

TUGAS AKHIR

**PENGARUH KONFIGURASI KELOMPOK PONDASI TIANG PADA
GEDUNG STRUKTUR BAJA
(STUDI KASUS GEDUNG UNIVERSITAS 8 LANTAI DI
SEMARANG)**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Rani Nurul Wijayanti

NIM : 30202100248

Widya Dian Mayangsari

NIM : 30202100252

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

2023

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH KONFIGURASI KELOMPOK PONDASI TIANG PADA GEDUNG STRUKTUR BAJA (STUDI KASUS GEDUNG UNIVERSITAS 8 LANTAI DI SEMARANG)



Rani Nurul Wijayanti
NIM : 30202100248



Widya Dian Mayangsari
NIM : 30202100252

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 28 Januari 2023

Tim Penguji

1. **Lisa Fitriyana, S.T., M.Eng.**
NIDN: 0631128901
2. **Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**
NIDN: 0625059102
3. **Selvia Agustina, S.T., M.Eng**
NIDN: 0609099001

Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 28 / A.2 / SA – T / I / 2023

Pada hari ini Selasa tanggal 17-01-2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II :

1. Nama : Lisa Fitriyana, S.T, M.Eng.
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing I
2. Nama : Muhamad Rusli Ahyar, S.T, M.Eng.
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing II

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

Rani Nurul Wijayanti
NIM : 30202100248

Widya Dian Mayangsari
NIM : 30202100252

Judul : Pengaruh Konfigurasi Kelompok Pondasi Tiang Pada Gedung Struktur Baja (Studi Kasus Gedung Universitas 8 Lantai di Semarang)

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	29/09/2022	
2	Seminar Proposal	17/11/2022	ACC
3	Pengumpulan data	05/10/2022	
4	Analisis data	11/10/2022	
5	Penyusunan laporan	12/10/2022	
6	Selesai laporan	28/01/2023	ACC

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

Dosen Pembimbing I


Lisa Fitriyana, S.T, M.Eng.

Dosen Pembimbing II


Muhamad Rusli Ahyar, S.T, M.Eng.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 28 / A.2 / SA – T / I / 2023

Pada hari ini Selasa tanggal 17-01-2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II :

1. Nama : Lisa Fitriyana, S.T, M.Eng.
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing I
2. Nama : Muhamad Rusli Ahyar, S.T, M.Eng.
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing II

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

Rani Nurul Wijayanti
NIM : 30202100248

Widya Dian Mayangsari
NIM : 30202100252

Judul : Pengaruh Konfigurasi Kelompok Pondasi Tiang Pada Gedung Struktur Baja (Studi Kasus Gedung Universitas 8 Lantai di Semarang)

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	29/09/2022	ACC
2	Seminar Proposal	17/11/2022	
3	Pengumpulan data	05/10/2022	
4	Analisis data	11/10/2022	
5	Penyusunan laporan	12/10/2022	
6	Selesai laporan	28/01/2023	

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

Dosen Pembimbing I


Lisa Fitriyana, S.T, M.Eng.

Dosen Pembimbing II


Muhamad Rusli Ahyar, S.T, M.Eng.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Rani Nurul Wijayanti

NIM : 30202100248

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

Pengaruh Konfigurasi Kelompok Pondasi Tiang Pada Gedung Struktur Baja (Studi Kasus Gedung Universitas 8 Lantai di Semarang) 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, 28 / 01 / 2023

Yang membuat pernyataan,



Rani Nurul Wijayanti

NIM : 30202100248

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Widya Dian Mayangsari

NIM : 30202100252

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

Pengaruh Konfigurasi Kelompok Pondasi Tiang Pada Gedung Struktur Baja (Studi Kasus Gedung Universitas 8 Lantai di Semarang) 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, 28 / 01 / 2023

Yang membuat pernyataan,



Widya Dian Mayangsari

NIM : 30202100252

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Rani Nurul Wijayanti
NIM : 30202100248
JUDUL TUGAS AKHIR : Pengaruh Konfigurasi Kelompok Pondasi
Tiang Pada Gedung Struktur Baja (Studi
Kasus Gedung Universitas 8 Lantai di
Semarang)

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, 28 / 01 / 2023

Yang membuat pernyataan,



Rani Nurul Wijayanti

NIM : 30202100248

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Widya Dian Mayangsari
NIM : 30202100252
JUDUL TUGAS AKHIR : Pengaruh Konfigurasi Kelompok Pondasi
Tiang Pada Gedung Struktur Baja (Studi
Kasus Gedung Universitas 8 Lantai di
Semarang)

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, 28 / 01 / 2023

Yang membuat pernyataan,



Widya Dian Mayangsari

NIM : 30202100252

MOTTO

Rani Nurul Wijayanti

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Artinya, “Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.” (Q.S. Al-Insyirah : 6)

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا لَهَا مَا كَسَبَتْ وَعَلَيْهَا مَا اكْتَسَبَتْ رَبَّنَا لَا تُؤَاخِذْنَا إِنْ نَسِينَا أَوْ أَخْطَأْنَا رَبَّنَا وَلَا تَحْمِلْ عَلَيْنَا إصْرًا كَمَا حَمَلْتَهُ عَلَى الَّذِينَ مِنْ قَبْلِنَا رَبَّنَا وَلَا تُحْمِلْنَا مَا لَا طَاقَةَ لَنَا بِهِ وَاعْفُ عَنَّا وَاعْفُ لَنَا وَارْحَمْنَا أَنْتَ مَوْلَانَا فَانصُرْنَا عَلَى الْقَوْمِ الْكَافِرِينَ

Artinya: “Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Ia mendapat pahala (dari kebajikan) yang diusahakannya dan ia mendapat siksa (dari kejahatan) yang dikerjakannya. (Mereka berdoa): “Ya Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kami lupa atau kami tersalah. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau bebankan kepada kami beban yang berat sebagaimana Engkau bebankan kepada orang-orang sebelum kami. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tak sanggup kami memikulnya. Beri maafilah kami; ampunilah kami; dan rahmatilah kami. Engkaulah Penolong kami, maka tolonglah kami terhadap kaum yang kafir”. (Q.S. Al-Baqarah : 286)

"Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu." (Umar bin Khattab)

حَسْبُنَا اللَّهُ وَنِعْمَ الْوَكِيلُ نِعْمَ الْمَوْلَى وَنِعْمَ النَّصِيرُ

Artinya : Cukuplah bagi kami Allah, sebaik-baiknya pelindung dan sebaik-baiknya penolong kami.

“Tenang aja, walaupun di dunia ini mamah sama bapak udah ga ada, aku masih punya Allah SWT”.

MOTTO

Widya Dian Mayangsari

“Mensyukuri segala nikmat dan karunia yang telah diberikan oleh Allah untuk kita.”



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Konfigurasi Kelompok Pondasi Tiang Pada Gedung Struktur Baja (Studi Kasus Gedung Universitas 8 Lantai di Semarang)”.

Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Mamah sama Bapak yang udah pergi ninggalin saya untuk selama lamanya.
2. Adik dan keluarga saya.
3. Terimakasih kepada diri saya sendiri karena masih bertahan hingga saat ini walau dunia saya sudah hancur berkali kali.
4. Widya partner TA saya.
5. Sahabat sahabat saya Dona, Rikza, Rifka.
6. Bu Lisa cantik dosen pembimbing I saya.
7. Pak Rusli baik hati dosen pembimbing II saya.
8. Padosen ganteng tapi boong.
9. Es batu yang menyebalkan tapi penyemangatku.
10. Terimakasih juga buat mantan saya yang nganter saya daftar di UNISSULA tapi ditengah jalan malah cintanya kandas. Tapi sudah saya buktikan bisa lulus tepat waktu dan bahagia. Wkwkwkwk.
11. Terimakasih atas semua nya, senang, sedih, bangkit, terpuruk, bahagia, maupun keadaan penuh air mata selama saya menyelesaikan kuliah S-1 Teknik Sipil saya di UNISSULA.

Rani Nurul Wijayanti

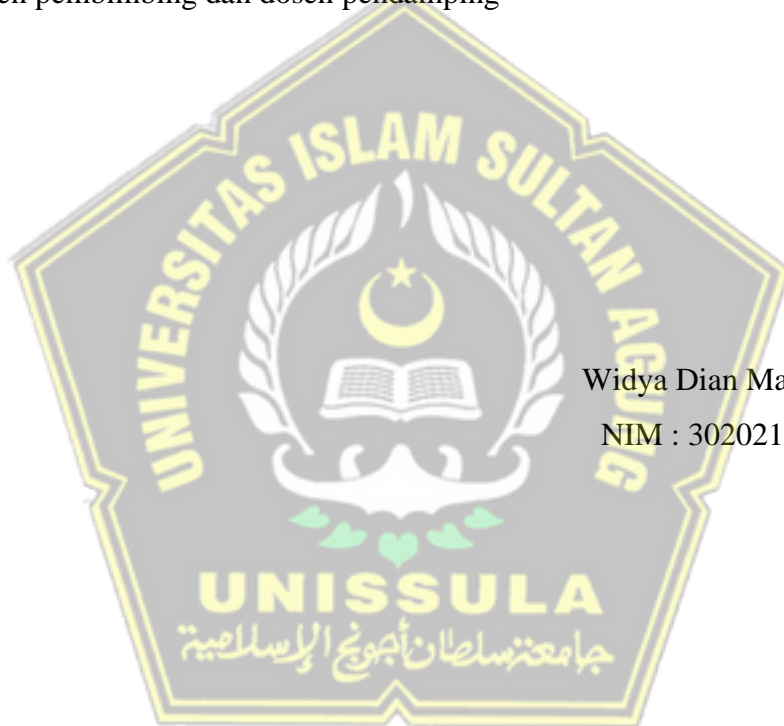
NIM : 30202100248

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Konfigurasi Kelompok Pondasi Tiang Pada Gedung Struktur Baja (Studi Kasus Gedung Universitas 8 Lantai di Semarang)”.

Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Keluarga, mas dan keponakan – keponakanku
2. Rani partner TA yang selalu paling rajin
3. Dosen pembimbing dan dosen pendamping



Widya Dian Mayangsari
NIM : 3020210025

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Konfigurasi Kelompok Pondasi Tiang Pada Gedung Struktur Baja (Studi Kasus Gedung Universitas 8 Lantai di Semarang)” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ucapan terima kasih diurutkan dari yang memiliki jabatan tertinggi hingga yang paling rendah. Contohnya bisa dilihat sebagai berikut.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, S.T, M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Ibu Lisa Fitriyana, S.T, M.Eng. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan dorongan dalam penulisan skripsi ini.
4. Ibu Lisa Fitriyana, S.T, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, S.T, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
ABSTRAK	xx
ABSTRACT	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1. Struktur Bangunan.....	5
2.1.1. Klasifikasi Struktur.....	5
2.1.2. Pengertian Konstruksi.....	6
2.1.3. Klasifikasi Konstruksi.....	6
2.1.4. Jenis-jenis Bangunan	6
2.2. Spesifikasi Struktur Bangunan Gedung Bertingkat.....	7

2.2.1. Klasifikasi sistem konstruksi diantaranya:	7
2.2.2. Struktur dan Pembebanannya	8
2.2.3. Beban Hidup	9
2.2.4. Beban Mati.....	16
2.2.5. Beban Angin	17
2.2.6. Beban Gempa.....	17
2.2.6.1. Kategori Resiko Bangunan Gedung Untuk Beban Gempa.....	18
2.2.6.2. Kombinasi Beban.....	21
2.2.6.3. Kombinasi Beban untuk Metode Tegangan Izin.....	22
2.2.6.4. Prosedur Klasifikasi Situs untuk Desain Seismik	23
2.2.6.5. Parameter Percepatan Tanah S_S dan S_1	24
2.2.6.6. Parameter Respon Spektra Percepatan S_{MS} dan S_{M1}	26
2.2.6.7. Parameter Percepatan Spektral Desain.....	27
2.2.6.8. Spektrum Respon Desain.....	27
2.3. Bangunan Bertingkat Struktur Baja.....	28
2.3.1. Sifat Material Baja.....	29
2.4. Pengertian Pondasi	30
2.5. Pondasi Tiang Pancang.....	30
2.5.1. Korelasi N_{spt} untuk Mendapatkan Nilai Parameter Fisis Tanah Lainnya	30
2.6. Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Metode Mayerhoff (1956)	31
2.6.1. Daya Dukung Ujung Pondasi (Q_p).....	31
2.6.2. Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)	31
2.6.3. Daya Dukung <i>Ultimit</i> (Q_u).....	32
2.6.4. Daya Dukung yang Dijinkan (<i>Qallowed</i>).....	32
2.7. Daya Dukung <i>Lateral</i> Metode Broms (1964)	32
2.7.1. Daya Dukung Tiang Pancang Grup.....	32
2.7.2. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Metode <i>Converse-labrare equation</i>	33
2.7.3. Penurunan Elastis Pada Pondasi Spun Pile Tiang Tunggal Menggunakan Metode <i>Vesic (1977)</i>	33
BAB III METODOLOGI.....	35
3.1. Pengumpulan Data.....	35
3.2. Standar yang digunakan dan metode yang digunakan	35

3.3. <i>Flowchart</i> Analisis dan Perhitungan	35
3.3.1. <i>Flowchart</i> Perencanaan Struktur dan Pondasi	36
3.4. Analisis dan Perhitungan.....	37
3.5. Analisis dan Tanah	37
3.6. Menghitung Daya Dukung Tanah untuk tiang pancang.....	37
3.7. Menghitung Jumlah dan Dimensi Pondasi Tiang yang dibutuhkan.....	37
3.8. Merencanakan Konfigurasi Tiang	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1. Diskripsi Umum Bangunan	41
4.2. Asumsi yang digunakan	41
4.3. Peraturan dan Standar Perencanaan.....	41
4.4. <i>Material Properties</i>	42
4.5. <i>Preliminary Design</i>	42
4.5.1. Permodelan Struktur	42
4.5.2. Kolom	43
4.5.3. Balok.....	43
4.5.4. Pelat	43
4.5.5. Dinding	43
4.6. Pembebanan Struktur.....	44
4.6.1. Beban Gravitasi.....	44
4.6.2. Beban Gempa pada Struktur.....	45
4.6.3. Kombinasi Pembebanan	51
4.7. Analisa Hasil Perencanaan	56
4.7.1. Perhitungan Periode Getar	57
4.7.2. Koefisien Respon Seismik (Cs)	57
4.7.3. Gaya geser dasar seismik.....	58
4.7.4. Distribusi Vertikal Gaya Gempa.....	58
4.7.5. Rasio Struktur	59
4.7.6. Hasil Pembebanan Dari SAP2000	60
4.8. Analisa Perhitungan Pondasi Tiang Pancang.....	60
4.8.1. Daya Dukung Aksial Pondasi Satu Tiang (<i>Single Pile</i>)	60
4.8.2. Metode Meyerhoff (1956)	61
4.8.3. Daya Dukung <i>Lateral Metode Broms (1964)</i>	63

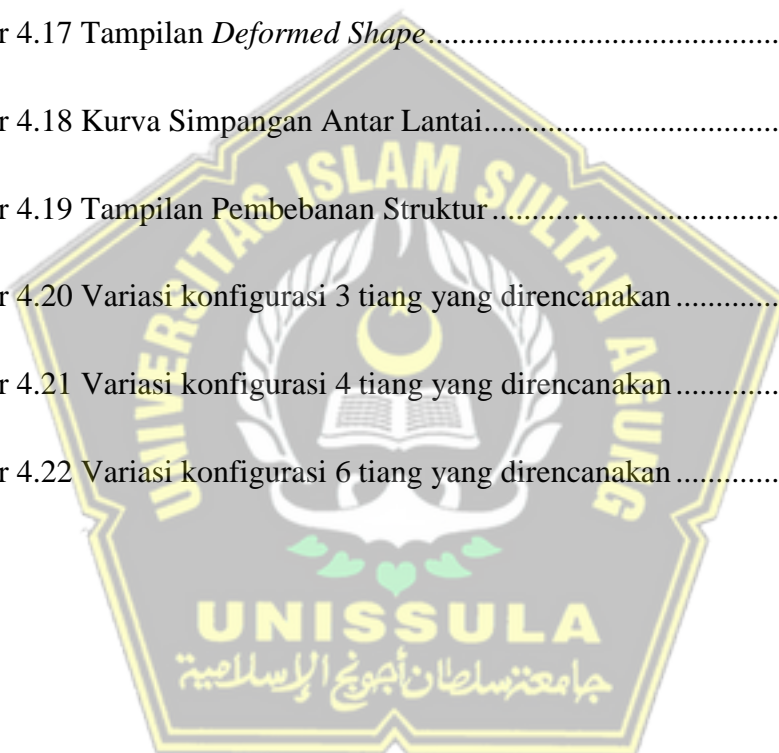
4.8.4. Daya Dukung Pondasi Tiang (<i>Group Pile</i>)	65
4.8.5. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Metode <i>Converse-labrare equation</i>	66
4.8.6. Penurunan Elastis Pada Pondasi Spun Pile Tiang Tunggal Menggunakan Metode <i>Vesic (1977)</i>	67
4.9. Analisa Perencanaan Konfigurasi Pondasi Keompok Tiang.....	69
4.9.1. Variasi Konfigurasi Pondasi 3 Tiang Konfigurasi Yang Direncanakan	69
4.9.2. Variasi Konfigurasi Pondasi 4 Tiang Konfigurasi Yang Direncanakan	74
4.9.3. Variasi Konfigurasi Pondasi 6 Tiang Konfigurasi Yang Direncanakan	80
BAB V KESIMPULAN.....	88
5.1. Kesimpulan.....	88
5.2. Saran	89
DAFTAR PUSTAKA.....	90



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Struktur Bangunan Tinggi	8
Gambar 2.2 Struktur Rangka pada Gedung Bertingkat	9
Gambar 2.3 Beban Mati pada Bangunan Gedung Bertingkat.....	17
Gambar 2.4 Pembagian Zona Gempa di Indonesia.....	18
Gambar 2.5 Parameter gerak tanah S_s	25
Gambar 2.6 Parameter gerak tanah, S_1	25
Gambar 2.7 Peta transisi periode panjang, TL, wilayah Indonesia.....	26
Gambar 2.8 Spektrum Respons Desain.....	28
Gambar 2.9 Stok profil baja buatan pabrik	29
Gambar 4.1 Denah <i>Pile Cap</i>	41
Gambar 4.2 Pemodelan Struktur Gedung	42
Gambar 4.3 Tampilan <i>Define Load Patterns</i>	46
Gambar 4.4 Tampilan <i>Define Load Patterns Q_x</i>	47
Gambar 4.5 Tampilan <i>Define Load Patterns Q_y</i>	47
Gambar 4.6 Tampilan <i>Define Response Spectrum</i>	50
Gambar 4.7 Tampilan <i>Response Spectrum Function Definition</i>	50
Gambar 4.8 Tampilan <i>Response Spectrum Function Definition</i>	51
Gambar 4.9 Tampilan <i>Define Load Combination</i>	52
Gambar 4.10 Tampilan <i>Load Combination Data</i>	53

Gambar 4.11 Tampilan <i>Define Load Cases</i>	53
Gambar 4.12 Tampilan <i>Load Case Data – Response Spectrum</i>	54
Gambar 4.13 Tampilan <i>Load Case Data – Response Spectrum</i>	54
Gambar 4.14 Tampilan <i>Area Uniform Loads to Frame</i>	55
Gambar 4.15 Tampilan <i>Area Uniform Loads to Frames</i>	55
Gambar 4.16 Tampilan <i>Select Load Case to Run</i>	56
Gambar 4.17 Tampilan <i>Deformed Shape</i>	56
Gambar 4.18 Kurva Simpangan Antar Lantai	59
Gambar 4.19 Tampilan Pembebanan Struktur	60
Gambar 4.20 Variasi konfigurasi 3 tiang yang direncanakan	70
Gambar 4.21 Variasi konfigurasi 4 tiang yang direncanakan	75
Gambar 4.22 Variasi konfigurasi 6 tiang yang direncanakan	81



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beban Hidup pada Lantai.....	9
Tabel 2.2 Koefisien Reduksi Beban Hidup.....	11
Tabel 2.3 Beban Minimum SNI 1727:2013	12
Tabel 2.4 Intensitas Beban Mati.....	16
Tabel 2.5 Kategori Risiko Bangunan Gedung untuk Beban Gempa	19
Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gempa	21
Tabel 2.7 Klasifikasi Situs	23
Tabel 2.8 Koefisien Situs F_a	26
Tabel 2.9 Koefisien Situs F_v	27
Tabel 2. 10 Korelasi N_{spt}	30
Tabel 4. 1 Material yang digunakan.....	42
Tabel 4.2 Ketentuan ketebalan pelat	43
Tabel 4.3 Dimensi Pelat	43
Tabel 4. 4 Klasifikasi Kelas Situs Tanah	48
Tabel 4.5 Perhitungan SDs.....	48
Tabel 4. 6 Periode Waktu.....	49
Tabel 4. 7 Koefisien C_t dan α	57
Tabel 4. 8 Modal Participating Mass Ratios	57
Tabel 4. 9 Perbandingan Periode Getar.....	57

Tabel 4. 10 Koefisien Respon Seismik	58
Tabel 4. 11 Gaya Geser Dasar Statis dan Dinamis	58
Tabel 4.12 Tabel Analisa Distribusi Gempa Simpangan Antar Lantai.....	58
Tabel 4.13 Rasio Struktur Hasil SAP2000.....	59
Tabel 4. 14 Hasil perbandingan konfigurasi 3 tiang	74
Tabel 4. 15 Hasil perbandingan konfigurasi 4 tiang	80
Tabel 4. 16 Hasil perbandingan konfigurasi 6 tiang	87



PENGARUH KONFIGURASI KELOMPOK PONDASI TIANG PADA GEDUNG STRUKTUR BAJA

ABSTRAK

Redesign Gedung Universitas 8 Lantai di Semarang ini bertujuan untuk dapat merencanakan struktur atas bangunan menggunakan struktur baja, yang meliputi Kolom, Balok, dan Plat. Material baja di pilih selain memiliki sifat daktilitas yang tinggi juga sebagai inovasi baru karena pembangunan gedung bertingkat di Indonesia umumnya menggunakan material beton bertulang. Dan untuk struktur bawahnya dilakukan analisa pengaruh konfigurasi kelompok pondasi tiang. Analisa pondasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konfigurasi kelompok pondasi tiang terhadap daya dukung dan penurunan tiang.

Program yang digunakan untuk menghitung perencanaan struktur baja menggunakan SAP2000 v14.0.0 dan *Microsoft Excel 2010* serta alat program bantu untuk menggambar variasi pondasi menggunakan AutoCAD 2010. Perencanaan pembebanan untuk gedung menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung SNI 1727:2020. Analisis beban gempa pada perencanaan struktur atas menggunakan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan dan *Non Gedung* SNI-1726-2019. Sedangkan Analisa konfigurasi yang di gunakan yaitu menggunakan perhitungan daya dukung metode *Mayerhof*, dan perhitungan penurunan kelompok tiang menggunakan metode *Vesic*.

Hasil dari perancangan kembali gedung universitas 8 lantai ini adalah menghasilkan kualitas bangunan Gedung struktur baja yang aman sesuai pembebanan dan material profil baja yang digunakan. Dan jenis pondasi yang digunakan yaitu pondasi tiang pancang dengan konfigurasi kelompok tiang variasi 3,4, dan 6 tiang yang akan di peroleh nilai daya dukung dan penurunan tiang nya.

Kata kunci: *struktur baja, konfigurasi pondasi, daya dukung tiang, penurunan tiang.*

EFFECT OF PILE GROUP FOUNDATION ON STEEL STRUCTURE BUILDING

ABSTRACT

The redesign of the 8-storey University Building in Semarang aims to be able to plan the superstructure of the building using steel structures, which include Columns, Beams and Plates. The steel material was chosen in addition to having high ductility as well as being a new innovation because the construction of high-rise buildings in Indonesia generally uses reinforced concrete materials. And for the lower structure, an analysis of the influence of the configuration of the pile foundation groups is carried out. This foundation analysis aims to determine the effect of pile foundation group configuration on bearing capacity and pile settlement.

Program tools for calculating steel structure plans using SAP2000 v14.0.0 and Microsoft Excel 2010 as well as tools for drawing foundation variations using AutoCAD 2010. Loading planning for buildings uses the Indonesian Loading Regulations for Buildings SNI 1727:2020. Earthquake load analysis in superstructure planning uses the SNI-1726-2019 Earthquake Resistance Planning Procedures for Building and Non-Building Structures. Meanwhile, the configuration analysis used is the bearing capacity calculation using the Mayyerhof method, and the pile group settlement calculation is using the Vesic method.

The result of redesigning the 8-storey university building is to produce quality steel structure buildings that are safe according to the loading and steel profile materials used. And the type of foundation used is the pile foundation with the configuration of the pile group variations of 3,4,6, and 8 piles which will get the value of the bearing capacity and the pile settlement.

Keywords: *steel structure, foundation configuration, pile bearing capacity, pile settlement.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di Negara Indonesia gedung bertingkat sangatlah populer karena dinilai lebih efektif dan efisien dengan kondisi saat ini seperti keterbatasan daya guna lahan. Untuk memenuhi faktor kekuatan dan stabilitas pada perancangan struktur gedung indonesia memiliki standar yang menjadi acuan dalam perancangan struktur gedung. Bangunan gedung dengan komponen struktur beton bertulang menggunakan peraturan SNI 2847:2019. Analisis yang digunakan pada tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung mengacu pada SNI 1729:2020. Dan juga menggunakan peraturan gempa SNI 1726:2019 dalam merancang bangunan tahan gempa, dikarenakan wilayah Indonesia masuk dalam *pacific ring of fire*.

Obyek penelitian dari Tugas Akhir ini adalah *Redesign* Gedung Universitas 8 Lantai di Semarang dengan menggunakan struktur baja, yang meliputi Kolom, Balok, dan Plat. Penggunaan struktur baja di pilih karena masih jarang digunakan dan pembangunan gedung bertingkat di Indonesia pada umumnya menggunakan material beton bertulang. Selain itu baja juga memiliki daktilitas yang tinggi yaitu sifat dimana baja dapat mengalami deformasi yang besar dibawah pengaruh tegangan Tarik tanpa hancur atau putus. Sifat daktilitas baja ini mampu mencegah runtuhnya bangunan secara tiba-tiba.

Dan untuk struktur bawahnya dilakukan analisa pengaruh konfigurasi kelompok pondasi tiang. Analisa pondasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konfigurasi kelompok pondasi tiang terhadap daya dukung dan penurunan tiang. Pondasi yang akan di analisa adalah pada pondasi tiang pancang dengan system *group pile*. Tujuan dengan sistem *group pile* antara lain karena tiang tunggal tidak memberikan daya dukung yang cukup. Tekanan lateral yang dihasilkan kelompok tiang lebih besar sehingga daya dukung yang dihasilkan juga lebih besar.

Sistem *group pile* sangat berpengaruh dari perencanaan konfigurasi kelompok pondasi tiang yang paling efektif untuk mendapatkan nilai daya dukung tiang yang tinggi dan penurunan tiang yang rendah. Maka dari itu, pada tugas akhir kali ini di analisa variasi konfigurasi kelompok tiang dengan memodelkan susunan konfigurasi yang berbeda. Sistem variasi konfigurasi kelompok pondasi tiang ini akan direncanakan dengan jumlah tiang pancang yang berbeda yaitu 3, 4, dan 6 tiang.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana perencanaan struktur bangunan gedung dengan menggunakan struktur baja berdasarkan SNI – 03 – 1729 - 2002?
2. Bagaimana perencanaan struktur atas bangunan Gedung struktur baja yang meliputi balok, kolom, dan plat?
3. Bagaimana pengaruh konfigurasi kelompok pondasi tiang terhadap daya dukung tiang?
4. Bagaimana pengaruh konfigurasi kelompok pondasi tiang terhadap penurunan tiang?

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah menjadi salah satu mata kuliah wajib yang menjadi syarat untuk menyelesaikan program studi S1 Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung.

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merencanakan struktur bangunan gedung dengan menggunakan struktur baja berdasarkan SNI – 03 – 1729 – 2002
2. Merencanakan struktur atas bangunan gedung struktur baja yang meliputi balok, kolom, dan plat
3. Mengetahui pengaruh konfigurasi kelompok pondasi tiang terhadap daya dukung tiang
4. Mengetahui pengaruh konfigurasi kelompok pondasi tiang terhadap penurunan tiang

1.4. Batasan Masalah

Permasalahan yang menjadi lingkup analisis pada laporan ini sebatas perencanaan struktur bangunan gedung bertingkat 8 lantai dengan menggunakan struktur baja berdasarkan SNI – 03 – 1729 – 2020, merencanakan struktur atas bangunan gedung struktur baja yang meliputi balok, kolom, dan plat, menganalisa pengaruh konfigurasi pondasi tiang pancang kelompok terhadap daya dukung tiang dan menganalisa pengaruh konfigurasi pondasi tiang pancang kelompok terhadap penurunan tiang.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- BAB I : PENDAHULUAN**
Bab ini menerangkan mengenai latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, keaslian penulisan dan sistematika penulisan.
- BAB II : STUDI PUSTAKA**
Bab ini menerangkan tentang perencanaan desain. kriteria desain struktur, analisis gaya-gaya yang bekerja, ketentuan perencanaan pembebanan dan kombinasinya, serta perencanaan desain struktur bawah berdasarkan konfigurasi kelompok pondasi tiang pancang terhadap daya dukung tiang dan penurunan tiang.
- BAB III : METODOLOGI**
Bab ini menerangkan bagian metodologi, indentifikasi permasalahan dan teknik pengolahan data.
- BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**
Bab ini menerangkan mengenai perencanaan struktur bangunan gedung dengan menggunakan struktur baja berdasarkan SNI – 03 – 1729 – 2002, perencanaan struktur atas bangunan gedung yang meliputi balok,

kolom, dan plat, analisa pengaruh konfigurasi pondasi kelompok pondasi tiang terhadap daya dukung tiang dan analisa pengaruh konfigurasi kelompok pondasi tiang terhadap penurunan tiang.

BAB V

: PENUTUP

Bab ini menerangkan mengenai kesimpulan dan saran dari hasil analisis sebelumnya.



BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Struktur Bangunan

Struktur adalah bagian yang menyusun suatu bangunan seperti pondasi, sloof, dinding, kolom, ring balok, kuda-kuda, dan atap. Elemen struktur berfungsi untuk mendukung keberadaan elemen nonstruktur yang meliputi elemen tampak, interior, dan detail arsitektur sehingga membentuk satu kesatuan yang tepat guna dan indah. Selain itu kegunaan struktur bangunan juga meneruskan beban bangunan dari bangunan atas menuju bangunan bawah, lalu menyebarkannya ke tanah asli tempat bangunan itu berdiri.

Berikut bagian dari struktur bangunan antara lain :

1. Struktur bawah adalah bagian bangunan yang letaknya dibawah tanah meliputi pondasi dan sloof.
2. Struktur tengah adalah bagian yang letaknya antara diatas tanah dan dibawah atap seperti dinding, kolom, dan ring balok.
3. Struktur atas yaitu bagian bangunan yang terbentuk memanjang ke atas untuk menopang atap. Struktur atas bangunan antara lain rangka dan kuda-kuda.

Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan yaitu beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban gempa (*earthquake*), dan beban angin (*wind load*) menjadi bahan perhitungan awal dalam perencanaan struktur bangunan Gedung.

2.1.1. Klasifikasi Struktur

Berikut klasifikasi struktur bangunan, diantaranya :

1. Klasifikasi struktur berdasarkan geometri dan bentuk dasarnya :
 - Elemen garis
 - Elemen permukaan
2. Klasifikasi struktur berdasarkan karakteristik kekakuan elemen :
 - Elemen kaku
 - Elemen tidak kaku atau fleksibel

3. Klasifikasi struktur berdasarkan susunan elemen :

- Sistem satu arah
- Sistem dua arah

4. Berdasarkan material pembentuknya di bedakan :

- Struktur kayu
- Struktur baja
- Struktur beton

2.1.2. Pengertian Konstruksi

Konstruksi merupakan keseluruhan bangunan yang terbentuk atas kesatuan struktur. Perancangan konstruksi bangunan yang ideal harus memenuhi syarat kekuatan, kenyamanan, keselamatan, dan umur rencana bangunan.

2.1.3. Klasifikasi Konstruksi

Pengelompokkan konstruksi dalam suatu bangunan antara lain :

1. Konstruksi gedung yaitu konstruksi yang digunakan untuk mendukung manusia dalam memenuhi kebutuhan primer.
2. Konstruksi transportasi ialah konstruksi yang dibuat untuk memenuhi sarana dan prasarana transportasi.
3. Kontruksi air merupakan konstruksi yang dibangun dengan tujuan mengelola air di atas tanah.
4. Konstruksi khusus adalah konstruksi bangunan yang didirikan untuk tujuan khusus.

Ada 5 syarat yang harus dipenuhi dalam pembangunan konstruksi, yaitu: kuat dan awet, fungsional, indah, bersih, dan ekonomis.

2.1.4. Jenis-jenis Bangunan

Bangunan dapat dibedakan menjadi 2 jenis, diantaranya :

1. Bangunan kering, contoh : gedung, rumah, jalan, pabrik, tempat ibadah, dan lain-lain.
2. Bangunan basah, contoh : saluran air, menara air, dermaga, pelabuhan, bendungan, saluran irigasi dan lain sebagainya.

2.2. Spesifikasi Struktur Bangunan Gedung Bertingkat

Fungsi utama dari sistem struktur adalah untuk memikul secara aman dan efektif beban yang bekerja pada bangunan, serta menyalurkannya ke tanah melalui pondasi.

2.2.1. Klasifikasi sistem konstruksi diantaranya:

1. Sistem Struktural

Sistem struktural sebuah bangunan dirancang untuk dapat menyokong dan menyalurkan semua gaya yang bekerja pada bangunan, baik gaya gravitasi maupun gaya beban lateral ke tanah dengan aman tanpa melampaui beban yang diizinkan.

2. Sistem Bangunan

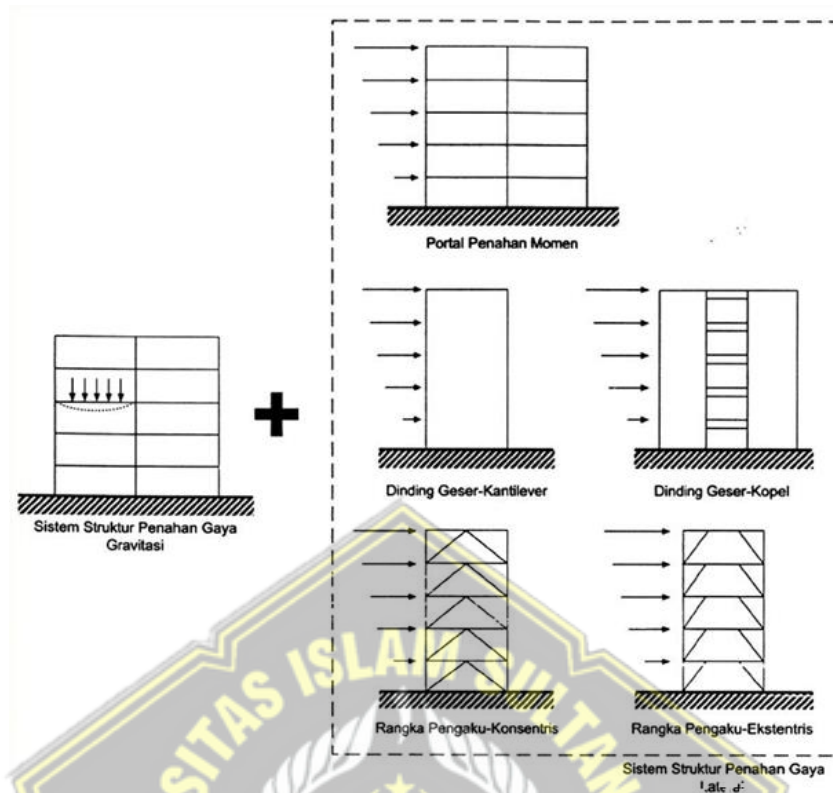
Sistem bangunan dapat didefinisikan sebagai suatu susunan yang saling berhubungan satu sama lain yang membentuk sebuah kesatuan kompleks dan untuk menunjang satu fungsi.

3. Sistem Mekanikal

Sistem mekanikal pada bangunan gedung, diantaranya:

1. Sistem pemasok air
2. Sistem pembuangan air
3. Sistem pemanas, ventilasi, dan AC (*air conditioning*).
4. Sistem elektrik
5. Sistem penerangan, keamanan, dan komunikasi Sistem transportasi vertikal (lift)
6. Sistem kebakaran mendeteksi dan memadamkan api.
7. Sistem pembuangan limbah
8. Sistem daur ulang

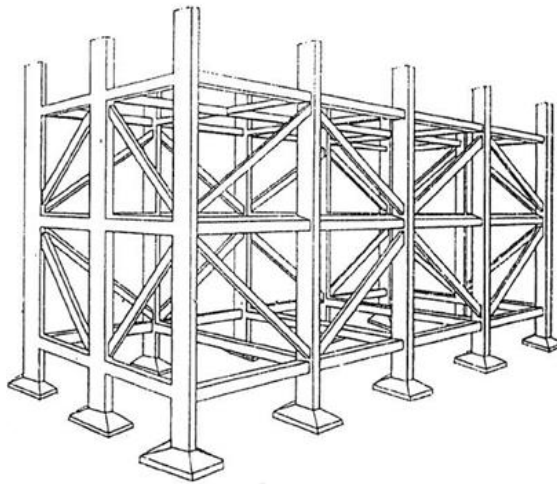
Dalam berbagai sistem struktur pada bangunan gedung, selalu ada komponen (subsistem) yang dapat dikelompokkan dalam sistem yang digunakan untuk menahan gravitasi dan sistem untuk menahan gaya lateral, seperti pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Sistem Struktur Bangunan Tinggi

2.2.2. Struktur dan Pembebanannya

Pekerjaan struktur pada bangunan gedung bertingkat adalah pekerjaan rangka bangunan yang berada di atas pekerjaan pondasi dengan susunan struktur yang terdiri dari kolom, balok, kolom, lantai, dinding dan tangga. Struktur bangunan untuk bangunan gedung bertingkat sederhana umumnya berupa struktur rangka portal yang terdiri dari kolom dan balok yang merupakan rangka yang menjadi satu kesatuan yang kuat, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Struktur Rangka pada Gedung Bertingkat

2.2.3. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung yang termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu. Beban hidup mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap antara lain termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan butiran air yang jatuh.

Tabel 2.1 Beban Hidup pada Lantai

Huruf	Fungsi Lantai	Beban (kg/m^2)
a	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200
b	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang - gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125
c	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel asrama dan rumah sakit	250

d	Lantai ruang olah raga	400
e	Lantai ruang dansa	500
f	Lantai dan balkon-dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam a s/d e, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400
g	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500
h	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam c	300
i	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam d, e, f dan g	500
j	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g	250
k	Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400
l	Lantai gedung parkir bertingkat: - Untuk lantai bawah - Untuk lantai tingkat lainnya	800 400
m	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300

Besarnya koefisien reduksi beban hidup dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Koefisien Reduksi Beban Hidup

Penggunaan Gedung	Untuk Perencanaan Balok Induk dan Portal	Untuk Peninjauan Gempa
Perumahan/Penghunian		
Rumah tinggal, asrama, hotel, rumah sakit	0,75	0,30
Pendidikan		
Sekolah, ruang kuliah	0,90	0,50
Pertemuan umum		
Masjid, gereja, bioskop, restoran, ruang dansa, ruang pagelaran	0,90	0,50
Kantor		
Kantor, bank	0,60	0,30
Perdagangan		
Toko, toserba, pasar	0,80	0,80
Penyimpanan		
Gudang, perpustakaan, ruang arsip	0,80	0,80
Industri		
Pabrik, bengkel	1,00	0,90
Tempat kendaraan		
Garasi, Gedung parker	0,90	0,50
Gang dan tangga		
<ul style="list-style-type: none"> • Perumahan/perhunian • Pendidikan, kantor • Pertemuan umum, perdagangan, penyimpanan, industri, tempat kendaraan 	0,750,75 0,90	0,30 0,50 0,50

Beban merata minimum seperti yang ditetapkan dalam SNI 1727:2013 dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Beban Minimum SNI 1727:2013

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
• Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
• Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan		
• Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79)	
• Lobi	100 (4,79)	
• Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
• Panggung pertemuan	100 (4,79)	
• Lantai podium	150 (7,18)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban Hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor	100 (4,79)	
• Lantai pertama	sama seperti pelayanan hunian	
• Lantai lain	kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		

Tabel 2.3 Beban Minimum SNI 1727:2013 (Lanjutan)

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m²)	Terpusat lb (kN)
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in.x 2 in. [50 mmx50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran	100 (4,79)	
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/Parkir		
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	
Truk dan bus		
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) Tidak boleh direduksi	
Rumah sakit:		
• Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
• Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
• Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
• Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)

Tabel 2.3 Beban Minimum SNI 1727:2013 (Lanjutan)

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Pabrik		
• Ringan	125 (6,00)	2000 (8,90)
• Berat	250 (11,97)	3000 (13,40)
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian	100 (4,79)	2000 (8,90)
Lobi dan koridor lantai pertama		
Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59)	
Bangsai dansa dan Ruang dansa	100 (4,79)	
Gimnasium	100 (4,79)	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79)	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87)	

Tabel 2.3 Beban Minimum SNI 1727:2013 (Lanjutan)

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48)	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96)	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka		
Ruang publika dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
	100 (4,79)	
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	
Atap digunakan untuk taman atap		
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya pemeliharaan	Sama seperti hunian dilayani	

Sumber : Tabel 4-1 SNI 1727 :2013

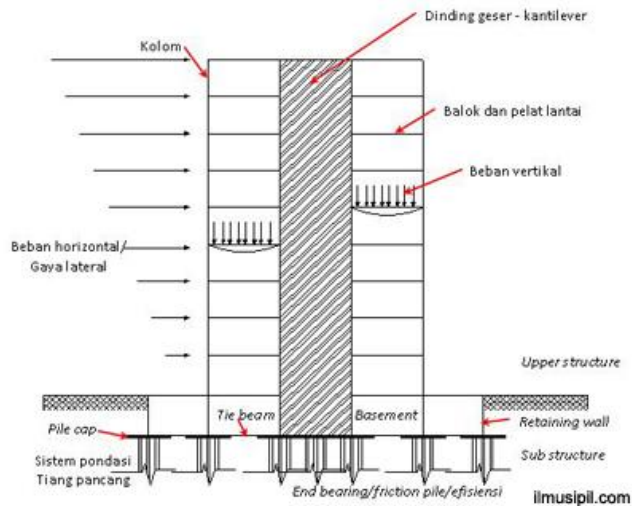
2.2.4. Beban Mati

Beban mati merupakan berat seluruh beban material pada konstruksi bangunan gedung yang terpasang yang meliputi struktur utama, dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, *cladding* gedung dan komponen lainnya. Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, seperti yang tercantum pada table 2.4 mengenai intensitas beban mati yang bersumber dari SNI 03-1727-1989-F.

Tabel 2.4 Intensitas Beban Mati

No	Konstruksi	Berat	Satuan
1	Baja	7850	(kg/m ³)
2	Beton bertulang	2400	(kg/m ³)
3	Beton	2200	(kg/m ³)
4	Dinding pas ½ bata	250	(kg/m ²)
5	Dinding pas 1 bata	450	(kg/m ²)
6	Curtain wall + rangka	60	(kg/m ²)
7	Cladding + rangka	20	(kg/m ²)
8	Pasangan batu kali	2200	(kg/m ³)
9	Finishing lantai (tegel)	2200	(kg/m ³)
10	Plafon + penggantung	20	(kg/m ²)
11	Mortar	2200	(kg/m ³)
12	Tanah, pasir	1700	(kg/m ³)
13	Air	1000	(kg/m ³)
14	Kayu	900	(kg/m ³)
15	Aspal	1400	(kg/m ³)
16	Instalasi plumbing	50	(kg/m ²)

Sumber : menurut Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SNI 03-1727-1989-F)



Gambar 2.3 Beban Mati pada Bangunan Gedung Bertingkat

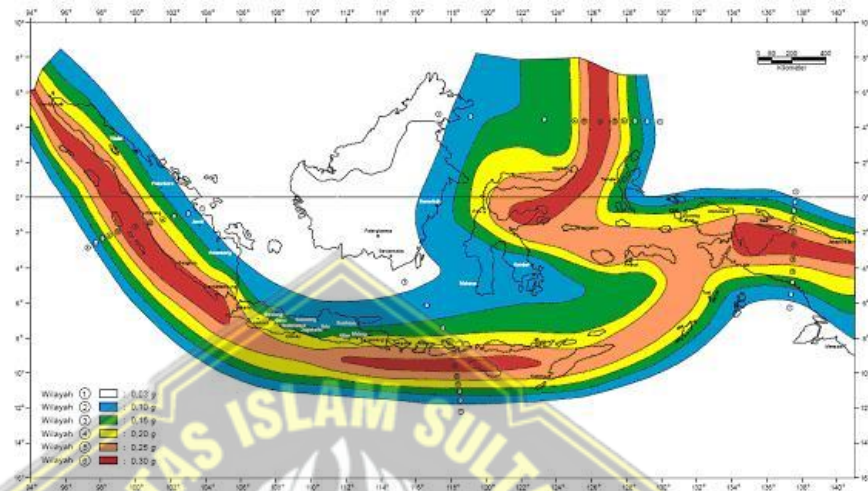
2.2.5. Beban Angin

Beban angin yang digunakan dalam desain SPBAU (Sistem Penahan Beban Angin Utama). Kecepatan angin, letak geografis, bentuk dan ketinggian bangunan, serta kekakuan struktur sangat mempengaruhi dalam mendapat nilai beban akibat hembusan angin yang bekerja pada suatu bangunan. Bangunan yang berada pada lintasan angin, akan menyebabkan angin berbelok atau berhenti. Akibatnya, energi kinetik partikel udara yang bergerak berubah menjadi energi potensial, berupa tekanan atau hisapan pada permukaan bangunan. Seluruh pembebanan ini merupakan dasar perencanaan dalam merancang bangunan industri tingkat rendah.

2.2.6. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen dan dinamik yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa. Pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik. Yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

Wilayah Indonesia terdiri dari 6 wilayah gempa, dimana wilayah gempa 1 adalah wilayah kegempaan paling rendah dan wilayah gempa 6 adalah wilayah kegempaan paling tinggi. Berikut pembagian zona gempa di Indonesia yang di tunjukkan pada Gambar 2.4 seperti berikut.



Gambar 2.4 Pembagian Zona Gempa di Indonesia

Berdasarkan SNI-1726-2012, perhitungan pengaruh beban gempa pada struktur dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode analisis, diantaranya yaitu:

- 1) Analisis terhadap beban gempa digunakan cara statik ekuivalen
- 2) Analisis terhadap beban gempa dengan cara dinamik (*response spectrum analysis*).

2.2.6.1. Kategori Resiko Bangunan Gedung Untuk Beban Gempa

Pengelompokkan kategori risiko struktur bangunan gedung dan non Gedung dijabarkan pada Tabel 2.5 seperti berikut ini. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 2.5 Kategori Risiko Bangunan 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"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I.
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II.
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air 	III.

<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV.

Sumber : Tabel 1 SNI-1726-2012

Kategori risiko struktur bangunan gedung dan non Gedung untuk pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa (I_e) terdapat pada Tabel 2.6 berikut ini.

Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

2.2.6.2. Kombinasi Beban

1. Kombinasi Pembebanan Dasar

Berikut kombinasi-kombinasi pembebanan dasar yang di gunakan dalam perencanaan pembebanan.

1. $1,2D + 1,6L + 0,5 (L \text{ atau } R)$
2. $1,4D$
3. $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $0,9D + 1,0W$

2. Kombinasi pembebanan dengan pengaruh regangan sendiri/self-straining force

Apabila pengaruh struktural dari T (pengaruh regangan sendiri) ternyata dapat merugikan performa atau keselamatan struktur, maka T harus diperhitungkan dalam kombinasi beban.

3. Kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik

Apabila pengaruh beban seismik yang dimaksud, $E = f(E_v, E_h)$ (pada 0 atau 0) dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya, maka kombinasi beban seismik yang harus digunakan adalah:

$$6. 1,2D + E_v + E_h + L$$

$$7. 0,9D - E_v + E_h$$

Apabila pengaruh beban seismik dengan kuat lebih yang ditinjau $E_m = f(E_v, E_{mh})$ (pada 0 atau 0) dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya, maka kombinasi beban seismik untuk struktur yang harus digunakan adalah:

$$8. 1,2D + E_v + E_{mh} + L$$

$$9. 0,9D - E_v + E_{mh}$$

2.2.6.3. Kombinasi Beban untuk Metode Tegangan Izin

1. Kombinasi Pembebanan Dasar

Beban-beban di bawah ini harus ditinjau dengan kombinasi-kombinasi berikut untuk perencanaan struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen pondasi. Pengaruh dari satu atau beberapa beban lain yang tidak disebutkan harus ditinjau.

$$1. D$$

$$2. D + L$$

$$3. D + (L_r \text{ atau } R)$$

$$4. D + 0,5L + 0,75 (L_r \text{ atau } R)$$

$$5. D + 0,6W$$

$$6. D + 0,75 (0,6W) + 0,75L + 0,75 (L_r \text{ atau } R)$$

$$7. 0,6D + 0,6W$$

2. Kombinasi Pembebanan dengan Pengaruh Regangan Sendiri/*Self-Straining Force*

Apabila pengaruh struktural dari T (pengaruh regangan sendiri/*self-straining force*) ternyata dapat merugikan performa atau keselamatan struktur, maka T harus diperhitungkan dalam kombinasi beban.

3. Kombinasi Pembebanan dengan Pengaruh Beban Seismik

Apabila suatu struktur menerima pengaruh beban seismik, maka kombinasi-kombinasi beban berikut harus diperhitungkan dengan kombinasi beban dasar di atas. Apabila pengaruh beban seismik yang dimaksud, $E = f(E_v, E_h)$ (pada 0) dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya, maka kombinasi beban seismik yang harus digunakan dalam pembebanan adalah sebagai berikut.

$$8. 1,0D + 0,7E_v + 0,7E_h$$

$$9. 1,0D + 0,525E_v + 0,525E_h + 0,75L$$

$$10. 0,6D - 0,7E_v + 0,7E_h$$

Apabila pengaruh beban seismik dengan kuat lebih yang ditinjau $E_m = f(E_v, E_{mh})$ (pada 0) dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya, maka kombinasi beban seismik untuk struktur yang harus digunakan dalam pembebanan adalah sebagai berikut.

8. $1,0D + 0,7E_v + 0,7E_{mh}$
9. $1,0D + 0,525E_v + 0,525E_{mh} + 0,75L$
10. $0,6D - 0,7E_v + 0,7E_{mh}$

2.2.6.4. Prosedur Klasifikasi Situs untuk Desain Seismik

Kelas situs dengan kondisi yang lebih buruk harus diberlakukan. Apabila tidak tersedia data tanah yang spesifik pada situs sampai kedalaman 30 m, maka sifat-sifat tanah harus diestimasi mengacu pada Tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2.7 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$V_s \left(\frac{m}{detik} \right)$	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $su < 25$ kPa		

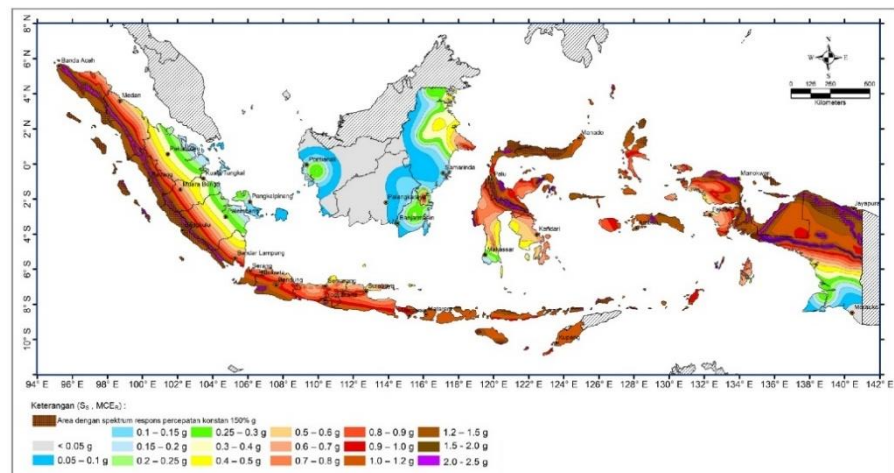
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) <p>Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $su < 50$ kPa</p>
--	--

Sumber: Tabel 5 SNI-1726-2019

2.2.6.5. Parameter Percepatan Tanah S_s dan S_1

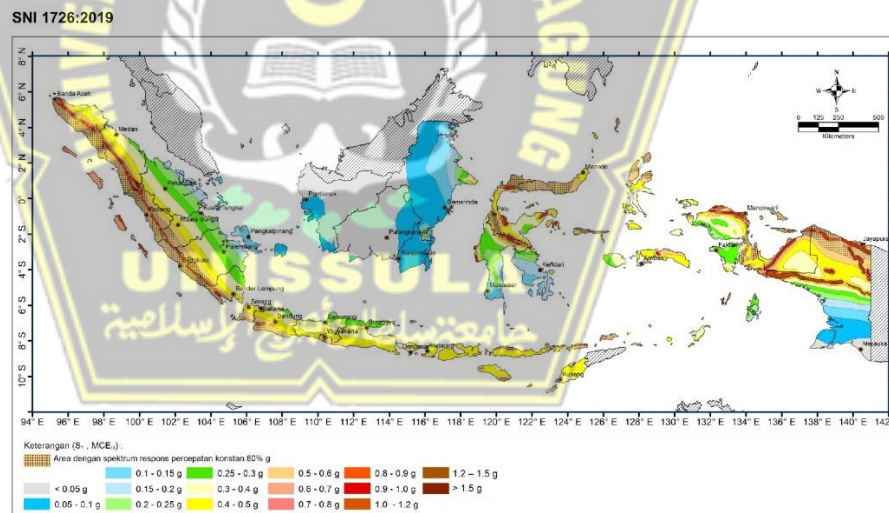
Parameter-parameter dasar pergerakan tanah dalam SNI-1726-2012 adalah S_s dan S_1 adalah parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek (0,2 detik) dengan redaman 5% berdasarkan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tersesuaikan (MCER = Risk Target Maksimum Earthquake) dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun. S_1 adalah percepatan batuan dasar pada periode 1 detik dengan redaman 5% berdasarkan gempa maksimum tertimbang risiko tersesuaikan dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun. Penggunaan penting kedua parameter ini adalah dalam menentukan parameter percepatan spektra desain S_{DS} dan S_{D1} (SNI-1726-2012 Pasal 6.2).

Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %) dapat dilihat pada Gambar 2.5 Parameter gerak tanah S_s berikut ini.

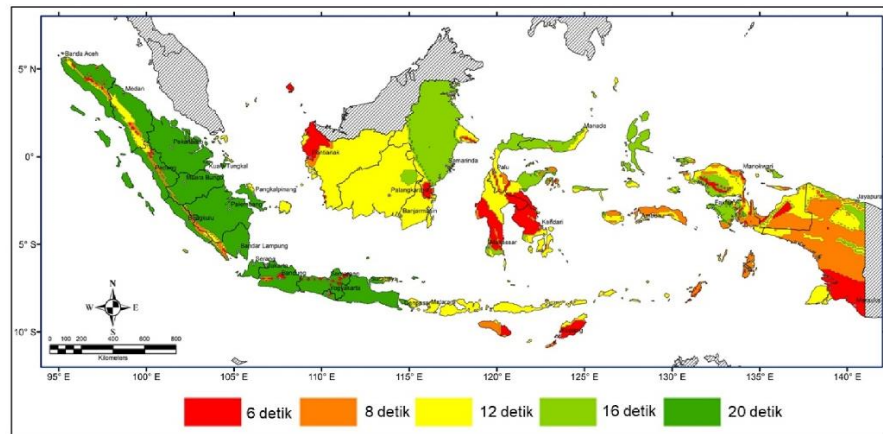


Gambar 2.5 Parameter gerak tanah S_s

Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2- detik (redaman kritis 5 %) dapat dilihat pada Gambar 2.6 Parameter gerak tanah S_1 berikut ini.



Gambar 2.6 Parameter gerak tanah, S_1



Gambar 2.7 Peta transisi periode panjang, TL, wilayah Indonesia

2.2.6.6. Parameter Respon Spektra Percepatan S_{MS} dan S_{M1}

Kedua parameter dasar S_s dan S , tidak dapat digunakan langsung untuk setiap situs tanah. Masih diperlukan faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan 1 detik yang terdiri atas:

- Faktor amplifikasi getaran untuk percepatan pada getaran periode pendek, F_a dan
- Faktor amplifikasi getaran untuk percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik, F_y

Koefisien F_a dan F_y mengikuti (Tabel 4 dan Tabel 5 SNI-1726-2019) atau Tabel 2.8. dan Tabel 2.9. seperti terlihat berikut:

Tabel 2.8 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,5$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Catatan:

- S_s = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 0

Tabel 2.9 Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s = 0,5$	$S_s > 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

Catatan:

- (a) S_s = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 0

2.2.6.7. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan pada periode 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan melalui perumusan pada persamaan (2.3) dan (2.4) seperti berikut ini.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{ms} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{m1} \dots\dots\dots(2.4)$$

2.2.6.8. Spektrum Respons Desain

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan (2.5) berikut ini.

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots(2.5)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain pada persamaan (2.6) berikut ini

$$S_a = S_{DS} \dots\dots\dots(2.6)$$

3. Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan (2.7) berikut ini.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

T = Periode getar fundamental struktur

T_0 = $0,2 S_{D1} / S_{DS}$

T_s = S_{D1} / S_{DS}

4. Untuk periode lebih besar dari T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan (2.8) berikut ini.

$$S_a = \frac{S_{D1} \times T_L}{T^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

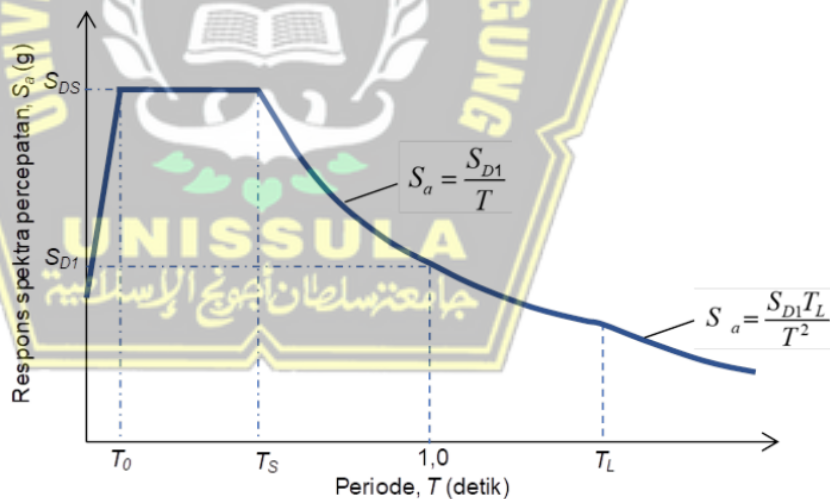
Keterangan:

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek;

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

T = periode getar fundamental struktur.

Berikut grafik Respon Spektrum yang disajikan pada Gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2.8 Spektrum Respons Desain

2.3. Bangunan Bertingkat Struktur Baja

Baja adalah campuran besi dan karbon, dimana unsur karbon menjadi dasar campurannya. Dengan penambahan atau pengurangan kadar karbon atau unsur paduan lain akan diperoleh kekuatan baja sesuai yang di inginkan (Amanto dan Daryanto, 1999).

2.3.1. Sifat Material Baja

Bahan material baja unggul jika ditinjau dari segi kekuatan, kekakuan dan daktilitasnya. Tinjauan dari segi kekuatan, kekakuan dan daktilitas, sangat cocok dipakai untuk mengevaluasi struktur yang memikul pembebanan.

1. Material Buatan Pabrik

Kelebihan material baja yaitu buatan pabrik, yang tentunya mempunyai *quality control* yang baik, sehingga mutu produk yang dihasilkan dapat terjaga dengan berkualitas. Kualitas material baja yang dihasilkan relatif homogen dan konsisten dibanding yang berarti mutunya baik.



Gambar 2.9 Stok profil baja buatan pabrik

Panjang profil baja yang di produksi ditentukan oleh kapasitas kendaraan transportasi pengangkut (truk/kapal) dan jalur transportasi (darat / air) yang tersedia, karena tidak dapat dipastikan bahwa lokasi pabrik baja akan dekat dengan proyek atau bengkel pabrikasi,

2. Ketahanan Korosi

Baja yang unsur utamanya besi mudah mengalami korosi. Jika terjadi korosi, maka pada bagian besi yang bertindak sebagai anode akan terjadi oksidasi yang merusak dan menghasilkan karat besi $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, zat padat berwarna coklat kemerah-merahan. Volume baja berkurang karena menjadi karat tadi. Mengenai bagian besi yang bertindak sebagai anode dan bagian mana yang katode, tergantung pada banyak faktor, misalnya ada zat pengotor, atau ada jenis logam lain yang bersinggungan dengan seri galvanis logam yang berbeda.

3. Perilaku pada Suhu Tinggi

Bangunan konstruksi baja jika terkena suhu tinggi dapat mengalami penurunan kekuatan secara drastis, sehingga bisa saja tidak kuat memikul berat sendiri, maka bisa saja fungsinya sebagai struktur pemikul beban menjadi hilang dan bangunan mengalami keruntuhan total.

2.4. Pengertian Pondasi

Pondasi adalah bangunan yang digunakan untuk menopang bangunan atasnya. Secara umum pondasi terletak didalam lapisan tanah, yang berfungsi sebagai landasan dan juga untuk menyalurkan beban – beban yang berasal dari upper (super) structure kedalam tanah (Herman Wahyudi, 2012). Pondasi terdiri dari 2 tipe yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal.

2.5. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang adalah suatu bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah yang memiliki daya dukung pada kedalaman tertentu. Menurut bahan nya pondasi tiang pancang dibedakan menjadi empat yaitu tiang pancang baja, tiang pancang beton, tiang pancang komposit.

2.5.1. Korelasi N_{spt} untuk Mendapatkan Nilai Parameter Fisis Tanah Lainnya

Dalam penulisan tugas akhir ini parameter fisis yang dibutuhkan untuk perhitungan perlu dicari adalah berat volume tanah (γ), sudut geser dalam (ϕ), dan derajat kepadatan (D_r). Penulis menggunakan Tabel 2.10 korelasi S_{pt} yang dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 2.10 Korelasi N_{spt}

Cohesionless Soil / Sol Pulverent					
N (blows)	0 -3	4 – 10	11 – 30	31 – 50	> 50
γ (Kn/m ³)	-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
Φ (°)	-	25 – 32	28 – 36	30 – 40	> 35
State	Very loose	Loose	Medium	Dense	Very dense

Dr (%)	0 – 15	15 - 35	35 - 65	65 - 85	85 - 100
Cohesive Soil / Sol Coherent					
N (blows)	< 4	4 – 6	6 - 15	16 – 25	> 25
γ (Kn/m ³)	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	> 20
q _U (kPa)	< 25	20 – 50	30 – 60	40 – 200	> 100
State	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

2.6. Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Metode Mayerhoff (1956)

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

2.6.1. Daya Dukung Ujung Pondasi (Q_p)

Unrtuk mencari perhitunagn daya dukung pondasi menggunakan rumus dengan metode *mayerhoff (1956)* Persamaan (2.9)

$$Q_p = 20 \times N_p \times A_p \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

m = 20 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

2.6.2. Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)

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

$$Q_s = n \times \tilde{N} \times A_s \dots\dots\dots(2.10)$$

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

2.6.3. Daya Dukung *Ultimit* (Q_u)

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

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

Dimana :

$$Q_p = \text{Daya dukung ujung}$$

$$Q_s = \text{Daya dukung selimut}$$

2.6.4. Daya Dukung yang Diijinkan ($Q_{allowed}$)

Daya dukung yang diijinkan adalah penjumlahan dari daya dukung ujung dengan daya dukung selimut

$$Q_{allowed} = Q_u / SF \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

$$Q_u = \text{Daya dukung } ultimit$$

$$SF = \text{Safety Factor (SF menurut Mayerhoff = 3)}$$

2.7. Daya Dukung *Lateral* Metode Broms (1964)

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*.

2.7.1. Daya Dukung Tiang Pancang Grup

Untuk perhitungan menentukan jumlah tiang pancang (n) digunakan rumus dengan metode *resse & wright 1977* Persamaan (2.13)

$$n = P/Q_{all} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

$$P = \text{Beban bangunan pada kolom}$$

$$Q_{all} = Q_{allowable}$$

2.7.2. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Metode *Converse-labrare equation*

Tiang pancang yang direncanakan dalam jumlah lebih dari satu dan disusun dengan memiliki jarak pancang grup. Metode *Converse-labrare* adalah metode untuk mencari efisiensi kelompok tiang pancang. Berikut adalah rumus untuk mencari efisiensi kelompok tiang pancang Persamaan (2.14)

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n'-1)m+(m-1)n'}{90.m.n'} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

- Eg = Efisiensi kelompok tiang
- m = Jumlah baris tiang
- n' = Jumlah tiang dalam satu baris
- θ = $\text{arc tg } \frac{d}{s}$ dalam derajat (°)
- S = Jarak pusat ke pusat tiang (m)
- D = Diameter tiang atau sisi tiang (m)

2.7.3. Penurunan Elastis Pada Pondasi Spun Pile Tiang Tunggal Menggunakan Metode *Vesic (1977)*

Untuk mencari penurunan *elastis* pada pondasi maka dapat menggunakan metode *Vesic (1977)* Persamaan (2.15)

$$Se = Se_{(1)} + Se_{(2)} + Se_{(3)} \dots\dots\dots(2.15)$$

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 :

$$Se_{(1)} = \frac{(Q_{wp} + \Sigma Q_{wp})L}{A_p E_p} \dots\dots\dots(2.16)$$

Nilai $Se_{(2)}$ diperoleh dari :

$$Se_{(2)} = \frac{Q_{wp} C_p}{Dq_p} \dots\dots\dots(2.17)$$

Nilai $Se_{(3)}$ diperoleh dari :

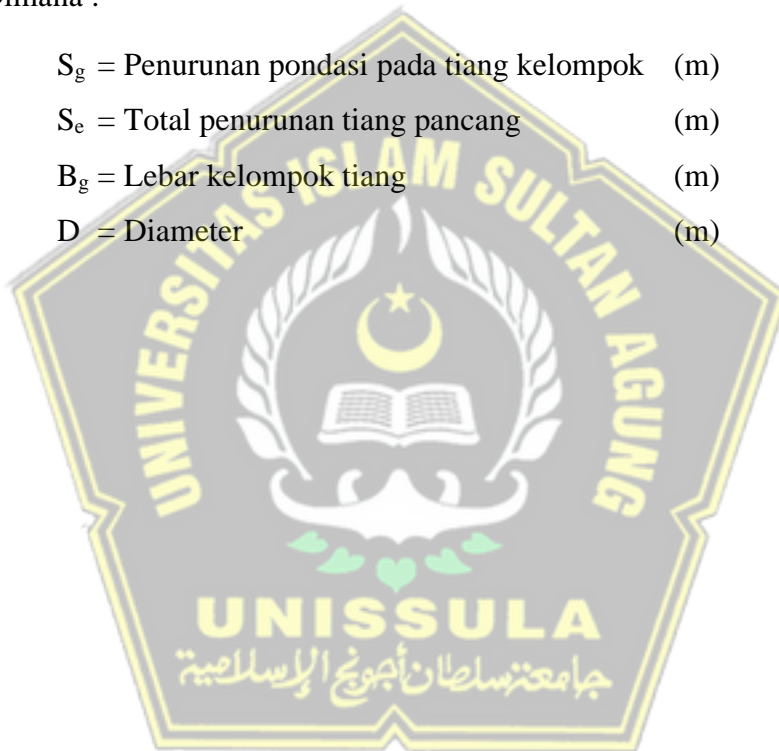
$$Se_{(3)} = \frac{Q_{ws} C_s}{DL_p} \dots\dots\dots(2.18)$$

Untuk mencari pehitungan penurunan elastis pada pondasi tiang kelompok maka dapat digunakan rumus dengan metode *Vesic (1977)* Persamaan (2.19)

$$S_g = S_e x \sqrt{\frac{B_g}{D}} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

- S_g = Penurunan pondasi pada tiang kelompok (m)
- S_e = Total penurunan tiang pancang (m)
- B_g = Lebar kelompok tiang (m)
- D = Diameter (m)



BAB III

METODOLOGI

3.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada Laporan Tugas Akhir Perencanaan Gedung Universitas Struktur Baja 8 lantai yaitu data sekunder. Data sekunder adalah data yang langsung didapatkan dari beberapa buku atau jurnal yang telah tersedia. Data tersebut dapat digunakan sebagai proses perencanaan. Adapaun data yang telah dikumpulkan yaitu sebagai berikut:

1. Data uji lokasi gedung
2. Gambar *Detail Engineering Design* (DED)

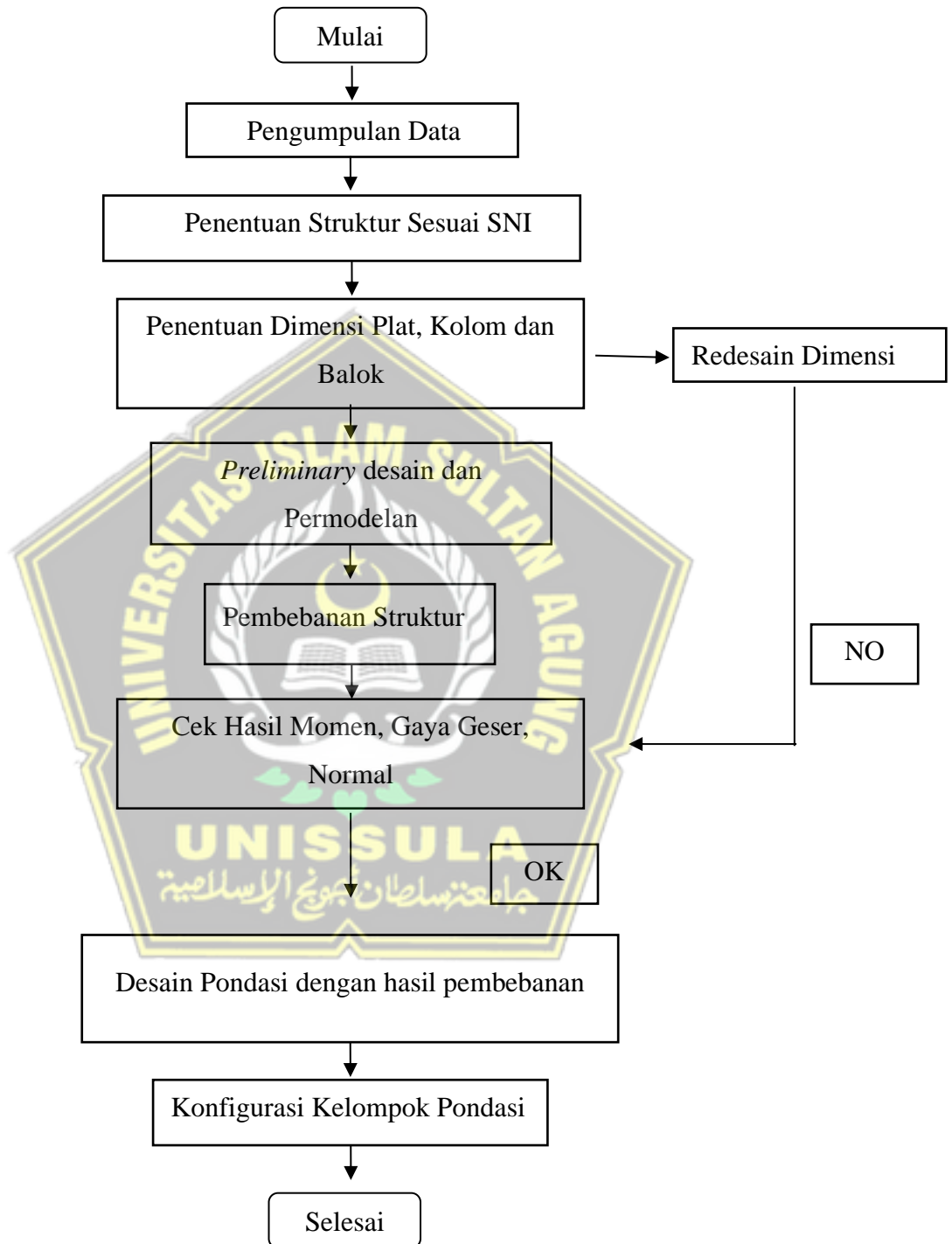
3.2. Standar yang digunakan dan metode yang digunakan

1. SNI 1726:2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung).
2. SNI 1729:2020 (Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung)
3. Perhitungan dengan metode langsung (Direct One) dan factor efisiensi tiang.
4. Perhitungan metode Vesic (1977)

3.3. Flowchart Analisis dan Perhitungan

Pada analisis serta perhitungan struktur dan efisiensi pondasi tiang dilakukan dengan *flow chat* sebagai berikut:

3.3.1. Flowchart Perencanaan Struktur dan Pondasi



Flow Chat 3.1 Perencanaan Struktur dan Pondasi

3.4. Analisis dan Perhitungan

Permodelan dan analisis menggunakan SAP2000 mengacu pada SNI 1726:2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung) dan SNI 1729:2020 (Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung). Permodelan struktur Gedung berdasarkan pada gambar Gedung yang telah direncanakan. Permodelan berupa *open frame 3D*, sehingga pada beban dinding disidtribusikan sebagai beban merata pada sisi atas balok. Balok dan kolom diasumsikan sebagai *frame*, plat lantai dimodelkan sebagai *shell*. Sehingga didapatkan reaksi berat struktur atas.

3.5. Analisis dan Tanah

Melakukan Analisa dari data tanah Nspt untuk mendapatkan parameter fisis tanah. Hasil selanjutnya digunakan untuk mendesain pondasi.

3.6. Menghitung Daya Dukung Tanah untuk tiang pancang

Melakukan perhitungan terhadap daya dukung tanah untuk tiang.

3.7. Menghitung Jumlah dan Dimensi Pondasi Tiang yang dibutuhkan

Melakukan perencanaan perhitungan terhadap jumlah dan dimensi tiang.

3.8. Merencanakan Konfigurasi Tiang

Melakukan perhitungan dan perencanaan terhadap konfigurasi tiang pondasi sehingga di dapat yang paling efisien.

1. Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung tiang yaitu kemampuan kapasitas tiang dalam mendukung beban Gedung. Perhitungan daya dukung tiang dilakukan dengan menggunakan metode langsung atau *direct one*, dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_u = q_c \cdot A_p + JHL \cdot k \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

Q_u = Daya dukung tiang pancang (ton)

- qc = Tahanan ujung sondir (ton/m²)
- Ap = Luas penampang dasar tiang (m²)
- JHL = Jumlah hambatan lekat atau total friction
- K = Keliling tiang

2. Efisiensi Tiang (Eg)

Efisiensi tiang (Eg) adalah nilai pengali terhadap kapasitas dukung ultimit tiang tunggal dengan memperhatikan pengaruh kelompok tiang (Hardiyatmo, 2015) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n'-1)m+(m-1)n'}{90.m.n'} \dots\dots\dots(3.2)$$

c

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

Untuk menentukan susunan konfigurasi tersebut Fellenius (2006) menyarankan jarak minimum tiang sebagai berikut:

$$Qu = 2,5 \cdot d + 0,02 \cdot L \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

- d = Diameter tiang (m)
- L = Panjang tiang / kedalaman penetrasi tiang (m)

3. Daya dukung tiang pancang kelompok

Nilai daya dukung tiang kelompok dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Qg = Eg \cdot n \cdot Qu \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

- Qg = Daya dukung tiang kelompok
- Eg = Efisiensi kelompok tiang

- n = Jumlah tiang dalam kelompok
- Qu = Daya dukung tiang tunggal

4. Daya dukung ijin tiang

$$Qa = \frac{Qu}{F} \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan :

- Qa = Daya dukung tiang ijin
- Qu = Daya dukung tiang tunggal
- F = Nilai factor aman

Daya dukung ijin tiang pancang kelompok sebagai berikut:

$$Qga = \frac{Qg}{F} \text{ (untuk } Qu \cdot n > Qg) \dots\dots\dots(3.6)$$

$$Qga = \frac{Qu \cdot n}{F} \text{ (untuk } Qu \cdot n < Qg) \dots\dots\dots(3.7)$$

Keterangan :

- Qga = Daya dukung ijin tiang kelompok
- Qu = Daya dukung tiang tunggal
- n = Jumlah tiang dalam kelompok
- F = Nilai factor aman

5. Penurunan pada tiang tunggal

Penurunan pada pondasi tiang tunggal menggunakan persamaan Vesic 1970 sebagai berikut:

$$S = \frac{D}{100} + Q \frac{L}{Ap} Ep \dots\dots\dots(3.8)$$

Keterangan :

- S = Penurunan pondasi tiang tunggal
- D = Diameter tiang
- Q = Daya dukung tiang tunggal
- L = Panjang tiang
- Ap = Luas penampang tiang
- Ep = Modulus elastisitas bahan tiang beton

6. Penurunan pada kelompok tiang

Penurunan tiang kelompok menggunakan persamaan Vesic 1977 sebagai berikut:

$$S_g = \sqrt{\frac{Bg}{D}} S \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan :

Bg = Lebar tiang kelompok

D = Diameter satu tiang dalam kelompok

S = Penurunan elastis tiang tunggal

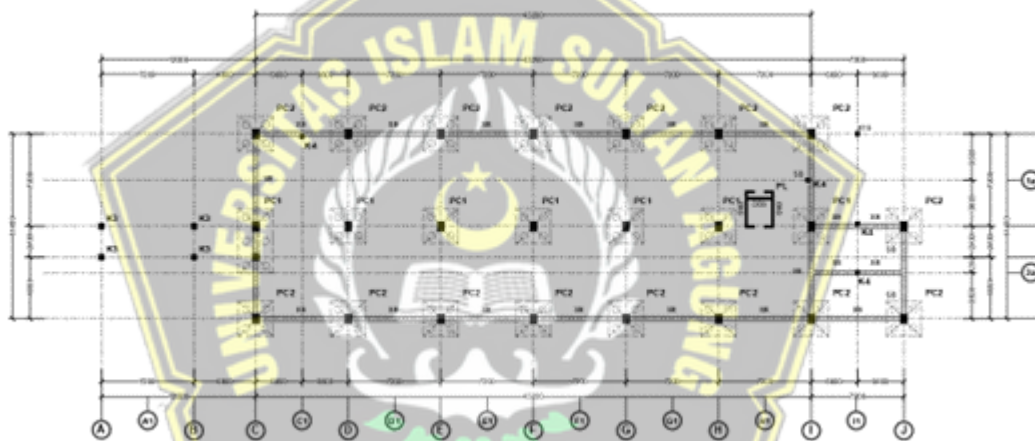


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Diskripsi Umum Bangunan

Perencanaan Gedung ini terdiri dari 8 lantai. Struktur Gedung ini menggunakan baja dan pondasi tiang pancang. Gedung ini merupakan nantinya difungsikan sebagai kampus pasca sarjana politeknik negeri Kesehatan Semarang. Total elevasi dari Gedung ini adalah 26,95 meter. Material struktur utama pada bangunan ini direncanakan dengan baja dengan denah setiap lantainya ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.1 Denah Pile Cap

4.2. Asumsi yang digunakan

- a. Pelat lantai dianggap sebagai elemen Shell yang bersifat menerima beban tegak lurus bidang (*vertical*) dan beban lateral (*horizontal* akibat gempa).
- b. Pondasi dianggap jepit, karena desain pondasi dalam tiang kelompok. Dianggap tidak mengalami rotasi dan translasi.
- c. Tidak memasukkan pembebanan terhadap beban angin.

4.3. Peraturan dan Standar Perencanaan

1. SNI 1726:2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung).

2. SNI 1729:2020 (Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung)
3. Perhitungan dengan metode langsung (*Direct One*) dan *factor* efisiensi tiang.
4. Perhitungan metode *Vesic* (1977)

4.4. Material Properties

Mutu baja yang digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut:

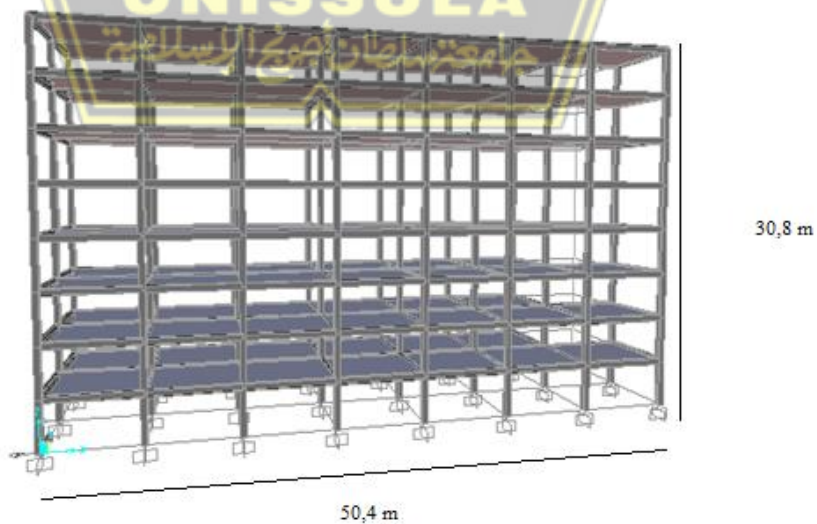
Tabel 4.1 Material yang digunakan

Material	Dimensi	Mutu
Balok	438 x 412 x 25 x 40	Fy 50
Kolom 1	508 x 462 x 75 x 75	Fy 50
Kolom 2	538 x 477 x 90 x 90	Fy 50
Plat	0,15 x 0,15	4000 Psi
Dinding	0,15 x 0,15	Batu Bata

4.5. Preliminary Design

4.5.1. Permodelan Struktur

Permodelan struktur Gedung menggunakan bantuan program SAP 2000 V.14 berdasarkan gambar kerja dan data yang diperoleh. Berikut hasil pemodelan struktur dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pemodelan Struktur Gedung

4.5.2. Kolom

Asumsi kolom yang digunakan pada struktur Gedung ini menggunakan profil baja 538x477x90x90 dan 508x462x75x75.

4.5.3. Balok

Asumsi balok yang digunakan pada struktur Gedung ini menggunakan baja 438x412x25x40.

4.5.4. Pelat

Ketebalan pelat keseluruhan tidak boleh kurang dari batasan pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Ketentuan ketebalan pelat

F_y , Mpa	Tanpa drop panel			Dengan drop panel		
	Panel Eksterior		Panel interior	Panel Eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Sumber Tabel SNI 2847:2019

Maka dimensi pelat yang digunakan yaitu pada Tabel 4.3 seperti berikut:

Tabel 4.3 Dimensi Pelat

No	Nama Pelat	Tebal Pelat (mm)
1	Lantai	150
2	Atap	150

4.5.5. Dinding

Dinding yang digunakan menggunakan material batu bata dengan tebal dinding 15 cm.

4.6. Pembebanan Struktur

Pembebanan yang digunakan dalam struktur Gedung ini yaitu mengacu pada SNI 1727:2020 tentang “Peraturan Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya” dan beban gempa yang mengacu pada SNI 1726:2019 tentang “Tata Cara Ketahanan Gempa Untuk Struktural Gedung dan Non-Gedung”. Mendefinisikan tipe beban yang bekerja dengan cara klik *Define* → klik *Load Cases*, maka akan muncul kotak dialog. Ubah sesuai dengan perencanaan.

1. Pada beban mati, kita memberi nama Mati (Beban Mati) kemudian klik *Modify Load. Type* untuk beban mati adalah *Dead* dan *Self Weight Multiplier* untuk beban mati adalah 1 (untuk beban mati struktur yang akan otomatis dihitung oleh SAP2000 dan juga *input* beban mati tambahan yang akan kita masukkan sendiri).
2. Pada beban hidup, kita memberi nama Hidup (Beban Hidup) kemudian klik *Modify Load. Type* untuk beban hidup adalah *Dead* dan *Self Weight Multiplier* untuk beban hidup adalah 0 (karena akan kita *input* beban hidup sendiri sesuai dengan fungsi bangunan).
3. Pada beban gempa sumbu x, kita memberi nama Qx (Gempa sumbu x) kemudian klik *Modify Load. Type* untuk beban Qx *Dead* dan *Self Weight Multiplier* untuk beban Qx adalah 0 (karena akan kita *input* beban Qx sendiri sesuai dengan fungsi bangunan). Untuk *Auto Lateral Load Patterns* pilih UBC 97.
4. Pada beban gempa sumbu y, kita memberi nama Qy (Gempa sumbu y) kemudian klik *Modify Load. Type* untuk beban Qy *Dead* dan *Self Weight Multiplier* untuk beban Qy adalah 0 (karena akan kita *input* beban Qy sendiri sesuai dengan fungsi bangunan). Untuk *Auto Lateral Load Patterns* pilih UBC 97.

4.6.1. Beban Gravitasi

Beban gravitasi Gedung ini berdasarkan peraturan SNI 1727:2020 tentang “Peraturan Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya”, yaitu antara lain sebagai berikut:

a. Beban Mati (*Dead Load/DL*)

Beban mati adalah beban yang diakibatkan oleh elemen-elemen struktur bangunan seperti kolom, balok dan pelat.

Analisa Beban Mati (DL)

Lantai 1 s.d 7

- Berat pasir	: 80 kg/m ²
- Berat spesi	: 42 kg/m ²
- Berat keramik	: 24 kg/m ²
- Berat plafon	: 18 kg/m ²
- Beban Instalasi ME	: 24 kg/m ²
TOTAL	: 188 kg/m ²

Lantai 8

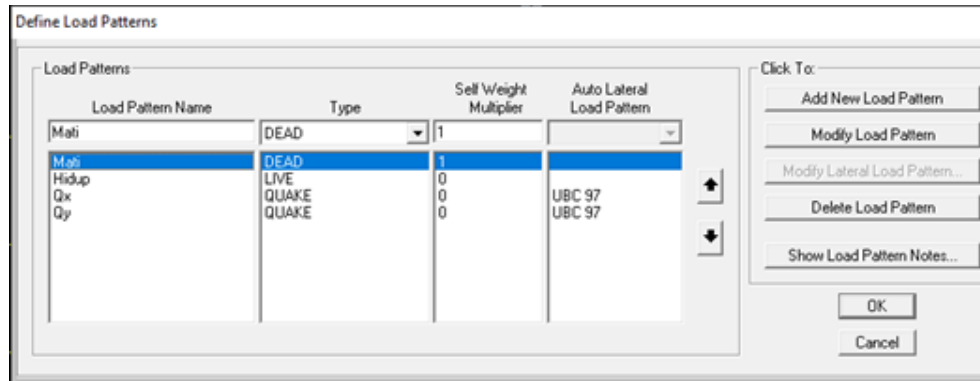
- Berat Waterproofing	: 50 kg/m ²
- Berat Spesi	: 42 kg/m ²
- Berat plafon	: 18 kg/m ²
- Beban Instalasi ME	: 24 kg/m ²
TOTAL	: 134 kg/m ²

b. Beban Hidup (*Live Load/LL*)

Beban hidup adalah beban yang bersifat tidak membebani struktur bangunan ini sendiri secara permanen. Beban hidup diambil 250 kg/m²

4.6.2. Beban Gempa pada Struktur

Pembebanan gempa yang digunakan pada struktur Gedung ini mengacu pada SNI 1726:2019 tentang “Tata Cara Ketahanan Gempa Untuk Struktural Gedung dan Non-Gedung”. Dalam desain struktur bangunan Gedung ini, pembebanan gempa yang digunakan untuk analisis adalah dengan analisis respons spektra sesuai data koordinat pada lokasi bangunan Gedung ini yaitu wilayah tembalang semarang.



Gambar 4.3 Tampilan *Define Load Patterns*

Pada pembebanan Qx, klik pada Modify Lateral Load Patterns → dengan ketentuan 1997 UBC Seismic Load Pattern :

1. Untuk beban Qx, pilih *Global x Direction* pada sub *Local Direction and Diaphragm Eccentricity*, dan Untuk beban Qy, pilih *Global y Direction* pada sub *Local Direction and Diaphragm Eccentricity*.
2. *Ecc. Ratio (All Diaph)* : 0,05
3. *Time Period* → klik *Program Calc* → dengan C_t : 0,035
4. *Lateral Load Elevation Range* → klik *Program Calculated*
5. *Factors (Overstrength Factor, R)* : 8, didapat dari SNI 1726:2019, Tabel 12, Hal 49 (Faktor R, C_d , dan Ω_0 untuk system pemikul gaya seismik).
6. *Seismic Coefficients* → klik *User Defined*, dengan diperoleh nilai C_a (F_a) : 1,14 dan nilai C_v (F_v) : 1,9
7. *Other Factors* → klik *Importance Factor* diperoleh 1,5 dari kategori resiko IV karena termasuk bangunan Gedung sekolah/universitas dengan factor keutamaan gempa (I_e) = 1,5
8. Kemudian klik OK.

1997 UBC Seismic Load Pattern

Load Direction and Diaphragm Eccentricity <input checked="" type="radio"/> Global X Direction <input type="radio"/> Global Y Direction Ecc. Ratio (All Diaph.) <input type="text" value="0.05"/> Override Diaph. Eccen. <input type="button" value="Override..."/>		Seismic Coefficients <input type="radio"/> Per Code <input checked="" type="radio"/> User Defined Soil Profile Type <input type="text"/> Seismic Zone Factor <input type="text"/> User Defined Ca <input type="text" value="1.14"/> User Defined Cv <input type="text" value="1.9"/>	
Time Period <input type="radio"/> Method A $C_d(R) =$ <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> Program Calc $C_d(R) =$ <input type="text" value="0.035"/> <input type="radio"/> User Defined $T =$ <input type="text"/>		Near Source Factor <input checked="" type="radio"/> Per Code <input type="radio"/> User Defined Seismic Source Type <input type="text"/> Dist. to Source (km) <input type="text"/> User Defined Na <input type="text"/> User Defined Nv <input type="text"/>	
Lateral Load Elevation Range <input checked="" type="radio"/> Program Calculated <input type="radio"/> User Specified <input type="button" value="Reset Defaults"/> Max Z <input type="text"/> Min Z <input type="text"/>			
Factors Overstrength Factor, R <input type="text" value="8"/>		Other Factors Importance Factor, I <input type="text" value="1.5"/>	
<input type="button" value="OK"/>		<input type="button" value="Cancel"/>	

Gambar 4.4 Tampilan *Define Load Patterns Qx*

1997 UBC Seismic Load Pattern

Load Direction and Diaphragm Eccentricity <input type="radio"/> Global X Direction <input checked="" type="radio"/> Global Y Direction Ecc. Ratio (All Diaph.) <input type="text" value="0.05"/> Override Diaph. Eccen. <input type="button" value="Override..."/>		Seismic Coefficients <input type="radio"/> Per Code <input checked="" type="radio"/> User Defined Soil Profile Type <input type="text"/> Seismic Zone Factor <input type="text"/> User Defined Ca <input type="text" value="1.14"/> User Defined Cv <input type="text" value="1.9"/>	
Time Period <input type="radio"/> Method A $C_d(R) =$ <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> Program Calc $C_d(R) =$ <input type="text" value="0.035"/> <input type="radio"/> User Defined $T =$ <input type="text"/>		Near Source Factor <input type="radio"/> Per Code <input checked="" type="radio"/> User Defined Seismic Source Type <input type="text"/> Dist. to Source (km) <input type="text"/> User Defined Na <input type="text"/> User Defined Nv <input type="text"/>	
Lateral Load Elevation Range <input checked="" type="radio"/> Program Calculated <input type="radio"/> User Specified <input type="button" value="Reset Defaults"/> Max Z <input type="text"/> Min Z <input type="text"/>			
Factors Overstrength Factor, R <input type="text" value="8"/>		Other Factors Importance Factor, I <input type="text" value="1.5"/>	
<input type="button" value="OK"/>		<input type="button" value="Cancel"/>	

Gambar 4.5 Tampilan *Define Load Patterns Qy*

Tabel 4.4 Klasifikasi Kelas Situs Tanah

Kelas Situs	$V_s (\frac{m}{detik})$	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $su < 25$ kPa		

Dari <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/> diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.5 Perhitungan SDs dan SD₁

Kelas	T ₀	T _s	SD _s	SD ₁
SD0	0,14	0,72	0,68	0,49
Bujur				110,4283413
Lintang				-7,054318177
pga				0,3944
ss				0,8964
s1				0,3816
t1				20

Dengan perhitungan 0 detik adalah $0,4 \times S_{ds} = 0,4 \times 0,68 = 0,272$

$$T_0 = S_{ds}$$

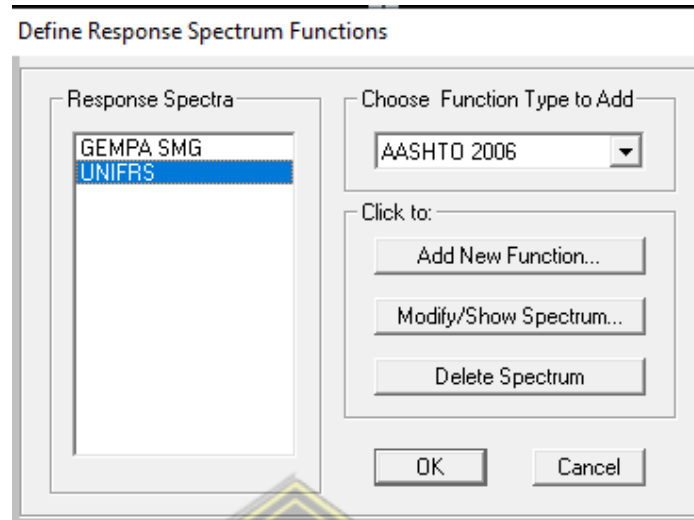
$$T_s = S_{ds}$$

$$T_1 = S_{d1} / t_1$$

Tabel 4.6 Periode Waktu

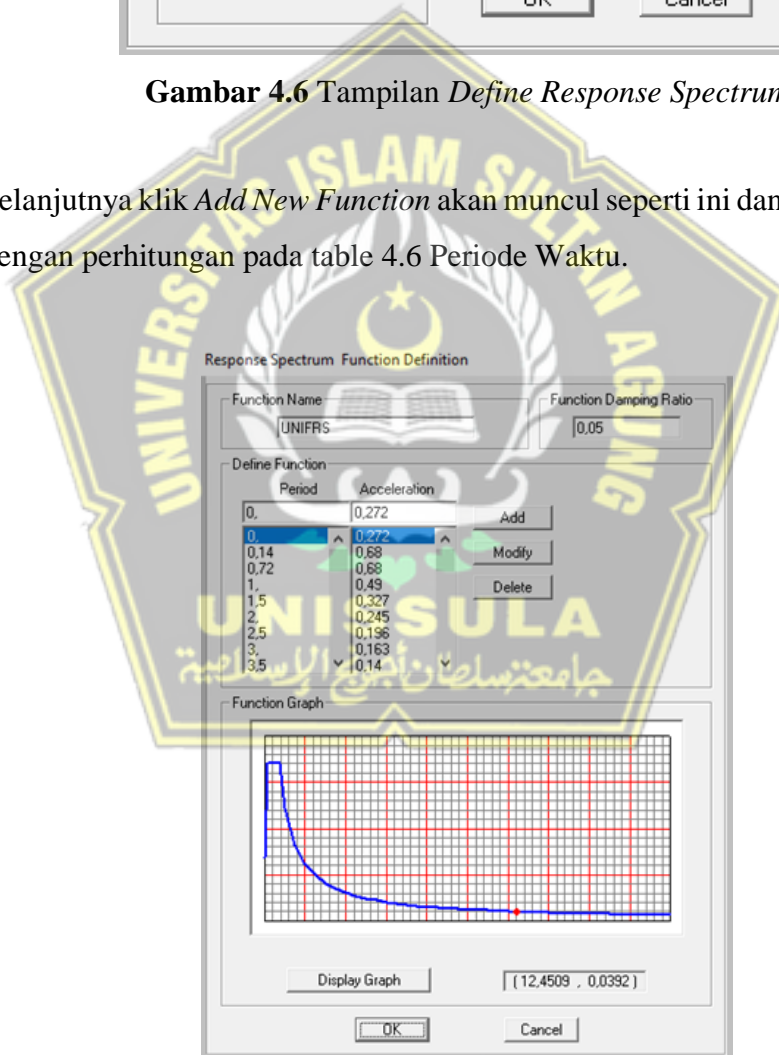
T (detik)	Sa
0	0,272
0,14	0,68
0,72	0,68
1	0,490
1,5	0,327
2	0,245
2,5	0,196
3	0,163
3,5	0,140
4	0,123
4,5	0,109
5	0,098
5,5	0,089
6	0,082
6,5	0,075
7	0,070
7,5	0,065
8	0,061
8,5	0,058
9	0,054
9,5	0,052
10	0,049
10,5	0,047
11	0,045
11,5	0,043
12	0,041
12,5	0,039
13	0,038
13,5	0,036
14	0,035
14,5	0,034
15	0,033
15,5	0,032
16	0,031
16,5	0,030
17	0,029
17,5	0,028
18	0,027
18,5	0,026
19	0,026
19,5	0,025
20	0,025

Mendefinisikan respon spectrum yang bekerja dengan cara klik Define → Function → Response Spectrum, maka akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar 4.6 berikut.



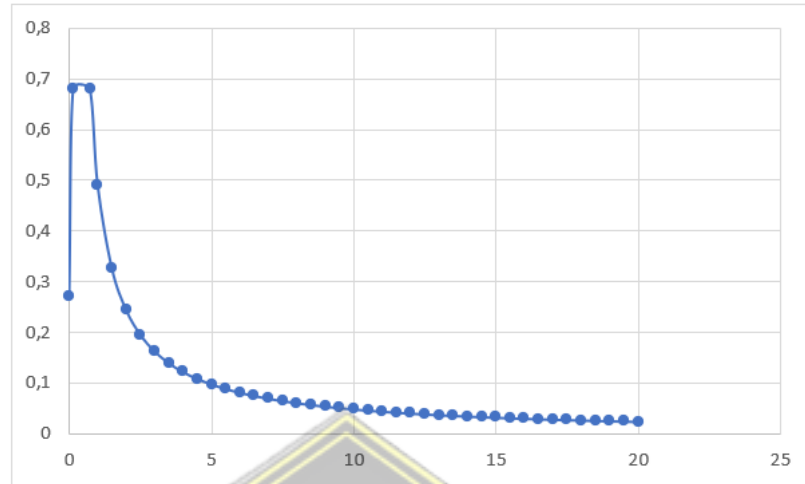
Gambar 4.6 Tampilan *Define Response Spectrum*

Selanjutnya klik *Add New Function* akan muncul seperti ini dan diinput sesuai dengan perhitungan pada table 4.6 Periode Waktu.



Gambar 4.7 Tampilan *Response Spectrum Function Definition*

Berikut hasil tampilan kurva respon spektrum yang di tampilkan pada Gambar 4.8 berikut.



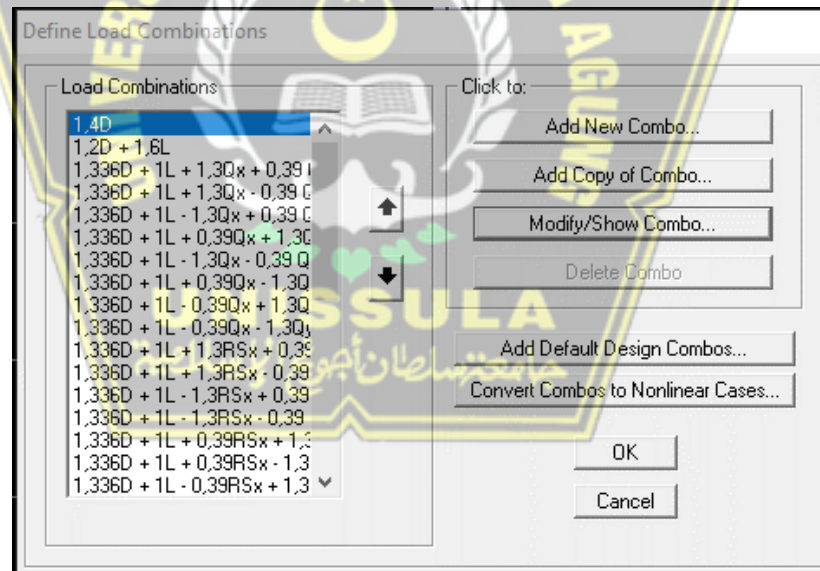
Gambar 4.8 Tampilan *Response Spectrum Function Definition*

4.6.3. Kombinasi Pembebanan

1.	1,4	D						
2.	1,2	D + 1,6	L					
3.	1,336	D + 1	L + 1,3	EQx + 0,39	EQy			
4.	1,336	D + 1	L + 1,3	EQx - 0,39	EQy			
5.	1,336	D + 1	L - 1,3	EQx + 0,39	EQy			
6.	1,336	D + 1	L - 1,3	EQx - 0,39	EQy			
7.	1,336	D + 1	L + 0,39	EQx + 1,3	EQy			
8.	1,336	D + 1	L + 0,39	EQx - 1,3	EQy			
9.	1,336	D + 1	L - 0,39	EQx + 1,3	EQy			
10.	1,336	D + 1	L - 0,39	EQx - 1,3	EQy			
11.	1,336	D + 1	L + 1,3	RSx + 0,39	RSy			
12.	1,336	D + 1	L + 1,3	RSx - 0,39	RSy			
13.	1,336	D + 1	L - 1,3	RSx + 0,39	RSy			
14.	1,336	D + 1	L - 1,3	RSx - 0,39	RSy			
15.	1,336	D + 1	L + 0,39	RSx + 1,3	RSy			
16.	1,336	D + 1	L + 0,39	RSx - 1,3	RSy			
17.	1,336	D + 1	L - 0,39	RSx + 1,3	RSy			
18.	1,336	D + 1	L - 0,39	RSx - 1,3	RSy			
19.	0,764	D + 1,3	EQx + 0,39	EQy				
20.	0,764	D + 1,3	EQx - 0,39	EQy				
21.	0,764	D + 1,3	EQx + 0,39	EQy				
22.	0,764	D + 1,3	EQx - 0,39	EQy				

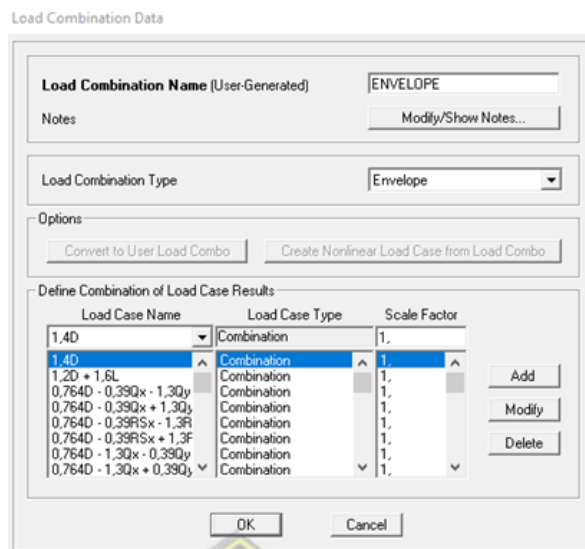
23.	0,764	D +	0,39	EQx +	1,3	EQy
24.	0,764	D +	0,39	EQx -	1,3	EQy
25.	0,764	D +	0,39	EQx +	1,3	EQy
26.	0,764	D +	0,39	EQx -	1,3	EQy
27.	0,764	D +	1,3	RSx +	0,39	RSy
28.	0,764	D +	1,3	RSx -	0,39	RSy
29.	0,764	D +	1,3	RSx +	0,39	RSy
30.	0,764	D +	1,3	RSx -	0,39	RSy
31.	0,764	D +	0,39	RSx +	1,3	RSy
32.	0,764	D +	0,39	RSx -	1,3	RSy
33.	0,764	D +	0,39	RSx +	1,3	RSy
34.	0,764	D +	0,39	RSx -	1,3	RSy

Langkah selanjutnya yaitu memasukkan kombinasi pembebanan tersebut dengan cara klik *Define* → *Define Load Combination*, maka akan muncul kotak dialog. Input sesuai dengan perhitungan seperti yang ditampilkan pada gambar 4.9 berikut.



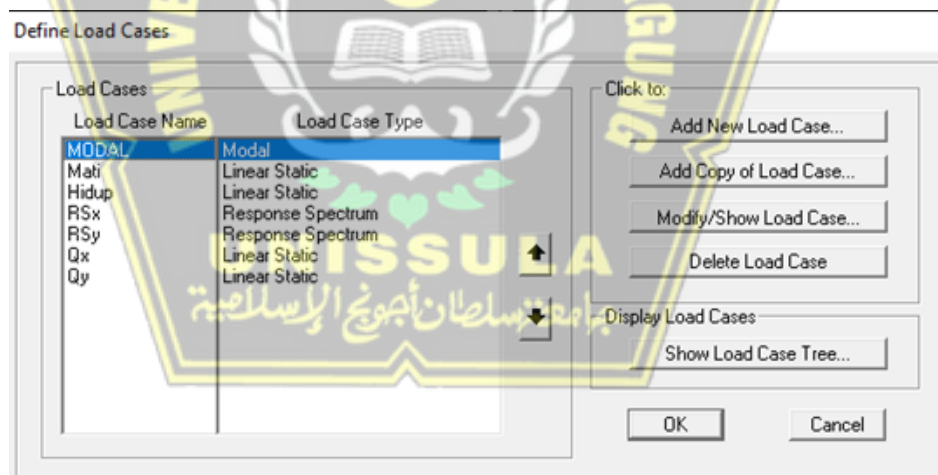
Gambar 4.9 Tampilan *Define Load Combination*

Selanjutnya klik *Add New Combo* → input beban yang telah di desain semua dengan diberi nama *ENVELOPE* seperti yang ditampilkan pada gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Tampilan *Load Combination Data*

Langkah selanjutnya yaitu mendefinisikan beban yang bekerja dengan cara klik *Define* → *Define Load Cases*, maka akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Tampilan *Define Load Cases*

Selanjutnya klik *Add New Function* input beban RSx dan RSy yang telah di desain. Kemudian klik *Modify/Show Load Case* seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: RSx Notes: Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination:

- CQC GMC f1: 1.0
- SRSS GMC f2: 0.0
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

 Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination:

- SRSS
- Absolute

 Scale Factor:

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	UNIFRS	9.81
Accel	U1	UNIFRS	9.81

Buttons: Add, Modify, Delete

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0.05

Buttons: OK, Cancel

Gambar 4.12 Tampilan Load Case Data – Response Spectrum

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: RSy Notes: Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination:

- CQC GMC f1: 1.0
- SRSS GMC f2: 0.0
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

 Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination:

- SRSS
- Absolute

 Scale Factor:

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	UNIFRS	9.81
Accel	U2	UNIFRS	9.81

Buttons: Add, Modify, Delete

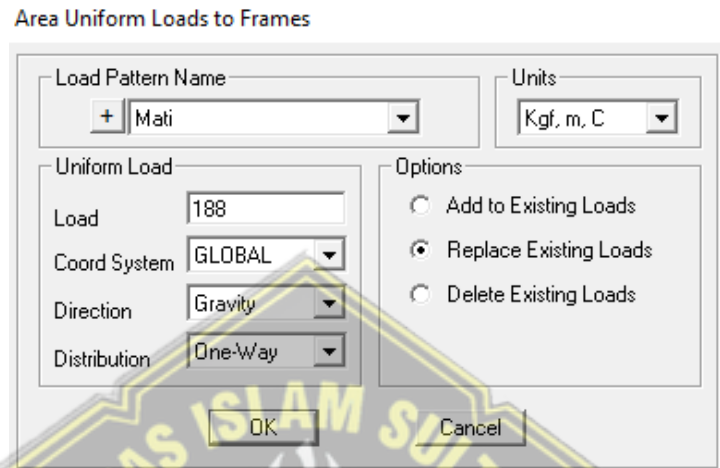
Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0.05

Buttons: OK, Cancel

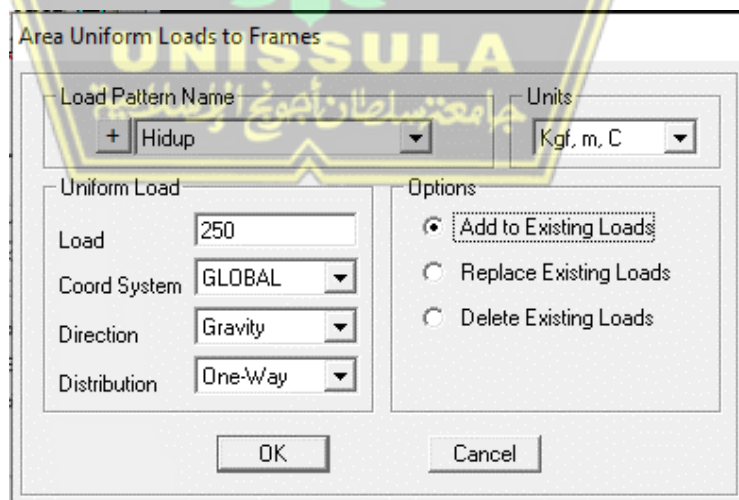
Gambar 4.13 Tampilan Load Case Data – Response Spectrum

Selanjutnya mendefinisikan beban mati yang bekerja dengan cara klik Area yang akan dibebani *Assign* → *Area Loads* → *Uniform to Frame (Shell)*, maka akan muncul kotak dialog. Input sesuai dengan Analisa seperti pada gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.14 Tampilan *Area Uiform Loads to Frame*

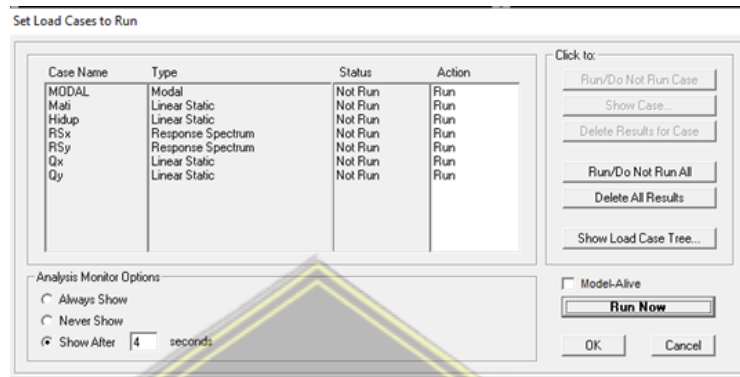
Mendefinisikan beban hidup yang bekerja dengan cara klik Area yang akan dibebani *Assign* → *Area Loads* → *Uniform to Frame (Shell)*, maka akan muncul kotak dialog seperti pada gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Tampilan *Area Uniform Loads to Frames*

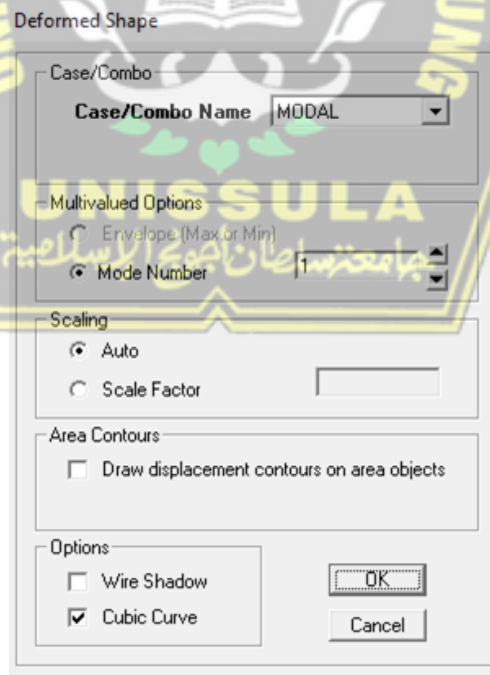
4.7. Analisa Hasil Perencanaan

Menganalisa desain struktur gedung dengan cara klik *Analyze* → *Run Analyze* → *Run Now*, maka akan muncul kotak dialog seperti ditunjukkan pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Tampilan *Select Load Case to Run*

Menganalisa *deform Shape* struktur gedung dengan cara klik *Display* → *Show Deformed* → *MODAL*, maka akan muncul kotak dialog. Analisa aman apabila nilai *Deform* diantara 1 s.d 2.



Gambar 4.17 Tampilan *Deformed Shape*

4.7.1. Perhitungan Periode Getar

Berdasarkan SNI 1726-2012, periode fundamental struktur dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan property struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil koefisien Batasan atas pada periode yang dihitung (C_t). berikut nilai C_t dan x yang ditunjukkan pada table 4.7.

Tabel 4. 7 Koefisien C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Tabel 4. 8 Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period
			Sec
MODAL	Mode	1	1,137614
MODAL	Mode	2	1,090733

Tabel 4. 9 Perbandingan Periode Getar

$T_{max} =$	1,573	detik
$T_{min} =$	1,124	detik
$T_{cx} =$	1,138	detik
$T_x =$	1,138	detik
$T_{cy} =$	1,138	detik
$T_y =$	1,138	detik

4.7.2. Koefisien Respon Seismik (C_s)

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.8.1.1 penentuan koefisien respon seismic suatu bangunan sama seperti penentuan periode getar bangunan yaitu batasan nilai minimum dan nilai maksimum berdasarkan bangunannya seperti pada table 4.10

Tabel 4.10 Koefisien Respon Seismik (Cs)

Cs arah X	0,081	Cs arah Y	0,084
Cs minimum	0,045	Cs minimum	0,045
Cs maksimum	0,128	Cs maksimum	0,128
Cs yang dipakai	0,128	Cs yang dipakai	0,128

4.7.3. Gaya geser dasar seismik

Di dalam SNI 1726-2012 dijelaskan bahwa gaya geser seismik ditentukan dengan perkalian koefisien respon seismik dengan berat total gedung. Berikut perbandingan nilai gaya geser dasar statis dan dinamis yang ditunjukkan pada table 4.11.

Tabel 4.11 Gaya Geser Dasar Statis dan Dinamis

Base Shear	Dinamik Geser Dasar (kN)	Statik Geser Dasar (kN)	100% x Statik Geser Dasar (kN)	faktor skala $0,85 V_{statik} / V_{dinamik}$	Kontrol $V_d > 85\% \times V_s$
X Direction	999597	1026976	1026976	0,973	Memenuhi
Y Direction	1000189	1026976	1026976	0,974	Memenuhi

4.7.4. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

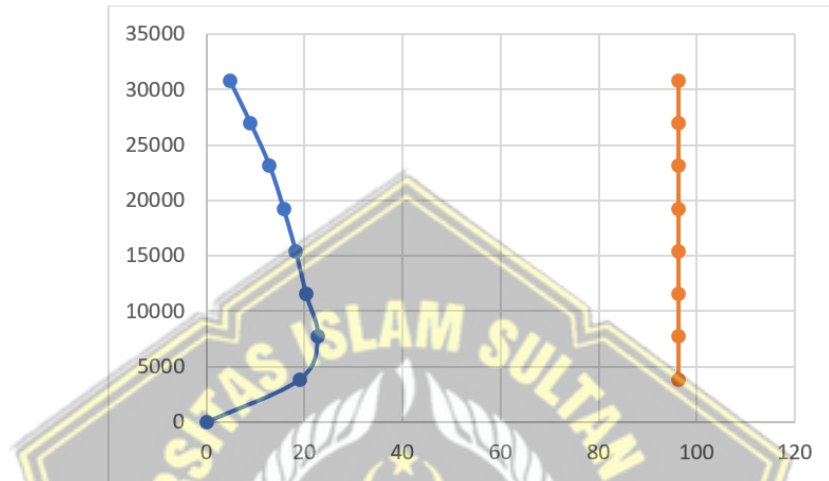
Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.3 gaya gempa lateral (F) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan. Dari hasil SAP diperoleh nilai simpangan antar lantai seperti ditunjukkan pada table 4.12.

Tabel 4.12 Tabel Analisa Distribusi Gempa Simpangan Antar Lantai

Lantai	H	X	Y	ΔX	ΔY	Δa (simp ijin)	Keterangan
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	3850	33,520	99,667	4,763	27,328	96,25	AMAN
8	3850	32,221	92,214	9,012	36,333	96,25	AMAN
7	3850	29,763	82,305	12,921	44,374	96,25	AMAN
6	3850	26,239	70,203	15,767	48,367	96,25	AMAN

5	3850	21,939	57,012	18,264	50,743	96,25	AMAN
4	3850	16,958	43,173	20,361	53,309	96,25	AMAN
3	3850	11,405	28,634	22,770	57,992	96,25	AMAN
2	3850	5,195	12,818	19,048	46,999	96,25	AMAN
1	0	0	0	0	0	0	AMAN

Kurva Simpangan Antar Lantai dengan tinggi antar lantai 3,85 m dan besarnya simpangan ijin tiap lantai yaitu 96,25 dapat dilihat pada Gambar 4.18 berikut.



Gambar 4.18 Kurva Simpangan Antar Lantai

4.7.5. Rasio Struktur

Dari data perencanaan struktur menggunakan SAP, diperoleh data rasio struktur pada table 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Rasio Struktur Hasil SAP2000

<i>TABLE : Steel Design 2 – PMM Detail – AISC-05-IBC2006</i>					
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Combo	Total Ratio
Text	Text	Text	Text	Text	Unitless
9	K 580x470x95x95	Column	No Messages	ENVELOPE	0,919804
221	K 580x470x95x95	Column	No Messages	ENVELOPE	0,915161
217	K 580x470x95x95	Column	No Messages	ENVELOPE	0,912679
3	K 580x470x95x95	Column	No Messages	ENVELOPE	0,912413
8	K 580x470x95x95	Column	No Messages	ENVELOPE	0,907153
7	K 580x470x95x95	Column	No Messages	ENVELOPE	0,906515
6	K 580x470x95x95	Column	No Messages	ENVELOPE	0,906248

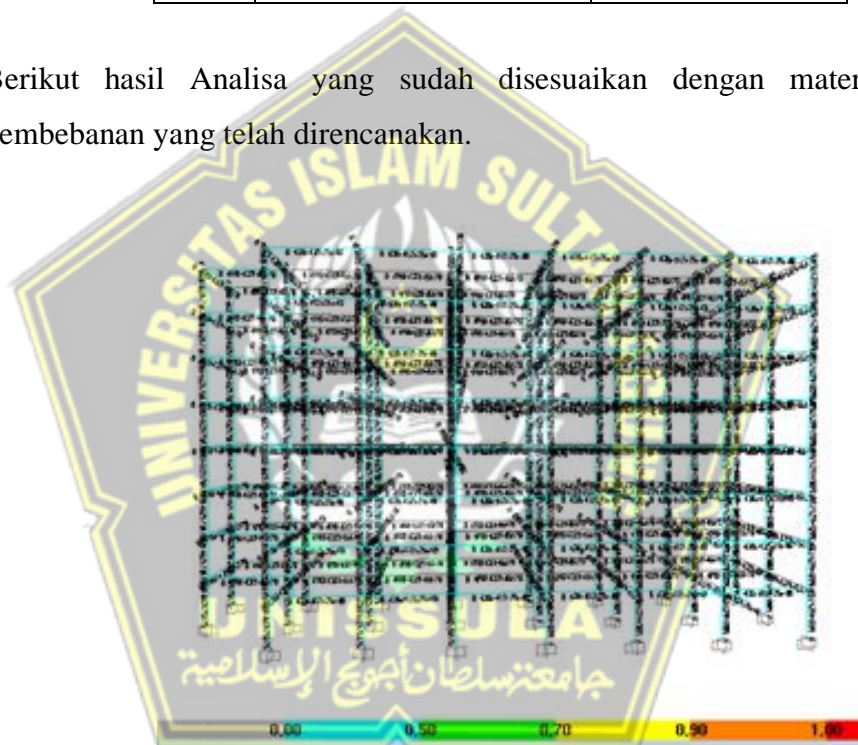
4.7.6. Hasil Pembebanan Dari SAP2000

Dari data perencanaan struktur menggunakan SAP, diperoleh data seperti tabel 4.7 berikut ini dengan dipilih beban terkecil, beban sedang, dan beban terberat.

Tabel 4.13 Beban Kolom

No	Kolom Tinjauan	Beban (ton)
1	Kolom 23	368,782
2	Kolom 91	447.964
3	Kolom 21	689,779

Berikut hasil Analisa yang sudah disesuaikan dengan material dan pembebanan yang telah direncanakan.



Gambar 4.19 Tampilan Pembebanan Struktur

4.8. Analisa Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

4.8.1. Daya Dukung Aksial Pondasi Satu Tiang (*Single Pile*)

Pada perencanaan proyek pembangunan Gedung Universitas 8 Lantai direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang dengan diameter sebesar 60 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) = 0,6 m
 - Panjang tiang (L) = 35 m
 - Luas selimut pondasi (As) = $\pi \times D$
= $3,14 \times 0,6$
= $1,886 \text{ m}^2$
 - Luas penampang (Ap) = $\frac{1}{4} \pi D^2$
= $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2$
= $0,283 \text{ m}^2$

4.8.2. Metode Meyerhoff (1956)

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

1. Daya Dukung Ujung Pondasi

Unrtuk mencari perhitungan daya dukung pondasi menggunakan rumus dengan metode *mayerhoff (1956)*.

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

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:

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

$$= 4 \times 0,6 + 35$$

$$= 37,4 \text{ m}$$

$$= \text{NSPT } 33 \text{ m} = 60$$

$$= \text{NSPT } 34 \text{ m} = 60$$

$$= \text{NSPT } 35 \text{ m} \quad = 60$$

$$= \text{NSPT rata rata} \quad = 60$$

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

$$= 35 - 8 \times 0,6$$

$$= 30,2 \text{ m}$$

$$= \text{NSPT } 30 \text{ m} \quad = 60$$

$$= \text{NSPT } 31 \text{ m} \quad = 60$$

$$= \text{NSPT } 32 \text{ m} \quad = 60$$

$$= \text{NSPT rata rata} \quad = 60$$

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

$$= (60 + 60) / 2$$

$$= 60$$

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

$$= 20 \times 60 \times 0,283$$

$$= 339,429 \text{ ton}$$

2. Daya Dukung Selimut

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

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

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:

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

$$\tilde{N} = 53,556$$

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,5 \times \tilde{N} \times A_s \\ &= 0,5 \times 53,556 \times 1.886 \\ &= 50,495 \text{ ton} \end{aligned}$$

3. Daya Dukung *Ultimit*

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

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 339,429 + 50,495 \\ &= 389,924 \text{ ton} \end{aligned}$$

4. Daya Dukung Yang Diiijinkan

$$\begin{aligned} Q_{\text{allowed}} &= Q_u / SF \text{ (SF menurut Mayerhoff = 3)} \\ &= 389,924 / 3 \\ &= 129,975 \text{ ton} \end{aligned}$$

Nilai daya dukung yang diijinkan dari perhitungan diatas diperoleh nilai sebesar 129,975 ton.

4.8.3. Daya Dukung *Lateral Metode Broms (1964)*

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*.

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

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

$$K_p = 3,044$$

Spesifikasi tiang pancang

$$D = 0,6 \text{ m}$$

$$L = 35 \text{ m}$$

$$F_c' = 350 \text{ kg/cm}^3 = 31,2 \text{ Mpa}$$

Kekakuan tiang pondasi

$$\begin{aligned} E &= 4700\sqrt{F_c'} \\ &= 4700\sqrt{31,2} \\ &= 26252,771 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= 1/12 \times b h^3 \\ &= 1/12 \times 0,6 \times 0,6^3 \\ &= 0,002 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai kekakuan dari pondasi tiang dibutuhkan nilai ηh yang didapat dari Tabel 2.2 nilai – nilai ηh untuk tanah kohesif.

Nilai ηh didapat 150 kN/m^2 , untuk faktor kekakuan tanah.

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

$$T = \left(\frac{26252,771 \times 0,0108}{1500} \right)^{1,5}$$

$$= 0,082$$

$$4T = 4 \times T$$

$$= 4 \times 0,082$$

$$= 0,328 \text{ m}$$

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

Cek keruntuhan tanah

$$\begin{aligned} M_{\max} &= D \times \gamma \times L^3 \times K_p \\ &= 0,4 \times 16 \times 45^3 \times 3,044 \\ &= 1.252.910 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Cek nilai H_u

$$\begin{aligned} F &= 0,82\sqrt{H_u/D} \times K_p \times \gamma \\ &= 0,82\sqrt{H_u} / 0,6 \times 3,044 \times 16 \\ &= 0,186 \sqrt{H_u} \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

$$H_{ijin} = H_u/3$$

$$= 839,979 / 3$$

$$= 279,993 \text{ kN}$$

Perhitungan pada tahanan lateral ijin adalah :

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

$$55 = \frac{H_u}{3,044 \times 16 \times 0,6^2}$$

$$H_u = 964,339 \text{ kN}$$

Jadi nilai $H_u > H_{ijin}$ yaitu $964,339 \text{ kN} > 279,993 \text{ kN}$ maka nilai H_u aman.

4.8.4. Daya Dukung Pondasi Tiang (*Group Pile*)

Untuk perhitungan menentukan jumlah tiang pancang (n) digunakan rumus dengan metode *Resse & Wright 1977*.

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

Dimana :

P = Beban bangunan pada kolom

Q_{all} = $Q_{allowable}$

$$\begin{aligned} - \text{ Pondasi V3} &= P/Q_{all} \\ &= 368,782 / 129,975 \\ &= 2,837 \\ &= 3 \text{ buah tiang} \end{aligned}$$

- Pondasi V4 = P/Q_{all}
 = $447,964 / 129,975$
 = 3,446
 = 4 buah tiang
- Pondasi V6 = P/Q_{all}
 = $689,779 / 129,975$
 = 5,307
 = 6 buah tiang

➤ Syarat jarak tiang pancang (as ke as)

Untuk menentukan jarak (as ke as) digunakan sesuai dengan SNI yaitu $2,5 \times \text{diameter tiang} - 3 \times \text{diameter tiang}$.

➤ 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. 7.

Tabel 4.13 Jarak (s)

Tipe Pondasi	Jarak Antar Tiang (m)	Jarak Tiang Ke Tepi (m)
V3	1,5	0,6
V4	1,5	0,6
V6	1,5	0,6

4.8.5. 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 :

- E_g = efisien kelompok tiang
 m = jumlah baris tiang
 n = jumlah tiang dalam satu baris
 θ = $\tan^{-1} (d/s)$
 d = diameter tiang
 s = Jarak pusat ke pusat tiang

4.8.6. Penurunan Elastis Pada Pondasi Spun Pile Tiang Tunggal Menggunakan Metode Vesic (1977)

Untuk mencari penurunan *elastis* pada pondasi 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 $Se_{(2)}$ diperoleh dari :

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

Nilai $Se_{(3)}$ diperoleh dari :

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

1. Perhitungan kapasitas dukung pondasi

$$Q_p = 339,429 \text{ ton}$$

$$Q_{wp} = 339,429 / 4$$

$$= 84,857 \text{ ton}$$

$$Q_s = 50,495 \text{ ton}$$

$$Q_{ws} = 50,495 / 4$$

$$= 12,624 \text{ ton}$$

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

$$L = 35 \text{ m}$$

$$d = 0,6 \text{ m}$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2$$

$$= 0,283 \text{ m}^2$$

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

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

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

$$= (0,93 + 0,283 \sqrt{35/0,6}) \times 0,03$$

$$= 0,067$$

$$q_p = \frac{Q_p}{A_p}$$

$$= \frac{339,429}{0,283} = 1200 \text{ (tahanan ultimate ujung tiang)}$$

2. Perhitungan elastisitas tiang tunggal :

$$Se_{(1)} = \frac{Q_{wp} + \xi \times Q_{ws}}{A_p E_p}$$

$$= \frac{84,857 + 0,67 \times 12,624}{0,283 \times 2,1 \times 10^6}$$

$$= 0,000157$$

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

$$= \frac{84,857 \times 0,03}{0,6 \times 1200}$$

$$= 0,003536$$

$$Se_{(3)} = \frac{Q_{wp} \times C_s}{L \times q_p}$$

$$= \frac{84,857 \times 0,67}{35 \times 1200}$$

$$= 0,000135$$

$$Se = 0,000157 + 0,003536 + 0,000135$$

$$= 0,003828 \text{ m}$$

$$= 0,004 \text{ m}$$

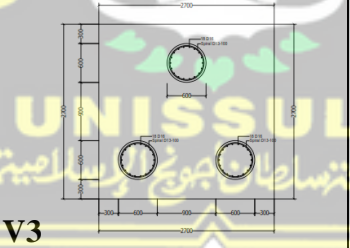
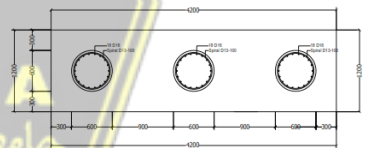
$$\begin{aligned}
 &= 3,828 \text{ mm} \\
 \text{Sijin} &= 10\% \times D \\
 &= 0,1 \times 0,6 \\
 &= 0,06 \text{ m} \\
 &= 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

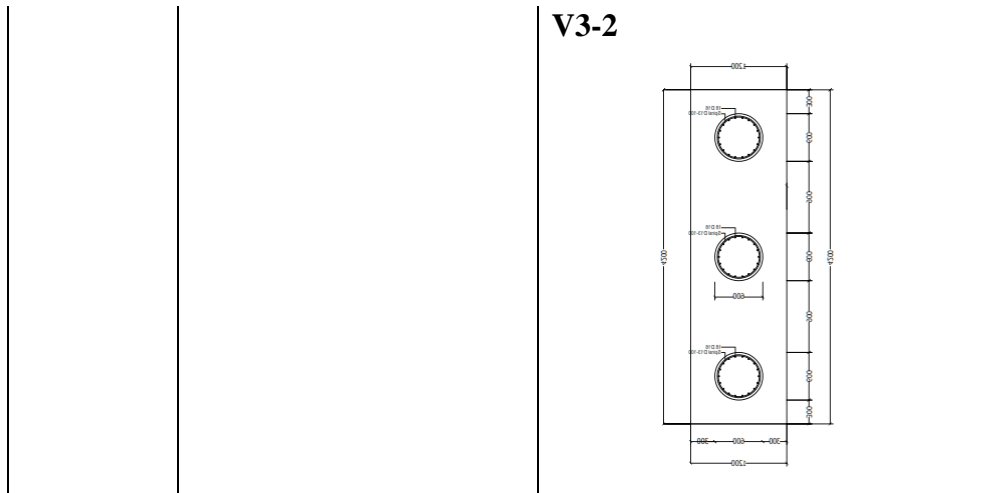
Total penurunan tiang tunggal lebih kecil dari syarat yang diijinkan, $S_e < S_{ijin}$ yaitu $3,828 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$, sehingga syarat terpenuhi.

4.9. Analisa Perencanaan Konfigurasi Pondasi Keompok Tiang

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.

4.9.1. Variasi Konfigurasi Pondasi 3 Tiang Konfigurasi Yang Direncanakan

Jumlah Tiang	Konfigurasi Tiang yang direncanakan	Variasi Konfigurasi Tiang yang direncanakan
3 Tiang	 <p>V3</p>	 <p>V3-1</p>



Gambar 4.20 Variasi konfigurasi 3 tiang 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)

- **Konfigurasi Pondasi V3**

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

Diketahui :

$$P = 168,782 \text{ ton}$$

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

$$D = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$m = 1$$

$$n = 3$$

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

$$= \theta \tan^{-1} (0,6/1,5)$$

$$= 21,8$$

$$Eg = 1 - \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \times 2 \times 2} \right) \times 21,8$$

$$= 0,758$$

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

$$= 3 \times 129,975 \times 0,758$$

$$= 886,427 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (group) > P = 886,427 \text{ ton} > 368,782 \text{ ton (OK)}$$

- **Konfigurasi Pondasi V3-1**

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

Diketahui :

$$P = 168,782 \text{ ton}$$

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

$$D = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$m = 1$$

$$n = 3$$

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

$$= \theta \tan^{-1} (0,6/1,5)$$

$$= 21,8$$

$$Eg = 1 - \left(\frac{(1-1)3 + (3-1)1}{90 \times 1 \times 3} \right) \times 21,8$$

$$= 0,839$$

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

$$= 3 \times 129,975 \times 0,839$$

$$= 980,875 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (group) > P = 980,875 \text{ ton} > 368,782 \text{ ton (Oke)}$$

- **Konfigurasi Pondasi V3-2**

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

Diketahui :

$$P = 168,782 \text{ ton}$$

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

$$D = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$m = 3$$

$$n = 1$$

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

$$= \theta \tan^{-1} (0,6/1,5)$$

$$= 21,8$$

$$Eg = 1 - \left(\frac{(3-1)1 + (1-1)3}{90 \times 3 \times 1} \right) \times 21,8$$

$$= 0,839$$

$$\begin{aligned}
 Q_{all} (group) &= n \times Q_{allowed} \times E_g \\
 &= 3 \times 129,975 \times 0,839 \\
 &= 980,875 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$Q_{all} (group) > P = 980,875 \text{ ton} > 368,782 \text{ ton (Oke)}$$

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

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

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

Dimana :

S_g = Penurunan pondasi pada tiang kelompok (m)

S_e = Total penurunan tiang pancang (m)

B_g = Lebar kelompok tiang (m)

D = Diameter (m)

- Konfigurasi Pondasi V3

Diketahui :

$$S_e = 0,004 \text{ m}$$

$$B_g = 2,1 \text{ m}$$

$$D = 0,6$$

$$\begin{aligned}
 S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\
 &= 0,004 \times \sqrt{\frac{2,1}{0,6}} \\
 &= 0,007 \text{ m} \\
 &= 7,162 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada pondasi V3 adalah 7,162 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah $S_g < S_{ijin}$, maka penurunan pada V3 memenuhi karena $7,162 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$.

- **Konfigurasi Pondasi V3-1**

Diketahui :

$$S_e = 0,004 \text{ m}$$

$$B_g = 2,1 \text{ m}$$

$$D = 0,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\ &= 0,004 \times \sqrt{\frac{0,6}{0,6}} \\ &= 0,003 \text{ m} \\ &= 3,828 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada pondasi V3-1 adalah 3,828 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah $S_g < S_{\text{ijin}}$, maka penurunan pada V3-1 memenuhi karena $3,828 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$.

- **Konfigurasi Pondasi V3-2**

Diketahui :

$$S_e = 0,004 \text{ m}$$

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

$$D = 0,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\ &= 0,004 \times \sqrt{\frac{3,6}{0,6}} \\ &= 0,009 \text{ m} \\ &= 9,377 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada pondasi V3-2 adalah 9,377 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah $S_g < S_{\text{ijin}}$, maka penurunan pada V3-1 memenuhi karena $9,377 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$.

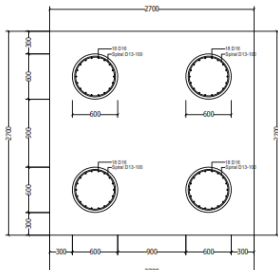
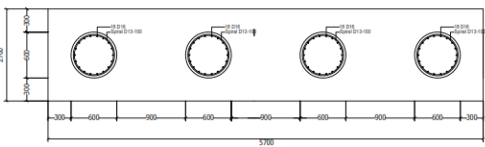
Berikut adalah Tabel perhitungan efisiensi dan penurunan pada pondasi 3 tiang serta variasinya dapat dilihat pada Tabel 4.14

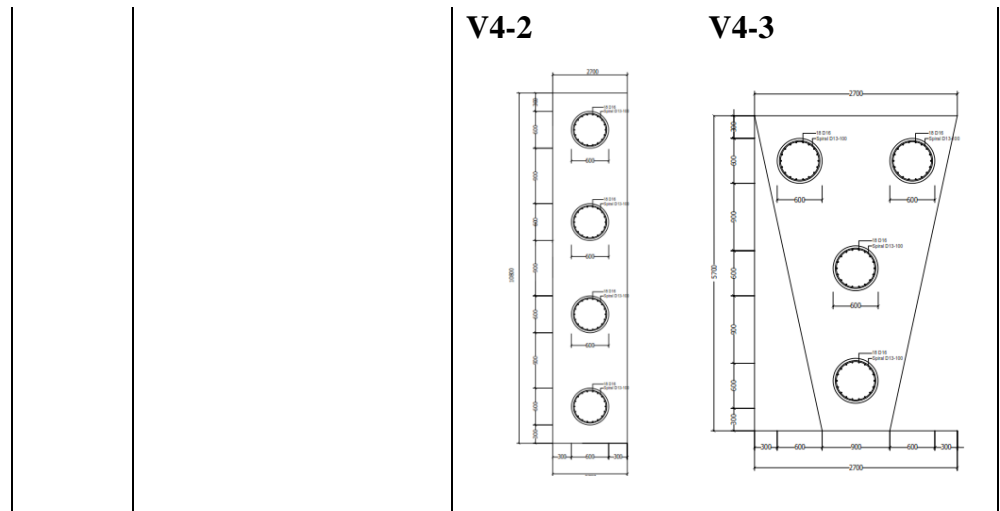
Tabel 4.14 Hasil perbandingan konfigurasi 3 tiang

Konfigurasi 3 tiang	Efisiensi Tiang (Eg)	Daya Dukung Kelompok (Qall) (ton)	Daya Dukung Ijin Kelompok (Qallowed) (ton)	Penurunan kelompok (Sg) (m)	Beban struktur yang di tanggung (P Max) (ton)
V3	0,758	886,427	295,476	0,007	368,782
V3-1	0,839	980,875	326,958	0,004	
V3-2	0,839	980,875	326,958	0,009	

Hasil dari Tabel 4.14 dapat dilihat bahwa susunan konfigurasi 3 tiang yang memiliki daya dukung paling besar berada pada susunan konfigurasi V3-1 dan V3-2 sebesar 980,875 ton, dan penurunan kelompok (Sg) terkecil didapat pada konfigurasi pondasi V3-1 sebesar 0,004 m. Dari penjabaran diatas dapat disimpulkan bahwa susunan konfigurasi mempengaruhi daya dukung dan penurunan kelompok tiang. Dan juga daya dukung pada pondasi V3, V3-1, V3-2 memenuhi syarat aman terhadap beban struktur yang ditanggung untuk perencanaan desain pondasi karena $Q_{all} (group)$ lebih besar dari beban P, yaitu $980,875 \text{ ton} > 368,782 \text{ ton}$.

4.9.2. Variasi Konfigurasi Pondasi 4 Tiang Konfigurasi Yang Direncanakan

Jumlah Tiang	Konfigurasi Tiang yang direncanakan	Variasi Konfigurasi Tiang yang direncanakan
4 Tiang	V4 	V4-1 



Gambar 4.21 Variasi konfigurasi 4 tiang 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)

- Konfigurasi Pondasi V4

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

Diketahui :

$$P = 247,964 \text{ ton}$$

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

$$D = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$m = 1$$

$$n = 4$$

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

$$= \theta \tan^{-1} (0,6/1,5)$$

$$= 21,8$$

$$E_g = 1 - \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \times 2 \times 2} \right) \times 21,8$$

$$= 0,758$$

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

$$= 4 \times 129,975 \times 0,758$$

$$= 1181,902 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (group) > P = 1181,902 \text{ ton} > 447,964 \text{ ton (OK)}$$

- **Konfigurasi Pondasi V4-1**

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

Diketahui :

$$P = 247,964 \text{ ton}$$

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

$$D = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$m = 1$$

$$n = 4$$

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

$$= \theta \tan^{-1} (0,6/1,5)$$

$$= 21,8$$

$$E_g = 1 - \left(\frac{(1-1)4 + (4-1)1}{90 \times 1 \times 4} \right) \times 21,8$$

$$= 0,818$$

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

$$= 4 \times 129,975 \times 0,818$$

$$= 1276,351 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (group) > P = 1276,351 \text{ ton} > 447,964 \text{ ton (OK)}$$

- **Konfigurasi Pondasi V4-2**

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

Diketahui :

$$P = 247,964 \text{ ton}$$

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

$$D = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$m = 4$$

$$n = 1$$

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

$$= \theta \tan^{-1} (0,6/1,5)$$

$$= 21,8$$

$$Eg = 1 - \left(\frac{(4-1)^1 + (1-1)^4}{90 \times 4 \times 1} \right) \times 21,8$$

$$= 0,818$$

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

$$= 4 \times 129,975 \times 0,818$$

$$= 1276,351 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (group) > P = 1276,351 \text{ ton} > 447,964 \text{ ton (OK)}$$

- **Konfigurasi Pondasi V4-3**

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

Diketahui :

$$P = 247,964 \text{ ton}$$

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

$$D = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$m = 3$$

$$n = 2$$

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

$$= \theta \tan^{-1} (0,6/1,5)$$

$$= 21,8$$

$$Eg = 1 - \left(\frac{(3-1)^2 + (2-1)^3}{90 \times 3 \times 2} \right) \times 21,8$$

$$= 0,717$$

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

$$= 4 \times 129,975 \times 0,717$$

$$= 1118,937 \text{ ton}$$

$$Q_{all} (group) > P = 1118,937 \text{ ton} > 447,964 \text{ ton (OK)}$$

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

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

- **Konfigurasi Pondasi V4**

Diketahui :

$$S_e = 0,004 \text{ m}$$

$$B_g = 2,1 \text{ m}$$

$$D = 0,6$$

$$\begin{aligned} S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\ &= 0,004 \times \sqrt{\frac{2,1}{0,6}} \\ &= 0,007 \text{ m} \\ &= 7,162 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada pondasi V4 adalah 7,162 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah $S_g < S_{\text{ijin}}$, maka penurunan pada V4 terpenuhi karena $7,162 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$ (OKE)

- **Pondasi V4-1**

Diketahui :

$$S_e = 0,004 \text{ m}$$

$$B_g = 0,6 \text{ m}$$

$$D = 0,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\ &= 0,004 \times \sqrt{\frac{0,6}{0,6}} \\ &= 0,004 \text{ m} \\ &= 3,828 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada pondasi V4-1 adalah 3,828 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah $S_g < S_{\text{ijin}}$, maka penurunan pada V4-1 terpenuhi karena $3,828 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$ (OKE)

- **Pondasi V4-2**

Diketahui :

$$S_e = 0,004 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 B_g &= 5,1 \text{ m} \\
 D &= 0,6 \text{ m} \\
 S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\
 &= 0,004 \times \sqrt{\frac{5,1}{0,6}} \\
 &= 0,011 \text{ m} \\
 &= 11,160 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada pondasi V4-2 adalah 11,160 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah $S_g < S_{ijin}$, maka penurunan pada V4-2 terpenuhi karena $11,160 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$ (OKE)

- **Pondasi V4-3**

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 S_e &= 0,004 \text{ m} \\
 B_g &= 3,6 \text{ m} \\
 D &= 0,6 \text{ m} \\
 S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\
 &= 0,004 \times \sqrt{\frac{3,6}{0,6}} \\
 &= 0,009 \text{ m} \\
 &= 9,377 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada pondasi V4-3 adalah 9,377mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah $S_g < S_{ijin}$, maka penurunan pada V4-3 terpenuhi karena $9,377 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$ (OKE)

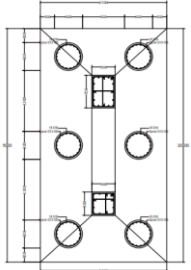
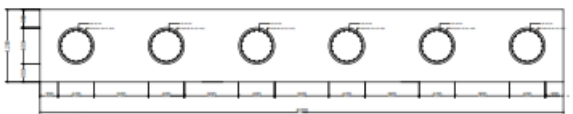
Berikut adalah Tabel perhitungan efisiensi dan penurunan pada pondasi 4 tiang serta variasinya dapat dilihat pada Tabel 4.15.

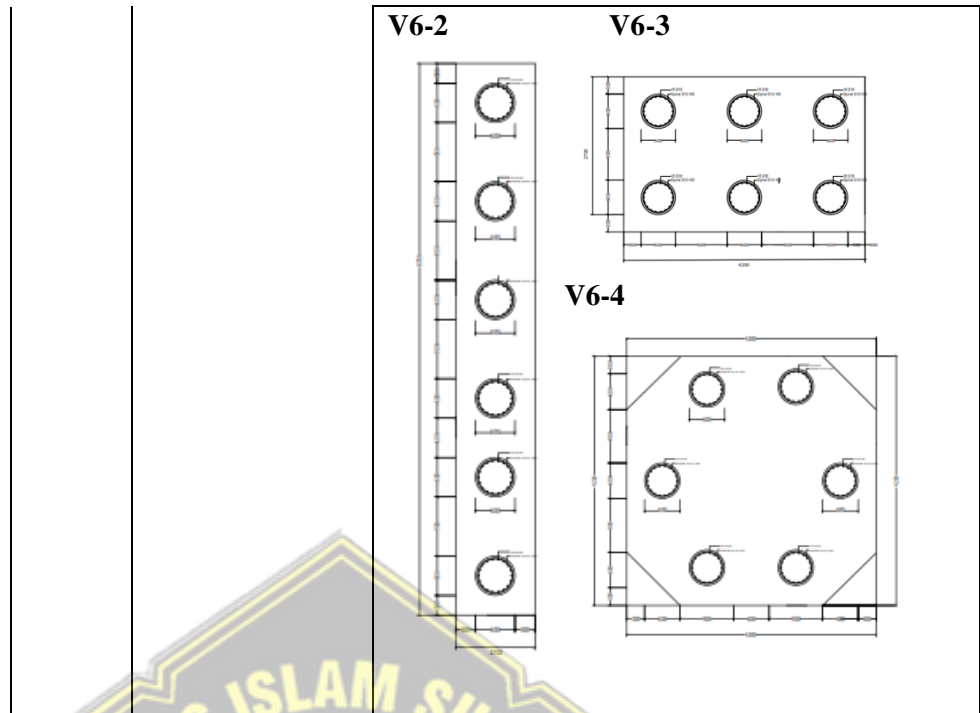
Tabel 4.15 Hasil perbandingan konfigurasi 4 tiang

Konfigurasi 4 tiang	Efisiensi Tiang (Eg)	Daya Dukung Kelompok (<i>Qall</i>) (ton)	Daya Dukung Ijin Kelompok (<i>Qallowed</i>) (ton)	Penurunan kelompok (Sg) (m)	Beban struktur yang di tanggung (<i>P Max</i>) (ton)
V4	0,758	1181,902	393,967	0,007	447,964
V4-1	0,818	1276,351	425,450	0,004	
V4-2	0,818	1276,351	425,450	0,011	
V4-3	0,717	1118,937	372,979	0,009	

Hasil dari Tabel 4.15 dapat dilihat bahwa susunan konfigurasi 4 tiang yang memiliki daya dukung paling besar berada pada susunan konfigurasi V4-1 dan V4-2 sebesar 1276,351 ton, dan penurunan kelompok (Sg) terkecil didapat pada konfigurasi pondasi V4-1 sebesar 0,004 m. Dari penjabaran diatas dapat disimpulkan bahwa susunan konfigurasi mempengaruhi daya dukung dan penurunan kelompok tiang. Dan juga daya dukung pada pondasi V4, V4-1, V4-2, dan V4-3 memenuhi syarat aman terhadap beban struktur yang ditanggung untuk perencanaan desain pondasi karena *Qall (group)* lebih besar dari beban P, yaitu 1181,902 ton > 447,964 ton.

4.9.3. Variasi Konfigurasi Pondasi 6 Tiang Konfigurasi Yang Direncanakan

Jumlah Tiang	Konfigurasi Tiang yang direncanakan	Variasi Konfigurasi Tiang yang direncanakan
6 Tiang	<p>V6</p> 	<p>V6-1</p> 



Gambar 4.22 Variasi konfigurasi 6 tiang 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 V6

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

Diketahui :

P = 689,779 ton

S = 1500 mm = 1,5 m

D = 60 cm = 0,6 m

m = 1

n = 6

$\theta = \tan^{-1} (d/s)$
 $= \theta \tan^{-1} (0,6/1,5)$
 $= 21,8$

$E_g = 1 - \left(\frac{(3-1)2 + (2-1)3}{90 \times 2 \times 3} \right) \times 21,8$
 $= 0,717$

$$\begin{aligned}
 Q_{all} (group) &= n \times Q_{allowed} \times E_g \\
 &= 6 \times 129,975 \times 0,717 \\
 &= 1678,405 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$Q_{all} (group) > P = 1678,405 \text{ ton} > 689,779 \text{ ton (OK)}$$

- **Pondasi V6-1**

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

Diketahui :

$$P = 689,779 \text{ ton}$$

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

$$D = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$m = 1$$

$$n = 6$$

$$\begin{aligned}
 \theta &= \tan^{-1} (d/s) \\
 &= \theta \tan^{-1} (0,6/1,5) \\
 &= 21,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_g &= 1 - \left(\frac{(1-1)6 + (6-1)1}{90 \times 1 \times 6} \right) \times 21,8 \\
 &= 0,798
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{all} (group) &= n \times Q_{allowed} \times E_g \\
 &= 6 \times 129,975 \times 0,798 \\
 &= 1867,302 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$Q_{all} (group) > P = 1867,302 \text{ ton} > 689,779 \text{ ton (OK)}$$

- **Pondasi V6-2**

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

Diketahui :

$$P = 689,779 \text{ ton}$$

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

$$D = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$m = 6$$

$$n = 1$$

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1} (d/s) \\ &= \theta \tan^{-1} (0,6/1,5) \\ &= 21,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Eg} &= 1 - \left(\frac{(6-1)^1 + (1-1)^6}{90 \times 6 \times 1} \right) \times 21,8 \\ &= 0,798\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Qall (group)} &= n \times \text{Q}_{\text{allowed}} \times \text{Eg} \\ &= 6 \times 129,975 \times 0,798 \\ &= 1867,302 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\text{Qall (group)} > P = 1867,302 \text{ ton} > 689,779 \text{ ton (OK)}$$

- **Pondasi V6-3**

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

Diketahui :

$$P = 689,779 \text{ ton}$$

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

$$D = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

$$m = 2$$

$$n = 3$$

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1} (d/s) \\ &= \theta \tan^{-1} (0,6/1,5) \\ &= 21,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Eg} &= 1 - \left(\frac{(2-1)^3 + (3-1)^2}{90 \times 2 \times 3} \right) \times 21,8 \\ &= 0,717\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Qall (group)} &= n \times \text{Q}_{\text{allowed}} \times \text{Eg} \\ &= 6 \times 129,975 \times 0,717 \\ &= 1678,405 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\text{Qall (group)} > P = 1678,405 \text{ ton} > 689,779 \text{ ton (OK)}$$

- **Pondasi V6-4**

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

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 P &= 689,779 \text{ ton} \\
 S &= 1500 \text{ mm} = 1,5 \text{ m} \\
 D &= 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m} \\
 m &= 3 \\
 n &= 4 \\
 \theta &= \tan^{-1} (d/s) \\
 &= \theta \tan^{-1} (0,6/1,5) \\
 &= 21,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_g &= 1 - \left(\frac{(3-1)^4 + (4-1)^3}{90 \times 3 \times 4} \right) \times 21,8 \\
 &= 0,657
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{all} (\text{group}) &= n \times Q_{allowed} \times E_g \\
 &= 6 \times 129,975 \times 0,657 \\
 &= 1536,733 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$Q_{all} (\text{group}) > P = 1536,733 \text{ ton} > 689,779 \text{ ton (OK)}$$

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

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

- Konfigurasi Pondasi V6

Diketahui :

$$S_e = 0,004 \text{ m}$$

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

$$D = 0,6$$

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

$$= 0,004 \times \sqrt{\frac{3,6}{0,6}}$$

$$= 0,009 \text{ m}$$

$$= 9,377 \text{ mm}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada pondasi V6 adalah 9,377 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah $S_g < S_{\text{ijin}}$, maka penurunan pada V6 terpenuhi karena $9,377 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$ (OKE)

- Konfigurasi Pondasi V6-1

Diketahui :

$$S_e = 0,004 \text{ m}$$

$$B_g = 0,6 \text{ m}$$

$$D = 0,6$$

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

$$= 0,004 \times \sqrt{\frac{0,6}{0,6}}$$

$$= 0,004 \text{ m}$$

$$= 3,828 \text{ mm}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada pondasi V6-1 adalah 3,828 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah $S_g < S_{\text{ijin}}$, maka penurunan pada V6-1 terpenuhi karena $3,828 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$ (OKE)

- Konfigurasi Pondasi V6-2

Diketahui :

$$S_e = 0,004 \text{ m}$$

$$B_g = 8,1 \text{ m}$$

$$D = 0,6 \text{ m}$$

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

$$= 0,004 \times \sqrt{\frac{8,1}{0,6}}$$

$$= 0,014 \text{ m}$$

$$= 14,065 \text{ mm}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada pondasi V6-2 adalah 14,065 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah $S_g < S$ ijin , maka penurunan pada V6-2 terpenuhi karena $14,065 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$ (OKE)

- **Konfigurasi Pondasi V6-3**

Diketahui :

$$S_e = 0,004 \text{ m}$$

$$B_g = 2,1 \text{ m}$$

$$D = 0,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\ &= 0,004 \times \sqrt{\frac{2,1}{0,6}} \\ &= 0,007 \text{ m} \\ &= 7,162 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada pondasi V6-3 adalah 7,162 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah $S_g < S$ ijin , maka penurunan pada V6-3 terpenuhi karena $7,162 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$ (OKE)

- **Konfigurasi Pondasi V6-4**

Diketahui :

$$S_e = 0,004 \text{ m}$$

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

$$D = 0,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} S_g &= S_e \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\ &= 0,004 \times \sqrt{\frac{3,6}{0,6}} \\ &= 0,009 \text{ m} \\ &= 9,377 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada pondasi V6-4 adalah 9,377 mm karena syarat penurunan yang diijinkan adalah $S_g < S$ ijin , maka penurunan pada V6-4 terpenuhi karena $9,377 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$ (OKE)

Berikut adalah Tabel perhitungan efisiensi dan penurunan pada pondasi 6 tiang serta variasinya dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil perbandingan konfigurasi 6 tiang

Konfigurasi 6 tiang	Efisiensi Tiang (Eg)	Daya Dukung Kelompok (Qall) (ton)	Daya Dukung Ijin Kelompok (Qallowed) (ton)	Penurunan kelompok (Sg) (m)	Beban struktur yang di tanggung (P Max) (ton)
V6	0,717	1678,405	559,468	0,009	689,779
V6-1	0,798	1867,302	622,434	0,004	
V6-2	0,798	1867,302	622,434	0,014	
V6-3	0,717	1678,405	559,468	0,007	
V6-4	0,657	1536,733	512,244	0,009	

Hasil dari Tabel 4.16 dapat dilihat bahwa susunan konfigurasi 6 tiang yang memiliki daya dukung paling besar berada pada susunan konfigurasi V6-1 dan V6-2 sebesar 1867,302 ton, dan penurunan kelompok (Sg) terkecil didapat pada konfigurasi pondasi V6-1 sebesar 0,004 m. Dari penjabaran diatas dapat disimpulkan bahwa susunan konfigurasi mempengaruhi daya dukung dan penurunan kelompok tiang. Dan juga daya dukung pada pondasi V6, V6-1, V6-2, V6-3, dan V6-4 memenuhi syarat aman terhadap beban struktur yang ditanggung untuk perencanaan desain pondasi karena *Qall (group)* lebih besar dari beban P, yaitu 1181,902 ton > 689,779 ton.

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Konfigurasi Kelompok Pondasi Tiang Pada Gedung Struktur Baja” mendapatkan hasil sebagai berikut:

1. Spesifikasi material yang digunakan pada perencanaan bangunan Gedung struktur baja ini menggunakan balok dengan profil IWF 438 x 412 x 25 x 40, kolom dengan profil IWF 538 x 477 x 90 x 90 dan IWF 508 x 462 x 75 x 75 dengan mutu F_y 50 Mpa. Untuk plat lantai menggunakan dimensi 15x15 cm dengan material beton bertulang, dan untuk dinding menggunakan material batu bata.
2. Hasil pembebanan struktur pada kolom, didapatkan pada analisa menggunakan program SAP 2000 dengan di ambil sampel beban terkecil yaitu pada kolom 23 dengan beban 368,782 ton, beban sedang yang terdapat pada kolom 91 yaitu 447,964 ton, dan beban terberat pada kolom 21 dengan beban 689,779 ton.
3. Hasil simpangan ijin antar lantai yang diperoleh dari lantai 1 sampai dengan lantai 8 termasuk ke dalam kategori “AMAN”
4. Hasil analisa konfigurasi kelompok tiang diperoleh kesimpulan seperti berikut ini :
 - Susunan konfigurasi 3 tiang yang memiliki daya dukung paling besar berada pada susunan konfigurasi V3-1 dan V3-2, dan penurunan kelompok tiang (Sg) terkecil didapat pada konfigurasi pondasi V3-1.
 - Susunan konfigurasi 4 tiang yang memiliki daya dukung paling besar berada pada susunan konfigurasi V4-1 dan V4-2. Dan penurunan kelompok tiang (Sg) terkecil didapat pada konfigurasi pondasi V4-1.
 - Susunan konfigurasi 6 tiang yang memiliki daya dukung paling besar berada pada susunan konfigurasi V6-1 dan V6-2. Dan penurunan kelompok tiang (Sg) terkecil didapat pada konfigurasi pondasi V6-1.

- Daya dukung pada pondasi V3, V3-1, V3-2, V4, V4-1, V4-2, V4-3, V6, V6-1, V6-2, V6-3, dan V6-4 memenuhi syarat aman terhadap beban struktur yang ditanggung untuk perencanaan desain pondasi karena $Q_{all} (group) > \text{beban } P$.

5.2. Saran

Dari Laporan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Konfigurasi Kelompok Pondasi Tiang Pada Gedung Struktur Baja” memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Lokasi proyek yang ditinjau harus jelas karena diperlukan titik koordinat dalam merencanakan pembebanan gempa.
2. Perhitungan beban gempa respon spektrum sebaiknya dilakukan dengan cara manual juga agar bisa saling kontrol dan koreksi terhadap hasil perhitungannya.
3. Kapasitas beban yang dipikul struktur harus diperhatikan dengan penggunaan materialnya agar sesuai.



DAFTAR PUSTAKA

- Zahir. (2016, March 01). Definisi Struktur dan Konstruksi Bangunan Terlengkap. <https://blog-mue.blogspot.com/2016/03/definisi-struktur-dan-konstruksi.html>
- H, Nadilla Dwi. (2019). Struktur Dalam Bangunan. Biro Penerbit Teknik Sipil FT UGM
<https://bptsugm.com/struktur-dalam-bangunan/>
- Seputar Teknik Sipil (2017, October 22). Deskripsi Pembebanan Pada Gedung
<https://www.situstekniksipil.com/2017/10/deskripsi-pembebanan-pada-gedung.html>
- Exe, Riza (2013, August 18). Tahap Perencanaan Bangunan Bertingkat. Perencanaan Struktur
<http://www.perencanaanstruktur.com/2011/08/tahap-perencanaan-bangunan-bertingkat.html>
- Praja, Baskoro Abdi. (2020, April 04). Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung. PT. Eticon Rekayasa Teknik.
<https://eticon.co.id/beban-minimum-perancangan-bangunan-gedung/>
- Rahardi, Ilham. (2020). Pengaruh Bangunan Struktur Baja pada Bangunan 2 Tingkat Sebagai Bangunan yang Hemat Biaya Studi. IMAJI Vol. 9 No. 6 Desember 2020.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/imaji/issue/download/1506/102>
- Dewabroto, Wiryanto. (2016). *Struktur Baja : Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010 Edisi ke-2*. Penerbit Jurusan Teknik Sipil UPH LUMINA Press.
- Putri, Diana Eka & Ambarawati, Dwi Kasih. (2018). *Rededign Gedung Pasca Sarjana Politeknik Kesehatan Semarang* (Tugas Akhir Pendidikan Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung). Perpustakaan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.