

**TUGAS AKHIR**

**KAJIAN EFISIENSI GRUP TIANG TERHADAP PENURUNAN  
DAYA DUKUNG DAN KONFIGURASI FONDASI TIANG  
PANCANG**

**(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Dan Dekanat Fakultas  
Kedokteran Gigi Unissula)**

**Diajukan Untuk Memenuhi persyaratan dalam Menyelesaikan**

**Program sarjana Program Studi Teknik Sipil**

**Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun oleh:**

**Fadhil muhammad**

**Ilham khahayuman**

**Nim : 30201800061**

**Nim : 30201800086**

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

**2022**

**TUGAS AKHIR**  
**KAJIAN EFISIENSI GRUP TIANG TERHADAP PENURUNAN**  
**DAYA DUKUNG DAN KONFIGURASI FONDASI TIANG**  
**PANCANG**

(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Dan Dekanat Fakultas  
Kedokteran Gigi Unissula)

Diajukan Untuk Memenuhi persyaratan dalam Menyelesaikan

Program sarjana Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun oleh:

**Fadhil muhammad**

**Ilham khahayuman**

**Nim : 30201800061**

**Nim : 30201800086**

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

**2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

### KAJIAN EFISIENSI GRUP TIANG TERHADAP PENURUNAN DAYA DUKUNG DAN KONFIGURASI FONDASI TIANG PANCANG

(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Dan Dekanat Fakultas  
Kedokteran Gigi Unissula)



**FADHIL MUHAMMAD**  
NIM : 30201800061



**ILHAM KHAHAYUMAN**  
NIM : 30201800086

Telah disetujui dan disahkan di Semarang , 4 Agustus 2022

Tim penguji

Tanda tangan

1. **Lisa Fitriyana, ST., M.Eng**  
NIDN: 0631128901

2. **Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si**  
NIDN: 062005301

3. **Selvia Agustina ST., M.Eng**  
NIDN : 0609099001

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Islam Sultan Agung

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

## BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 31 / A.2 / SA-T / VII / 2022

Pada hari ini tanggal 4 Agustus 2022 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

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

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

Fadhil muhammad. Ilham Khahayuman  
NIM : 30201800061 NIM : 30201800086

Judul : **“Kajian Efisiensi Grup Tiang Terhadap Penurunan Daya Dukung Dan Konfigurasi Fondasi Tiang Pancang**

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	10/4/2022	
2	Seminar Proposal	23/5/2022	ACC
3	Pengumpulan data	25/5/2022	
4	Analisis data	1/6/2022	
5	Penyusunan laporan	30/7/2022	
6	Selesai laporan	4/8/2022	ACC

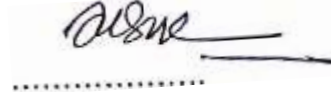
Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping



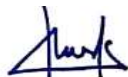
Lisa Fitriyana, ST., M.Eng



Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Fadhil Muhammad

NIM : 30201800061

NAMA : Ilham Khahayuman

NIM : 30201800086

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : **“Kajian Efisiensi Grup Tiang Terhadap Penurunan Daya Dukung Dan Konfigurasi Fondasi Tiang Pancang”** (Studi kasus : Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Dan Dekanat Fakultas Kedokteran Gigi Unissula)

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 4 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,

The image shows two handwritten signatures in black ink. The signature on the left is 'Fadhil' and the one on the right is 'Ilham'. Below the signatures is a rectangular meter stamp with a colorful border. The stamp contains the text 'METERAI TEMPEL' and the alphanumeric code 'DBAJX941750776'. The background of the stamp features a circular emblem with a crescent moon and a star, and the text 'UNISSULA' and 'جامعة سلطان أبجوج الإسلامية'.

Fadhil Muhammad.  
NIM : 30201800061

Ilham khahayuman  
NIM : 30201800086

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Fadhil Muhammad

NIM : 30201800061

NAMA : Ilham Khahayuman

NIM : 30201800086

JUDUL TUGAS AKHIR : **“Kajian Efisiensi Grup Tiang Terhadap Penurunan Daya Dukung Dan Konfigurasi Fondasi Tiang Pancang”** (Studi Kasus :Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Dan Dekanat Fakultas Kedokteran Gigi Unissula)

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

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 4 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,

The image shows two handwritten signatures in black ink. Between the signatures is a yellow rectangular stamp with a red border. The stamp contains the text 'METERAI TEMPEL' and 'EDBAJX941750776'. There is also a small red emblem on the stamp.

Fadhil Muhammad.  
NIM : 30201800061

Ilham khahayuman  
NIM : 30201800086

## 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 Al imran : 110)

وَاعْلَمَ أَنَّ النَّصْرَ مَعَ الصَّابِرِينَ، وَأَنَّ الْفَرْجَ مَعَ الْكَرْبِ، وَأَنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Ketahuilah bahwasannya kemenangan itu bersama kesabaran, dan jalan keluar itu bersama kesulitan, dan bahwasanya bersama kesulitan ada kemudahan.” (Hr. Tirmidzi)

إِنَّ اللَّهَ مَعَ الصَّابِرِينَ

“*Sesungguhnya Allah bersama orang-orang yang sabar.*” (Q.S Al-Baqarah: 153)

لِكَيْلَا تَأْسَوْا عَلَىٰ مَا فَاتَكُمْ وَلَا تَفْرَحُوا بِمَا آتَاكُمْ ۗ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ كُلَّ مُخْتَالٍ فَخُورٍ  
جامعنا سلطان أجمع الإسلام

“Agar kamu tidak bersedih hati terhadap apa yang luput dari kamu, dan jangan pula terlalu gembira terhadap apa yang diberikan-Nya kepadamu. Dan Allah tidak menyukai setiap orang yang sombong dan membanggakan diri.” (Q.S Al-Hadid: 23)

## PERSEMBAHAN

### Fadhil Muhammad

Alhamdulillah syukur kehadiran Allah SWT atas petunjuk dan penjagaan yang terus hamba rasakan hingga saat ini. Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk

1. Kedua orang tua saya tercinta bapak **Warto** dan ibu **Sri Ganti Asih**, yang selalu memberi semangat, doa dan mendukung baik dalam material maupun spiritual serta selalu mencintaiku dengan tulus.
2. Kakak dan saudara kembar saya **Adhyla setiawan** dan **Fadli Muhammad** yang selalu memberi semangat dan dukungan yang begitu besar.
3. Sodara sepupu saya **Rezkki Kurniawan** dan **Dwi Yulianto** yang juga selalu memberi semangat dan dukungan yang begitu besar.
4. **Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng.**, Dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. **Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si .**, Dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen FT terutama Sipil, yang telah membagikan ilmunya dan mendidik kami hingga mengerti banyak hal hingga saat ini.
7. **Ilham khahayuman** patner Tugas Akhir saya, yang memberikan semangat dan dukungan agar Tugas Akhir ini berjalan.
8. Semua teman-teman kos bangla khususnya, **yogi setiawan, dias, gede, yayat, bowo, ryad** dan masih banyak lagi yang juga selalu memberi semangat dan menjadi bahan sambat saya selam mengerjakan Tugas Akhir ini.



## PERSEMBAHAN

### Ilham Khahayuman

Alhamdulillah syukur kehadiran Allah SWT atas petunjuk dan penjagaan yang terus hamba rasakan hingga saat ini. Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk

1. Kedua orang tua saya tercinta bapak **Indaryanto** dan ibu **Reni Suzana** yang selalu memberi semangat, doa dan mendukung baik dalam material maupun spiritual serta selalu mencintaiku dengan tulus.
2. **Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng.**, Dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. **Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si .**, Dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen FT terutama Sipil, yang telah membagikan ilmunya dan mendidik kami hingga mengerti banyak hal hingga saat ini.
5. **Fadhil Muhammad** patner Tugas Akhir saya, yang memberikan semangat dan dukungan agar Tugas Akhir ini berjalan.
6. Semua teman- teman saya Distya Fitriani, Lambang Revaldo, johari Ma'nun dan masih banyak lagi yang juga selalu memberi semangat dan menjadi bahan sambat saya selam mengerjakan Tugas Akhir ini.

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya laporan Tugas Akhir ini dapat terselasaikan dengan baik dengan judul "Kajian Efisiensi Grup Tiang Terhadap Penurunan Daya Dukung Dan Konfigurasi Fondasi Tiang Pancang" (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Dan Dekanat Fakultas Kedokteran Gigi Unissula) 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 Mudyono, 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. Ibu Lisa Fitriyana, ST. M.Eng selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si 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, 4 Agustus 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR .....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO .....	vi
PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
ABSTRAK.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tanah .....	5
2.1.1 Identifikasi Tanah ( <i>Soil Investigation</i> ).....	5
2.1.2 Pengujian Tanah.....	5
2.2 Klasifikasi Fondasi .....	6
2.2.1 Fondasi Dangkal .....	6
2.2.2 Fondasi Sedang .....	8
2.2.3 Fondasi Dalam .....	8
2.3 Klasifikas Fondasi Tiang.....	10
2.3.1 Kapasitas Dukung Tiang Pancang .....	11

2.4	Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode <i>Mayerhoff</i> (1956) .....	11
2.4.1	Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang .....	12
2.4.2	Kapasitas Tiang Dari Hasil Uji Tanah .....	14
2.4.3	Daya Dukung Ijin Tiang.....	15
2.5	Daya Dukung <i>Lateral</i> .....	15
2.5.1	Cek Kekakuan Tiang Akibat Beban <i>Lateral</i> .....	16
2.5.2	Pengecekan Untuk Keruntuhan Tanah Akibat Beban <i>Lateral</i> .....	16
2.5.3	Pengecekan Untuk Nilai $H_u$ .....	17
2.6	Penurunan Tiang.....	17
2.6.1	Penurunan Elastis Tiang Tunggal .....	17
2.6.2	Penurunan Pada Kelompok Tiang.....	19
2.7	Jumlah Tiang <i>Spun Pile</i> .....	20
2.8	Efisiensi Tiang ( $E_g$ ).....	20
2.9	Penurunan Yang Diizinkan.....	21
2.10	Variasi Konfigurasi Kelompok Tiang Pancang.....	22
2.11	Permodelan Menggunakan <i>Software</i> .....	23
2.11.1	SAP 2000 V.20 .....	23
2.11.2	PLAXIS V.8.6.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1	Pendahuluan .....	25
3.2	Pengumpulan Data .....	25
3.3	Lokasi Proyek.....	25
3.4	Data Umum Proyek.....	26
3.5	Bagan Alir ( <i>Flow Chart</i> ) .....	26
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....		28
4.1	Tinjauan Umum.....	28
4.2	Permodelan Struktur Atas Dengan Program SAP 2000 V.20 .....	29
4.2.1	Data Bangunan .....	29
4.3	Analisa Pembebanan Struktur .....	30
4.3.1	Beban Mati ( <i>Dead Load</i> ) .....	30
4.2.2	Beban Hidup ( <i>Live Load</i> ) .....	31
4.2.3	Beban Gempa.....	31
4.2.4	Faktor Keamanan.....	31

4.2.5	Zona Wilayah Gempa .....	32
4.4	Analisa Perhitungan Fondasi Tiang Pancang .....	36
4.4.1	Daya Dukung Aksial Fondasi Satu Tiang ( <i>Single Pile</i> ) .....	36
4.4.2	Metode <i>Meyerhoff (1956)</i> .....	36
4.5	Daya Dukung <i>Lateral</i> .....	39
4.5.1	Metode <i>Broms (1964)</i> .....	39
4.6	Daya Dukung Fondasi Tiang ( <i>Group Pile</i> ) .....	41
4.6.1	Perhitungan Untuk Metode <i>Reese &amp; Wright 1977</i> .....	41
4.7	Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Metode <i>Converse-labrare equation</i> .....	42
4.8	Penurunan Elastis Pada Fondasi Spun Pile Tiang Tunggal Menggunakan Metode <i>Vesic (1977)</i> .....	46
4.8.1	Penurunan Elastis Pada Tiang Kelompok ( <i>Group Pile</i> ) Menggunakan Metode <i>Vesic (1977)</i> .....	49
4.9	Penurunan Fondasi <i>Spun Pile</i> Menggunakan Program <i>Plaxis 8.6</i> .....	52
4.10	Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Yang Direncanakan.....	61
4.10.1	Konfigurasi Fondasi Dengan Beban Sedang /Tengah-Tengah Serta Variasi Konfigurasi Yang Direncanakan.....	71
4.10.2	Konfigurasi Fondasi Dengan Beban Paling Ringan Serta Variasi Konfigurasi Yang Direncanakan .....	78
BAB V PENUTUP .....		85
5.1	Kesimpulan.....	85
5.2	Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA .....		87
LAMPIRAN.....		89

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai – nilai nh untuk tanah granuler .....	15
Tabel 2. 2 Nilai – nilai nh untuk tanah kohesif .....	16
Tabel 2. 3 Jenis Tanah.....	18
Tabel 2. 4 Nilai Poisson’s Ratio.....	19
Tabel 3. 1 Data Umum Proyek.....	26
Tabel 3. 2 Data Teknis .....	26
Tabel 4. 1 Kategori risiko bangunan dan non gedung untuk beban gempa.....	32
Tabel 4. 2 Faktor keutamaan gempa .....	32
Tabel 4. 3 Jarak (s).....	42
Tabel 4. 4 Hasil dari setiap tipe fondasi.....	46
Tabel 4. 5 Hasil penurunan tiang kelompok .....	52
Tabel 4. 6 Material tanah .....	52
Tabel 4. 7 Material <i>Spun pile</i> .....	53
Tabel 4. 8 Hasil Perbandingan Penurunan .....	61
Tabel 4. 9 Hasil perbandingan konfigurasi 8 tiang .....	70
Tabel 4. 10 Hasil perbandingan konfigurasi 5 tiang .....	77
Tabel 4. 11 Hasil perbandingan konfigurasi 3 tiang .....	84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Fondasi Rakit .....	6
Gambar 2. 2 Fondasi Talapak .....	7
Gambar 2. 3 Fondasi Menerus .....	7
Gambar 2. 4 Fondasi Sumuran.....	8
Gambar 2. 5 Fondasi Tiang.....	9
Gambar 2. 6 Fondasi Tiang <i>Spun Pile</i> .....	10
Gambar 2. 7 Grafik Nilai Tahanan Momen Ultimit.....	17
Gambar 2. 8 jarak S dalam hitungan efisiensi tiang.....	21
Gambar 2. 9 Variasi konfigurasi kelompok tiang .....	23
Gambar 3. 1 Lokasi Proyek Pembangunan Gedung Kuliah dan Dekanat Fakultas Kedokteran Gigi Unissula.....	25
Gambar 3. 2 Bagan Alir .....	27
Gambar 4. 1 Denah Fondasi (Tim Pembangunan YBWSA) .....	28
Gambar 4. 2 Permodelan Struktur Atas Dengan SAP 2000 V.20.....	29
Gambar 4. 3. Respons Spektrum Jenis Tanah Keras Wilayah Semarang.....	33
Gambar 4. 4 Hasil <i>output</i> pada SAP 2000 V.20 .....	34
Gambar 4. 5 Tanda pembebanan pada kolom.....	35
Gambar 4. 6 Konfigurasi P7 dari proyek .....	43
Gambar 4. 7 Konfigurasi P4 dari proyek .....	44
Gambar 4. 8 Konfigurasi P3 dari proyek .....	45

Gambar 4. 9 tiang konfigurasi P7 dari proyek .....	49
Gambar 4. 10 tiang konfigurasi P4 dari proyek .....	50
Gambar 4. 11 tiang konfigurasi P3 dari proyek .....	51
Gambar 4. 12 Menentukan Satuan pada plaxis.....	53
Gambar 4. 13 Permodelan tanah dan fondasi.....	54
Gambar 4. 14 Penentuan tekanan positif dan negatif.....	54
Gambar 4. 15 Menentukan jenis material tanah.....	55
Gambar 4. 16 Menentukan material fondasi.....	56
Gambar 4. 17 Pembebanan diatas fondasi .....	56
Gambar 4. 18 Susunan jaringan antar elemen.....	57
Gambar 4. 19 Muka air tanah.....	57
Gambar 4. 20 Tekanan air pori .....	58
Gambar 4. 21 Tekanan air pori saat keadaan awal.....	58
Gambar 4. 22 <i>Prosess calculation</i> .....	59
Gambar 4. 23 Pengaplikasian material fondasi.....	59
Gambar 4. 24 Pemberian beban diatas fondasi .....	60
Gambar 4. 25 Hasil perhitungan penurunan fondasi.....	60
Gambar 4. 26 Tiang dan variasi konfigurasi F8 yang direncanakan.....	62
Gambar 4. 27 Tiang dan variasi konfigurasi F5 yang direncanakan.....	71
Gambar 4. 28 tiang dan variasi konfigurasi F3 yang direncanakan.....	78



# **KAJIAN EFISIENSI GRUP TIANG TERHADAP PENURUNAN DAYA DUKUNG DAN KONFIGURASI FONDASI TIANG PANCANG**

**(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Dan Dekanat Fakultas  
Kedokteran Gigi Unissula)**

Oleh :

Fadhil Muhammad<sup>1)</sup>, Ilham Khahayuman<sup>1)</sup>, Lisa Fitriyana<sup>2)</sup>, Soedarsono<sup>2)</sup>

## **ABSTRAK**

Pada proyek pembangunan gedung kuliah dan dekanat fakultas kedokteran gigi unissula fondasi yang digunakan adalah fondasi tiang pancang dengan sistem *group pile*. Sistem *group pile* pada fondasi di pembangunan gedung kuliah ini direncanakan memiliki jumlah tiang pancang yang berbeda. Sistem *group pile* tidak lepas dari perencanaan konfigurasi yang paling baik untuk mendapatkan nilai daya dukung tinggi dan penurunan yang rendah.

Maka dari itu, Pada penelitian ini akan dilakukan variasi konfigurasi tiang pancang dengan memodelkan konfigurasi yang berbeda dengan jumlah tiang yang sama dengan pembangunan gedung kuliah ini. Selanjutnya, akan dibandingkan nilai daya dukung dan penurunan tiang mana nilai yang terbaik. Perhitungan nilai penurunan menggunakan *software* PLAXIS V8.6 dan Perhitungan struktur atas untuk pembebanan menggunakan *software* SAP 2000 V20.

Hasil pembebanan terbesar P7 dengan beban 909,019 ton, pembebanan sedang pada konfigurasi P4 dengan beban 565,311 ton dan pembebanan paling kecil pada konfigurasi P3 dengan beban 213,746 ton. Hasil perhitungan daya dukung fondasi dan penurunan diperoleh diameter fondasi (40 cm), kedalaman fondasi (45 m), bentuk fondasi, kemiringan beban dan nilai NSPT. Sehingga diperoleh nilai daya dukung 67,328 ton serta penurunan terkecil pada fondasi F8 terdapat pada variasi fondasi F8.1 dengan nilai 0,0343 m, fondasi F5 pada variasi F5.2 sebesar 0,0343 m, dan fondasi F3 pada variasi F3.1 sebesar 0,0153 m.

**Kata Kunci :** *Konfigurasi; Pondasi; Efisiensi Grup Tiang; Penurunan; Daya Dukung Pondasi.*

# **STUDY OF PILE GROUP EFFICIENCY ON DECREASING CAPACITY AND CONFIGURATION OF PILE FOUNDATION**

**(Case Study: Construction Project for Lecture Building and Dean of the Faculty of Dentistry Unissula)**

## **ABSTRACT**

Fadhil Muhammad<sup>1)</sup>, Ilham Khahayuman<sup>1)</sup>, Lisa Fitriyana<sup>2)</sup>, Soedarsono<sup>2)</sup>

In the construction project of the university and dean of the Faculty of Dentistry, Unissula, the foundation used is a pile foundation with a group pile system. The group pile system on the foundation in the construction of this college building is planned to have a different number of piles. The group pile system cannot be separated from the best configuration planning to get a high value of bearing capacity and low settlement.

Therefore, in this study, variations in the configuration of piles will be carried out by modeling different configurations with the same number of piles as the construction of this college building. Furthermore, the value of the bearing capacity and pile settlement will be compared which is the best value. The calculation of the impairment value using the PLAXIS V8.6 software and the calculation of the upper structure for loading using the SAP 2000 V20 software.

The results of the largest loading were P7 with a load of 909.019 tons, moderate loading in the P4 configuration with a load of 565.311 tons and the smallest loading in the P3 configuration with a load of 213.746 tons. The calculation results of foundation bearing capacity and settlement obtained foundation diameter (40 cm), foundation depth (45 m), foundation shape, load slope and NSPT value. So that the bearing capacity value of 67,328 tons is obtained and the smallest decrease in the F8 foundation is found in the F8.1 foundation variation with a value of 0.0343 m, the F5 foundation on the F5.2 variation of 0.0343 m, and the F3 foundation on the F3.1 variation of 0,0153 m.

**Keywords** : Configuration; Foundation; Mast Group Efficiency; Decrease; Foundation Bearing Capacity.

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kota Semarang adalah ibu kota provinsi Jawa Tengah Indonesia, Kota ini sekaligus menjadi Kota metropolitan terbesar di Indonesia setelah Jakarta, Surabaya, Bandung, dan Medan. Hal inilah yang meningkatnya populasi penduduk dan terbatasnya lahan merangsang peningkatan pembangunan konstruksi gedung bertingkat, terutama dibidang pendidikan yaitu gedung perkuliahan. Manajemen konstruksi yang baik terdiri dari fondasi dan struktur- struktur lainnya. Fondasi merupakan suatu pekerjaan yang sangat penting dalam suatu pekerjaan teknik sipil, karena fondasi inilah yang memikul dan menahan suatu beban yang bekerja di atasnya yaitu beban konstruksi atas.

Fondasi yang baik pada umumnya harus dapat menahan beban-beban yang akan terjadi. Salah satu beban yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan fondasi adalah beban lateral fondasi. Beban *lateral* yang terjadi pada suatu fondasi merupakan akibat dari: tekanan tanah *lateral*, beban angin, beban gempa, hampasan gelombang laut (untuk fondasi lepas pantai), beban benturan kapal (untuk fondasi dermaga), beban rem kendaraan pada struktur jembatan, dan lain-lain. Dalam suatu perhitungan kapasitas pembebanan lateral tiang diperlukan adanya faktor pengali untuk mengetahui kapasitas kelompok tiang. Faktor pengali tersebut bisa dikenal dengan faktor efisiensi atau faktor reduksi. Gaya *lateral* yang dialami oleh suatu kelompok tiang tidak sepenuhnya menyebabkan *translasi* tetapi dapat menimbulkan gaya aksial tarik dan gaya aksial tekan terhadap kelompok tiang. Kapasitas *lateral* fondasi perlu diperhitungkan dalam mendesain suatu fondasi.

Fondasi didesain hanya terdiri dari satu tiang ataupun dapat dikelompokkan dalam sebuah kelompok tiang sesuai dengan besarnya beban yang akan dipikul oleh tiang. Dari sejumlah hasil percobaan dengan menggunakan tes beban menunjukkan bahwa tiang-tiang *vertikal* dapat menahan beban *lateral* melalui tegangan geser, momen lentur, dan ketahanan tanah lateral (lateral soil resistance) (Ashour dan Norris, 2000).

Pada proyek pembangunan gedung kuliah dan dekanat fakultas kedokteran fondasi yang digunakan adalah fondasi tiang pancang dengan sistem group pile. Sistem group pile pada fondasi di pembangunan gedung kuliah ini direncanakan memiliki jumlah tiang pancang yang berbeda. *Sistem group pile* tidak lepas dari perencanaan konfigurasi yang paling baik untuk mendapatkan nilai daya dukung tinggi dan penurunan yang rendah. Maka dari itu, Pada penelitian ini akan dilakukan variasi konfigurasi tiang pancang dengan memodelkan konfigurasi yang berbeda dengan jumlah tiang yang sama dengan pembangunan gedung kuliah ini. Selanjutnya, akan dibandingkan nilai daya dukung dan penurunan tiang mana nilai yang terbaik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang yang dibahas sebelumnya, penulis dapat merumuskan masalah yaitu :

1. Bagaimana pengaruh konfigurasi tiang pancang kelompok terhadap daya dukung tiang ?
2. Berapa daya dukung yang mampu diterima serta efisiensi konfigurasi fondasi tiang pancang jika beban yang dihitung ditambah satu lantai, pada proyek pembangunan gedung kuliah dan dekanat fakultas kedokteran gigi unissula ?

### 1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Data tanah, Dimensi, dan model konfigurasi tiang pancang didapat dari proyek pembangunan gedung kuliah dan dekanat fakultas kedokteran gigi unissula
2. Penelitian ini menganalisis konfigurasi fondasi tiang pancang dan menghitung daya dukung pondasi jika ditambah beban satu lantai pada gedung kuliah dan dekanat fakultas kedokteran gigi unissula serta model konfigurasi yang direncanakan peneliti.
3. Perhitungan nilai penurunan menggunakan *software* PLAXIS V 8.6, dan Perhitungan struktur atas untuk pembebanan menggunakan *software* SAP 2000 V 20.
4. Perhitungan daya dukung fondasi ini menggunakan metode *Mayerhoff* serta perhitungan daya dukung *lateral* menggunakan metode *broms*.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Untuk tujuan penelitian tugas akhir ini bisa disimpulkan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pembebanan fondasi pada proyek pembangunan gedung kuliah dan dekanat fakultas kedokteran gigi unissula jika ditambah beban satu lantai.
2. Untuk mengetahui berapa daya dukung dan penurunan fondasi jika ditambah beban satu lantai pada proyek pembangunan gedung kuliah dan dekanat fakultas kedokteran gigi.
3. Untuk mengetahui pengaruh susunan konfigurasi tiang pancang kelompok terhadap daya dukung tiang

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai sarana belajar penyusun dalam menganalisa efisiensi konfigurasi pada fondasi tiang pancang, dan sebagai sarana belajar atau referensi untuk adik-adik tingkat kami dikemudian hari.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang acuan dan syarat-syarat yang dijadikan penyusun untuk menyelesaikan pokok pembahasan pada penelitian ini.

### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang metode yang akan digunakan pada penulisan serta pengumpulan data-data yang diperlukan dalam perencanaan.

### **BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menguraikan tentang pengolahan data, perhitungan percana yang dibuat oleh penulis dalam perencanaan dan metode yang dipakai oleh penulis dalam perencanaan secara manual.

### **BAB V : PENUTUP**

Bab ini terdapat kesimpulan dari hasil analisis dan saran yang dapat disampaikan mengenai laporan tugas akhir ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanah**

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara ataupun keduanya.

##### **2.1.1 Identifikasi Tanah (*Soil Investigation*)**

Penyelidikan tanah (*Soil Investigation*) adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui sifat -sifat dan karakteristik tanah untuk keperluan rekayasa (*engineering*). Adapun tujuan dari penyelidikan tanah ini pada umumnya mencakup maksud - maksud sebagai berikut :

- a. Untuk menentukan kondisi alamiah dan lapisan - lapisan tanah di lokasi yang ditinjau.
- b. Untuk mendapatkan sampel tanah asli (*undisturbed*) dan tidak asli (*disturbed*) untuk mengidentifikasi tanah tersebut secara visual dan untuk keperluan pengujian laboratorium.
- c. Untuk menentukan kedalaman tanah keras.
- d. Untuk mempelajari kemungkinan timbulnya masalah khusus perilaku bangunan yang sudah ada di sekitar lokasi tersebut.

##### **2.1.2 Pengujian Tanah**

Untuk pengujian tanah yang dilakukan di lapangan terdiri dari : Boring test, Pengujian Sondir/ CPT dan pengambilan contoh tanah tak terganggu (lempung/lanau) maupun contoh tanah terganggu.

- a. Pengujian boring bertujuan untuk mengetahui jenis dan struktur tanah secara visual.

- b. Pengujian sondir bertujuan untuk mengetahui tingkat perlawanan tanah terhadap tekanan konus dan lekatan total. Hasil pengujian biasanya ditampilkan dalam bentuk grafik sondir.
- c. Pengambilan contoh tanah terganggu dan tak terganggu
- d. Pengambilan contoh tanah tidak terganggu (lempung/lanau) dan contoh tanah terganggu berguna untuk pengujian selanjutnya yaitu pada uji laboratorium.

## 2.2 Klasifikasi Fondasi

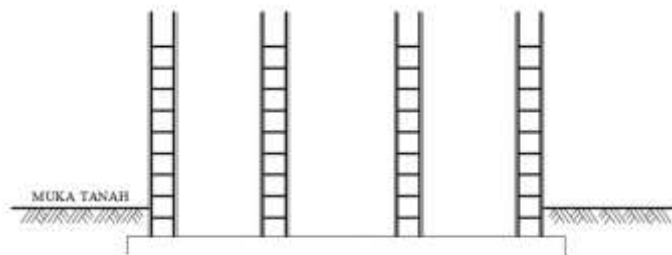
Fondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang dipotong oleh fondasi dan beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya (*Joseph E.Bowles, 1997*).

### 2.2.1 Fondasi Dangkal

Fondasi Dangkal merupakan fondasi yang tidak memerlukan galian tanah tidak terlalu dalam karena tanah dasar yang dihasilkan sudah cukup keras. Kekuatan fondasi dangkal berada atasnya, karena jenis fondasi ini memiliki fungsi untuk menyalurkan dan meneruskan beban ke lapisan tanah. Fondasi dangkal apabila memiliki kedalaman kurang atau sama dengan lebar fondasi ( $D \leq B$ ) (*Terzaghi & Peck, 1987*)

#### a. Fondasi Rakit

Fondasi ini umumnya digunakan pada tanah lunak atau susunan jarak kolomnya berdekatan disemua arahnya. Apabila memakai telapak, sisinya akan berhimpit satu dengan yang lainnya, seperti pada Gambar 2.1

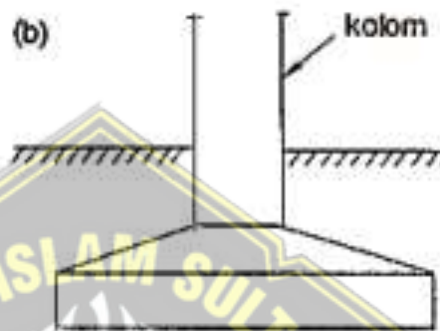


Gambar 2. 1 Fondasi Rakit



### b. Fondasi Telapak

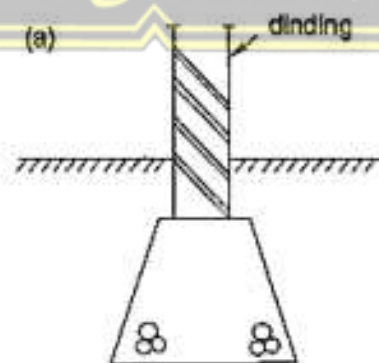
Fondasi yang digunakan pada tanah yang mempunyai daya dukung yang berbeda-beda dan mendukung beban titik individual seperti kolom structural. Untuk membawa beban yang dipikul biasanya antar fondasi dihubungkan dengan plat balok. Fondasi ini banyak digunakan untuk bangunan rumah 2 lantai, gudang, dan gedung-gedung yang terdiri dari 2 lantai, seperti pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Fondasi Talapak

### c. Fondasi Menerus

Fondasi yang digunakan pada tanah yang mempunyai daya dukung tanah yang sejenis. Kekuatan fondasi ini untuk menyalurkan beban ke lapisan tanah dianggap bisa merata akibat dari daya dukung tanah yang sama yang dapat meredam beban yang dipikul fondasi ini, seperti pada Gambar 2.3.



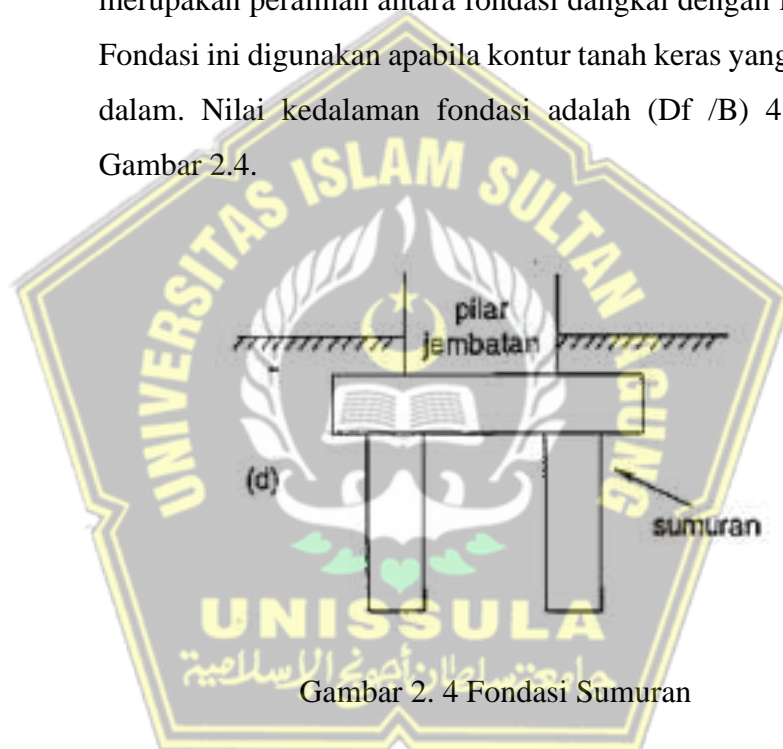
Gambar 2. 3 Fondasi Menerus

### 2.2.2 Fondasi Sedang

Fondasi Sedang merupakan fondasi yang berfungsi menyalurkan beban bangunan ke dalam tanah keras atau batuan pada kedalaman dangkal maupun dalam. Fondasi sedang digunakan apabila tiang pancang tidak diperbolehkan untuk digunakan karena dalam proses pemancangan terdapat adanya getaran yang bisa mengganggu kestabilan bangunan disampingnya, berikut adalah jenis fondasi sedang

#### a. Fondasi Sumuran

Fondasi yang dilakukan dengan cara pengeboran. Fondasi sumuran merupakan peralihan antara fondasi dangkal dengan fondasi dalam. Fondasi ini digunakan apabila kontur tanah keras yang berada cukup dalam. Nilai kedalaman fondasi adalah  $(D_f / B) 4$ , seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Fondasi Sumuran

### 2.2.3 Fondasi Dalam

Fondasi Dalam adalah fondasi yang dirancang apabila letak tanah keras relative dalam yang dimulai dari atas permukaan tanah (Hardiyatmo, 2002). Secara umum kedalaman fondasi lebih besar dari lebar fondasi ( $D > B$ ). Fondasi ini digunakan untuk menyalurkan beban lapisan yang lebih dalam sampai didapat jenis tanah yang dapat memikul beban fondasi tersebut. Jenis-jenis fondasi dalam adalah:

**a. Fondasi Tiang (*Pile Foundation*)**

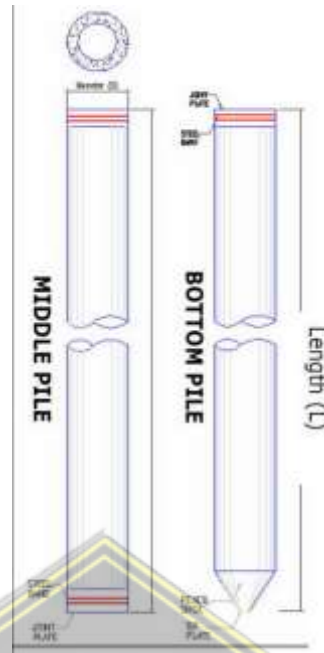
Fondasi ini berfungsi untuk meneruskan beban vertikal maupun horizontal ke dalam tanah. fondasi ini biasanya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dari pada fondasi sumuran (Bouwles Dalam Rachman, 2018). Jenis fondasi ini pada tanah pendukung yang terletak pada kedalaman 10 m dibawah permukaan tanah yaitu fondasi tiang (Sosrodarsono, Nakazawa, 1997), pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Fondasi Tiang

**b. Fondasi *Spun Pile***

Fondasi *spun pile* merupakan salah satu jenis fondasi tiang pancang pra cetak yang paling sering dipakai dalam dunia kontruksi 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 didalaamnya, seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Fondasi Tiang *Spun Pile*

### 2.3 Klasifikas Fondasi Tiang

Fondasi tiang dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Braja, 1995; Terzaghi et al. 1987; Terzaghi and Peck 1987; Sanglerat et al., 1989; Sosrodarsono et al., 2000)

- a) Menurut cara pemindahan beban, tiang pancang dibagi 2 yaitu:
  - *End bearing pile* (tiang pancang dengan tahanan ujung) Tiang ini meneruskan beban melalui tahanan ujung kelapisan tanah keras.
  - *Friction pile* (tiang gesekan) Tiang ini digunakan apabila ditemukan terhadap keadaan tanah dimana lapisan tanah kerasnya sangat dalam, sehingga pembuatan dan perancangan tiang sampai pada lapisan tersebut sulit untuk dilaksanakan.
- b) Menurut bahan yang digunakan, tiang pancang terbagi menjadi:
  - Tiang pancang kayu
  - Tiang pancang baja
  - Tiang pancang beton
  - Tiang pancang komposit

### 2.3.1 Kapasitas Dukung Tiang Pancang

Kapasitas tiang adalah kapasitas dukung tiang dalam mendukung beban. Kapasitas tiang secara *statis* dengan menggunakan sifat-sifat teknis tanah dari teori mekanika tanah, dan kapasitas tiang secara dinamis dengan menganalisis kapasitas *ultimit* dari data pemancangan tiang. Hasil ini perlu di cek dengan pengujian tiang untuk menyakinkan hasilnya. Persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi adalah.

1. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampaunya kapasitas dukung harus dipenuhi.
  2. Penurunan fondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan. Khusus untuk penurunan tak seragam harus tidak mengakibatkan kerusakan struktur.
- Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal
1. Kapasitas dukung tiang berdasarkan hasil uji tanah
  2. Kapasitas dukung tiang didasarkan rumus pancang (*Dynamic Formula*) / Rumus dinamis.
  3. Kapasitas dukung tiang didasarkan diagram penetrasi alat penetrometer.
    - a. Hasil Uji Kerucut Statis ( Sondir ) / *Static Penetration Test*
    - b. Hasil Uji Penetrasi Standar / *standard Penetration Test* (SPT) nilai SPT dapat dikoreksikan menjadi, untuk digunakan sebagai kapasitas dukung tiang.
  4. Kapasitas dukung tiang didasarkan hasil uji beban langsung kapasitas daya dukung tiang merupakan jumlah dari kapasitas titik akhir atau perlawanan ujung dengan perlawanan selimut tiang.

### 2.4 Perhitungan Daya Dukung Fondasi Metode *Mayerhoff* (1956)

Rumus daya dukung ujung tiang dengan menggunakan metode *Mayerhoff* (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.

$$Q_u = m \times N_p \times A_p + n \times \tilde{N} \times A_s \dots\dots\dots 2.1$$

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 daya dukung ujung menjadi :

$$Q_p = 20 \times \tilde{N}_p \times A_p \dots\dots\dots 2.2$$

Dan daya dukung selimut tiang menjadi :

$$Q_s = 0,5 \times \tilde{N} \times A_s \dots\dots\dots 2.3$$

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

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

$A_s$  = luas selimut tiang

#### 2.4.1 Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

Kemampuan atau kapasitas tiang untuk mendukung beban adalah daya dukung tiang. Sering digunakan istilah *pile capacity* atau *pile carrying capacity*.

##### 1. Daya Dukung/Tahanan Ujung Batas

Untuk menghitung daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan tahanan ujung dengan menggunakan *metode meyerhof 1956*

$$Q_{sp} = \frac{Q_c \times A_b}{F_b} + \frac{T_f \times U}{F_s} \dots\dots\dots 2.4$$

Dengan :

$Q_{sp}$  = Daya dukung ujung *vertikal* (Ton)

$Q_c$  = Tahanan konus pada ujung tiang ( $\text{ton/m}^2$ )

$A_b$  = Luas penampang ujung tiang ( $\text{m}^2$ )

$U$  = Keliling tiang (m)

$TF$  = *Total Friction/ Cleef* total sepanjang tiang (ton/m)

$F_b$  = Faktor keamanan 3

$F_s$  = Faktor keamanan 5

## 2. Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang berdasarkan N-SPT

Daya dukung tiang pancang berdasarkan data N-SPT dapat menurut rumus *Meyerhof 1956*:

➤ Tanah Non – Kohesif

Tahanan ujung tiang :

$$Q_p = 40 \chi N - SPT \chi Li / D \chi A_p \dots\dots\dots 2.5$$

Tahanan geser selimut tiang :

$$Q_s = 2 \chi N - SPT \chi p \chi li \dots\dots\dots 2.6$$

➤ Tanah Kosehif

Tahanan ujung tiang

$$Q_p = 9 \chi C_u \chi A_p \dots\dots\dots 2.7$$

Tahanan geser selimut tiang :

$$Q_s = \alpha \chi C_u \chi p \chi Li \dots\dots\dots 2.8$$

Dengan :

$Q_p$  = Daya dukung batas pondasi tiang pancang (ton)

$Q_s$  = Tahanan geser selimut beton (ton)

- N-SPT = Nilai N-SPT
- Lb = Panjang tiang (m)
- D = Lebar tiang (m)
- Ap = Luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)
- P = Keliling tiang (m)
- Li = Panjang lapisan tanah (m)
- α = kohesif adhesi antara tanah dan tiang
- c = Nilai Kohesif (ton/m<sup>2</sup>)

#### 2.4.2 Kapasitas Tiang Dari Hasil Uji Tanah

Kapasitas dukung *ultimit neto* tiang (Qu), adalah jumlah dari tahanan ujung dibawah *ultimit* (Qb), dan tahanan gesek *ultimit* (Qs), antara sisi tiang dan tanah disekitarnya, Bila dinyakaan dengan rumus maka.

$$Q_u = Q_b + Q_s \dots\dots\dots 2.9$$

Dimana:

Qu = kapasitas dukung *ultimit neto* (kN)

Qb = tahanan ujung bawah *ultimit*(kN)

Qs = tahanan gesek *ultimit* (kN)

Tahanan ujung ultimat

$$q_b = \frac{Q_b}{A_b} = c_b N_c + p_b N_q + 0,5 \gamma d N \dots\dots\dots 2.10$$

$$Q_b = A_b = [ c_b N_c + p_b N_q + 0,5 \gamma d N \gamma ] \dots\dots\dots 2.11$$

Tahanan gesek dinding selimut

$$Q_s = \Sigma A_s [ c d + K d p o t \phi d \dots\dots\dots 2.12$$



### 2.4.3 Daya Dukung Ijin Tiang

Untuk memperoleh daya dukung ijin tiang, maka daya dukung *ultimit* tiang dibagi dengan faktor aman tertentu. Daya dukung ijin tiang yang telah banyak digunakann untuk perancangan tiang pancang tunggal sebagai berikut:

$$Q_{\text{allowed}} = \frac{Q_u}{SF} \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana,

$Q_{\text{allowed}}$  = Daya dukung tiang ijin (kN)

$Q_u$  = Daya dukung tiang tunggal (kN)

$SF$  = Nilai faktor aman (menurut mayerhoff = 3)

### 2.5 Daya Dukung Lateral

Gaya *lateral* merupakan beban yang memiliki arah *horizontal*. Besarnya beban *lateral* yang harus didukung oleh fondasi bergantung pada rangka bangunan yang mengirimkan gaya lateral tersebut ke kolom bagian bawah. Pada beban *horizontal* terdapat gaya gempa, gaya angin pada struktur atas, dan beban statis.

➤ **Metode Broms (1964)**

Daya dukung lateral yang digunakan adalah jenis tanah sand (tanah granuler).

Untuk nilai – nilai  $n_h$  pada tanah seperti seperti pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Nilai – nilai  $n_h$  untuk tanah granuler

Kerapatan Relatif ( $D_v$ )	Tak 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)( $kN/m^3$ )	2425	7275	19400
$n_h$ , pasir terendam air (Terzaghi)( $kN/m^3$ )	1386	4850	11779
Reese et al	5300	16300	34000

(Sumber : Gardiana,2017)

Tabel 2. 2 Nilai – nilai nh untuk tanah kohesif

Tanah	Nh (kN/m <sup>3</sup> )	Referensi
Lempung terkonsolidasi	166-3158	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	5527,7-111	Davisom (1970) Wilson dan Hitls (1967)
<i>Loess</i>	8033-11080	Bowles (1968)

(Sumber : Guardiana ,2017)

### 2.5.1 Cek Kekakuan Tiang Akibat Beban *Lateral*

Untuk mengecek kekakuan tiang fondasi yang diakibatkan oleh beban *lateral* maka digunakan rumus:

$$E = 4700 \times \sqrt{f_c} \dots\dots\dots 2.14$$

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

Untuk Mencari Faktor Kekakuan Tanah (T):

$$T = \left(\frac{E_p \times p}{n_h}\right)^{1/5} \dots\dots\dots 2.16$$

$$4T = 4 \times T \dots\dots\dots 2.17$$

### 2.5.2 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

$$M_{max} = B \times \gamma \times L^3 \times k_p \dots\dots\dots 2.18$$

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.

### 2.5.3 Pengecekan Untuk Nilai Hu

Untuk mengecek nilai  $H_u$  atau tahanan momen *ultimit* dapat menggunakan rumus berikut:

$$f = 0,82 \frac{H_u}{\sqrt{D \times K_p \times v}} \dots\dots\dots 2.19$$

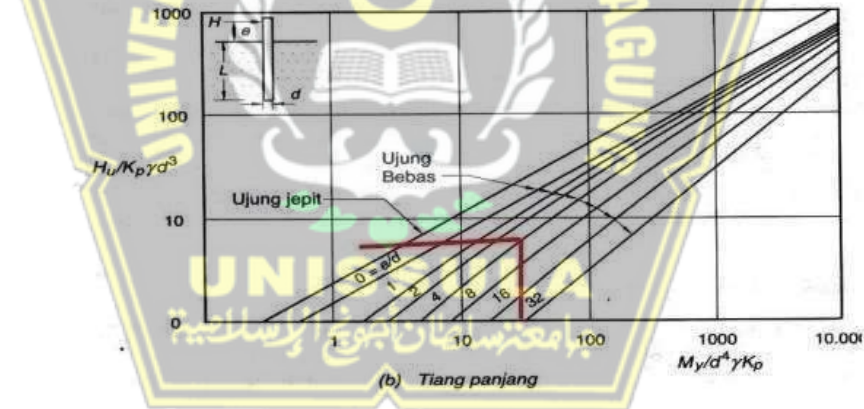
$$H_u = \frac{2 My}{e + \frac{2f}{3}} \dots\dots\dots 2.20$$

$$H \text{ Ijin} = \frac{H_u}{SF} \dots\dots\dots 2.21$$

Perhitungan pada tahanan lateral ijin adalah

$$\text{Tahanan Momen } \textit{Ultimit} = \frac{Mu}{D^2 \times v \times k_p} \dots\dots\dots 2.22$$

Untuk mencari nilai  $H_u$  atau tahanan momen *ultimit* bisa memakai grafik pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Grafik Nilai Tahanan Momen *Ultimit*

## 2.6 Penurunan Tiang

Pada saat tiang dibebani, tiang akan mengalami pemendekan dan tanah disekitarnya akan mengalami penurunan.

### 2.6.1 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 berikut dan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \dots \dots \dots 2.23$$

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

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

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

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

$S_e$  = Total penurunan tiang pancang

$S_{e(1)}$  = Penurunan elastis tiang pancang

$S_{e(2)}$  = Penurunan tiang pancang dikarenakan beban pada ujung tiang

$S_{e(3)}$  = Penurunan tiang pancang dikarenakan beban yang ditransmisikan sepanjang kulit tiang

Brikut Tabel jenis- jenis tanah serta nilai elastistasnya dan Tabel nilai *poisson's Ratio* dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4

Tabel 2. 3 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. 4 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 untuk tanah	0,3 – 0,4

(Sumber: Das, 1998)

Asal Persamaan diatas, untuk 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:

$$SI_{ijin} = 10\% \times D$$

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

### 2.6.2 Penurunan Pada Kelompok Tiang

Pada tiang yang dipancang dalam lapisan pendukung yang relatif keras dan tidak mudah mampat, penurunan yang terjadi adalah akibat pemendekan badan tiangnya sendiri ditambah penurunan tanah yang berada dibawah dasar tiang. Pada keadaan ini, penurunan kelompok tiang akan kurang lebih sama dengan penurunan tiang tunggal (Hardiyatmo, 2015). Perhitungan penurunan tiang kelompok menggunakan Persamaan *Vesic* (1977) sebagai berikut :

$$S_g = S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \dots \dots \dots 2.24$$

Dimana,

- Bg = Lebar tiang kelompok (m)
- D = Diameter tiang (m)
- Se = Penurunan elastis tiang kelompok.(m)

**2.7 Jumlah Tiang Spun Pile**

Penentuan jumlah tiang didasarkan pada beban tetap yang bekerja pada fondasi. Kapasitas dukung ijin tiang dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$n = \frac{P}{Q_u} \dots\dots\dots 2.25$$

Dimana:

- P = beban tetap yang bekerja
- Qu = kapasitas dukung ijin tiang

**2.8 Efisiensi Tiang (Eg)**

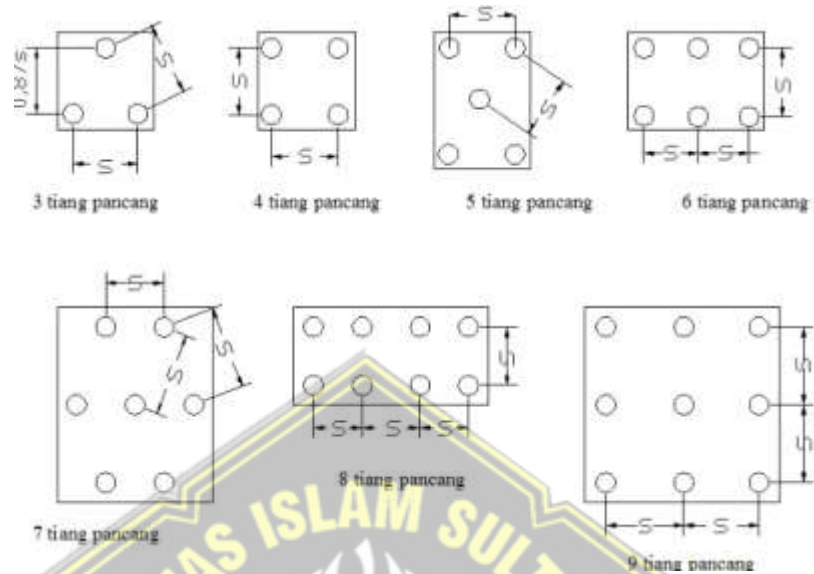
Efisiensi tiang (Eg) adalah nilai pengali terhadap kapasitas dukung ultimit tiang tunggal dengan memperhatikan pengaruh kelompok tiang (Hardiyatmo, 2015). Salah satu dari Persamaan efisiensi tiang yang disarankan oleh *converse-labarre* formula, sebagai berikut

$$Eg = 1 - \frac{(m-1) \cdot n + (n-1) \cdot m}{90 \cdot m \cdot n} \theta \dots\dots\dots 2.26$$

Dimana :

- Eg = Efisiensi kelompok tiang
- m = Jumlah baris tiang
- n' = Jumlah tiang dalam satu baris
- $\theta = \arcsin \frac{d}{s}$  , ( dalam derajat)
- S = Jarak pusat ke pusat tiang (m)
- D = Diameter tiang atau sisi tiang (m)

Untuk menentukan susunan konfigurasi Menurut departemen PU ( 1987 ) pada buku pedoman mendirikan bangunan gedung SKBI – 1987, jarak antar tiang (s) adalah 2,5D – 3D, dengan D adalah diameter tiang.



Gambar 2. 8 jarak S dalam hitungan efisiensi tiang

## 2.9 Penurunan Yang Diizinkan

Ada beberapa faktor yang bisa ditinjau untuk *settlement* yang diizinkan. Faktor yang dimaksud yaitu jenis bangunan, tinggi bangunan, dan fungsi pada bangunan. Kemungkinan struktur akan mampu mengatasi penurunan tergantung pada 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:

$$S_{\text{Total}} \leq S_{\text{Ijin}}$$

$$S_{\text{Ijin}} = 10\% \cdot D \dots\dots\dots 2.27$$

Dimana:

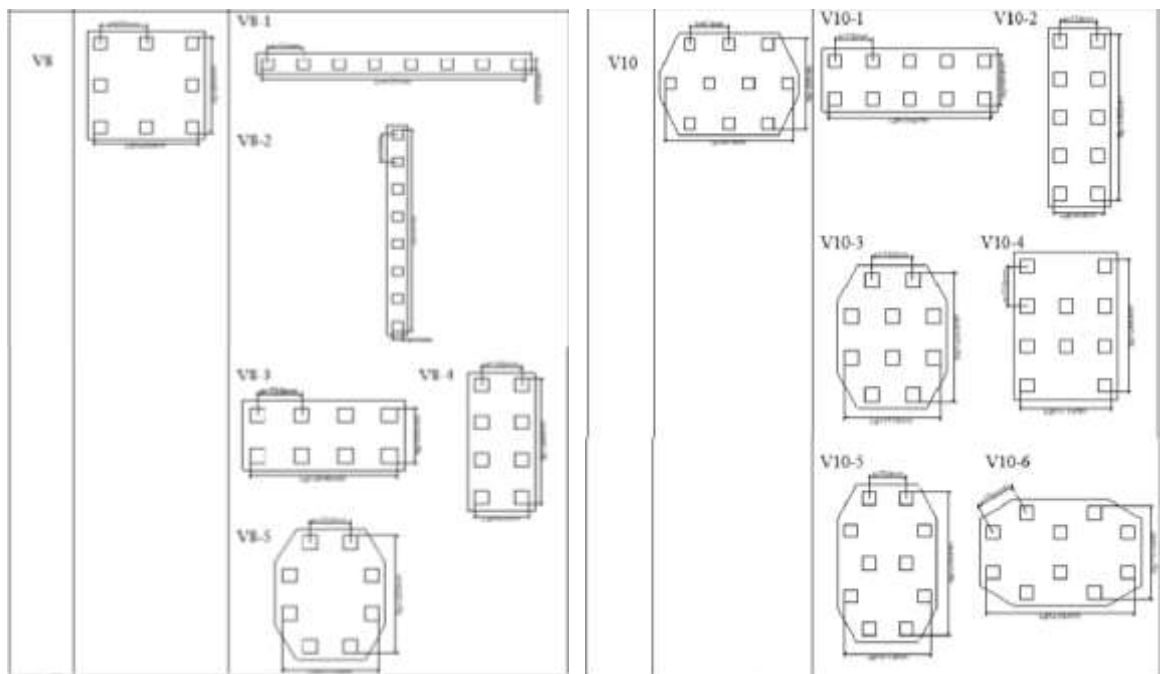
D = Diameter tiang

## 2.10 Variasi Konfigurasi Kelompok Tiang Pancang

Berikut contoh variasi konfigurasi kelompok tiang pancang yang akan direncanakan.

Jumlah Tiang	Konfigurasi Tiang dari Proyek	Variasi Konfigurasi Tiang Rencana
(1)	(2)	(3)
V3		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>V3-1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>V3-2</p> </div> </div>
V4		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>V4-1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>V4-2</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>V4-3</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>V4-4</p> </div> </div>
V6		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>V6-1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>V6-2</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>V6-3</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>V6-4</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>V6-5</p> </div> </div>
V5		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>V5-1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>V5-2</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>V5-3</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>V5-4</p> </div> </div>
V7		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>V7-1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>V7-2</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>V7-3</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>V7-4</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>V7-5</p> </div> </div>





Gambar 2. 9 Variasi konfigurasi kelompok tiang

## 2.11 Permodelan Menggunakan *Software*

Pada penyelesaian tugas akhir ini akan menggunakan *software* SAP 2000 V.20 berikut ini adalah uraian singkatnya.

### 2.11.1 SAP 2000 V.20

SAP 2000 V.20 digunakan untuk analisis pembebanan dan permodelan struktur untuk proyek pembangunan gedung kuliah dan dekanat fakultas kedokteran gigi unissula, merupakan sebuah program yang digunakan untuk menghitung pembebanan dan juga permodelan struktur atas pada bangunan ini, dalam perencanaan pondasi yang akan direncanakan dalam tugas akhir ini. (Wardana, Waluyo, & Simamora, 2019)

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

terbesar dari perencanaan yang akan digunakan dalam perencanaan pondasi.(Ningrum, 2022) (Rambe, 2018) .

### 2.11.2 PLAXIS V.8.6

PLAXISV.8.6 digunakan untuk metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk menganalisis *deformasi* dan *stabilitas* untuk berbagai *software* dalam bidang geoteknik, contohnya daya dukung tanah. Perihal yang terjadi bisa permodelan dalam regangan bidang maupun secara *axismetris*.

Analisis ini menggunakan metode elemen hingga pada sebuah program memerlukan terjadinya permodelan terlebih dahulu, secara umum permodelan geometri pada metode elemen bisa dibagi menjadi 3 antara lain :

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

Permodelan pada *software* PLAXIS ini terdiri dari *axismetris* dan *plain strain* dan harus dilakukan berdasarkan langkah – langkah pelaksanaan di lapangan dengan harapan bahwa hasil yang di dapat bisa mendekati hasil pada pelaksanaan di lapangan.(Rambe, 2018) (Ningrum, 2022)

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Pendahuluan

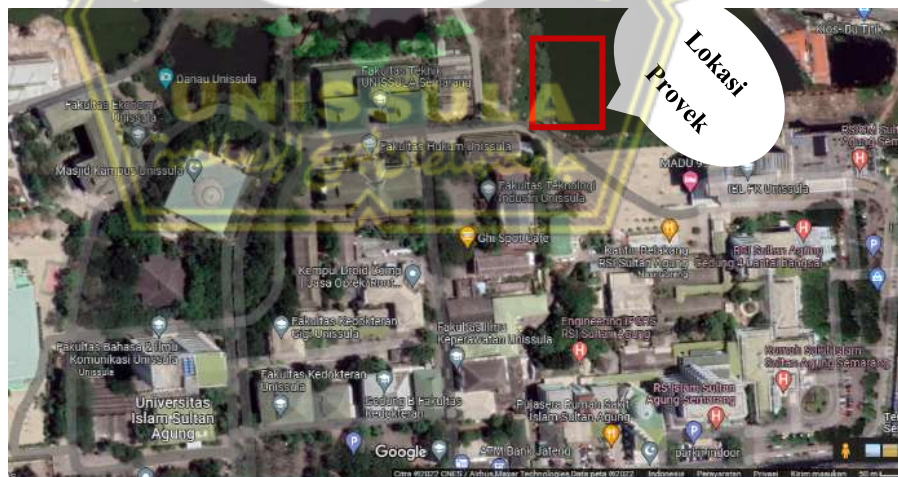
Dalam Bab ini akan menjelaskan tentang tahapan – tahapan atau metodologi Penelitian untuk menentukan hasil yang ingin dicapai sesuai dengan tujuan yang ada. Mulai dari lokasi penelitian, Pengumpulan data, Pengolahan data, serta parameter- parameter yang diperlukan.

#### 3.2 Pengumpulan Data

Dalam penyusunan tugas akhir (TA) ini, metode pengumpulan data yang digunakan menggunakan data sekunder berupa data penyelidikan tanah : data N-SPT dan data uji laboratorium. Serta data struktur : Denah Gambar Struktur yang digunakan sebagai perhitungan pondasi.

#### 3.3 Lokasi Proyek

Proyek Pembangunan Gedung Kuliah dan Dekanat Fakultas Kedokteran Gigi Unissula terletak pada lokasi Jl.Kaligawe Raya No.Km.4, Terboyo Kulon, Kec.Genuk, Kota Semarang , Jawa Tengah 50112.



Gambar 3. 1 Lokasi Proyek Pembangunan Gedung Kuliah dan Dekanat Fakultas Kedokteran Gigi Unissula

### 3.4 Data Umum Proyek

Berikut merupakan data umum proyek dan data teknis dari pembangunan gedung kuliah dan dekanat fakultas kedokteran gigi Unissula dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2

Tabel 3. 1 Data Umum Proyek

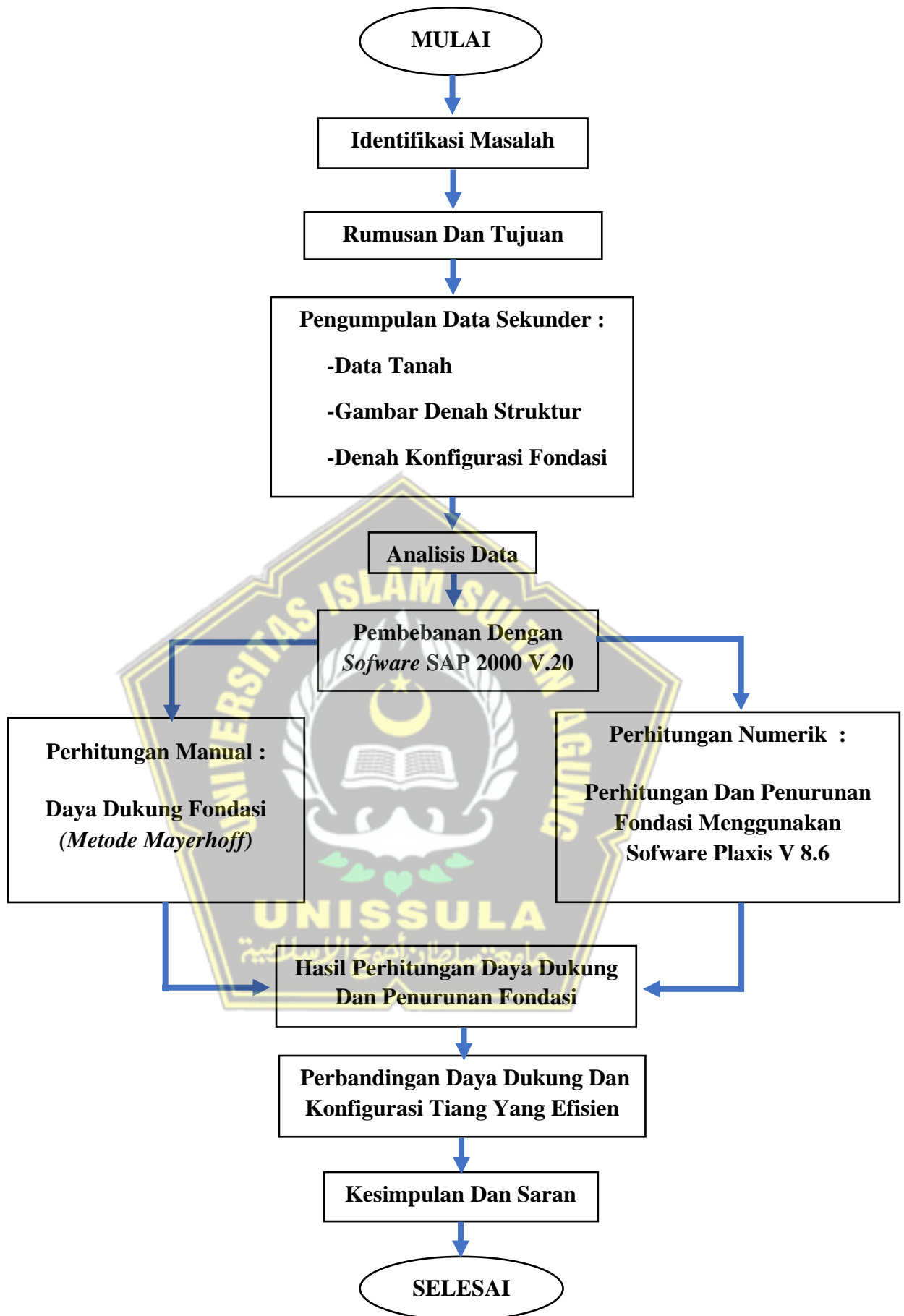
Jenis Data	Keterangan
Nama Proyek	Pembangunan Gedung Kuliah dan Dekanat Fakultas Kedokteran Gigi Unissula
Lokasi Proyek	Jl. Kaligawe Raya No.Km.4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112
Pemilik Proyek	Yayasan Badan wakaf Sultan Agung Jl raya kaligawe Km.04 semarang
Konsultan perencana	Pt Studi Teknik Konsultan
Managemen Kostruksi	Tim Pembangunan Yayasan Badan Wakaf Sultan Agung
Kontraktor pelaksana	Tim Pembangunan Yayasan Badan Wakaf Sultan Agung

Tabel 3. 2 Data Teknis

Jenis Data	Keterangan
Pondasi	Tiang pancang
Kedalaman tiang pancang beton	$\pm 50$ m
Diameter tiang pancang beton	40 x 40 cm
Mutu tiang pancang beton	Fc' 30 Mpa
Mutu baja profil ASTM A36M	Fy =250 MPa , Fu= 410 MPa

### 3.5 Bagan Alir (Flow Chart )

Berikut dapat digambarkan bagan alir Kajian Efisiensi Grup Tiang Terhadap Penurunan Daya Dukung Dan Konfigurasi Fondasi Tiang Pancang (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Dan Dekanat Fakultas Kedokteran Gigi Unissula)



Gambar 3. 2 Bagan Alir

## BAB IV

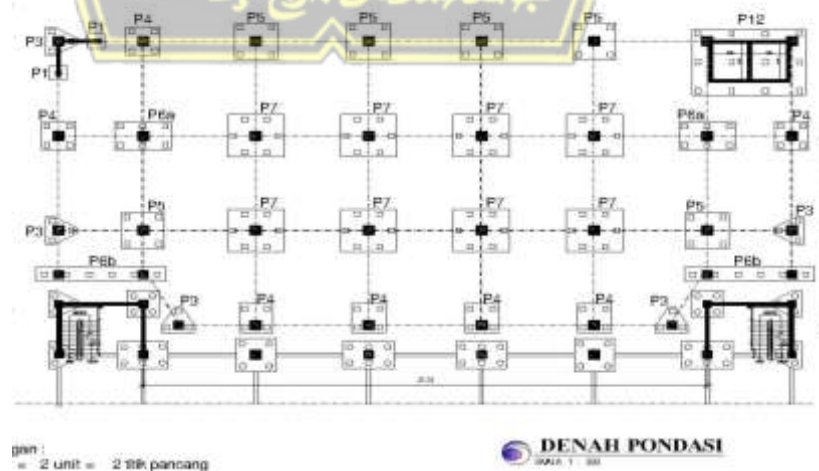
### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Tinjauan Umum

Tahap analisa dan pembebanan dalam Bab ini adalah hasil analisa data yang diperoleh dari hasil pengolahan data pada proyek pembangunan gedung kuliah dan dekanat fakultas kedokteran gigi Universitas Sultan Agung Semarang yang berada di jalan Jl.Kaligawe Raya No.Km.4, Terboyo Kulon, Kec.Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112. Dan pembahasan dari hasil-hasil perhitungan.

Pada perhitungan daya dukung fondasi tiang berasal dari data N-SPT dengan menggunakan metode *mayerhof* untuk cara manual dan juga dilakukan perhitungan menggunakan *software* SAP V.2000 dan Plaxis sebagai pembanding.

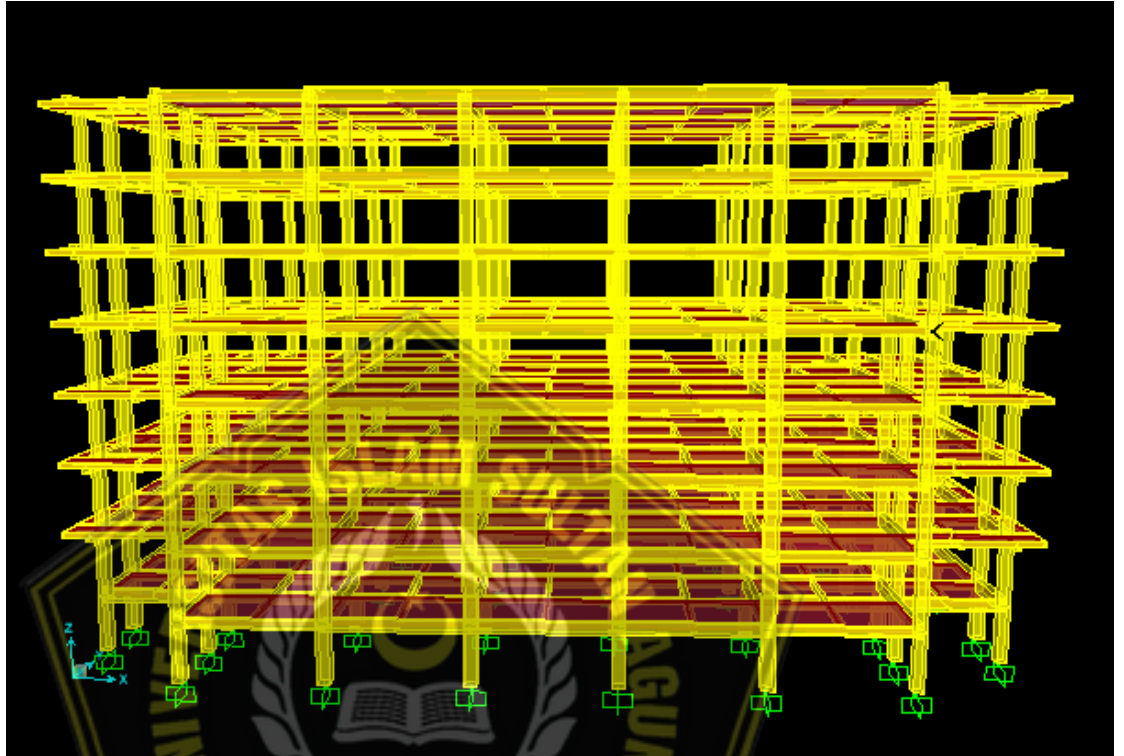
Langkah pertama yang dilakukan sebelum menghitung daya dukung dan penurunan fondasi tiang yaitu menghitung pembebanan dengan menggunakan *software* SAP V.200 dengan bertujuan untuk mengetahui besarnya beban yang akan diterima fondasi, sesuai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726:2012), Dan beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1726:2013).



Gambar 4. 1 Denah Fondasi (Tim Pembangunan YBWSA)

#### 4.2 Permodelan Struktur Atas Dengan Program SAP 2000 V.20

Tahap permodelan pada bagian struktur atas menggunakan *software* SAP 2000 V.20 untuk mengetahui gaya- gaya yang bekerja dari hasil pembebanan pada balok dan kolom dimodelkan sebagai *Shell*.



Gambar 4. 2 Permodelan Struktur Atas Dengan SAP 2000 V.20

##### 4.2.1 Data Bangunan

Data bangunan pada tugas akhir ini antara lain:

- 1 Nama bangunan : Gedung kuliah dan dekanat fakultas kedokteran gigi Unissula
- 2 Lokasi : Jl.Kaligawe Raya No.Km.4, Terboyo Kulon,Kec.Genuk, Kota Semarang , Jawa Tengah 50112

### 4.3 Analisa Pembebanan Struktur

Menurut Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), beban – beban yang dihitung terdiri dari beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Beban – beban tersebut dapat diuraikan seperti di bawah ini:

#### 4.3.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah berat seluruh komponen konstruksi yang terpasang yang terdiri dari lantai, dinding, atap, tangga, bagian arsitektur serta bagian struktur lainnya. Pada pemodelan menggunakan *software* SAP 2000 V.20 berat sendiri material dapat dihitung berdasarkan acuan SNI 1727:2013. Dibawah ini adalah beban – beban yang bekerja pada struktur bagian atas. Pada bangunan ini menggunakan plat yang mempunyai ketebalan sebesar 125 mm sehingga beban platnya sendiri yaitu 300 kg/m<sup>2</sup>

➤ Beban mati pelat lantai *Basement* :

Berat pasir 1 cm = 0,01 m x 16 kN/m<sup>2</sup>

= 0,16 kN/m<sup>2</sup>

Berat adukan semen 3 cm = 0,03 m x 21 kN

= 0,63 kN/m<sup>2</sup>

Berat keramik 1 cm = 0,01 m x 24 kN/ m<sup>2</sup>

= 0,24 kN/m<sup>2</sup>

Berat instalasi ME = 0,25 kN/m<sup>2</sup>

Berat langit – langit dan penggantung = 0,18 kN/m<sup>2</sup>

Berat total = 1,46 kN/m<sup>2</sup>

Beban mati pada balok :

Beban dinding ½ bata,tinggi 3,3 m = 3,3 x 2,5 kN/m<sup>2</sup>

= 8,25 kN/m<sup>2</sup>

➤ Beban mati pelat lantai 2-8 :

Berat pasir 1 cm = 0,01 m x 16 kN/m<sup>2</sup>

= 0,16 kN/m<sup>2</sup>

Berat adukan semen 3 cm = 0,03 m x 21 kN/m<sup>2</sup>

= 0,63 kN/m<sup>2</sup>



Berat keramik 1 cm	= 0,01 m x 24 kN/m <sup>2</sup>
	= 0,24 kN/m <sup>2</sup>
Berat instalasi ME	= 0,25 kN/m <sup>2</sup>
Berat langit – langit dan penggantung	= 0,18 kN/m <sup>2</sup>
Berat total	= 1,46 kN/m <sup>2</sup>
Beban mati pada balok :	
Beban dinding ½ bata,tinggi 4 m	= 4 x 2,5 kN/m <sup>2</sup>
	= 10 kN/m <sup>2</sup>

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

Beban hidup adalah berat yang diakibatkan oleh penggunaan bangunan dimana beban yang bekerja tergantung dari fungsi masing – masing ruang yang digunakan. Pada acuan (SNI 1727:2013) tentang beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain, Menyebutkan berat bangunan hotel yaitu sebesar 250 kg/m<sup>2</sup>.

#### 4.2.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban statik ekuivalen yang bekerja pada bangunan atau bagian dari bangunan akibat pergerakan tanah karena gempa. pengaruh gempa pada struktur ditentukan berdasarkan analisa dinamik, maka yang diartikan dalam beban gempa yaitu gaya gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh tanah akibat gempa. Pada peraturan perencanaan beban gempa 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.

#### 4.2.4 Faktor Keamanan

Berdasarkan (SNI 1726:2019) maka didapat kategori resiko I dengan faktor keamanan 1,0. Kategori risiko 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 risiko bangunan dan non gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non-gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <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
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, II, III, IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <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

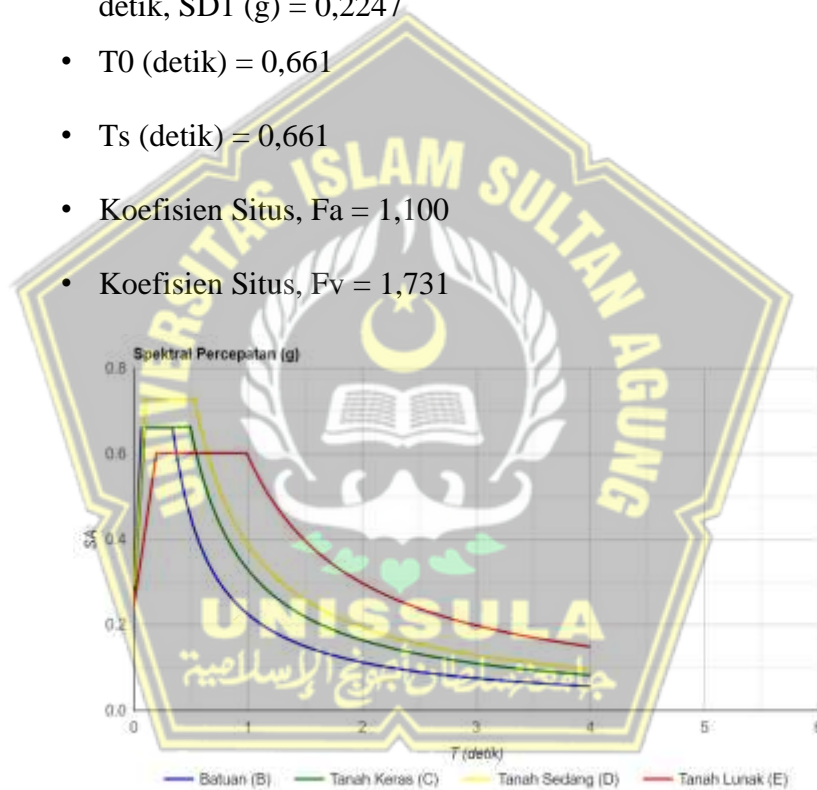
(Sumber: SNI 1726-2019)

#### 4.2.5 Zona Wilayah Gempa

Dalam menentukan zona yang akan direncanakan sebuah konstruksi bangunan didapat melalui akses internet dengan alamat [http://puskim.pu.go.id/aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/) sehingga akan didapatkan data parameter gempa dan grafik *Response Spectrum*.

- Percepatan *respon spectral MCE* dari peta gempa pada periode pendek,  $SS (g) = 0,991$

- Percepatan *respon spectral MCE* dari peta gempa pada periode 1 detik,  $S1 (g) = 0,337$
- Percepatan *respon spectral MCE* dari peta gempa pada periode pendek,  $SMS (g) = 0,991$
- Percepatan *respon spectral MCE* dari peta gempa pada periode 1 detik,  $SM1 (g) = 0,337$
- Percepatan *respon spectral MCE* dari peta gempa pada periode pendek,  $SDS (g) = 0,667$
- Percepatan *respon spectral MCE* dari peta gempa pada periode 1 detik,  $SD1 (g) = 0,2247$
- $T0 (detik) = 0,661$
- $Ts (detik) = 0,661$
- Koefisien Situs,  $Fa = 1,100$
- Koefisien Situs,  $Fv = 1,731$



Gambar 4. 3. Respons Spektrum Jenis Tanah Keras Wilayah Semarang

([http://puskim.pu.go.id/aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_](http://puskim.pu.go.id/aplikasi/desain_spektra_indonesia_))

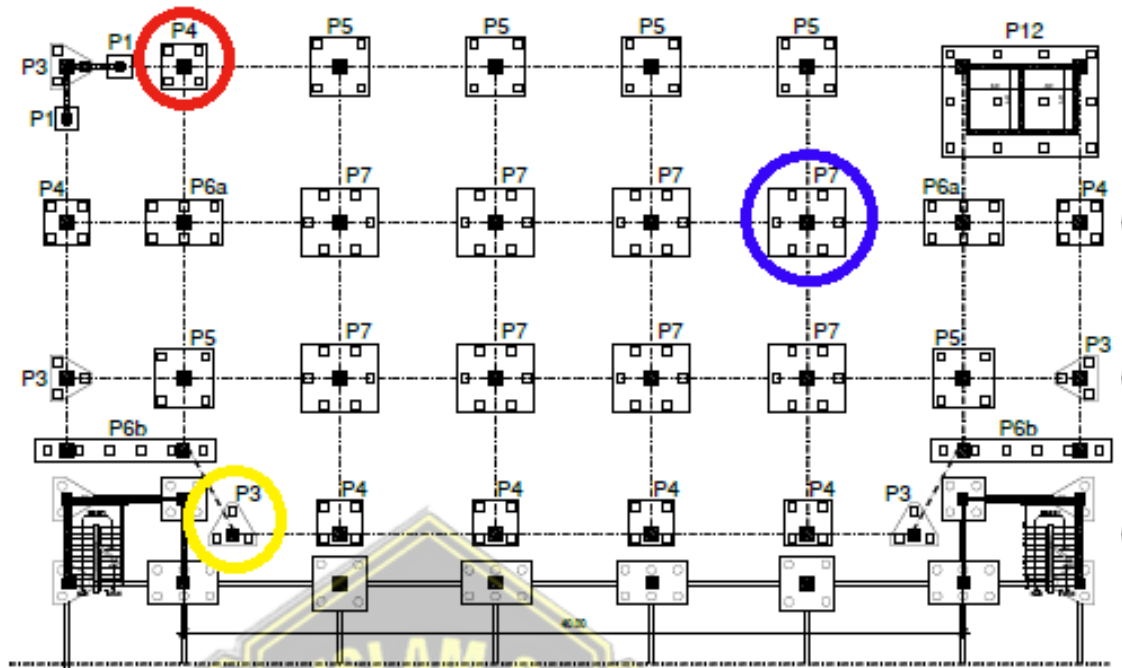
Kemudian data parameter gempa yang didapat di masukkan ke dalam data gempa pada *software* SAP 2000 V.20. Setelah semua beban dimasukkan pada permodelan struktur dengan menggunakan *software* SAP, diperoleh hasil *output joint reactions*. Hasil dari titik *joint* yang telah direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Frame	Station	Output	Case	Type	Step	Typ	P	V2	V3	T	M2	M3	Frame	Elem
24	0	COMB1	Combina	Min			-909019	-2632	-2780	-23.1	-5572	-5558.37	24-1	
21	0	COMB1	Combina	Min			-906465	-2043	-2879	-23.67	-5846	-4912.3	21-1	
15	0	COMB1	Combina	Min			-906242	-2088	-1775	-23.42	-4532	-4915.62	15-1	
23	0	COMB1	Combina	Min			-905982	-2180	-2783	-23.33	-5562	-5039.02	23-1	
14	0	COMB1	Combina	Min			-905625	-2214	-1815	-23.54	-4628	-5054.42	14-1	
22	0	COMB1	Combina	Min			-905287	-2189	-2829	-23.54	-5665	-5055.36	22-1	
16	0	COMB1	Combina	Min			-891143	-1638	-1432	-23.27	-4252	-4503.8	16-1	
13	0	COMB1	Combina	Min			-888658	-3103	-1661	-23.65	-4598	-5978.23	13-1	
25	0	COMB1	Combina	Min			-792315	1683.5	-2914	-22.57	-5723	-1047.53	25-1	
20	0	COMB1	Combina	Min			-791481	-5330	-2589	-23.94	-5676	-8302.3	20-1	
29	0	COMB1	Combina	Min			-641412	-2104	6136.7	-23.78	3438.3	-5110.68	29-1	
31	0	COMB1	Combina	Min			-639843	-2136	6238.6	-23.33	3721.3	-5134.77	31-1	
30	0	COMB1	Combina	Min			-639703	-2136	6139.3	-23.56	3630.8	-5133.64	30-1	
32	0	COMB1	Combina	Min			-639418	-2098	6133.3	-23.11	3606.6	-5090.88	32-1	
17	0	COMB1	Combina	Min			-623115	1837.8	-7604	-22.36	-10562	-856.62	17-1	
12	0	COMB1	Combina	Min			-618877	-5705	-7878	-24.26	-11132	-8661.54	12-1	
28	0	COMB1	Combina	Min			-565311	-3850	5255.6	-23.13	2404.2	-6313.51	28-1	
33	0	COMB1	Combina	Min			-564524	-2916	5371.6	-23.65	2812.6	-2953.85	33-1	
19	0	COMB1	Combina	Min			-546220	-6834	-2446	-24.83	-5626	-3843.8	19-1	
26	0	COMB1	Combina	Min			-533896	3295.8	-2438	-22.08	-5241	610.93	26-1	
5	0	COMB1	Combina	Min			-498962	-2025	-9294	-23.63	-12274	-4875.88	5-1	
4	0	COMB1	Combina	Min			-498841	-2068	-9325	-23.64	-12363	-4931.9	4-1	
3	0	COMB1	Combina	Min			-486074	-2963	-9792	-23.63	-12971	-5863.17	3-1	
6	0	COMB1	Combina	Min			-485930	-698.1	-9636	-23.7	-12639	-3437	6-1	
18	0	COMB1	Combina	Min			-409301	2057.2	-5016	-25.31	-7908	-630.1	18-1	
11	0	COMB1	Combina	Min			-409006	-4965	-5315	-21.63	-8592	-7893.54	11-1	
27	0	COMB1	Combina	Min			-397531	-4404	1609	-29.95	-1426	-7471.85	27-1	
34	0	COMB1	Combina	Min			-388221	992.84	1653.3	-14.47	-1002	-1903.08	34-1	
8	0	COMB1	Combina	Min			-359744	-4614	-2806	-11.53	-4575	-6348.89	8-1	
9	0	COMB1	Combina	Min			-359185	1623.1	-2611	-10.11	-4215	212.21	9-1	
10	0	COMB1	Combina	Min			-250828	218.95	-2013	-6.27	-3586	-1253.86	10-1	
7	0	COMB1	Combina	Min			-250436	-2499	-2225	-15.21	-4012	-4136.05	7-1	
2	0	COMB1	Combina	Min			-213769	2234	-2457	-14.68	-4056	845.53	2-1	
1	0	COMB1	Combina	Min			-213746	-3837	-2604	-11.19	-4365	-5540.55	1-1	

Gambar 4. 4 Hasil *output* pada SAP 2000 V.20

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

- Kolom 24 dengan beban 909,019 ton
- Kolom 28 dengan beban 565,311 ton
- Kolom 1 dengan beban 213,746 ton



Jan :

**DENAH PONDASI**

Gambar 4. 5 Tanda pembebanan pada kolom

Fondasi yang akan direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4. 5

Lingkar biru : Fondasi P7 dengan beban 909,019 ton

Lingkar Merah : Fondasi P4 dengan beban 565,311 ton

Lingkar Kuning : Fondasi P3 dengan beban 213,746 ton

#### 4.4 Analisa Perhitungan Fondasi Tiang Pancang

##### 4.4.1 Daya Dukung Aksial Fondasi Satu Tiang (*Single Pile*)

Pada perencanaan proyek pembangunan Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Unissula, direncanakan menggunakan fondasi tiang pancang dengan diameter sebesar 40 cm. Pada perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang dihitung dengan menggunakan data N-SPT. Adapun data tiang pancang adalah sebagai berikut :

Data tiang pancang

- Sisi (D) = 0,4 m
- Panjang tiang (L) = 45 m
- Luas selimut pondasi (As) =  $4 \times s \times L$   
=  $4 \times 0,4 \times 45$   
=  $72 \text{ cm}^2$
- Luas penampang (Ap) =  $s \times s$   
=  $0,4 \times 0,4$   
=  $0,16 \text{ m}^2$

##### 4.4.2 Metode *Meyerhoff* (1956)

Pada teori ini ada beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam menentukan daya dukung tanah, faktor-faktor tersebut adalah pengaruh kedalaman fondasi, bentuk fondasi, dan kemiringan beban.

###### 1. Daya Dukung Ujung Fondasi

Unrtuk mencari perhitunagn daya dukung fondasi menggunakan rumus dengan metode *mayerhoff* (1956) Persamaan (2.2)

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

Dimana :

$$m = 20 \text{ untuk tanah kohesif}$$

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

N1 = Nilai NSPT pada ujung tiang yaitu nilai NSPT rata-rata 4D dibawah dasar tiang

N2 = Nilai rata-rata NSPT sepanjang 8D diatas dasar tiang

Sehingga:

$$N1 = 4 \times D + L$$

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

$$= 47 \text{ m}$$

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

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

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

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

$$N2 = L - 8 \times D$$

$$= 45 - 8 \times 0,4$$

$$= 41,8 \text{ m}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\tilde{N}_p = (N1 + N2) / 2$$

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

$$= 21,04$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 20 \times N_p \times A_p \\
 &= 20 \times 21,04 \times 0,160 \\
 &= 67,328 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

## 2. Daya Dukung Selimut

Untuk mencari perhitungan daya dukung selimut menggunakan rumus dengan metode *mayerhoff* (1956) Persamaan (2.3)

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

Dimana :

$A_p$  = luas penampang pada dasar tiang

$n$  = koefisien perlawanan gesek tiang

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

$A_s$  = luas selimut tiang

Sehingga:

$n = 0,5$  (tanah kohesif)

$\tilde{N} = 10,38$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= 0,5 \times \tilde{N} \times A_s \\
 &= 0,5 \times 10,38 \times 72 \\
 &= 373,680 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

## 3. Daya Dukung Ultimit

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

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 67,328 + 373,680 \\
 &= 441,008 \text{ ton}
 \end{aligned}$$



#### 4. Daya Dukung Yang Diijinkan

$$\begin{aligned} Q_{\text{allowed}} &= Q_u / SF \quad (\text{SF menurut Mayerhoff} = 3) \\ &= 441,008 / 3 \\ &= 147,003 \text{ ton} \end{aligned}$$

Nilai daya dukung yang diijinkan dari perhitungan diatas diperoleh nilai sebesar 147,003 ton.

#### 4.5 Daya Dukung *Lateral*

Gaya *lateral* merupakan beban yang memiliki arah *horizontal*. Besarnya beban *lateral* yang harus didukung oleh pondasi bergantung pada rangka bangunan yang mengirimkan gaya *lateral* tersebut ke kolom bagian bawah. Berikut metode untuk mencari beban *lateral*.

##### 4.5.1 Metode *Broms (1964)*

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

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

$$K_p = 3,044$$

Spesifikasi tiang pancang

$$D = 0,4 \text{ m}$$

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

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

Kekakuan tiang fondasi

$$E = 4700\sqrt{\quad}$$

$$= 4700\sqrt{25}$$

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

$$I = 1/12 \times bh^3$$

$$= 1/12 \times 0,4 \times 0,4^3$$

$$= 0,002 \text{ m}^4$$

Untuk mencari nilai kekakuan dari fondasi tiang dibutuhkan nilai  $\eta_h$  yang didapat dari Tabel 2.2 nilai – nilai  $\eta_h$  untuk tanah kohesif.

Nilai  $\eta_h$  didapat  $150 \text{ kN/m}^2$ , untuk faktor kekakuan tanah.

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

$$T = \left( \frac{23500 \times 0,002}{1500} \right)^{1,5}$$

$$= 0,00611$$

$$4T = 4 \times T$$

$$= 4 \times 0,00611$$

$$= 0,02444 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan diatas,  $L > 4T$ , maka tiang fondasi termasuk tiang fondasi yang elastis.

Cek keruntuhan tanah

$$\begin{aligned} M_{\max} &= D \times \gamma \times L^3 \times K_p \\ &= 0,4 \times 16 \times 45^3 \times 3,044 \\ &= 2630,02 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai  $H_u$

$$\begin{aligned} F &= 0,82 \sqrt{H_u / D} \times K_p \times \gamma \\ &= 0,82 \sqrt{H_u} / 0,4 \times 3,044 \times 16 \\ &= 0,186 \sqrt{H_u} \end{aligned}$$

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

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

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

$$H_u^{2/3} = 24222,05$$

$$H_u = 839,979 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 H_{ijin} &= H_u/3 \\
 &= 839,979 / 3 \\
 &= 279,993 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pada tahanan lateral ijin adalah :

$$\begin{aligned}
 55 &= \frac{H_u}{K_p \times \gamma \times D^2} \\
 55 &= \frac{H_u}{3,044 \times 16 \times 0,4^2} \\
 H_u &= 428,595 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jadi nilai  $H_u > H_{ijin}$  yaitu  $428,595 \text{ kN} > 279,993 \text{ kN}$  maka nilai  $H_u$  aman.

#### 4.6 Daya Dukung Fondasi Tiang (*Group Pile*)

Untuk mencari daya dukung kelompok tiang dapat menggunakan metode berikut.

##### 4.6.1 Perhitungan Untuk Metode *Reese & Wright 1977*

Untuk perhitungan menentukan jumlah tiang pancang ( $n$ ) digunakan rumus dengan metode *resse & wright 1977* Persamaan (2.25)

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

Dimana :

$P$  = Beban bangunan pada kolom

$Q_{all} = Q_{allowable}$

$$\begin{aligned}
 - \text{Fondasi P7} &= P/Q_{all} \\
 &= 909,091 / 147,003 \\
 &= 6,184 \\
 &= 7 \text{ buah tiang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Fondasi P4} &= P/Q_{all} \\
 &= 565,311 / 147,003 \\
 &= 3,845 \\
 &= 4 \text{ buah tiang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Fondasi P3} &= P/Q_{\text{all}} \\
 &= 213,746 / 147,003 \\
 &= 1,454 \\
 &= 2 \text{ buah tiang}
 \end{aligned}$$

➤ Syarat jarak tiang pancang ( as ke as )

Untuk menentukan jarak (as ke as) digunakan sesuai dengan SNI yaitu 2,5.Diameter tiang – 3 x Diameter tiang.

➤ 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	1,6	0,4
P4	1,6	0,4
P3	1,6	0,4

#### 4.7 Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Metode *Converse-labrare equation*

Metode *Converse-labrare* adalah metode untuk mencari efisiensi kelompok tiang pancang. Berikut adalah rumus untuk mencari efisiensi kelompok tiang pancang Persamaan (2.26)

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

Dimana :

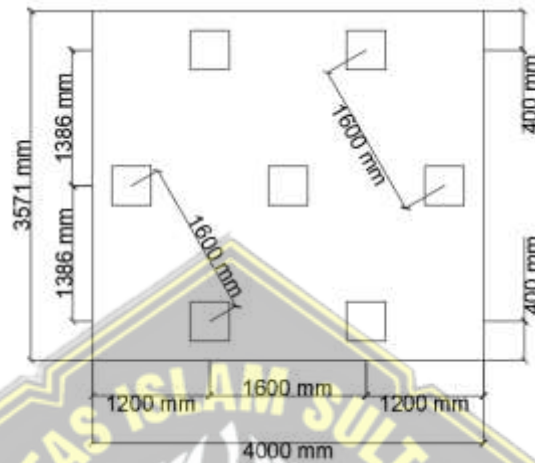
Eg = efisien kelompok tiang

m = jumlah baris tiang

n = jumlah tiang dalam satu baris

- $\theta = \tan^{-1} (d/s)$   
 $d =$  diameter tiang  
 $s =$  Jarak pusat ke pusat tiang

- **Fondasi P7**



Gambar 4. 6 Konfigurasi P7 dari proyek

$$s = 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$$

$$d = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$m = 3$$

$$n = 3$$

$$\theta = \tan^{-1} (d/s)$$

$$= \theta \tan^{-1} (0,4/1,6)$$

$$= 14,036$$

$$Eg = 1 - \left( \frac{(3-1)^3 + (3-1)^3}{90 \times 3 \times 3} \right) \times 14,036$$

$$= 0,792$$

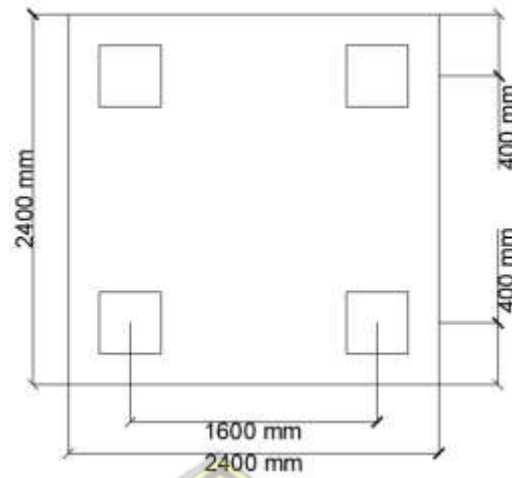
$$Q_{all} (\text{group}) = n \times Q_{allowed} \times Eg$$

$$= 7 \times 147,003 \times 0,792$$

$$= 815,04 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (\text{group}) > P = 815,04 \text{ ton} < 909,019 \text{ ton (Gagal)}$$

- Fondasi P4



Gambar 4. 7 Konfigurasi P4 dari proyek

$$s = 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$$

$$d = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$m = 2$$

$$n = 2$$

$$\theta = \tan^{-1} (d/s)$$

$$= \theta \tan^{-1} (0,4/1,6)$$

$$= 14,036$$

$$Eg = 1 - \left( \frac{(2-1)^2 + (2-1)^2}{90 \times 2 \times 2} \right) \times 14,036$$

$$= 0,844$$

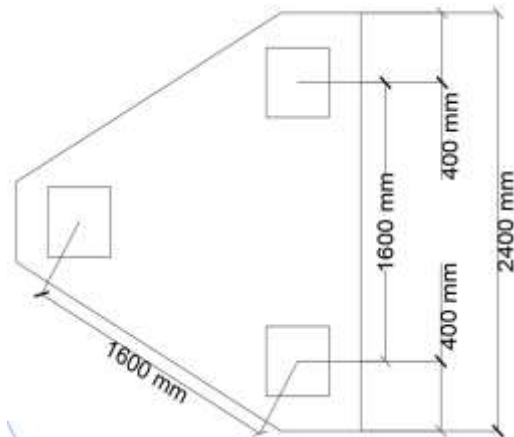
$$Q_{all} (\text{group}) = n \times Q_{\text{allowed}} \times Eg$$

$$= 4 \times 147,003 \times 0,844$$

$$= 496,305 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (\text{group}) > P = 496,305 \text{ ton} < 565,311 \text{ ton} \text{ (Gagal)}$$

**- Fondasi P3**



Gambar 4. 8 Konfigurasi P3 dari proyek

$$\begin{aligned}
 s &= 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m} \\
 d &= 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m} \\
 m &= 1 \\
 n &= 2 \\
 \theta &= \tan^{-1} (d/s) \\
 &= \theta \tan^{-1} (0,4/1,6) \\
 &= 14,036 \\
 E_g &= 1 - \left( \frac{(1-1)^2 + (2-1)1}{90 \times 1 \times 2} \right) \times 14,036 \\
 &= 0,922
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{all} (\text{group}) &= n \times Q_{allowed} \times E_g \\
 &= 3 \times 147,003 \times 0,922 \\
 &= 406,618 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$Q_{all} (\text{group}) > P = 406,618 \text{ ton} > 213,746 \text{ ton} \text{ ( OKE)}$$

Hasil perhitungan efisiensi dan daya dukung tiang kelompok dan  $Q_{all} (grup) > P$  dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Hasil dari setiap tipe fondasi

Tipe Fondasi	m	n	s	Eg	$Q_{all}$ (single)	$Q_{allowed}$ (group)	Beban Kolom	Keterangan
P7	3	3	1,6	0,792	147,003	815,04	909,019	Gagal
P4	2	2	1,6	0,844	147,003	496,305	565,311	Gagal
P3	1	2	1,6	0,922	147,003	406,618	213,746	Oke

Dari hasil Tabel diatas konfigurasi pada fondasi P7 dan P4 tidak memenuhi / Gagal karena  $Q_{all} (group)$  tidak lebih besar dari beban P, sehingga diperlukan penambahan tiang pancang atau perubahan konfigurasinya.

#### 4.8 Penurunan Elastis Pada Fondasi Spun Pile Tiang Tunggal Menggunakan Metode Vesic (1977)

Untuk mencari penurunan *elastis* pada fondasi maka dapat menggunakan metode Vesic (1977) Persamaan (2.23)

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

Dimana :

$Se$  = Total penurunan tiang pancang

$Se_{(1)}$  = Penurunan elastis tiang pancang

$Se_{(2)}$  = Penurunan tiang pancang dikarenakan beban pada ujung tiang

$Se_{(3)}$  = Penurunan tiang pancang dikarenakan beban yang ditransmisikan sepanjang kulit tiang



Nilai  $Se_{(1)}$  diperoleh dari :

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

Nilai  $Se_{(1)}$  diperoleh dari :

$$Se_{(2)} = \frac{Q_{wp} C_p}{Dq_p}$$

Nilai  $Se_{(1)}$  diperoleh dari :

$$Se_{(3)} = \frac{Q_{ws} C_s}{DL_p}$$

### 1. Perhitungan kapasitas dukung fondasi

$$Q_p = 67,328 \text{ ton}$$

$$Q_{wp} = 67,328 / 4 \\ = 16,832 \text{ ton}$$

$$Q_s = 373,68 \text{ ton}$$

$$Q_{ws} = 373,68 / 4 \\ = 93,42 \text{ ton}$$

$$\xi = 0,67 \text{ (Faktor empiris dari tipe tanah dengan tiang pancang)}$$

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

$$d = 0,4 \text{ m}$$

$$A_p = \text{sisi} \times \text{sisi}$$

$$= 0,4 \times 0,4$$

$$= 0,160 \text{ m}^2$$

$$E_p = 2,1 \times 10^6 \text{ ton/m}^2$$

$$C_p = 0,03 \text{ (koefisien empirik dari tipe tanah dengan tipe tiang pancang)}$$

$$C_s = \text{An empirical constant } (0,93 + 0,16 \sqrt{L/D}) \times C_p$$

$$= (0,93 + 0,16 \sqrt{45/0,4}) \times 0,03$$

$$= 0,35 \%$$

$$\begin{aligned}
 q_p &= \frac{Q_p}{A_p} \\
 &= \frac{67,328}{0,160} = 420,8 \text{ (tahanan ultimate ujung tiang)}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan elastisitas tiang tunggal :

$$\begin{aligned}
 Se_{(1)} &= \frac{Q_{wp} + \xi \times Q_{ws}}{A_p E_p} \\
 &= \frac{16,832 + 0,67 \times 93,42}{0,160 \times 2,1 \times 10^6} \\
 &= 0,0106
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Se_{(2)} &= \frac{Q_{wp} \times C_p}{D \times q_p} \\
 &= \frac{16,832 \times 0,03}{0,4 \times 420,8} \\
 &= 0,003
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Se_{(3)} &= \frac{Q_{wp} \times C_s}{L \times q_p} \\
 &= \frac{16,823 \times 0,35}{45 \times 420,8} \\
 &= 0,0017
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Se &= 0,0106 + 0,003 + 0,0017 \\
 &= 0,01535 \text{ m} \\
 &= 15,3481 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Sijin &= 10\% \times D \\
 &= 0,1 \times 0,4 \\
 &= 0,04 \text{ m} \\
 &= 40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Total penurunan tiang tunggal lebih kecil dari syarat yang diijinkan,  $Se < Sijin$  yaitu  $15,3481 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$ , sehingga syarat terpenuhi.

#### 4.8.1 Penurunan Elastis Pada Tiang Kelompok (Group Pile)

##### Menggunakan Metode Vesic (1977)

Untuk mencari penurunan elastis pada fondasi tiang kelompok maka dapat menggunakan metode Vesic (1977) Persamaan (2.24)

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

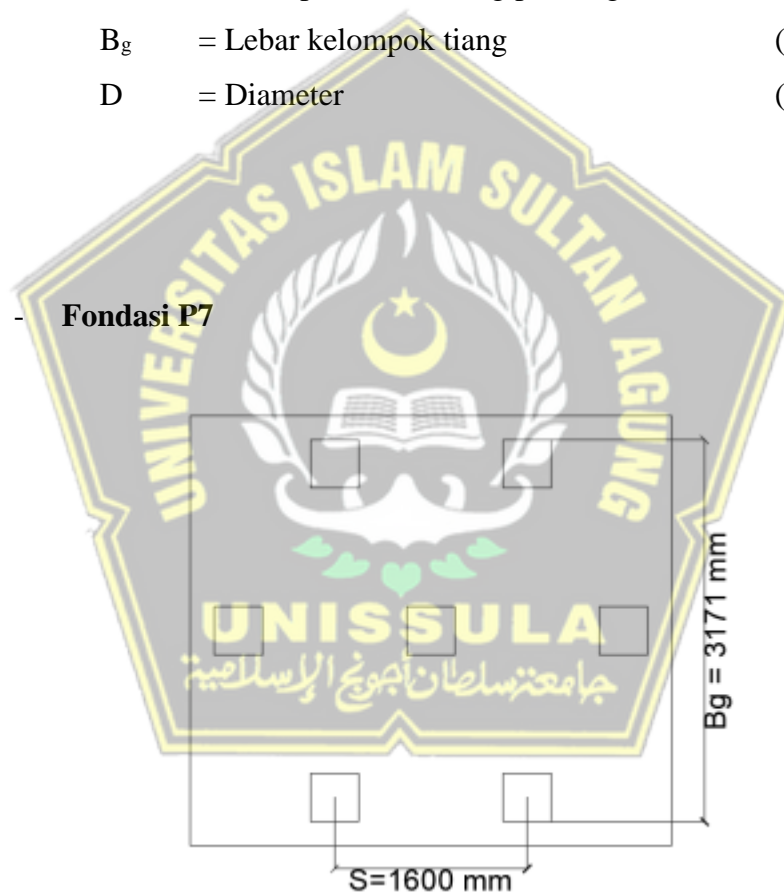
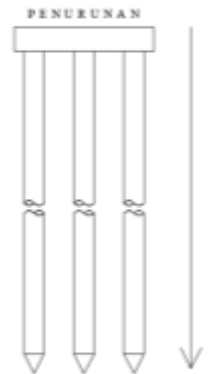
Dimana :

$S_g$  = Penurunan fondasi pada tiang kelompok (m)

$S_e$  = Total penurunan tiang pancang (m)

$B_g$  = Lebar kelompok tiang (m)

$D$  = Diameter (m)



Gambar 4. 9 tiang konfigurasi P7 dari proyek

Diketahui :

$S_e$  = 0,01535 m

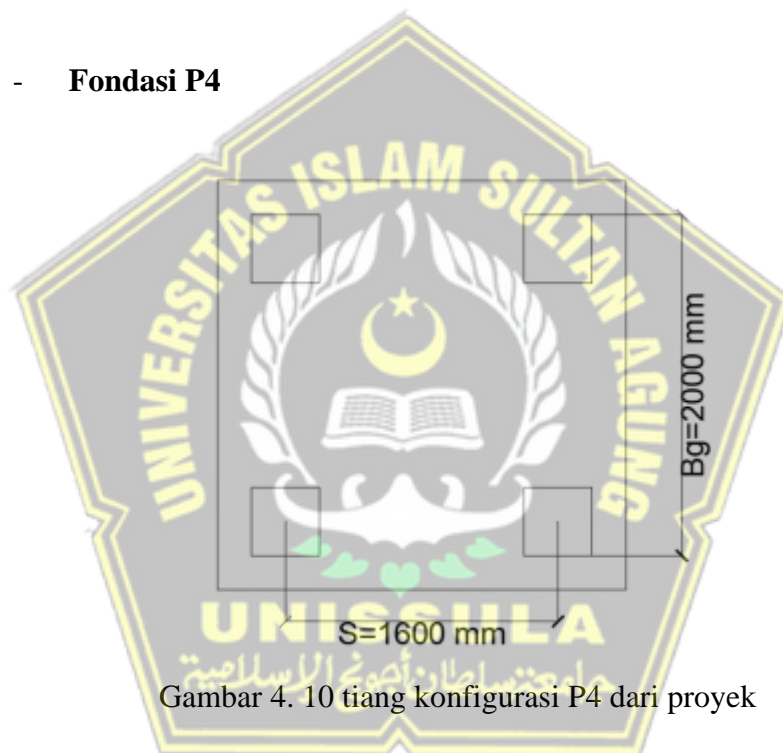
$B_g$  = 3,171m

$D$  = 0,4

$$\begin{aligned}
S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\
&= 0,01535 \times \sqrt{\frac{3,171}{0,4}} \\
&= 0,0432 \text{ m} \\
&= 43,214 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada fondasi P7 adalah 43,214 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah  $S_g < S_{ijin}$ , maka penurunan pada P7 tidak memenuhi karena  $43,213 \text{ mm} > 40 \text{ mm}$ .

- **Fondasi P4**



Gambar 4. 10 tiang konfigurasi P4 dari proyek

Diketahui :

$$S_e = 0,01535 \text{ m}$$

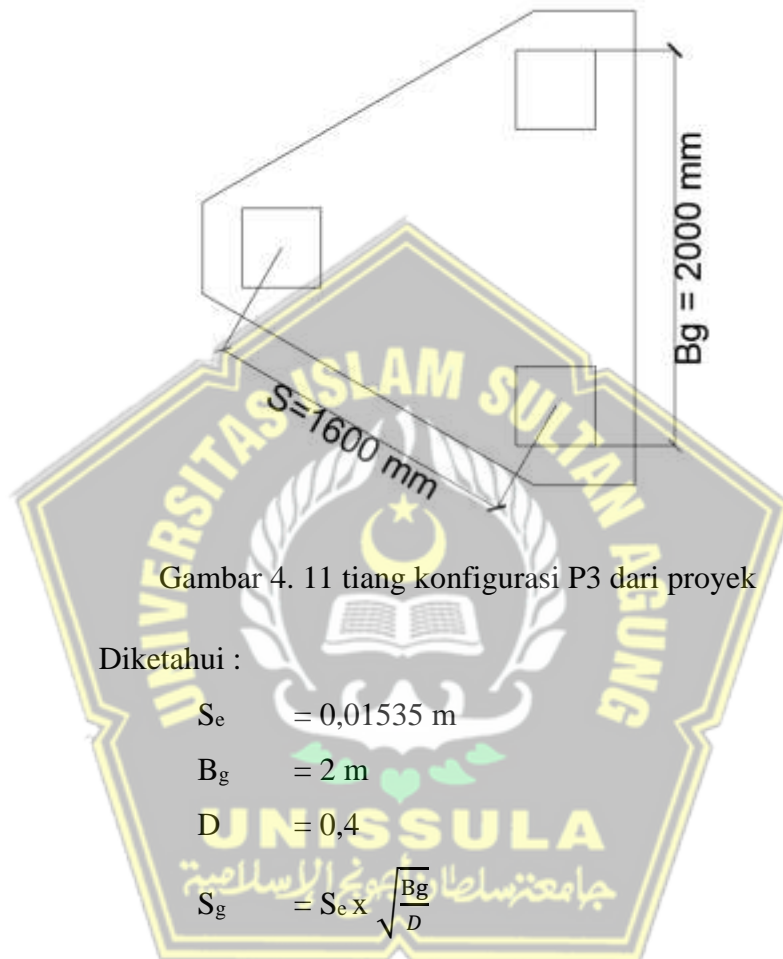
$$B_g = 2 \text{ m}$$

$$D = 0,4$$

$$\begin{aligned}
S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\
&= 0,01535 \times \sqrt{\frac{2}{0,4}} \\
&= 0,0343 \text{ m} \\
&= 34,320 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada fondasi P4 adalah 34,320 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah  $S_g < S_{ijin}$ , maka penurunan pada P4 terpenuhi karena  $34,320 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$  (OKE)

- **Fondasi P3**



Gambar 4. 11 tiang konfigurasi P3 dari proyek

Diketahui :

$$S_e = 0,01535 \text{ m}$$

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

$$D = 0,4$$

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

$$= 0,01535 \times \sqrt{\frac{2}{0,4}}$$

$$= 0,0343 \text{ m}$$

$$= 34,320 \text{ mm}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada fondasi P3 adalah 34,320 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah  $S_g < S_{ijin}$ , maka penurunan pada P3 terpenuhi karena  $34,320 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$  (OKE)

Berikut adalah Tabel dari hasil perhitungan penurunan tiang kelompok menggunakan metode *vesic (1977)* serta keterangannya dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4. 5 Hasil penurunan tiang kelompok

Jenis Fondasi	Lebar Kelompok Tiang (mm)	Penurunan (mm)	Keterangan
P7	3171	43,214	Tidak memenuhi
P4	2000	34,320	Memenuhi
P3	2000	34,320	Memenuhi

#### 4.9 Penurunan Fondasi *Spun Pile* Menggunakan Program Plaxis 8.6

Permodelan Fondasi *Spun Pile* menggunakan program Plaxis 8.6 untuk menghitung penurunan fondasi tiang pancang yang terjadi akibat beban *aksial*. Berikut langkah-langkah perhitungan pada fondasi P1 dengan menggunakan perangkat lunak program plaxis sebagai berikut :

Material tanah :

Tabel 4. 6 Material tanah

No	Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N-SPT	$\gamma_{unsat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	E (kN/m <sup>2</sup> )	v	c (kN/m <sup>2</sup> )
1	0 -4	Tanah urug	12	11,66	16,83	60.000	0,499	10,68
2	4 - 10	Pasir Lanau terdapat sedikit kerikil, sangat lunak	5	11,66	16,83	60.000	0,499	10,68
3	10 – 25	Lempung lanau sedikit pasir, sangat lunak	9	9,74	15,86	40.000	0,499	28,83
4	25 – 32	Lempung Sedikit Pasir, Lunak	13	13,91	19,26	40.000	0,429	32,36

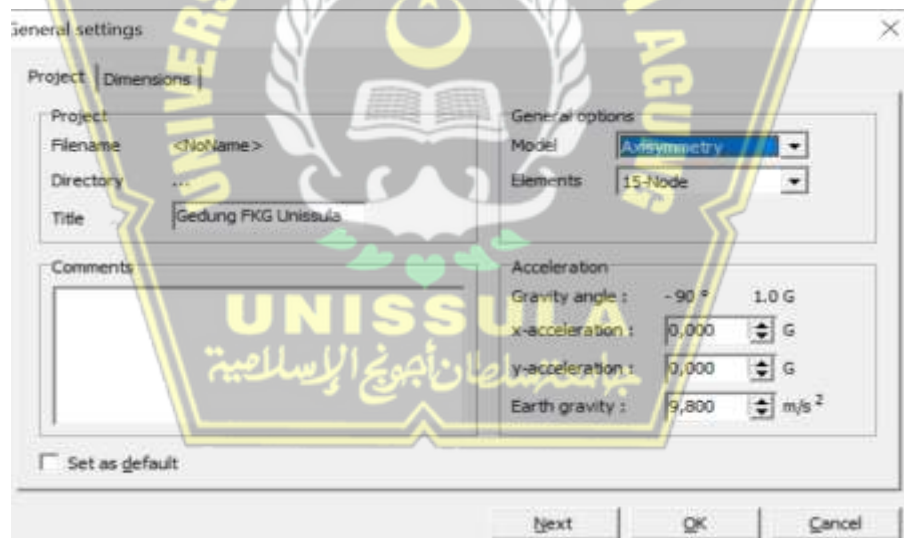
5	32 – 43	Lempung Sedikit Pasir, Lunak	17	13,39	18,56	40.000	0,443	27,69
6	43 - 50	Lempung Sedikit Pasir Sedikit	29	12,58	17,2	40.000	0,489	26,47

Material *Spun Pile* :


Tabel 4. 7 Material *Spun pile*

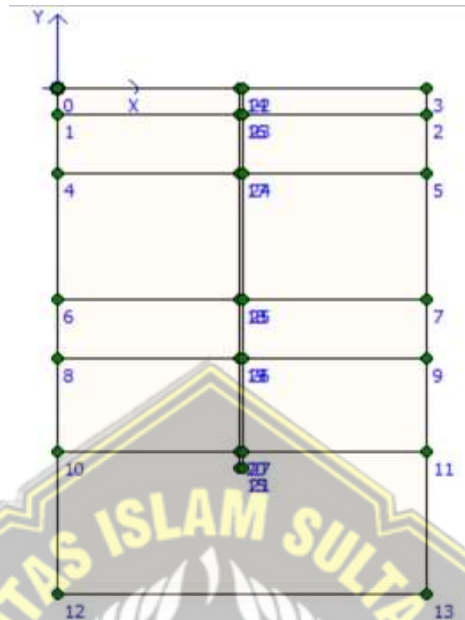
No	$\gamma_{\text{unsat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	E (kN/m <sup>2</sup> )	v
1	24	24	23500000	0,22

1. Langkah awal pada perhitungan plaxis yaitu menentukan satuan yang akan digunakan




Gambar 4. 12 Menentukan Satuan pada plaxis

2. Kemudian klik simbol  untuk mengatur pemodelan geometri tanah yang disesuaikan dengan data tanah dan permodelan fondasi .




Gambar 4. 13 Permodelan tanah dan fondasi

3. Klik simbol  yaitu untuk menentukan tekanan positif dan tekanan negatif yang terdapat pada daerah keliling fondasi.




Gambar 4. 14 Penentuan tekanan positif dan negatif

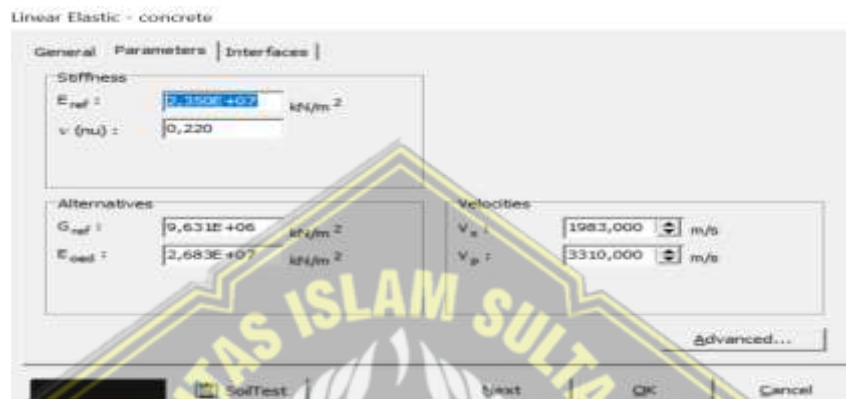


4. Kemudian klik simbol  lalu tentukan jenis material tanah yang akan digunakan dalam perencanaan



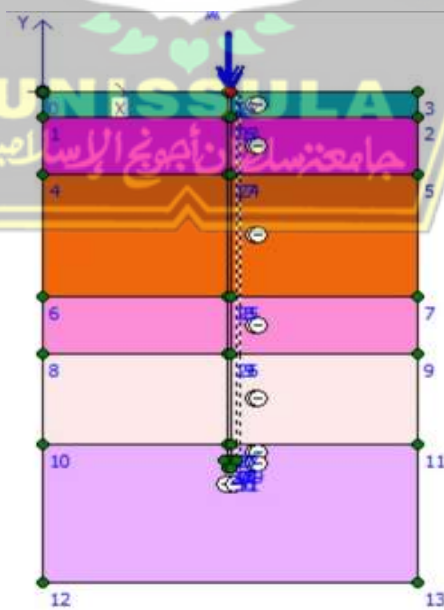
Gambar 4. 15 Menentukan jenis material tanah

5. Untuk selanjutnya ulangi langkah 1 sampai 3 untuk menentukan material tanah lainnya
6. Kemudian klik simbol  kembali lalu tentukan jenis material fondasi yang akan digunakan dalam perencanaan




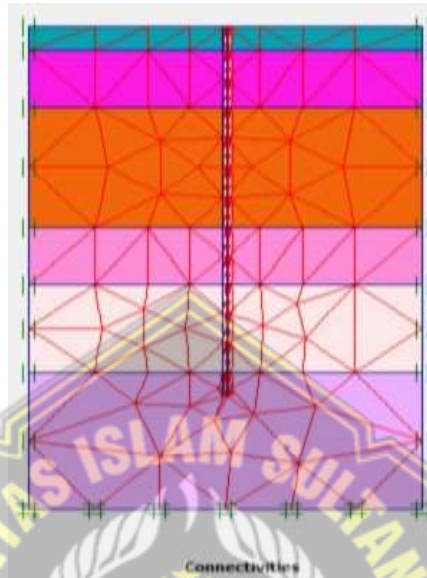
Gambar 4. 16 Menentukan material fondasi

7. Klik simbol  untuk memberi beban diatas fondasi tiang pancang.



Gambar 4. 17 Pembebanan diatas fondasi

8. Selanjutnya isilah data material ke pemodelan sesuai dengan data material yang sebelumnya telah dibuat
9. Lalu klik simbol  yang berfungsi untuk melihat berapa hasil dari susunan jaringan antar elemen




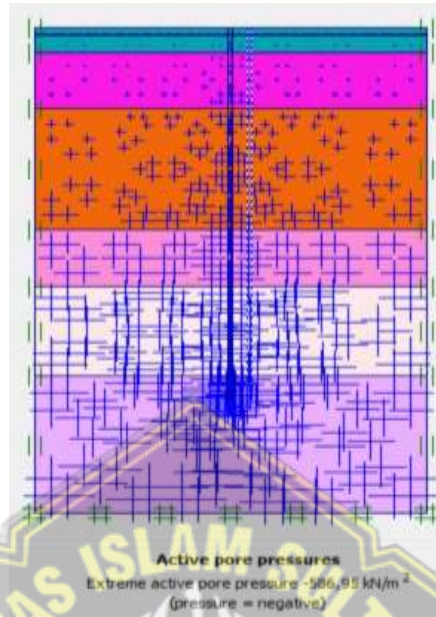
Gambar 4. 18 Susunan jaringan antar elemen

10. Kemudian klik simbol  yang terdapat di *toolbar*
11. Klik simbol  untuk menambah muka air tanah



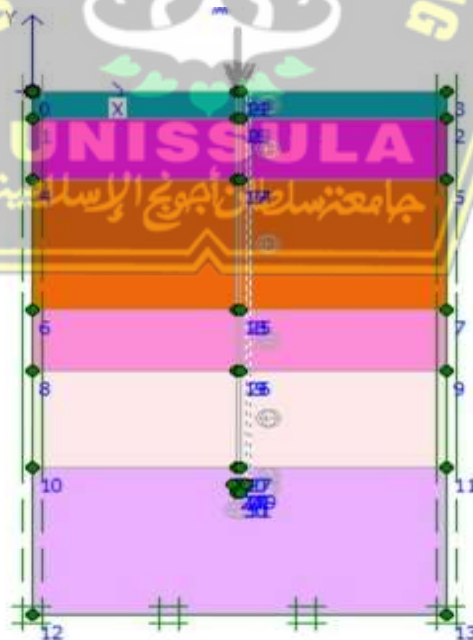
Gambar 4. 19 Muka air tanah

12. Setelah penambahan berat isi air kemudian klik *symbol*  untuk mengaktifkan tekanan air pada pori




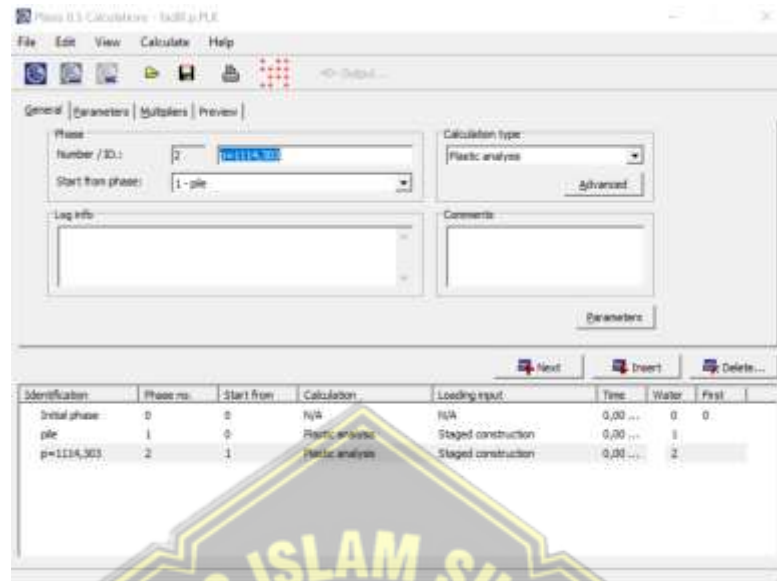
Gambar 4. 20 Tekanan air pori

13. Klik simbol  yaitu untuk mengaktifkan tekanan air pori pada saat keadaan awal



Gambar 4. 21 Tekanan air pori saat keadaan awal

14. Klik simbol  pada toolbar yang berfungsi untuk mengaktifkan tekanan efektif. Selanjutnya klik ok, sehingga muncul gambar



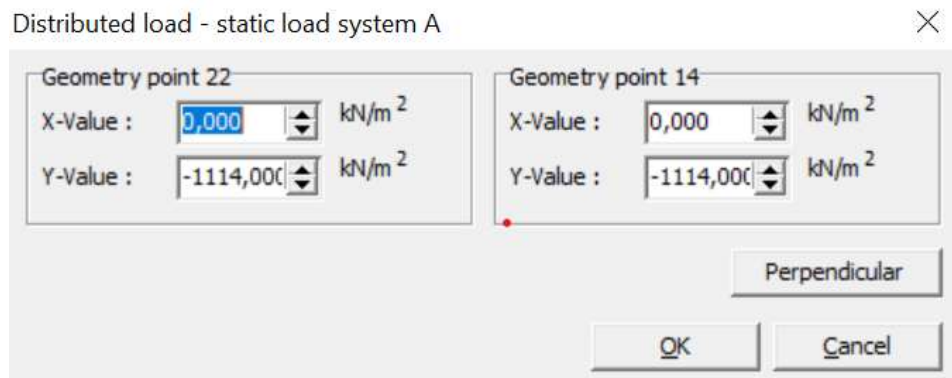
Gambar 4. 22 Proses calculation

15. Selanjutnya isilah data material fondasi ke pemodelan sesuai dengan data material yang sebelumnya telah dibuat

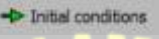


Gambar 4. 23 Pengaplikasian material fondasi

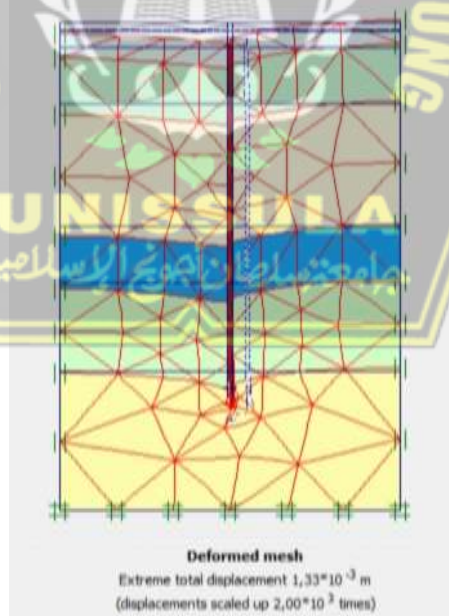
16.Selanjutnya pemberian beban sebesar 8914,43 kN/m<sup>2</sup> diatas fondasi tiang yang telah dimodelkan



Gambar 4. 24 Pemberian beban diatas fondasi

17.Kemudian klik simbol  yang terdapat di toolbar,untuk me run data material pondasi dan beban yang telah dimasukan

18.Pada langkah terakhir klik simbol  yang berfungsi untuk melihat hasil perhitungan penurunan yang terjadi pada fondasi tersebut



Gambar 4. 25 Hasil perhitungan penurunan fondasi

Hasil perhitungan penurunan fondasi pada P8 menggunakan plaxis adalah sebesar 13,3 mm

Berikut adalah perbandingan penurunan menggunakan metode manual (*Vesic 1977*) dan metode *software* (Plaxis) dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4. 8 Hasil Perbandingan Penurunan

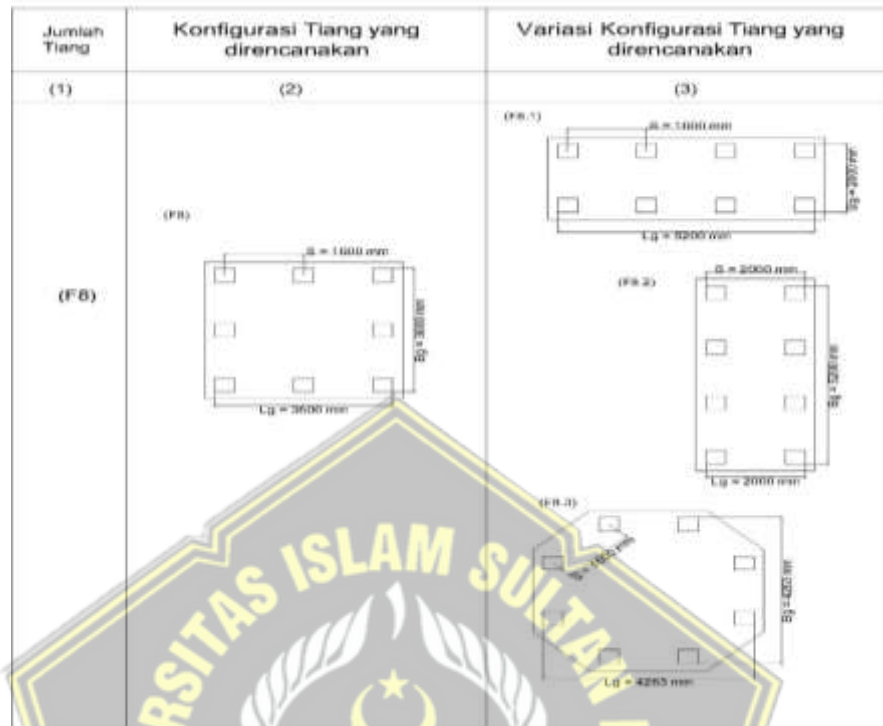
Metode	Penurunana (mm)
<i>Vesic 1977</i>	15,3
Plaxis 8.6	13,3

Hasil perbandingan penurunan menggunakan perhitungan manual (*metode Vesic 1977*) dan *software* (Plaxis 8.6) ditemukan nilai perbandingan dengan selisih 2 mm. Untuk hasil penurunannya *metode vesic 1977* lebih besar untuk angka penurunannya yaitu sebesar 15,3 dibandingkan dengan program plaxis yaitu sebesar 13,3 mm

#### 4.10 Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Yang Direncanakan

Perencanaan dilakukan karena konfigurasi dari proyek tidak mampu atau tidak efisien, karena itu penulis merencanakan konfigurasi yang berbeda dengan penambahan jumlah pondasi yang memiliki beban paling berat, sedang, dan kecil.

#### 4.10.1 Konfigurasi Fondasi Dengan Beban Paling Berat Serta Variasi Konfigurasi Yang Direncanakan



Gambar 4. 26 Tiang dan variasi konfigurasi F8 yang direncanakan

#### 1. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Converse-Labrare*

Untuk mencari perhitungan Efisiensi tiang kelompok digunakan rumus dengan metode *Converse-Labarare* Persamaan (2.26)

- **Fondasi F8**

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

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 P &= 909,019 \text{ ton} \\
 S &= 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m} \\
 D &= 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m} \\
 m &= 3 \\
 n &= 3
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1} (d/s) \\ &= \theta \tan^{-1} (0,4/1,6) \\ &= 14,036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Eg &= 1 - \left( \frac{(3-1)^3 + (3-1)^3}{90 \times 3 \times 3} \right) \times 14,036 \\ &= 0,792\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{all} \text{ (group)} &= n \times Q_{allowed} \times Eg \\ &= 8 \times 147,003 \times 0,792 \\ &= 931,474 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$Q_{all} \text{ (group)} > P = 931,474 \text{ ton} > 909,019 \text{ ton (Oke)}$$

## 2. Perhitungan Penurunan Elastis Pada Kelompok (*Group Pile*) Pada Konfigurasi Yang Direncanakan Menggunakan Metode Vesic (1977)

Untuk mencari perhitungan penurunan elastis pada fondasi tiang kelompok maka dapat digunakan rumus dengan metode Vesic (1977)

Persamaan (2.24)

- **Fondasi F8**

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

Diketahui :

$$\begin{aligned}S_e &= (S_{e1}) + (S_{e2}) + (S_{e3}) \\ &= 0,0106 + 0,003 + 0,0017\end{aligned}$$

$$= 0,01535 \text{ m}$$

$$B_g = 3,6 \text{ m}$$

$$D = 0,4$$

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

$$= 0,01535 \times \sqrt{\frac{3,6}{0,4}}$$

$$= 0,0460 \text{ m}$$

$$= 46,044 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan penurunan elastis tiang kelompok metode vesic 1977 yang terjadi pada fondasi F8 yang direncanakan sebesar 46,044 mm.

**a. Konfigurasi Fondasi Variasi F8.1 Yang Direncanakan**

**1. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Converse-Labrare***

Untuk mencari perhitungan Efisiensi tiang kelompok digunakan rumus dengan metode *Converse-Labarare* Persamaan (2.26)

**- Fondasi F8.1**

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

Diketahui :

$$P = 909,019 \text{ ton}$$

$$S = 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$$

$$D = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$m = 4$$

$$n = 2$$

$$\theta = \tan^{-1} (d/s)$$

$$= \theta \tan^{-1} (0,4/1,6)$$

$$= 14,036$$

$$Eg = 1 - \left( \frac{(4-1)2 + (2-1)4}{90 \times 4 \times 2} \right) \times 14,036$$

$$= 0,805$$

$$Q_{all} (\text{group}) = n \times Q_{allowed} \times Eg$$

$$= 8 \times 147,003 \times 0,805$$

$$= 946,758 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (\text{group}) > P = 946,758 \text{ ton} > 909,019 \text{ ton (Oke)}$$

## 2. Perhitungan Penurunan Elastis Pada Kelompok (*Group Pile*) Pada Konfigurasi Yang Direncanakan Menggunakan *Metode Vesic (1977)*

Untuk mencari perhitungan penurunan elastis pada fondasi tiang kelompok maka dapat digunakan rumus dengan *metode Vesic (1977)* Persamaan (2.24)

### - **Fondasi F8.1**

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

Diketahui :

$$S_e = (S_{e1}) + (S_{e2}) + (S_{e3})$$

$$= 0,0106 + 0,003 + 0,0017$$

$$= 0,01535 \text{ m}$$

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

$$D = 0,4$$

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

$$= 0,01535 \times \sqrt{\frac{2}{0,4}}$$

$$= 0,0343 \text{ m}$$

$$= 34,320 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan penurunan elastis tiang kelompok *metode vesic 1977* yang terjadi pada fondasi F8.1 yang direncanakan sebesar 34,320 mm.

b. **Konfigurasi Fondasi Variasi F8.2 Yang Direncanakan**

**1. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Converse-Labrare***

Untuk mencari perhitungan Efisiensi tiang kelompok digunakan rumus dengan metode *Converse-Labarare* Persamaan (2.26)

- **Fondasi F8.2**

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

Diketahui :

$$P = 909,019 \text{ ton}$$

$$S = 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$$

$$D = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$m = 2$$

$$n = 4$$

$$\begin{aligned} \theta &= \tan^{-1} (d/s) \\ &= \theta \tan^{-1} (0,4/1,6) \\ &= 14,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \left( \frac{(4-1)2 + (2-1)4}{90 \times 4 \times 2} \right) \times 14,036 \\ &= 0,805 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{all} (\text{group}) &= n \times Q_{allowed} \times E_g \\ &= 8 \times 147,003 \times 0,805 \\ &= 946,758 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$Q_{all} (\text{group}) > P = 946,758 \text{ ton} > 909,019 \text{ ton (Oke)}$$

## 2. Perhitungan Penurunan Elastis Pada Kelompok (*Group Pile*) Pada Konfigurasi Yang Direncanakan Menggunakan *Metode Vesic (1977)*

Untuk mencari perhitungan penurunan elastis pada fondasi tiang kelompok maka dapat digunakan rumus dengan *metode Vesic (1977)* Persamaan (2.24)

### - **Fondasi F8.2**

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

Diketahui :

$$\begin{aligned} S_e &= (S_{e1}) + (S_{e2}) + (S_{e3}) \\ &= 0,0106 + 0,003 + 0,0017 \\ &= 0,01535 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B_g = 5,2 \text{ m}$$

$$D = 0,4$$

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

$$\begin{aligned} &= 0,01535 \times \sqrt{\frac{5,2}{0,4}} \\ &= 0,0553 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 55,339 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan penurunan elastis tiang kelompok *metode vesic 1977* yang terjadi pada fondasi F8.2 yang direncanakan sebesar 55,339 mm.

c. **Konfigurasi Fondasi Variasi F8.3 Yang Direncanakan**

**1. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Converse-Labrare***

Untuk mencari perhitungan Efisiensi tiang kelompok digunakan rumus dengan metode *Converse-Labarare* Persamaan (2.26)

- **Fondasi F8.3**

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

Diketahui :

$$P = 909,019 \text{ ton}$$

$$S = 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$$

$$D = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$m = 4$$

$$n = 4$$

$$\theta = \tan^{-1} (d/s)$$

$$= \theta \tan^{-1} (0,4/1,6)$$

$$= 14,036$$

$$E_g = 1 - \left( \frac{(4-1)4 + (4-1)4}{90 \times 4 \times 4} \right) \times 14,036$$

$$= 0,766$$

$$Q_{all} (\text{group}) = n \times Q_{allowed} \times E_g$$

$$= 8 \times 147,003 \times 0,766$$

$$= 900,905 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (\text{group}) > P = 900,905 \text{ ton} > 909,019 \text{ ton} \text{ (Gagal)}$$

## 2. Perhitungan Penurunan Elastis Pada Kelompok (*Group Pile*) Pada Konfigurasi Yang Direncanakan Menggunakan *Metode Vesic (1977)*

untuk mencari perhitungan penurunan elastis pada fondasi tiang kelompok maka dapat digunakan rumus dengan *metode Vesic (1977)* Persamaan (2.24)

### - **Fondasi F8.3**

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

Diketahui :

$$\begin{aligned} S_e &= (S_{e1}) + (S_{e2}) + (S_{e3}) \\ &= 0,0106 + 0,003 + 0,0017 \\ &= 0,01535 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B_g = 4,263 \text{ m}$$

$$D = 0,4$$

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

$$\begin{aligned} &= 0,01535 \times \sqrt{\frac{4,263}{0,4}} \\ &= 0,0501 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 50,105 \text{ mm}$$

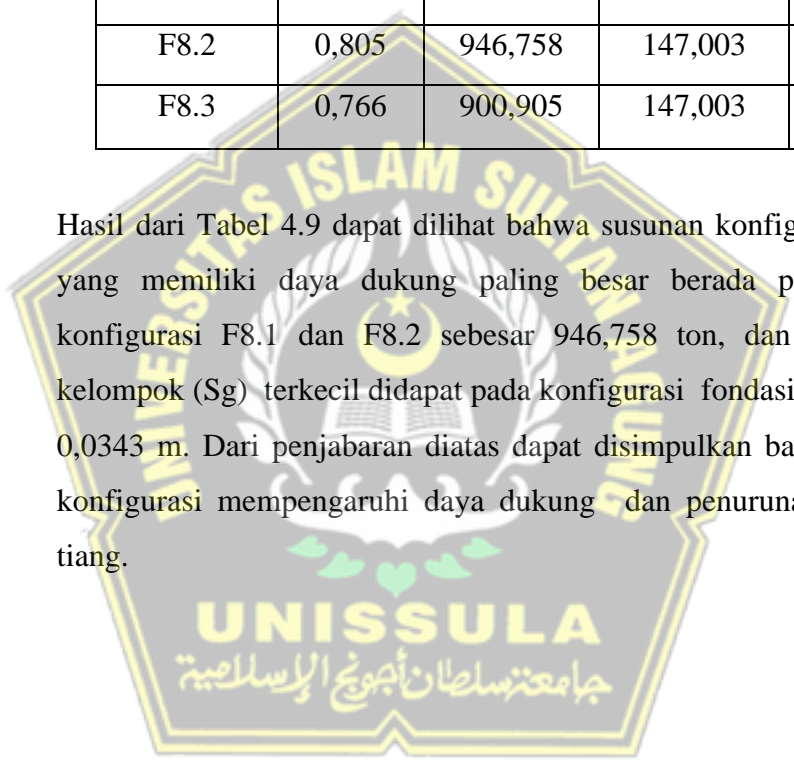
Hasil perhitungan penurunan elastis tiang kelompok metode *vesic 1977* yang terjadi pada fondasi F8.3 yang direncanakan sebesar 50,105 mm.

Berikut adalah Tabel perhitungan efisiensi dan penurunan pada fondasi F8 serta variasinya dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4. 9 Hasil perbandingan konfigurasi 8 tiang

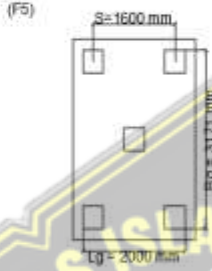
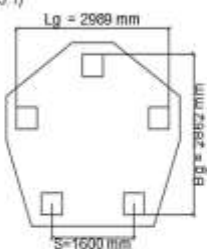
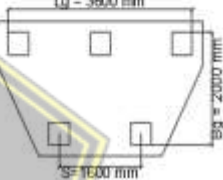
Konfigurasi 8 tiang	Efisiensi Tiang (Eg)	Daya Dukung Kelompok (Qall) (ton)	Daya Dukung Ijin Kelompok (Qallowed) (ton)	Penurunan kelompok (Sg) (m)
F8	0,792	931,474	147,003	0,0460
F8.1	0,805	946,758	147,003	0,0343
F8.2	0,805	946,758	147,003	0,0553
F8.3	0,766	900,905	147,003	0,0501

Hasil dari Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa susunan konfigurasi 8 tiang yang memiliki daya dukung paling besar berada pada susunan konfigurasi F8.1 dan F8.2 sebesar 946,758 ton, dan penurunan kelompok (Sg) terkecil didapat pada konfigurasi fondasi F8.1 sebesar 0,0343 m. Dari penjabaran diatas dapat disimpulkan bahwa susunan konfigurasi mempengaruhi daya dukung dan penurunan kelompok tiang.





**4.10.1 Konfigurasi Fondasi Dengan Beban Sedang /Tengah-Tengah Serta Variasi Konfigurasi Yang Direncanakan**

Jumlah Tiang	Konfigurasi Tiang yang direncanakan	Variasi Konfigurasi Tiang yang direncanakan
(1)	(2)	(3)
(F5)		 

Gambar 4. 27 Tiang dan variasi konfigurasi F5 yang direncanakan

**1. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Converse-Labrare***

Untuk mencari perhitungan Efisiensi tiang kelompok digunakan rumus dengan metode *Converse-Labarare* Persamaan (2.26)

- **Fondasi F5**

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

Diketahui :

$$P = 565,311 \text{ ton}$$

$$s = 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$$

$$d = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$m = 3$$

$$n = 3$$

$$\theta = \tan^{-1} (d/s)$$

$$\begin{aligned}
&= \theta \tan^{-1} (0,4/1,6) \\
&= 14,036 \\
E_g &= 1 - \left( \frac{(3-1)^3 + (3-1)^3}{90 \times 3 \times 3} \right) \times 14,036 \\
&= 0,792 \\
Q_{all} \text{ (group)} &= n \times Q_{allowed} \times E_g \\
&= 5 \times 147,003 \times 0,792 \\
&= 582,171 \text{ ton} \\
Q_{all} \text{ (group)} > P &= 582,171 \text{ ton} > 565,311 \text{ ton (Oke)}
\end{aligned}$$

**2. Perhitungan Penurunan Elastis Pada Kelompok (*Group Pile*) Pada Konfigurasi Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Vesic (1977)***

Untuk mencari perhitungan penurunan elastis pada fondasi tiang kelompok maka dapat digunakan rumus dengan metode *Vesic (1977)* Persamaan (2.24)

**- Fondasi F5**

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

Diketahui :

$$\begin{aligned}
S_e &= (S_{e1}) + (S_{e2}) + (S_{e3}) \\
&= 0,0106 + 0,003 + 0,0017
\end{aligned}$$

$$= 0,01535 \text{ m}$$

$$B_g = 3,171 \text{ m}$$

$$D = 0,4$$

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

$$= 0,01535 \times \sqrt{\frac{3,171}{0,4}}$$

$$= 0,0432 \text{ m}$$

$$= 43,214 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan penurunan elastis tiang kelompok metode *vesic 1977* yang terjadi pada fondasi F5 yang direncanakan sebesar 43,214 mm.

**a. Konfigurasi Fondasi Variasi F5.1 Yang Direncanakan**

**1. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Converse-Labrare***

Untuk mencari perhitungan Efisiensi tiang kelompok digunakan rumus dengan metode *Converse-Labarare* Persamaan (2.26)

**- Fondasi F5.1**

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

Diketahui :

$$P = 565,311 \text{ ton}$$

$$s = 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$$

$$d = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$m = 5$$

$$n = 3$$

$$\theta = \tan^{-1} (d/s)$$

$$= \theta \tan^{-1} (0,4/1,6)$$

$$= 14,036$$

$$Eg = 1 - \left( \frac{(5-1)3 + (3-1)5}{90 \times 5 \times 3} \right) \times 14,036$$

$$= 0,771$$

$$Q_{all} (\text{group}) = n \times Q_{allowed} \times Eg$$

$$= 5 \times 147,003 \times 0,771$$

$$= 566,887 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (\text{group}) > P = 566,887 \text{ ton} > 565,311 \text{ ton (Oke)}$$

## 2. Perhitungan Penurunan Elastis Pada Kelompok (*Group Pile*) Pada Konfigurasi Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Vesic* (1977)

Untuk mencari perhitungan penurunan elastis pada fondasi tiang kelompok maka dapat digunakan rumus dengan metode *Vesic* (1977) Persamaan (2.24)

### - Fondasi F5.1

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

Diketahui :

$$\begin{aligned} S_e &= (S_{e1}) + (S_{e2}) + (S_{e3}) \\ &= 0,0106 + 0,003 + 0,0017 \\ &= 0,01535 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B_g = 2,862 \text{ m}$$

$$D = 0,4$$

$$\begin{aligned} S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\ &= 0,01535 \times \sqrt{\frac{2,862}{0,4}} \\ &= 0,0411 \text{ m} \\ &= 41,055 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan penurunan elastis tiang kelompok metode *vesic* 1977 yang terjadi pada fondasi F5.1 yang direncanakan sebesar 41,055 mm

b. **Konfigurasi Fondasi Variasi F5.2 Yang Direncanakan**

1. **Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Converse-Labrare***

Untuk mencari perhitungan efisiensi tiang kelompok digunakan rumus dengan metode *Converse-Labarare* Persamaan (2.26)

- **Fondasi F5.2**

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

Diketahui :

$$P = 565,311 \text{ ton}$$

$$s = 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$$

$$d = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$m = 5$$

$$n = 2$$

$$\theta = \tan^{-1} (d/s)$$

$$= \theta \tan^{-1} (0,4/1,6)$$

$$= 14,036$$

$$Eg = 1 - \left( \frac{(5-1)2 + (2-1)5}{90 \times 5 \times 2} \right) \times 14,036$$

$$= 0,797$$

$$Q_{all} (\text{group}) = n \times Q_{allowed} \times Eg$$

$$= 5 \times 147,003 \times 0,797$$

$$= 585,992 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (\text{group}) > P = 585,992 \text{ ton} > 565,311 \text{ ton (Oke)}$$

**2. Perhitungan Penurunan Elastis Pada Kelompok (*Group Pile*) Pada Konfigurasi Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Vesic (1977)***

Untuk mencari perhitungan penurunan elastis pada fondasi tiang kelompok maka dapat digunakan rumus dengan metode *Vesic (1977)* Persamaan (2.24)

**- Fondasi F5.2**

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

Diketahui :

$$\begin{aligned} S_e &= (S_{e1}) + (S_{e2}) + (S_{e3}) \\ &= 0,0106 + 0,003 + 0,0017 \\ &= 0,01535 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$D = 0,4$$

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

$$= 0,01535 \times \sqrt{\frac{2}{0,4}}$$

$$= 0,0343 \text{ m}$$

$$= 34,320 \text{ mm}$$

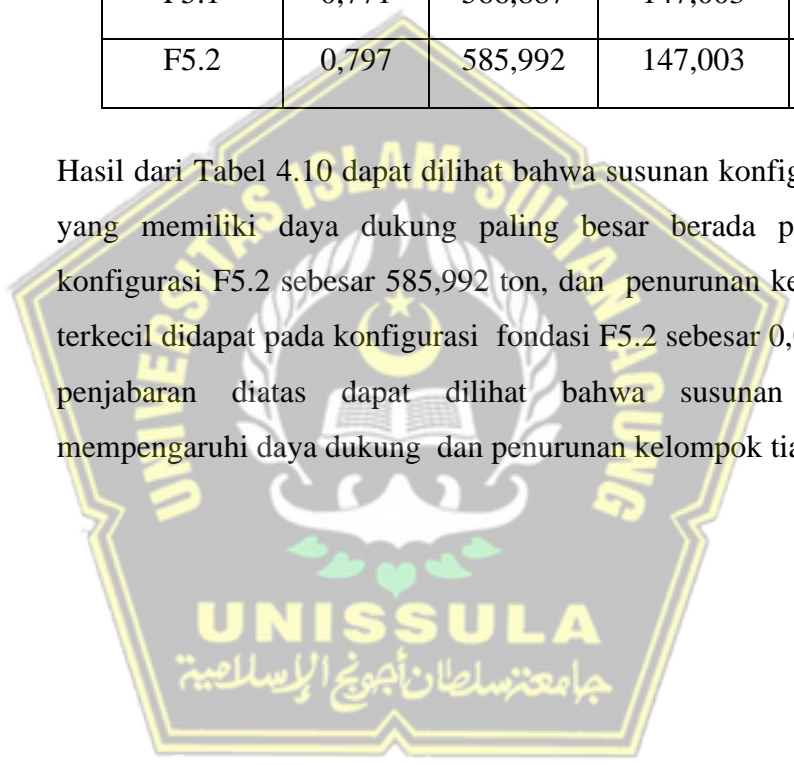
Hasil perhitungan penurunan elastis tiang kelompok metode *vesic 1977* yang terjadi pada fondasi F5.2 yang direncanakan sebesar 34,320 mm

Berikut adalah Tabel perhitungan efisiensi dan penurunan pada fondasi F5 serta variasinya dapat dilihat pada Tabel 4.10

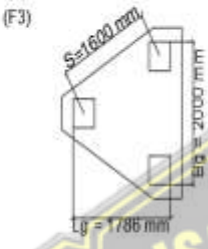
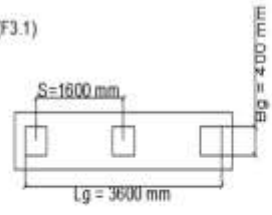
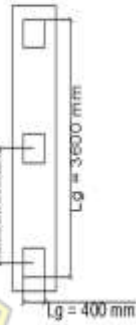
Tabel 4. 10 Hasil perbandingan konfigurasi 5 tiang

Konfigurasi 5 tiang	Efisiensi Tiang (Eg)	Daya dukung kelompok (Qall) (ton)	Daya dukung ijin Kelompok (Qallowed) (ton)	Penurunan kelompok (Sg) (m)
F5	0,792	582,171	147,003	0,0432
F5.1	0,771	566,887	147,003	0,0411
F5.2	0,797	585,992	147,003	0,0343

Hasil dari Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa susunan konfigurasi 5 tiang yang memiliki daya dukung paling besar berada pada susunan konfigurasi F5.2 sebesar 585,992 ton, dan penurunan kelompok (Sg) terkecil didapat pada konfigurasi fondasi F5.2 sebesar 0,0343 m. Dari penjabaran diatas dapat dilihat bahwa susunan konfigurasi mempengaruhi daya dukung dan penurunan kelompok tiang.



**4.10.2 Konfigurasi Fondasi Dengan Beban Paling Ringan Serta Variasi Konfigurasi Yang Direncanakan**

Jumlah Tiang	Konfigurasi Tiang yang direncanakan	Variasi Konfigurasi Tiang yang direncanakan
(1)	(2)	(3)
(F3)		 

Gambar 4. 28 tiang dan variasi konfigurasi F3 yang direncanakan

**1. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Converse-Labrare***

Untuk mencari perhitungan efisiensi tiang kelompok digunakan rumus dengan metode *Converse-Labarare* Persamaan (2.26)

- **Pondasi F3**

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

Diketahui :

P = 213,746 ton

s = 1600 mm = 1,6 m

d = 40 cm = 0,4 m

m = 2



$$n = 3$$

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1} (d/s) \\ &= \theta \tan^{-1} (0,4/1,6) \\ &= 14,036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_g &= 1 - \left( \frac{(2-1)^3 + (3-1)^2}{90 \times 2 \times 3} \right) \times 14,036 \\ &= 0,818\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{all} \text{ (group)} &= n \times Q_{allowed} \times E_g \\ &= 3 \times 147,003 \times 0,818 \\ &= 360,766 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$Q_{all} \text{ (group)} > P = 360,766 \text{ ton} > 213,746 \text{ ton (Oke)}$$

## 2. Perhitungan Penurunan Elastis Pada Kelompok (*Group Pile*) Pada Konfigurasi Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Vesic* (1977)

Untuk mencari perhitungan penurunan elastis pada fondasi tiang kelompok maka dapat digunakan rumus dengan metode *Vesic* (1977) Persamaan (2.24)

### - Fondasi F3

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

Diketahui :

$$\begin{aligned}S_e &= (S_{e1}) + (S_{e2}) + (S_{e3}) \\ &= 0,0106 + 0,003 + 0,0017 \\ &= 0,01535 \text{ m}\end{aligned}$$

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

$$D = 0,4$$

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

$$= 0,01535 \times \sqrt{\frac{2}{0,4}}$$

$$= 0,0343 \text{ m}$$

$$= 34,320 \text{ mm}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada fondasi F3 yang direncanakan adalah 34,320 mm.

**a. Konfigurasi Fondasi Variasi F3.1 Yang Direncanakan**

**1. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Converse-Labrare***

Untuk mencari perhitungan efisiensi tiang kelompok digunakan rumus dengan metode *Converse-Labarare* Persamaan (2.26)

**- Fondasi F3.1**

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

Diketahui :

$$P = 213,746 \text{ ton}$$

$$s = 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$$

$$d = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$m = 3$$

$$n = 1$$

$$\theta = \tan^{-1} (d/s)$$

$$= \theta \tan^{-1} (0,4/1,6)$$

$$= 14,036$$

$$E_g = 1 - \left( \frac{(3-1)1 + (1-1)3}{90 \times 3 \times 1} \right) \times 14,036$$

$$= 0,896$$

$$Q_{all} (\text{group}) = n \times Q_{allowed} \times E_g$$

$$= 3 \times 147,003 \times 0,896$$

$$= 395,155 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (\text{group}) > P = 395,155 \text{ ton} > 213,746 \text{ ton (Oke)}$$

## 2. Perhitungan Penurunan Elastis Pada Kelompok (*Group Pile*) Pada Konfigurasi Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Vesic* (1977)

Untuk mencari perhitungan penurunan elastis pada fondasi tiang kelompok maka dapat digunakan rumus dengan metode *Vesic* (1977) Persamaan (2.24)

### - Fondasi F3.1

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

Diketahui :

$$\begin{aligned} S_e &= (S_{e1}) + (S_{e2}) + (S_{e3}) \\ &= 0,0106 + 0,003 + 0,0017 \\ &= 0,01535 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B_g = 0,4 \text{ m}$$

$$D = 0,4$$

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

$$\begin{aligned} &= 0,01535 \times \sqrt{\frac{0,4}{0,4}} \\ &= 0,0153 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 15,348 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan penurunan elastis tiang kelompok metode *vesic* 1977 yang terjadi pada fondasi F3.1 yang direncanakan sebesar 15,348 mm.

b. **Konfigurasi Fondasi Variasi F3.2 Yang Direncanakan**

**1. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Converse-Labrare***

Untuk mencari perhitungan Efisiensi tiang kelompok digunakan rumus dengan metode *Converse-Labarare* Persamaan (2.26)

- **Fondasi F3.2**

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

Diketahui :

$$P = 213,746 \text{ ton}$$

$$s = 1600 \text{ mm} = 1,6 \text{ m}$$

$$d = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$m = 1$$

$$n = 3$$

$$\theta = \tan^{-1} (d/s)$$

$$= \theta \tan^{-1} (0,4/1,6)$$

$$= 14,036$$

$$Eg = 1 - \left( \frac{(1-1)3 + (3-1)1}{90 \times 1 \times 3} \right) \times 14,036$$

$$= 0,896$$

$$Q_{all} (\text{group}) = n \times Q_{allowed} \times Eg$$

$$= 3 \times 147,003 \times 0,896$$

$$= 395,155 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (\text{group}) > P = 395,155 \text{ ton} > 213,746 \text{ ton (Oke)}$$

## 2. Perhitungan Penurunan Elastis Pada Kelompok (*Group Pile*) Pada Konfigurasi Yang Direncanakan Menggunakan Metode *Vesic* (1977)

Untuk mencari perhitungan penurunan elastis pada fondasi tiang kelompok maka dapat digunakan rumus dengan metode *Vesic* (1977) Persamaan (2.24)

### - Fondasi F3.2

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

Diketahui :

$$\begin{aligned} S_e &= (S_{e1}) + (S_{e2}) + (S_{e3}) \\ &= 0,0106 + 0,003 + 0,0017 \\ &= 0,01535 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B_g = 3,6 \text{ m}$$

$$D = 0,4$$

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

$$= 0,01535 \times \sqrt{\frac{3,6}{0,4}}$$

$$= 0,0460 \text{ m}$$

$$= 46,044 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan penurunan elastis tiang kelompok metode *vesic* 1977 yang terjadi pada fondasi F3.2 yang direncanakan sebesar 46,044 mm

Berikut adalah Tabel perhitungan efisiensi dan penurunan pada fondasi F3 serta variasinya dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4. 11 Hasil perbandingan konfigurasi 3 tiang

Konfigurasi 3 tiang	Efisiensi Tiang (Eg)	Daya Dukung Kelompok (Qall) (ton)	Daya Dukung Ijin Kelompok (Qallowed) (ton)	Penurunan Kelompok (Sg) (m)
F3	0,922	406,618	147,003	0,0343
F3.1	0,896	395,155	147,003	0,0153
F3.2	0,896	395,155	147,003	0,0460

Hasil dari Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa susunan konfigurasi 3 tiang yang memiliki daya dukung paling besar berada pada susunan konfigurasi F3 sebesar 406,618 ton, dan penurunan kelompok (Sg) terkecil didapat pada konfigurasi fondasi F3.1 sebesar 0,0153 m. Dari penjabaran diatas dapat dilihat bahwa susunan konfigurasi mempengaruhi daya dukung dan penurunan kelompok tiang.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Kajian Efisiensi Grup Tiang Terhadap Penurunan Daya Dukung Dan Konfigurasi Fondasi Tiang Pancang (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Dan Dekanat Fakultas Kedokteran Gigi Unissula)” mendapatkan hasil sebagai berikut:

1. Pembebanan tiang konfigurasi paling berat, sedang, dan kecil didapatkan pada perhitungan program SAP 2000 V.20. Hasil pembebanan terbesar diperoleh pada susunan konfigurasi P7 dengan beban 909,019 ton, pembebanan sedang diperoleh pada susunan konfigurasi P4 dengan beban 565,311 ton dan pembebanan paling kecil pada susunan konfigurasi P3 dengan beban 213,746 ton.
2. Hasil perhitungan daya dukung fondasi dan penurunan diperoleh dengan mempertimbangkan faktor- faktor antara lain; diameter fondasi (40 cm), kedalaman fondasi (45 m), bentuk fondasi, kemiringan beban dan nilai NSPT. Sehingga diperoleh nilai daya dukung 67,328 ton serta penurunan terkecil pada fondasi F8 terdapat pada variasi fondasi F8.1 dengan nilai 0,0343 m, fondasi F5 pada variasi F5.2 sebesar 0,0343 m, dan fondasi F3 pada variasi F3.1 sebesar 0,0153 m.
3. Pengaruh susunan konfigurasi tiang pancang kelompok terhadap daya dukung tiang, dipengaruhi oleh besarnya nilai efisiensi tiang ( $E_g$ ). Besarnya nilai efisiensi tiang ( $E_g$ ) dalam suatu kelompok tiang tersebut dipengaruhi oleh : susunan tiang, jumlah baris tiang ( $m$ ), jumlah tiang dalam satu baris ( $n$ ), serta jarak tiang ( $s$ ). Semakin besar nilai efisiensi tiang kelompok artinya semakin baik karena semakin kecil pula nilai penurunan kelompok yang dihasilkan.

## 5.2 Saran

Penulisan laporan tugas akhir ini jauh dari kata sempurna karena masih memiliki banyak kekurangan, salah kata, dan lain sebagainya. Saran penulis untuk refrensi tugas akhir mengenai kajian efisiensi grup tiang selanjutnya adalah :

1. Dalam kajian konfigurasi fondasi ini terdapat keterbatasan data sehingga perhitungan perencanaan konfigurasi fondasi perlu dikaji ulang.
2. Perhitungan daya dukung dan penurunan baik secara manual maupun program merupakan sebuah prediksi sehingga perlu disesuaikan dengan kondisi lapangan
3. Pada kajian konfigurasi fondasi ini diperlukan pengalaman dan keterampilan sehingga didapatkan hasil yang baik.





## DAFTAR PUSTAKA

- Buku Ajar Dan Panduan, 2021 Template Laporan Tugas Akhir. Universitas Islam Sultan Agung, Semarang
- Bashori, Eka Priadi, Abu Bakar. Kajian Efisiensi Pada Kelompok Tiang Dengan Konfigurasi 4 x 4 menggunakan *Elastis Plastis, metode Mazurkiewich, metode Chin* Jurnal Prodi Teknik Sipil FT.Universitas Tanjungpura Pontianak
- Eka priadi., Aprianto,M.Sc. 2017. Kajian Efisiensi Pada Kelompok Tiang Dengan Konfigurasi 2 X 2 menggunakan *metode converse – Labarre, metode Feld dan Seiler- Keene*. Jurnal Prodi Teknik Sipil FT.UNTAN
- Fakhri Yuflih, 2017. Analisis Perbandingan Penggunaan Fondasi Antara Tiang Pancang Dengan Bored Pile Proyek Pembangunan Gedung Dekanat Universitas Wahid Hasyim Semarang, Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, Semarang
- Guardiana, 2017. Perencanaan Fondasi *Spun Pile* Pada Arus Hotel Semarang, Universitas Islam Sultan Agung. Semarang
- Hardiyatmo, H.C. 2002. Mekanika Tanah I, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2014. Analisis dan perencanaan Fondasi I. Yogyakarta:Gramedia PustakaUtama.
- Hardiyatmo, H.C. 2014. Analisis dan perencanaan Fondasi II. Yogyakarta:Gramedia PustakaUtama.
- Hendi Kurniawan 2013 Analisis Rembesan Pada Timbunan Akibat Banjir Pada Aplikasi Geostudio 2004. Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Agung

- Kartika Meidiana Hanifah. 2018. Analisis Faktor Efisiensi Dan Perilaku Kelompok Tiang Akibat Beban Lateral Menggunakan *Metode Finite Difference* Dan Metode Elemen Hingga Program Studi Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Martini. Mektek, 2009 Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi Dengan Beberapa Metode. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Palu
- Mayerhoff, G.G., 1976, *Proceeding ASCE* Vol. 102, American Society Of Civil Engginering,1976.
- Provinsi Jawa Tengah, Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Standar Nasional Indonesia. SNI 1727 -2012. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung
- Standar Nasional Indonesia. SNI 1727 -2013. 2013. Tentang Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain
- Standar Nasional Indonesia. SNI 1726 -2019. 2019. Tentang Kategori risiko bangunan dan non gedung untuk beban gempa
- Tamara, 2017. Analisis Konfigurasi Tiang Pancang Kelompok Terhadap Daya Dukung Dan Penurunan Tiang. Jurnal studi kasus proyek pembangunan RSUD Depati Hamzah Kota Pangkalpinang. Jurusan Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung
- Wicaksono, Pratama Sudrajat Dan Prabowo, Riko Nandang 2021. Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Fondasi Tiang Pada Tanah Lunak Madukoro, Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, Semarang