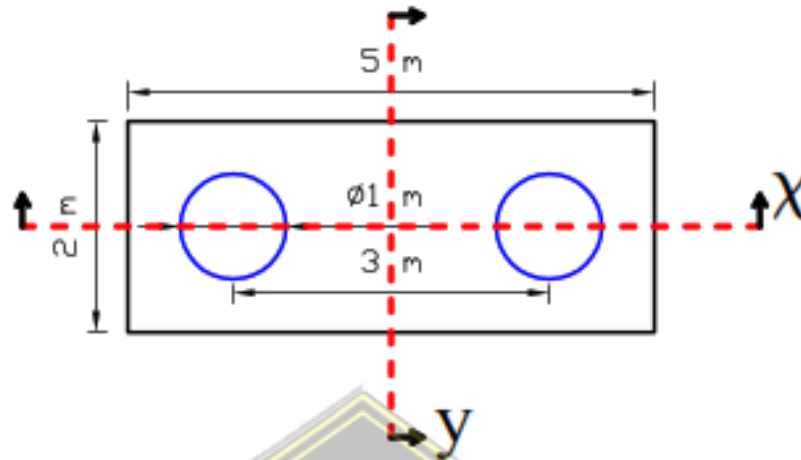
$$= \frac{0,031 \times 10^2}{0,0045}$$

$$= 688,9 \text{ jam}$$

$$= 0,0786 \text{ tahun}$$

4.13. Perencanaan Penulangan Pile Cap

a. Perencanaan penulangan Pile Cap 2 tiang pada titik P1



Gambar 4. 22 Perencanaan Pile Cap 2 Tiang Arah x dan y

Diketahui data sebagai berikut:

Hasil P_D dan P_L di peroleh dari etabs:

$$P_D = 3742 \text{ kN}$$

$$P_L = 630,3 \text{ kN}$$

$$b_{\text{kolom}} = 900 \text{ mm} = 0,9 \text{ m}$$

$$h_{\text{kolom}} = 900 \text{ mm} = 0,9 \text{ m}$$

$$L = 5000 \text{ mm} = 5 \text{ m}$$

$$B = 2000 \text{ mm} = 2 \text{ m}$$

$$h = 1500 \text{ mm} = 1,5 \text{ m}$$

$$f_c' = 29 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

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

$$S_b = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m}$$

$$n = 2 \text{ buah}$$

- Menghitung Beban Terfaktor Yang Dipikul Kolom, dari persamaan 2. 35

$$P_u = 1,2 P_D + 1,6 P_L$$

$$P_u = 1,2 * 3742 + 1,6 * 630,3$$

$$= 5498,88 \text{ kN}$$

Sehingga reaksi pada masing-masing tiang bored pile adalah, persamaan 2. 36

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{Pu}{n} \\ V_u &= \frac{5498,88}{2} \\ &= 2749,44 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dan Estimatika tebal pile cep adalah:

$$\begin{aligned} d_{perlu} &= h - t_{bl\ slmt} - d_{tul} \\ d &= 1500 - 75 - 22 \\ &= 1403 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan 1 Arah

Kuat geser nominal beton, V_c :

$$\begin{aligned} V_c &= \left(\frac{\sqrt{f'c'}}{6} \right) \cdot b \cdot d \\ &= \left(\frac{\sqrt{29}}{6} \right) \cdot 5000 \cdot 1403 \\ &= 6296155,19 \text{ N} \\ &= 6296,155 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser, V_u :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{p}{A} \\ &= \frac{11570,8}{5 \cdot 5} \\ &= 475,632 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G'_x &= b - \left(\frac{b}{2} + \frac{b_k}{2} + d \right) \\ &= 5 - \left(\frac{5}{2} + \frac{0,9}{2} + 1,403 \right) \\ &= 0,647 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \sigma \cdot L \cdot G' \\ &= 475,632 \cdot 5 \cdot 0,647 \\ &= 1538,67 \text{ kN} \end{aligned}$$

kontrol $V_u = 1538,67 \text{ kN} < \phi \cdot V_c = 4722,116 \text{ kN}$ **(OK.)**

jadi kontruksi *poer* fondasi aman terhadap tegangan geser satu arah.

- Geser Dua Arah Disekitar Kolom

$$b_o = 4(b_{kolom} + d)$$

$$\begin{aligned} b_o &= 4(900 + 1403) \\ &= 9212 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dik :

$$as = 40$$

$$\lambda = 1$$

$$\beta_c = \frac{b_{kolom}}{l_{kolom}}$$

$$\begin{aligned} \beta_c &= \frac{900}{900} \\ &= 1 \end{aligned}$$

Nilai kuat geser fondasi dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o d$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 * \left(1 + \frac{2}{1} \right) * 1 * \sqrt{29} * 9212 * 1403 \\ &= 35526698,05 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{c2} = 0,083 \left(\frac{as d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o d$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,083 * \left(\frac{1 * 1403}{9212} + 2 \right) * 1 * \sqrt{29} * 9212 * 1403 \\ &= 46786604,19 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o d$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,33 * 1 * \sqrt{29} * 9212 * 1403 \\ &= 22987863,44 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka V_n = nilai V_c terkecil

$$V_n = 22987863,44 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \Phi * V_n &= 0,75 * 22987863,44 \\ &= 17240897,58 \text{ N} \\ &= 17240,898 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\Phi * V_n (17240,898 \text{ kN}) > V_u (11570,8 \text{ kN}). \text{ OK.}$$

- Geser Dua Arah Sekitar Tiang Bored Pile:

$$b_o = 2(\text{jarak as tiang ke tepi} + \frac{D}{2} + \frac{d}{2})$$

$$b_o = 2(1000 + \frac{1000}{2} + \frac{1403}{2})$$

$$= 4403 \text{ mm}$$

Dik :

$$as = 40$$

$$\lambda = 1$$

$$\beta_c = \frac{b_{tiang}}{l_{tiang}}$$

$$\beta_c = \frac{1000}{1000}$$

$$= 1$$

Nilai kuat geser fondasi dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o d$$

$$V_{c1} = 0,17 * \left(1 + \frac{2}{1}\right) * 1 * \sqrt{29} * 4403 * 1403$$

$$= 16980465,86 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \left(\frac{as d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o d$$

$$V_{c2} = 0,083 * \left(\frac{1 * 1403}{4403} + 2\right) * 1 * \sqrt{29} * 4403 * 1403$$

$$= 40749987,44 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o d$$

$$V_{c3} = 0,33 * 1 * \sqrt{29} * 4403 * 1403$$

$$= 10987360,26 \text{ N}$$

Maka V_n = nilai V_c terkecil

$$V_n = 10987360,26 \text{ N}$$

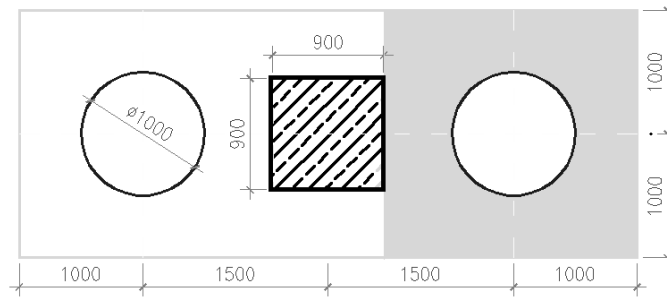
$$\Phi * V_n = 0,75 * 10987360,26$$

$$= 8240520,195 \text{ N}$$

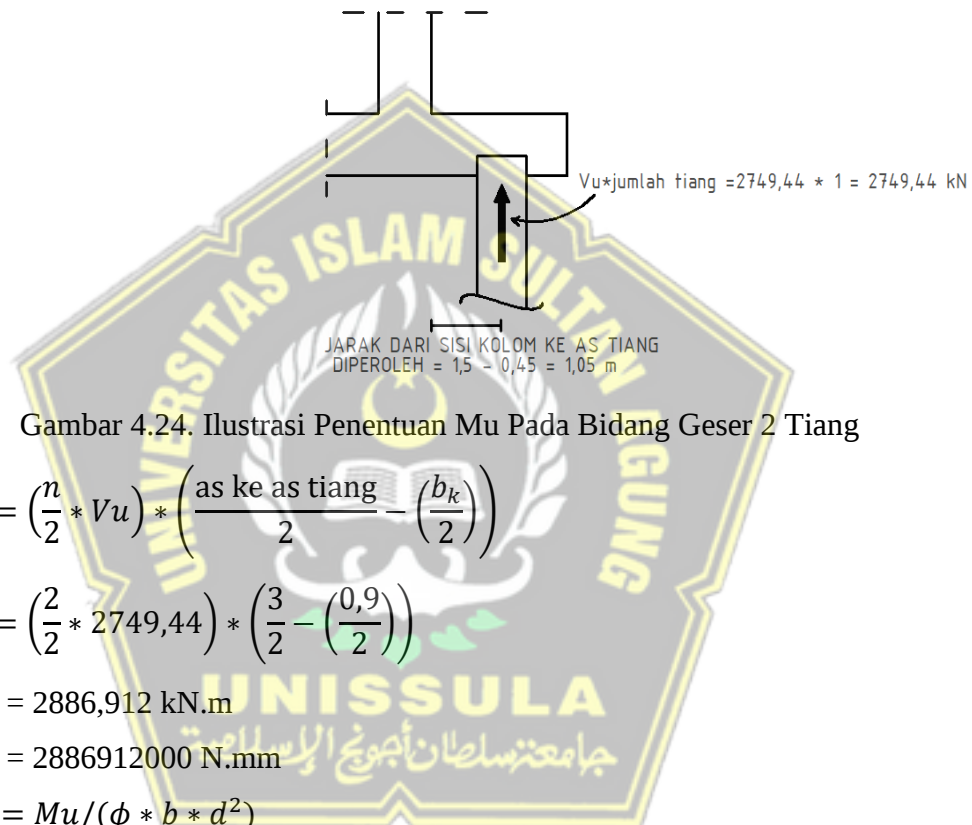
$$= 8240,52 \text{ kN}$$

$$\Phi * V_n (8240,52 \text{ kN}) > V_u (2892,7 \text{ kN}). \text{ OK.}$$

- Desain Terhadap Lentur (Penulangan Pile Cap), dari persamaan 2. 37 dan 2. 38



Gambar 4.23. Ilustrasi Bidang Geser 2 Tiang



Gambar 4.24. Ilustrasi Penentuan Mu Pada Bidang Geser 2 Tiang

$$Mu = \left(\frac{n}{2} * Vu \right) * \left(\frac{\text{as ke as tiang}}{2} - \left(\frac{b_k}{2} \right) \right)$$

$$Mu = \left(\frac{2}{2} * 2749,44 \right) * \left(\frac{3}{2} - \left(\frac{0,9}{2} \right) \right)$$

$$= 2886,912 \text{ kN.m}$$

$$= 2886912000 \text{ N.mm}$$

$$Rn = Mu / (\phi * b * d^2)$$

$$Rn = 2886912000 / (0,9 * 5000 * 1403^2)$$

$$= 0,326$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 * f_c'}{f_y} \left[1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 * Rn}{0,85 * f_c'}} \right) \right]$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 * 29}{400} \left[1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 * 0,326}{0,85 * 29}} \right) \right]$$

$$= 0,0008$$

Maka di gunakan $\rho_{perlu} = 0,0008$

- Menghitung Luas Tulangan, berdasarkan persamaan 2. 44

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d_{rencana} \\ &= 0,0008 \cdot 5000 \cdot 2403 \\ &= 5753,979 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Menghitung Diameter Dan Jarak Tulangan, berdasarkan persamaan 2. 45

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

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

Jumlah tulangan yang dibutuhkan, berdasarkan persamaan 2.45

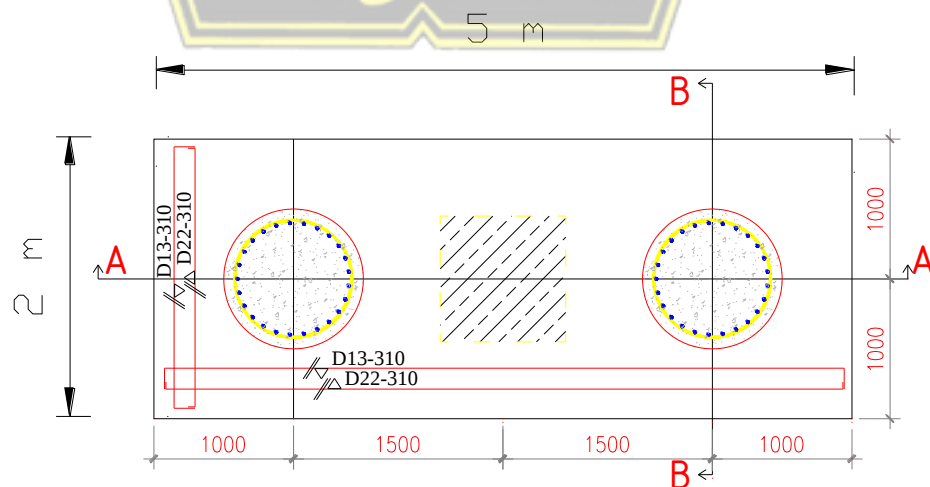
$$\begin{aligned} n_{tul} &= A_s / A_{s\ tul} \\ &= 5753,979 / 379,94 \\ &= 15,144 \approx 16 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \text{lebar}_x / n_{tul} \\ &= 5000 / 16 \\ &= 312,5 \text{ mm} \approx 310 \text{ mm} \end{aligned}$$

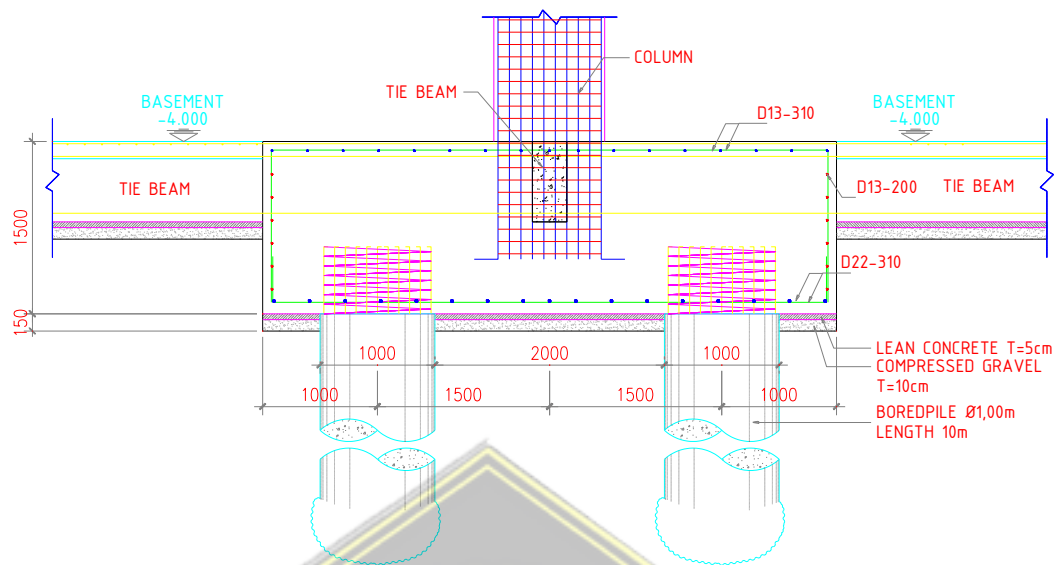
Jadi menggunakan tulangan bawah **D22-310** mm

Untuk tulangan atas = $D_{tul} \text{ bawah} \cdot 50\%$

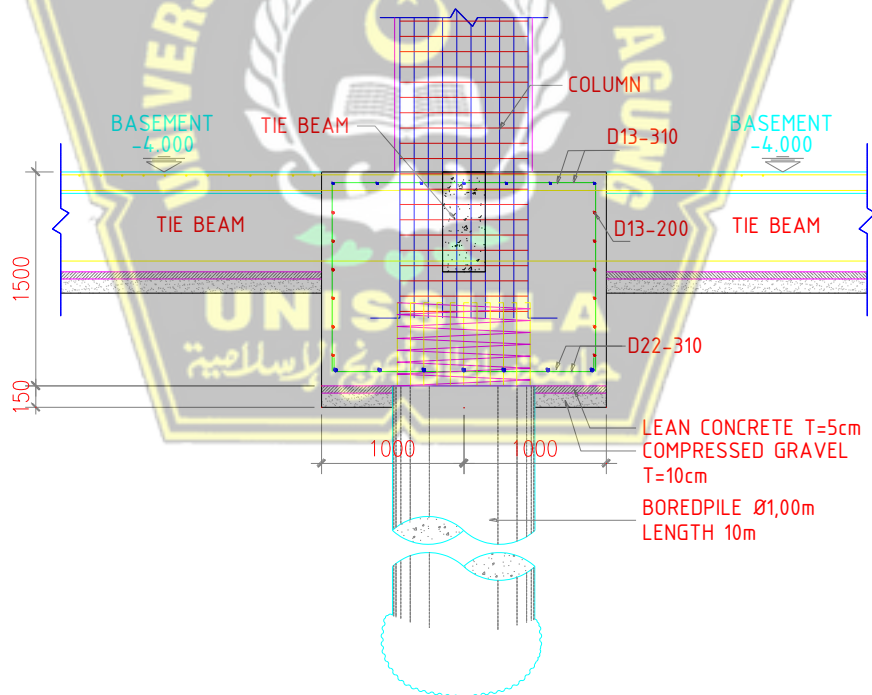
Jadi di peroleh tulangan atas **D13-310** mm



Gambar 4. 25: Penulangan Pile Cap 2 Tiang

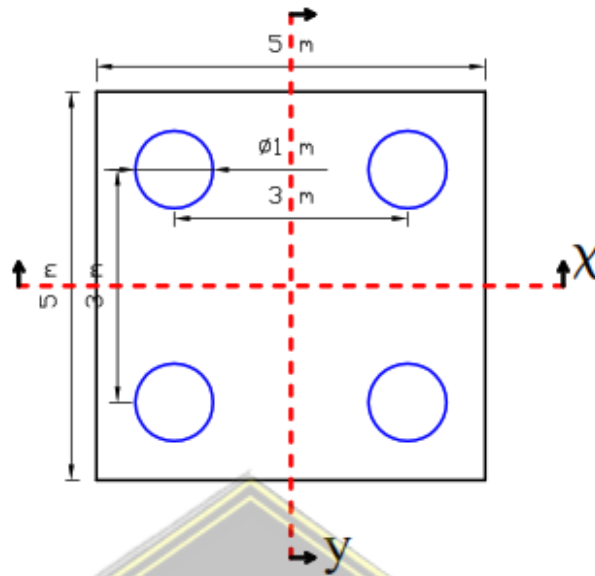


Gambar 4. 26: Detail Penulangan Pile Cap 2 Tiang Potongan AA



Gambar 4. 27: Detail Penulangan Pile Cap 2 Tiang Potongan BB

b. Perencanaan penulangan Pile Cap 2 tiang pada titik P9



Gambar 4. 28: Perencanaan Pile Cap 4 Tiang Arah x dan y

Diketahui data sebagai berikut:

Hasil P_D dan P_L di peroleh dari etabs:

$$P_D = 7417 \text{ kN}$$

$$P_L = 1669 \text{ kN}$$

$$b_{\text{kolom}} = 900 \text{ mm} = 0,9 \text{ m}$$

$$h_{\text{kolom}} = 900 \text{ mm} = 0,9 \text{ m}$$

$$L = 5000 \text{ mm} = 5 \text{ m}$$

$$B = 5000 \text{ mm} = 5 \text{ m}$$

$$h = 1500 \text{ mm} = 1,5 \text{ m}$$

$$f_c' = 29 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

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

$$S_b = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m}$$

$$n = 4 \text{ buah}$$

- Menghitung Beban Terfaktor Yang Dipikul Kolom

$$P_u = 1,2 P_D + 1,6 P_L$$

$$P_u = 1,2 * 7417 + 1,6 * 1669$$

$$= 11570,8 \text{ kN}$$

Sehingga reaksi pada masing-masing tiang bored pile adalah:

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{P_u}{n} \\ V_u &= \frac{11570,8}{4} \\ &= 2892,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dan Estimasi tebal pile cep adalah:

$$\begin{aligned} d_{perlu} &= h - t_{bl} - d_{tul} \\ d &= 1500 - 75 - 22 \\ &= 1403 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan 1 Arah

Kuat geser nominal beton, V_c :

$$\begin{aligned} V_c &= \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \cdot b \cdot d \\ &= \left(\frac{\sqrt{29}}{6} \right) \cdot 5000 \cdot 1403 \\ &= 6296155,19 \text{ N} \\ &= 6296,155 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser, V_u :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{p}{A} \\ &= \frac{11570,8}{5 \cdot 5} \\ &= 475,632 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G'_x &= b - \left(\frac{b}{2} + \frac{b_k}{2} + d \right) \\ &= 5 - \left(\frac{5}{2} + \frac{0,9}{2} + 1,403 \right) \\ &= 0,647 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \sigma \cdot L \cdot G' \\ &= 475,632 \cdot 5 \cdot 0,647 \\ &= 1538,67 \text{ kN} \end{aligned}$$

kontrol $V_u = 1538,67 \text{ kN} < \phi \cdot V_c = 4722,116 \text{ kN}$ **(OK.)**

jadi konstruksi *poer* fondasi aman terhadap tegangan geser satu arah.

- Geser Dua Arah Disekitar Kolom

$$b_o = 4(b_{kolom} + d)$$

$$b_o = 4(900 + 1403) \\ = 9212 \text{ mm}$$

Dik :

$$as = 40$$

$$\lambda = 1$$

$$\beta_c = \frac{b_{kolom}}{l_{kolom}}$$

$$\beta_c = \frac{900}{900} \\ = 1$$

Nilai kuat geser fondasi dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o d$$

$$V_{c1} = 0,17 * \left(1 + \frac{2}{1} \right) * 1 * \sqrt{29} * 9212 * 1403 \\ = 35526698,05 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \left(\frac{as d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o d$$

$$V_{c2} = 0,083 * \left(\frac{1 * 1403}{9212} + 2 \right) * 1 * \sqrt{29} * 9212 * 1403 \\ = 46786604,19 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o d$$

$$V_{c3} = 0,33 * 1 * \sqrt{29} * 9212 * 1403 \\ = 22987863,44 \text{ N}$$

Maka V_n = nilai V_c terkecil

$$V_n = 22987863,44 \text{ N}$$

$$\Phi * V_n = 0,75 * 22987863,44 \\ = 17240897,58 \text{ N} \\ = 17240,898 \text{ kN}$$

$$\Phi * V_n (17240,898 \text{ kN}) > V_u (11570,8 \text{ kN}). \text{ OK.}$$

- Geser Dua Arah Sekitar Tiang Bored Pile:

$$b_o = 2(\text{jarak as tiang ke tepi} + \frac{D}{2} + \frac{d}{2})$$

$$b_o = 2(1000 + \frac{1000}{2} + \frac{1403}{2})$$

$$= 4403 \text{ mm}$$

Dik :

$$as = 40$$

$$\lambda = 1$$

$$\beta_c = \frac{b_{tiang}}{l_{tiang}}$$

$$\beta_c = \frac{1000}{1000}$$

$$= 1$$

Nilai kuat geser fondasi dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o d$$

$$V_{c1} = 0,17 * \left(1 + \frac{2}{1}\right) * 1 * \sqrt{29} * 4403 * 1403$$

$$= 16980465,86 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \left(\frac{as d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o d$$

$$V_{c2} = 0,083 * \left(\frac{1 * 1403}{4403} + 2\right) * 1 * \sqrt{29} * 4403 * 1403$$

$$= 40749987,44 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o d$$

$$V_{c3} = 0,33 * 1 * \sqrt{29} * 4403 * 1403$$

$$= 10987360,26 \text{ N}$$

Maka V_n = nilai V_c terkecil

$$V_n = 10987360,26 \text{ N}$$

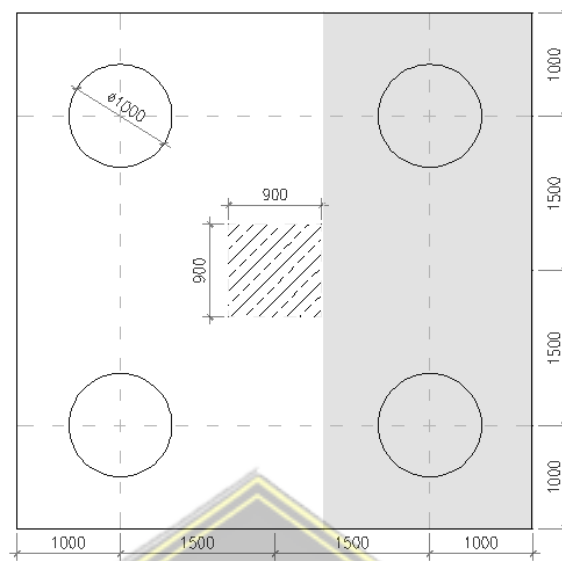
$$\Phi * V_n = 0,75 * 10987360,26$$

$$= 8240520,195 \text{ N}$$

$$= 8240,52 \text{ kN}$$

$$\Phi * V_n (8240,52 \text{ kN}) > V_u (2892,7 \text{ kN}). \text{ OK.}$$

- Desain Terhadap Lentur (Penulangan Pile Cap)



Gambar 4.29: Ilustrasi Bidang Geser 4 Tiang



Gambar 4.30: Ilustrasi Penentuan Mu Pada Bidang Geser 4 Tiang

$$Mu = \left(\frac{n}{2} \cdot Vu \right) \cdot \left(\frac{\text{as ke as tiang}}{2} - \left(\frac{b_k}{2} \right) \right)$$

$$Mu = \left(\frac{4}{2} \cdot 2892,7 \right) \cdot \left(\frac{3}{2} - \left(\frac{0,9}{2} \right) \right)$$

$$= 6074,67 \text{ kN.m}$$

$$= 6074670000 \text{ N.mm}$$

$$Rn = Mu / (\phi \cdot b \cdot d^2)$$

$$Rn = 6074670000 / (0,9 \cdot 5000 \cdot 1403^2)$$

$$= 0,686$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 * f_c'}{f_y} \left[1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 * R_n}{0,85 * f_c'}} \right) \right]$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 * 29}{400} \left[1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 * 0,686}{0,85 * 29}} \right) \right]$$

$$= 0,00174$$

Maka di gunakan $\rho_{perlu} = 0,00174$

- Menghitung Luas Tulangan, berdasarkan persamaan 2.39

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

$$= 0,00174 \cdot 5000 \cdot 2403$$

$$= 12198,968 \text{ mm}^2$$

- Menghitung Diameter Dan Jarak Tulangan, berdasarkan persamaan 2.40

$$D_{tul} = 29 \text{ mm}$$

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

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 29^2$$

$$= 660,185 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan, berdasarkan persamaan 2.41

$$n_{tul} = A_s / A_{s \text{ tul}}$$

$$= 19502,5 / 660,185$$

$$= 18,487 \approx 20 \text{ buah}$$

$$S = \text{lebar}_x / n_{tul}$$

$$= 5000 / 20$$

$$= 250 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Jadi menggunakan tulangan bawah **D29-250 mm**

Untuk tulangan atas = $D_{tul} \text{ bawah} \cdot 50\%$

Jadi di peroleh tulangan atas **D16-250 mm**

4.14. Penulangan Fondasi Bored Pile

a. Perhitungan Tulangan Utama

Dilakukan perhitungan pada fondasi 1 tiang dan diketahui data sebagai berikut:

$$P_u = 1734,077 \text{ kN}$$

$$D = 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m}$$

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

$$D_{seng} = 13 \text{ mm}$$

$$f_c' = 29 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$S_b = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m}$$

$$\rho = 0,0117$$

$$\Phi = 0,7$$

$$q_u = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{1734,077}{2 \cdot 2}$$

$$= 433,519 \text{ kN/m}^2$$

$$X = b - \left(\frac{b}{2} + \frac{b_{kolom}}{2} \right)$$

$$= 2 - \left(\frac{2}{2} + \frac{0,9}{2} \right)$$

$$= 0,55 \text{ m}$$

$$M_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot X^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 433,519 \cdot 0,55^2$$

$$= 65,57 \text{ kN.m}$$

$$B' = b_k + d$$

$$= 900 + 1050$$

$$= 1950 \text{ mm} = 1,95 \text{ m}$$

$$L' = h_k + d$$

$$= 900 + 1050$$

$$= 1950 \text{ mm} = 1,95 \text{ m}$$

$$A_{kritis} = (L \cdot B - L' \cdot B')$$

$$= (2 \times 2 - 1,95 \times 1,95)$$

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

$$Vu = 433,519 \cdot 0,2$$

$$= 86,704 \text{ kN}$$

- Menghitung eksentritas penampang, berdasarkan persamaan 2.51

$$e = \frac{Mu}{Pu}$$

$$= \frac{65,57}{1734,077}$$

$$= 0,038 \text{ m}$$

- Menghitung gaya aksial nominal, berdasarkan persamaan 2.52

$$Pn_{perlu} = \frac{Pu}{\phi}$$

$$= \frac{1734,077}{0,7}$$

$$= 2477,253 \text{ kN}$$

- Menghitung luas penampang fondasi, berdasarkan persamaan 2.53 dan 2.54

$$Ag = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 1000^2$$

$$= 785000 \text{ mm}^2$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot p \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,0117 \cdot 1000^2$$

$$= 9184,5 \text{ mm}^2$$

- Menghitung tulangan yang dibutuhkan, berdasarkan persamaan 2.55 dan 2.56

$$As_{tul} = \frac{1}{4} \times \pi \times D \times St^2$$

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

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

$$n = \frac{As}{As_{tul}}$$

$$= \frac{9184,5}{379,94}$$

$$= 24,174 \approx 25 \text{ buah}$$

Maka jumlah tulangan yang dibutuhkan **25 D22**

Digunakan prinsip, $0,01 A_g < A_{st} < 0,08 A_g$, berdasarkan persamaan 2.57

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_{st}^2 \times n \\ &= \frac{1}{4} \times 3,1 \times 22^2 \times 25 \\ &= 9498,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, $0,01 A_g (7850 \text{ mm}^2) < A_{st} (9498,5 \text{ mm}^2) < 0,08 A_g (62800 \text{ mm}^2)$

Maka **AMAN**

- Perhitungan kekuatan beban aksial maksimum, pada persamaan 2.53 - 2.54

$$\begin{aligned} \phi P &= 0,85 \cdot \phi (0,85 \times f_c' (A_g - A_{st})) + (f_y \times A_{st}) \\ &= 0,85 \cdot 0,7 (0,85 \times 29 (785000 - 9498,5)) + (400 \times 9498,5) \\ &= 13634729,63 \text{ N} \\ &= 13634,729 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{n_{max}} &= \frac{\phi P}{0,7} \\ &= \frac{13634,729}{0,7} \\ &= 19478,185 \text{ kN} \end{aligned}$$

$P_{n_{max}} (19478,185 \text{ kN}) > P_u (1734,077 \text{ kN})$ **AMAN**

- Perhitungan kekuatan penampang, berdasarkan persamaan 2.60 – 2.66

$$\begin{aligned} H_{ekiv}(h) &= 0,8 h \\ &= 0,8 \cdot 1000 \\ &= 800 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{ekiv}(b) &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi D^2}{H_{ekiv}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 1000^2}{800} \\ &= 981,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s'} &= A_s = \frac{1}{2} \times A_{st} \\ &= \frac{1}{2} \times 9498,5 \\ &= 4749,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'_{kolom bundar} &= \text{selimut beton} + 0,5D \text{ tul utama} + \text{Senggang} \\ &= 75 + 0,5 \cdot 22 + 13 = 99 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_s &= D - 2d' \text{ kolom bundar} \\
 &= 1000 - 2 \cdot 99 \\
 &= 802 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{seq} &= \frac{2}{3} \times D_s \\
 &= \frac{2}{3} \times 802 \\
 &= 534,667 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Cek tegangan tekan, berdasarkan persamaan 2.67 – 2.69

$$\begin{aligned}
 d'_{ekiv} &= h_{ekiv} - \left(\frac{D_{seq}}{2} \right) \\
 &= 800 - \left(\frac{534,667}{2} \right) \\
 &= 532,667 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_{ekiv} &= h_{ekiv} - d'_{ekiv} \\
 &= 800 - 532,667 \\
 &= 267,333 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d_{ekiv} \\
 &= \frac{600}{600 + 400} \times 267,33 \\
 &= 160,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_b &= 0,85 \times c_b \\
 &= 0,85 \times 160,4 \\
 &= 136,34 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Cek tegangan tekan, apakah sudah leleh/belum, berdasarkan persamaan 2.70

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{0,003 \times E_s \times (d_{ekiv} - c_b)}{d_{ekiv}} \\
 &= \frac{0,003 \times 200000 \times (532,667 - 160,4)}{532,667} \\
 &= 419,32 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

F_s (419,32 MPa) > f_y (400 MPa), tulangan tekan sudah leleh maka di gunakan
 $f_y = f_s = 400 \text{ MPa}$

- Perhitungan gaya aksial nominal kondisi balance, berdasarkan persamaan 2.71

$$P_{nb} = (0,85 \cdot f_c' \cdot A_b \cdot b) + (A_s' \cdot f_s') - (A_s \cdot f_y)$$

$$\begin{aligned}
&= (0,85 \cdot 29 \cdot 136,34 \cdot 981,25) + (4749,25 \cdot 419,3) - (4749,25 \cdot 400) \\
&= 3389541,6 \text{ N} \\
&= 3389,542 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Syarat $\phi P_n \geq P_u$

$$\begin{aligned}
\phi P_n &= 0,7 \cdot 3389,542 \\
&= 2372,679 \text{ kN}
\end{aligned}$$

maka ϕP_n (2372,679 kN) $\geq P_u$ (1734,077 kN) **AMAN**

$$\begin{aligned}
M_{nb} &= (0,85 \cdot f_c' \cdot A_b \cdot b) \left(\frac{h_{ekiv}}{2} - \frac{A_b}{2} \right) + (A_s' \cdot f_s') \left(\frac{h_{ekiv}}{2} - d'_{ekiv} \right) \\
&\quad + (A_s \cdot f_y) \left(d_{ekiv} - \frac{h_{ekiv}}{2} \right) \\
&= (0,85 \cdot 29 \cdot 136,34 \cdot 981,25) \left(\frac{800}{2} - \frac{136,34}{2} \right) + (4749,25 \cdot 400) \left(\frac{800}{2} - 532,667 \right) \\
&\quad + (4749,25 \cdot 400) \left(267,333 - \frac{800}{2} \right) \\
&= 590244077 \text{ N.mm} \\
&= 590,244 \text{ kN.m}
\end{aligned}$$

Syarat $\phi M_n \geq M_u$

$$\begin{aligned}
\phi M_n &= 0,7 \cdot 590,244 \\
&= 413,171 \text{ kN.m}
\end{aligned}$$

maka ϕM_n (413,171 kN.m) $\geq M_u$ (65,57 kN.m) **AMAN**

b. Perhitungan Tulangan Sengkang

Diketahui data berikut ini:

$$D = 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m}$$

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

$$D_{seng} = 13 \text{ mm}$$

$$f_c' = 29 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$d = 1050 \text{ mm}$$

$$A_g = 785000 \text{ mm}^2$$

- Menghitung H ekuivalen, sesuai dengan persamaan 2.60

$$h_{ekiv} = 800 \text{ mm}$$

- Menghitung B_{min} , berdasarkan persamaan 2.74

$$\begin{aligned}
 B_{min} &= \frac{Ag}{h_{ekiv}} \\
 &= \frac{785000}{800} \\
 &= 981,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Menghitung luas penampang Sengkang A_v

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \text{jumlah Sengkang} \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times 2 \\
 &= 132,665 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Menghitung $V_{n_{perlu}}$, berdasarkan persamaan 2.75

$$\begin{aligned}
 V_{n_{perlu}} &= \frac{Vu}{0,7} \\
 &= \frac{86,704}{0,7} \\
 &= 123,863 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Menghitung V_c , berdasarkan persamaan 2.76

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \left(1 + \frac{Pu}{14 \times Ag} \right) \times 0,85 \times f_c^{0,5} \times b_w \times d \\
 &= \frac{1}{6} \times \left(1 + \frac{1734077}{14 \times 785000} \right) \times 0,85 \times 29^{0,5} \times 2000 \times 1050 \\
 &= 1854874,647 \text{ N} \\
 &= 1854,875 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Menghitung V_s , berdasarkan persamaan 2.77

$$\begin{aligned}
 V_s &= V_{n_{perlu}} - V_c \\
 &= 123,863 - 1854,875 \\
 &= -1731,012 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Menghitung ϕV_c , berdasarkan persamaan 2.78

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,7 \cdot V_c \\
 &= 0,7 \cdot 1854,875 \\
 &= 1298,875 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena ϕV_c (1298,875 kN) > V_u (86,704), dan nilai V_s negatif, maka tidak perlu menggunakan tulangan geser.

- Mencari jarak Sengkang

- $S \leq d/2$ $= S \leq 1050/2 = 525 \approx 500 \text{ mm}$

- $S \leq 16D_{tul \text{ utama}}$ $= S \leq 16 \cdot 22 = 352 \approx 350 \text{ mm}$

- $S \leq 48D_{tul \text{ seng}}$ $= S \leq 48 \cdot 13 = 208 \approx 200 \text{ mm}$

- $S \leq B_{min}$ $= S \leq 981,25 = 981 \approx 950 \text{ mm}$

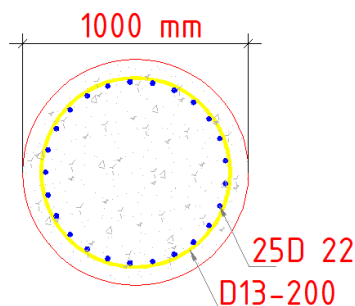
S di ambil jarak yang terkecil, maka di gunakan 200 mm

Sehingga tulang Sengkang yang di gunakan ialah **D13-200 mm**

- Gambar detail bored pile



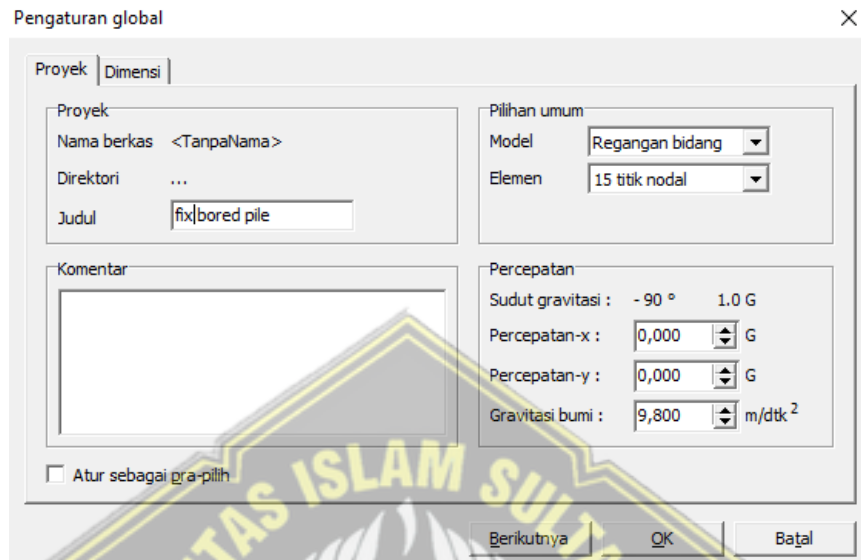
Gambar 4. 33: Bored Pile Φ 1 m, Kedalaman 10 m



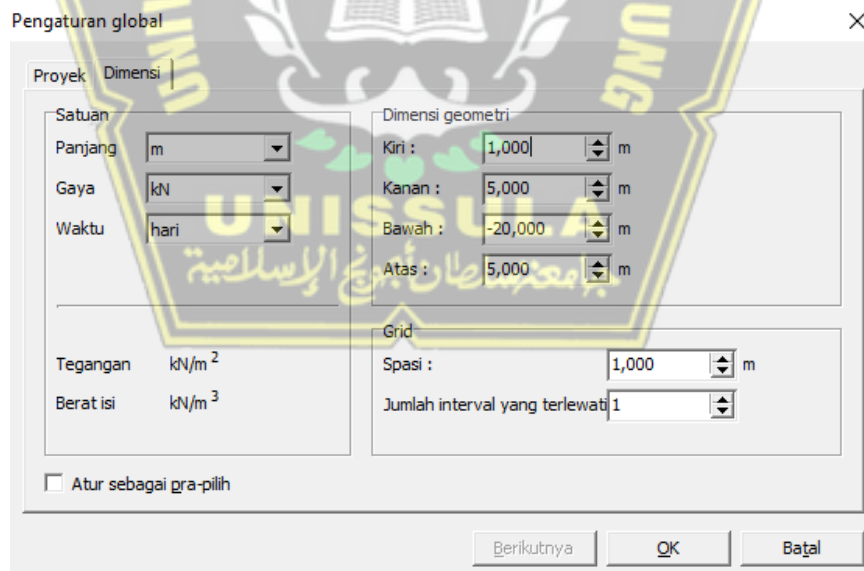
Gambar 4. 34: Detail Fondasi Bored Pile Φ 1 m, Kedalaman 10 m

4.15. Menganalisa Fondasi Menggunakan *Software* PLAXIS

1. Input data menggunakan software plaxis dengan menentukan judul, satuan dan dimensi geometri seperti pada gambar 4.35 dan 4.36.

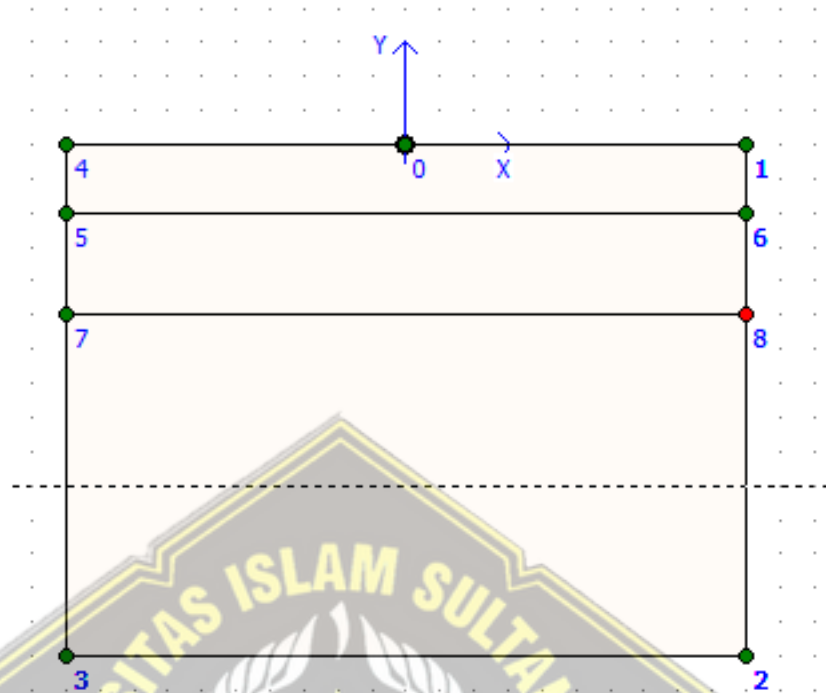


Gambar 4. 35: Pengaturan Global



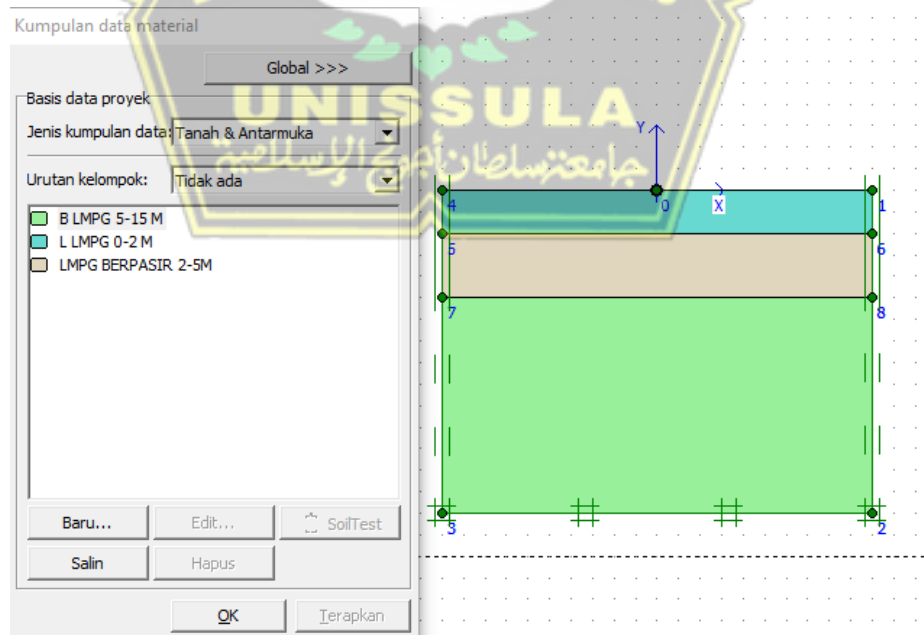
Gambar 4. 36: Pengaturan Global

2. Tahap selanjutnya mengatur permodelan kontur dengan mengklik , seperti gambar 4.37.



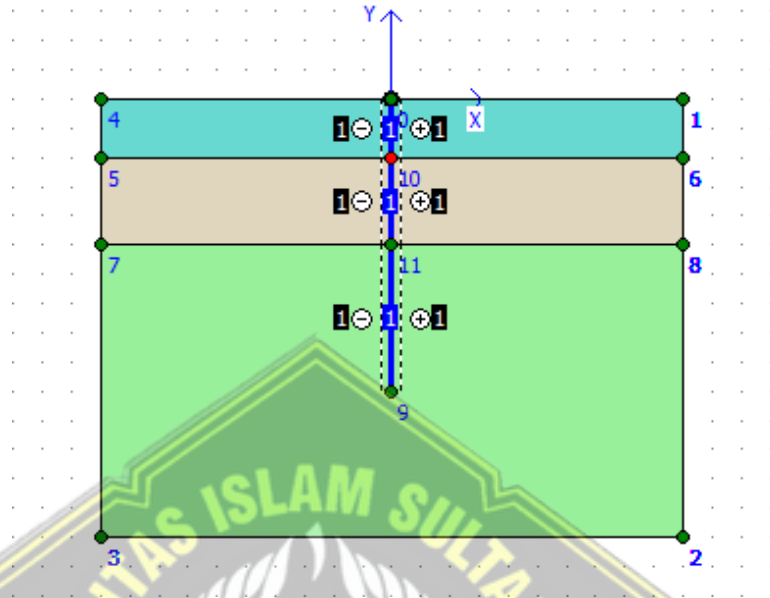
Gambar 4. 37: Permodelan Kontur Tanah

3. Klik  agar membuat kondisi batas otomatis, Kemudian klik  untuk menentukan material tanah seperti gambar 4.38.



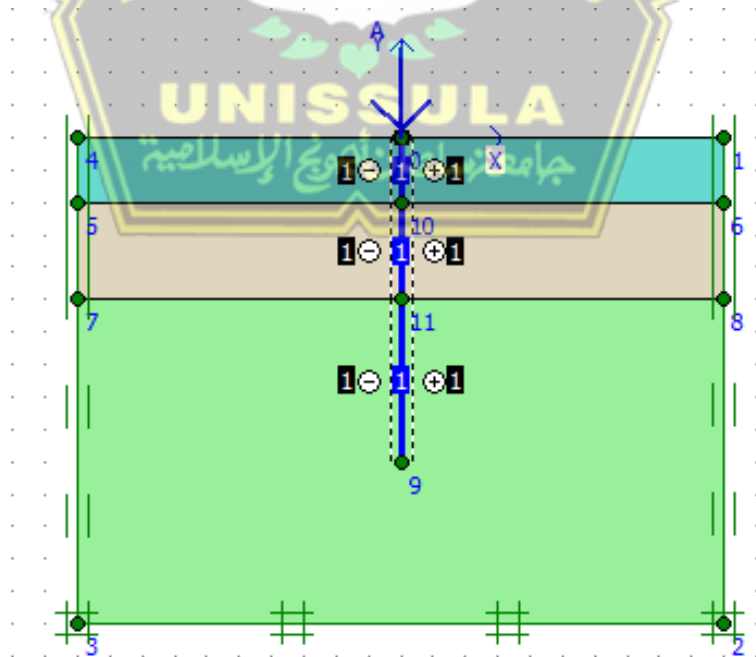
Gambar 4. 38: Material Tanah

4. Kemudian klik  untuk membuat fondasi bored pile yang sudah di tentukan, selanjutnya klik  untuk mengaktifkan tekanan positif dan negatif di area sekeliling fondasi, dapt dilihat pada gambar 4.39.



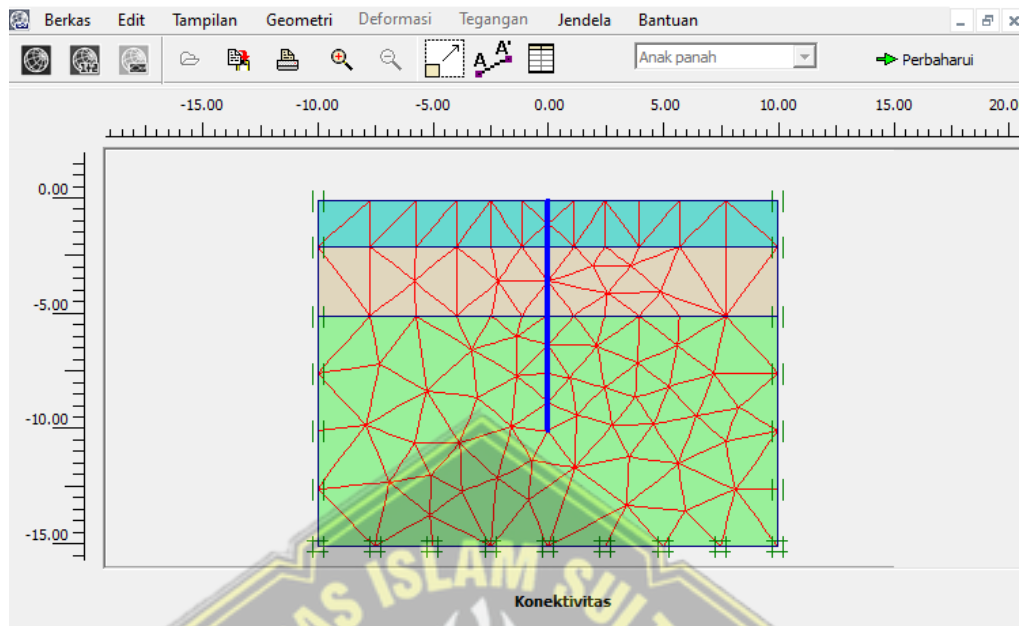
Gambar 4.39: Memberikan Fondasi Bored Pile

5. Lalu pilih  untuk mengisi beban bangunan, beban yang diperoleh dari hitungan etabs, dan digunakan nilai sebesar 1734,077 kN, dapat dilihat pada gamabar 4.40.



Gambar 4. 40: Memberikan Beban Terpusat Pada Fondsi

6. Klik  untuk mengetahui susunan jaringan antar elemen, sesuai pada gambar 4.41.



Gambar 4. 41: Susunan Jaringan Elemen

7. Lalu klik  Kondisi awal buar dilanjutkan Langkah berikutnya. Setelah itu tekan  biar masuk perhitungan tegangan awal, lanjut klik  dan akan muncul prosedur-K0 sesuai gambar 4.42 Dan klik lagi  dan akan menampilkan tegangan efektif sesuai gambar 4. 43.

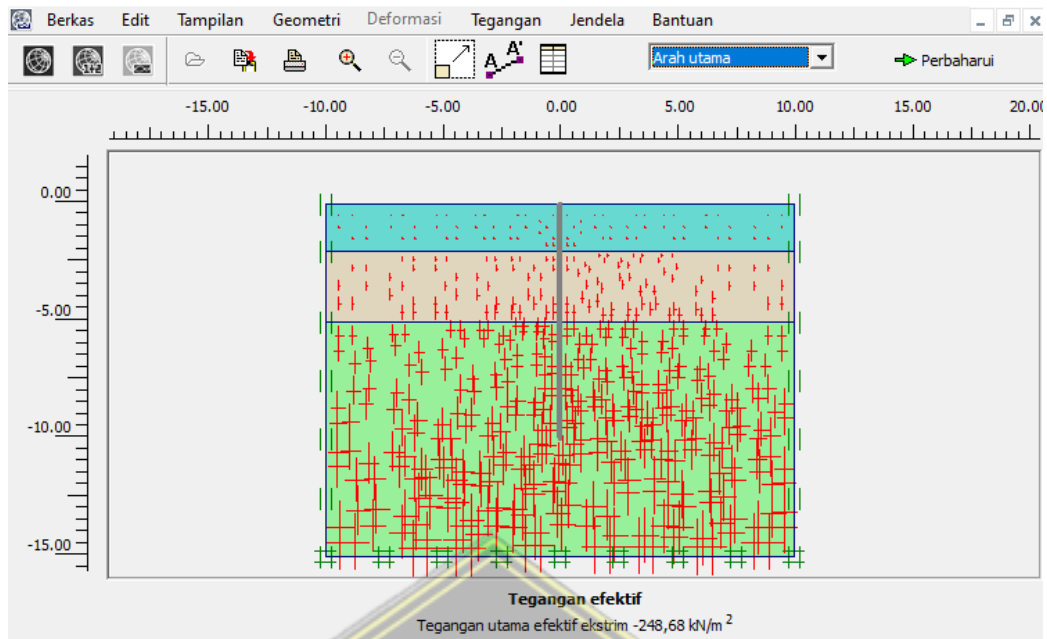
Prosedur-K0

ΣM -weight : 1,000

Klaster	Material	OCR	POP	K0
1	MC	N/A	N/A	0,502
2	MC	N/A	N/A	0,293
3	MC	N/A	N/A	0,806
4	MC	N/A	N/A	0,293
5	MC	N/A	N/A	0,806

OK Batalkan

Gambar 4. 42: Prosedur-K0



Gambar 4. 43: Tekanan Efektif Tanah

8. Selanjutnya klik  untuk dilakukan running, dan Langkah selanjutnya mengaktifkan tiang bor yang di rencanakan, memberikan pembebanan dan menghitung angka keamanan (reduksi phi-c), seperti pada gambar 4.44.

Umum | Parameter | Pengali | Tampilan

Tahap
Nomor / ID.: 3 angka keamanan
Mulai dari tahap: 2 - pembebanan

Jenis perhitungan
Reduksi phi-c
Tingkat lanjut

Informasi perhitungan
OK

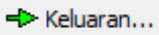
Komentar

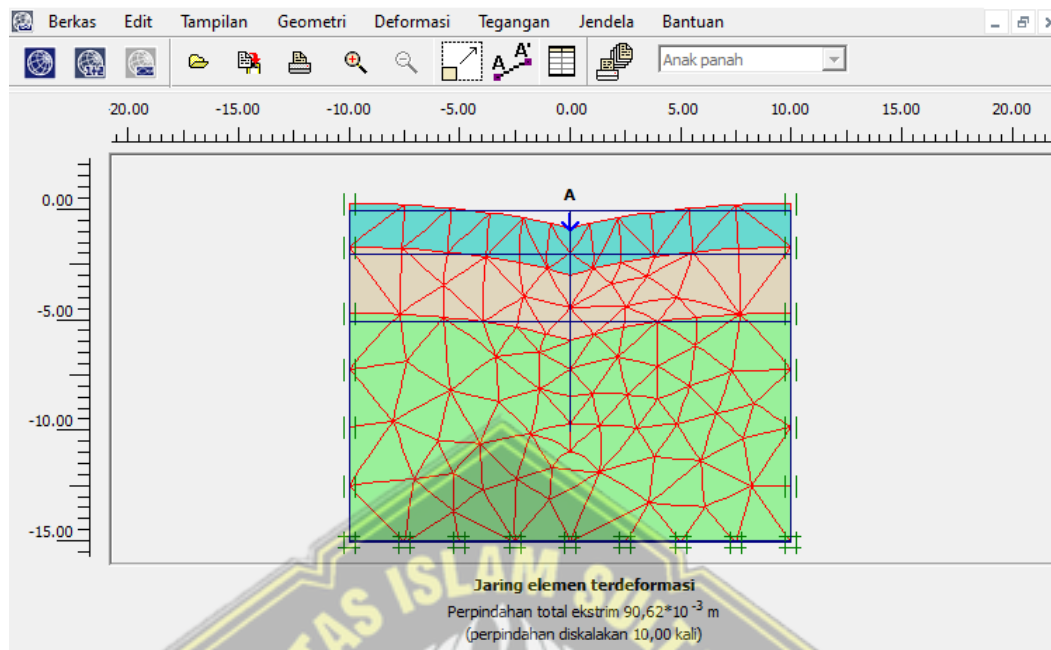
Parameter

Berikutnya | Sisipkan | Hapus...

Identifikasi	No. tahap	Mulai dari	Perhitungan	Masukan pembebanan	Waktu	Air	Perta...
Tahap awal	0	0	N/A	N/A	0,00 ...	0	0
✓ tiang bor	1	0	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	1	1
✓ pembebanan	2	1	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	2	3
✓ angka keamanan	3	2	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0,00 ...	2	8

Gambar 4. 44: Hasil Perhitungan

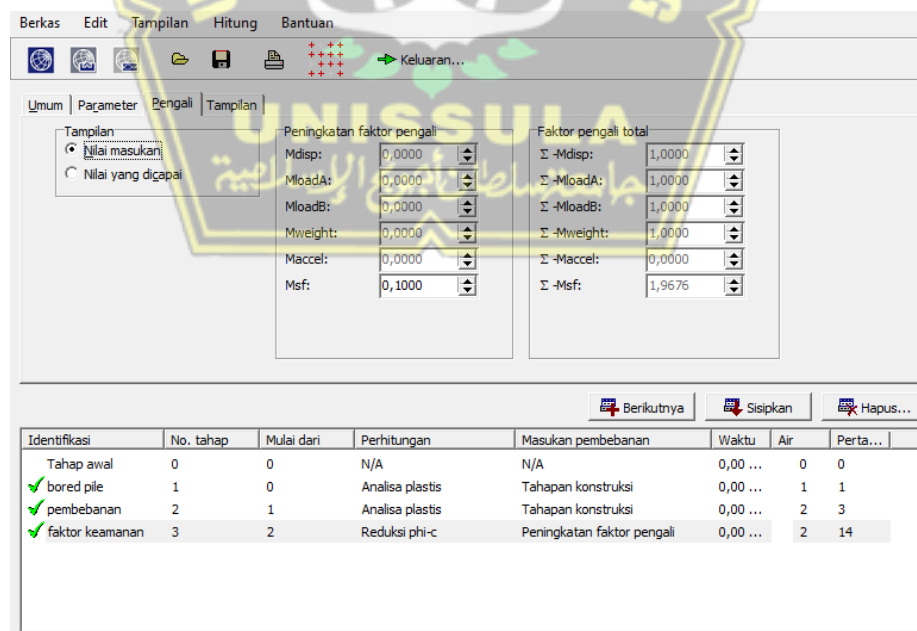
9. Setelah di hitung, klik  dan akan di running dan mendapatkan hasil seperti pada gambar 4.45.



Gambar 4. 45: Jaringan Elemen Terdeformasi

- **Daya dukung tiang bor dengan program plaxis**

Menghitung daya dukung fondasi tiang bored pile menggunakan nilai $\Sigma -Msf$, seperti pada gambar 4.46.



Gambar 4. 46: Nilai Reduksi Phi-C

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan plaxis didapatkan nilai $\sum -Msf$ sebesar 1,9676. Maka nilai Q_u adalah:

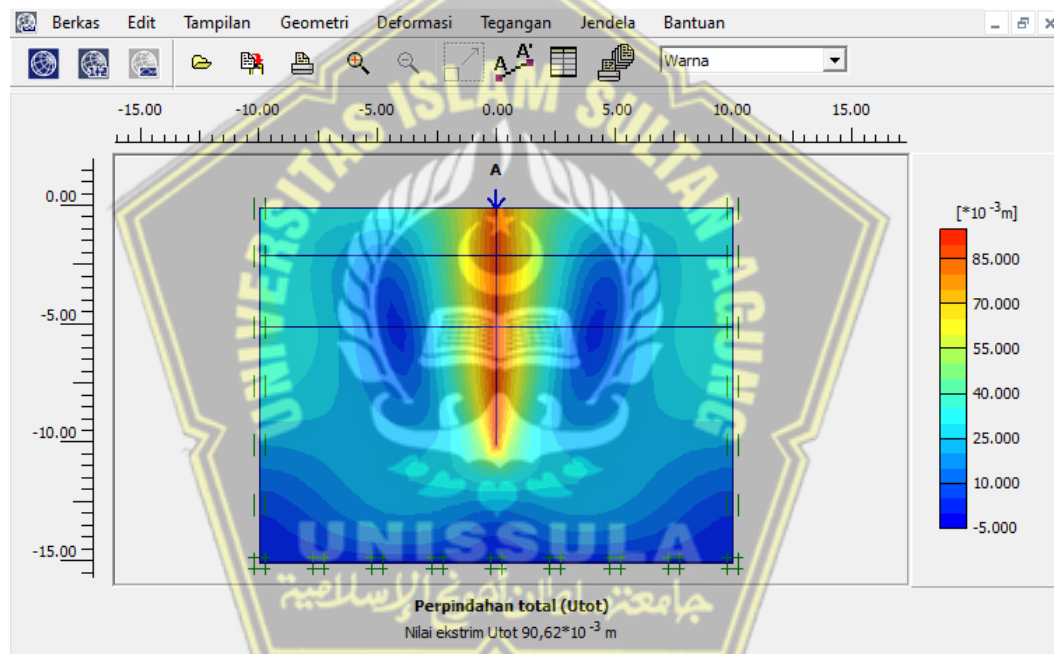
$$Q_u = \sum -Msf \cdot \text{beban}$$

$$= 1,9676 \times 1734,077$$

$$= 3429,678 \text{ kN}$$

- **Penurunan tiang bor**

Hasil penurunan fondasi tiang bored pile dengan diameter 1 meter, mengalami ebesarnya penurunan fondasi sebesar 9,062 cm

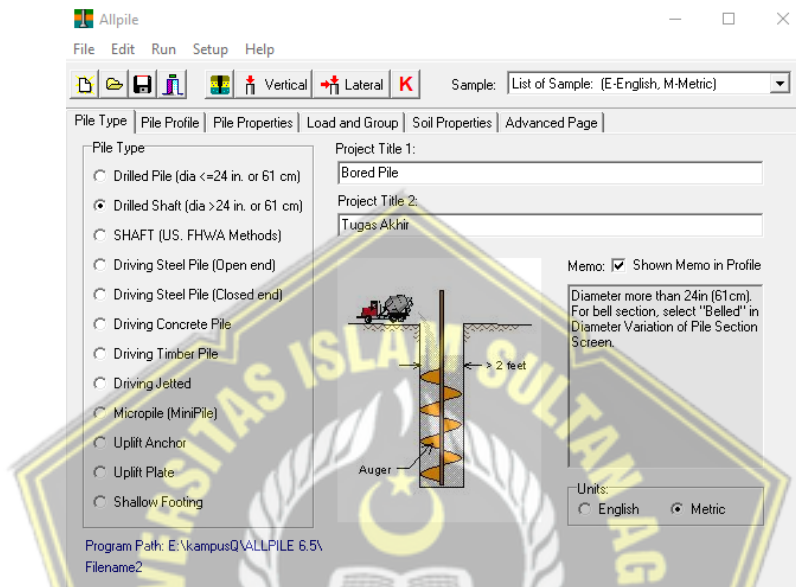


Gambar 4. 47: Perpindahan Total

4.16. Menganalisa Fondasi Menggunakan Software Allpile

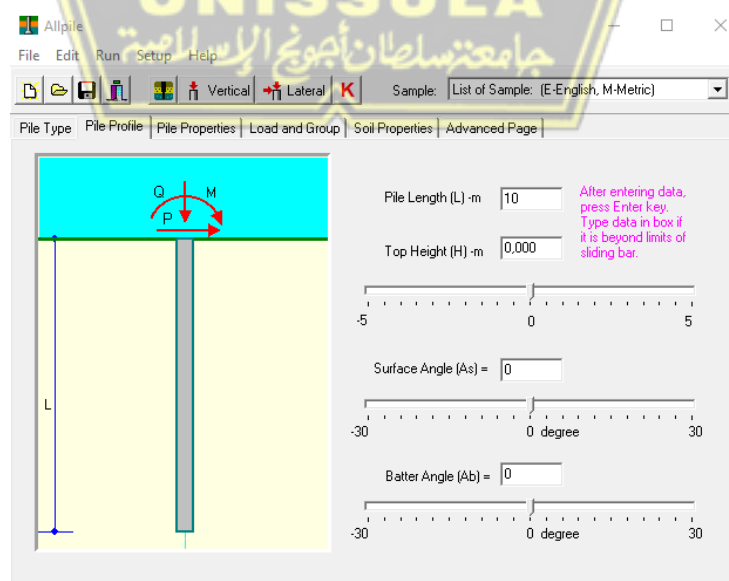
Untuk menganalisa atau merencanakan sebuah fondasi dapat dilakukan dengan program Allpile. Pada program Allpile ada beberapa jenis fondasi dan salah satunya adalah micropile. Berikut adalah tahapan dalam pemodelan fondasi micropile menggunakan program Allpile:

1. Menentukan pile type yang dianalisis serta mengisi project title seperti di Gambar 4.48.



Gambar 4. 48: Pile Type

1. Pada pile profile diisi dengan rencana fondasi yang akan dianalisis seperti contohnya adalah panjang tiang. Dalam penelitian ini tiang micropile menggunakan kedalaman 10 m yang ditunjukkan di Gambar 4.49.



Gambar 4. 49: Pile Profile

- Setelah itu properti fondasi diisi dengan data yang dipakai seperti bentuk, material yang digunakan, tulangan, diameter dan kendala fondasi tersebut seperti di Gambar 4.50.

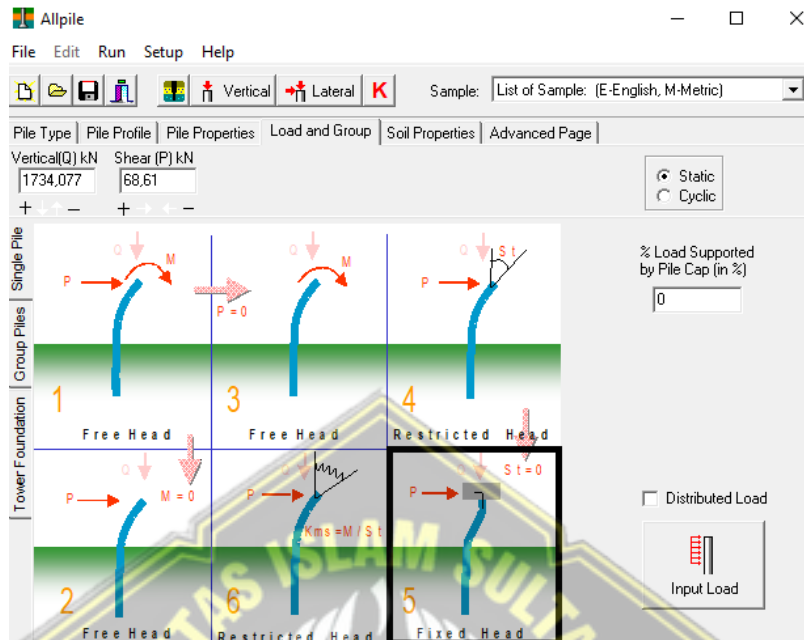
Gambar 4. 50: Pile Properties

Pada kedalaman fondasi sendiri dalam perencanaan yaitu 10 m untuk kedalaman tanah serta karakteristik tiang menyesuaikan lapangan seperti di Gambar 4.51.

Zp-m	Pile Data Input	Width-cm	A'-cm2	Per.-cm	I'-cm4	E-MP	W-kN/m	At-cm2
0.000	Concrete (smooth)	100	7854.0	314.2	4908738.5	20676	17.279	7854
10	Concrete (smooth)	100	7854.0	314.2	4908738.5	20676	17.279	7854
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							

Gambar 4. 51: Setting Kedalaman Fondasi

- Menginput beban pada Load and Group sesuai yang direncanakan yaitu sebesar 1734,077 kN untuk beban vertical dan 66,61 kN untuk beban horizontal seperti pada Gambar 4.52.



Gambar 4. 52: Load and Group

- Lalu memasukkan data tanah sesuai pada lokasi yang akan dianalisa pada Soil Properties. Data tanah yang digunakan berada di Kawasan Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo, Makassar. seperti di Gambar 4.53.

Zg-m	Soil Data Input	G-kN/m3	Phi	C-kN/m2	k-MN/m3	e50 or Dr	Nspt	Type
0	Soft Clay	18.8	0.0	31.1	28.1	1.30	5	1
5	Sand/Gravel	19.2	37.2	0.0	35.5	59.36	24	4
9	Stiff Clay	22.0	0.0	359.1	788.8	0.29	60	2
12	Stiff Clay	22.0	0.0	359.1	788.8	0.29	60	2
15	Stiff Clay	22.0	0.0	359.1	788.8	0.29	60	2
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							

Gambar 4. 53: Soil Properties

5. Mengisi faktor keamanan pada Advanced Page sebesar 2,5 seperti pada Gambar 4.54.

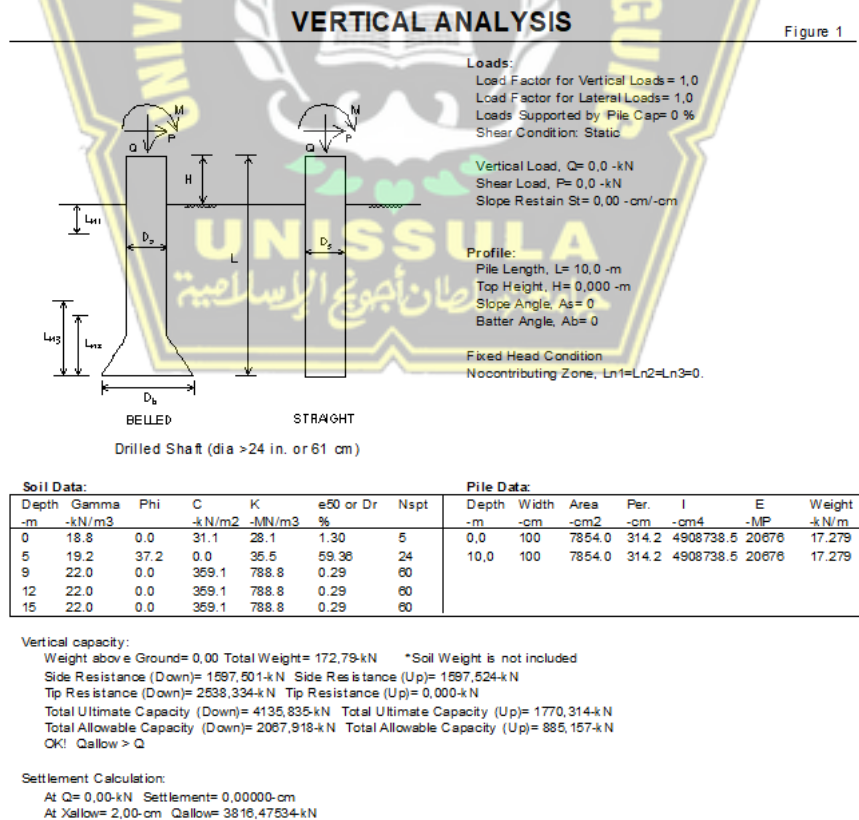
Figure 4.54 shows the 'Advanced Page' of the Allpile software. The 'Analysis Parameters' table is as follows:

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

The 'Settlement Calculation' section shows 'Vesic Method' selected. The 'Define p-y, t-z Output Points' button is at the bottom right.

Gambar 4. 54: Advanced Page

6. Sesudah data dimasukkan semua, maka plaxis dapat dijalankan untuk menganalisa serta program memberikan hasil analisa vertical seperti di Gambar 4.55.



Gambar 4. 55: Hasil Analisa Vertikal

4.17. Hasil Perhitungan

a. Daya dukung fondasi bored pile

Tabel 4.27 Daya Dukung Fondasi Tiang Bored Pile Dengan Diameter 1 Meter

Cara	Kedalaman (m)	Qall (kN)
Analisis manual	10	3591,768
Program plaxis	10	3429,678
Programa allpile	10	3816,475

Grafik 4.3. Perbandingan Presentasi Dilakukan Pada 32%



b. Penurunan fondasi bored pile

Tabel 4.28 Penurunan Fondasi Tiang Bored Pile Dengan Diameter 1 Meter

Cara	Kedalaman (m)	penurunan (cm)
Analisis manual	10	4,79
Program plaxis	10	9,062
Programa allpile	10	2

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa data dan diskusi Bersama pada proyek pembangunan Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo-Makassar, kesimpulan yang dapat kami ambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan pembebanan Gedung menggunakan Software Etabs 2016, didapat beban maksimal yang terjadi pada Pa.1 sebesar 1260,159 kN, Pa.2 sebesar 1944,276 kN, Pa.3 sebesar 1650,363 kN, Pa.4 sebesar 1137,596 kN, Pa.5 sebesar 736,831 kN, P1 sebesar 4422,969 kN, P2 sebesar 7147,478 kN, P3 sebesar 7790,250 kN, P4 sebesar 7603,286 kN, dan seterusnya
2. Berdasarkan data tanah N-SPT dan memperhatikan beban bangunan yang bekerja pada fondasi, maka di rencanakan fondasi bored pile dengan diameter fondasi 1 m pada kedalaman 10 m. Sehingga diperoleh daya dukung tiang tunggal yaitu;
 - Dilakukan perbandingan daya dukung Vertikal (Qall) dengan menggunakan metode meyerhoff diperoleh sebesar = 3592 kN sedangkan dengan menggunakan program PLAXIS didapat nilai sebesar 3430 kN, dan program AllPile diperoleh nilai sebesar 3817 kN.
 - Hasil perhitungan daya dukung Horizontal (H_{ijin}), menggunakan metode Brom's, cara perhitungan biasa yaitu sebesar 427 kN, dan dengan menggunakan grafik sebesar 375 kN.
3. Berdasarkan hasil analisis didapatkan penurunan tiang sebesar $St = 0,0479$ m, sedangkan menggunakan software PLAXIS sebesar 0,09 m dan AllPile senilai 0,02 m.
4. Hasil perhitungan penulangan pada fondasi *bored pile* di peroleh tulangan utaman 25D 22 mm dan tulangan Sengkang D13-200 mm. Dan perhitungan penulangan pada spile cap di peroleh tulangan bawah D29-250 mm, dan tulangan atas D16-250 mm.

5.2. Saran

Berdasarkan dari hasil perhitungan analisa pada laporan ini mendapatkan beberapa saran antara lain:

1. Dalam perhitungan analisa fondasi ini ada banyak evaluasi terutama keterbatasan tentang data yang penulis dapatkan, maka dari itu perhitungan daya dukung dan konsolidasi ini butuh perhitungan ulang,
2. Semua perhitungan manual maupun menggunakan program AllPile dan Plaxis merupakan prediksi yang harus perlu penyesuaian dan penijauan ulang.
3. Perhitungan menggunakan program aplikasi adalah pembandingan antara perhitungan manual daya dukung dan konsolidasi fondasi bored pile. Oleh karena itu hasil perhitungan dalam laporan ini terdapat perbandingan antara perhitungan manual dengan perhitungan menggunakan program,
4. Oleh karena itu, analisis ini membutuhkan pengalaman dan keterampilan untuk memperoleh hasil yang sesuai dan baik.



DAFTAR PUSTAKA

- "masdosen", c. y. (Director). (2021). *Pondasi Bor- Part1a_Definisi, Jenis, Dan Kelebihan-Kekurangan - Hinawan T. Santoso, St, Mt* [Motion Picture].
- Arafuru. (2022). *Mengenal Macam-Macam Jenis Pondasi Dalam Beserta Gambarnya*. Retrieved from arafuru.com:
<http://www.google.com/amp/s/arafuru.com/sipil/3-jenis-pondasi-dalam-pada-bangunan.html>
- Arif, M. (2016, April 05). *Sap 2000 Dan Etabs*. Retrieved from atroxmap.wordpress.com:
<https://atroxmap.wordpress.com/2016/04/05/sap-2000-dan-etabs/>
- A'yun, P. W. (2022). *PERENCANAAN FONDASI BORED PILE RUMAH SAKIT BHAYANGKARA AKPOL SEMARANG*. SEMARANG: UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG.
- Bowless, J. (1996). *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill Kogakusha. Japan: Ltd.Tokyo.
- Bowless, J. E. (1997). *Analisis Dan Desai Pondsai Jilid 2*. Jakarta: ERLANGGA.
- Cahyadi, D. (2016, Oktober 26). *Mengenal Software Aplikasi yang digunakan di bidang Teknik Sipil*. Retrieved from mandrivanet.blogspot.com:
<http://mandrivanet.blogspot.com/2016/10/mengenal-software-aplikasi-yang.html>
- Davis, H. G. (1980). *Pile Foundation Analysis and Disgen*. New York: John Wiley and Sons.
- Halibu, E. Z. (2015). *Tugas Akhir "Perencanaan Pondasi Bored Pile Dan Metode Pelaksanaan Pada Proyek Pembangunan Gedung Rsj Prof Dr. V.L Ratumbuyang Manado"*. MANADO: POLITEKNIK NEGERI MANADO.
- Hardiatmo, H. (2013). *Geosisntetk Untuk Rekayasa Jalan Raya (Perancangan dan Aplikasi)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Harjawinata, J. (2017, April 08). *Mengenal Program PLAXIS untuk Teknik Sipil*. Retrieved from jharwinata.blogspot.com:
<http://jharwinata.blogspot.com/2017/04/mengenal-program-plaxis-untuk-teknik.html>
- Jusi, U. (2015). *Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan Dan N-Standard Penetration Test*. *Teknik Sipil Siklus*, 55-82.
- Kadir, I. A. (2021). *penyelidikan Tanah*. makassar.
- Noorlaelasari, Y. (2010). *PONDASI DANGKAL*. Bandung.
- Riza, M. M. (2010, Agustus). *Pelaksanaan Pondasi Bored Pile*. Retrieved from perencanaanstruktur.com:

<http://www.perencanaanstruktur.com/2010/08/proses-pelaksanaan-pondasi-bored-pile.html?m=1>

Sagita, I. O. (2021, Juni 18). *Perbedaan SAP 2000 dengan ETABS*. Retrieved from anakteknik.co.id: https://www.anakteknik.co.id/ish_sagita/articles/6-perbedaan-sap-2000-dengan-etabs-pada-analisis-struktur-konstruksi

seputar. (2017, februari 22). *Teknik Pondasi: Pengertian, Jenis Pondasi Dan Analisa*. Retrieved from situstekniksipil.com: <https://www.situstekniksipil.com/2017/02/pengertian-fondasijenis-jenis-fondasi.html>

Setiawan, A. (youtube). (2020). *Bingung Mendesain Pile Cap?* .

Soepandji, B. S. (1989). Soil Mechanics. In R. F. CRAING, *MEKANIKA TANAH EDISI 4* (p. 1). JAKARTA: ERLAGGA.

Sudarno, N. S. (2015). *PERENCANAAN PONDASI BORED PILE DAN METODE PELAKSANAAN*. manado.

