

TUGAS AKHIR
PENGARUH KEMIRINGAN TANAH FONDASI DAN TINGGI BANGUNAN
TERHADAP PERILAKU STRUKTUR BETON BERTULANG AKIBAT
BEBAN GEMPA

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
2023

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

TUGAS AKHIR

“PENGARUH KEMIRINGAN TANAH FONDASI DAN TINGGI BANGUNAN TERHADAP PERILAKU STRUKTUR BETON BERTULANG AKIBAT BEBAN GEMPA”

Disusun Oleh:

BINI AFIFIA WIDURI

2019D1B031

Mataram, 15 Juni 2023

Pembimbing I



Maya Saridewi Pascanawaty, ST., MT

NIDN: 0820098001

Pembimbing II



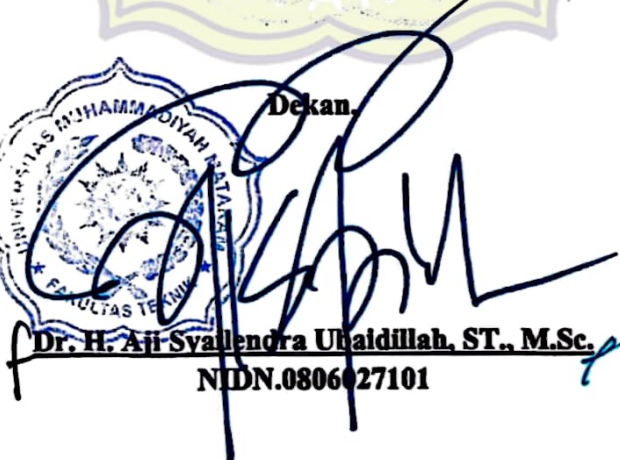
Nurul Hidayati, ST., M.Eng

NIDN: 0815049401

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan.



Dr. H. Aji Syallendra Uhaiddillah, ST., M.Sc.

NIDN.0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI
PENGARUH KEMIRINGAN TANAH FONDASI DAN TINGGI BANGUNAN
TERHADAP PERILAKU STRUKTUR BETON BERTULANG
AKIBAT BEBAN GEMPA

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

BINI AFIFIA WIDURI

2019D1B031

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada hari Selasa, 20 Juni 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Penguji I : Maya Saridewi Pascanawaty, ST., MT

Penguji II : Nurul Hidayati, ST., M.Eng

Penguji III : Dr. Eng. H. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng)

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK

Dekan,



Dr. Asy Syaikhendra Ubaidillah, ST., M.Sc.

NIDN. 0806027101

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir/Skripsi dengan judul:

“PENGARUH KEMIRINGAN TANAH FONDASI DAN TINGGI BANGUNAN TERHADAP PERILAKU STRUKTUR BETON BERTULANG AKIBAT BEBAN GEMPA”

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir/Skripsi ini disebut dalam daftar pustaka. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir/Skripsi ini merupakan plagiasi, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Demikian surat pernyataan in saya buat tanpa tekanan dari pihak manapun dan dengan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi

Mataram, 10 Juli 2023

Yang Membuat Pernyataan



BINI AFIFIA WIDURI

2019D1B031



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : BINI AFIFIA WIDURI
NIM : 2019018031
Tempat/Tgl Lahir : Tanjung, 24 Mei 2001
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp : 081761647093
Email : afifiawiduri@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

PENGARUH KEMIRINGAN TANAH FUNDASI DAN TINGGI BANGUNAN
TERHADAP PERILAKU STRUKTUR BETON BERTULANG AKIBAT BEBAN GEMPA

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 30

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milih orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

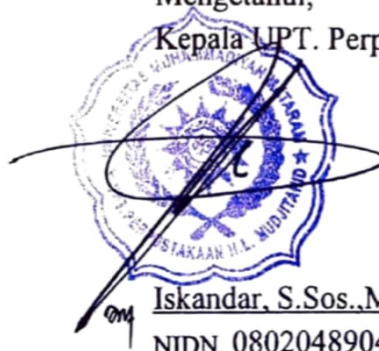
Demikain surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 10 Juli 2023
Penulis



BINI AFIFIA WIDURI
NIM. 2019018031

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 0802048904



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : BINI AFIFIA WIBURI
NIM : 2019018031
Tempat/Tgl Lahir : Tanjung, 29 Mei 2001
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 0877664993
Jenis Penelitian : ☒ Skripsi ☐ KTI ☐ Tesis ☐

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama ***tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta*** atas karya ilmiah saya berjudul:

PENGARUH PEMERTINGAN TANAH FOKUSASI DAN TINGGI BANGUNAN TERHADAP PERILAKU STRUKTUR BETON PERTULANG AKIBAT BEBAN GEMPA

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 10 Juli 2023

Penulis



BINI AFIFIA WIBURI
NIM. 2019018031

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 0802048904

PRAKATA



Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala atas limpahan rahmat, karunia dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Shalawat beserta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Nabi besar Muhammad ﷺ yang telah menjadi penuntun, suri tauladan dalam menjalani kehidupan.

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah tugas akhir di Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Adapun judul tugas akhir yang penulis ajukan adalah **“Pengaruh Kemiringan Tanah Fondasi dan Tinggi Bangunan Terhadap Perilaku Struktur Beton Bertulang Akibat Beban Gempa”**.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan banyak kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Untuk itu penulis dengan kerendahan hati mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun dari semua pihak agar kekurangan-kekurangan pada tugas akhir ini dapat diperbaiki.

Mataram, 20 Juni 2023

Bini Afifia Widuri
2019D1B031

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, tentu saja ada banyak pihak yang terlibat selain penulis. Orang-orang tercinta yang ada di sekeliling penulis dan pihak-pihak yang berjasa dalam proses penyusunan telah membantu penulis menyempurnakan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu penulis Marniwati, A.Md yang dengan tulus mendo'akan, selalu memberikan dukungan serta cinta kasih sehingga seluruh urusan penulis dipermudah oleh Allah SWT.
2. Keluarga penulis Bini Kharisma, ST, Baiq Naela Isnati, ST dan Cahyadi Efendi ST., M.Eng yang telah menjadi alasan penulis untuk selalu semangat mengerjakan tugas akhir ini.
3. Dr. H. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng) selaku dosen pembimbing yang membantu penulis mengembangkan judul untuk tugas akhir ini.
4. Bunda Maya Saridewi Pascanawaty, ST., MT selaku dosen pembimbing 1 yang dengan sabar membimbing dan membantu penulis untuk menyempurnakan tugas akhir ini.
5. Nurul Hidayati, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing 2 yang juga membantu penulis memperbaiki penyusunan dan isi dari tugas akhir ini.
6. Adryan Fitrayuda, ST., MT selaku ketua program studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram yang selalu mengusahakan yang terbaik agar penulis dan teman-teman angkatan 2019 dapat menyelesaikan seminar dan sidang tugas akhir tepat waktu.
7. Rekan seperjuangan penulis M. Heru yang dalam keadaan apapun selalu membantu, menyemangati dan kebersamai sehingga mempermudah proses penyelesaian tugas akhir ini.
8. Sahabat saya Cita Santuni yang selalu memberikan nasehat dan dorongan dalam setiap proses sehingga membantu penulis untuk terus semangat dan tidak mudah menyerah.
9. Teman-teman angkatan 2019 Dae Sapitri, Diaz Arimbi, Apriani, Lestari Wulansari, Tyara Dwi Putri dan Mahani yang juga kebersamai penulis dalam

proses penyusunan tugas akhir ini serta Kakak tingkat penulis Aldo Utama Putra, ST yang telah membagi ilmu keteknikan sehingga penulis dapat belajar lebih banyak mengenai tugas akhir ini.

Semoga setiap kebaikan dan do'a baik yang diberikan kembali kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis. Karena Allah SWT yang akan memberikan balasan terbaik dan dia sebaik-baiknya pembalas.



MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah 94: Ayat 5)

“Always chase your dream not people”



ABSTRAK

Pulau Lombok merupakan kawasan sesar seismik aktif dan berada diantara dua pembangkit gempa yaitu bagian selatan terdapat zona subduksi Lempeng Indo-Australia yang menunjam ke bawah, dan di utara terdapat struktur geologi sesar Naik Flores. Berangkat dari hal tersebut, dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh kemiringan tanah fondasi dan ketinggian bangunan terhadap perilaku struktur beton bertulang akibat adanya beban gempa.

Penelitian dilakukan pada gedung hotel Amarsvati yang berlokasi di Kabupaten Lombok Utara. Analisis dimulai dengan merencanakan dimensi elemen struktur, analisis pembebanan, pemodelan dengan aplikasi komputer ETABS versi 18.1.1 kemudian membandingkan hasil gaya dalam, simpangan, torsi dan waktu getar alami yang didapatkan.

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, didapatkan nilai gaya dalam terbesar yaitu 2288,9531 kN untuk gaya aksial dan 1334,9309 kNm untuk momen. Terlihat bahwa semakin miring tanah fondasi dan semakin berkurang tinggi bangunan gaya aksial yang didapatkan semakin kecil. Pada analisis torsi, didapatkan nilai torsi yang tidak melebihi nilai batas serta sebagian torsi pada lantai 1 dikategorikan pada ketidakberaturan torsi berlebihan atau H.1b. Pada analisis simpangan, semakin miring tanah fondasi dan semakin bertambah ketinggian bangunan maka nilai simpangan yang didapatkan bertambah, pada penelitian didapatkan nilai simpangan terbesar adalah 48,642 mm untuk arah x dan 64,471 mm untuk arah y. Selain itu didapatkan nilai waktu getar alami terbesar yaitu $T_{cx}= 2,965$ dan $T_{cy}= 3,049$. Di mana semakin tinggi kemiringan tanah fondasi semakin rendah nilai waktu getar alami yang dihasilkan. Sedangkan semakin tinggi bangunan maka semakin tinggi pula nilai waktu getar alami yang dihasilkan.

Kata kunci: kemiringan tanah fondasi, gempa, tinggi bangunan.

ABSTRACT

Lombok Island is an area with active seismic faults between two earthquake sources. The Indo-Australian Plate subduction zone subducts beneath the southern portion, while the geological structure of the Flores Thrust Fault is located in the northern portion. On this basis, an investigation was conducted to ascertain the foundation soil slope and building height's effect on the concrete structures' seismic behavior. The structure of the Amarasvati Hotel in the North Lombok Regency was the subject of the investigation. Using ETABS software version 18.1.1, the analysis began with planning the dimensions of the structural elements, load analysis, and computer modeling. The analysis compared the internal forces, displacements, torsion, and natural vibration periods.

Based on the analysis, the maximum internal force values obtained were 2288.9531 kN for axial force and 1334.9309 kNm for bending moment. It can be observed that as the foundation soil slope increases and the building height decreases, the axial force decreases. In the torsion analysis, the torsion values did not exceed the limit, and some torsion values on the first floor were categorized as excessive torsion irregularity or H.1b. In the displacement analysis, as the foundation soil slope increases and the building height increases, the displacement values also increase. The most significant displacement values obtained in the study were 48.642 mm in the x-direction and 64.471 mm in the y-direction. Additionally, the most significant natural vibration periods obtained were $T_{cx}=2.965$ and $T_{cy}=3.049$. It was found that higher foundation soil slope results in lower natural vibration period values. On the other hand, as the building height increases, the natural vibration period values also increase.

Keywords: soil slope foundation, earthquake, building height.

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM



DAFTAR ISI

COVER.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	v
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
PRAKATA.....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
MOTTO.....	x
ABSTRAK	xi
ABSTARCT	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
BAB II LANDASAN TEORI.....	3
2.1 Tinjauan Pustaka.....	3
2.2 Desain <i>Preliminary</i> Pelat	4
2.2.1 Pelat dua arah	4
2.2.2 Pelat tangga.....	5
2.3 Desain <i>Preliminary</i> Balok.....	5
2.4 Desain <i>Preliminary</i> Kolom	6
2.5 Desain <i>Preliminary</i> Fondasi	6
2.6 Pembebanan.....	7
2.6.1 Beban mati	7

2.6.2	Beban mati tambahan.....	8
2.6.3	Beban Hidup	10
2.7	Kombinasi Pembebanan	11
2.8	Beban Gempa Rencana.....	12
2.8.1	Faktor keutamaan gempa dan kategori risiko struktur bangunan	12
2.8.2	Klasifikasi situs	14
2.8.3	Parameter percepatan spektral desain	18
2.8.4	Spektrum respon desain	18
2.8.5	Kategori desain seismik	19
2.9	Menentukan Sistem Struktur	20
2.10	Prosedur Gaya <i>Lateral Ekvivalen</i>	21
2.10.1	Periode fundamental struktur	21
2.10.2	Berat struktur	23
2.10.3	Gaya dasar seismik	23
2.10.4	Distribusi vertikal gaya gempa statik tiap lantai.....	24
2.10.5	Distribusi horizontal gaya gempa statik tiap lantai.....	25
2.11	Skala Gempa Dinamik Terhadap Statik.....	25
2.12	Penampang Retak	25
2.13	Mode Ragam.....	26
2.14	Penentuan Simpangan Antar Tingkat.....	26
2.15	Ketidakberaturan Torsi.....	27
2.16	Gaya Dalam	27
BAB III	METODELOGI PENELITIAN.....	29
3.1	Lokasi Penelitian	29
3.2	Data Geometri Bangunan	29
3.3	Pemanfaatan Ruang	32
3.4	Spesifikasi Material	32
3.5	Desain Preliminary Fondasi.....	33
3.6	Desain Tangga.....	33
3.7	Tahapan Analisa	34

3.8	Langkah-langkah Analisa Pada Aplikasi Komputer ETABS....	34
3.8.1	Permodelan <i>grid</i> dan <i>story</i>	34
3.8.2	Mendefinisikan material	36
3.8.3	Mendefinisikan penampang	37
3.8.4	Menggambar penampang	40
3.8.5	Menggambar perletakan.....	42
3.8.6	Mendefinisikan pembebanan	43
3.8.7	Menambahkan pembebanan.....	44
3.8.8	Input beban gempa statik ekuivalen.....	47
3.8.9	Input diafragma	47
3.8.10	Mendefinisikan <i>mass source</i>	48
3.8.11	Modal	49
3.8.12	Respon spektrum.....	50
3.8.13	<i>Run</i> analisis	52
3.9	Bagan Alir	55
BAB IV	PEMBAHASAN	56
4.1	Desain <i>Preliminary</i> Struktur.....	56
4.1.1	Desain <i>preliminary</i> balok.....	56
4.1.2	Desain <i>preliminary</i> kolom	56
4.1.3	Desain <i>preliminary</i> pelat.....	58
4.2	Analisa Pembebanan.....	59
4.2.1	Beban mati sendiri	59
4.2.2	Beban mati tambahan.....	59
4.2.3	Beban hidup	60
4.3	Beban Gempa Rencana.....	60
4.3.1	Parameter-parameter respon gempa.....	60
4.3.2	Perhitungan respon spektrum desain	62
4.3.3	Kategori desain seismik	64
4.3.4	Parameter sistem struktur.....	64
4.4	Gaya Lateral Ekuivalen	65
4.4.1	Waktu getar alami	65

4.4.2	Berat struktur	65
4.4.3	Gaya geser dasar seismik	66
4.4.4	Distribusi vertikal gaya gempa statik setiap lantai	67
4.4.5	Penskalaan gempa dinamik terhadap statik	69
4.5	Kontrol Partisipasi Massa	69
4.6	Simpangan Dasar	71
4.7	Waktu Getar Alami	74
4.8	Gaya Dalam	74
4.8.1.	Perbandingan ketinggian.....	74
4.8.2.	Perbandingan kemiringan	80
4.9	Ketidakteraturan Torsi.....	86
4.9.1	Perbandingan ketinggian.....	86
4.9.2	Perbandingan kemiringan	94
4.10	Kontrol Simpangan.....	102
4.10.1	Perbandingan ketinggian.....	102
4.10.2	Perbandingan kemiringan	109
BAB V	PENUTUP	117
5.1	Kesimpulan	117
5.2	Saran	118
DAFTAR PUSTAKA.....		119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Lift</i> tanpa ruang mesin	9
Gambar 2.2 Parameter gerak tanah Ss	17
Gambar 2.3 Parameter gerak tanah S1	18
Gambar 2.4 Spektrum respon desain	19
Gambar 3.1 Lokasi penelitian	29
Gambar 3.2 Denah Lantai 1-10	30
Gambar 3.3 Denah lantai atap	30
Gambar 3.4 Potongan melintang ketinggian 44 m	31
Gambar 3.5 Potongan melintang ketinggian 40 m	31
Gambar 3.6 Potongan melintang ketinggian 36 m	32
Gambar 3.7 Detail tangga	33
Gambar 3.8 Edit <i>grid data</i>	35
Gambar 3.9 Edit <i>story data</i>	35
Gambar 3.10 Edit spesifikasi material beton	36
Gambar 3.11 Edit <i>material property design data</i>	37
Gambar 3.12 Edit data penampang kolom	38
Gambar 3.13 Edit momen inersia penampang kolom	38
Gambar 3.14 Edit data penampang balok	39
Gambar 3.15 Edit momen inersia penampang balok	39
Gambar 3.16 Edit data penampang pelat	40
Gambar 3.17 Edit momen inersia penampang pelat	40
Gambar 3.18 Gambar penampang kolom	41
Gambar 3.19 Gambar penampang balok	41
Gambar 3.20 Gambar penampang pelat	42
Gambar 3.21 Memasukkan perletakan	43
Gambar 3.22 Edit jenis beban	44
Gambar 3.23 Edit kombinasi pembebanan	44
Gambar 3.24 Edit beban pada <i>shell</i>	45
Gambar 3.25 Edit beban pada <i>frame</i>	46
Gambar 3.26 Edit beban titik	46

Gambar 3.27 Edit parameter-parameter beban gempa.....	47
Gambar 3.28 Edit diafragma	48
Gambar 3.29 Edit <i>mass source</i>	49
Gambar 3.30 Edit modal	50
Gambar 3.31 Edit respon spektrum.....	51
Gambar 3.32 Edit <i>load case data</i>	52
Gambar 3.33 Edit <i>check model</i>	53
Gambar 3.34 Edit <i>active degrees of freedom</i>	53
Gambar 3.35 <i>Run</i> analisis	54
Gambar 3.36 Bagan alir penelitian.....	55
Gambar 4.1 Grafik spektrum respon desain.....	61
Gambar 4.2 Grafik respon spektrum.....	64
Gambar 4.3 Simpangan arah x dan arah y	73
Gambar 4.4 Grafik gaya aksial kemiringan 0°	75
Gambar 4.5 Grafik gaya aksial kemiringan 10°	76
Gambar 4.6 Grafik gaya aksial kemiringan 20°	77
Gambar 4.7 Grafik momen kemiringan 0°	78
Gambar 4.8 Grafik momen kemiringan 10°	79
Gambar 4.9 Grafik momen kemiringan 20°	80
Gambar 4. 10 Grafik gaya aksial ketinggian 36 m	81
Gambar 4. 11 Grafik gaya aksial ketinggian 40 m.....	82
Gambar 4. 12 Grafik gaya aksial ketinggian 44 m	83
Gambar 4. 13 Grafik momen ketinggian 36 m	84
Gambar 4. 14 Grafik momen ketinggian 40 m	85
Gambar 4. 15 Grafik momen ketinggian 44 m	86
Gambar 4.16 Grafik torsi arah x kemiringan 0°	87
Gambar 4.17 Grafik torsi arah x kemiringan 10°	88
Gambar 4.18 Grafik torsi arah x kemiringan 20°	89
Gambar 4.19 Ketidakberaturan horizontal H.1b.....	90
Gambar 4.20 Grafik torsi arah y kemiringan 0°	91
Gambar 4.21 Grafik torsi arah y kemiringan 10°	92

Gambar 4.22 Grafik torsi arah y kemiringan 20°	94
Gambar 4. 23 Grafik torsi arah x ketinggian 36 m	95
Gambar 4. 24 Grafik torsi arah x ketinggian 40 m	96
Gambar 4. 25 Grafik torsi arah x ketinggian 44 m	97
Gambar 4. 26 Grafik torsi arah y ketinggian 36 m	99
Gambar 4. 27 Grafik torsi arah y ketinggian 40 m	100
Gambar 4. 28 Grafik torsi arah y ketinggian 44 m	101
Gambar 4.29 Grafik simpangan arah x kemiringan 0°	103
Gambar 4.30 Grafik simpangan arah x kemiringan 10°	104
Gambar 4.31 Grafik simpangan arah x kemiringan 20°	105
Gambar 4.32 Grafik simpangan arah y kemiringan 0°	106
Gambar 4.33 Grafik simpangan arah y kemiringan 10°	107
Gambar 4.34 Grafik simpangan arah y kemiringan 20°	108
Gambar 4. 35 Grafik simpangan antar lantai arah x ketinggian 36 m	109
Gambar 4. 36 Grafik simpangan antar lantai arah x ketinggian 40 m	110
Gambar 4. 37 Grafik simpangan antar lantai arah x ketinggian 44 m	111
Gambar 4. 38 Grafik simpangan antar lantai arah y ketinggian 36 m	113
Gambar 4. 39 Grafik simpangan antar lantai arah y ketinggian 40 m	114
Gambar 4. 40 Grafik simpangan antar lantai arah y ketinggian 44 m	115

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang	5
Tabel 2.2 Tinggi minimum balok nonprategang	6
Tabel 2.3 Rekapitulasi beban mati (DL)	7
Tabel 2.4 Rekapitulasi beban mati tambahan (SIDL)	8
Tabel 2.5 Rekapitulasi beban hidup	11
Tabel 2.6 Kategori risiko bangunan gedung untuk beban gempa	12
Tabel 2.7 Faktor keutamaan gempa	14
Tabel 2.8 Klasifikasi situs	15
Tabel 2.9 Koefisien situs, F_a	16
Tabel 2.10 Koefisien situs, F_v	17
Tabel 2.11 Kategori desain seismik percepatan periode pendek	20
Tabel 2.12 Kategori desain seismik percepatan periode 1 detik	20
Tabel 2.13 Rekap faktor R , C_d , dan Ω_0	21
Tabel 2.14 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	22
Tabel 2.15 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	22
Tabel 2.16 Momen inersia dan luas penampang yang diizinkan	25
Tabel 2.17 Simpangan antar tingkat yang diizinkan $\Delta_{aa, b}$	27
Tabel 3.1 Pemanfaatan ruang	32
Tabel 4.1 Rekap dimensi kolom 44 m	57
Tabel 4.2 Rekap dimensi kolom 40 m	57
Tabel 4.3 Rekap dimensi kolom 36 m	58
Tabel 4.4 Nilai respon spektrum	63
Tabel 4.5 Berat struktur 0° dan ketinggian 44 m	66
Tabel 4.6 Gaya gempa setiap lantai arah x	68
Tabel 4.7 Gaya gempa setiap lantai arah y	68
Tabel 4.8 Gaya geser dasar gempa dinamik awal	69
Tabel 4.9 Gaya geser dasar gempa dinamik akhir	69
Tabel 4.10 Partisipasi massa	70
Tabel 4.11 Simpangan dasar ETABS	71
Tabel 4.12 Simpangan dasar arah x	72

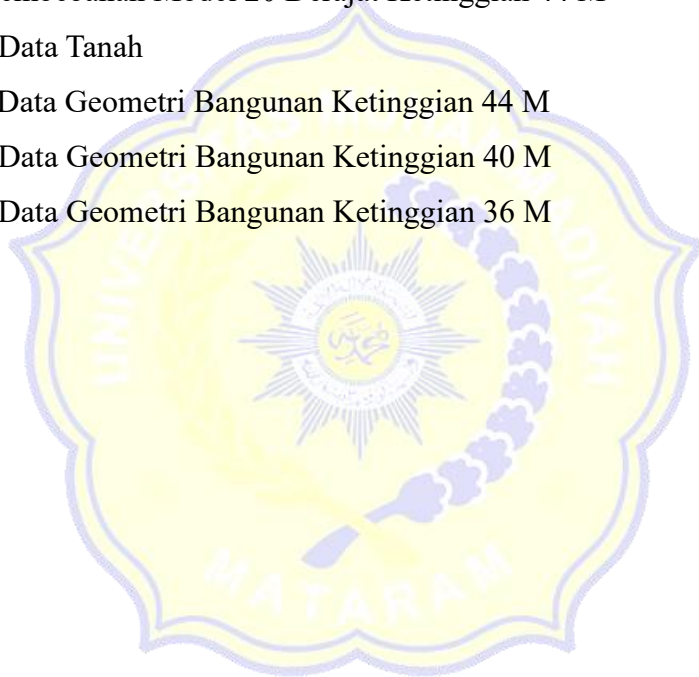
Tabel 4.13 Simpangan dasar arah y.....	73
Tabel 4. 14 Data waktu getar alami.....	74
Tabel 4.15 Gaya aksial kemiringan 0°.....	75
Tabel 4.16 Gaya aksial kemiringan 10°.....	75
Tabel 4.17 Gaya aksial kemiringan 20°.....	76
Tabel 4.18 Momen kemiringan 0°.....	77
Tabel 4.19 Momen kemiringan 10°.....	78
Tabel 4.20 Momen kemiringan 20°.....	79
Tabel 4. 21 Gaya aksial ketinggian 36 m.....	81
Tabel 4. 22 Gaya aksial ketinggian 40 m.....	81
Tabel 4. 23 Gaya aksial ketinggian 44 m.....	82
Tabel 4. 24 Momen ketinggian 36 m.....	83
Tabel 4. 25 Momen ketinggian 40 m.....	84
Tabel 4. 26 Momen ketinggian 44 m.....	85
Tabel 4.27 Torsi arah x kemiringan 0°.....	87
Tabel 4.28 Torsi arah x kemiringan 10°.....	88
Tabel 4.29 Torsi arah x kemiringan 20°.....	89
Tabel 4.30 Torsi arah y kemiringan 0°.....	91
Tabel 4.31 Torsi arah y kemiringan 10°.....	92
Tabel 4.32 Torsi arah y kemiringan 20°.....	93
Tabel 4. 33 Torsi arah x ketinggian 36 m.....	95
Tabel 4. 34 Torsi arah x ketinggian 40 m.....	96
Tabel 4. 35 Torsi arah x ketinggian 44 m.....	97
Tabel 4. 36 Torsi arah y ketinggian 36 m.....	98
Tabel 4. 37 Torsi arah y ketinggian 40 m.....	99
Tabel 4. 38 Torsi arah y ketinggian 44 m.....	101
Tabel 4.39 Kontrol simpangan arah x kemiringan 0°.....	102
Tabel 4.40 Kontrol simpangan arah x kemiringan 10°.....	103
Tabel 4.41 Kontrol simpangan arah x kemiringan 20°.....	104
Tabel 4.42 Kontrol simpangan arah y kemiringan 0°.....	106
Tabel 4.43 Kontrol simpangan arah y kemiringan 10°.....	107

Tabel 4.44 Kontrol simpangan arah y kemiringan 20°	108
Tabel 4. 45 Kontrol simpangan antar lantai arah x ketinggian 36 m	109
Tabel 4. 46 Kontrol simpangan antar lantai arah x ketinggian 40 m	110
Tabel 4. 47 Kontrol simpangan antar lantai arah x ketinggian 44 m	111
Tabel 4. 48 Kontrol simpangan antar lantai arah y ketinggian 36 m	112
Tabel 4. 49 Kontrol simpangan antar lantai arah y ketinggian 40 m	113
Tabel 4. 50 Kontrol simpangan antar lantai arah y ketinggian 44 m	114



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Pembebanan Model 0 Derajat Ketinggian 36 M
- Lampiran 2 Pembebanan Model 10 Derajat Ketinggian 36 M
- Lampiran 3 Pembebanan Model 20 Derajat Ketinggian 36 M
- Lampiran 4 Pembebanan Model 0 Derajat Ketinggian 40 M
- Lampiran 5 Pembebanan Model 10 Derajat Ketinggian 40 M
- Lampiran 6 Pembebanan Model 20 Derajat Ketinggian 40 M
- Lampiran 7 Pembebanan Model 0 Derajat Ketinggian 44 M
- Lampiran 8 Pembebanan Model 10 Derajat Ketinggian 44 M
- Lampiran 9 Pembebanan Model 20 Derajat Ketinggian 44 M
- Lampiran 10 Data Tanah
- Lampiran 11 Data Geometri Bangunan Ketinggian 44 M
- Lampiran 12 Data Geometri Bangunan Ketinggian 40 M
- Lampiran 13 Data Geometri Bangunan Ketinggian 36 M



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Lombok adalah salah satu pulau di Indonesia yang menjadi lokasi titik rawan bencana gempa, dikarenakan pulau Lombok merupakan kawasan sesar seismik aktif dan berada diantara dua pembangkit gempa yaitu bagian selatan terdapat zona subduksi Lempeng Indo-Australia yang menunjam ke bawah, dan di utara terdapat struktur geologi sesar Naik Flores. Berdasarkan data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) salah satu Kabupaten di pulau Lombok yaitu Lombok Utara tercatat telah terjadi gempa yang berkekuatan 7,0 SR pada tahun 2019 disusul dengan berbagai gempa kecil yang sering terjadi hingga tahun 2022. Hal ini mengakibatkan banyak kerusakan infrastruktur bangunan gedung dan infrastruktur jalan seperti jembatan di Kabupaten Lombok Utara.

Pada tahun 2019 Kementerian Pariwisata menetapkan Provinsi Nusa Tenggara Barat menjadi salah satu destinasi wisata super prioritas. Salah satu daerah objek wisatanya adalah pantai senggigi yang berlokasi di Kabupaten Lombok Utara. Alhasil, dengan meningkatnya wisatawan yang datang maka pembangunan infrastruktur berupa hotel dan villa di daerah tersebut juga akan meningkat, mengingat tempat penginapan menjadi kebutuhan utama bagi para wisatawan baik dari dalam negeri maupun dari luar negeri.

Berdasarkan beberapa kejadian gempa yang terjadi di Kabupaten Lombok Utara dan juga meningkatnya pembangunan infrastruktur Hotel karena Provinsi Nusa Tenggara Barat menjadi salah satu destinasi wisata super prioritas, dilakukanlah penelitian pada gedung Hotel Amarsvati mengenai *“Pengaruh Variasi Kemiringan Tanah Pondasi dan Tinggi Bangunan Terhadap Perilaku Struktur Beton Bertulang Akibat Beban Gempa”*. Gedung Hotel Amarsvati ini terletak pada daerah yang memiliki kontur berbukit. Oleh sebab itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur beton bertulang pada bangunan tinggi yang tidak seragam yang dibangun pada kemiringan tanah pondasi yang berbeda serta pada daerah rawan gempa bumi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh kemiringan tanah pondasi dan tinggi bangunan terhadap perilaku struktur beton bertulang akibat beban gempa?
2. Bagaimana perbandingan gaya dalam pada setiap variasi ketinggian dan kemiringan tanah fondasi?
3. Berapakah kemiringan tanah fondasi dan tinggi bangunan yang memiliki nilai simpangan tidak melebihi batas maksimumnya?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Variasi kemiringan tanah pondasi yang digunakan adalah 0° , 10° dan 20° .
2. Variasi tinggi bangunan yang digunakan adalah 44 m, 40 m, dan 36 m.
3. Perencanaan hanya membahas struktur beton bertulang yang ada pada gedung dan tidak termasuk komponen arsitektur.
4. Perhitungan beban gempa menggunakan metode respon spektrum.
5. Bangunan gedung yang ditinjau dalam penelitian ini adalah bangunan gedung dengan fungsi bangunan hotel.
6. Penelitian menggunakan bantuan aplikasi komputer ETABS versi 18.1.1.
7. Penelitian tidak membahas perhitungan penulangan.
8. Penelitian tidak membahas biaya dan metode konstruksi.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian skripsi ini adalah:

1. Mengetahui bagaimana pengaruh kemiringan tanah pondasi dan tinggi bangunan terhadap perilaku struktur beton bertulang akibat beban gempa.
2. Mengetahui perbandingan nilai gaya dalam yang bekerja pada struktur.
3. Mengetahui kemiringan tanah pondasi dan tinggi bangunan yang memiliki nilai simpangan tidak melebihi batas maksimum.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Putra (2022) melakukan penelitian pada gedung Hotel Amarsvati dan didapatkan kesimpulan simpangan antar lantai pada gempa arah X dan P Y untuk lantai 6 ke bawah melebihi batas maksimum yaitu 80 mm. Nilai simpangan terbesar gempa arah Y terjadi pada lantai 4 dengan nilai simpangan sebesar 109,114 mm pada kemiringan 20 derajat hal ini berbeda dengan model dengan kemiringan 0 derajat pada lantai 4 dimana nilai simpangannya sebesar 101,9645 mm. Begitu pula pada gempa arah X dimana simpangan terbesar terjadi pada lantai 5 kemiringan 20 derajat dengan nilai simpangan yaitu 93,511 mm berbeda dengan lantai 5 kemiringan 0 derajat nilai simpangannya adalah 84,931 mm. Hal ini menandakan pada tinjauan simpangan antar lantai dengan bertambahnya kemiringan maka simpangan antar tingkat semakin tinggi.

Pujianto, dkk. (2017) melakukan penelitian dengan melakukan penambahan beban gempa pada lereng dengan kemiringan 30° di Desa Sendangmulyo, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri didapatkan nilai *safety factor* yang tidak aman. Sedangkan sebelum penambahan beban gempa didapatkan nilai *safety factor* yang aman. Hasil analisis stabilitas lereng dengan metode statik menunjukan nilai *safety factor* sebesar 1,33, 0,77, 0,47 untuk lereng dengan kemiringan 30°, 45°, 60°. Hasil analisis stabilitas lereng dengan metode pseudo statik menunjukan nilai *safety factor* sebesar 1,09, 0,64, 0,38 untuk lereng dengan kemiringan 30°, 45°, 60°. Hasil analisis stabilitas lereng dengan metode dinamik menunjukan nilai *safety factor* sebesar 1,27, 0,70, 0,40 untuk lereng dengan kemiringan 30°, 45°, 60°. Hasil analisis stabilitas lereng dengan metode pseudo statik menunjukan nilai *safety factor* terendah sebesar 0,38 untuk lereng dengan kemiringan 60°.

Lashari (2011) melakukan penelitian yang menunjukkan bahwa perbukitan Sekaran pada kemiringan mulai dari 21° adalah kemiringan yang tak layak huni karena tidak stabil dari kelongsoran. Kemiringan lereng yang

layak untuk hunian mulai dari 9° ke bawah. Kemiringan diantara 9° sampai kurang dari 21° masih dapat diupayakan untuk tempat hunian dengan beberapa langkah penanganan perawatan dan perkuatan seperti penghijauan, perencanaan dan pembangunan saluran yang berfungsi secara baik dan lancar sepanjang tahun dan pemberian perkuatan pada bagian lokasi yang diperlukan.

2.2 Desain Preliminary Pelat

Menurut Asroni (2010) pelat beton bertulang didefinisikan sebagai struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada struktur tersebut. Dimana pelat beton bertulang bersifat sangat kaku sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai pengaku horizontal (diafragma) yang sangat berguna untuk mendukung ketegaran balok portal.

Pelat beton bertulang ini banyak diaplikasikan pada bangunan sipil dengan berbagai macam fungsi baik itu lantai bangunan, lantai atap dan lantai jembatan. Pada bangunan gedung, pelat beton bertulang biasanya ditumpu oleh balok-balok secara monolit dimana pelat dan balok dicor bersamaan sehingga menjadi satu-kesatuan. Selain itu, beban gravitasi yaitu beban mati dan beban hidup adalah beban yang umumnya bekerja pada pelat. Dimana beban ini mengakibatkan terjadinya momen lentur.

2.2.1 Pelat dua arah

Pelat dua arah digunakan jika pelat beton menahan momen lentur yang bekerja dua arah dimana pelat ini ditumpu pada keempat sisinya. Dikarenakan momen lentur bekerja pada dua arah yaitu bentang L_x dan bentang L_y maka tulangan pokok juga dipasang dua arah yang tegak lurus. Pada sistem penulangannya daerah lapangan hanya menggunakan tulangan pokok saja sedangkan daerah tumpuan menggunakan tulangan pokok dan tulangan bagi. Ketebalan minimum pelat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.1 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang.

Tabel 2.1 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang

f_y Mpa	Tanpa <i>drop panel</i>		
	<i>Panel eksterior</i>		<i>Panel interior</i>
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$
420	$L_n/30$	$L_n/33$	$L_n/33$
520	$L_n/28$	$L_n/31$	$L_n/31$

Sumber: SNI 2847-2019

2.2.2 Pelat tangga

Menurut Asroni (2010) tangga pada bangunan difungsikan sebagai pengubung antara dua tempat yang memiliki perbedaan ketinggian dan umumnya kemiringan tangga pada perumahan dan bangunan gedung sebesar 30° sampai 35°. Ukuran lebar tangga dari suatu bangunan biasanya berbeda karena dipengaruhi oleh fungsi bangunan yang akan didirikan misalnya bangunan perumahan dan bangunan untuk umum. Selain itu, komponen-komponen pada tangga seperti pelat tangga, bordes, anak tangga dan sandaran juga perlu dirancang sedemikian rupa.

2.3 Desain *Preliminary* Balok

Balok dapat diartikan sebagai elemen struktural yang berfungsi untuk mendistribusikan beban ke kolom dengan bentang yang arahnya horizontal. Beban lentur, beban geser dan momen puntir adalah beban yang biasanya bekerja pada balok. Sehingga diperlukan baja tulangan untuk menahan beban-beban tersebut seperti tulangan memanjang dan tulangan geser yang dapat menahan beban lentur serta beban geser.

Jika ukuran balok terlalu kecil maka akan berbahaya bagi keamanan struktur balok tersebut karena akan terjadi lendutan. Oleh sebab itu, dalam perencanaannya terdapat syarat untuk tebal minimum balok nonprategang yang disajikan dalam Tabel 2.2 Tinggi minimum balok nonprategang.

Tabel 2.2 Tinggi minimum balok nonprategang

Kondisi Perletakan	Minimum
Perletakan sederhana	$L/16$
Menerus satu sisi	$L/18,5$
Menerus dua sisi	$L/21$
Kantilever	$L/8$

Sumber: SNI 2847-2019

2.4 Desain *Preliminary* Kolom

Kolom pada suatu konstruksi didefinisikan sebagai struktur yang mendukung beban aksial dengan/tanpa momen lentur dimana nantinya kolom akan meneruskan beban dari balok dan pelat menuju pondasi. Di sisi lain, dalam perencanaannya kolom merupakan salah satu komponen struktur yang penting karena dapat mencegah keruntuhan struktur bangunan atas dari sebuah gedung. Rumus yang digunakan untuk menghitung desain awal kolom dijabarkan pada Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.2:

$$b \text{ kolom} = b \text{ balok melintang} + 100 \dots\dots\dots 2.1$$

$$h \text{ kolom} = b \text{ kolom} \times \frac{\left(\frac{p \text{ total bangunan}}{\text{Jumlah pias}} \right) \times n \text{ melintang}}{\left(\frac{L \text{ total bangunan}}{\text{Jumlah pias}} \right)} \dots\dots\dots 2.2$$

2.5 Desain *Preliminary* Fondasi

Struktur bawah disebut sebagai struktur bangunan yang posisinya berada di dalam tanah, dimana struktur bawah tersebut adalah fondasi. Fondasi berfungsi sebagai struktur yang memikul seluruh beban bangunan di atasnya termasuk beban-beban yang bekerja pada bangunan dan berat fondasi sendiri.

Dalam melakukan perencanaan fondasi, terdapat dua macam beban yang harus diperhatikan yaitu beban gravitasi dan beban lateral. Dimana beban gravitasi adalah beban yang berasal dari dalam struktur bangunan. Sedangkan beban lateral adalah beban yang berasal dari luar struktur bangunan. Berdasarkan hal tersebut, fondasi menjadi bagian yang penting dalam struktur bangunan karena apabila fondasi tersebut mengalami kerusakan, maka akan berdampak pada struktur yang berada di atasnya.

Terdapat beberapa persyaratan yang perlu diperhatikan dalam merencanakan fondasi suatu bangunan antara lain:

1. Fondasi harus cukup kuat untuk mencegah *settlement* atau penurunan dan rotasi atau perputaran yang berlebihan.
2. Penurunan setempat yang terlalu besar tidak terjadi jika dibandingkan dengan penurunan fondasi di dekatnya.
3. Aman terhadap bahaya longsor.
4. Aman terhadap bahaya guling.

2.6 Pembebanan

Pembembanan merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam merancang struktur bangunan. Beban-beban yang bekerja pada struktur ditimbulkan oleh gaya alamiah dan buatan manusia. Berdasarkan SNI 1727:2020 dan SNI 03:1727:1989 beban-beban yang bekerja pada suatu gedung yaitu beban mati, beban mati tambahan dan beban hidup.

2.6.1 Beban mati

Beban mati (*dead load*) diartikan sebagai berat seluruh bahan konstruksi bangunan baik itu kompoen arsitekrural dan struktural pada bangunan gedung serta peralatan layan yang ada. Berikut disajikan Tabel 2.3 Rekapitulasi beban mati (DL).

Tabel 2.3 Rekapitulasi beban mati (DL)

Material	Berat Volume	
	kN/m ³	kg/m ³
Beton (tidak bertulang)	22	2200
Beton bertulang	24-25	2400-2500
Baja	78.5	7850
Bata merah	17	1700
Adukan semen	20-21	2000-2100
Air	10	1000
Tanah	17-18	1700-1800
Pasir kering	16	1600
Pasir jenuh	18	1800

Sumber: SNI 03-1727-1989

2.6.2 Beban mati tambahan

Beban mati tambahan atau biasa disebut dengan *super imposed dead load* adalah berat komponen non struktural yang terdapat pada struktur bangunan. Berat masing-masing komponen beban mati tambahan disajikan pada tabel 2.4 Rekapitulasi beban mati tambahan (SIDL).

Tabel 2.4 Rekapitulasi beban mati tambahan (SIDL)

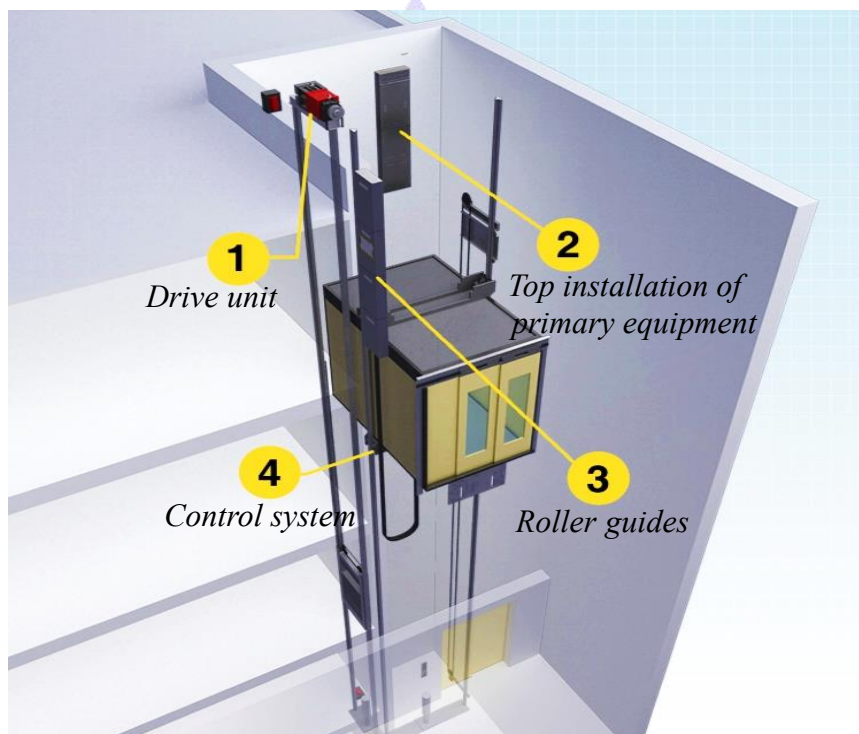
Komponen Bangunan		Berat Luasan	
		kN/m ²	kg/m ²
Atap:			
1	Genteng keramik (reng + kasau)	0,5	50
2	Atap metal 1 mm (reng + kasau)	0,1	10
3	Dek beton (screed)	-	-
4	Plafon, ceiling dan langit-langit	0,1	10
Finishing lantai:			
5	Keramik (+screed/adukan semen)	1	100
6	<i>Raised floor</i> (+carpet)	0,2	20
Dinding:			
7	Pasangan bata merah satu batu	4,5	450
8	Pasangan bata merah setengah batu	2,5	250
9	Batako berlubang, t 10 cm	1,2	120
10	Batako berlubang, t 20 cm	2	200
11	Batako tanpa lubang, t 15 cm	3	300
12	Hebel 10 cm + render	1	100
13	Celcon 10 cm +render	1,5	150

Sumber: SNI 03-1727-1989

Pada penelitian ini, bangunan juga didesain memiliki akses *lift* karena jumlah lantai bangunan yang mencapai 10 lantai. *Lift* didefinisikan sebagai sebuah kotak logam yang dilekatkan sangat kuat pada tali logam. Dimana *lift* ini difungsikan sebagai alat pengangkut orang atau barang dari satu lantai ke

lantai lainnya. Terdapat empat jenis mesin yang menjadi sistem penggerak *lift* yaitu hidrolik, traksi, tanpa ruang mesin dan vakum.

Dalam penelitian ini jenis sistem penggerak yang digunakan adalah *lift* tanpa ruang mesin. *Lift* tanpa ruang mesin dirancang dengan ruang mesin yang berada di bagian atas poros elevator. Dimana mesin hanya dapat diakses pada bagian atas gerbong *lift*. Kelebihan dari *lift* tanpa ruang mesin selain dapat beroperasi pada kecepatan yang lebih cepat dibandingkan dengan yang lain juga membutuhkan lebih sedikit ruang selama konstruksi. Berikut ditampilkan gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Lift* tanpa ruang mesin

Sumber: *Toshiba Elevator and Building System Corporation* 2020

Bagian-bagian pada *lift* tanpa ruang mesin antara lain:

1. *Drive unit*

Drive unit atau unit penggerak pada *lift* ini menggunakan mekanisme tanpa roda gigi. Selain itu unit penggerak ini dapat mengurangi penggunaan energi yang terjadi.

2. *Top installation of primary equipment*

Dikarenakan pemasangan peralatan utama *lift* berada di bagian atas *hoistway* bahkan ketika banjir terjadi hal ini akan mencegah air bersentuhan langsung dengan unit penggerak dan pengontrol karena posisi pemasangan pengontrol dan mesin traksi yang tinggi.

3. *Control system*

Control system adalah alat pengontrol pada *lift* tanpa ruang mesin yang dirancang untuk dipasang rata pada *hoistway*. Selain itu dengan adanya penggunaan *inverter* pada *control system* ini membuat lampu dan kipas ventilasi pada *lift* akan mati otomatis ketika tidak digunakan.

4. *Roller guides*

Roller guides yang digunakan pada *lift* ini adalah *roller guides* berkecepatan tinggi, selain itu kelebihanannya adalah *roller guides* ini dapat mengurangi kebisingan dan getaran yang terjadi.

2.6.3 Beban Hidup

Beban hidup atau *live load* diartikan sebagai beban yang ditimbulkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lainnya yang tidak termasuk beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban mati, beban banjir dan juga beban konstruksi. Berikut ditampilkan Tabel 2.5 Rekapitulasi beban hidup.

Tabel 2.5 Rekapitulasi beban hidup

Rekapitulasi Beban Hidup	Berat Luasan	
Beban hidup ruang kantor	2,40	kN/m ²
Beban hidup ruang komputer	4,79	kN/m ²
Koridor di atas lantai pertama	3,83	kN/m ²
Koridor lantai pertama	4,79	kN/m ²
Beban hidup ruang operasi dan laboratorium	2,87	kN/m ²
Helipad, helikopter dengan berat lepas landas lebih dari 3000 Lb (13,35 kN)	2,87	kN/m ²
Beban hidup koridor di atas lantai pertama	3,83	kN/m ²
Ruang penyimpanan	7,18	kN/m ²
Beban hidup tangga	4,79	kN/m ²
Beban hidup tangga	0,96	kN/m ²
Beban hidup ruang pertemuan	4,79	kN/m ²
Beban hidup lantai parkir	1,92	kN/m ²
Beban hidup lantai parkir terpusat	13,35	kN/m ²

Sumber: SNI 1727-2020

2.7 Kombinasi Pembebanan

Komponen-elemen struktur dan elemen-elemen pada fondasi perlu didesain sedemikian rupa agar kuat rencananya sama atau melebihi beban-beban terfaktor dengan menggunakan kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang mempertimbangkan faktor kuat ini harus diaplikasikan terlebih dahulu ke dalam desain bangunan yang direncanakan untuk melihat pengaruhnya. Berikut adalah kombinasi pembebanan dari persamaan 2.3 sampai dengan persamaan 2.8 yang digunakan berdasarkan SNI 1727:2020.

1,4D.....	2.3
1,2D + 1,6L + 0,5 (L _r atau R)	2.4
1,2D + 1,6 (L _r atau R) + (L atau 0,5W)	2.5
1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L _r atau R)	2.6
0,9D + 1,0W	2.7
0,9D + 1,0E	2.8

Dengan:

- D : Beban mati yang ditimbulkan oleh berat konstruksi permanen yaitu dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga dan lain-lain.
- L : Beban hidup yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung tetapi tidak termasuk beban lingkungan.
- Lr : Pengaruh beban hidup di atap.
- R : Beban hujan.
- W : Beban angin.
- E : Beban gempa.

2.8 Beban Gempa Rencana

Pengaruh gempa rencana juga menjadi hal penting untuk ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung serta nongedung begitu juga berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 4.1.1 gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur 50 tahun sebesar 2%.

2.8.1 Faktor keutamaan gempa dan kategori risiko struktur bangunan

Setiap jenis pemanfaatan gedung memiliki kategori risiko yang berbeda, dimana kategori risiko ini perlu dikalikan dengan faktor keutamaan gempa dalam perhitungan gempa rencana. Berikut disajikan Tabel 2.6 Kategori risiko bangunan gedung untuk beban gempa dan Tabel 2.7 Faktor keutamaan gempa.

Tabel 2.6 Kategori risiko bangunan gedung untuk beban gempa

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

Lanjutan Tabel 2.6

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: -Perumahan -Rumah toko dan rumah kantor -Pasar -Gedung perkantoran -Gedung apartemen/rumah susun -Pusat perbelanjaan/mall -Bangunan industri -Fasilitas manufaktur -Pabrik	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan nongedung, tidak termasuk ke dalam 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: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi	III
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - 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	IV

Lanjutan Tabel 2.6

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
-Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, 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	IV

Sumber: SNI-1726-2019

Tabel 2.7 Faktor keutamaan gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI-1726-2019

2.8.2 Klasifikasi situs

Untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan perlu dilakukan beberapa prosedur untuk klasifikasi situs. Dimana dalam perumusannya penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasi.

Dimana sebelumnya, penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan laboratorium dengan minimal mengukur secara independen dua parameter tanah yang ada. Berikut disajikan Tabel 2.8 Klasifikasi situs.

Tabel 2.8 Klasifikasi situs

Kelas Situs	v_s (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 katakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikut)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: -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 sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

Sumber: SNI-1726-2019

Selain itu, untuk menentukan respons spektral percepatan gempa MCE_R dipermukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Dimana faktor tersebut adalah faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v).

Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{MI}) dirumuskan sesuai dengan Persamaan 2.9 dan Persamaan 2.10.

$$S_{MS} = F_a S_s \dots\dots\dots 2.9$$

$$S_{MI} = F_v S_I \dots\dots\dots 2.10$$

Dengan:

S_s = Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek.

S_I = Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Berikut disajikan Tabel 2.9 Koefisien situs, F_a dan Tabel 2.10 Koefisien situs, F_v .

Tabel 2.9 Koefisien situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan untuk periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
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	$SS^{(a)}$					

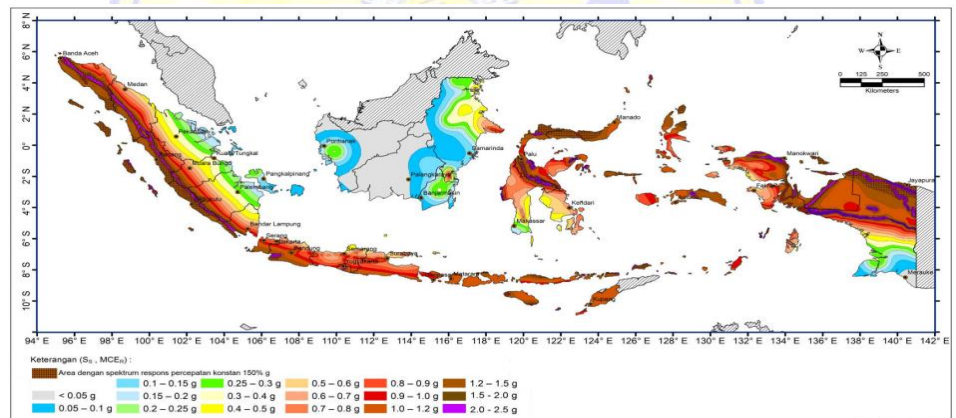
Sumber: SNI-1726-2019

Tabel 2.10 Koefisien situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan untuk periode 1 detik S_I					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
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	$SS^{(a)}$					

Sumber: SNI-1726-2019

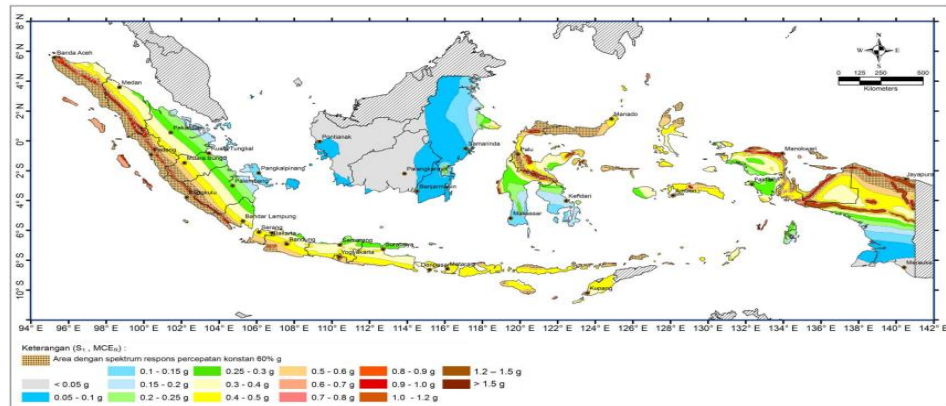
Berikut disajikan Gambar 2.2 Parameter gerak tanah S_s dan Gambar 2.3 Parameter gerak tanah S_1 .



Gambar 15 – Parameter gerak tanah S_s gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5%)

Gambar 2.2 Parameter gerak tanah S_s

Sumber: SNI-1726-2019



Gambar 16 – Parameter gerak tanah, S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_n) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2- detik (redaman kritis 5 %)

Gambar 2.3 Parameter gerak tanah S_1

Sumber: SNI-1726-2019

2.8.3 Parameter percepatan spektral desain

Berikut persamaan yang digunakan dalam menentukan percepatan spektral desain untuk periode pendek dan percepatan spektral desain untuk periode 1 detik:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots \dots \dots 2.11$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots \dots \dots 2.12$$

Dengan:

S_{DS} = Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek.

S_{D1} = Parameter respons spektral desain untuk periode 1,0 detik.

2.8.4 Spektrum respon desain

Dalam kasus dimana respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan berdasar pada Gambar 2.4 Spektrum respon desain dan mengikuti syarat-syarat yang dipaparkan berikut ini:

- Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respon percepatan desain, S_a , harus diambil dari rumus berikut:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots \dots \dots 2.13$$

- b. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s spektrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS} .
- c. Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L respons spektral percepatan desain, S_a diambil berdasarkan rumus:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots 2.14$$

- d. Untuk periode lebih besar dari T_L , respons spektral percepatan desain, S_a diambil berdasarkan rumus berikut:

$$S_a = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \dots\dots\dots 2.15$$

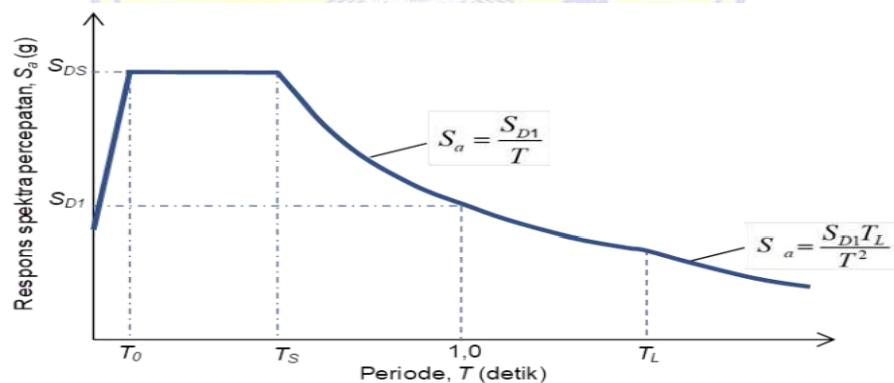
Dengan:

S_{DS} = Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek.

S_{D1} = Parameter respons spektral desain untuk periode 1,0 detik.

T = Periode getar fundamental struktur.

Berikut ditampilkan gambar 2.4 Spektrum respon desain.



Gambar 2.4 Spektrum respon desain

Sumber: SNI-1726-2019

2.8.5 Kategori desain seismik

Struktur bangunan harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan dua parameter yaitu kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1} . Di samping itu, struktur dengan

kategori risiko II,II dan III yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik lebih besar atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Selain itu, struktur yang berkategori risiko IV dimana respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik lebih besar atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Berikut disajikan Tabel 2.11 Kategori desain seismik percepatan periode pendek.

Tabel 2.11 Kategori desain seismik percepatan periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,617$	A	A
$0,617 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: SNI-1726-2019

Berikut disajikan Tabel 2.12 Kategori desain seismik percepatan periode 1 detik.

Tabel 2.12 Kategori desain seismik percepatan periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber: SNI-1726-2019

2.9 Menentukan Sistem Struktur

Pemilihan sistem struktur atau sistem dasar pemikul gaya seismik lateral dan vertikal harus memenuhi salah satu tipe yang diisyaratkan pada Tabel 2.13 Rekap faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik. Dimana masing-masing sistem terbagai berdasarkan tipe elemen vertikal

pemikul gaya seismik lateralnya. Dimana perlu juga diperhatikan terkait batasan ketinggian struktur h_n dalam penentuan geser dasar, simpangan antar tingkat desain dan gaya desain elemen. Berikut disajikan Tabel 2.13 Rekap faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik:

Tabel 2.13 Rekap faktor R , C_d , dan Ω_0

Sistem Pemikul Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons, R^a	Faktor Kuat Lebih Sistem, Ω_0^b	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d^c	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
SDDK	7	2 ^{1/2}	5 ^{1/2}	TB	TB	TB	TB	TB
SRPMK	8	3	5 ^{1/2}	TB	TB	TB	TB	TB
SRPMM	5	3	4 ^{1/2}	TB	TB	TI	TI	TI

Sumber: SNI-1726-2019

2.10 Prosedur Gaya *Lateral Ekuivalen*

2.10.1 Periode fundamental struktur

Periode fundamental struktur didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk menempuh satu putaran lengkap dari suatu getaran saat terganggu dari posisi keseimbangan statis dan kembali ke posisi aslinya. Periode getar struktur ini menjadi hal yang sangat penting karena periode getar struktur inilah yang akan menentukan besarnya beban gempa yang akan diaplikasikan dalam perencanaan struktur selain faktor-faktor yang lain. Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam menentukan periode fundamental struktur:

$$T_a = C_t h_n^x \dots\dots\dots 2.16$$

Dengan:

h_n = Ketinggian struktur di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

Koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 2.14 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x :

Tabel 2.14 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100% gaya seismik yang diisyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku 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 terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber: SNI-1726-2019

Jika dalam analisis ini digunakan bantuan program untuk mendapatkan nilai periode fundamental struktur yang akurat sesuai dengan massa dan kekauan struktur, maka perlu dilakukan pengecekan terhadap batas atas periode dengan menggunakan persamaan:

$$T = C_u T_a \dots\dots\dots 2.17$$

Dengan nilai C_u diambil berdasarkan tabel 2.15 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung:

Tabel 2.15 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain Pada 1 Detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber: SNI-1726-2019

Hasil nilai periode fundamental struktur yang didapatkan dari bantuan program harus tetap memenuhi persyaratan berikut:

- a. Jika $T_c < T_a$, $T = T_a$
- b. Jika $T_a < T_c < C_u T_a$, $T = T_c$
- c. Jika $T_c > C_u T_a$, $T = C_u T_a$

Dengan:

T = Periode desain.

T_c = Periode hasil analisa program.

T_a = Batas bawah periode.

$C_u T_a$ = Batas atas periode.

2.10.2 Berat struktur

Berat struktur bangunan sudah terhitung secara otomatis dengan bantuan aplikasi E-tabs yang terdiri dari:

1. Beban mati (*Dead load*)
2. Beban mati tambahan (*Super imposed dead load*)
3. Beban hidup (*Live load*)

2.10.3 Gaya dasar seismik

Gaya dasar seismik dalam arah yang ditetapkan dapat dihitung sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s W \dots\dots\dots 2.18$$

Dengan:

V = Gaya geser dasar seismik.

C_s = Koefisien respon seismik yang ditentukan sesuai dengan 0.

W = Berat seismik aktif menurut 0.

Dalam hal ini, koefisien C_s dapat ditentukan dengan persamaan:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots 2.19$$

Selain itu, koefisien respon seismik harus ditentukan berdasarkan batasan maksimal dan batasan minimal sesuai persamaan 2.20 sampai persamaan 2.22 berikut:

a. Batasan maksimal

Untuk $T < T_L$ maka batasan maksimalnya:

$$C_{smax} = \frac{S_{DS}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \dots\dots\dots 2.20$$

Untuk $T > T_L$ maka batasan maksimalnya:

$$C_{smax} = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e} \right)} \dots\dots\dots 2.21$$

b. Batasan minimal

$$C_{smin} = 0,004 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \dots\dots\dots 2.22$$

Khusus untuk struktur yang berlokasi di daerah $S1 > 0,6g$ maka batasan minimalnya adalah:

$$C_{smin} = \frac{0,5 S1}{\frac{R}{I_e}} \dots\dots\dots 2.23$$

2.10.4 Distribusi vertikal gaya gempa statik tiap lantai

Pada distribusi vertikal gaya gempa statik tiap lantai, gaya seismik lateral di sebarang tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut ini:

$$F_x = C_{VX} V \dots\dots\dots 2.24$$

$$C_{VX} = \frac{w_x h_x^k}{\sum w_i \times h_i^k} \dots\dots\dots 2.25$$

Dengan:

C_{VX} = Faktor distribusi vertikal.

V = Gaya lateral desain total atau geser di atas struktur (Kn)

w_i dan w_x = Bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x .

h_i dan h_x = Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)

k = Eksponen yang terkait dengan periode struktur dengan nilai sebagai berikut:

Untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k= 1$

Untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k= 2$

Untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k= 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

2.10.5 Distribusi horizontal gaya gempa statik tiap lantai

Pada distribusi horizontal gaya gempa statik tiap lantai gaya geser tingkat desai seismik di semua tingkat harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^n Fi \dots\dots\dots 2.26$$

Dengan:

Fi = Bagian dari geser dasar seismik pada tingkat ke- i .

2.11 Skala Gempa Dinamik Terhadap Statik

Jika hasil analisa pada gaya geser dasar dan analisis ragam kurang dari 100% dalam perhitungan melalui metode statik ekivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan rumus yang sesuai dengan persamaan 2.28:

$$\text{Skala gempa} = \frac{V}{V_t} \dots\dots\dots 2.27$$

Dengan:

V = Gaya geser statik.

V_t = Gaya geser dinamik.

2.12 Penampang Retak

Retakan pada penampang bisa saja terjadi akibat adanya beban terfaktor. Oleh karena itu, struktur diisyaratkan dapat bertahan meskipun retakan telah terjadi. Sehingga untuk mencegah keretakan pada penampang, nilai momen inersia penampang dirutunkan untuk komponen struktur nonprategang. Berikut disajikan Tabel 2.16 Momen inersia dan luas penampang yang diizinkan:

Tabel 2.16 Momen inersia dan luas penampang yang diizinkan

Bagian dan Kondisi		Momen Inersia	Luas Penampang
Kolom		$0,70 I_g$	$1,0 A_g$
Dinding	Tidak retak	$0,70 I_g$	
	Retak	$0,35 I_g$	
Balok		$0,35 I_g$	
Pelat datar dan <i>slab</i> datar		$0,25 I_g$	

Sumber: SNI-2847-2019

2.13 Mode Ragam

Umumnya mode ragam terdiri dari tiga yaitu mode 1,2 dan 3. Dimana mode 1 dan 2 terjadi translasi dan mode 3 terjadi rotasi. Maka, mode ragam getar bangunan perlu diperiksa. Apabila rotasi terjadi di mode 2 maka harus dilakukan pengecekan ketidakberaturan torsi, namun jika rotasi terjadi pada mode 1 maka desain harus diubah, baik itu dengan cara mengubah konfigurasi ataupun jenis sistem struktur dan menambah kekakuan struktur tersebut.

2.14 Penentuan Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat desain harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau karena hal ini sebagai selisih terbesar dari simpangan titik-titik yang segaris secara vertikal di sepanjang bagian tepi struktur atau di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam menentukan simpangan antar tingkat.

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{i_e} \dots\dots\dots 2.28$$

Dengan:

C_d = Faktor pembesaran simpangan lateral.

δ_x = Perpindahan elastik yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat

i_e = Faktor risiko bangunan

Berikut disajikan Tabel 2.17 Simpangan antar tingkat yang diizinkan $a^{a,b}$.

Tabel 2.17 Simpangan antar tingkat yang diizinkan $\Delta a^{a,b}$

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Sumber: SNI-1726-2019

Dengan:

h_{sx} = Tinggi tingkat bangunan di bawah tingkat-x.

2.15 Ketidakberaturan Torsi

Ketidakberaturan torsi diartikan sebagai salah satu jenis ketidakberaturan horizontal yang terlihat dari adanya perbedaan yang signifikan antara simpangan antar lantai tingkat maksimum pada sebuah ujung struktur dengan simpangan antar lantai tingkat rata-rata pada kedua ujung struktur. Jika dalam suatu struktur terjadi ketidakberaturan torsi, harus diadakan langkah-langkah perbaikan untuk mencegah pergerakan lebih besar dan kerusakan lebih besar pada struktur kolom dan dinding.

2.16 Gaya Dalam

Gaya dalam pada struktur yaitu gaya yang bekerja pada konstruksi bangunan yang disebabkan oleh adanya beban-beban yang bekerja berupa momen, gaya lintang dan gaya normal. Momen adalah gaya yang bekerja dengan menahan lentur sumbu batang. Gaya lintang adalah gaya yang bekerja

tegak lurus sumbu batang dan gaya normal adalah gaya yang bekerja searah sumbu batang. Dimana dalam perencanaan struktur diharapkan semua elemen struktur dapat menahan gaya-gaya tersebut.

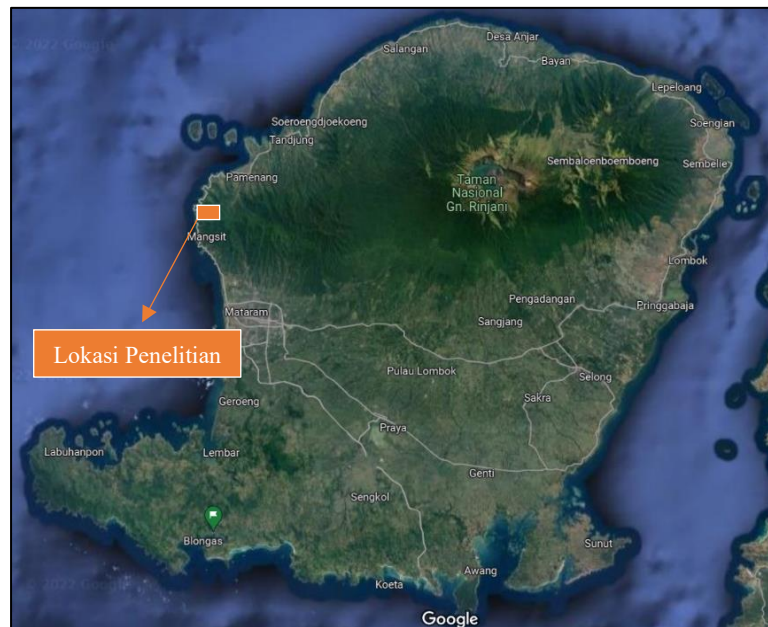


BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada gedung hotel Amarsvati yang berlokasi di Jl. Raya Senggigi Malimbu No.99, Malaka, Kec. Pemenang, Kabupaten Lombok Utara dengan titik $8^{\circ}26'17''$ LS dan $116^{\circ}02'23.7''$ BT. Pada penelitian ini gedung terletak pada kontur tanah berbukit. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 3.1.

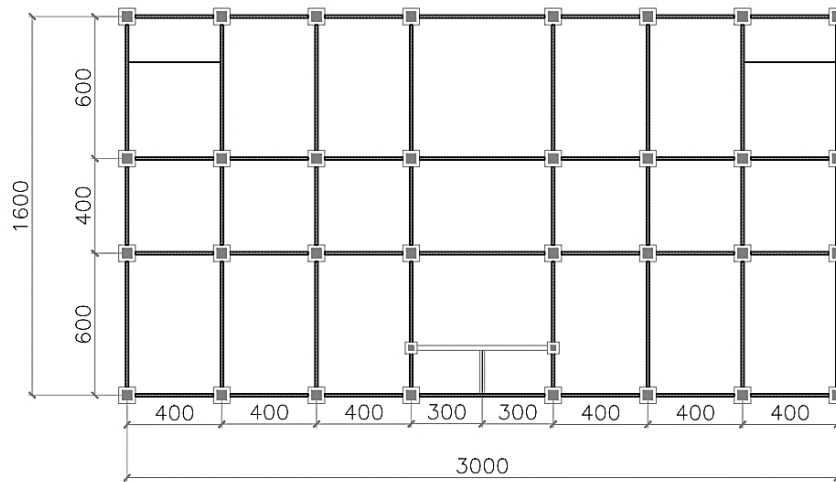


Gambar 3.1 Lokasi penelitian

Sumber: Google Maps, 2023

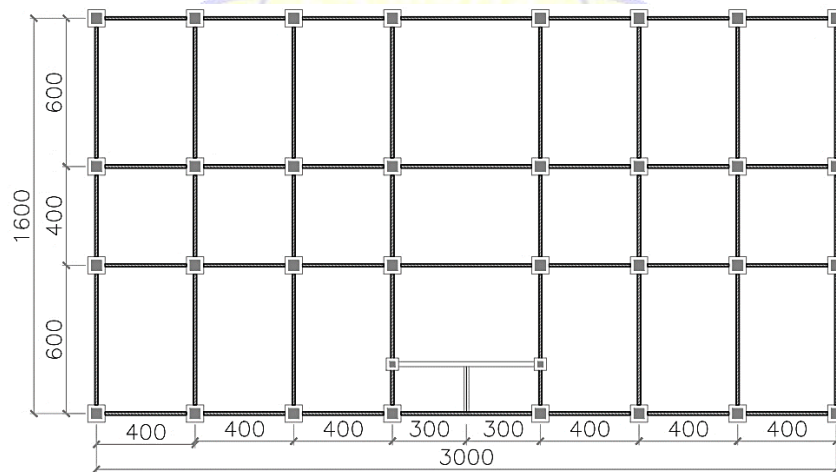
3.2. Data Geometri Bangunan

Fungsi bangunan gedung yang ditinjau pada penelitian ini adalah bangunan hotel dengan dimensi 30 m x 16 m. Gedung pada penelitian ini memiliki tiga variasi ketinggian bangunan yaitu 44 m, 40 m dan 36 m dengan tinggi setiap lantai 4 m. Ketiga variasi ketinggian bangunan tersebut akan direncanakan dengan tiga kemiringan tanah fondasi yaitu 0° , 10° dan 20° . Denah dan potongan melintang bangunan disajikan pada Gambar 3.2 sampai Gambar 3.6.



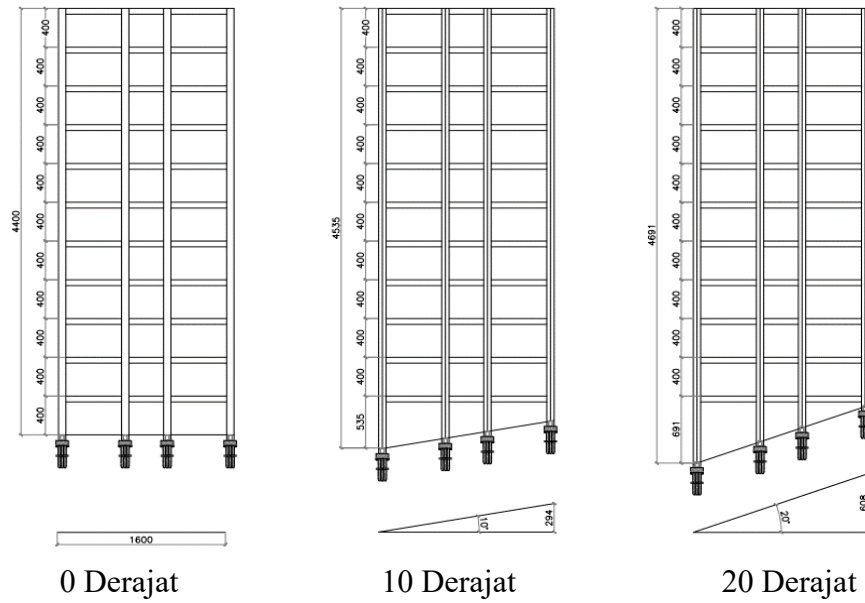
Gambar 3.2 Denah Lantai 1-10

Sumber: Autocad, 2023



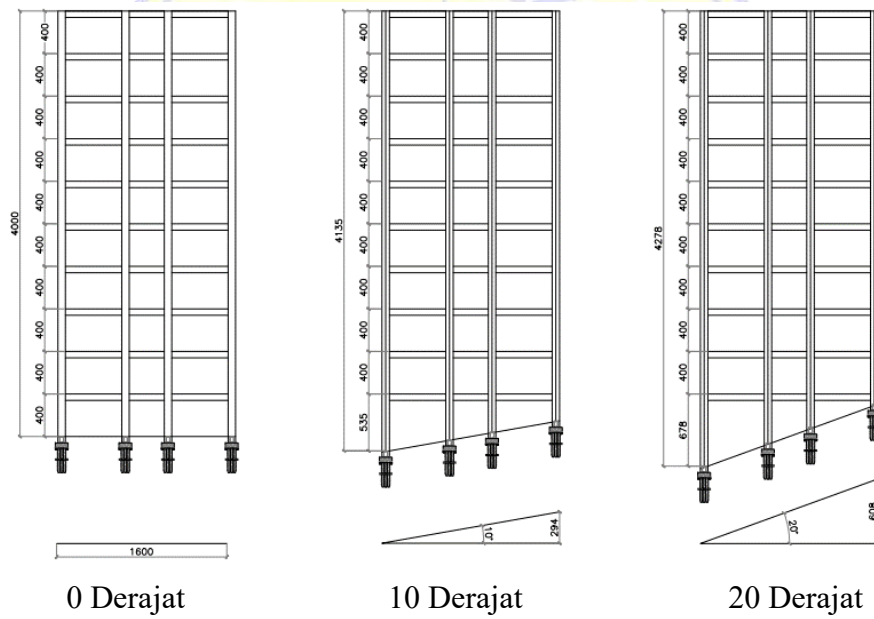
Gambar 3.3 Denah lantai atap

Sumber: Autocad, 2023



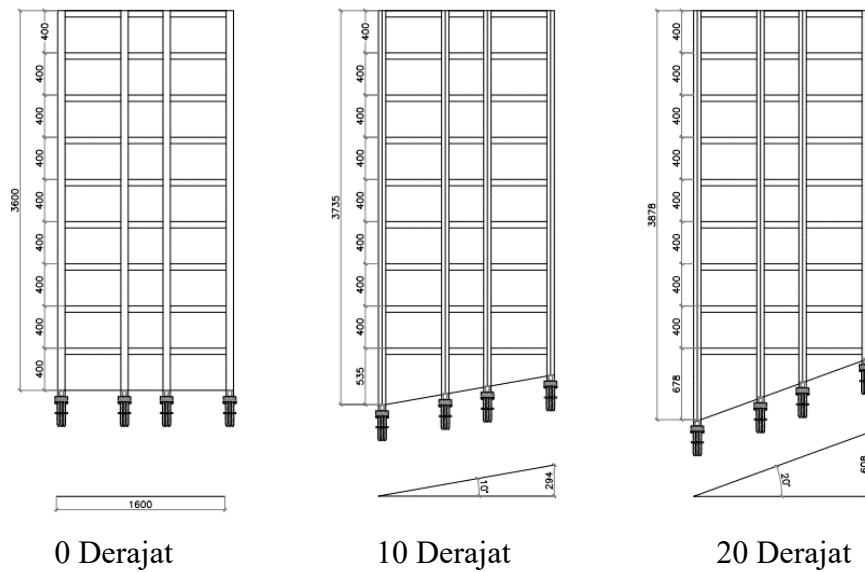
Gambar 3.4 Potongan melintang ketinggian 44 m

Sumber: Autocad, 2023



Gambar 3.5 Potongan melintang ketinggian 40 m

Sumber: Autocad, 2023



Gambar 3.6 Potongan melintang ketinggian 36 m

Sumber: Autocad, 2023

3.3. Pemanfaatan Ruang

Berikut disajikan Tabel 3.1 Pemanfaatan ruang pada bangunan yang diteliti:

Tabel 3.1 Pemanfaatan ruang

Lantai	Fungsi ruang
Lantai 1	<i>Lobby</i> dan kamar hotel
Lantai 2 – 10	Kamar hotel
Lantai atap	Atap

Sumber: Hasil analisa, 2023

3.4. Spesifikasi Material

1. Beton

Mutu beton ($f'c$)	: 30 MPa
Modulus elastisitas (E_c)	: 25742,960 MPa
Berat jenis beton bertulang	: 24 kN/m ³
Angka poison (ν)	: 0,2
Modulus geser (G)	: 10726,2334

2. Baja tulangan utama

Kelas baja tulangan	: BjTS 420A
Kuat luluh (f_y)	: 420 MPa – 545 MPa
Kuat tarik (F_u)	: 525 MPa
Modulus elastisitas baja (E_s)	: 200000 MPa
Berat jenis baja	: 78,5 kN/m ³

3. Baja tulangan sengkang

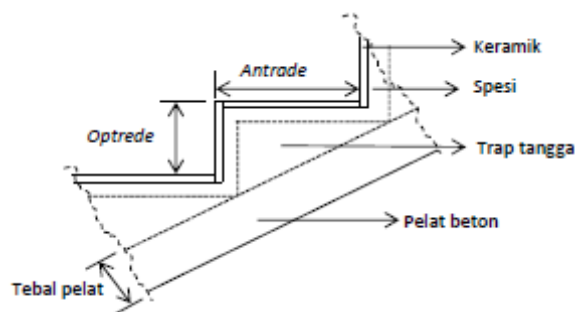
Kelas baja tulangan	: BjTS 280
Kuat luluh (f_y)	: 280 MPa – 405 MPa
Kuat tarik (F_u)	: 350 MPa
Modulus elastisitas baja (E_s)	: 200000 MPa
Berat jenis baja	: 78,5 kN/m ³

3.5. Desain Preliminary Fondasi

Gedung diasumsikan menggunakan fondasi tiang pancang di mana jenis tumpuan yang digunakan adalah tumpuan jepit. Dalam hal ini dalam penggunaan fondasi tiang pancang kedudukannya dianggap tidak mengalami translasi dan rotasi.

3.6. Desain Tangga

Berikut disajikan bagian-bagian pada tangga yang digunakan pada 9 model bangunan dalam penelitian pada gambar 3.7:



Gambar 3.7 Detail tangga

Sumber: Aldo, 2022

3.7. Tahapan Analisa

Analisa pada penelitian ini dilakukan pada tiga model ketinggian bangunan dengan variasi kemiringan tanah fondasi yaitu 0° , 10° , dan 20° . Dimana kategori risiko gempa serta lokasi pada setiap model bangunan sama. Tahapan-tahapan analisa antara lain:

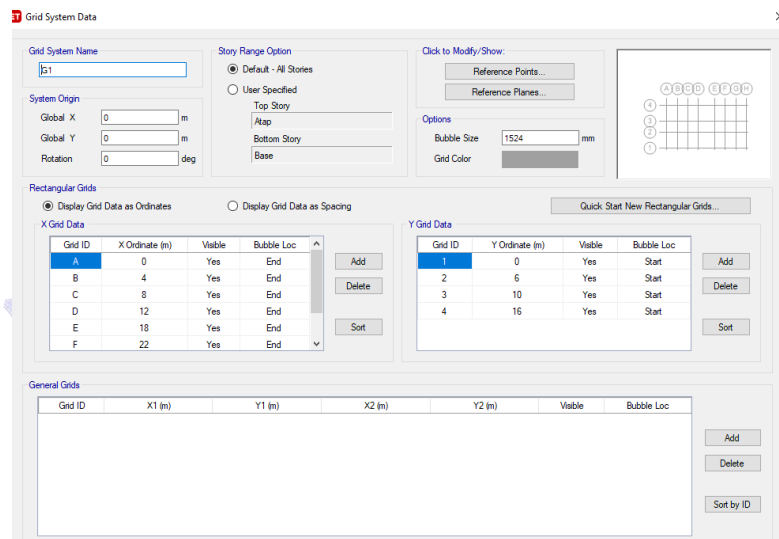
1. Merencanakan dimensi elemen struktur yaitu balok, kolom dan pelat.
2. Menganalisis pembebanan yang terjadi yaitu:
 - a. Beban mati dan beban mati tambahan
Beban mati yang digunakan pada analisa gedung adalah berat sendiri setiap elemen struktur yaitu balok, kolom dan pelat. Sedangkan beban mati tambahan yang digunakan adalah berat sendiri plafond, berat sendiri keramik, berat sendiri dinding bata, berat sendiri tangga dan beban akibat adanya *lift*.
 - b. Beban hidup
Beban hidup yang digunakan pada analisa gedung disesuaikan dengan fungsi masing-masing ruangan yang ada pada gedung yaitu kamar, koridor, atap dan tangga.
 - c. Beban gempa
Beban gempa yang digunakan pada analisa gedung mengikuti peraturan pada SNI:1729:2019.
3. Melakukan pemodelan dengan aplikasi komputer ETABS versi 18.1.1.
4. Melakukan perbandingan antara tiga model bangunan serta kemiringan tanah fondasi yang digunakan.

3.8. Langkah-langkah Analisa Pada Aplikasi Komputer ETABS

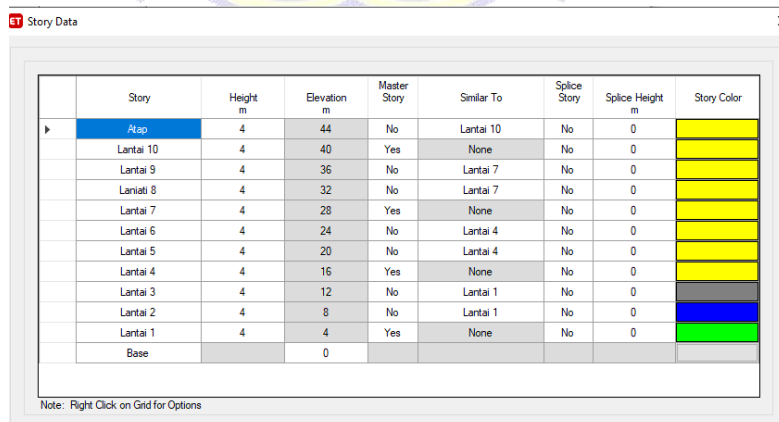
3.8.1 Permodelan *grid* dan *story*

Permodelan *grid* dilakukan untuk menggambar geometri bangunan yang akan dianalisa sedangkan permodelan *story* dilakukan untuk memasukkan ketinggian atau elevasi dari bangunan. Berikut langkah-langkah dalam permodelan *grid* dan *story*:

1. Klik edit pada menu kemudian pilih *edit stories dan grid systems*.
2. Pilih *modify/show grid systems*.
3. Masukkan panjang dan lebar bangunan sesuai dengan sumbu x dan sumbu y pada bagian *x grid data* dan *y grid data* kemudian OK.
4. Pilih *modify/show story data*.
5. Masukkan ketinggian setiap lantai bangunan pada tabel kemudian OK.



Gambar 3.8 Edit *grid data*



Sumber: ETABS, 2023

3.8.2 Mendefinisikan material

Mendefinisikan material dilakukan untuk memasukkan spesifikasi material yang digunakan pada bangunan yaitu beton, baja tulangan utama dan baja tulangan sengkang. Berikut langkah-langkah dalam mendefinisikan material:

1. Klik *define* pada menu kemudian pilih *material properties*.
2. Pilih *add new material*.
3. Masukkan spesifikasi material beton yang digunakan seperti berat pada bagian *material weight and mass*, modulus elastisitas pada bagian *mechanical property data*.
4. Pilih *modify/show material property design data*, kemudian masukkan nilai ($f'c$) (untuk beton) pada bagian *design properties for concrete materials* kemudian OK.
5. Lakukan langkah-langkah yang sama untuk memasukkan spesifikasi material baja tulangan utama dan baja tulangan sengkang.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.10 dan Gambar 3.11.

Material Property Data

General Data

Material Name: Beton

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection]

Material Notes: [Text Area]

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 24 kN/m³

Mass per Unit Volume: 2447.319 kg/m³

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 25742.96 MPa

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 10726.23 MPa

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

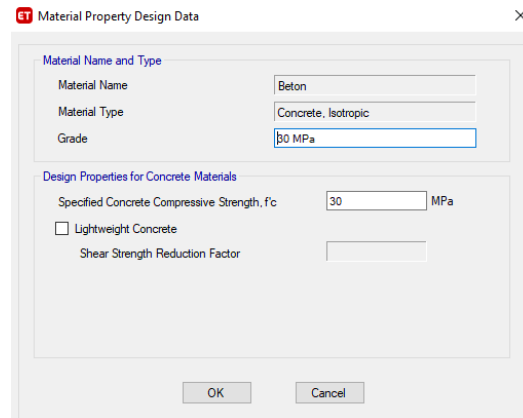
Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Gambar 3.10 Edit spesifikasi material beton

Sumber: ETABS, 2023



Gambar 3.11 Edit *material property design data*

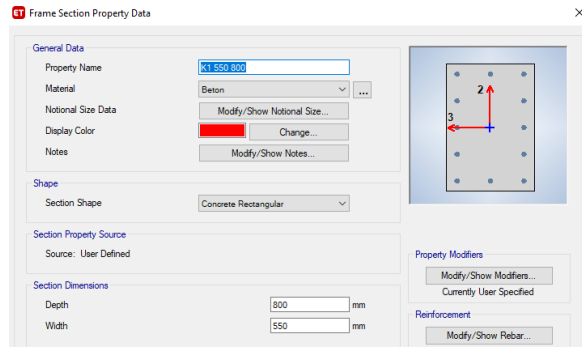
Sumber: ETABS, 2023

3.8.3 Mendefinisikan penampang

Mendefinisikan penampang dilakukan untuk memasukkan dimensi, momen inersia dan tulangan (yang dihitung otomatis oleh ETABS) penampang kolom, balok, balok *lift*, ring balok dan balok tangga. Berikut langkah-langkah dalam mendefinisikan penampang:

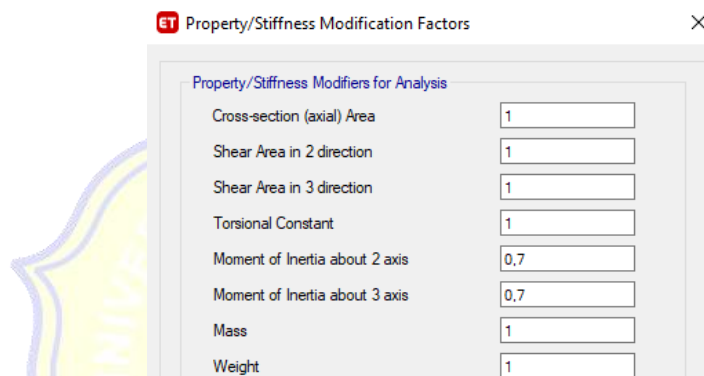
- a. Penampang kolom
 - Klik *define* pada menu kemudian pilih *section properties* → *frame sections*.
 - Pilih *add new property* lalu klik bentuk penampang yang sesuai.
 - Masukkan nama kolom pada bagian *property name*.
 - Masukkan dimensi penampang kolom pada bagian *section dimentions* lalu klik *modify/show modifiers*.
 - Masukkan momen inersia penampang kolom pada bagian *moment of inertia about 2 axis* dan *moment of inertia about 3 axis* kemudian OK.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.12 dan Gambar 3.13.



Gambar 3.12 Edit data penampang kolom

Sumber: ETABS, 2023



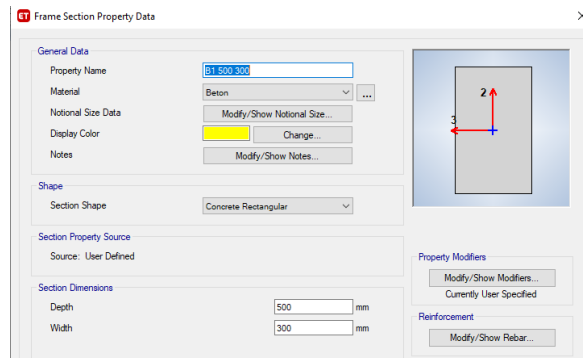
Gambar 3.13 Edit momen inersia penampang kolom

Sumber: ETABS, 2023

b. Penampang balok

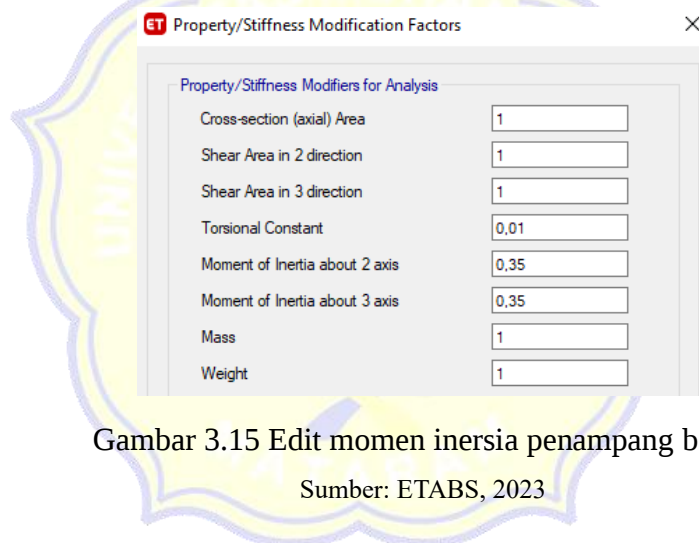
- Klik *define* pada menu kemudian pilih *section properties* → *frame sections*.
- Pilih *add new property* lalu klik bentuk penampang yang sesuai.
- Masukkan nama balok pada bagian *property name*.
- Masukkan dimensi penampang balok pada bagian *section dimentions* lalu klik *modify/show modifiers*.
- Masukkan momen inersia penampang balok pada bagian *moment of inertia about 2 axis* dan *moment of inertia about 3 axis* kemudian masukkan nilai *torsional constant* yaitu 0,01.
- Kemudian OK.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.14 dan Gambar 3.15.



Gambar 3.14 Edit data penampang balok

Sumber: ETABS, 2023



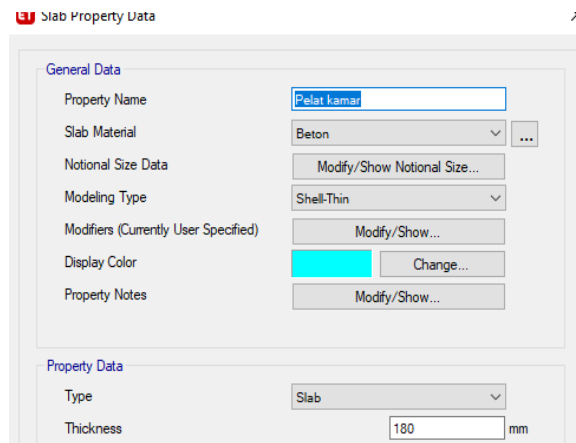
Gambar 3.15 Edit momen inersia penampang balok

Sumber: ETABS, 2023

c. Penampang pelat

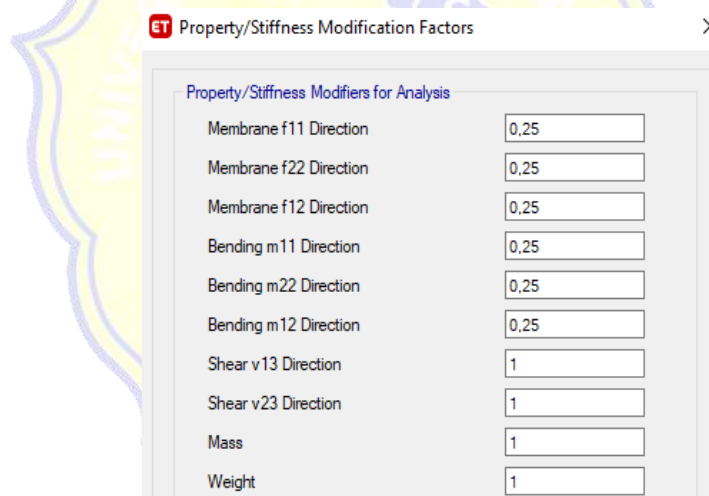
- Klik *define* pada menu kemudian pilih *section properties* → *slab sections*.
- Pilih *add new property* lalu klik bentuk penampang yang sesuai.
- Masukkan nama pelat pada bagian *property name*.
- Masukkan dimensi penampang pelat pada bagian *thickness* lalu klik *modify/show* pada bagian *modifiers*.
- Masukkan momen inersia penampang pelat pada bagian *membrane f11 direction* sampai *bending m12 direction*.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.16 dan Gambar 3.17.



Gambar 3.16 Edit data penampang pelat

Sumber: ETABS, 2023



Gambar 3.17 Edit momen inersia penampang pelat

Sumber: ETABS, 2023

3.8.4 Menggambar penampang

Menggambar penampang dilakukan setelah mendefinisikan penampang. Penampang kolom, balok dan pelat digambar pada *plan view* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Penampang kolom

- Pilih ikon *quick draw columns*.
- Pada bagian *properties of object*, sesuaikan *property* dengan jenis kolom yang akan digambar.
- Pilih *grid line* pada lantai yang ditinjau.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Gambar penampang kolom

Sumber: ETABS, 2023

2. Penampang balok

- Pilih ikon *quick draw beams*.
- Pada bagian *properties of object*, sesuaikan *property* dengan jenis balok yang akan digambar.
- Pilih *grid line* pada lantai yang ditinjau.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.19.



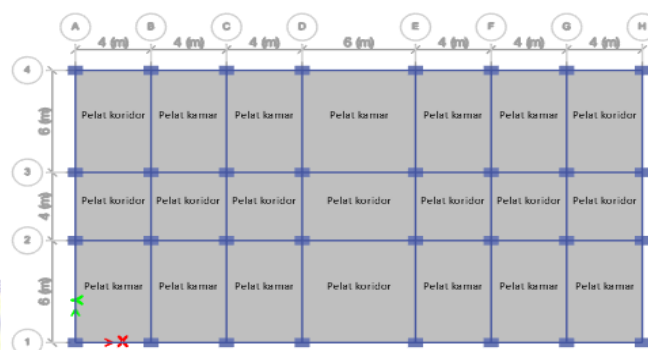
Gambar 3.19 Gambar penampang balok

Sumber: ETABS, 2023

3. Penampang pelat

- Pilih ikon *quick draw floor/wall*.
- Pada bagian *properties of object*, sesuaikan *property* dengan jenis pelat yang akan digambar.
- Pilih *grid line* pada lantai yang ditinjau.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20 Gambar penampang pelat

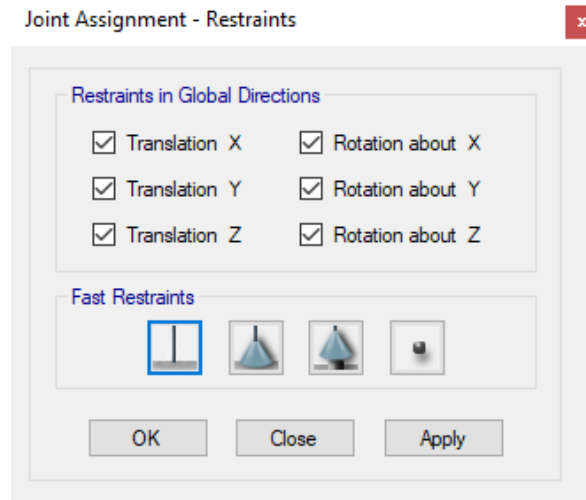
Sumber: ETABS, 2023

3.8.5 Menggambar perletakan

Langkah-langkah dalam memasukkan perletakan atau asumsi tumpuan adalah:

- Blok seluruh *point* pada *base*.
- Pilih *assign* → *joint* → *restrains*
- Kemudian pilih gambar tumpuan jepit pada bagian *fast restrains*.
- Pilih OK.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21 Memasukkan perletakan

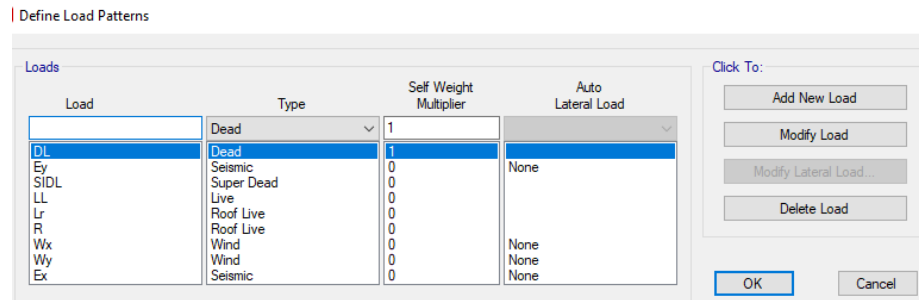
Sumber: ETABS, 2023

3.8.6 Mendefinisikan pembebanan

Mendefinisikan pembebanan dilakukan untuk memasukkan jenis-jenis beban yang bekerja pada bangunan yaitu beban hidup, beban hidup atap, beban mati, beban mati tambahan, beban angin dan beban gempa. Selanjutnya dimasukkan 36 jenis kombinasi pembebanan yang merupakan pengembangan dari 7 kombinasi dasar. Berikut langkah-langkah dalam mendefinisikan pembebanan:

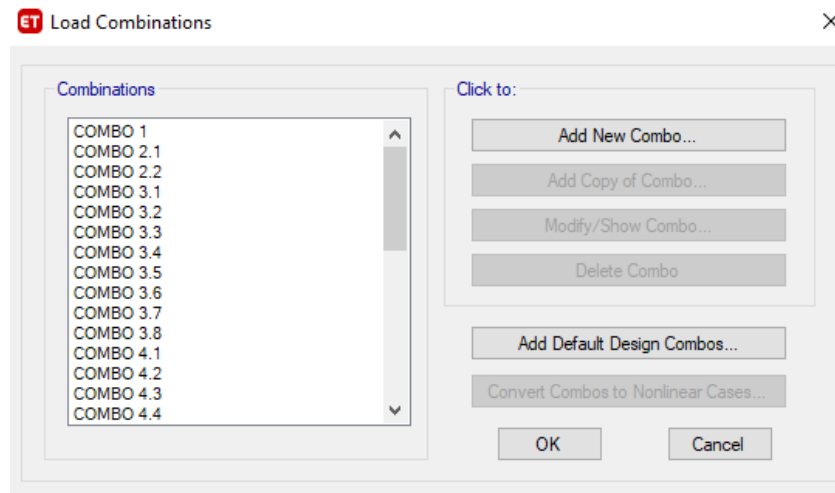
- Pilih *define* → *load patterns*.
- Masukkan semua jenis beban yang ada beserta tipenya pada bagian *load* dan *type*.
- Pilih *define* → *load combinations*.
- Masukkan kombinasi pembebanan dan skala faktor pada bagian *load name* dan *scale factor*.
- Kemudian OK.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.22 dan Gambar 3.23.



Gambar 3.22 Edit jenis beban

Sumber: ETABS, 2023



Gambar 3.23 Edit kombinasi pembebanan

Sumber: ETABS, 2023

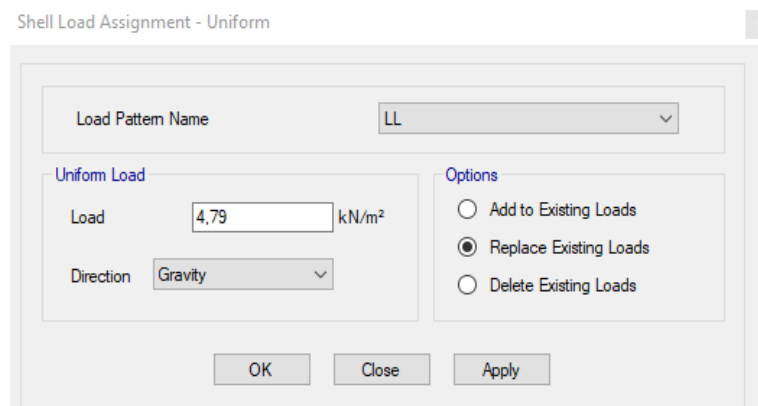
3.8.7 Menambahkan pembebanan

Menambahkan pembebanan dilakukan untuk memasukkan beban-beban yang ada ke dalam struktur pelat dan balok. Penambahan beban ini berupa penambahan beban pada *shell*, penambahan beban titik dan penambahan beban pada *frame*. Berikut langkah-langkah dalam menambahkan pembebanan pada elemen struktur:

- a. Menambahkan beban pada *shell* (Beban hidup pelat tangga)
 - Klik *select* → *select* → *properties* → *slab sections*.
 - Pilih *assign* → *shell loads* → *uniform*.

- Pilih nama beban yang akan kita masukkan pada bagian *load pattern name*.
- Isi nilai beban hidup pada bagian *uniform load*.
- Kemudian OK.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.24.



Gambar 3.24 Edit beban pada *shell*

Sumber: ETABS, 2023

- b. Menambahkan beban pada *frame*
- Klik *select* → *select* → *properties* → *frame sections*.
 - Pilih *assign* → *frame loads* → *distributed*.
 - Pilih nama beban yang akan kita masukkan pada bagian *load pattern name*.
 - Isi nilai beban hidup pada bagian *uniform load*.
 - Kemudian OK.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.25.

Frame Load Assignment - Distributed

Load Pattern Name: LL

Load Type and Direction

☒ Forces ☐ Moments

Direction of Load Application: Gravity

Options

☐ Add to Existing Loads

☒ Replace Existing Loads

☐ Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.	
Distance	0	0	0	0	m
Load	0	0	0	0	kN/m

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

Uniform Load

Load: 10 kN/m

OK Close Apply

Gambar 3.25 Edit beban pada *frame*

Sumber: ETABS, 2023

c. Menambahkan beban titik (beban mati pada *lift*)

- Klik balok yang ada pada *lift*.
- Pilih *assign* → *frame loads* → *points*.
- Masukkan nilai distance yaitu 1.
- Masukkan nilai *load* pada bagian *point loads* sesuai dengan nilai beban mati *lift*.
- Kemudian OK.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.26.

Frame Load Assignment - Point

Load Pattern Name: SIDL

Load Type and Direction

☒ Forces ☐ Moments

Direction of Load Application: Gravity

Options

☐ Add to Existing Loads

☒ Replace Existing Loads

☐ Delete Existing Loads

Point Loads

	1.	2.	3.	4.	
Distance	1	0	0	0	m
Load	32.58	0	0	0	kN

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

OK Close Apply

Gambar 3.26 Edit beban titik

Sumber: ETABS, 2023

3.8.8 Input beban gempa statik ekuivalen

Input beban gempa statik ekuivalen dilakukan untuk menambahkan beban gempa arah x dan beban gempa arah y pada bangunan. Penginputan beban gempa ini dilakukan dengan memasukkan parameter-parameter gempa pada ETABS. Berikut langkah-langkah dalam melakukan penginputan beban gempa statik ekuivalen:

- Klik *define* → *load patterns*.
- Pilih *modify lateral load* pada bagian beban gempa.
- Masukkan parameter-parameter gempa yang digunakan yaitu C_t , x , S_s , S_1 , T_L , kelas tanah, F_a , F_v , SDS , $SD1$, R , Ω , C_d , dan I .
- Kemudian OK.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.27.

Gambar 3.27 Edit parameter-parameter beban gempa

Sumber: ETABS, 2023

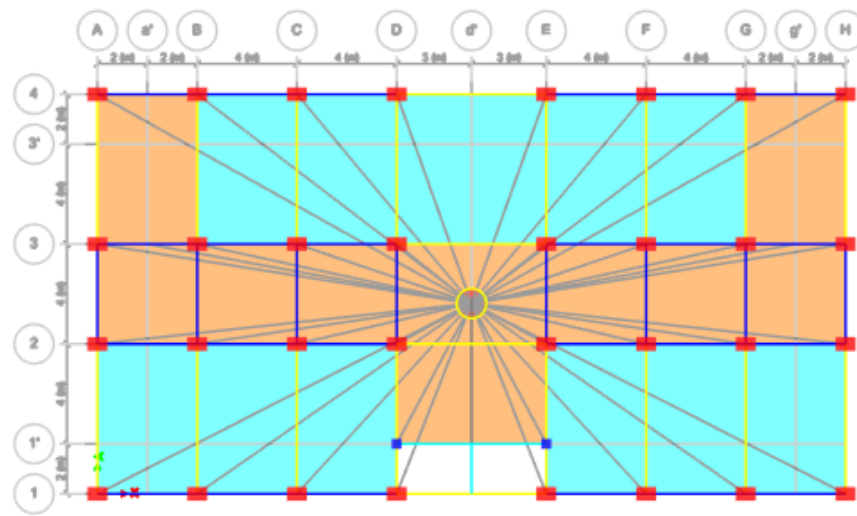
3.8.9 Input diafragma

Penginputan diafragma dilakukan untuk memperhitungkan kekakuan relatif diafragma dan elemen vertikal sistem penahan gaya gempa. Di mana asumsi diafragma untuk setiap lantai adalah kaku. Berikut langkah-langkah input diafragma:

- Klik *select* → *select* → *properties* → *slab sections*.

- Selanjutnya pilih tipe pelat yang akan digunakan.
- Pilih *assign* → *shell* → *diaphragms* → D1.
- Pilih *modify/show definiton*.
- Pilih D1 lalu pilih *modify/show diaphragm*.
- Kemudian klik *apply*.

Langkah-langkah tersebut disajikan dalam Gambar 3.28.



Gambar 3.28 Edit diafragma

Sumber: ETABS, 2023

Dalam Gambar 3.27 tersebut indikator warna menunjukkan fungsi ruang yang ada pada bangunan di mana warna biru menunjukkan fungsi ruang sebagai kamar dan warna oren menunjukkan ruang yaitu koridor.

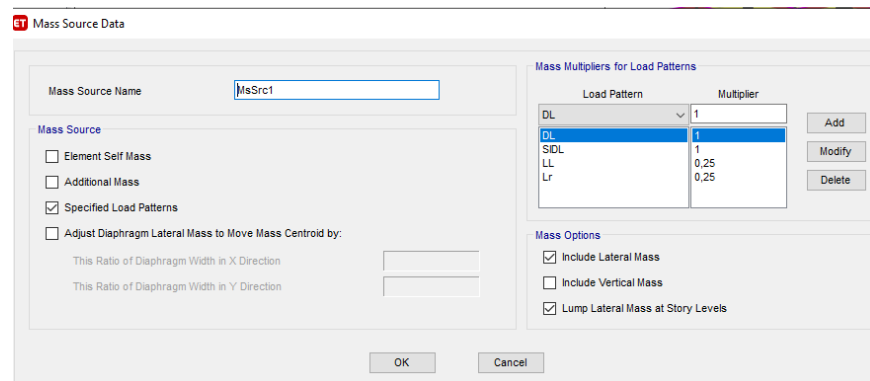
3.8.10 Mendefinisikan *mass source*

Mendefinisikan *mass source* dilakukan untuk menentukan jumlah massa yang akan dihitung oleh ETABS. Berikut langkah-langkah dalam mendefinisikan *mass source*.

- Klik *define* → *mass source*.
- Pilih *modify/show mass source*.
- Centang *specified load patterns* pada bagian *mass source*.
- Tambahkan beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban hidup atap pada bagian *load pattern*.

- Masukkan angka pengali sesuai dengan jenis beban yang digunakan pada bagian *multiplier*.
- Kemudian OK.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.29.



Gambar 3.29 Edit *mass source*

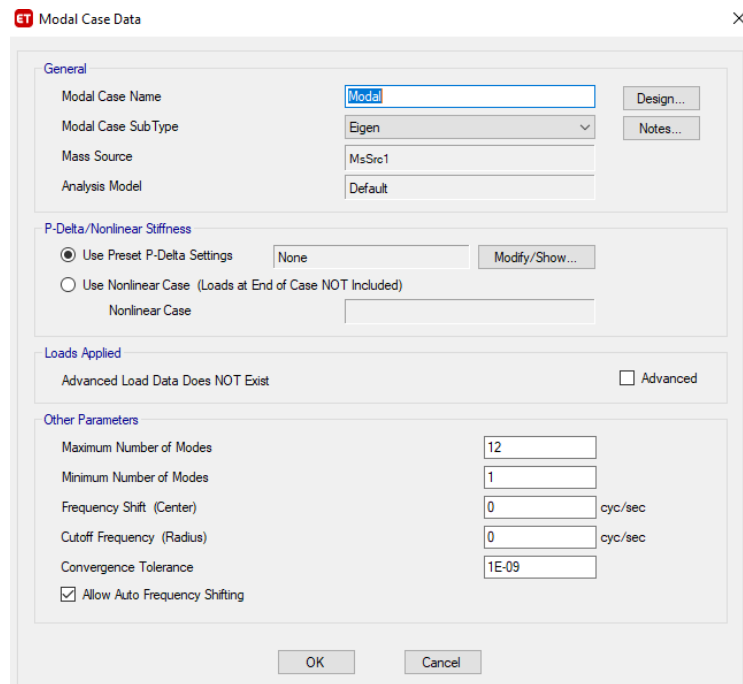
Sumber: ETABS, 2023

3.8.11 Modal

Modal dilakukan untuk analisis dinamik perilaku ragam gerak struktur di setiap mode-modenya. Syarat dalam analisis ini adalah harus menyertakan jumlah modal yang cukup agar tercapai partisipasi massa ragam minimal 90%. Berikut langkah-langkah dalam mendefinisikan modal:

- Klik *define* → *modal cases*.
- Pilih *modify/ show case*.
- Masukkan angka 12 pada *maximum number of modes*.
- Kemudian OK.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.30.



Gambar 3.30 Edit modal

Sumber: ETABS, 2023

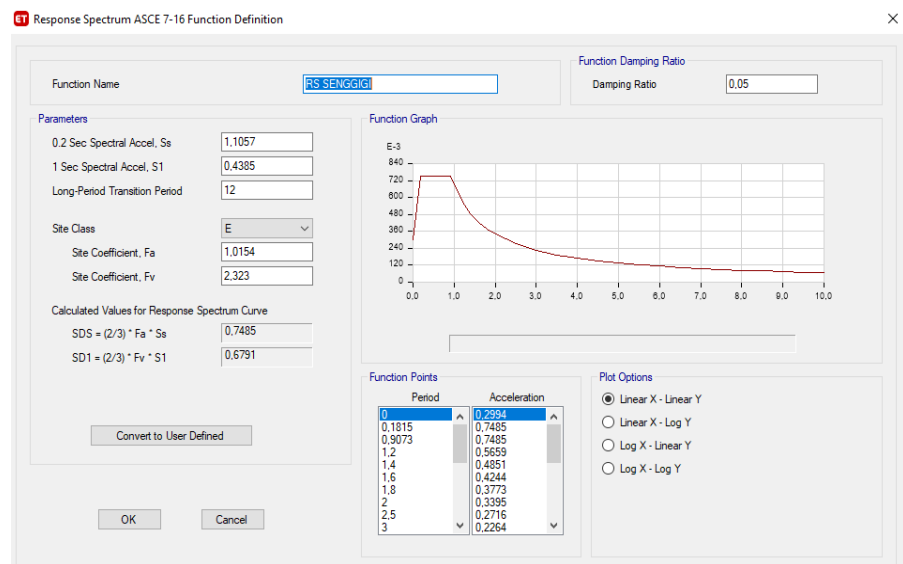
3.8.12 Respon spektrum

Respon spektrum digunakan untuk mengetahui perilaku dinamik dari pola geser bangunan tinggi yang dipengaruhi oleh banyak mode. Kurva spektrum respon desain merupakan fungsi percepatan spektral terhadap periode. Dimana dalam membuat kurva ini parameter-parameter yang di input adalah S_s , S_1 , T_L , F_a , F_v dan kelas tanah. Berikut langkah-langkah dalam memasukkan respon spektrum:

- Klik *define* → *functions* → *response spectrum*.
- Pilih *add new function* kemudian *modify/show function* yang sudah dibuat.
- Masukkan parameter-parameter yang dibutuhkan pada bagian *parameters*.
- Kemudian OK.
- Pilih *define* → *load cases*.
- Pilih *add new case* untuk memasukkan *load cases* yang baru.
- Masukkan nama *load case* pada bagian *load case name*.

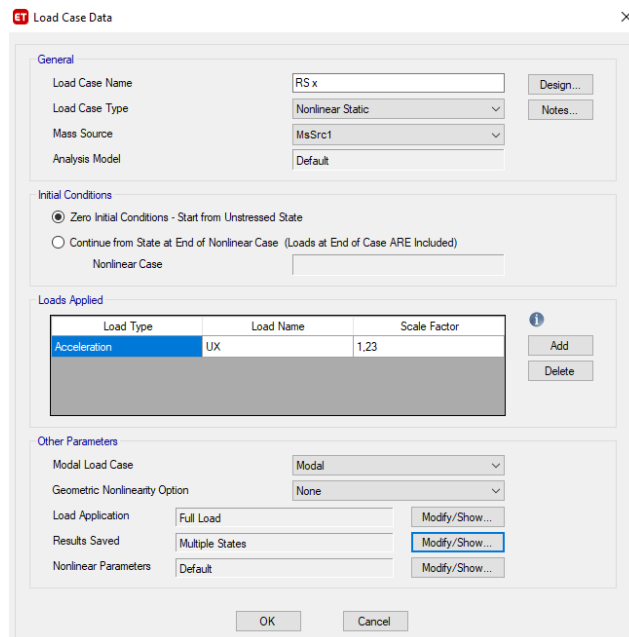
- Pilih *nonlinear static* pada bagian *load case type*.
- Sesuaikan *load type*, *load name* dan *scale factor* pada bagian *loads applied*.
- Pilih *modify/show* pada bagian *results saved* kemudian pilih *multiple states*.
- Klik OK.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.31 dan Gambar 3.32.



Gambar 3.31 Edit respon spektrum

Sumber: ETABS, 2023



Gambar 3.32 Edit *load case data*

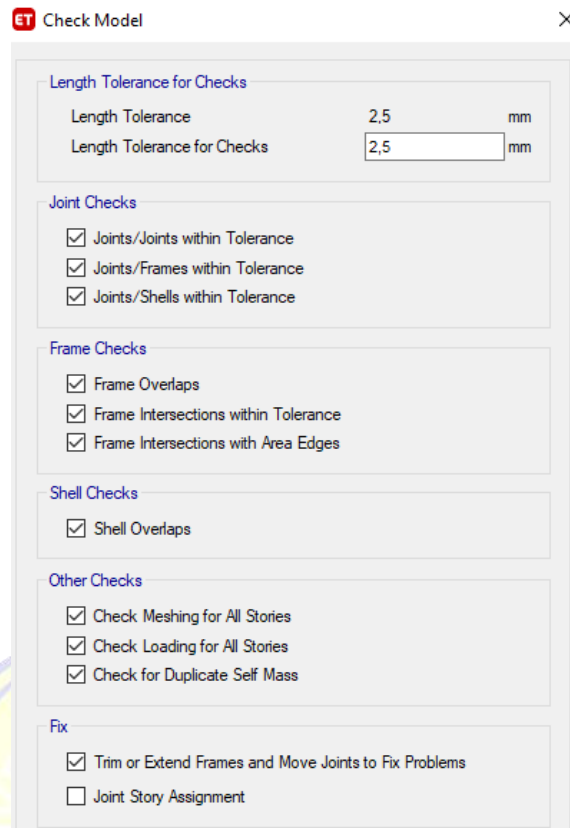
Sumber: ETABS, 2023

3.8.13 **Run analisis**

Run analisis dilakukan untuk mengetahui analisis gerak ragam yang bekerja pada bangunan dan untuk mendapatkan nilai waktu getar alami fundamental. Berikut langkah-langkah dalam melakukan *run* analisis.

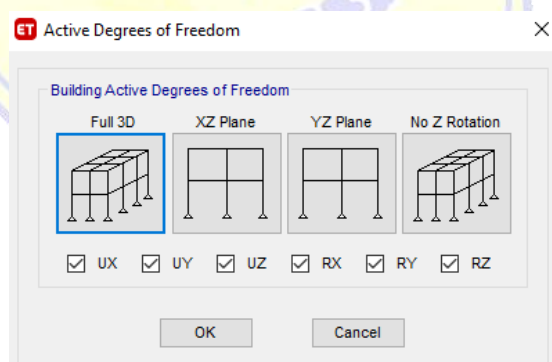
- Klik *analyze* → *check model*.
- Centang seluruh pilihan kecuali bagian akhir.
- Kemudian OK.
- Klik *analyze* → *set active degree of freedom*.
- Pilih full 3D kemudian OK.
- Pilih *analyze* → *set load cases to run* → *run now*.
- Kemudian OK.

Langkah-langkah tersebut disajikan pada Gambar 3.33 sampai dengan Gambar 3.35.



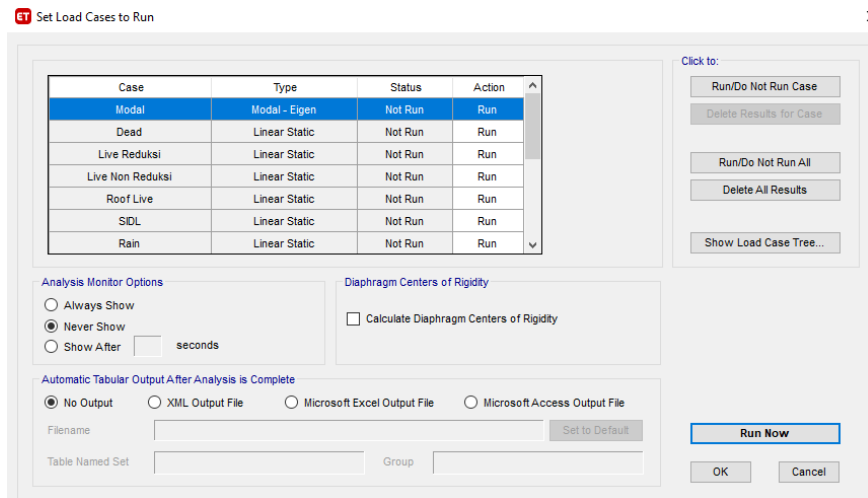
Gambar 3.33 Edit *check model*

Sumber: ETABS, 2023



Gambar 3.34 Edit *active degrees of freedom*

Sumber: ETABS, 2023



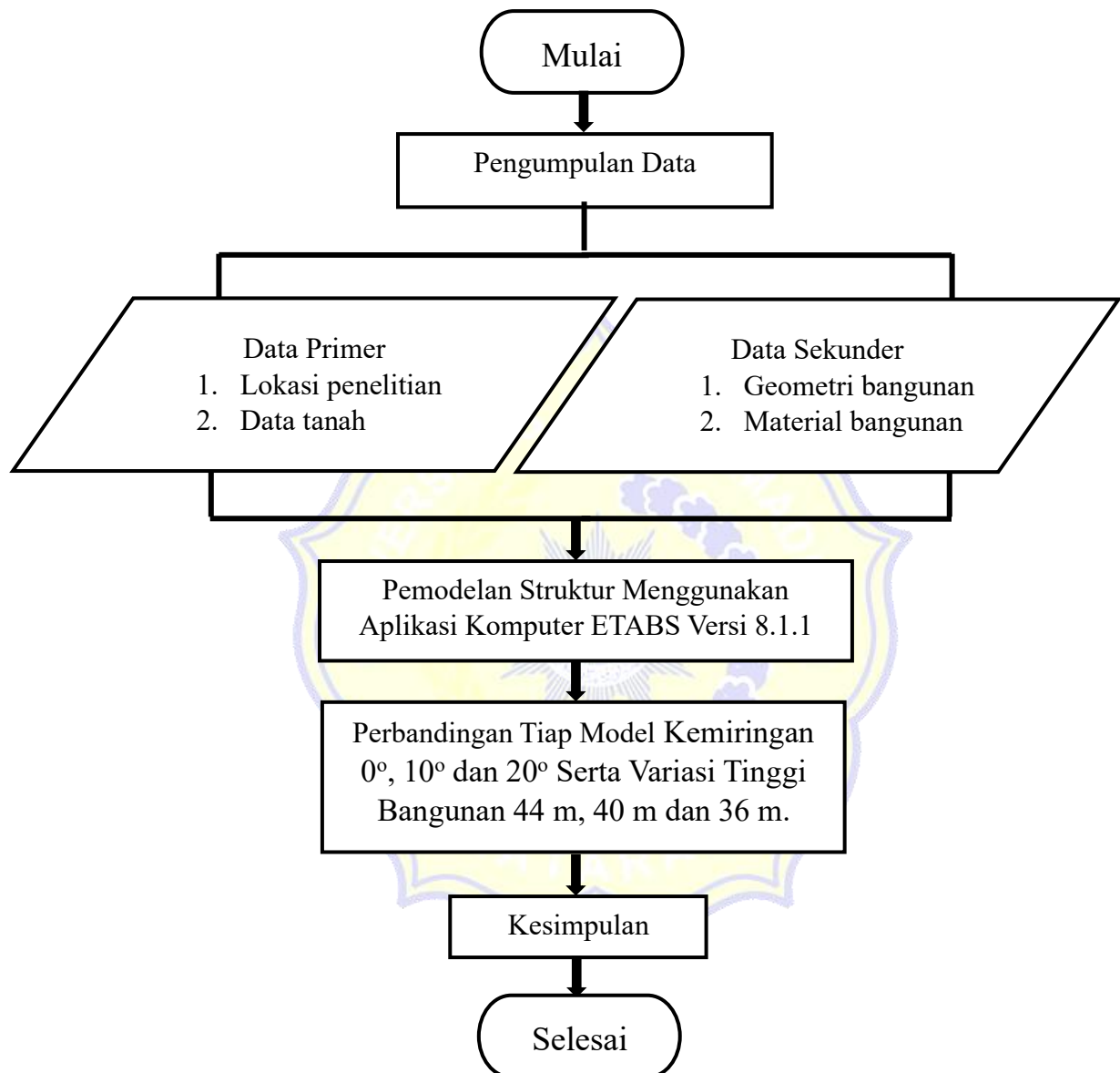
Gambar 3.35 *Run* analisis

Sumber: ETABS, 2023



3.9. Bagan Alir

Berikut merupakan bagan alir dari penelitian, dibuat seperti pada Gambar 3.36.



Gambar 3.36 Bagan alir penelitian