

# **TUGAS AKHIR**

## **REDESAIN FONDASI PADA GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI UNISSULA SEMARANG**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan  
Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas  
Islam Sultan Agung**



**Disusun Oleh:**

**JOHARI MA'NUN**

**NIM : 30.2018.00.096**

**LAMBANG REVALDO**

**NIM : 30.2018.00.102**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**SEMARANG**

**2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

### REDESAIN FONDASI PADA GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI UNISSULA SEMARANG



JOHARI MA'NUN

LAMBANG REVALDO

NIM: 30.2018.00.096

NIM: 30.2018.00.102

Telah disetujui dan disahkan di Semarang tanggal Agustus 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

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

NIDN : 0620065301

2. Lisa Fitriyana, ST. M.Eng

NIDN : 0610118101

3. Selvia Agustina, ST. M.Eng

NIDN : 0609099001

Universitas Islam Sultan Agung

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Ketua

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

## **BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

Nomor:.....3A/A.2/SA-T/VIII/2022.....

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

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

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

Johari Ma'nun. Lambang Revaldo

NIM : 30.2018.00.096 NIM : 30.2018.00.102

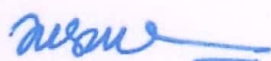
Judul : REDESAIN FONDASI PADA GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI  
UNISSULA SEMARANG

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	24 Februari 2022	
2	Seminar Proposal	27 Mei 2022	ACC
3	Pengumpulan data	25 Maret 2022	
4	Analisis data	26 Maret 2022	
5	Penyusunan laporan	30 Maret 2022	
6	Selesai laporan	16 Agustus 2022	ACC

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

Dosen Pembimbing Utama



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

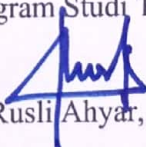
Dosen Pembimbing Pendamping



Lisa Fitriyana, ST., M.Eng

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Johari Ma'nun (30201800096)

Lambang Revaldo (30201800102)

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul: Redesain Fondasi Pada Gedung Fakultas Kedokteran Gigi UNISSULA Semarang.

Benar bebas plagiat dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka kami bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Juli 2022

Yang membuat pernyataan

Johari Ma'nun

Lambang Revaldo



## PERNYATAAN KEASLIAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Johari Ma'nun (30201800096)

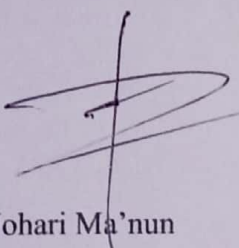
Lambang Revaldo (30201800102)

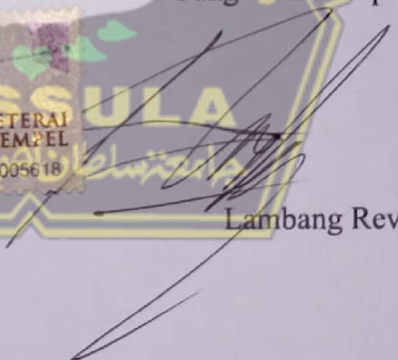
Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : Redesain Fondasi Pada Gedung Fakultas Kedokteran Gigi UNISSULA Semarang merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri. Kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain dan benar bebas dari plagiasi, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Juli 2022

Yang membuat pernyataan

  
Johari Ma'nun

  
Lambang Revaldo



## HALAMAN PERSETUJUAN

### REDESAIN FONDASI PADA GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI UNISSULA SEMARANG

Yang diajukan oleh:

JOHARI MA'NUN

NIM : 3.02.018.00096

LAMBANG REVALDO

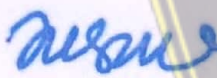
NIM : 3.02.018.00102

Telah disetujui oleh:

Tanggal, Juli 2022

Pembimbing I

Pembimbing II



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



Lisa Fitriyana, ST. M.Eng.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

## MOTTO

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

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

(Q.S Ali-Imron: 110)

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ وَإِذَا قِيلَ انشُرُوا فَانشُرُوا يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ

“Wahai orang-orang yang beriman! Apabila dikatakan kepadamu, “Berilah kelapangan di dalam majelis-majelis,” maka lapangkanlah, niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan, “Berdirilah kamu,” maka berdirilah, niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat. Dan Allah Mahateliti apa yang kamu kerjakan.”

(Q.S Al-Mujadalah: 11)

## PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, bapak Saefudin dan ibu Musaropah, atas semua do'a dan dukungan moral maupun material.
2. Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Ibu Lisa Fitriyana, ST. M.Eng selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Semua dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
5. Partner laporan tugas akhir Lambang Revaldo, terimakasih atas semangat dan tanggung jawabnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2018, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Semarang, Juli 2022

Penulis

**Johari Ma'nun**

**30.2018.00.096**



## PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, bapak Rohadi dan ibu Siti Erva Kurniyawati, atas semua do'a dan dukungan moral maupun material.
2. Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Ibu Lisa Fitriyana, ST. M.Eng selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Semua dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
5. Partner laporan tugas akhir Johari Ma'nun, terimakasih atas semangat dan tanggung jawabnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2018, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Semarang, Juli 2022

Penulis

**Lambang Revaldo**

**30.2018.00.102**

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya laporan Proposal Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tentang “Redesain Fondasi Pada Gedung Fakultas Kedokteran Gigi UNISSULA Semarang”. 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. Soedarsono, M.Si 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. Ibu Lisa Fitriyana, ST. M.Eng 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



# REDESAIN FONDASI PADA GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI UNISSULA SEMARANG

Oleh :

Johari Ma'nun<sup>1)</sup>, Lambang Revaldo<sup>1)</sup>, Soedarsono<sup>2)</sup>, Lisa Fitriyana<sup>2)</sup>

## ABSTRAK

Untuk menunjang pembelajaran mahasiswa, Unissula melakukan pembangunan gedung perkuliahan baru yang diharapkan dapat meningkatkan sarana pembelajaran yang lebih baik. Latar belakang tugas akhir ini yaitu bagaimana daya dukung fondasi *spun pile* jika diaplikasikan pada gedung FKG UNISSULA Semarang. Tujuan tugas akhir ini bertujuan untuk mendesain ulang fondasi pada gedung FKG UNISSULA Semarang menggunakan fondasi *spun pile*.

Permodelan struktur atas gedung menggunakan SAP2000 untuk memperoleh beban pada kolom gedung FKG Unissula Semarang. Metode yang digunakan adalah *Meyerhoff* 1956, metode *Brooms*, metode *Converse-labrare*, metode *Vesic* dan menggunakan *software* Plaxis.

Dari hasil perhitungan diperoleh beban terbesar yaitu 709,144 ton dan beban terkecil yaitu 151,798 ton. Perhitungan daya dukung fondasi diperoleh hasil daya dukung ijin sebesar 149,752 ton. Perhitungan penurunan fondasi tiang tunggal diperoleh penurunan sebesar 13,4 mm dan menggunakan plaxis diperoleh penurunan sebesar 13,3 mm. Perhitungan penurunan fondasi tiang kelompok menggunakan metode *vesic* diperoleh penurunan sebesar 38,4 mm, 28,8 mm, dan 26,8 mm. Hasil perhitungan *pile cap* pada P1 adalah berdimensi 5,6x3,8 m dengan tebal 1,2 m. Pada P2 adalah berdimensi 3,8x3,8 m dengan tebal 1 m. Pada P3 adalah berdimensi 3,5x2 m dengan tebal 1,1 m.

**Kata Kunci :** Fondasi, Daya Dukung, Penurunan, *Pile Cap*

<sup>1)</sup>Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA

<sup>2)</sup>Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil U NISSULA

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR .....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	vi
MOTTO .....	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
ABSTRAK.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Maksud Dan Tujuan.....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
1.6 Sisitematika Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Fondasi .....	4
2.1.1 Fondasi Dangkal .....	4
2.1.1.1 Fondasi Telapak .....	4
2.1.1.2 Fondasi Memanjang.....	5
2.1.1.3 Fondasi Rakit .....	5

2.1.2 Fondasi Dalam .....	6
2.1.2.1 Fondasi Sumuran.....	6
2.1.2.2 Fondasi Tiang.....	7
2.2 Pengertian Fondasi <i>Spun Pile</i> .....	7
2.3 Analisa Beban Struktur Atas Menggunakan SAP 2000.....	8
2.4 Distribusi Beban.....	8
2.4.1 Fondasi tiang dengan gesekan tanah ( <i>Friction Pile</i> ).....	8
2.4.2 Fondasi tiang dengan tahanan ujung ( <i>End Bearing Pile</i> ).....	9
2.5 Pembebanan .....	9
2.5.1 Beban Mati .....	9
2.5.2 Beban Hidup .....	10
2.6 Daya Dukung Aksial .....	10
2.6.1 Daya Dukung Menurut Data Lapangan .....	10
2.6.1.1 Kapasitas Daya Dukung dari Hasil Sondir.....	10
2.6.1.2 Kapasitas Daya Dukung dari data N-SPT Metode <i>Meyerhoff</i> (1956).....	13
2.7 Daya Dukung Lateral .....	14
2.7.1 Kapasitas Daya Dukung Lateral Metode <i>Brooms</i> (1964) .....	14
2.7.2 Mengecek Kekakuan pada Tiang Fondasi Akibat Beban Lateral.....	15
2.7.3 Pengecekan Untuk Keruntuhan Tanah Akibat Beban Lateral .....	15
2.7.4 Pengecekan untuk Nilai $H_u$ .....	15
2.8 Daya Dukung Kelompok Tiang .....	16
2.8.1 Jumlah Tiang <i>Spun Pile</i> .....	16
2.8.2 Jarak Tiang <i>Spun Pile</i> .....	16
2.8.3 Efisiensi Fondasi <i>Spun Pile</i> .....	17
2.9 Penurunan Elastis Tiang Tunggal .....	17
2.9.1 Penurunan Tiang tunggal Menggunakan <i>Plaxis</i> .....	19
2.9.2 Penurunan yang Diizinkan .....	19
2.10 Penurunan Elastis Tiang Kelompok Metode <i>Vesic</i> (1977) .....	20
2.11 Perhitungan <i>Pile Cap</i> .....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Pendahuluan .....	24

3.2 Data Umum .....	24
3.3 Data Teknis .....	25
3.4 Tahap Penelitian.....	25
BAB IV .....	27
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Tinjauan Umum .....	27
4.2 Permodelan Struktur Atas Menggunakan <i>Software</i> SAP2000 V.23.....	27
4.2.1 Beban Mati.....	27
4.2.2 Beban hidup ( <i>Live Load</i> ).....	28
4.2.3 Beban gempa.....	28
4.2.3.1 Faktor keamanan .....	28
4.2.3.2 Zona Wilayah Gempa .....	29
4.3 Daya Dukung Fondasi Tiang Tunggal.....	32
4.3.1 Metode <i>Meyerhoff</i> 1956.....	33
4.4 Daya Dukung Lateral .....	34
4.4.1 Metode <i>Brooms</i> 1964.....	35
4.5 Daya Dukung Fondasi Kelompok Tiang.....	37
4.5.1 Perhitungan untuk Metode <i>Reese &amp; Wright</i> 1977.....	37
4.5.2 Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Metode <i>Converse-labrare</i> .....	38
4.6 Penurunan Elastis Fondasi Tiang Tunggal Menggunakan Metode <i>Vesic</i> (1977).....	41
4.7 Penurunan Fondasi Tiang Tunggal Menggunakan Program <i>Plaxis</i> 8.6.....	43
4.8 Penurunan Elastis Pada Tiang Kelompok Menggunakan Metode <i>Vesic</i> (1977).....	51
4.9 Perhitungan <i>Pile Cap</i> .....	53
BAB V.....	79
KESIMPULAN DAN SARAN.....	79
5.1 Kesimpulan .....	79
5.2 Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA .....	81
LAMPIRAN.....	83

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Fondasi Telapak .....	5
Gambar 2. 2 Fondasi Memanjang atau menerus .....	5
Gambar 2. 3 Fondasi Rakit .....	6
Gambar 2. 4 Tiang.....	6
Gambar 2. 5 Tiang Pancang Beton Pra Cetak Bujur Sangkar.....	7
Gambar 2. 6 Fondasi Tiang <i>Spun Pile</i> .....	7
Gambar 2. 7 Tiang gesek .....	9
Gambar 2. 8 Tiang Dukung Ujung.....	9
Gambar 2. 9 Grafik Nilai Tahanan Momen Ultimit.....	16
Gambar 3. 1 Lokasi Proyek.....	24
Gambar 3. 2 Diagram Alir Pelaksanaan.....	26
Gambar 4. 1 Spektral Percepatan .....	30
Gambar 4. 2 Permodelan SAP2000 .....	31
Gambar 4. 3 Denah Fondasi.....	32
Gambar 4. 4 Menentukan satuan pada plaxis.....	44
Gambar 4. 5 Permodelan tanah dan fondasi.....	44
Gambar 4. 6 Penentuan tekanan positif dan negatif.....	45
Gambar 4. 7 Menentukan jenis material tanah.....	46
Gambar 4. 8 Menentukan material fondasi.....	46
Gambar 4. 9 Pembebanan diatas fondasi .....	47
Gambar 4. 10 Susunan jaringan antar elemen.....	47
Gambar 4. 11 Muka air tanah.....	48
Gambar 4. 12 Tekanan air pori .....	48
Gambar 4. 13 Tekanan air pori saat keadaan awal.....	49
Gambar 4. 14 Proses calculation .....	49
Gambar 4. 15 Pengaplikasian material fondasi.....	50
Gambar 4. 16 Pemberian beban diatas fondasi .....	50
Gambar 4. 17 Hasil perhitungan penurunan fondasi.....	51



Gambar 4. 18 Detail <i>pile cap</i> P7 .....	63
Gambar 4. 19 Potongan <i>pile cap</i> P7 .....	63
Gambar 4. 20 Detail <i>pile cap</i> P5 .....	69
Gambar 4. 21 Potongan <i>pile cap</i> P5 .....	69
Gambar 4. 22 Detail <i>pile cap</i> P3 .....	78
Gambar 4. 23 Potongan <i>pile cap</i> P3 .....	78



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor empirik $F_b$ dan $F_s$ .....	11
Tabel 2. 2 Faktor empirik $a_s$ .....	12
Tabel 2. 3 Nilai – nilai $n_h$ untuk tanah granuler ( $c=0$ ).....	14
Tabel 2. 4 Jenis Tanah.....	18
Tabel 2. 5 Nilai <i>Poisson's Ratio</i> .....	18
Tabel 4. 1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa ...	28
Tabel 4. 2 Faktor keutamaan gempa .....	29
Tabel 4. 3 Jarak (s).....	38
Tabel 4. 4 Hasil dari setiap tipe fondasi.....	40
Tabel 4. 5 Material tanah .....	43
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan <i>Pile Cap</i> .....	78



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Universitas Islam Sultan Agung Semarang (UNISSULA) adalah kampus swasta dengan akreditasi "A" oleh BAN-PT dan terakreditasi internasional oleh ASIC (*Accreditation Service for International Colleges*) United Kingdom serta terakreditasi ABEST21 (*the alliance on business education and scholarship for tomorrow*). UNISSULA menjadi salah satu kampus swasta favorit di Semarang dan juga merupakan salah satu universitas terkemuka di Indonesia dan tertua di Jawa Tengah yang berada di Semarang. Unissula mempunyai visi dan misi membangun generasi khairu ummah. Setiap tahun Unissula menerima mahasiswa baru dengan jumlah yang relatif banyak. Untuk menunjang pembelajaran mahasiswa, Unissula melakukan pembangunan gedung perkuliahan baru yang diharapkan dapat meningkatkan sarana pembelajaran yang lebih baik.

Proyek pembangunan gedung fakultas kedokteran gigi Unissula berada di Jl. Kaligawe Raya No.Km.4, Kota Semarang, Jawa Tengah. Gedung ini terdiri dari 6 lantai dan fondasi yang digunakan adalah fondasi tiang pancang (*concrete pile*) dengan penampang persegi. Tugas akhir ini bertujuan untuk merencanakan ulang fondasi menggunakan fondasi *spun pile*. Agar fondasi mampu menahan beban yang ada dan meminimalisir penurunan tanah maka dilakukan perencanaan yang baik. Menggunakan *software* SAP2000 untuk mencari beban bangunan dan menggunakan *software* Plaxis untuk menganalisis penurunan fondasi.

Berdasarkan paparan di atas, maka penyusunan Tugas Akhir ini mengambil judul “**Redesain Fondasi Pada Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula Semarang**”.

## 1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana pembebanan struktur atas dengan menggunakan program SAP 2000 v23.
- Menganalisis daya dukung fondasi *spun pile*.
- Menganalisis penurunan fondasi *spun pile*.

## 1.3 Batasan Masalah

- Merencanakan ulang fondasi dengan menggunakan fondasi *Spun Pile* pada Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula.
- Perhitungan struktur atas menggunakan *software* SAP2000v23.
- Perhitungan penurunan menggunakan *software* Plaxis.
- Perhitungan daya dukung menggunakan metode *meyerhof* 1956.

## 1.4 Maksud Dan Tujuan

- Mengetahui beban dari tiga kolom Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula menggunakan SAP2000v23.
- Mengetahui daya dukung fondasi *spun pile* tiang tunggal menggunakan metode *Meyerhoff* (1956). Mengetahui daya dukung lateral fondasi *spun pile* menggunakan metode *Brooms* (1964). Mengetahui daya dukung fondasi *spun pile* tiang kelompok menggunakan metode *Converse-labrare*.
- Mengetahui besar penurunan fondasi *spun pile* tiang tunggal menggunakan metode *Vesic* (1977) dan menggunakan *software* Plaxis. Mengetahui besar penurunan fondasi *spun pile* tiang kelompok menggunakan metode *Vesic* (1977).
- Mendesain *pile cap*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

- Berguna bagi upaya pengembangan Ilmu Geoteknik dalam bidang fondasi secara umum, khususnya untuk bidang Teknik Sipil.
- Menjadi gambaran dalam melakukan perencanaan pondasi, terutama fondasi dalam, bagi bangunan gedung bertingkat tinggi.

## 1.6 Sisitematika Penulisan

Dalam menyusun sistematika penulisan agar mempermudah penyusun untuk menyusun Tugas Akhir ini, penyusun membagi laporan dengan sistematika sebaga berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjabarkan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang mengenai landasan teori yang berkaitan dengan perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini menjabarkan tentang pengumpulan data dan menganalisis data pada penyusunan tugas akhir.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini menjabarkan tentang daya dukung, pengolahan data dan penurunan pondasi secara manual dan perhitungan menggunakan program Plaxis.

### **BAB V PENUTUP**

Pada bab ini memuat kesimpulan dan saran dari tujuan penelitian.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Fondasi**

Perencanaan konstruksi terdiri dari perencanaan struktur bawah dan struktur atas. Fondasi merupakan dari struktur yang berada di bawah tanah. Bangunan atas meliputi bagian-bagian struktur yang berada di atas tanah seperti kolom, balok, pelat dan lain-lain. Struktur bawah dan struktur atas sangat penting dalam suatu konstruksi.

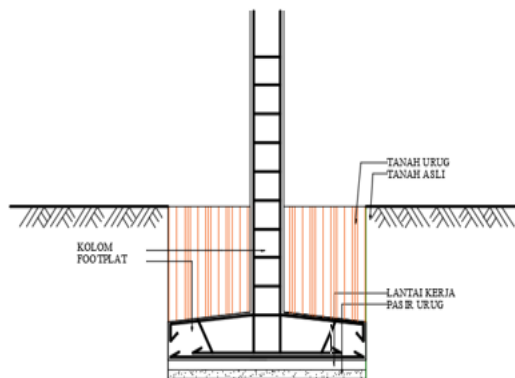
Fondasi adalah suatu struktur bawah bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan beban bangunan ke tanah. Secara global fondasi dibedakan menjadi dua jenis yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Yang dimaksud dengan fondasi dangkal adalah fondasi yang mampu menerima beban yang relatif kecil. Pengertian fondasi dalam adalah fondasi yang mampu menerima beban yang relatif besar dari suatu bangunan dan meneruskan beban tersebut ke lapisan tanah keras. Berikut ini adalah penjelasan mengenai jenis-jenis fondasi:

##### **2.1.1 Fondasi Dangkal**

Fondasi dangkal adalah fondasi yang kedalamannya relatif dangkal. Umumnya kedalaman pondasi ini hanya sekitar 3 meter. Fondasi ini sering digunakan pada wilayah yang kondisi tanahnya kuat untuk menampung beban bangunan. Berikut jenis-jenis fondasi dangkal.

###### **2.1.1.1 Fondasi Telapak**

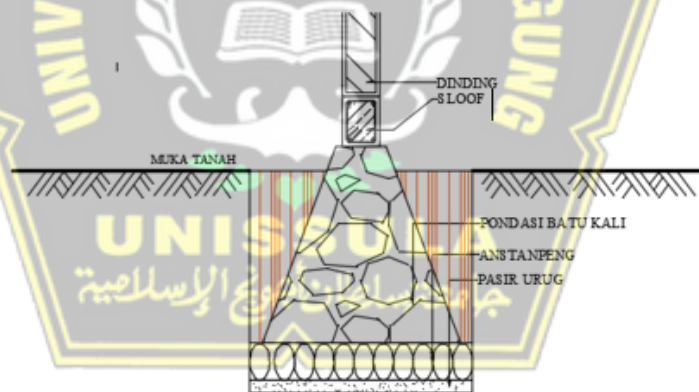
Fondasi telapak adalah fondasi dangkal yang bertujuan untuk menahan beban terpusat dari kolom-kolom bangunan yang pelaksanaannya sejajar dengan titik-titik kolom bangunan. Fondasi telapak biasanya berbentuk persegi dan dibuat menggunakan beton bertulang. Penerapan fondasi ini terdapat pada bangunan tempat tinggal, gedung bertingkat, dan gudang. Gambar fondasi telapak bisa dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Fondasi Telapak (Hardiyatmo, 1985)

### 2.1.1.2 Fondasi Memanjang

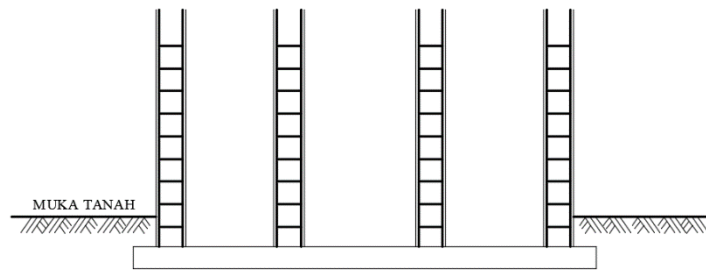
Fondasi memanjang atau sering disebut fondasi batu kali yang digunakan untuk mendukung struktur dinding memanjang dan kolom yang relatif berdekatan. Bahan utama fondasi ini menggunakan batu pecah atau batu kali dengan pengerjaannya cor beton tanpa tulangan. Gambar fondasi memanjang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Fondasi Memanjang atau menerus (Hardiyatmo, 1985)

### 2.1.1.3 Fondasi Rakit

Fondasi rakit digunakan dalam konstruksi jika bangunan tersebut berada di atas tanah lunak atau di atas tanah yang memiliki daya dukung tanah yang rendah. Gambar fondasi rakit dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Fondasi Rakit (Hardiyatmo, 1985)

## 2.1.2 Fondasi Dalam

Fondasi dalam merupakan struktur bawah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah keras yang berada jauh dari permukaan tanah. Suatu fondasi dapat dikategorikan sebagai fondasi dalam apabila perbandingan antara kedalaman dengan lebar fondasi lebih dari sepuluh ( $Df/B > 10$ ). Berikut jenis-jenis fondasi dalam.

### 2.1.2.1 Fondasi Sumuran

Fondasi sumuran adalah fondasi yang struktur utamanya berupa pipa beton yang ditanam di dalam tanah untuk membuat sumur. Pekerjaan fondasi ini dilakukan dengan menggunakan batu pecah dan beton sebagai pengisinya. Penggunaan fondasi ini diterapkan pada daerah konstruksi yang lapisan tanah kerasnya cukup dalam. Gambar fondasi sumuran bisa dilihat pada Gambar 2.4.

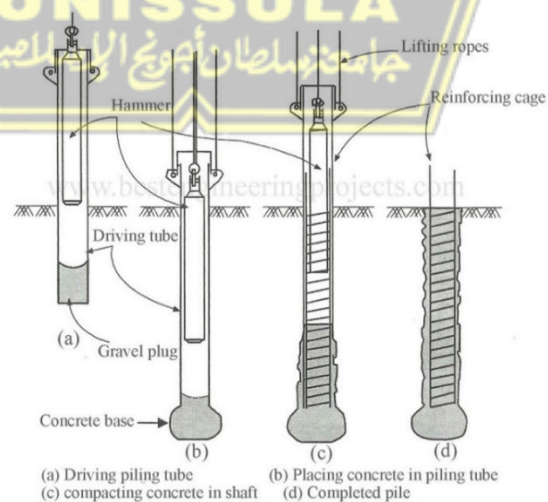


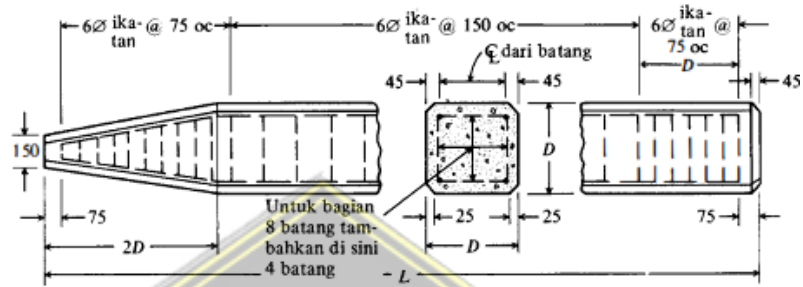
Fig 1 Stage in Installing a Franki Pile

Gambar 2. 4 Tiang Franki (Hardiyatmo, 2008)



### 2.1.2.2 Fondasi Tiang

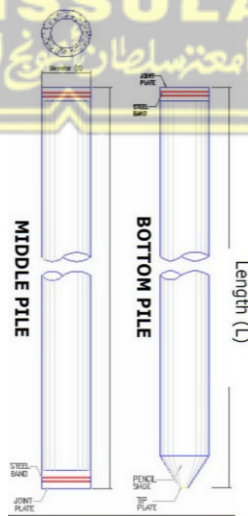
Fondasi tiang adalah fondasi yang digunakan pada bangunan konstruksi jika kedalaman tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi ini cocok digunakan pada konstruksi bertingkat yang gayanya dipengaruhi oleh beban horizontal. Gambar fondasi tiang bisa dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Tiang Pancang *Precast* (Bowles, 1999)

### 2.2 Pengertian Fondasi *Spun Pile*

Fondasi *spun pile* merupakan salah satu jenis fondasi tiang pancang pra cetak yang paling sering dipakai dalam dunia konstruksi yang terbuat dari beton bertulang yang biasa digunakan untuk membangun bangunan besar seperti perkantoran dan hotel. Dari segi bentuknya, jenis fondasi *spun pile* berbentuk lingkaran dengan terdapat rongga didalamnya. Gambar fondasi *spun pile* bisa dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Fondasi Tiang *Spun Pile*

### **2.3 Analisa Beban Struktur Atas Menggunakan SAP 2000**

Analisa beban pada Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unisula menggunakan program SAP 2000 untuk mengetahui gaya aksial pada setiap kolom gedung tersebut. *Output* pada program SAP 2000 digunakan untuk acuan kapasitas dukung fondasi.

Program SAP 2000 ini memiliki beberapa kelebihan, terutama dalam perancangan struktur baja dan beton, dalam perancangan struktur baja SAP 2000 dapat merancang elemen struktur dengan menggunakan profil baja yang optimal dan seekonomis mungkin, sehingga dalam penggunaannya tidak perlu menentukan elemen awal dengan profil pilihannya, tetapi cukup memberikan data profil dari database yang ada pada SAP 2000, dan ini hanya berlaku untuk perancangan struktur baja, sedangkan untuk perancangan struktur beton kita tetap harus menentukan elemen awal sebagai asumsi awal perancangan yang kemudian nanti diperoleh luas tulangan totalnya.

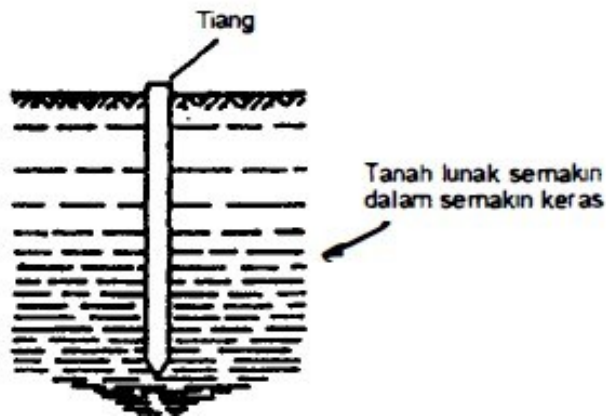
Metode pembebanan menggunakan pedoman SNI 1727-1989 perencanaan untuk rumah dan gedung, perhitungan struktur beton menggunakan SNI 2847-2013 untuk bangunan gedung, dan perencanaan beban gempa menggunakan SNI 1726-2012 untuk bangunan gedung.

### **2.4 Distribusi Beban**

Menurut penyaluran beban ke tanah, distribusi fondasi dibagi menjadi 2 macam, antara lain :

#### **2.4.1 Fondasi tiang dengan gesekan tanah (*Friction Pile*)**

Fondasi tiang yang meneruskan beban yang telah ditentukan oleh gesekan antara selimut tiang dengan tanah di sekelilingnya. Seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Tiang gesek (Hardiyatmo, 2008)

#### 2.4.2 Fondasi tiang dengan tahanan ujung (*End Bearing Pile*)

Fondasi tiang yang kapasitasnya dukungannya oleh tahanan ujung tiang. Tiang dipancang sampai mendapatkan lapisan tanah keras. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Tiang Dukung Ujung (Hardiyatmo, 2008)

### 2.5 Pembebanan

Pembebanan adalah salah satu hal penting dalam perencanaan suatu bangunan.. Pembebanan pada suatu bangunan dibagi menjadi tiga, yaitu:

#### 2.5.1 Beban Mati

Komponen struktur tetap dan tambahan yang ada pada setiap struktur dapat disebut sebagai beban mati. Beban mati ialah berat total beban arsitektural pada bangunan gedung, meliputi plafon, pelat, balok, kolom, tangga dan *finishing*.

## 2.5.2 Beban Hidup

Semua gerakan yang dilakukan pada suatu bangunan dapat disebut beban hidup. Untuk mengacu beban hidup maka dapat mengacu pada SNI 1727-2020.

## 2.6 Daya Dukung Aksial

Daya dukung aksial adalah kemampuan tanah untuk menahan gaya-gaya luar yang tegak lurus terhadap arah pondasi. Untuk mendapatkan nilai daya dukung aksial, perlu diperoleh hasil sondir dan N-SPT dari data lapangan dan data laboratorium.

### 2.6.1 Daya Dukung Menurut Data Lapangan

Daya dukung menurut data lapangan dapat dibedakan menjadi dua yaitu data sondir dan data N-SPT. Perhitungan berikut digunakan menentukan daya dukung beban dari data lapangan:

#### 2.6.1.1 Kapasitas Daya Dukung dari Hasil Sondir

Uji Lapangan Sondir atau dikenal juga dengan *Cone Penetration Test* (CPT) pertama kali dilakukan, sehingga menghasilkan perbedaan dari geoteknik itu sendiri. Pengujian ini sederhana, cepat hasilnya, biaya rendah, dan dapat dilakukan di lapangan, dengan pengukuran yang dilakukan secara bertahap dari permukaan bawah. Data ini diperlukan untuk menghitung rencana daya dukung untuk desain pondasi tiang. Untuk menentukan kapasitas  $Q_u$  tiang dipengaruhi oleh Persamaan (2.1):

$$Q_u = Q_b + Q_s + q_b A_b + f_x A_s \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana ;

$Q_u$  = kapasitas dukung ultimit tiang ( kN)

$Q_b$  = Tahanan ujung ultimit (kN)

$A_b$  = Luas ujung bawah tiang (m<sup>2</sup>)

$A_s$  = Luas selimut tiang (m<sup>2</sup>)

$F_b$  = Tahanan ujung satuan tiang (kN/m)

$F_s$  = tahanan gesek satuan tiang (kN/m)

Ada dua metode yang bisa digunakan untuk merencanakan fondasi tiang, di antaranya sebagai berikut:

a. Metode Aoki dan De Alencar

Kapasitas dukung ultimit dari data Sondir, menurut Aoki dan Alencer mempunyai persamaan solusi. Berikut cara mencari kapasitas daya dukung ujung dengan Persamaan (2.2):

$$Q_b = \frac{q_{ca}(base)}{F_b} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

$q_{ca}(base)$  = Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang, 1,5D dibawah tiang

$F_b$  = empiric tahanan ujung tergantung tipe tiang

Tahanan kulit persatuan luas ( $f$ ), memiliki persamaan disebutkan pada Persamaan (2.3):

$$F = q_c (side) \frac{F_s}{F_b} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$q_c (side)$  = Perlawanan konus rata-rata pada masing lapisan sepanjang tiang

$F_s$  = Faktor empiric tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang

$F_b$  = Faktor empiric tahanan ujung tiang yang tergantung pada tipe tiang

Faktor empirik  $F_b$  dan  $F_s$  dapat dilihat di Tabel 2.1 dan nilai faktor empirik  $a_s$  bisa dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Faktor empirik  $F_b$  dan  $F_s$

Tipe Tiang Pancang	$F_b$	$F_s$
Tiang Bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

Tabel 2. 2 Faktor empirik  $a_s$

Tipe Tanah	$A_s$ (%)	Tipe Tanah	$A_s$ (%)	Tipe Tanah	$A_s$ (%)
Pasir	1,4	Pasir berlanau	2,21	Lempung berpasir	2,4
Pasir kelanauan	2,0	Pasir dengan lempung	2,8	Lempung berpasir dengan lanau	2,8
Pasir elanauan dengan lempung	2,4	Lanau	3,0	Lempung berlanau dengan pasir	3,0
Pasir berlempung dengan lanau	2,8	Lanau berlempung dengan pasir	3,0	Lempung berlanau	4,0
Pasir berlempung	3,0	Lanau berlempung	3,4	Lempung	6,0

(Sumber: *Repostory Unissula*, 2021)

Nilai  $a_s \text{ sand} = 1,4\%$ , nilai  $a_s \text{ silt} = 3\%$  dan nilai  $a_s \text{ clay} = 1,4\%$ .

b. Metode Langsung

*Meyerhoff*, *Tomlinson*, dan *Begemann* mempopulerkan metode langsung ini sebagai pada ahli tanah. Untuk rumus daya dukung ijin pada fondasi tiang bisa dilihat pada Persamaan (2.4):

$$Q_u \text{ Ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times Kt}{3} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

- $Q_{allowed}$  = Daya dukung ijin (kg)
- $q_c$  = Tahanan ujung tiang (kg/cm<sup>2</sup>)
- $A_p$  = Luas penampang ujung tiang (cm<sup>2</sup>)
- $JHL$  = Tahanan geser sepanjang tiang (kg/cm<sup>2</sup>)
- $K$  = keliling tiang (cm)

Untuk harga tekan konus atau nilai tahanan ujung bervariasi sesuai kedalaman merupakan dari hasil pengujian sondir tersebut. Oleh karena itu pemilihan nilai  $q_c$  untuk daya dukung pada ujung tiang kurang tepat.

Ada beberapa pertimbangan untuk menentukan daya dukung ujung tiang.

Menurut *Meyerhoff*:

$q_p = q_c \rightarrow$  Untuk keperluan praktis.

$$q_p = \left(\frac{2}{3} - \frac{3}{2}\right) q_c \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

$q_p$  = Tahanan ujung ultimit

$q_c$  = Nilai tahanan ujung konus dalam daerah 2D dibawah ujung tiang

**2.6.1.2 Kapasitas Daya Dukung dari data N-SPT Metode *Meyerhoff* (1956)**

Korelasi daya dukung tiang dengan hasil uji SPT yang diusulkan oleh *Meyerhoff* berdasarkan penyelidikan yang dilakukan pada fondasi tiang pancang yang tertanam pada tanah lempung berpasir halus. Untuk mencari daya dukung ultimit maka dapat dilihat Persamaan (2.6).

$$Q_u = m \times N_p \times A_p + n \times \tilde{N} \times A_s \dots \dots \dots (2.6)$$

Nilai  $m = 40$  untuk tanah non kohesif sedangkan  $m = 20$  untuk tanah kohesif dan nilai  $n = 0,2$  untuk koefisien perlawanan gesek tiang pada tanah lempung kepasiran sedangkan  $n = 0,5$  pada tanah kelanauan. Sehingga Persamaan daya dukung ujung (2.7) menjadi:

$$Q_p = 20 \times \tilde{N}_p \times A_p \dots \dots \dots (2.7)$$

Dan Persamaan daya dukung selimut tiang (2.8) menjadi :

$$Q_s = 0,5 \times \tilde{N} \times A_s \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana,

$$\tilde{N}_p = (N_1 + N_2) / 2$$

$N_1$  = nilai NSPT pada ujung tiang yaitu nilai NSPT rata-rata 1D dibawah dasar tiang

$N_2$  = nilai rata-rata NSPT sepanjang 4D diatas dasar tiang

$A_p$  = luas penampang pada dasar tiang ( $m^2$ )

$\tilde{N}$  = nilai rata-rata NSPT sepanjang tiang

$A_s$  = luas selimut tiang ( $m^2$ )

## 2.7 Daya Dukung Lateral

Daya dukung lateral merupakan kemampuan tanah dibawah fondasi untuk menahan gaya-gaya luar yang bekerja dengan arah sejajar terhadap fondasi tersebut. Untuk mendapatkan daya dukung lateral, dapat menggunakan metode *Brooms* (1964).

### 2.7.1 Kapasitas Daya Dukung Lateral Metode *Brooms* (1964)

Untuk perhitungan kapasitas daya dukung lateral ini menggunakan metode *Brooms*. Pada penelitian ini menggunakan jenis tanah lempung (*clay*) dan nilai-nilainya dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Nilai  $n_h$  tanah granuler ( $c=0$ )

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

Jenis Tanah	$N_h$ ( $\text{kN/m}^3$ )	Sedang
Lempung terkonsolidasi	166-3518	Reese dan Matlock (1956)
Normal lunak	277-554	Davisson-Prakash (1963)
Lempung terkonsolidasi	111-277	Peck dan davisson (1962)
Normal organik	111-831	Davisson (1970)
Gambut	55	Davisson (1970)
	27,7-111	Wilson dan Hitls (1967)
<i>Loess</i>	8033-11080	Bowles (1968)



### 2.7.2 Mengecek Kekakuan pada Tiang Fondasi Akibat Beban Lateral

Untuk mengecek kekakuan tiang fondasi yang diakibatkan oleh beban lateral maka digunakan Persamaan (2.9) dan (2.10):

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

$$I = \frac{1}{6} \times \pi \times (D)^4 \dots\dots\dots(2.10)$$

Untuk Faktor Kekakuan Tanah (T) dapat menggunakan persamaan (2.11):

$$T = \left(\frac{E_p \times p}{n_h}\right) \times 0.2 \dots\dots\dots(2.11)$$

### 2.7.3 Pengecekan Untuk Keruntuhan Tanah Akibat Beban Lateral

Momen maks atau maksimum yang dibatasi dari fondasi dapat dihitung untuk menentukan apakah tanah runtuh atau tidak yang disebabkan oleh beban lateral. Jika tanah didesak secara lateral, tanahnya tidak akan longsor

$$M_{max} = B \times \gamma \times L^3$$

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

### 2.7.4 Pengecekan untuk Nilai $H_u$

Untuk mengecek nilai  $H_u$  atau tahanan momen ultimit dapat menggunakan Persamaan (2.13) dan untuk Persamaan H ijin (2.14):

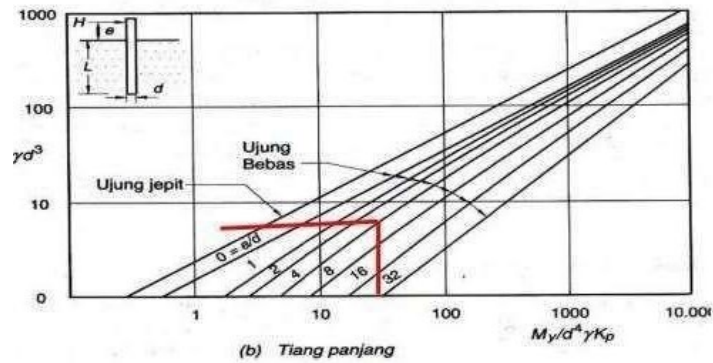
$$f = 0,82 \frac{H_u}{\sqrt{D \times K_p \times v}} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$H_u = \frac{2 M_y}{e + \frac{2f}{3}} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$H \text{ Ijin} = \frac{H_u}{SF} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\text{Tahanan Momen Ultimit} = \frac{M_u}{D^4 \times v \times k_p} \dots\dots\dots(2.15)$$

Untuk mencari nilai  $H_u$  (tahanan momen ultimit) dapat memakai *chart* pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Grafik Nilai Tahanan Momen Ultimit

Perhitungan pada tahanan lateral izin disajikan pada Persamaan (2.16):

$$5,2 = \frac{Hu}{K_p \times D \times D^2} \dots\dots\dots(2.16)$$

### 2.8 Daya Dukung Kelompok Tiang

Kelompok tiang adalah gabungan dari beberapa tiang pancang. Berikut tahapan untuk merencanakan kelompok tiang.

#### 2.8.1 Jumlah Tiang *Spun Pile*

Penentuan jumlah tiang didasarkan pada beban tetap yang bekerja pada fondasi. Kapasitas dukung ijin tiang dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.17):

$$n = \frac{p}{Q_u} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan :

P = beban tetap yang bekerja (ton)

Q<sub>u</sub> = kapasitas dukung ijin tiang (ton)

#### 2.8.2 Jarak Tiang *Spun Pile*

Jarak antar tiang mempengaruhi beberapa faktor salah satunya yaitu daya dukung grup tiang, maka untuk dapat mentransfer beban dengan baik ke lapisan tanah diberikan batas minimal 3D. Menurut buku pedoman mendirikan bangunan gedung SKBI – 1987, jarak antar tiang ( s ) adalah 2,5D – 3D, dengan D adalah diameter tiang. Jika menggunakan aturan pada pedoman SKBI – 1987 tidak mendapatkan efisiensi yang diinginkan maka dapat menggunakan aturan batas minimal 3D.

### 2.8.3 Efisiensi Fondasi *Spun Pile*

Efisiensi fondasi tiang kelompok bertujuan untuk mengetahui daya dukung fondasi tiang kelompok. Efisiensi dapat dihitung menggunakan metode *Converze – Labarre* sebagai berikut (2.18):

$$E_g = 1 - \frac{(m-1) \cdot n + (n-1) \cdot m}{90^\circ \cdot m \cdot n} \theta \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan :

- m = Jumlah baris tiang
- n = Jumlah tiang dalam satu baris
- $\theta = \text{arc tg } \frac{d}{s}$  ( dalam derajat )
- d = Diameter tiang
- s = Jarak antar pusat tiang

### 2.9 Penurunan Elastis Tiang Tunggal

Metode transfer dapat digunakan untuk menganalisis penurunan tiang serta distribusi beban pada tiang fondasi tersebut. Untuk penurunan elastis fondasi menurut *Vesic* (1977) dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.19) dan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5:

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \dots\dots\dots(2.19)$$

Nilai  $S_{e(1)}$ ,  $S_{e(2)}$ ,  $S_{e(3)}$  dapat diperoleh dari rumus berikut:

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \epsilon Q_{ws})L}{A_p E_p} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$S_{e(2)} = \frac{Q_{wp} \times C_p}{D \times q_p} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$S_{e(3)} = \frac{Q_{ws} \times C_s}{L \times q_p} \dots\dots\dots(2.22)$$

- $S_e$  = Total penurunan tiang pancang (mm).
- $S_{e(1)}$  = Penurunan elastis tiang pancang (mm).
- $S_{e(2)}$  = Penurunan tiang pancang dikarenakan beban pada ujung tiang (mm).
- $S_{e(3)}$  = Penurunan tiang pancang dikarenakan beban yang ditransmisikan sepanjang kulit tiang (mm).

Tabel 2. 4 Jenis Tanah

Macam Tanah	E (kN/m <sup>2</sup> )
Lempung	
Sangat Lunak	300 – 3000
Lunak	200 – 4000
Sedang	4500 – 9000
Keras	7000 – 20000
Berpasir	30000 – 42500
Pasir	
Berlanau	5000 – 20000
Tidak Padat	10000 – 25000
Padat	50000 - 100000
Pasir dan Kerikil	
Padat	80000 – 200000
Tidak Padat	50000 – 140000
Lanau	2000 – 20000
<i>Loose</i>	15000 – 60000
Serpih	140000 – 1400000

(Sumber: Hardiyatmo, 2011)

Tabel 2. 5 Nilai *Poisson's Ratio*

Jenis Tanah	<i>Poisson's Ratio</i>
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 – 0,1
Batuan	0,1 – 0,4
Umum dipakai	0,3 – 0,4

(Sumber: Das, 1998)

Asal persamaan diatas, total *settlement* pada tiang fondasi tunggal bisa diketahui. Pada penurunan fondasi tiang wajib memperhatikan beberapa

batasan, supaya *settlement* tidak melebihi dari nilai yang diizinkan. Untuk mengetahui besar nilai *settlement* yang diizinkan, dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$S_{ijin} = 10\% x$$

Dimana nilai D mengacu pada diameter fondasi. Nilai total *settlement* lebih kecil dari nilai yang diijinkan.

### 2.9.1 Penurunan Tiang tunggal Menggunakan Plaxis

Untuk menghitung penurunan tiang tunggal pada gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula digunakan *software* Plaxis. Plaxis adalah sebuah *software* elemen hingga untuk menganalisis deformasi dan stabilitas dalam rekayasa geoteknik. Prosedur pembuatan model yang mudah memungkinkan pembuatan suatu model elemen hingga dapat dilakukan dengan cepat dan lebih akurat dan mendetil.

Metode elemen hingga itu sendiri merupakan metode numerik agar mendapatkan jawaban untuk masalah yang ditemui pada analisis teknik. Peningkatan penggunaan komputer ialah sebagai alat desain untuk menghasilkan hasil yang akurat, perlu untuk para pengguna memiliki pengetahuan yang cukup agar dapat menyelesaikan permasalahan di plaxis terutama tentang metode elemen hingga.

### 2.9.2 Penurunan yang Diizinkan

Ada beberapa faktor yang bisa ditinjau untuk *settlement* yang diizinkan dari suatu bangunan itu sendiri. Faktor yang dimaksud yaitu jenis bangunan, tinggi bangunan, dan fungsi pada bangunan, serta seberapa besar bangunan lalu seberapa cepat penurunan yang terjadi dan distribusinya. Kemungkinan struktur akan mampu mengatasi penurunan tergantung dengan waktu penurunan itu sendiri, jika semakin lambat penurunan maka semakin besar potensi struktur menahan beban. Oleh karena itu, pada tanah berpasir dan tanah lempung untuk kriterianya bisa berbeda.

Untuk penurunan maksimum bisa diasumsi dengan ketepatan yang sama, dan biasanya berkolrelasi antara penurunan maksimum dengan penurunan yang diizinkan. Untuk penurunan yang aman ada syaratnya sebagai berikut:

Penurunan total  $\leq$  penurunan ijin

$$S_{\text{Ijin}} = 10\% \times \text{Diameter tiang}$$

### 2.10 Penurunan Elastis Tiang Kelompok Metode *Vesic* (1977)

Untuk mencari penurunan elastis pada fondasi tiang kelompok maka dapat menggunakan metode *Vesic*. Berikut adalah Persamaan metode *Vesic* (2.23).

$$S_g = S_e \times \sqrt{\frac{S_g}{D}} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

$S_g$  = Penurunan fondasi tiang kelompok (m)

$S_e$  = Total penurunan tiang pancang (m)

$B_g$  = Jarak antar tepi kelompok tiang (m)

$D$  = Diameter (m)

### 2.11 Perhitungan *Pile Cap*

*Pile cap* berfungsi untuk mengikat atau mengelompokkan tiang pancang dan meneruskan beban dari kolom ke tiang pancang. Perhitungan *pile cap* menggunakan SNI 2847-2019. Berikut adalah tahapan perhitungan *pile cap*.

#### 1. Geser Satu Arah

Geser satu arah adalah gaya geser yang terjadi pada satu arah pada daerah pembebanan. Berikut adalah rumus untuk mencari besar gaya geser satu arah.

$$V_u = \sigma \times L \times G' \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\sigma = P/A \text{ (ton/m)} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$A = \text{Luas penampang } \textit{pile cap} \text{ (m}^2\text{)} = \text{panjang X x Y} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$G' = \text{Daerah pembebanan untuk geser satu arah} \\ = L - (L/2 + \text{lebar kolom}/2 + d) \text{ (mm)} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$d = \text{Tebal efektif } \textit{pile cap} \text{ (mm)} \\ = \text{Asumsi tebal – selimut beton} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$\phi V_c = 1/6 \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$\phi V_c$  harus lebih besar dari  $V_u =$  (oke)

dimana:

- P = Beban pada kolom (ton)
- L = Panjang arah X atau Y (mm)
- $\phi$  = 0,75
- $f_c'$  = Mutu beton (Mpa)
- b = Panjang *pile cap* X atau Y (mm)
- d = asumsi tebal – selimut beton

## 2. Geser Dua Arah

Geser dua arah adalah gaya geser yang terjadi pada dua arah pada daerah pembebanan. Berikut adalah rumus untuk mencari besar gaya geser dua arah.

$$V_{c1} = 0,17 \times (1 + 2/\beta_c) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \text{ (ton)} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$V_{c2} = 0,083 \times (a_s \times d / b_o + 2) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \text{ (ton)} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$V_{c3} = 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \dots\dots\dots(2.31)$$

$V_c$  diambil yang paling kecil

$$V_u = \sigma \times (L^2 - B'^2)$$

$V_c$  harus lebih besar dari  $V_u$  = (oke)

Dimana:

- $\sigma$  = P/A (ton/m)
- $B'$  = Keliling kritis  
=  $c + d$  (mm)
- c = Lebar kolom X atau Y (mm)
- d = Tebal efektif (mm)
- $b_o$  =  $4 \times B'$  (mm)
- $\beta_c$  = Panjang kolom X / Y = 1
- $\lambda$  = Karena beton normal maka nilainya 1
- d = Tebal efektif (mm)
- $f_c'$  = Mutu beton (Mpa)
- b = Panjang *pile cap* X atau Y (mm)

$a_s$  = Karena letak kolom di tengah *pile cap* maka nilainya 40

### 3. Perhitungan tulangan Lentur

Lebar penampang kritis

$P$  = Beban kolom (ton)

$n_s$  = Jumlah tiang pancang

$s$  = Jarak antar tiang pancang (m)

$\phi$  = memiliki nilai 0,9

$b$  = panjang *pile cap* X atau Y (m)

$d$  = Tebal efektif *pile cap* (m)

$B$  = (Lebar *pile cap* X atau Y / 2) – (Lebar kolom / 2)

$q'$  = Berat *pile cap* pada penampang

=  $\gamma$  beton x lebar *pile cap* x tebal *pile cap* (kgm)

$$M_{u1} = 2 \times (P / n_s \times s) - 0,5 \times q' \times B^2 \text{ (kNm)} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$R_n = M_u / \phi \times b \times d^2 \dots\dots\dots(2.33)$$

$$\rho_{perlu} = 0,85 \times f_c' \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / 0,85 \times f_c'}) \dots\dots\dots(2.34)$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d \dots\dots\dots(2.35)$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,0018 \times b \times \text{tebal selimut (mm}^2) \dots\dots\dots(2.36)$$

Antara  $A_{s \text{ perlu}}$  dan  $A_{s \text{ min}}$  pilih yang paling besar

Penulangan Tarik:

Jumlah tulangan = panjang X atau Y / jarak antar tulangan

$$A_{s \text{ tulangan}} = 0,25 \times \pi \times D_{\text{tulangan}} \times \text{jumlah tulangan}$$

$A_{s \text{ tulangan}}$  harus lebih besar dari  $A_{s \text{ perlu}}$  atau  $A_{s \text{ min}}$

$$\Sigma H = 0$$

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$

$$a = (A_s \times f_y) / 0,85 \times f_c' \times b \text{ (mm)} \dots\dots\dots(2.37)$$

$$c = a / \beta_1 \text{ (mm)} \dots\dots\dots(2.38)$$

Kontrol:



$$\epsilon_s = (d - c) / c \times \epsilon_c \dots \dots \dots (2.39)$$

nilai  $\epsilon_s$  harus lebih dari  $f_y / E_s$  maka (oke) baja mencapai leleh

$\epsilon_s > 0,005$  maka bisa menggunakan  $\phi = 0,9$

$$M_n = 0,85 \times f_c' \times a \times b \times (d - a / 2) \text{ (kNm)} \dots \dots \dots (2.40)$$

$$M_{u2} = \phi \times M_n \text{ (kNm)} \dots \dots \dots (2.41)$$

$M_{u1} < M_{u2}$  (oke)

Penulangan Desak:

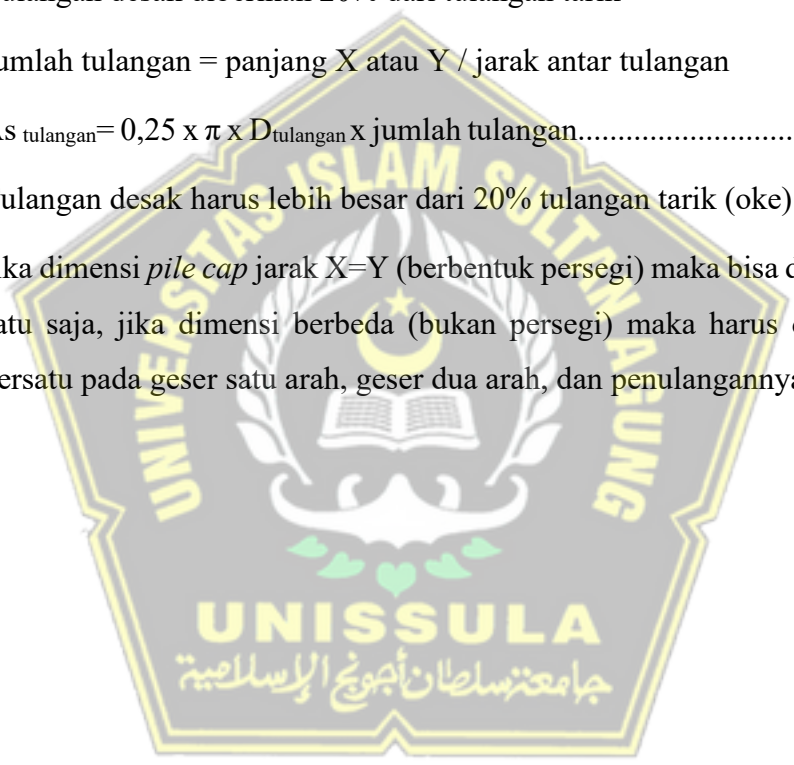
Tulangan desak diberikan 20% dari tulangan tarik

Jumlah tulangan = panjang X atau Y / jarak antar tulangan

$$A_s \text{ tulangan} = 0,25 \times \pi \times D_{\text{tulangan}} \times \text{jumlah tulangan} \dots \dots \dots (2.42)$$

Tulangan desak harus lebih besar dari 20% tulangan tarik (oke)

Jika dimensi *pile cap* jarak X=Y (berbentuk persegi) maka bisa dihitung salah satu saja, jika dimensi berbeda (bukan persegi) maka harus dihitung satu persatu pada geser satu arah, geser dua arah, dan penulangannya.

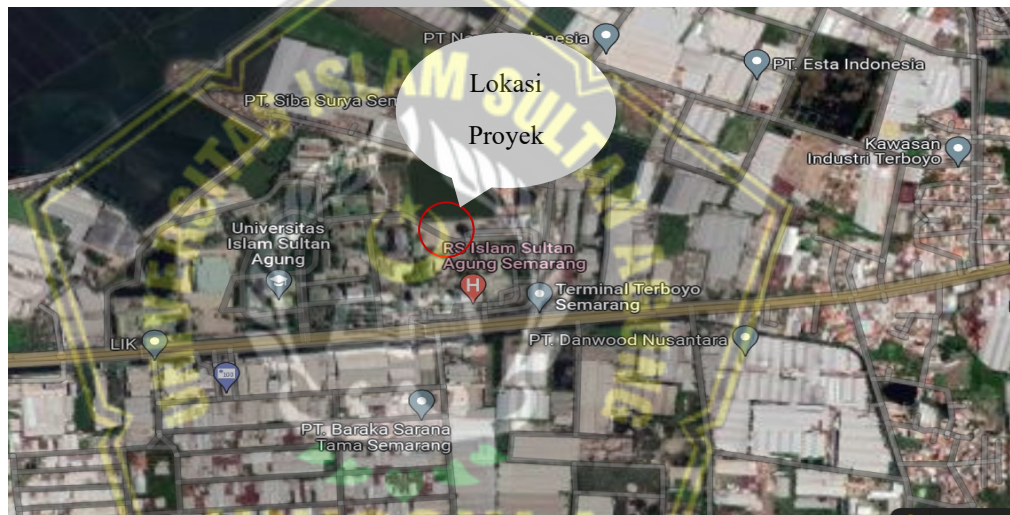


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Pendahuluan

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini yaitu merencanakan ulang fondasi gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula yang terdiri dari 6 lantai. Analisis beban bangunan dengan menggunakan *software* SAP 2000 untuk mengetahui besarnya beban pada tiga kolom. Fondasi yang akan direncanakan yaitu fondasi *spun pile*. Untuk perhitungan penurunan fondasi dilakukan secara manual dan menggunakan program Plaxis 2 dimensi versi 8.6.



Gambar 3. 1 Lokasi Proyek

#### 3.2 Data Umum

Data umum dari proyek Pembangunan Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula adalah sebagai berikut:

1. Nama Proyek : Pembangunan Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula
2. Lokasi Proyek : Jl. Kaligawe Raya no. KM.4, Semarang, Jawa Tengah
3. Pemilik Proyek : Yayasan Badan Wakaf Sultan Agung
4. Tim Pembangunan : Yayasan Badan Wakaf Sultan Agung

5. Konsultan Perencana : PT. Studi Teknik Konsultan

### 3.3 Data Teknis

Berikut adalah data yang ada di lapangan:

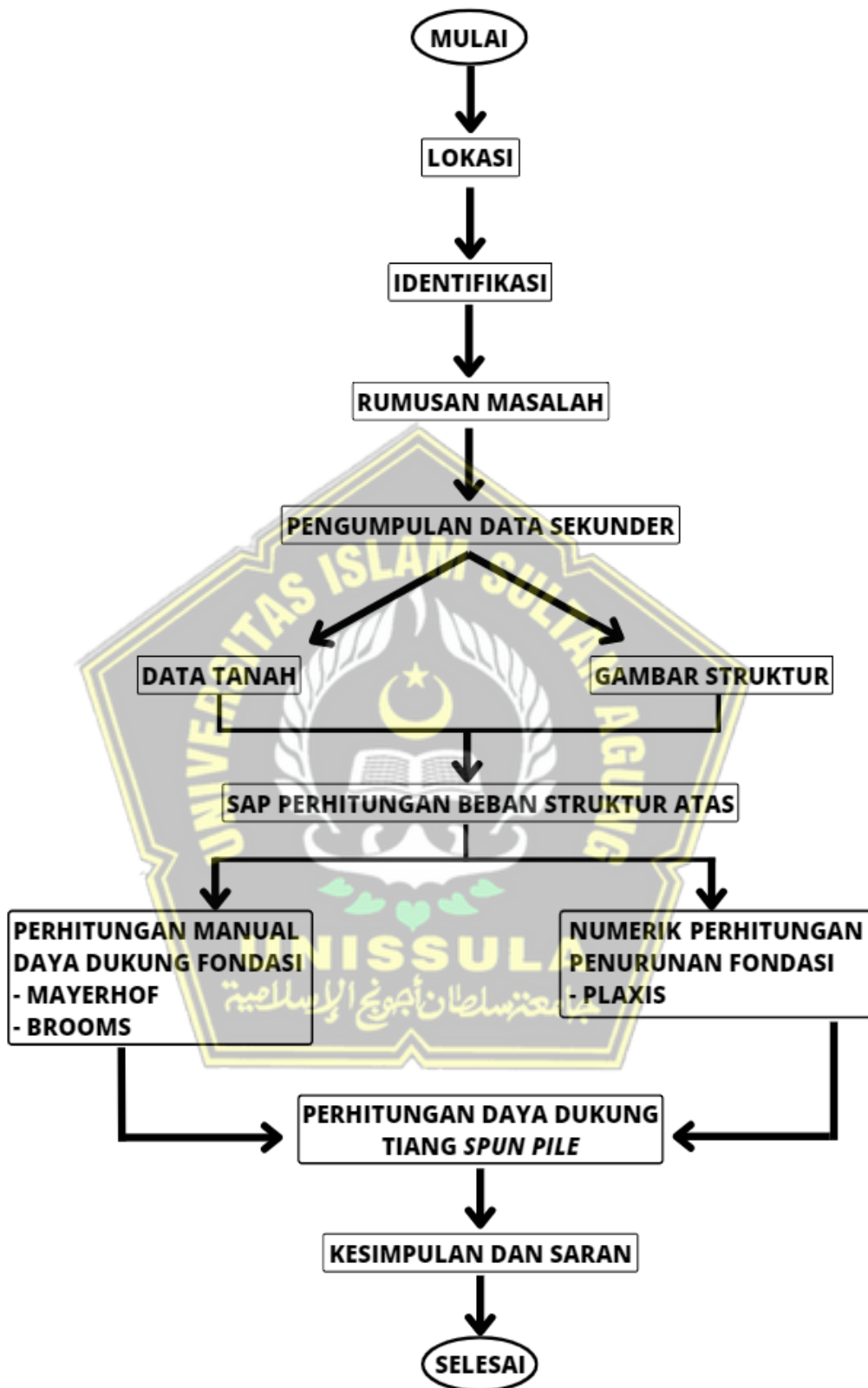
1. Kedalaman tiang pancang beton : 45 m
2. Diameter tiang pancang beton : 40 x 40 cm
3. Mutu beton tiang pancang : K300

### 3.4 Tahap Penelitian

Berikut tahapan penelitian.

- Mencari Lokasi penelitian. Pada penelitian ini mengambil Proyek Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula.
- Mengidentifikasi struktur bawah dari Proyek Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula.
- Mengumpulkan data-data proyek seperti gambar kerja dan data tanah. Data tanah didapatkan dari Lab Mekanika Tanah Fakultas Teknik Unissula.
- Menganalisis beban-beban pada Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula menggunakan *software* SAP2000v23.
- Menganalisis daya dukung tanah menggunakan data tanah Proyek Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula.
- Merencanakan struktur bawah seperti diameter fondasi *spun pile*, jumlah tiang, efisiensi kelompok tiang, dan *pile cap*.
- Menganalisis daya dukung fondasi menggunakan metode meyerhof dan menganalisis penurunan menggunakan *software* PLAXIS.
- Kesimpulan yang didapatkan dari perencanaan fondasi *spun pile*.

Tahapan penelitian ini disederhanakan dalam bentuk flowcart atau diagram alir sesuai gambar 3.2. Diagram alir yang dimaksudkan untuk mempermudah tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam proses penelitian.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pelaksanaan

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Tinjauan Umum

Pada perencanaan fondasi sebelumnya menggunakan fondasi tiang pancang penampang persegi dengan ukuran 40x40 cm. Pada redesain ini, fondasi yang digunakan adalah fondasi *spun pile* dengan diameter 50 cm.

Tahap awal yang dilakukan adalah menganalisis pembebanan dengan menggunakan SAP 2000 v23 untuk mengetahui besarnya beban aksial pada kolom. Pembebanan mengacu SNI 03-1727-1989 PPURG dan SKBI 1.3.53.1987 sebagai Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, Struktur Beton mengacu pada SNI 2847:2013 untuk Bangunan Gedung, dan beban gempa mengacu pada SNI 1726: 2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

#### 4.2 Permodelan Struktur Atas Menggunakan Software SAP2000 V.23

Tahap awal permodelan yaitu membuat permodelan gedung sesuai data pada lapangan. Selanjutnya memasukkan beban-beban sebagai berikut.

##### 4.2.1 Beban Mati

Permodelan SAP 2000 v23 beban mati mengacu pada SNI 03-1727-1989 dan SKBI.1.3.53.1987. Berikut adalah beban-beban yang bekerja:

- |                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1. Berat plat lantai (125 mm) | = tebal plat x $\gamma$ beton    |
|                               | = 0,125 x 2400                   |
|                               | = 300 kg/m <sup>2</sup>          |
| - Berat plafond               | = 11 kg/m <sup>2</sup>           |
| - Berat pengait langit-langit | = 7 kg/m <sup>2</sup>            |
| - Finishing lantai (100 mm)   | = 0,1 x 2100                     |
|                               | = 210 kg/m <sup>2</sup>          |
| - Berat total plat lantai     | = 300+11+7+210 kg/m <sup>2</sup> |
|                               | = 528 kg/m <sup>2</sup>          |

2. Berat atap = 9,16 kg/m<sup>2</sup>

#### 4.2.2 Beban hidup (*Live Load*)

Beban hidup mengacu pada SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung didapatkan berat bangunan untuk gedung kuliah yaitu sebesar 250 kg/m<sup>2</sup>.

#### 4.2.3 Beban gempa

Beban gempa adalah beban pada bangunan yang terjadi akibat gempa bumi. Beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019, faktor-faktor yang disesuaikan dalam perencanaan suatu struktur yang terdiri dari wilayah gempa, percepatan puncak muka tanah, faktor keutamaan gedung, faktor reduksi gempa, dan waktu getar alami.

##### 4.2.3.1 Faktor keamanan

Berdasarkan (SNI 1726:2019) maka didapat kategori resiko I dengan faktor keamanan 1,0. Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung dapat dilihat pada tabel 4.1 dan faktor keutamaan gempa dapat dilihat pada tabel 4. 2.

Tabel 4. 1 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan non-gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"><li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li><li>- Fasilitas sementara</li><li>- Gudang penyimpanan</li><li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li></ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, II ,III, IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"><li>- Perumahan</li></ul>	

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen / rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan / mall</li> <li>- Bangunan industri</li> </ul>	II

(Sumber: SNI 1726-2019)

Tabel 4. 2 Faktor keutamaan gempa

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

(Sumber: SNI 1726-2019)

#### 4.2.3.2 Zona Wilayah Gempa

Untuk mendapatkan data-data parameter gempa dan grafik *Response spectrum* dapat mengunjungi *website* [puskim.pu.go.id/](http://puskim.pu.go.id/) Aplikasi.

- Parameter dasar  $S_s$  dan  $S_1$   
Percepatan batuan dasar MCER di lokasi pembangunan gedung pada periode pendek (0.2 detik) dan 1 detik didapat berdasarkan data puskim yaitu:

$$S_s = 0,991 \text{ g}$$

$$S_1 = 0,337 \text{ g}$$

- Kelas lokasi (klasifikasi situs)  
Profil tabah dari hasil investigasi geoteknik pada titik B.02 dilokasi pembangunan gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula dapat dikategorikan ke dalam situs kelas SE (tanah lunak).
- Parameter respons spektra percepatan  $S_{ms}$  dan  $S_{m1}$

$$S_{ms} = 0,991 \text{ g}$$

$$S_{m1} = 0,337 \text{ g}$$

- Nilai parameter percepatan spektra desain

Parameter percepatan spektra desain untuk situs di lokasi struktur adalah:

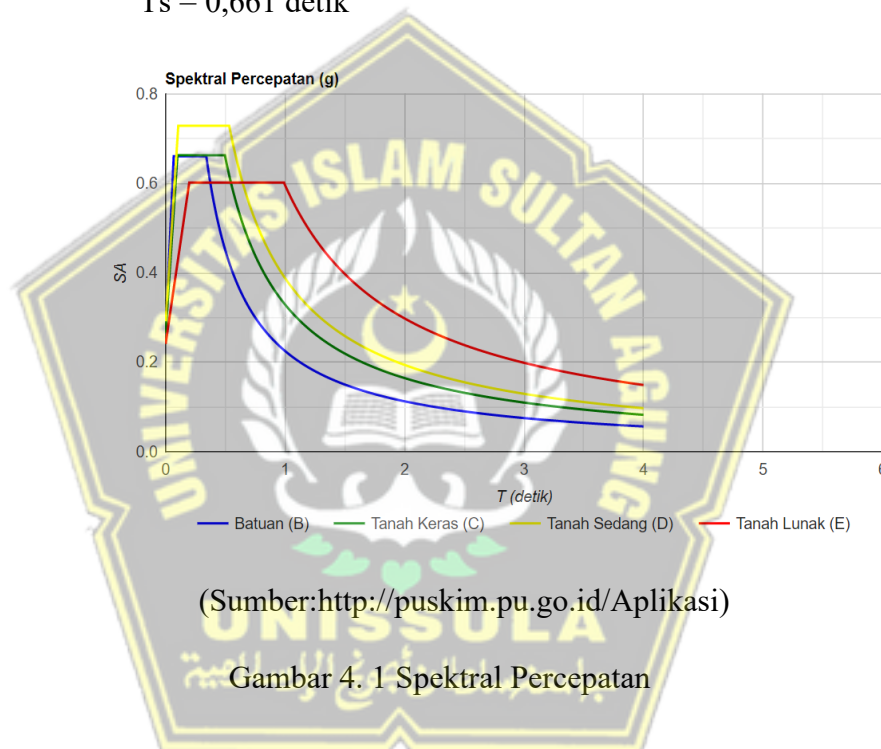
$$S_{ds} = 0,6607 \text{ g}$$

$$S_{d1} = 0,2247 \text{ g}$$

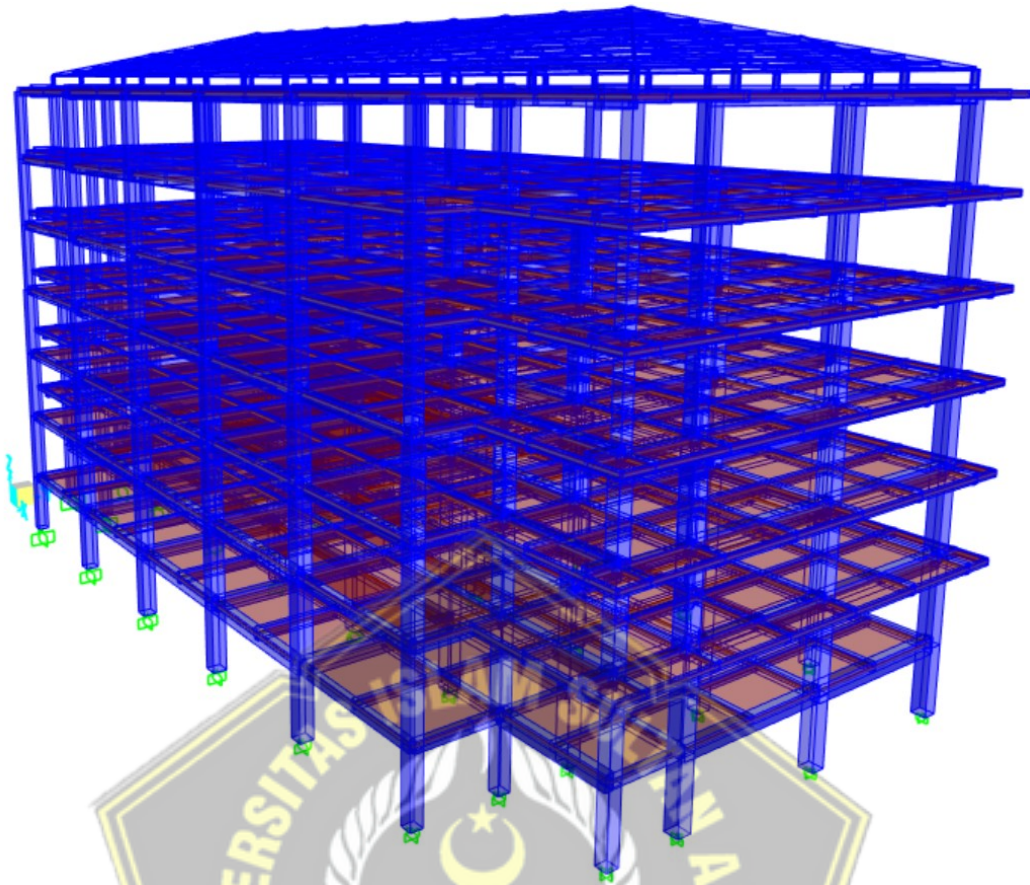
- Percepatan spektra

$$T_o = 0,661 \text{ detik}$$

$$T_s = 0,661 \text{ detik}$$







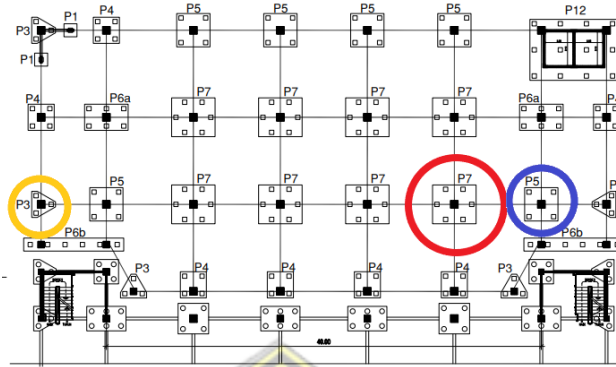
Gambar 4. 2 Permodelan SAP2000

Setelah semua beban dimasukkan ke dalam SAP 2000 maka didapatkan hasil:

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem
523	0	COMB1	Combinati	Min	-709144	-5157,74	-6015,97	-268,02	-15644,5	-13099,7	523-1
521	0	COMB1	Combinati	Min	-708865	-5387,01	-5983,14	-240,77	-15573,8	-13412,6	521-1
525	0	COMB1	Combinati	Min	-708013	-4847,29	-5297,01	-411,54	-13901,4	-12671,7	525-1
519	0	COMB1	Combinati	Min	-703815	-6433,71	-5478,15	-441,89	-14371,4	-14548	519-1
617	3,3	COMB1	Combinati	Min	-691179	-5330,44	-6393,75	-290,62	-12789,4	-14139,1	617-1
611	3,3	COMB1	Combinati	Min	-685420	-5280,6	-6508,38	-317,67	-13247	-13429,6	611-1
615	3,3	COMB1	Combinati	Min	-682219	-5219,84	-7110,98	-279,35	-14610	-13398,9	615-1
613	3,3	COMB1	Combinati	Min	-681963	-5178,59	-7081,1	-270,67	-14530,7	-13538,7	613-1
609	3,3	COMB1	Combinati	Min	-613270	-1601,14	-4993,51	-442,45	-11899	-18007,4	609-1
619	3,3	COMB1	Combinati	Min	-609582	-9903,04	-5449,72	-411,74	-11164,5	-8087,8	619-1
628	0	COMB1	Combinati	Min	-502607	-5057,99	3697,27	-339,56	-5353,29	-12973	628-1
630	0	COMB1	Combinati	Min	-502359	-4963,28	3672,68	-386,16	-5415,21	-12799,9	630-1
626	0	COMB1	Combinati	Min	-502331	-5095,64	4080,33	-368,82	-4255,01	-13072,8	626-1
632	0	COMB1	Combinati	Min	-500799	-4816,67	4102,63	-444,88	-3951,79	-12545,8	632-1
527	0	COMB1	Combinati	Min	-459718	-622,5	-10719,9	-470,35	-17808,3	-8210,25	527-1
517	0	COMB1	Combinati	Min	-451960	-9221,76	-10993,1	-539,17	-18648,7	-17402,7	517-1
624	0	COMB1	Combinati	Min	-450634	-7215,01	4083,14	-528,89	-2903,33	-15309,1	624-1
634	0	COMB1	Combinati	Min	-443864	-1913,94	4052,41	-548,79	-2384,22	-9410,27	634-1
607	3,3	COMB1	Combinati	Min	-435844	1378,42	-3977,33	-385,94	-12122,5	-18496,1	607-1
443	0	COMB1	Combinati	Min	-424210	-5137,98	-13181,9	-320,3	-23131,6	-13148,5	443-1
444	0	COMB1	Combinati	Min	-423943	-4983,43	-13211	-364,47	-23198,7	-12907,9	444-1
621	3,3	COMB1	Combinati	Min	-422245	-8729,78	-3702,82	-385,81	-10869,7	-5311,21	621-1
441	0	COMB1	Combinati	Min	-418702	-5457,6	-13539,1	-524,4	-22814,5	-13535,9	441-1
445	0	COMB1	Combinati	Min	-418051	-3143,74	-13357,4	-602,43	-22344	-10896,9	445-1
622	0	COMB1	Combinati	Min	-332790	-7415,44	913,25	-527,29	-5097,01	-15440,3	622-1
636	0	COMB1	Combinati	Min	-321699	131,88	1191,25	-497,71	-3661,78	-7258,28	636-1
529	0	COMB1	Combinati	Min	-308672	1232,45	-6082,76	-384,42	-11408,4	-6310,05	529-1
515	0	COMB1	Combinati	Min	-306626	-6591,22	-6618,6	-391,78	-13094,7	-14529	515-1
512	3,3	COMB1	Combinati	Min	-293481	92,47	-2781,13	-216,62	-5850,55	-12255,7	512-1
511	3,3	COMB1	Combinati	Min	-198680	-2204,36	-1881,11	-217,82	-5048,44	-8923,66	511-1
439	0	COMB1	Combinati	Min	-152054	-5018,15	-2511,89	-395,27	-6564,93	-9572,99	439-1
440	0	COMB1	Combinati	Min	-151798	1629,4	-2374,21	-392,84	-6118,17	-2328,03	440-1

Dari data tersebut maka dipilih beban terberat, sedang, dan yang terkecil.

- Kolom 523 dengan beban 709,144 ton
- Kolom 527 dengan beban 459,718 ton
- Kolom 440 dengan beban 151,798 ton



Gambar 4. 3 Denah Fondasi

Fondasi yang akan direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4. 3.

Lingkaran merah : Fondasi P7 dengan beban 709,144 ton

Lingkaran biru : Fondasi P5 dengan beban 459,718 ton

Lingkaran kuning : Fondasi P3 dengan beban 151,798 ton

#### 4.3 Daya Dukung Fondasi Tiang Tunggal

Fondasi tiang pancang yang akan digunakan adalah *spun pile* dengan diameter sebesar 50 cm. Perhitungan menggunakan data N-SPT. Berikut data tiang pancang:

- Diameter tiang (D) = 0,5 m
- Panjang tiang (L) = 45 m
- Luas Selimut fondasi =  $\pi \times D \times L$   
=  $3,14 \times 0,5 \times 45$   
= 70,65 m
- Luas penampang ( $A_p$ ) =  $0,25 \times \pi \times D^2$   
=  $0,25 \times 3,14 \times 0,5^2$   
= 0,196 m<sup>2</sup>

#### 4.3.1 Metode Meyerhoff 1956

Pada metode *meyerhoff* ada tiga tahapan untuk mencari daya dukung ijin. Berikut tahapan untuk mencari daya dukung ijin.

##### - Daya dukung ujung fondasi

Untuk mencari daya dukung ujung fondasi maka digunakan Persamaan (2.7).

$$Q_p = 20 \times N_p \times A_p$$

$$\tilde{N}_p = (N_1 + N_2) / 2$$

Sehingga:

$$N_1 = 4 \times D + L$$

$$= 4 \times 0,5 + 45$$

$$= 47 \text{ m}$$

$$= \text{NSPT } 45 \text{ m} = 21$$

$$= \text{NSPT } 46 \text{ m} = 22,5$$

$$= \text{NSPT } 47 \text{ m} = 24$$

$$= \text{NSPT rata rata} = 22,5$$

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

$$= 45 - 8 \times 0,5$$

$$= 41 \text{ m}$$

$$= \text{NSPT } 41 \text{ m} = 18$$

$$= \text{NSPT } 42 \text{ m} = 19$$

$$= \text{NSPT } 43 \text{ m} = 19,9$$

$$= \text{NSPT } 44 \text{ m} = 20$$

$$= \text{NSPT } 45 \text{ m} = 21$$

$$= \text{NSPT } 43 \text{ m} = 24$$

$$= \text{NSPT rata rata} = 19,58$$

$$\tilde{N}_p = (N_1 + N_2) / 2$$

$$= (22,5 + 19,58) / 2$$

$$= 21,04$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 20 \times N_p \times A_p \\ &= 20 \times 21,04 \times 0,196 \\ &= 82,582 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### - Daya dukung selimut

Untuk mencari daya dukung selimut fondasi maka digunakan Persamaan (2.8).

$$Q_s = n \times \tilde{N} \times A_s$$

Sehingga:

$$n = 0,5 \text{ (tanah kohesif)}$$

$$\tilde{N} = 10,38$$

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,5 \times \tilde{N} \times A_s \\ &= 0,5 \times 10,38 \times 70,65 \\ &= 366,674 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### - Daya dukung ultimit

Daya dukung ultimit adalah penjumlahan dari daya dukung ujung dengan daya dukung selimut.

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 82,582 + 366,674 \\ &= 449,256 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### - Daya dukung yang diijinkan

$$\begin{aligned} Q_{\text{allowed}} &= Q_u / s \text{ (SF menurut Meyerhoff = 3)} \\ &= 449,256 / 3 \\ &= 149,752 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jadi daya dukung yang diijinkan adalah 149,752 ton.

#### 4.4 Daya Dukung Lateral

Gaya lateral adalah beban pada arah horizontal. Berikut metode untuk mencari beban lateral.

#### 4.4.1 Metode *Brooms* 1964

Untuk mencari beban lateral dapat menggunakan Persamaan (2.9) dan (2.10):

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

$$K_p = \tan^3 (45 + \Phi/2)$$

$$K_p = 3,044$$

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

$$L = 45 \text{ M}$$

$$F_c' = 300 \text{ kg/cm}^3 = 25 \text{ Mpa}$$

Kekakuan tiang fondasi

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

$$= 4700 \sqrt{25}$$

$$= 23500 \text{ kN/m}^2$$

$$I = 1/64 \times \pi \times D^4$$

$$= 1/64 \times 3,14 \times 0,5^4$$

$$= 0,003 \text{ m}^4$$

Untuk mencari nilai kekakuan dari fondasi tiang dibutuhkan nilai  $\eta_h$  yang diperoleh dari Tabel 2.4 nilai – nilai  $\eta_h$  untuk tanah kohesif. Nilai  $\eta_h$  didapat  $150 \text{ kN/m}^2$

Untuk faktor kekakuan tanah

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

$$T = \left( \frac{23500 \times 0,003}{1500} \right)^{1,5}$$

$$= 0,0105$$

$$4T = 4 \times T$$

$$= 4 \times 0,0105$$

$$= 0,04212 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan diatas,  $L > 4T$  yaitu  $45 \text{ m} > 0,04212 \text{ m}$ , maka tergolong fondasi yang elastis.

- Keruntuhan tanah

$$\begin{aligned} M_{\max} &= D \times \gamma \times L^3 \times K_p \\ &= 0,5 \times 16 \times 45^3 \times 3,044 \\ &= 2219076 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- Nilai  $H_u$

$$\begin{aligned} f &= 0,82 \sqrt{H_u/D} \times K_p \times \gamma \\ &= 0,82 \sqrt{H_u} / 0,5 \times 3,044 \times 16 \\ &= 0,166 \sqrt{H_u} \end{aligned}$$

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

$$H_u = \frac{2 \times 1500}{0+0,166 \sqrt{H_u}/3}$$

$$H_u = \frac{27081,07}{H_u}$$

$$H_u^{2/3} = 27081,07$$

$$H_u = 904,87 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{ijin}} &= H_u/3 \\ &= 904,87 / 3 \\ &= 301,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

Perhitungan pada tahanan lateral ijin adalah :

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

$$55 = \frac{H_u}{3,044 \times 16 \times 0,5^2}$$

$$H_u = 669,68 \text{ kN}$$

Jadi, nilai  $H_u > H_{\text{ijin}}$  yaitu  $669,68 \text{ kN} > 301,62 \text{ kN}$  maka nilai  $H_u$  aman.

#### 4.5 Daya Dukung Fondasi Kelompok Tiang

Untuk mencari daya dukung kelompok tiang dapat menggunakan metode berikut.

##### 4.5.1 Perhitungan untuk Metode *Reese & Wright* 1977

Untuk mengetahui jumlah tiang dalam satu kelompok maka digunakan Persamaan (2.17).

$$n = P/Q_{all}$$

$$\begin{aligned} \text{- Fondasi P7} &= P/Q_{all} \\ &= 709,144 / 149,752 \\ &= 5,73 \\ &= 6 \text{ buah tiang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Fondasi P5} &= P/Q_{all} \\ &= 459,718 / 149,752 \\ &= 3,069 \\ &= 4 \text{ buah tiang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Fondasi P3} &= P/Q_{all} \\ &= 151,798 / 149,752 \\ &= 1,013 \\ &= 2 \text{ buah tiang} \end{aligned}$$

Untuk menentukan jarak (as ke as) maka digunakan ketentuan sesuai SNI yaitu 2,5 D – 3D. Karena pada perhitungan fondasi P7 dan P5 menggunakan syarat SNI tidak mendapatkan daya dukung kelompok yang diijinkan maka digunakan jarak as yaitu 3,6 D.

Syarat jarak as tiang ke tepi

Jarak minimal = 1 x Diameter tiang

Jarak maksimal = 2 x Diameter tiang

Jarak antar tiang pancang dan jarak tiang ke tepi dapat dilihat pada tabel 4. 3.

Tabel 4. 3 Jarak (s)

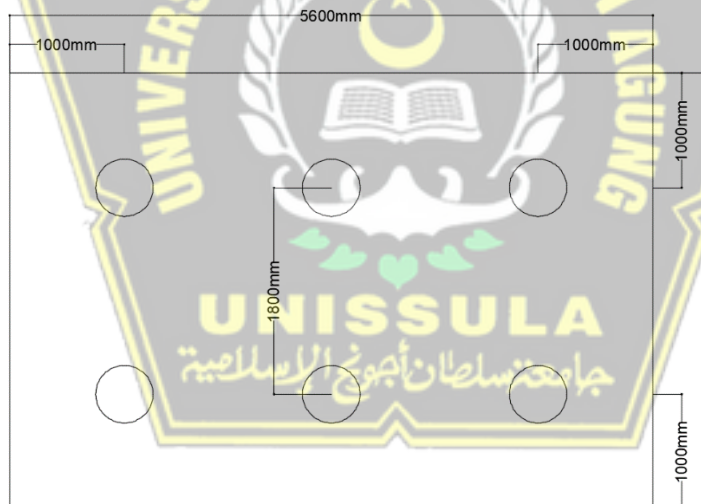
Tipe Fondasi	Jarak antar tiang (m)	Jarak tiang ke tepi (m)
P7	1,8	1
P5	1,8	1
P3	1,5	1

#### 4.5.2 Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Metode *Converse-labrare*

Metode *Converse-labrare* adalah metode untuk mencari efisiensi kelompok tiang pancang. Untuk mencari efisiensi kelompok tiang pancang maka digunakan Persamaan (2.18).

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

##### - Fondasi P7

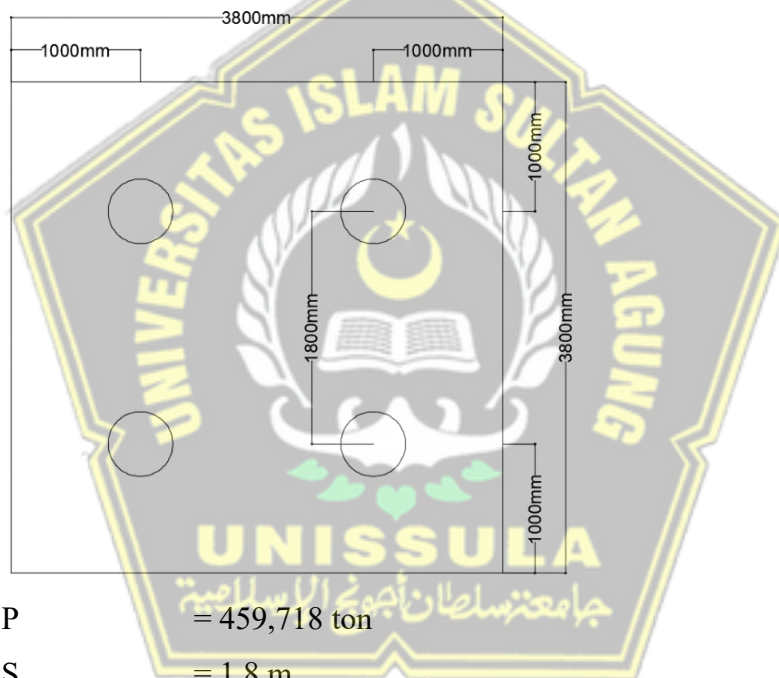


$$\begin{aligned}
 P &= 709,144 \text{ ton} \\
 S &= 1,8 \text{ m} \\
 d &= 0,5 \text{ m} \\
 n_{\text{tiang}} &= 6 \text{ tiang} \\
 m &= 3 \\
 n &= 2 \\
 \theta &= \tan^{-1} (d / s)
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= \theta \tan^{-1} (0,5 / 1,8) \\
 &= 15,52 \\
 E_g &= 1 - \left( \frac{(3-1)x2 + (2-1)x3}{90 \times 2 \times 3} \right) \times 15,52 \\
 &= 0,798 \\
 Q_{\text{all (group)}} &= n_{\text{tiang}} \times Q_{\text{allowed}} \times E_g \\
 &= 6 \times 149,752 \times 0,798 \\
 &= 717,69 \text{ ton} \\
 Q_{\text{all (group)}} &> P \text{ yaitu } 717,69 \text{ ton} > 709,14 \text{ ton (OKE)}
 \end{aligned}$$

### - Fondasi P5



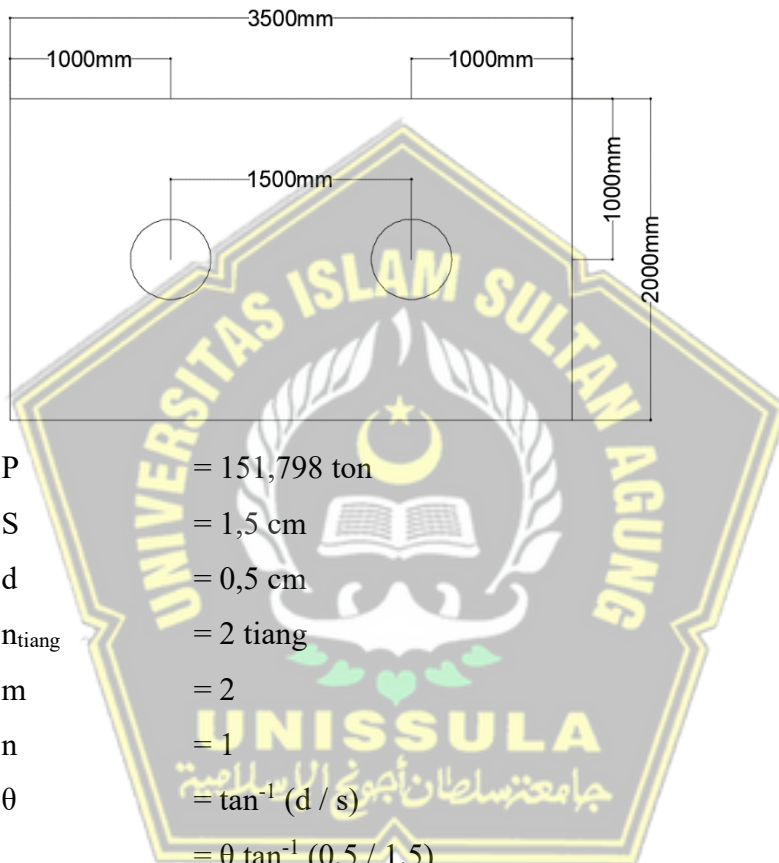
$$\begin{aligned}
 P &= 459,718 \text{ ton} \\
 S &= 1,8 \text{ m} \\
 d &= 0,5 \text{ m} \\
 n_{\text{tiang}} &= 4 \text{ tiang} \\
 m &= 2 \\
 n &= 2 \\
 \theta &= \tan^{-1} (d / s) \\
 &= \theta \tan^{-1} (0,5 / 1,8) \\
 &= 15,52 \\
 E_g &= 1 - \left( \frac{(2-1)x2 + (2-1)x2}{90 \times 2 \times 2} \right) \times 15,52
 \end{aligned}$$

$$= 0,827$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{all (group)}} &= n_{\text{tiang}} \times Q_{\text{allowed}} \times E_g \\ &= 4 \times 149,752 \times 0,827 \\ &= 495,68 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{all (group)}} > P \text{ yaitu } 495,68 > 459,718 \text{ ton (OKE)}$$

### - Fondasi P3



$$\begin{aligned} P &= 151,798 \text{ ton} \\ S &= 1,5 \text{ cm} \\ d &= 0,5 \text{ cm} \\ n_{\text{tiang}} &= 2 \text{ tiang} \\ m &= 2 \\ n &= 1 \\ \theta &= \tan^{-1}(d / s) \\ &= \theta \tan^{-1}(0,5 / 1,5) \\ &= 18,43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \left( \frac{(2-1)x_1 + (1-1)x_2}{90 \times 2 \times 1} \right) \times 18,43 \\ &= 0,897 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{all (group)}} &= n_{\text{tiang}} \times Q_{\text{allowed}} \times E_g \\ &= 2 \times 149,752 \times 0,897 \\ &= 269,82 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{all (group)}} > P = 268,82 \text{ ton} > 151,798 \text{ ton (OKE)}$$

Tabel 4. 4 Hasil dari setiap tipe fondasi

Tipe Fondasi	m	n	s	D	Eg	n	Q <sub>all</sub> (single)	Q <sub>allowed</sub> (group)	Beban Kolom
P7	2	3	1,8	0,5	0,798	6	149,752	717,69	709,14
P5	2	2	1,8	0,5	0,827	4	149,752	495,68	459,718
P3	1	2	1,5	0,5	0,897	2	149,752	268,82	151,798

#### 4.6 Penurunan Elastis Fondasi Tiang Tunggal Menggunakan Metode *Vesic* (1977)

Untuk mencari penurunan elastis tiang tunggal maka dapat menggunakan metode *vesic*. Berikut persamaan (2.19) untuk mencari penurunan elastis tiang tunggal.

$$Se = Se(1) + Se(2) + Se(3)$$

Nilai Se(1) diperoleh dari Persamaan (2.20):

$$Se(1) = \frac{(Q_{wp} + \sum Q_{wp}) L}{A_p E_p}$$

Nilai Se(1) diperoleh dari Persamaan (2.21):

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

Nilai Se(1) diperoleh dari Persamaan (2.22):

$$Se(3) = \frac{Q_{ws} C_s}{D L_p}$$

Kapasitas dukung fondasi

$$Q_p = 82,582 \text{ ton}$$

$$Q_{wp} = 82,582 / 4 \\ = 20,645 \text{ ton}$$

$$Q_s = 366,673 \text{ ton}$$

$$Q_{ws} = 366,673 / 4 \\ = 91,668 \text{ ton}$$

$$\xi = 0,67 \text{ (Faktor empirik)}$$

$$L = 45 \text{ m}$$

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

$$A_p = 0,25 \times \pi \times D^2 \\ = 0,25 \times 3,14 \times 0,5^2$$

$$\begin{aligned}
&= 0,196 \text{ m}^2 \\
E_p &= 2,1 \times 10^6 \text{ ton/m}^2 \\
C_p &= 0,03 \text{ (koefisien empirik)} \\
C_s &= (0,93 + 0,16 \sqrt{L/D}) \times C_p \\
&= (0,93 + 0,16 \sqrt{45/0,5}) \times 0,03 \\
&= 0,3 \% \\
q_p &= \frac{Q_p}{A_p} \\
&= \frac{82,582}{0,196} = 420,8 \text{ (tahanan ultimit ujung tiang)}
\end{aligned}$$

Elastisitas tiang tunggal :

$$\begin{aligned}
Se(1) &= \frac{Q_{wp} + \xi \times Q_{ws}}{A_p E_p} \\
&= \frac{20,645 + 0,67 \times 91,668}{0,196 \times 2,1 \times 10^6} \\
&= 0,008
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Se(2) &= \frac{Q_{wp} \times C_p}{D \times q_p} \\
&= \frac{20,645 \times 0,03}{0,5 \times 420,8} \\
&= 0,002
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Se(3) &= \frac{Q_{wp} \times C_s}{L \times q_p} \\
&= \frac{20,645 \times 0,03}{45 \times 420,8} \\
&= 0,001
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Se &= 0,008 + 0,002 + 0,001 \\
&= 0,0134 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$= 13,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
Sijin &= 10\% \times D \\
&= (10/100) \times 0,5 \\
&= 0,05 \text{ m} \\
&= 50 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Syarat yang diijinkan  $Se < Sijin$  yaitu  $13,4 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$  maka aman (OKE).

#### 4.7 Penurunan Fondasi Tiang Tunggal Menggunakan Program Plaxis 8.6

Berikut langkah-langkah permodelan pada fondasi P7 dengan menggunakan *software* Plaxis.

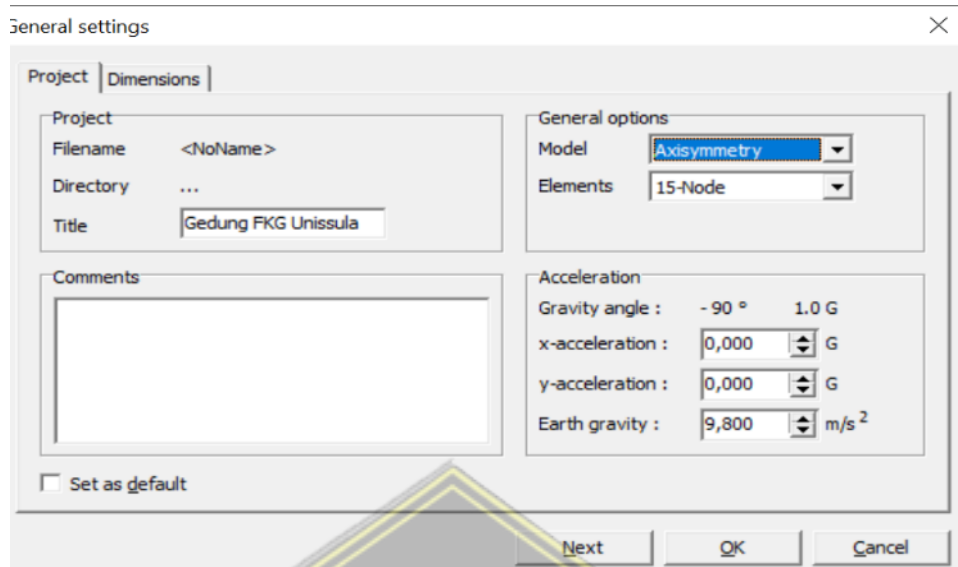
Material tanah :

Tabel 4. 5 Material tanah


No	Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N-SPT	$\gamma_{\text{unsat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	E (kN/m <sup>2</sup> )	v	c (kN/m <sup>2</sup> )
1	0-3	Tanah Urugan	12	11,66	16,83	60	0,499	10,68
2	4-10	Pasir kelanaun terdapat sedikit kerikil,sangat lunak	5	11,66	16,83	60	0,499	10,68
3	11-25	Lempung lanauan sedikit pasir,sangat lunak	9	9,74	15,86	40	0,499	28,83
4	26-31	Lempung sedikit pasir,lunak	13	13,91	19,26	40	0,429	32,36
5	32-43	Lempung sedikit pasir,lunak	17	13,39	18,56	40	0,443	27,69
6	44-50	Lempung sedikit pasir kerikil,agak lunak	29	12,58	17,2	40	0,489	26,47

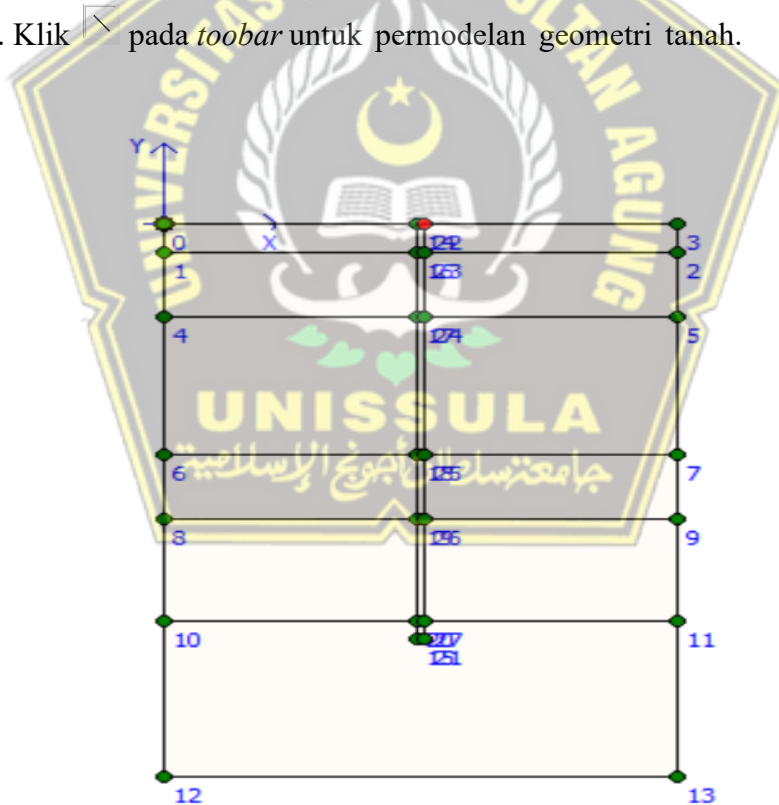
Sumber: Data tanah proyek pembangunan gedung FKG Unissula

1. Menentukan satuan.




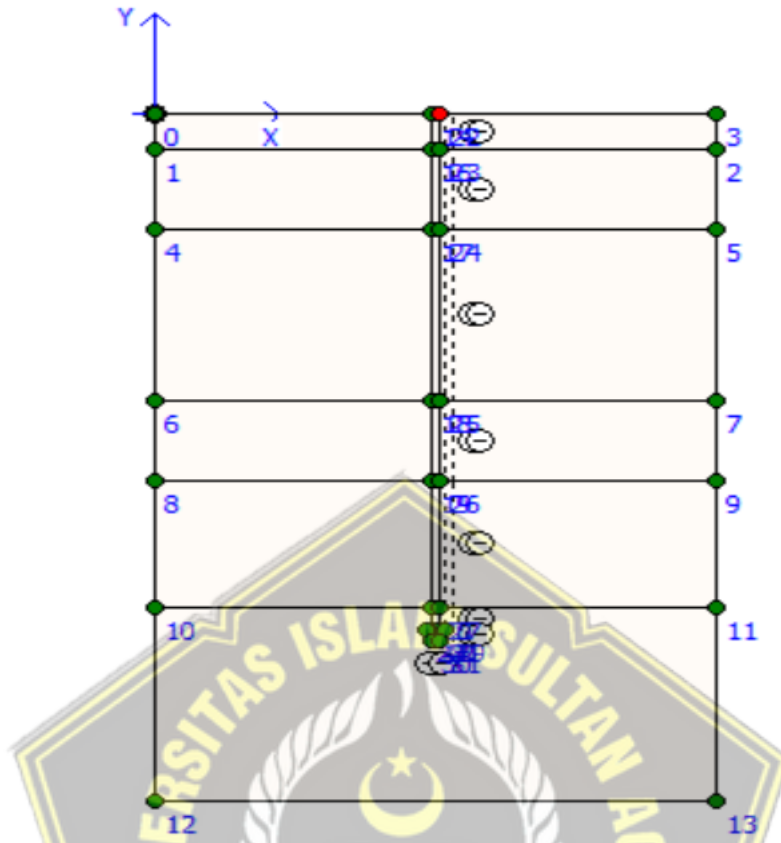
Gambar 4. 4 Menentukan satuan pada plaxis

2. Klik  pada *toolbar* untuk permodelan geometri tanah.



Gambar 4. 5 Permodelan tanah dan fondasi

3. klik  pada *toolbar* untuk menentukan tekanan positif dan tekanan negatif pada daerah keliling fondasi.

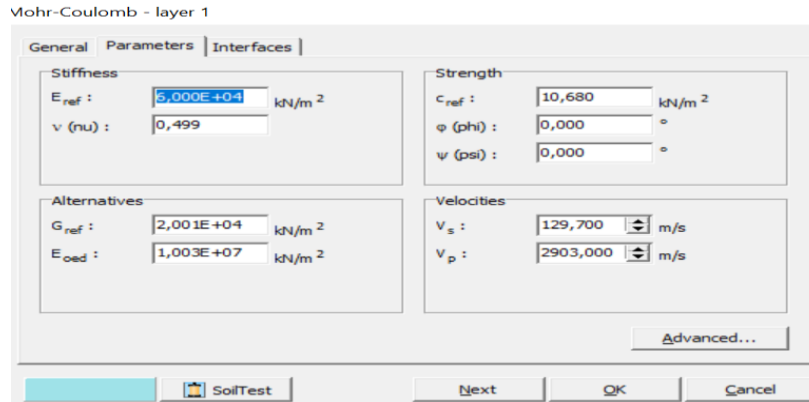


Gambar 4. 6 Penentuan tekanan positif dan negatif


4. Klik  pada *toobar* untuk menentukan jenis material tanah.

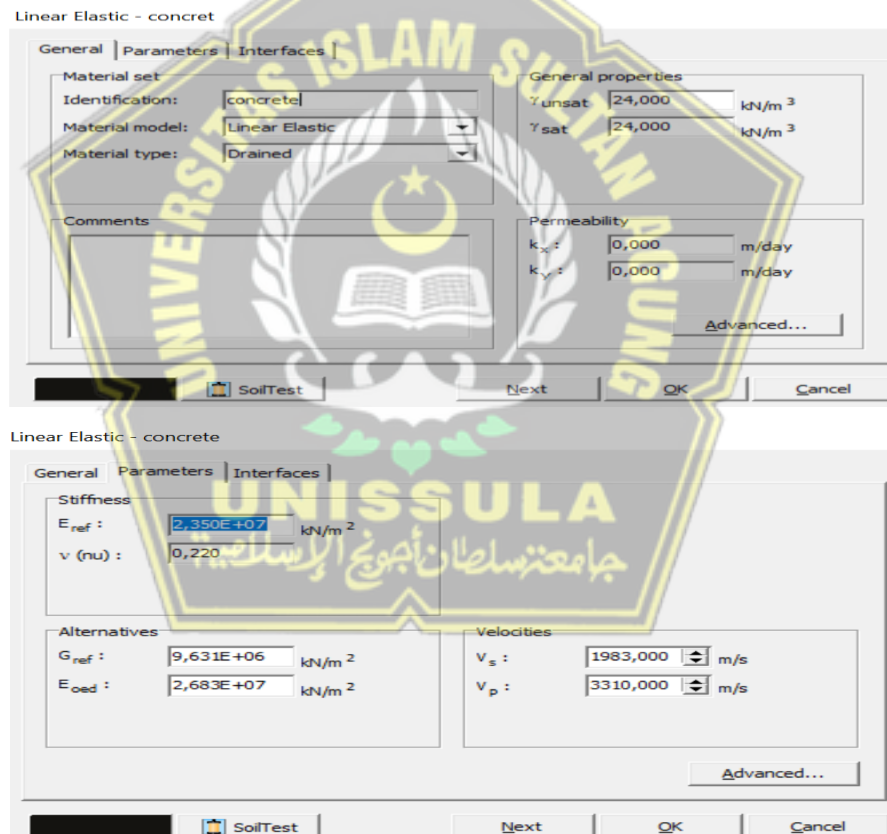
Mohr-Coulomb - layer 1

The screenshot shows the 'Mohr-Coulomb - layer 1' dialog box. The 'General' tab is selected. The 'Material set' section includes 'Identification' (layer 1), 'Material model' (Mohr-Coulomb), and 'Material type' (Drained). The 'General properties' section includes 'γ<sub>unsat</sub>' (11,660 kN/m<sup>3</sup>) and 'γ<sub>sat</sub>' (16,830 kN/m<sup>3</sup>). The 'Permeability' section includes 'k<sub>x</sub>' (0,000 m/day) and 'k<sub>y</sub>' (0,000 m/day). There is an 'Advanced...' button at the bottom right. The 'SoilTest' icon is visible in the bottom left corner of the dialog.




Gambar 4. 7 Menentukan jenis material tanah

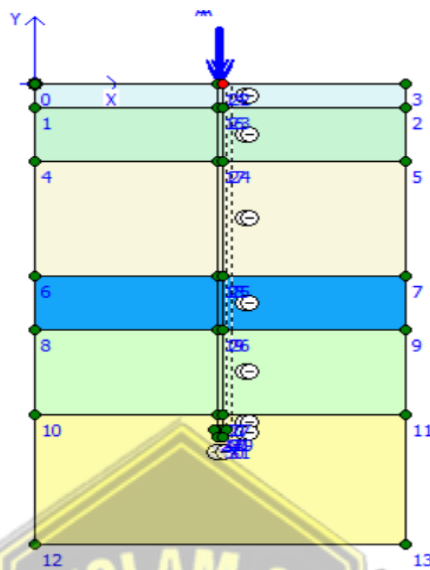
5. Lakukan langkah 1 sampai 3 untuk menentukan material tanah lainnya.
6. Klik simbol  pada toolbar untuk menentukan jenis material fondasi.



Gambar 4. 8 Menentukan material fondasi




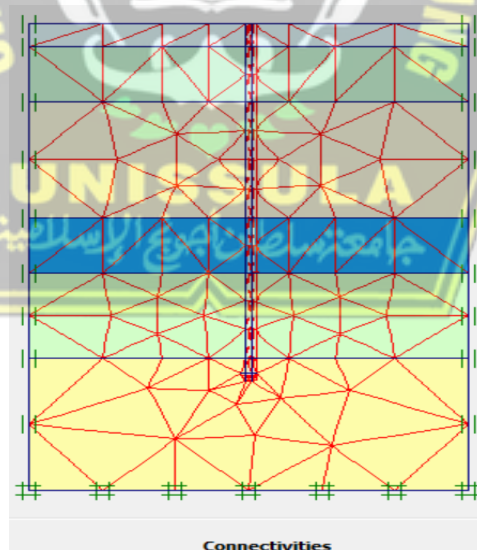
7. Klik  pada *toolbar* untuk memberi beban pada fondasi.



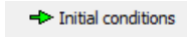
Gambar 4. 9 Pembebanan diatas fondasi


8. *Input* data material ke permodelan.

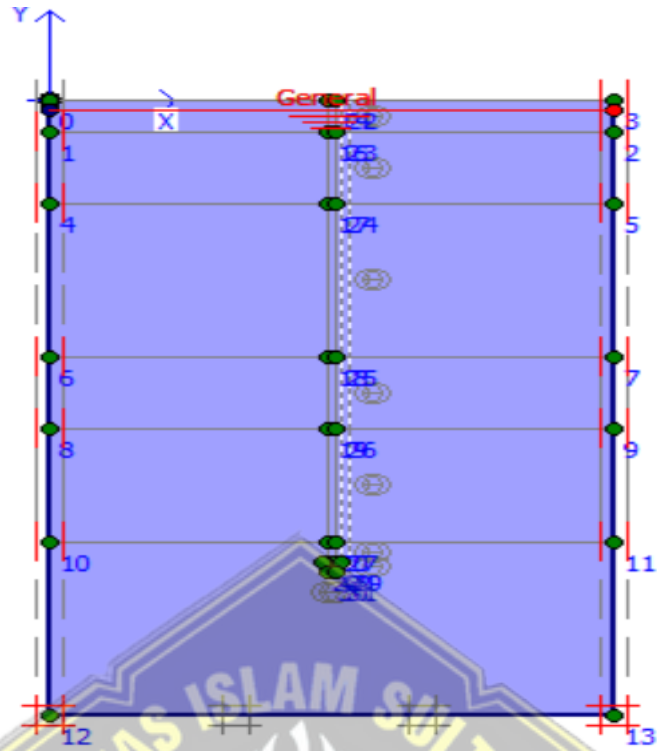
9. Klik  pada *toolbar* untuk melihat hasil susunan jaringan antar elemen.




Gambar 4. 10 Susunan jaringan antar elemen

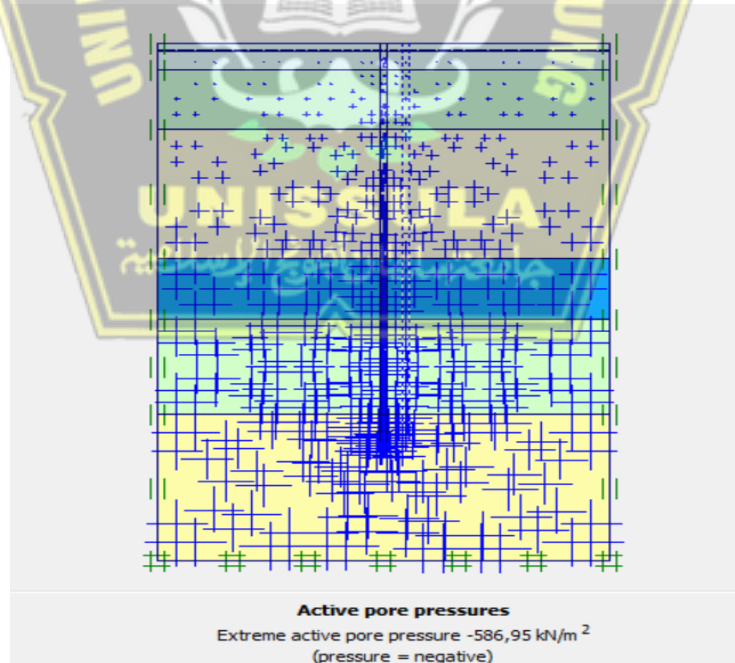
10. Klik  pada *toolbar*.

11. Klik  pada *toolbar* untuk *input* muka air tanah.




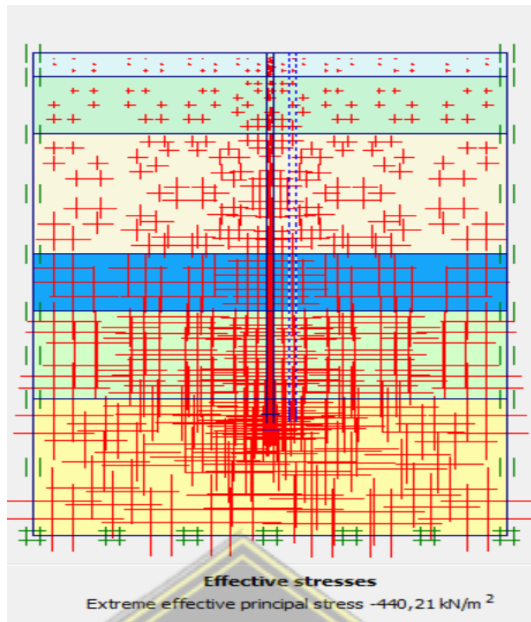
Gambar 4. 11 Muka air tanah

12. Klik  pada *toobar* untuk mengaktifkan tekanan air pada pori.



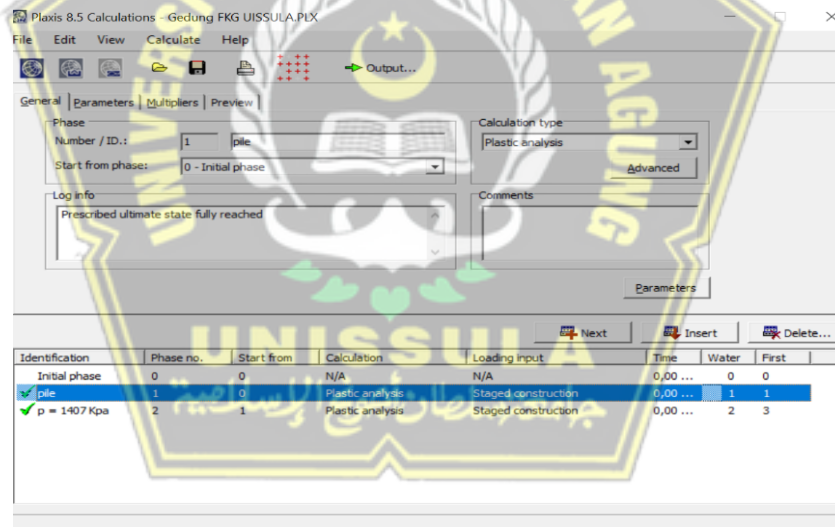
Gambar 4. 12 Tekanan air pori

13. Klik  pada *toobar* untuk mengaktifkan tekanan air pori.



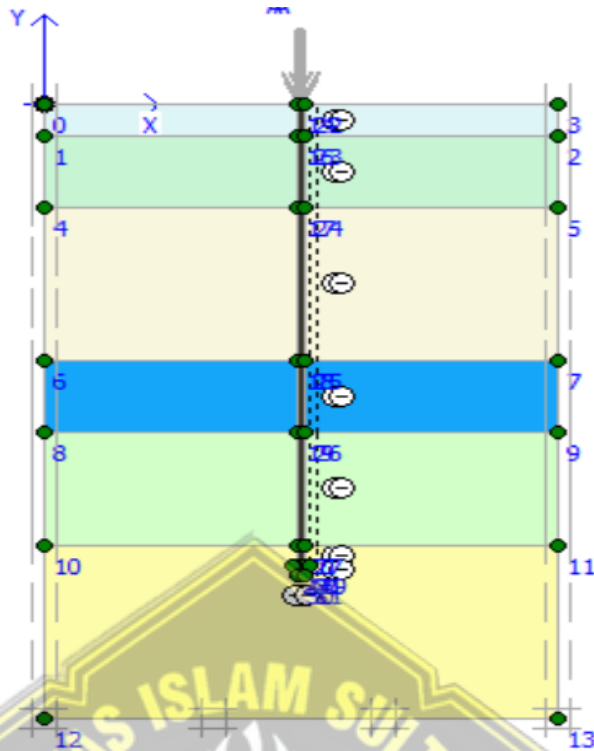
Gambar 4. 13 Tekanan air pori saat keadaan awal

14. Klik  pada *toolbar* untuk mengaktifkan tekanan efektif.



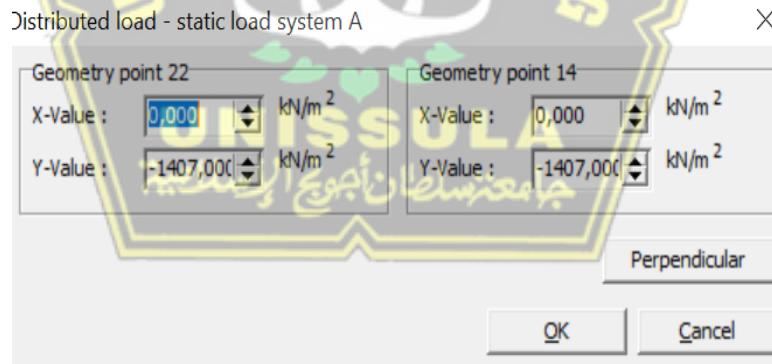
Gambar 4. 14 Proses calculation

15. Selanjutnya *input* material fondasi..

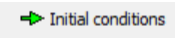


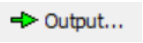
Gambar 4. 15 Pengaplikasian material fondasi

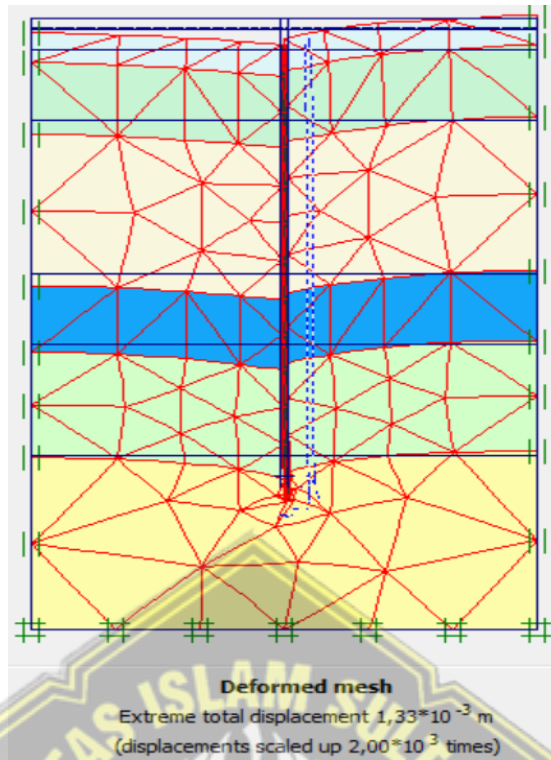
16. Selanjutnya pemberian beban sebesar  $1407 \text{ kN/m}^2$  diatas fondasi tiang yang telah dimodelkan.



Gambar 4. 16 Pemberian beban diatas fondasi

17. Kemudian klik  pada *toolbar*, untuk *running* data material fondasi dan beban yang telah dimasukkan.

18. Pada langkah terakhir klik  untuk melihat *output* penurunan yang terjadi pada fondasi.



Gambar 4. 17 Hasil perhitungan penurunan fondasi. Jadi penurunan fondasi pada P7 menggunakan plaxis adalah sebesar 13,3mm. Berikut adalah hasil perbandingan penurunan menggunakan metode *vesic* dengan plaxis.

Tabel 4. 6 Hasil perbandingan penurunan

Metode	Penurunan (mm)
<i>Vesic</i> (1977)	13,4
Plaxis	13,3

Perhitungan penurunan menggunakan metode *Vesic* (1977) dan menggunakan *software* Plaxis diperoleh selisih sebesar 0,1 mm lebih besar menggunakan metode *Vesic* (1977).

#### 4.8 Penurunan Elastis Pada Tiang Kelompok Menggunakan Metode *Vesic* (1977)

Untuk mencari penurunan fondasi tiang kelompok dapat menggunakan metode *Vesic*. Berikut adalah Persamaan (2.23) metode *Vesic*.

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

- Fondasi P7

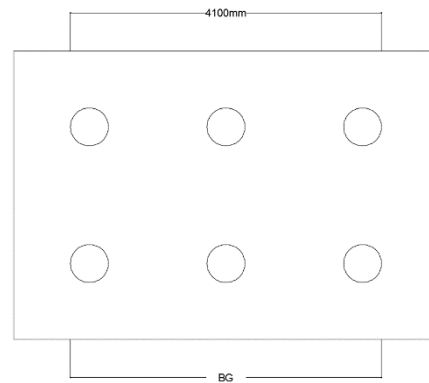
Diketahui :

$$Se = 0,0013 \text{ m}$$

$$Bg = 4,1 \text{ m}$$

$$D = 0,5$$

$$\begin{aligned} Sg &= Se \times \sqrt{\frac{Bg}{D}} \\ &= 0,0013 \times \sqrt{\frac{4,1}{0,5}} \\ &= 0,00384 \text{ m} \\ &= 38,4 \text{ mm} \end{aligned}$$



Penurunan fondasi P7 sebesar 38,4 mm. Syarat yang diijinkan  $Sg < Sijin$  yaitu  $38,4 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$  maka aman (OKE).

- Fondasi P5

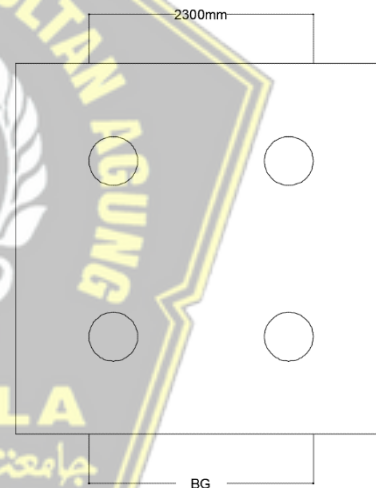
Diketahui :

$$Se = 0,0013 \text{ m}$$

$$Bg = 2,3 \text{ m}$$

$$D = 0,5$$

$$\begin{aligned} Sg &= Se \times \sqrt{\frac{Bg}{D}} \\ &= 0,0013 \times \sqrt{\frac{2,3}{0,5}} \\ &= 0,0288 \text{ m} \\ &= 28,8 \text{ mm} \end{aligned}$$



Penurunan fondasi P5 sebesar 28,8 mm. Syarat yang diijinkan  $Sg < Sijin$  yaitu  $28,8 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$  maka aman (OKE).

- Fondasi P3

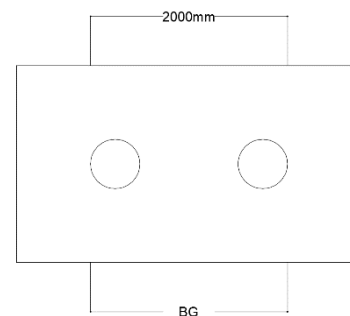
Diketahui :

$$Se = 0,0013 \text{ m}$$

$$Bg = 2 \text{ m}$$

$$D = 0,5$$

$$Sg = Se \times \sqrt{\frac{Bg}{D}}$$



$$= 0,0013 \times \sqrt{\frac{2}{0,5}}$$

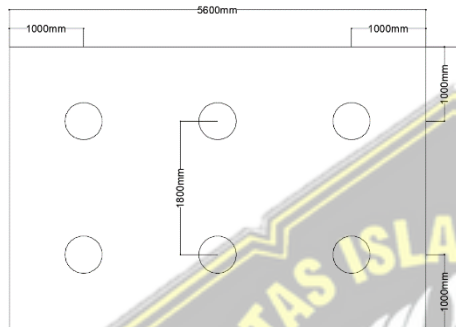
$$= 0,0268\text{m}$$

$$= 26,8 \text{ mm}$$

Penurunan fondasi P3 sebesar 26,8 mm. Syarat yang diijinkan  $S_g < S_{ijin}$  yaitu  $26,8 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$  maka aman (OKE).

#### 4.9 Perhitungan *Pile Cap*

##### - *Pile cap P7*



##### 1. Geser Satu Arah

###### Arah X

$$P = 709,144 \text{ ton}$$

$$b_X = 5600 \text{ mm}$$

$$b_Y = 3800 \text{ mm}$$

$$A = b_X \times b_Y$$

$$= 5600 \times 3800$$

$$= 21,280 \text{ m}^2$$

$$\text{Selimut} = 75 \text{ mm}$$

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

$$\text{Kolom} = 700 \times 700 \text{ mm}$$

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

$$\sigma = P/A$$

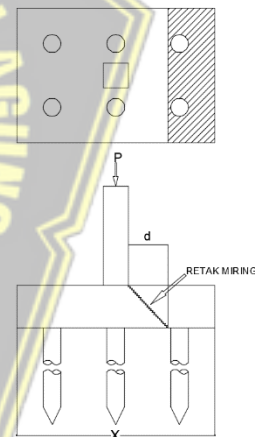
$$= 709,144 / 21,28$$

$$= 33,324 \text{ ton/m}^2$$

$$d = \text{asumsi tebal} - \text{selimut beton}$$

$$= 1200 - 75$$

$$= 1125 \text{ mm}$$



$$G' = bX - (bX/2 + \text{lebar kolom}/2 + d)$$

$$= 5600 - (5600/2 + 700/2 + 1125)$$

$$= 1325 \text{ mm}$$

$$V_u = \sigma \times bX \times G' \text{ (satuan meter)}$$

$$= 33,324 \times 5,6 \times 1,325$$

$$= 247,267 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times bX \times d$$

$$= 0,75 \times 1/6 \times \sqrt{25} \times 5600 \times 1125$$

$$= 4937500 \text{ N}$$

$$= 401,513 \text{ ton}$$

$$\phi V_c > V_u = 401,513 > 247,267 \text{ (OKE)}$$

### Arah Y

$$P = 709,144 \text{ ton}$$

$$bX = 5600 \text{ mm}$$

$$bY = 3800 \text{ mm}$$

$$A = bX \times bY$$

$$= 5600 \times 3800$$

$$= 21,28 \text{ m}^2$$

$$\text{Selimut} = 75 \text{ mm}$$

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

$$\text{Kolom} = 700 \times 700 \text{ mm}$$

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

$$\sigma = P/A$$

$$= 709,144 / 21,28$$

$$= 33,324 \text{ ton/m}^2$$

$$d = \text{asumsi tebal} - \text{selimut beton}$$

$$= 1200 - 75$$

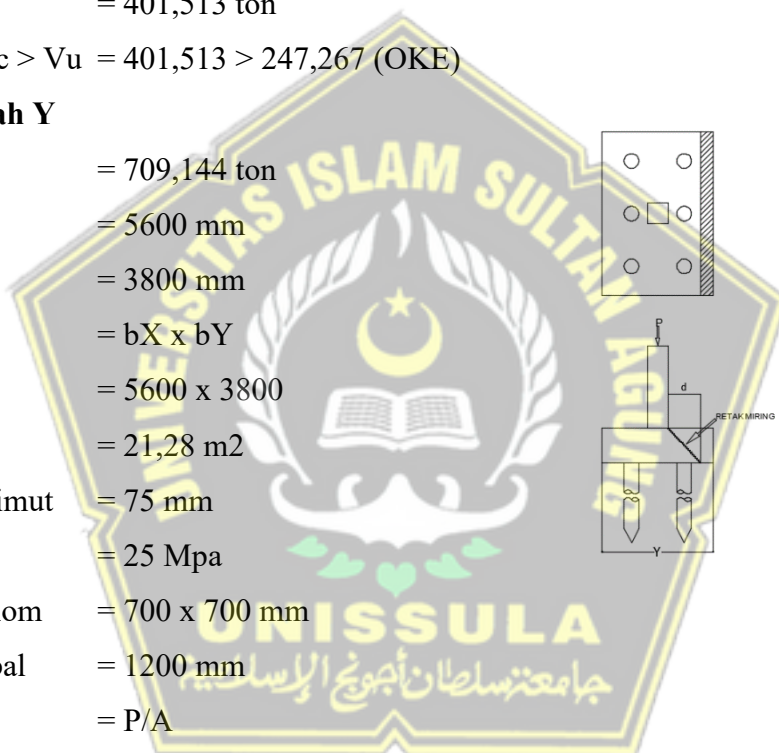
$$= 1125 \text{ mm}$$

$$G' = bY - (bY/2 + \text{lebar kolom}/2 + d)$$

$$= 3800 - (3800/2 + 700/2 + 1125)$$

$$= 425 \text{ mm}$$

$$V_u = \sigma \times bY \times G' \text{ (satuan meter)}$$





$$\begin{aligned}
 &= 33,324 \times 3,8 \times 0,425 \\
 &= 53,819 \text{ ton} \\
 \varphi V_c &= 0,75 \times 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times bY \times d \\
 &= 0,75 \times 1/6 \times \sqrt{25} \times 3800 \times 1125 \\
 &= 26718755 \text{ N} \\
 &= 272,455 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\varphi V_c > V_u = 272,455 > 53,819 \text{ (OKE)}$$

## 2. Geser Dua Arah

### Arah X

$$\begin{aligned}
 bX &= 5600 \text{ mm} \\
 d &= 1125 \text{ mm} \\
 a_s &= \text{Karena letak kolom di tengah pile cap}
 \end{aligned}$$

maka nilainya 40

$$\begin{aligned}
 \beta_c &= \text{Panjang kolom X / Y} = 1 \\
 \lambda &= \text{Karena beton normal maka nilainya 1}
 \end{aligned}$$

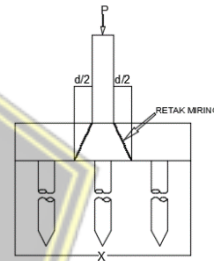
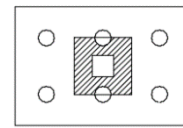
$$\begin{aligned}
 cX_{\text{kolom}} &= 700 \text{ mm} \\
 B' &= cX + d \\
 &= 700 + 1125 \\
 &= 1825 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_o &= 4 \times B' \\
 &= 4 \times 1825 \\
 &= 7300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \times (1 + 2/\beta_c) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times bX \times d \\
 &= 0,17 \times (1 + 2/1) \times 1 \times \sqrt{25} \times 5600 \times 1125 \\
 &= 20941875 \text{ N} \\
 &= 2135,477 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0,083 \times (a_s \times d / b_o + 2) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= 0,083 \times (40 \times 1125 / 7300 + 2) \times 1 \times \sqrt{25} \times 7300 \times 1125 \\
 &= 27825750 \text{ N} \\
 &= 2873,437 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \times 7300 \times 1125
 \end{aligned}$$



$$= 13550625 \text{ N}$$

$$= 1381,779 \text{ ton}$$

Vc diambil yang paling kecil maka dipakai Vc3 = 1381,779 ton

$$V_u = \sigma \times (bX^2 - B'^2) \text{ (satuan meter)}$$

$$= 33,324 \times (5,6^2 - 1,825^2)$$

$$= 934,093 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times V_c \text{ pakai}$$

$$= 0,75 \times 1381,779$$

$$= 1036,344 \text{ ton}$$

$$\phi V_c > V_u = 1036,344 > 934,093 \text{ (OKE)}$$

### Arah Y

$$b_Y = 3800 \text{ mm}$$

$$d = 1125 \text{ mm}$$

$\alpha_s$  = Karena letak kolom di tengah pile cap maka nilainya 40

$$\beta_c = \text{Panjang kolom X / Y} = 1$$

$\lambda$  = Karena beton normal maka nilainya 1

$$c_{Y_{\text{kolom}}} = 700 \text{ mm}$$

$$B' = c_Y + d$$

$$= 700 + 1125$$

$$= 1825 \text{ mm}$$

$$b_o = 4 \times B'$$

$$= 4 \times 1825$$

$$= 7300 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,17 \times (1 + 2/\beta_c) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_Y \times d$$

$$= 0,17 \times (1 + 2/1) \times 1 \times \sqrt{25} \times 3800 \times 1125$$

$$= 20941875 \text{ N}$$

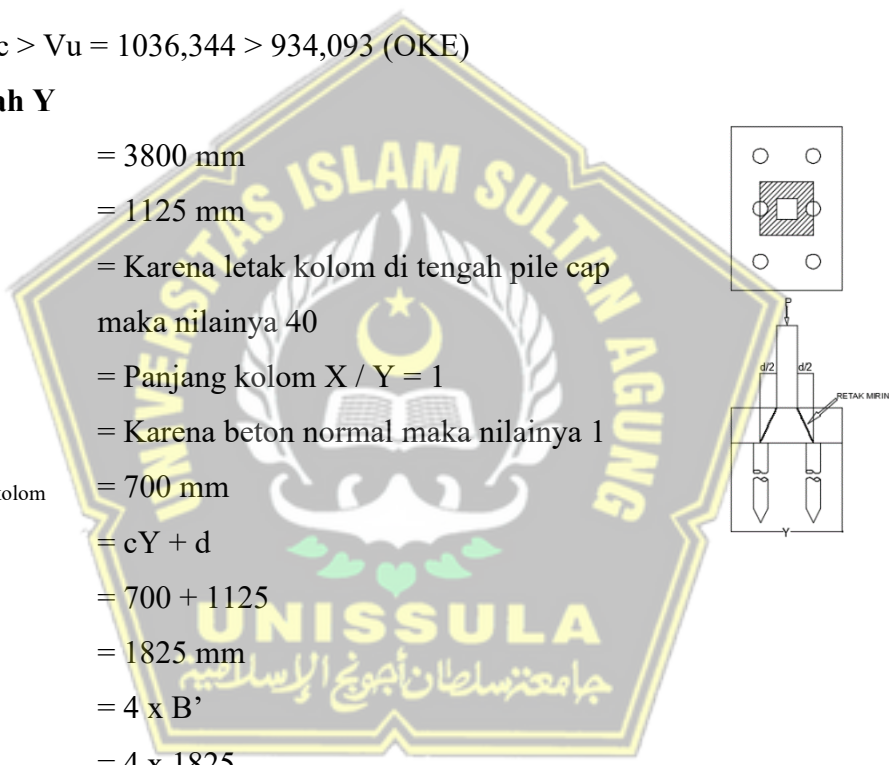
$$= 2135,477 \text{ ton}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times (\alpha_s \times d / b_o + 2) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$= 0,083 \times (40 \times 1125 / 7300 + 2) \times 1 \times \sqrt{25} \times 7300 \times 1125$$

$$= 27825750 \text{ N}$$

$$= 2873,437 \text{ ton}$$



$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \times 7300 \times 1125 \\
 &= 13550625 \text{ N} \\
 &= 1381,779 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$V_c$  diambil yang paling kecil maka dipakai  $V_{c3} = 1381,779 \text{ ton}$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \sigma \times (bX^2 - B'^2) \text{ (satuan meter)} \\
 &= 33,324 \times (3,8^2 - 1,825^2) \\
 &= 370,214 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times V_c \text{ pakai} \\
 &= 0,75 \times 1381,779 \\
 &= 1036,344 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c > V_u = 1036,344 > 370,214 \text{ (OKE)}$$

### 3. Perhitungan tulangan Lentur

#### Arah X

Lebar penampang kritis

$$P = 709,144 \text{ ton}$$

$$n_s = 6 \text{ tiang}$$

$$s = 1800 \text{ mm}$$

$$\phi = \text{memiliki nilai } 0,9$$

$$bX = 5600 \text{ mm}$$

$$d = 1125 \text{ mm}$$

$$cX_{\text{kolom}} = 700 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,9$$

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

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

$$E_s = 200000$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\epsilon_c = 0,003$$

$$\text{tebal} = 1200$$

$$\begin{aligned}
 B &= (bX / 2) - (cX / 2) \\
 &= 5600/2 - 700/2 \\
 &= 2450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q' &= \gamma \text{ beton} \times bX \times \text{tebal pile cap (satuan meter)} \\
 &= 2400 \times 5,6 \times 1,2 \\
 &= 16218 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mu_1 &= 2 \times (P / ns \times s) - 0,5 \times q' \times B^2 \text{ (satuan dijadikan kg/m)} \\
 &= 2 \times (709144 / 6 \times 1,8) - 0,5 \times 16218 \times 2,45^2 \\
 &= 187977,173 \text{ kgm} \\
 &= 1843,426 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= Mu_1 \times 1000000 / \phi \times bX \times d^2 \\
 &= 1843,426 \times 1000000 / 0,9 \times 5600 \times 1125^2 \\
 &= 0,289
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= 0,85 \times f_c' \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times Rn / 0,85 \times f_c'}) \\
 &= 0,85 \times 25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,289 / 0,85 \times 25}) \\
 &= 0,00069
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As_{\text{perlu}} &= \rho \times bX \times d \\
 &= 0,00069 \times 5600 \times 1125 \\
 &= 4364,809 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As_{\text{min}} &= 0,0018 \times bX \times d \\
 &= 0,0018 \times 5600 \times 1125 \\
 &= 12096 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

As diambil yang paling besar, maka diambil  $As_{\text{min}} = 12096 \text{ mm}^2$

#### Penulangan Tarik P7:

$$\text{Jumlah tulangan} = bX / \text{jarak antar tulangan}$$

$$\text{Misal pakai D22-150 maka} = 5600 / 150$$

$$\begin{aligned}
 &= 37,33 = 37 + 1 \text{ (karena ada tambahan 1} \\
 &\text{tulangan pada ujungnya)} \\
 &= 38 \text{ tulangan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As tulangan} &= 1/4 \times \pi \times D_{\text{tulangan}} \times \text{jumlah tulangan} \\
 &= 1/4 \times 3,14 \times 22^2 \times 38 \\
 &= 14437,72 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{As tulangan} > \text{As yang diambil} = 14437,72 > 12096 \text{ (OKE)}$$

Jadi digunakan tulangan 38 D22 dengan jarak 150 mm.

Cek kontrol:

$$\Sigma H = 0$$

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$

$$\begin{aligned} a &= (A_s \text{ yang diambil} \times f_y) / 0,85 \times f_c' \times bX \\ &= (12096 \times 420) / 0,85 \times 25 \times 5600 \\ &= 42,692 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= a / \beta_1 \\ &= 42,692 / 0,85 \\ &= 50,266 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s &= (d - c) / c \times \epsilon_c \\ &= (1125 - 50,266) / 50,266 \times 0,003 \\ &= 0,0462 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_y/E_s &= 420 / 200000 \\ &= 0,0021 \end{aligned}$$

$\epsilon_s > f_y/E_s$  yaitu  $0,0462 > 0,0021$  maka baja sudah leleh (OKE)

$\epsilon_s > 0,005$  maka bisa menggunakan  $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned} M_n &= 0,85 \times f_c' \times a \times bX \times (d - a / 2) \\ &= 0,85 \times 25 \times 42,692 \times 5600 \times (1125 - 42,692 / 2) \\ &= 5606,916 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u_2} &= \phi \times M_n \\ &= 0,9 \times 5606,916 \\ &= 5046,224 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$M_{u_1} < M_{u_2}$ , yaitu  $1843,426 \text{ kNm} < 5046,224 \text{ kNm}$  (OKE).

### Penulangan Desak P7:

Tulangan desak diberikan 20% dari tulangan tarik

Misal dipakai D13-250

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= bX / \text{jarak antar tulangan} \\ &= 5600 / 250 \\ &= 22,4 = 22 + 1 \text{ (karena ada tambahan 1 tulangan pada ujungnya)} \\ &= 23 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\text{As tulangan} = 1/4 \times \pi \times D_{\text{tulangan}} \times \text{jumlah tulangan}$$


$$\begin{aligned}
 &= 1/4 \times 3,14 \times 13^2 \times 23 \\
 &= 3051,29 \text{ mm}^2 \\
 \text{Nilai 20\%} &= 20\% \times \text{Tulangan tarik} \\
 &= 20/100 \times 14437,72 \\
 &= 2887,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan desak > 20% tulangan tarik, 3051,29 > 2887,8 (OKE).

Jadi digunakan tulangan 23 D13 dengan jarak 250 mm.

### Arah Y

Lebar penampang kritis



$$\begin{aligned}
 P &= 709,144 \text{ ton} \\
 n_s &= 6 \text{ tiang} \\
 s &= 1,8 \text{ m} \\
 \phi &= \text{memiliki nilai } 0,9 \\
 b_Y &= 3800 \text{ mm} \\
 d &= 1125 \text{ mm} \\
 c_{Y\text{Kolom}} &= 700 \text{ mm} \\
 \phi &= 0,9 \\
 f_c' &= 25 \text{ Mpa} \\
 f_y &= 420 \text{ Mpa} \\
 E_s &= 200000 \\
 \beta_1 &= 0,85 \\
 \epsilon_c &= 0,003 \\
 \text{tebal} &= 1200 \\
 B &= (b_Y / 2) - (c_Y / 2) \\
 &= 3800/2 - 700/2 \\
 &= 1550 \text{ mm} \\
 q' &= \gamma \text{ beton} \times b_y \times \text{tebal pile cap (satuan meter)} \\
 &= 2400 \times 3,8 \times 1,2 \\
 &= 10944 \text{ kg/m}^2 \\
 M_{u1} &= 2 \times (P / n_s \times s) - 0,5 \times q' \times B^2 \text{ (satuan dijadikan kg/m)} \\
 &= 2 \times (709144/6 \times 1,8) - 0,5 \times 10944 \times 1,55^2 \\
 &= 223234,853 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$= 2189,186 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_{u1} \times 1000000 / \phi \times bY \times d^2 \\ &= 2189,186 \times 1000000 / 0,9 \times 3800 \times 1125^2 \\ &= 0,505 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= 0,85 \times f_c' \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / 0,85 \times f_c'}) \\ &= 0,85 \times 25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,505 / 0,85 \times 25}) \\ &= 0,0012 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \times bY \times d \\ &= 0,0012 \times 3800 \times 1125 \\ &= 5210,764 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= 0,0018 \times bY \times d \\ &= 0,0018 \times 3800 \times 1125 \\ &= 8208 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As diambil yang paling besar, maka diambil  $A_s \text{ min} = 8208 \text{ mm}^2$

#### Penulangan Tarik P7:

$$\text{Jumlah tulangan} = bY / \text{jarak antar tulangan}$$

$$\begin{aligned} \text{Misal pakai D22-150 maka} &= 3800 / 150 \\ &= 25,33 = 25 + 1 \text{ (karena ada tambahan 1} \\ &\text{tulangan pada ujungnya)} \\ &= 26 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ tulangan} &= 1/4 \times \pi \times D_{\text{tulangan}} \times \text{jumlah tulangan} \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 22^2 \times 26 \\ &= 9878,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ tulangan} > A_s \text{ yang diambil} = 9878,44 > 8208 \text{ (OKE)}$$

Jadi digunakan tulangan 26 D22 dengan jarak 150 mm.

Cek kontrol:

$$\Sigma H = 0$$

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$

$$\begin{aligned} a &= (A_s \text{ yang diambil} \times f_y) / 0,85 \times f_c' \times bY \\ &= (8208 \times 420) / 0,85 \times 25 \times 3800 \\ &= 42,629 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= a / \beta_1 \\
 &= 42,629 / 0,85 \\
 &= 50,266 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s &= (d - c) / c \times \epsilon_c \\
 &= (1225 - 50,266) / 50,266 \times 0,003 \\
 &= 0,021
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_y/E_s &= 420 / 200000 \\
 &= 0,0021
 \end{aligned}$$

$\epsilon_s > f_y/E_s$  yaitu  $0,021 > 0,0021$  maka baja sudah leleh (OKE)

$\epsilon_s > 0,005$  maka bisa menggunakan  $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned}
 M_n &= 0,85 \times f_c' \times a \times bY \times (d - a / 2) \\
 &= 0,85 \times 25 \times 42,249 \times 3800 \times (1125 - 42,629 / 2) \\
 &= 3804693 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{u2} &= \phi \times M_n \\
 &= 0,9 \times 3804,693 \\
 &= 3424,224 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$M_{u1} < M_{u2}$ , yaitu  $2189,186 \text{ kNm} < 3424,224 \text{ kNm}$  (OKE).

#### **Penulangan Desak P7:**

Tulangan desak diberikan 20% dari tulangan tarik

Misal dipakai D13-250

Jumlah tulangan =  $bY / \text{jarak antar tulangan}$

$$= 3800 / 250$$

$$= 15,2 = 15 + 1 \text{ (karena ada tambahan 1 tulangan pada ujungnya)}$$

$$= 16 \text{ tulangan}$$

As tulangan =  $1/4 \times \pi \times D_{\text{tulangan}} \times \text{jumlah tulangan}$

$$= 1/4 \times 3,14 \times 13^2 \times 16$$

$$= 2122,64 \text{ mm}^2$$

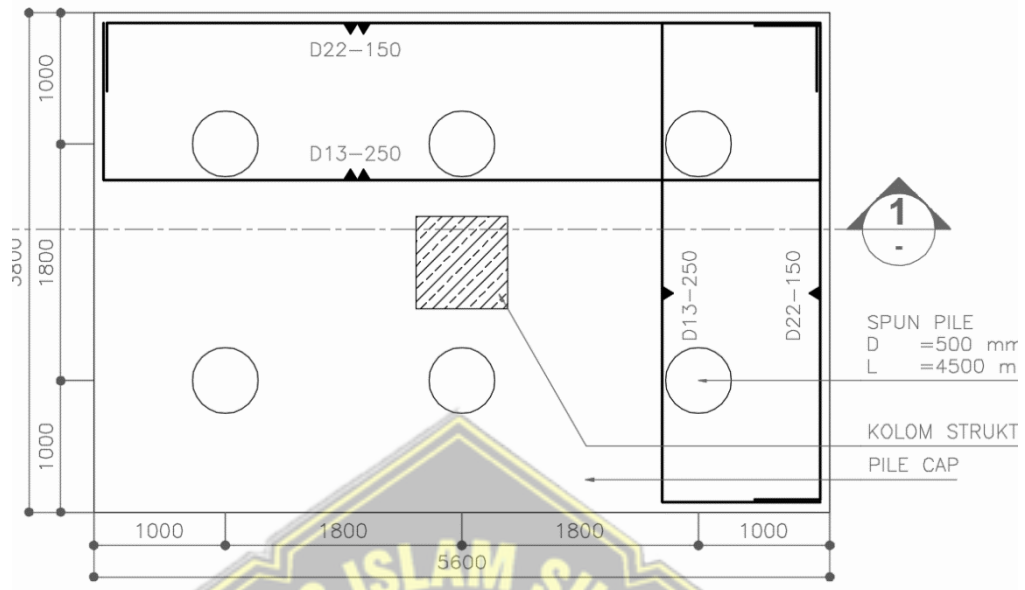
Nilai 20% =  $20\% \times \text{Tulangan tarik}$

$$= 20/100 \times 9878,44$$

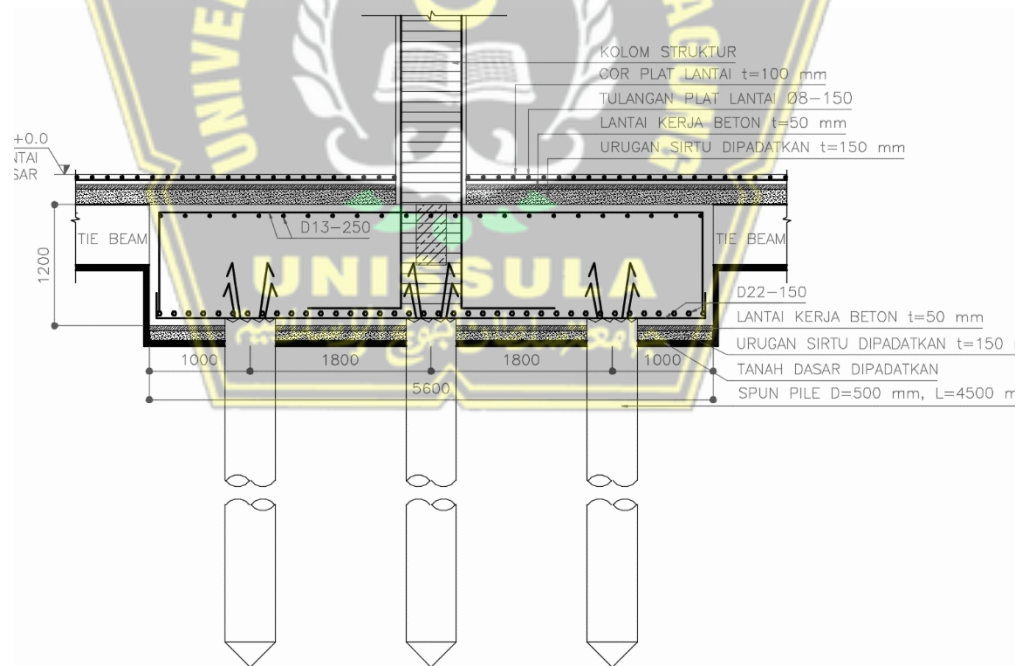
$$= 1975,7 \text{ mm}^2$$



Tulangan desak > 20% tulangan tarik, yaitu  $2122,64 \text{ mm}^2 > 1975,7 \text{ mm}^2$  (OKE).  
 Jadi digunakan tulangan 16 D13 dengan jarak 250 mm.

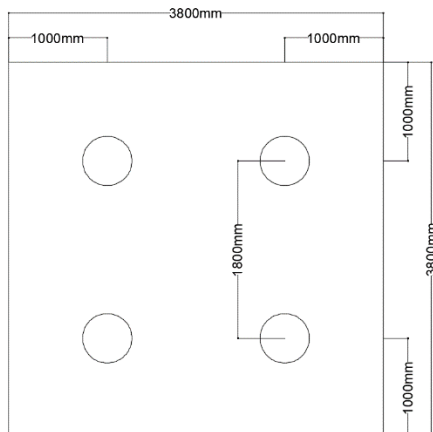


Gambar 4. 18 Detail *pile cap* P7



Gambar 4. 19 Potongan *pile cap* P7

**- Pile cap P5**



Karena pile cap berbentuk persegi ( $X=Y$ ) maka hanya dihitung salah satu saja.

**1. Geser Satu Arah**

$P = 459,718 \text{ ton}$

$bX = 3800 \text{ mm}$

$bY = 3800 \text{ mm}$

$A = bX \times bY$   
 $= 3800 \times 3800$   
 $= 14,44 \text{ m}^2$

Selimut = 75 mm

$f_c' = 25 \text{ Mpa}$

Kolom = 700 x 700 mm

Tebal = 1000 mm

$\sigma = P/A$   
 $= 459,718 / 14,44$

$= 31,386 \text{ ton/m}^2$

$d = \text{asumsi tebal} - \text{selimut beton}$

$= 1000 - 75$

$= 925 \text{ mm}$

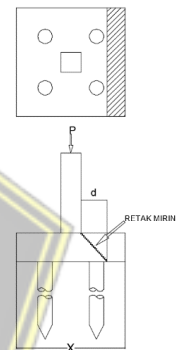
$G' = bX - (bX/2 + \text{lebar kolom}/2 + d)$

$= 3800 - (3800/2 + 700/2 + 925)$

$= 625 \text{ mm}$

$V_u = \sigma \times bX \times G' \text{ (satuan meter)}$

$= 31,386 \times 3,8 \times 0,625$



$$\begin{aligned}
 &= 75,612 \text{ ton} \\
 \phi V_c &= 0,75 \times 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times bX \times d \\
 &= 0,75 \times 1/6 \times \sqrt{25} \times 3800 \times 925 \\
 &= 2196875 \text{ N} \\
 &= 224,019 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c > V_u = 224,019 > 75,612 \text{ (OKE)}$$

## 2. Geser Dua Arah

$$bX = 3800 \text{ mm}$$

$$d = 925 \text{ mm}$$

$a_s$  = Karena letak kolom di tengah pile cap maka nilainya 40

$\beta_c$  = Panjang kolom X / Y = 1

$\lambda$  = Karena beton normal maka nilainya 1

$$cX_{\text{kolom}} = 700 \text{ mm}$$

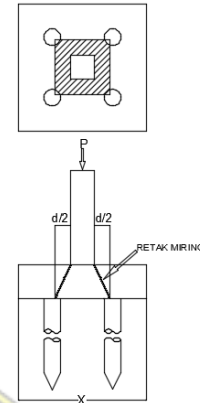
$$\begin{aligned}
 B' &= cX + d \\
 &= 700 + 925 \\
 &= 1625 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_o &= 4 \times B' \\
 &= 4 \times 1625 \\
 &= 6500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \times (1 + 2/\beta_c) \times \lambda \sqrt{f_c'} \times bX \times d \\
 &= 0,17 \times (1 + 2/1) \times 1 \times \sqrt{25} \times 3800 \times 925 \\
 &= 15331875 \text{ N} \\
 &= 1563,416 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0,083 \times (a_s \times d / b_o + 2) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= 0,083 \times (40 \times 925 / 6500 + 2) \times 1 \times \sqrt{25} \times 6500 \times 925 \\
 &= 19193750 \text{ N} \\
 &= 1957,218 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \times 6500 \times 925 \\
 &= 9920625 \text{ N} \\
 &= 1011,622 \text{ ton}
 \end{aligned}$$



Vc diambil yang paling kecil maka dipakai Vc3 = 1011,622 ton

$$V_u = \sigma \times (bX^2 - B'^2) \text{ (satuan meter)}$$

$$= 31,836 \times (3,8^2 - 1,625^2)$$

$$= 375,65 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times V_c \text{ pakai}$$

$$= 0,75 \times 1011,622$$

$$= 758,717 \text{ ton}$$

$$\phi V_c > V_u = 758,717 > 375,65 \text{ (OKE)}$$

### 3. Perhitungan tulangan Lentur

Lebar penampang kritis

$$P = 459,718 \text{ ton}$$

$$n_s = 4 \text{ tiang}$$

$$s = 1800 \text{ mm}$$

$$\phi = \text{memiliki nilai } 0,9$$

$$bX = 3800 \text{ mm}$$

$$d = 925 \text{ mm}$$

$$cX_{\text{kolom}} = 700 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,9$$

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

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

$$E_s = 200000$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\epsilon_c = 0,003$$

$$\text{tebal} = 1000$$

$$B = (bX / 2) - (cX / 2)$$

$$= 3800/2 - 700/2$$

$$= 1550 \text{ mm}$$

$$q' = \gamma \text{ beton} \times bX \times \text{tebal pile cap (satuan meter)}$$

$$= 2400 \times 3,8 \times 1$$

$$= 9120 \text{ kg/m}^2$$

$$Mu_1 = 2 \times (P / n_s \times s) - 0,5 \times q' \times B^2 \text{ (satuan dijadikan kg/m)}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times (459718/6 \times 1,8) - 0,5 \times 9120 \times 1,55^2 \\
 &= 21903,6 \text{ kgm} \\
 &= 2146,711 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= M_{u1} \times 1000000 / \phi \times b \times d^2 \\
 &= 2146,711 \times 1000000 / 0,9 \times 3800 \times 925^2 \\
 &= 0,734
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= 0,85 \times f_c' \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / 0,85 \times f_c'}) \\
 &= 0,85 \times 25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,734 / 0,85 \times 25}) \\
 &= 0,00178
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00178 \times 3800 \times 925 \\
 &= 6249,402 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ min} &= 0,0018 \times b \times d \\
 &= 0,0018 \times 3800 \times 925 \\
 &= 6840 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

As diambil yang paling besar, maka diambil  $A_{s \text{ min}} = 6840 \text{ mm}^2$

#### Penulangan Tarik P5:

$$\text{Jumlah tulangan} = b \times \text{jarak antar tulangan}$$

$$\text{Misal pakai D22-150 maka} = 3800 / 150$$

$$= 25,33 = 25 + 1 \text{ (karena ada tambahan 1 tulangan pada ujungnya)}$$

$$= 26 \text{ tulangan}$$

$$A_s \text{ tulangan} = 1/4 \times \pi \times D_{\text{tulangan}} \times \text{jumlah tulangan}$$

$$= 1/4 \times 3,14 \times 22^2 \times 26$$

$$= 9878,400 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tulangan} > A_s \text{ yang diambil} = 9878,400 > 6840 \text{ (OKE)}$$

Jadi digunakan tulangan 26 D22 dengan jarak 150 mm.

Cek kontrol:

$$\Sigma H = 0$$

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$

$$a = (A_s \text{ yang diambil} \times f_y) / 0,85 \times f_c' \times b$$

$$\begin{aligned}
&= (6840 \times 420) / 0,85 \times 25 \times 3800 \\
&= 35,576 \text{ mm} \\
c &= a / \beta_1 \\
&= 35,567 / 0,85 \\
&= 41,855 \text{ mm} \\
\varepsilon_s &= (d - c) / c \times \varepsilon_c \\
&= (925 - 41,855) / 41,855 \times 0,003 \\
&= 0,0633 \\
F_y/E_s &= 420 / 200000 \\
&= 0,0021
\end{aligned}$$

$\varepsilon_s > f_y/E_s$  yaitu  $0,0633 > 0,0021$  maka baja sudah leleh (OKE)

$\varepsilon_s > 0,005$  maka bisa menggunakan  $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned}
M_n &= 0,85 \times f_c' \times a \times b \times X \times (d - a / 2) \\
&= 0,85 \times 25 \times 35,576 \times 3800 \times (925 - 35,576 / 2) \\
&= 2606,238 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{u_2} &= \phi \times M_n \\
&= 0,9 \times 2606,238 \\
&= 2345,614 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$M_{u_1} < M_{u_2}$ , yaitu  $2146,711 \text{ kNm} < 2345,614 \text{ kNm}$  (OKE).

#### Penulangan Desak P5:

Tulangan desak diberikan 20% dari tulangan tarik

Misal dipakai D13-250

Jumlah tulangan =  $bX / \text{jarak antar tulangan}$

$$= 3800 / 250$$

$$= 15,2 = 15 + 1 \text{ (karena ada tambahan 1 tulangan pada ujungnya)}$$

$$= 16 \text{ tulangan}$$

As tulangan =  $1/4 \times \pi \times D_{\text{tulangan}} \times \text{jumlah tulangan}$

$$= 1/4 \times 3,14 \times 13^2 \times 16$$

$$= 2122,64 \text{ mm}^2$$

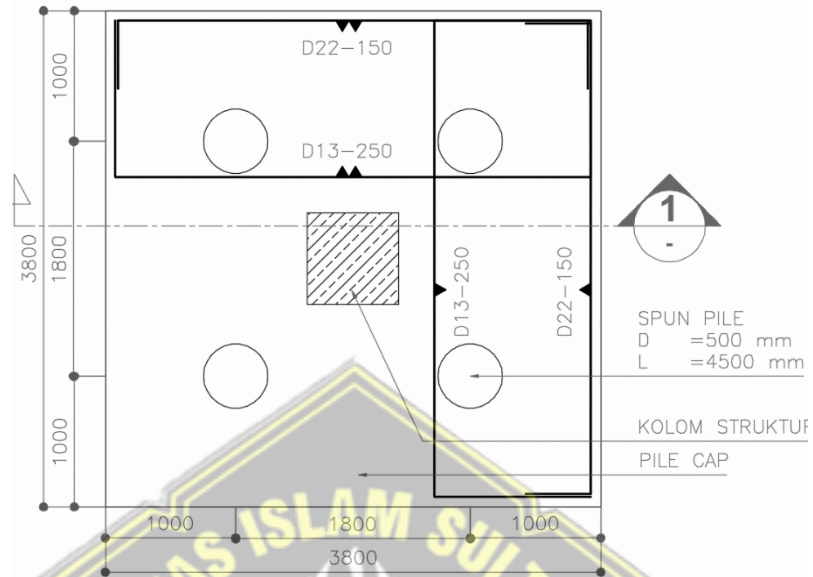
Nilai 20% =  $20\% \times \text{Tulangan tarik}$

$$= 20/100 \times 9878,44$$

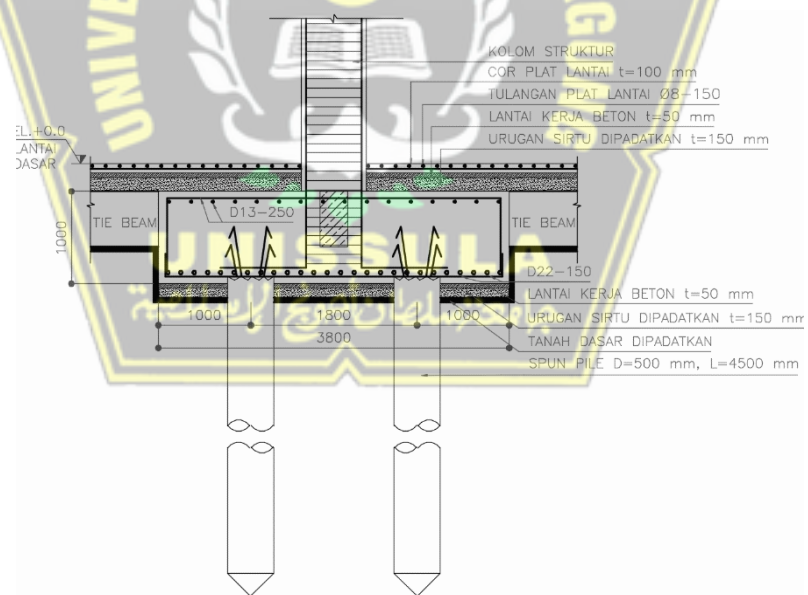
$$= 1975,7 \text{ mm}^2$$

Tulangan desak > 20% tulangan tarik,  $2122,64 > 1975,7$  (OKE).

Jadi digunakan tulangan 12 D13 dengan jarak 250 mm.

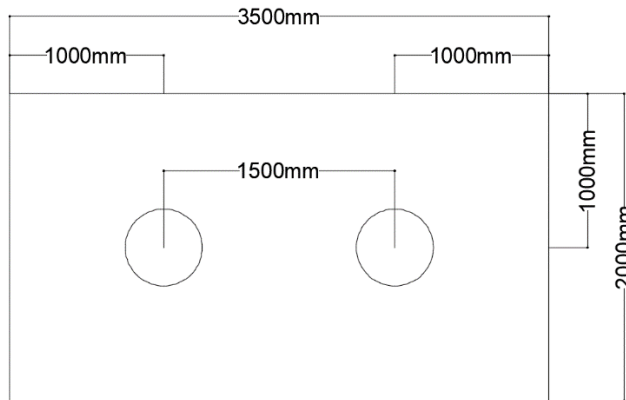


Gambar 4. 20 Detail *pile cap* P5



Gambar 4. 21 Potongan *pile cap* P5

**- Pile cap P3**



**1. Geser Satu Arah**

Karena hanya ada dua tiang pancang maka hanya terjadi geser pada arah X saja.

$$P = 151,798 \text{ ton}$$

$$bX = 3500 \text{ mm}$$

$$bY = 2000 \text{ mm}$$

$$A = bX \times bY$$

$$= 3500 \times 2000$$

$$= 7 \text{ m}^2$$

$$\text{Selimut} = 75 \text{ mm}$$

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

$$\text{Kolom} = 700 \times 700 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal} = 700 \text{ mm}$$

$$\sigma = P/A$$

$$= 151,798 / 7$$

$$= 21,685 \text{ ton/m}^2$$

$$d = \text{asumsi tebal} - \text{selimut beton}$$

$$= 1100 - 75$$

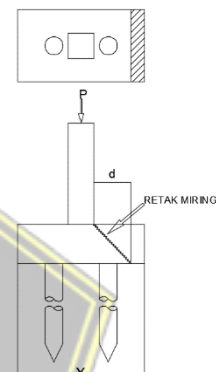
$$= 1025 \text{ mm}$$

$$G' = bX - (bX/2 + \text{lebar kolom}/2 + d)$$

$$= 3500 - (3500/2 + 700/2 + 1025)$$

$$= 375 \text{ mm}$$

$$Vu = \sigma \times bX \times G' \text{ (menggunakan satuan meter)}$$





$$\begin{aligned}
 &= 21,685 \times 3,5 \times 0,375 \\
 &= 28,462 \text{ ton} \\
 \phi V_c &= 0,75 \times 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_X \times d \\
 &= 0,75 \times 1/6 \times \sqrt{25} \times 3500 \times 1025 \\
 &= 2242187,5 \text{ N} \\
 &= 228,639 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c > V_u = 228,639 > 28,462 \text{ (OKE)}$$

## 2. Geser Dua Arah

$$b_X = 3500 \text{ mm}$$

$$d = 1025 \text{ mm}$$

$\alpha_s$  = Karena letak kolom di tengah pile cap maka nilainya 40

$$\beta_c = \text{Panjang kolom X / Y} = 1$$

$\lambda$  = Karena beton normal maka nilainya 1

$$c_{X_{\text{kolom}}} = 700 \text{ mm}$$

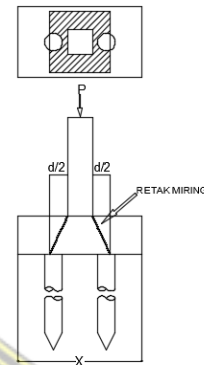
$$\begin{aligned}
 B' &= c_X + d \\
 &= 700 + 1025 \\
 &= 1725 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_o &= 4 \times B' \\
 &= 4 \times 1725 \\
 &= 6900 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \times (1 + 2/\beta_c) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_X \times d \\
 &= 0,17 \times (1 + 2/1) \times 1 \times \sqrt{25} \times 3500 \times 1025 \\
 &= 18034875 \text{ N} \\
 &= 1839,045 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0,083 \times (\alpha_s \times d / b_o + 2) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= 0,083 \times (40 \times 1025 / 6900 + 2) \times 1 \times \sqrt{25} \times 6900 \times 1025 \\
 &= 23310550 \text{ N} \\
 &= 2377,015 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \times 6900 \times 1025 \\
 &= 11669625 \text{ N}
 \end{aligned}$$



$$= 1189,971 \text{ ton}$$

Vc diambil yang paling kecil maka dipakai Vc3 = 1189,971 ton

$$V_u = \sigma \times (bX^2 - B'^2) \text{ (satuan dijadikan meter)}$$

$$= 21,685 \times (3,5^2 - 1,725^2)$$

$$= 201,119 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times V_c \text{ pakai}$$

$$= 0,75 \times 1189,971$$

$$= 892,478 \text{ ton}$$

$$\phi V_c > V_u = 892,478 > 201,119 \text{ (OKE)}$$

### 3. Perhitungan tulangan Lentur

#### Arah X

Lebar penampang kritis

$$P = 151,798 \text{ ton}$$

$$n_s = 2 \text{ tiang}$$

$$s = 1500 \text{ mm}$$

$$\phi = \text{memiliki nilai } 0,9$$

$$bX = 3500 \text{ mm}$$

$$d = 1025 \text{ mm}$$

$$cX_{\text{kolom}} = 700 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,9$$

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

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

$$E_s = 200000$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\epsilon_c = 0,003$$

$$\text{tebal} = 1100$$

$$B = (bX / 2) - (cX / 2)$$

$$= 3500/2 - 700/2$$

$$= 1400 \text{ mm}$$

$$q' = \gamma \text{ beton} \times bX \times \text{tebal pile cap (satuan meter)}$$

$$= 2400 \times 3,5 \times 1,1$$

$$= 9240 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_1 &= 2 \times (P / ns \times s) - 0,5 \times q' \times B^2 \text{ (satuan dijadikan kg/m)} \\ &= 2 \times (151798/2 \times 1,5) - 0,5 \times 9240 \times 1,4^2 \\ &= 142742,8 \text{ kgm} \\ &= 1399,829 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= \text{Mu}_1 \times 1000000 / \emptyset \times bX \times d^2 \\ &= 1399,829 \times 1000000 / 0,9 \times 3500 \times 1025^2 \\ &= 0,423 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= 0,85 \times f_c' \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times \text{Rn} / 0,85 \times f_c'}) \\ &= 0,85 \times 25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,423 / 0,85 \times 25}) \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times bX \times d \\ &= 0,001 \times 3500 \times 1025 \\ &= 3649,619 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As min} &= 0,0018 \times bX \times d \\ &= 0,0018 \times 3500 \times 1025 \\ &= 6930 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As diambil yang paling besar, maka diambil  $\text{As}_{\text{min}} = 6930 \text{ mm}^2$

**Penulangan Tarik P3:**

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= bX / \text{jarak antar tulangan} \\ \text{Misal pakai D22-200 maka} &= 3500 / 200 \\ &= 17,5 = 18 + 1 \text{ (karena ada tambahan 1} \\ &\text{ tulangan pada ujungnya)} \\ &= 19 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= 1/4 \times \pi \times D_{\text{tulangan}} \times \text{jumlah tulangan} \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 22^2 \times 19 \\ &= 7218,860 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{As tulangan} > \text{As yang diambil} = 7218,860 > 6930 \text{ (OKE)}$$

Jadi digunakan tulangan 19 D22 dengan jarak 200 mm.

Cek kontrol:

$$\Sigma H = 0$$

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$

$$\begin{aligned} a &= (A_s \text{ yang diambil} \times f_y) / 0,85 \times f_c' \times b \\ &= (6930 \times 420) / 0,85 \times 25 \times 3500 \\ &= 39,134 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= a / \beta_1 \\ &= 39,134 / 0,85 \\ &= 46,04 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s &= (d - c) / c \times \epsilon_c \\ &= (1025 - 46,04) / 46,04 \times 0,003 \\ &= 0,063 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_y/E_s &= 420 / 200000 \\ &= 0,0021 \end{aligned}$$

$\epsilon_s > f_y/E_s$  yaitu  $0,063 > 0,0021$  maka baja sudah leleh (OKE)

$\epsilon_s > 0,005$  maka bisa menggunakan  $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned} M_n &= 0,85 \times f_c' \times a \times b \times (d - a / 2) \\ &= 0,85 \times 25 \times 39,134 \times 3500 \times (1025 - 39,134 / 2) \\ &= 2926,413 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u2} &= \phi \times M_n \\ &= 0,9 \times 2926,413 \\ &= 2633,772 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$M_{u1} < M_{u2}$ , yaitu  $1399,829 \text{ kNm} < 2633,772 \text{ kNm}$  (OKE).

### Penulangan Desak P3:

Tulangan desak diberikan 20% dari tulangan tarik

Misal dipakai D13-250

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= b / \text{jarak antar tulangan} \\ &= 3500 / 250 \\ &= 14 = 14 + 1 \text{ (karena ada tambahan 1 tulangan pada ujungnya)} \\ &= 15 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As tulangan} &= 1/4 \times \pi \times D_{\text{tulangan}}^2 \times \text{jumlah tulangan} \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 13^2 \times 15 \\ &= 1989,975 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Nilai } 20\% &= 20\% \times \text{Tulangan tarik} \\
&= 20/100 \times 7218,860 \\
&= 1443,8 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Tulangan desak > 20% tulangan tarik, 1989,975 > 1443,8 (OKE).

Jadi digunakan tulangan 15 D13 dengan jarak 250 mm.

### Arah Y

Lebar penampang kritis

$$P = 151,798 \text{ ton}$$

$$n_s = 2 \text{ tiang}$$

$$s = 1,5 \text{ m}$$

$$\phi = \text{memiliki nilai } 0,9$$

$$b_Y = 2000 \text{ mm}$$

$$d = 1025 \text{ mm}$$

$$c_{Y\text{Kolom}} = 700 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,9$$

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

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

$$E_s = 200000$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$e_c = 0,003$$

$$\text{tebal} = 1100$$

$$B = (b_Y / 2) - (c_Y / 2)$$

$$= 2000/2 - 700/2$$

$$= 650 \text{ mm}$$

$$q' = \gamma \text{ beton} \times b_y \times \text{tebal pile cap (satuan dijadikan meter)}$$

$$= 2400 \times 2 \times 1,1$$

$$= 5280 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{u1} = 2 \times (P / n_s \times s) - 0,5 \times q' \times B^2 \text{ (satuan dijadikan kg/m)}$$

$$= 2 \times (151,798/2 \times 1,5) - 0,5 \times 5280 \times 0,65^2$$

$$= 150682,6 \text{ kg}$$

$$= 1477,692 \text{ kNm}$$

$$R_n = M_{u1} \times 1000000 / \phi \times b_Y \times d^2$$

$$\begin{aligned}
&= 1477,692 \times 1000000 / 0,9 \times 2000 \times 1025^2 \\
&= 0,781 \\
\rho_{\text{perlu}} &= 0,85 \times f_c' \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / 0,85 \times f_c'}) \\
&= 0,85 \times 25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,781 / 0,85 \times 25}) \\
&= 0,001 \\
A_s \text{ perlu} &= \rho \times bY \times d \\
&= 0,001 \times 2000 \times 1025 \\
&= 3886,713 \text{ mm}^2 \\
A_s \text{ min} &= 0,0018 \times bY \times d \\
&= 0,0018 \times 2000 \times 1025 \\
&= 3960 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

As diambil yang paling besar, maka diambil  $A_s \text{ min} = 3960 \text{ mm}^2$

#### Penulangan Tarik P1:

$$\begin{aligned}
\text{Jumlah tulangan} &= bY / \text{jarak antar tulangan} \\
\text{Misal pakai D22-200 maka} &= 2000 / 200 \\
&= 10 = 10 + 1 \text{ (karena ada tambahan 1} \\
&\text{ tulangan pada ujungnya)} \\
&= 11 \text{ tulangan} \\
A_s \text{ tulangan} &= 1/4 \times \pi \times D_{\text{tulangan}} \times \text{jumlah tulangan} \\
&= 1/4 \times 3,14 \times 22^2 \times 11 \\
&= 4179,34 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

As tulangan > As yang diambil = 4179,34 > 3960 (OKE)

Jadi digunakan tulangan 11 D22 dengan jarak 200 mm.

Cek kontrol:

$$\Sigma H = 0$$

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$

$$\begin{aligned}
a &= (A_s \text{ yang diambil} \times f_y) / 0,85 \times f_c' \times bY \\
&= (3960 \times 420) / 0,85 \times 25 \times 2000 \\
&= 39,134 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
c &= a / \beta_1 \\
&= 39,134 / 0,85
\end{aligned}$$

$$= 46,04 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_s &= (d - c) / c \times \epsilon_c \\ &= (1025 - 46,04) / 46,04 \times 0,003 \\ &= 0,06\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_y/E_s &= 420 / 200000 \\ &= 0,0021\end{aligned}$$

$\epsilon_s > f_y/E_s$  yaitu  $0,06 > 0,0021$  maka baja sudah leleh (OKE)

$\epsilon_s > 0,005$  maka bisa menggunakan  $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned}M_n &= 0,85 \times f_c' \times a \times b_Y \times (d - a / 2) \\ &= 0,85 \times 25 \times 39,134 \times 2000 \times (1025 - 39,134 / 2) \\ &= 1672,236 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{u2} &= \phi \times M_n \\ &= 0,9 \times 1672,236 \\ &= 1505,012 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$M_{u1} < M_{u2}$ , yaitu  $1477,692 \text{ kNm} < 1505,012 \text{ kNm}$  (OKE).

### **Penulangan Desak P3:**

Tulangan desak diberikan 20% dari tulangan tarik

Misal dipakai D13-250

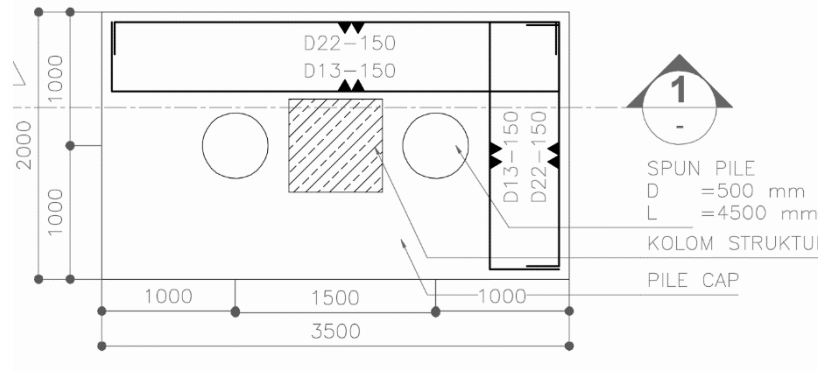
$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan} &= b_Y / \text{jarak antar tulangan} \\ &= 2000 / 250 \\ &= 8 = 8 + 1 \text{ (karena ada tambahan 1 tulangan pada ujungnya)} \\ &= 9 \text{ tulangan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As tulangan} &= 1/4 \times \pi \times D_{\text{tulangan}} \times \text{jumlah tulangan} \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 13^2 \times 9 \\ &= 1193,985 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

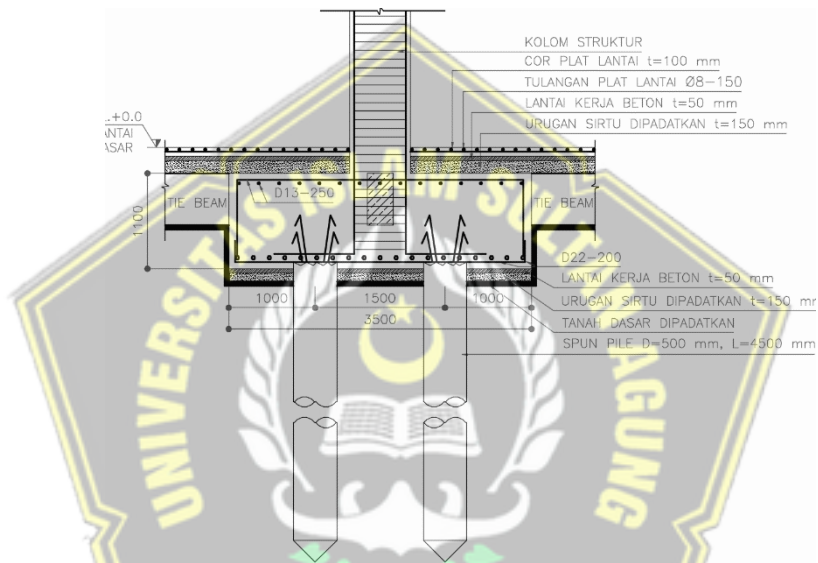
$$\begin{aligned}\text{Nilai 20\%} &= 20\% \times \text{Tulangan tarik} \\ &= 20/100 \times 4179,34 \\ &= 835,9 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tulangan desak  $>$  20% tulangan tarik, yaitu  $1193,985 \text{ mm}^2 > 835,9 \text{ mm}^2$  (OKE).

Jadi digunakan tulangan 9 D13 dengan jarak 250 mm.



Gambar 4. 22 Detail *pile cap* P3



Gambar 4. 23 Potongan *pile cap* P3

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan *Pile Cap*

Tipe Fondasi	Panjang X (m)	Panjang Y (m)	Tebal (m)	Tulangan Tarik		Tulangan Desak	
				X	Y	X	Y
P7	5,6	3,8	1,2	38 D22-150	26 D22-150	23 D13-250	16 D13-250
P5	3,8	3,8	1	26 D22-150	26 D22-150	16 D13-250	16 D13-250
P3	3,5	2	1,1	19 D22-200	11 D22-200	15 D13-250	9 D13-250



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis perencanaan ulang fondasi menggunakan fondasi *spun pile* yang dilakukan pada gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula Semarang didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan pembebanan menggunakan SAP2000 diperoleh beban terbesar yaitu pada fondasi P7 dengan beban 709,144 ton dan beban terkecil yaitu pada fondasi P3 dengan beban 151,798 ton.
2. Hasil perhitungan daya dukung fondasi *spun pile* dengan diameter 0,5 m dan pada kedalaman 45 m dengan metode *Meyerhoff* (1956) menggunakan data N-SPT diperoleh hasil daya dukung sebesar 449,256. Hasil perhitungan daya dukung lateral menggunakan metode *Brooms* diperoleh nilai  $H_u$  (gaya lateral) sebesar 669,68 kN. Hasil perhitungan daya dukung fondasi kelompok tiang dengan diameter 0,5 m diperoleh pada fondasi P7 menggunakan 6 buah tiang pancang dengan jarak antar tiang 1,8 m didapatkan daya dukung sebesar 717,69 ton, pada fondasi P5 menggunakan 4 buah tiang pancang dengan jarak antar tiang 1,8 m didapatkan daya dukung sebesar 495,68 ton, dan pada fondasi P3 menggunakan 2 buah tiang pancang dengan jarak antar tiang 1,5 m didapatkan daya dukung sebesar 268,82 ton.
3. Hasil perhitungan penurunan fondasi tiang tunggal menggunakan metode *vesic* (1977) penurunan sebesar 13,4 mm dan menggunakan *Plaxis* diperoleh sebesar 13,3 mm. Hasil perhitungan penurunan fondasi tiang kelompok menggunakan metode *vesic* (1977) diperoleh penurunan pada fondasi P7 sebesar 38,4 mm, pada fondasi P5 sebesar 28,8 mm, dan pada fondasi P3 sebesar 26,8 mm.
4. Hasil perhitungan *pile cap* diperoleh pada fondasi P7 yaitu dimensi 5,6 m x 3,8 m dengan tebal 1,2 m, tulangan tarik arah X yaitu 38 D22-150 mm, arah Y yaitu 26 D22-150 mm dan tulangan desak arah X 23D13-250 mm, arah

Y 16 D13-250 mm. Pada fondasi P5 diperoleh yaitu dimensi 3,8 m x 3,8 m dengan tebal 1 m, tulangan tarik 26 D22-150 mm dan tulangan desak 16 D13-250 mm. Pada fondasi P3 diperoleh yaitu dimensi 3,5 m x 2 m dengan tebal 1,1 m, tulangan tarik arah X 19 D22-200 mm, arah Y 11 D22-200 mm dan tulangan desak arah X 15 D13-250 mm, arah Y 9 D13-250 mm.

## 5.2 Saran

Dari hasil analisis perencanaan ulang fondasi *spun pile* yang dilakukan pada proyek pembangunan Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula Semarang maka didapatkan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya.

- Untuk penelitian selanjutnya, dapat menggunakan tipe fondasi yang lain seperti *bore pile*.
- Untuk penelitian selanjutnya, dapat menambahkan beban dengan menambahkan lantai, untuk mendapatkan variasi penelitian fondasi selanjutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

Dona Dwi Saputro. *Studi Pengaruh Jarak Tiang Pancang Pada Kelompok Tiang Terhadap Perubahan Dimensi Pile Cap, Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta*

Eko Yuliawan. *Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian Spt Dan Cyclic Load Test, Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta*

Fachridia Luthfiani, Ilham Nurhuda, Indrastono Dwi Atmanto. *Analisis Penurunan Bangunan Pondasi Tiang Pancang Dan Rakit Pada Proyek Pembangunan Apartemen Surabaya Central Business Distric, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang*

Guardiana Esti M & Liza Apriliani (2021). *Perencanaan Fondasi Spun Pile Pada Arus Hotel Semarang. Repository unissula.*

Hardiyatmo, H.C. 2014. *Analisis dan Perencanaan Fondasi I. Yogyakarta: Gramedia Pustaka Utama.*

Hardiyatmo, H.C. 2014. *Analisis dan Perencanaan Fondasi II. Yogyakarta: Gramedia Pustaka Utama.*

Ilma Yahya & Mahandhika Adi Pramudya (2021). *Analisa Daya Dukung Dan Konsolidasi Fondasi Micropile Pada Bangunan Cagar Budaya Pasar Johar Selatan. Unissula.*

Lilik Gani Ahmad. *Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Data Insitu Test, Parameter Laboratorium Terhadap Loading Test Kantledge, Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta*

Muhammad Fahri Dirgantara (2018). *Perencanaan Ulang Pondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Diameter Menggunakan Metode Meyerhof, Aoki & De Alencar, Dan Luciano Decourt. Universitas Islam Indonesia.*

Prasetia, Indra Dwi, 2018. *Studi Perencanaan Pondasi Tiang Pancang (Spun Pile) Pada Gedung Kantor Pemerintah Kabupaten Lamongan-Jawa Timur*, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang, Malang*

Rafini Aulia, Hikmad Lukman, Titik Penta Artiningsih. *Analisis Gaya Lateral Pada Pondasi Tiang Pancang Square (Studi Kasus: Pembangunan Continuous Stirred-Tank Reactor (Cstr) Pt.Ultra Jaya Milk Industri Bandung)*, *Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pakuan, Bogor*

Trias Widorini, Ngudi Hari Crista, dan Bambang Purnijanto. *Analisis Perbandingan Stabilisasi Tanah Asli Dengan Hasil Pre Boring Pada Proyek Menara Universitas Semarang Dengan Campuran Pasir Dan Kapur Untuk Meningkatkan Daya Dukung Tanah*, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Semarang, Semarang*

Wanda Aska Alawiah, Yuki Achmad Yakini. *Analisis Daya Dukung Tiang Tunggal Statik pada Tanah Lunak di Gedebage*, *Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung*

Wicaksono, Pratama Sudrajat dan Prabowo, Riko Nandang, 2021. *Analisa Daya Dukung dan Penurunan Fondasi Tiang Pancang Pada Tanah Lunak Madukoro*, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, Semarang*

Yani, Disty Suci Anggi, 2021. *Menghitung Daya Dukung Tiang Pancang Pada Gedung Perkantoran Menggunakan Data SPT Dan Sondir Dengan Metode Decourt-Quaresma 1982, Mayerhof 1956, Schmertmann 1975 DAN LCPC 1982*, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta*