SKRIPSI

“PENGARUH KEMIRINGAN TANAH PONDASI TERHADAP PRILAKU STRUKTUR BETON BERTULANG PADA BANGUNAN TINGGI SERAGAM AKIBAT BEBAN GEMPA”

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

DISUSUN OLEH :

ALDO UTAMA PUTRA
418110144

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
2023

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR/SKRIPSI

"PENGARUH KEMIRINGAN TANAH PONDASI TERHADAP PRILAKU STRUKTUR BETON BERTULANG PADA BANGUNAN TINGGI SERAGAM AKIBAT BEBAN GEMPA"

Disusun Oleh:

ALDO UTAMA PUTRA
418110144

Mataram, 22 Desember 2022

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I	**Pembimbing II**
Dr. Eng. H. Hariyadi. ST., M.Sc (Eng)	**Maya Saridewi Rascanawaty, ST.,MT**
NIDN. 0027107301	**NIDN. 0820098001**

Mengetahui,

Universitas Muhammadiyah Mataram
Fakutas Teknik

Dekan,

Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST.,M.Sc
NIDN. 0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

PENGARUH KEMIRINGAN TANAH PONDASI TERHADAP PRILAKU STRUKTUR BETON BERTULANG PADA BANGUNAN TINGGI SERAGAM AKIBAT BEBAN GEMPA

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

NAMA : ALDO UTAMA PUTRA

NM : 418110144

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada Tanggal 02 Januari 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

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

Penguji II : Maya Saridewi Pascanawaty, ST.,MT _____

Penguji III : Ir. Isfanari, ST., MT _____

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK

Dekan,

Dr. H. Aji Syailendra 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 PONDASI TERHADAP PRILAKU STRUKTUR BETON BERTULANG PADA BANGUNAN TINGGI SERAGAM 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 hasil plagiasi, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

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

Mataram, 03 Maret 2023

Yang Membuat Pernyataan

ALDO UTAMA PUTRA

418110144

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 : ALDO UTAMA PUTRA
NIM : 419110144
Tempat/Tgl Lahir : Sumbawa Besar, 05 Februari 2000
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp : 082341373303
Email : aldo.u.putra@Gmail.com

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

PENGARUH KEMIRINGAN TANAH PONDASI TERHADAP PRILAKU STRUKTUR BETON BERTULANG PADA BANGUNAN TINGGI BERAGAM AKIBAT BEBAN GEMPA

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 49%

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, Senin, 13/02/2023
Penulis

ALDO UTAMA PUTRA
NIM. 419110144

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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

*pilih salah satu yang sesuai

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 : ALDO UTAMA PUTRA
NIM : 411101141
Tempat/Tgl Lahir : Sumbawa Besar, 05 Februari 2000
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 082341373303 / aldo.u.putra@Gmail.com
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 KEMIRINGAN TANAH PONDASI TERHADAP PRILAKU STRUKTUR BETON BERTULANG PADA BANGUNAN TINGGI SERAGAM 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, Senin 13 / 02 / 2023
Penulis

METERAI TEMPEL 10000 D4248AKX282094066

ALDO UTAMA PUTRA
NIM. 411101141

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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

MOTTO

"Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu Yang menciptakan."

(QS. Al -'Alaq : 1)

"Jika kamu tidak mengambil resiko, Kamu Tidak Akan Menciptakan Masa depan" -- Mongkey D. Luffy

"Just do it"

PRAKATA

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah Swt. atas ridanya saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Adapun judul skripsi yang saya ajukan adalah "PENGARUH KEMIRINGAN TANAH PONDASI TERHADAP PRILAKU STRUKTUR BETON BERTULANG PADA BANGUNAN TINGGI SERAGAM AKIBAT BEBAN GEMPA"

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah skripsi di Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Tidak dapat Disangkal bahwa butuh usaha yang keras dalam penyelesaian pengerjaan skripsi ini. Namun, Karya ini tidak akan selesai tanpa orang-orang tercinta di sekeliling saya yang mendukung dan membantu. Terimakasih saya sampaikan kepada :

a) Drs. Abdul Wahab, MA. Selaku Rektor UMMAT
b) Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc selaku Dekan FT UMMAT.
c) Agustini Ernawati, ST,.MT selaku Ketua prodi FT UMMAT.
d) Dr. Eng. H. Hariyadi. ST., M.Sc (Eng) selaku dosen pembimbing I
e) Maya Saridewi Pascanawaty, ST., MT selaku dosen pembimbing II.
f) Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga segala kebaikan dan pertolongan semuanya mendapat berkah dari Allah Swt. dan akhirnya saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan ilmu yang saya miliki. Untuk itu saya dengan kerendahan hati mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun dari semua pihak demi membangun laporan penelitian ini.

Mataram, Desember 2022

Penyusun

ABSTRAK

Terkadang pada beberapa kondisi tertentu kita harus membangun bangunan pada kontur yang memiliki perbedaan elevasi seperti pada daerah perbukitan. Gedung yang di bangun juga harus di desain untuk tahan terhadap gempa sesuai dengan standar yang berlaku yakni SNI 1726:2019. Besarnya beban gempa ini di pengaruhi oleh beberapa faktor, mulai dari beban gravitasi pada gedung, faktor risiko bangunan, kelas situs tanah dan sistem struktur yang digunakan. Selain itu konfigurasi dari bangunan juga memiliki pengaruh yang signifikan. Yang dimana konfigurasi bangunan ditentukan oleh desain arsitektur dan kondisi alam yang ada.

Dengan kemajuan zaman penelitian ini dapat dibantu dengan aplikasi *Etabs 18.1.1* untuk melihat prilaku dari model bangunan dari beberapa kemiringan. Model bangunan di buat 10 lantai dengan kemiringan 0, 5, 10, 15 dan 20 derajat. Waktu Getar Alami mengalami penurunan dari 2,258 menjadi 2,116 detik pada arah Y, dan 2,125 menjadi 2,012 detik pada arah X yang menandakan bertambahnya kemiring bangunan tersebut maka terjadi perpendekan kolom pada satu sisi bangunan hal tersebut membuat bangunan kehilangan kekakuan pada satu sisinya. Mode Ragam mengalami penurunan dengan meningkatnya kemiringan. Pada mode 1 : 77,62% sampai 72,41%, Mode 2 : 60,18% sampai 55,69% dan Mode 3 : 61,09% sampai 56,11% .Untuk tiap modenya yang dimana mode 2 translasi dan 3 rotasi hampir tertukar karna nilainya < 50% hal tersebut dapat menyebabkan peluang torsi terjadi menjadi besar.

Simpangan Antar Lantai pada gempa arah X dam Y Untuk lantai 6 ke bawah melebihi batas maksimumn dengan batas nilai max 80 mm, Nilai simpangan terbesar gempa arah Y terjadi pada lantai 4 dengan nilai simpangan : 109,114 mm pada kemiringan 20 derajat hal ini berbeda dengan model dengan kemiringan 0 derajat pada lantai 4 dimana nilai simpangannya : 101,9645 mm. Begitu pula pada gempa arah X dimana simpangan terbesar terjadi pada lantai 5 kemiringan 20 derajat dengan nilai simpangan : 93,511 mm berbeda dengan lantai 5 kemiringan 0 derajat nilai simpangannya : 84,931 mm. Hal ini menandakan pada tinjauan simpangan antar lantai dengan bertambahnya kemiringan maka simpangan antar tingkat semakin tinggi.

Ketidakberaturan Torsi pada lantai dasar melebihi batas 1,2 dan batas extreme 1,4 terutama pada gempa arah Y dimana nilai terbesar torsion rationya arah gempa Y sampai 1,758 pada kemiringan 20 derajat, dengan semakin bertambahnya kemiringan nilainya semakin besar. *Axial force* dengan bertambanhnya kemiringan nilainya mengalami Kenaikan, namun tidak terlalu signifikan. Baik itu Pu Max : 1070,4671 – 1038,9829 Kn dan Pu Min : -3074,5222 - -3110,2183. Momen M2 dengan bertambanhnya kemiringan nilainya mengalami Penurunan baik itu M2 Max : 855,934 – 352,7815 Kn/m dan M2 Min : -849,0915 sampai -365,8404 Kn/m. Momen M3 dengan bertambanhnya kemiringan nilainya mengalami Penurunan baik itu M3 Max : 1209,7186 – 646,1243 Kn/m dan M3 Min : -1209,6705 sampai -603,4651 Kn/m.

Keywords: Kemiringan Tanah pondasi, Prilaku Struktur, Beban Gempa

ABSTRACT

In other cases, such as in mountainous terrain, we must construct buildings on contours with varying altitudes. In addition, the building must be prepared to withstand earthquakes in compliance with existing standards, specifically SNI 1726: 2019. Several factors determine the size of this earthquake load, beginning with the gravity load on the building, building risk factors, soil site class, and structural system employed. Furthermore, the building's configuration has a considerable impact. Where the architectural design and current natural conditions define the building's configuration of the building is determined by the architectural design and existing natural conditions. With the advancement of technology, this research can be aided by the Etabs 18.1.1 application to observe the behavior of building models of various slopes. The building model has ten storey, each with a slope of 0, 5, 10, 15, and 20 degrees. The natural vibration time has dropped from 2.258 to 2.116 seconds in the Y direction and from 2.125 to 2.012 seconds in the X direction, indicating an increase in the structure's slope. The column shortening on one side of the building leads the building to lose stiffness on that side. With the rising of slope, the mode of variety decreases; Mode 1: 77.62%-72.41%, Mode 2: 60.18%-55.69%, Mode 3: 61.09%-56.11%. Because the value is 50% for each mode where mode 2 is translation and mode 3 is rotation, there is a high likelihood of torque occurring. Earthquakes caused by floor slippage in the X and Y directions It surpasses the legal limit for floors 6 and below, with a maximum value of 80 mm. The biggest deviation value for an earthquake in the Y direction occurs on the fourth level with a deviation value of: 109.114 mm at a slope of 20 degrees, as opposed to the model with a slope of 0 degrees on the fourth floor with a deviation value of: 101.9645 mm. Similarly, the largest displacement occurred on the 5th floor with a slope of 20 degrees and a deviation value of 93.511 mm, as opposed to the 5th floor with a slope of 0 degrees and a deviation value of 84.931 mm. This demonstrates that when the slope of the variation between floors increases, the variance between levels increases. Irregular Torsion on the ground level surpasses the limit of 1.2 and the extreme limit of 1.4, particularly in the Y direction earthquake, where the largest value of the torsion ratio is the direction of the Y earthquake to 1.758 at a slope of 20 degrees. and the value increases with increasing slope. The axial force has increased with increasing slope value, although not significantly. Pu Max: 1070.4671 - 1038.9829 Kn and Pu Min: -3074.5222 - -3110.2183 are both valid. M2 Max: 855.934 - 352.7815 Kn/m and M2 Min. -849.0915 to -365.8404 Kn/m have both reduced as the slope value has increased. With an increase in slope value, the M3 moment has dropped both M3 Max: 1209.7186 - 646.1243 Kn/m and M3 Min: -1209.6705 to -603.4651 Kn/m.

***Keywords**: Soil Slope's Foundation, Structural Type, Earthquake Load*

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
Hum..., M.Pd
NIDN. 0803048601

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....Error! Bookmark not defined.

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI ..... **ii**

LEMBAR PERNYATAAN ORISINILITAS .....Error! Bookmark not defined.

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....Error! Bookmark not defined.

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....Error! Bookmark not defined.

MOTTO ..... **vii**

PRAKATA ..... **viii**

ABSTRAK ..... **ix**

ABSTRAC.....Error! Bookmark not defined.

DAFTAR ISI..... **xi**

DAFTAR TABEL.....**xv**

DAFTAR GAMBAR..... **xvii**

DAFTAR NOTASI.....**xx**

BAB I PENDAHULUAN.....**1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Batasan Masalah.....3

1.4 Tujuan Penulisan.....3

BAB II LANDASAN TEORI **4**

2.1 Tinjauan Pustaka 4

2.2 Landasan Teori.....5

2.3 Desain *Pelimary* Pelat.....6

2.3.1 Pelat dua arah.....6

2.3.2 Pelat tangga.....7

2.4 Desain *Pelimary* Balok 7

2.5 Dimensi *Pelimary* Kolom 7

2.6 Dimensi *Pelimary* Pondasi.....8

2.7 Pembebanan Yang Bekerja 9
2.7.1 Beban mati (DL) 9
2.7.2 Beban mati tambahan (SIDL) 10
2.7.3 Beban hidup (LL) 11
2.8 Kombinasi Pembebanan 12
2.9 Beban Gempa Rencana 12
2.9.1 Faktor keutamaan gempa dan kategori risiko bangunan 13
2.9.2 Menentukan klasifikasi situs 13
2.9.3 Parameter percepatan spektral desain 17
2.9.4 Spektrum respons desain 17
2.9.5 Menentukan kategori desain seismik 19
2.10 Menentukan Sistem Struktur (R, Cd, Ω0) 20
2.11 Prosedur Gaya *Lateral Ekivalen* 21
2.11.1 Waktu getar alami 21
2.11.2 Berat struktur 23
2.11.3 Gaya dasar seismik 24
2.11.4 Distribusi vertikal gaya gempa statik tiap lantai 25
2.11.5 Distribusi horizontal gaya geser statik tiap lantai 25
2.12 Penskalaan Gempa Dinamik Terhadap Statik 26
2.13 Penampang Retak 26
2.14 Mode Ragam 26
2.15 Penentuan simpangan antar tingkat 27
2.16 Ketidak beraturan torsi 27
2.17 Gaya Dalam 28
BAB III METODELOGI PENELITIAN 29
3.1 Data Struktur Bangunan 29
3.2 Spesifikasi Material 31
3.3 Tahapan Analisa 32
3.3.1 Pemodelan *grid* 32
3.3.2 Mendefinisikan material 33
3.3.3 Membuat penampang struktur 36
4.3.4 Menggambar elemen struktur dan jenis perletakan 42

3.3.4 Input beban statik (beban mati dan hidup).....43
3.3.5 Input beban mati tambahan dan beban hidup 44
3.3.6 Rigid zone factor.....46
3.3.7 Diafragma 47
3.3.8 Mass source 48
3.3.9 Modal.....49
3.3.10 *Run analisis* awal (*run dinamik*).....50
3.3.11 Analisis mode ragam 52
3.3.12 Parameter gempa rencana.....53
3.3.13 Pembebanan gempa statik manual.....54
3.3.14 Berat seismik efektif.....54
3.3.15 Pembebanan gempa statik otomatis.....55
3.3.16 Pembebanan gempa dinamik respons spektra 57
3.3.17 Relasi beban gempa statik – dinamik 59
3.3.18 Beban gempa desain 61
3.3.19 Kombinasi pembebanan 61
3.3.20 Waktu getar alami.....62
3.3.21 Mode ragam.....63
3.3.22 Kontrol simpangan antar lantai.....64
3.3.23 Ketidakberaturan torsi 64
3.3.24 Gaya dalam.....65
4.4 Bagan Alur Perencanaan 66
BAB IV PEMBAHASAN.....67
4.1 Lokasi.....67
4.2 Fungsi Pemanfaatan Gedung.....67
4.3 Gambar Rencana struktur gedung.....68
4.4 Bahan Material.....70
4.5 Desain *Pelimary* Struktur.....70
4.5.1 Desain *pelimary* balok 70
4.5.2 Desain *pelimary* kolom.....71
4.5.3 Desain *pelimary* pelat 72
4.5.4 Desain *pelimary* pondasi.....72

4.6 Beban Gravitasi 72
4.6.1 Beban mati berat sendiri (DL) 73
4.6.2 Beban mati tambahan (SIDL) 73
4.6.3 Beban hidup (LL) 75
4.7 Kombinasi Pembebanan 76
4.8 Beban Gempa Rencana 77
4.8.1 Analisa jumlah dan mode ragam 77
4.8.2 Faktor keutamaan gempa 78
4.8.3 Klasifikasi situs 78
4.8.4 Parameter percepatan respon gempa 79
4.8.5 Parameter percepatan desain respon spektrum 80
4.8.6 Desain respon spektrum 80
4.8.7 Kategori desain seismik 82
4.8.8 Koefisien modifikasi respon 82
4.9 Gaya *Lateral Ekivalen* 83
4.9.1 Waktu getar alami 83
4.9.2 Berat stuktur 84
4.9.3 Gaya dasar seismik 85
4.9.4 Distribusi vertikal gaya gempa statik tiap lantai 87
4.9.5 Distribusi horizontal gaya geser statik tiap lantai 88
4.10 Penskalaan Gempa Dinamik Terhadap Statik 89
4.11 Analisa Prilaku Struktur Pada Tiap Tiap Kemiringan. 90
4.11.1 Waktu getar alami output etabs 90
4.11.2 Mode Ragam (MPMR) 91
4.11.3 Simpangan antar lantai 92
4.11.4 Ketidakberaturan torsi 95
4.11.5 Gaya dalam 97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 100
5.1 Kesimpulan 100
5.2 Saran 102
DAFTAR PUSTAKA 103

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang.....6
Tabel 2. 2 Rekap beban Mati (DL) 9
Tabel 2. 3 Rekap beban mati tambahan (SIDL).....10
Tabel 2. 4 Rekapitulasi Beban Hidup 11
Tabel 2. 5 Kategori risiko bangunan gedung 13
Tabel 2. 6 Faktor keutamaan gempa (Ie) 13
Tabel 2. 7 Klasifikasi situs.....14
Tabel 2. 8 Koefisien situs, Fa.....15
Tabel 2. 9 Koefisien situs, Fv.....16
Tabel 2. 10 Kategori desain seismik percepatan periode pendek 20
Tabel 2. 11 Kategori desain seismik percepatan periode 1 detik.....20
Tabel 2. 12 Faktor R, Cd, dan Ω0 untuk sistem pemikul gaya seismik.....21
Tabel 2. 13 Nilai parameter periode pendekatan Ct dan x.....22
Tabel 2. 14 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....22
Tabel 2. 15 faktor reduksi kekuatan ϕ.....26
Tabel 2. 16 Simpangan antar tingkat izin $\Delta a^{a,b}$ 27
Tabel 4. 1 Pemanfaatan Ruang.....68
Tabel 4. 2 Data ukuran gedung 68
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Dimensi Kolom.....71
Tabel 4. 4 Syarat jumlah ragam 100% pada kemiringan 0 derajat 77
Tabel 4. 5 Analisa mode ragam pada kemiringan 0 derajat.....77
Tabel 4. 6 Perhitungan Dari *Data Boring Profile*.....78
Tabel 4. 7 Hitungan T Dan Sa.....81
Tabel 4. 8 Berat bangunan pada kemiringan 0 derajat.....84
Tabel 4. 9 Berat bangunan pada kemiringan 0 derajat.....88
Tabel 4. 10 Data waktu getar alami Output aplikasi.....90
Tabel 4. 11 Mode Ragam.....92

Tabel 4. 12 Simpangan gempa arah X 93
Tabel 4. 13 Simpangan gempa arah Y 94
Tabel 4. 14 Toris Arah X dan Y pada kemiringan 0 Derajat 96
Tabel 4. 15 Gaya *Axial Force* 97
Tabel 4. 16 Gaya Momen M2 dan M3 98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem kerja Lift tanpa ruang mesin.....11
Gambar 2. 2 Parameter gerak tanah S_s.....16
Gambar 2. 3 Parameter gerak tanah S_1.....17
Gambar 2. 4 Grafik transisi periode panjang 19
Gambar 3. 1 Lokasi data tanah.....29
Gambar 3. 2 Denah Lantai 1 29
Gambar 3. 3 Denah Lantai 2 – 9 30
Gambar 3. 4 Denah Atap.....30
Gambar 3. 5 Potongan melintang.....30
Gambar 3. 6 Potongan Memanjang.....31
Gambar 3. 7 Edit *Grid System*.....32
Gambar 3. 8 Edit *Story Data*.....33
Gambar 3. 9 *Meterial Property Data* Untuk Beton 34
Gambar 3. 10 Input Mutu Beton 34
Gambar 3. 11 *Material Property Data* Untuk Baja Tulangan Lentur.....35
Gambar 3. 12 Input Fy dan Fu Baja Tulangan Lentur 35
Gambar 3. 13 *Material Property Data* Tulangan Transversal.....36
Gambar 3. 14 Input Fy dan Fu Tulangan Transversal 36
Gambar 3. 15 *Section Shape Concrate* 37
Gambar 3. 16 Input Dimensi Kolom.....37
Gambar 3. 17 Efektifitas Penampang Retak Kolom 38
Gambar 3. 18 Reinforcement Data Collumn.....38
Gambar 3. 19 *Reinforcement data beam*.....39
Gambar 3. 20 Efektifitas Penampang Retak Balok.....40
Gambar 3. 21 Input Data Pelat Lantai.....41
Gambar 3. 22 Menggambar Elemen balok dan Kolom.....42
Gambar 3. 23 Asumsi Tumpuan Struktur Atas 43

Gambar 3. 24 *Define Load Pattern* 43
Gambar 3. 25 *Define Load Case* 44
Gambar 3. 26 Input beban Pada *Shell* 45
Gambar 3. 27 Input Beban Pada *Frame* 45
Gambar 3. 28 Input Beban Terpusat 46
Gambar 3. 29 *Rigid Zone Factor* 47
Gambar 3. 30 *Rigid Diaphragm* 48
Gambar 3. 31 *Define mass source* 49
Gambar 3. 32 Asumsi Jumlah Mode Yang Dipakai 50
Gambar 3. 33 *Check Model* 51
Gambar 3. 34 *Run Analysis* 51
Gambar 3. 35 Analisa Visual Mode Ragam 52
Gambar 3. 36 Analisa Data Mode Ragam 53
Gambar 3. 37 Desain Spektra Indonesia 53
Gambar 3. 38 *Center of Mass Rigidty (Berat Gedung)* 54
Gambar 3. 39 *Unlock Model* 55
Gambar 3. 40 input beban Statik pada load pattern 55
Gambar 3. 41 *Input Seismic Load* 56
Gambar 3. 42 *Output Base Reaction* 57
Gambar 3. 43 *Respon Spektrum Desain* 58
Gambar 3. 44 *Input function Respon Spektrum* 58
Gambar 3. 45 *Load case Respon spektrum* 59
Gambar 3. 46 *Story respons plot* 60
Gambar 3. 47 Penskalaan beban gempa respon spektrum 60
Gambar 3. 48 Input *load combinations* 61
Gambar 3. 49 *View/Revise preferences* 62
Gambar 3. 50 Table Modal Participating Mass Ratio 62
Gambar 3. 51 *Output Fundamental Periode* 63
Gambar 3. 52 Mode Ragam 63
Gambar 3. 53 Output simpangan antar lantai 64
Gambar 3. 54 *Output Torsion* 64

Gambar 3. 55 Output Gaya Dalam.....65
Gambar 3. 56 *Flow Chart* Analisis Struktur.....66
Gambar 4. 1 Lokasi Data Tanah.....67
Gambar 4. 2 Denah Lantai 1 - 10.....68
Gambar 4. 3 Denah Atap.....69
Gambar 4. 4 Potongan melintang tiap kemiringan.....69
Gambar 4. 5 Visual 3D Bangunan Hotel.....69
Gambar 4. 6 Potongan Tangga.....74
Gambar 4. 8 Gambar respon spektrum.....79
Gambar 4. 9 Grafik Respon Spektrum.....82
Gambar 4. 10 Penskalaan Gempa Dinamik dan Statik.....90
Gambar 4. 11 Waktu getar alami.....91
Gambar 4. 12 Modal Participating Mass Ratio.....92
Gambar 4. 13 Simpangan Arah X.....94
Gambar 4. 14 Simpangan Arah Y.....95
Gambar 4. 15 Torsi Arah X.....96
Gambar 4. 16 Torsi Arah Y.....97
Gambar 4. 17 *Axial Force*.....98
Gambar 4. 18 Momen M2 dan M3.....98

]

DAFTAR NOTASI

Cd	= Faktor pembesaran simpangan
C_{Rs}	= Nilai terpeta koefisen resiko spesifik situs pada periode pendek
C_{R1}	= Nilai terpeta koefisen resiko spesifik situs pada periode Panjang
Cs	= Koefisien resiko spesifik situs pada suatu periode
DL	= *Dead Load* / Beban Mati
Fa	= Koefisien situs untuk periode pendek (pada periode 0,2 detik)
Fv	= Koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik).
Fi,x	= Bagian dari gaya geser dasar, V pada tingkat x
F_x	= Distribusi vertikal beban gempa arah X
F_Y	= Distribusi vertikal beban gempa arah Y
h_n	= Ketinggian struktur
Ie	= Faktor keutanaan gedung
K	= Eksponen yang terkait dengan periode struktur
LL	= *Live Load* / Beban hidup
R	= Koefisien modifikasi respons,
SIDL	= *Super imposed dead load* / Beban mati tambahan
SRMPK	= Sistem rangka pemikul momen khusus
SE	= Klasifikasi tanah lunak
Ss	= Parameter percepatan respons pada periode pendek
S1	= Parameter percepatan respons pada periode panjang
S_{DS}	= Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek
S_{D1}	= Parameter respons spektral desain untuk periode 1 detik
Sms	= Parameter percepatan respons periode pendek pengaruh situs.

Sm1	= Parameter percepatan respons periode 1 detik pengaruh situs.
Ta	= *Periode fundamental* / Waktu getar alami
V	= Geser dasar seismik
V_x	= Distribusi Horizontal beban gempa arah X
V_Y	= Distribusi Horizontal beban gempa arah Y
W	= Berat stuktur
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan
Ω_0	= Faktor kuat lebih sistem,
δ_x	= Simpangan pada lantai X

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Lombok mengalami rangkaian gempa dimulai pada tanggal 29 Juli 2018 6.4 SR sebagai *foreshock*, 5 Agustus 2018 7.0 SR sebagai *mainshock* pertama, 9 Agustus 2018 6.2 SR sebagai *aftershock* signifikan, serta 19 Agustus 2018 yang didahului *foreshock* 6.3 SR dan *mainshock* kedua 6.9 SR sepuluh jam setelahnya. Wilayah Lombok, Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB), terletak pada kawasan tektonik aktif, dimana menurut buku Sumber dan Bahaya Gempa Nasional 2017, Pulau Lombok dikelilingi oleh beberapa sumber gempa, yaitu diantaranya Zona *Back Arc Thrust* di wilayah utara, *megathrust* di selatan, dan sistem sesar geser di sisi barat dan timurnya.

Berdasarkan data lokasi geografis dari sebaran gempa-gempa dan mekanisme lokal gempa, diketahui rangkaian gempa-gempa yang terjadi terkait dengan pergerakan sesar naik di busur belakang Pulau Lombok. Hasil *overlay* antara model *background seismicity* dengan pola sebaran *aftershock*, memperlihatkan adanya indikasi bahwa sebaran *aftershock* bersesuaian dengan pola *background seismicity* yang memperlihatkan adanya pola kluster barat dan kluster timur. Dengan demikian, rangkaian gempa yang terkait *mainshock* pertama dan kedua diduga berasal dari dua *segmen thrust* yang bersebelahan. Hasil intepretasi data *InSAR* yang dilakukan oleh beberapa pakar dan institusi memperlihatkan terjadinya deformasi sesar yang menyebabkan sisi utara Pulau Lombok naik rata-rata sekitar 25 cm. *Merefer* beberapa hasil pengamatan dan pengolahan data *Insar* serta parameter sesar gempa utama sejak 29 Juli sampai dengan 19 Agustus 2018, selanjutnya dilakukan evaluasi awal simulasi model deformasi, *uplift* dan *gradient* perpindahan yang dikaitkan dengan pola *background seismicity*. *Uplifting* pada umumnya terjadi di pantai utara Lombok dalam orde puluhan cm. Dari studi simulasi, ada indikasi perpindahan pembebanan *strain/stress* yang memicu terjadinya rentetan gempa utama. Akibat kejadian gempa

tanggal 19 Agustus, ada kecenderungan pola pembebanan *strain/stress* ke arah timur. Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2018.

Seiring dengan meningkatnya jumlah wisatawan mancanegara maupun lokal di pulau lombok terlebih setelah pergelaran *Moto gp 2022* mandalika, sektor parawisata pasti akan membutuhkan akomodasi infrastruktur penginapan yang memumpuni baik secara arsitektur dan strukturnya, terkhusus pada bangunan hotel dan villa di daerah senggigi, yang dimana pada daerah tersebut memiliki kontur lahan yang berbukit.

Maka untuk mengantisipasi hal buruk yang akan terjadi kedepan, kami selaku engineer melakukan penelitian pengaruh kemiringan tanah pondasi terhadap prilaku struktur beton bertulang pada bangunan tinggi seragam akibat beban gempa yang dimana penelitian ini akan berguna dalam pembangunan infrastruktur gedung di daerah senggigi yang berkontur berbukit dan dekat dengan daerah rawan gempa.

Permodelan perencanaan struktur ini akan menggunakan aplikasi *Etabs 18.1.1*, Perencanaan beban gempa akan dihitung dengan analisa *respon spektrum* dan data tanah diambil dengan pengujian sondir.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan di dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Apa saja pengaruh kemiringan tanah pondasi terhadap prilaku beton bertulang pada bangunan tinggi seragam akibat beban gempa?
2. Bagaimana melakukan perhitungan struktur yang sesuai dengan peraturan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019?
3. Pada kemiringan manakah yang lebih baik?

1.3 Batasan Masalah

Batasan di dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

a. Jenis Pemanfaatan bangunan adalah Hotel
b. Geometri bangunan seragam
c. Tinggi bangunan adalah 10 lantai
d. Perencanaan hanya membahas struktur tidak dengan analisa biaya dan manajemen konstruksi.
e. Perhitungan beban gempa menggunakan metode respon spektrum.

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah :

a. Dapat mengetahui prilaku struktur dari pengaruh kemiringan tanah terhadap bangunan tinggi seragam yang mengalami beban gempa
b. Dapat menentukan sistem struktur yang tepat untuk digunakan
c. Dapat menghitung struktur dengan standar peraturan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pujianto, 2016. Dari penelitian di dapat penambahan beban gempa pada lereng dengan kemiringan 30^o di Desa Sendangmulyo, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri didapatkan nilai SF yang tidak aman, sedangkan sebelum penambahan beban gempa didapatkan nilai SF yang aman. Hasil analisis stabilitas lereng dengan metode statik menunjukan nilai SF sebesar 1,33, 0,77, 0,47 untuk lereng dengan kemiringan 30^o , 45^o, 60^o. Hasil analisis stabilitas lereng dengan metode *pseudo statik* menunjukan nilai SF sebesar 1,09, 0,64, 0,38 untuk lereng dengan kemiringan 30^o, 45^o, 60^o. Hasil analisis stabilitas lereng dengan metode dinamik menunjukan nilai. SF sebesar 1,27, 0,70, 0,40 untuk lereng dengan kemiringan 30^o, 45^o, 60^o. Hasil analisis stabilitas lereng dengan metode *pseudo statik* menunjukan nilai SF terendah sebesar 0,38 untuk lereng dengan kemiringan 60^o.

Lashari, 2011. Dalam studi kasusunya, Perbukitan Sekaran pada kemiringan mulai 21^o adalah kemiringan yang tak layak huni karena tidak stabil dari kelongsoran. Kemiringan lereng yang layak untuk hunian mulai 9^o ke bawah. Kemiringan 9^o sampai kurang dari 21^o masih dapat diupayakan untuk tempat hunian dengan beberapa langkah penanganan perawatan dan perkuatan seperti penghijauann perencanaan dan pembangunan saluran yang berfungsi secara baik dan lancar sepanjang tahun, dan pemberian perkuatan pada bagian lokasi yang di perlukan. Wantalangie, 2016. Dalam Penelitiannya dapat disimpulkan bahwa :

a. Hasil *displacemen*t dan *base shear* dengan analisa gaya *lateral ekivalen* selalu lebih besar dibandingkan dengan analisa *spektrum respons* ragam pada ketiga model portal.

b. Pada hasil *displacement*, semakin tinggi kenaikan elevasi tingkat maka semakin kecil pertambahan besar nilai *displacement* antar tingkat yang dihasilkan dari kedua metode.
c. Model dari struktur yang diteliti merupakan gedung beraturan dan pembebanan tiap-tiap tingkat relatif sama, maka perbedaan besar *displacement* yang dihasilkan dari kedua metode selalu bertambah lebih besar seiring dengan kenaikan tinggi elevasi tingkat struktur. Namun pada portal 10 dan 15 tingkat pada tingkat atas, perbedaan *displacement* dari kedua metode sudah tidak bertambah besar lagi tetapi telah mendekati konstan.
d. Karena hasil *displacement* dan *base shear* pada analisa gaya *lateral ekivalen* lebih besar dibandingkan pada analisa spektrum respons ragam, maka hasil analisa gaya *lateral ekivalen* lebih aman jika digunakan untuk penerapan pembebanan gaya gempa dalam perhitungan struktur. Walaupun analisa *spektrum respons* ragam merupakan analisa gempa yang lebih akurat dan mendekati ke keadaan yang sebenarnya.

2.2 Landasan Teori

Menurut Pamungkas, 2013. Beban gempa merupakan beban yang diakibatkan oleh adanya pergerakan tanah di bawah struktur suatu gedung atau bangunan. Akibat pergerakan tanah, struktur atas akan bergoyang. Goyangan tersebut dimodelkan sebagai beban horizontal terhadap struktur atas gedung atau bangunan, dan kemudian diformulasikan sebagai beban gempa rencana. Bila tidak dilakukan analisis interaksi tanah-struktur, analisis gempa rencana struktur atas dan struktur bawah dapat dilakukan secara terpisah.

Untuk struktur gedung beraturan, pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa *statik ekivalen*. Sedangkan struktur gedung yang memiliki ketidakberaturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisanya harus dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik. Analisis dinamik dapat

dilakukan dengan cara analisis respon riwayat waktu \ *Time History* yang dapat digunakan pada struktur *elastik* dan *inelastik*, dan analisis ragam spektrum \ *Response Spectrum* yang hanya dipakai untuk struktur *elastik.* Satyarno, 2012.

2.3 Desain *Pelimary* Pelat

Pada konstruksi beton bertulang, pelat adalah elemen struktural yang membentuk permukaan datar secara horizontal, biasanya diaplikasikan pada lantai dan atap dak. Pelat beton adalah elemen bidang yang memiliki ketebalan jauh lebih kecil dari balok, hal ini karna pelat hanya menahan beban mati dan hidup. ketebalan dari pelat biasanya 12cm sampai 15cm tergantung beban yang dipikul. Karna berada pada lantai maka, elemen ini perlu didukung oleh rangka balok dan kolom di bawahnya.

Biasanya, struktur balok dan pelat dicor secara bersamaan dengan tujuan untuk menghasilkan suatu kesuatuan struktur yang monolit, sehingga bisa di asumsikan sebagai difragma.

2.3.1 Pelat dua arah

Pelat dengan tulangan pokok dua arah digunakan apabila Panjang / lebar bentang pelat kurang dari 2, hal ini karna pelat akan menahan momen di keempat sisinya. Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya dapat di hitung dengan Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang

fy , MPa	Tanpa drop panel		
	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi[4]	
280	Ln/33	Ln/36	Ln/36
420	Ln/30	Ln/33	Ln/33
520	Ln/28	Ln/31	Ln/31

Sumber: SNI 2847:2019

Untuk batasan tebal minimum pelat pada tabel 2.1 adalah

a) Pelat tanpa drop panel 125 mm

b) Pelat dengan drop panel 100 mm

2.3.2 Pelat tangga

Tangga merupakan akses penghubung vertikal antara lantai satu dengan lainnya. Dimana tangga harus mudah di akses dan di pergunakan. Hal ini berkaitan dengan kemiringan tangga yang di sesuaikan dengan fungsi penggunaannya. Umumnya tangga di buat menggunakan beton bertulang.

2.4 Desain *Pelimary* Balok

Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal. Beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur, beban geser maupun torsi (momen puntir), sehingga perlu baja tulangan untuk menahan beban beban tersebut. Tulangan ini berupa tulangan memanjang atau tulangan longitudinal (yang menahan beban lentur) serta tulangan geser / begel (yang menahan beban geser dan torsi). Asroni, 2010.

Untuk balok biasanya dimensi pelimary balok di tentukan oleh arsitek. Namun pada umumnya dimensi aktual yang mendekati batas aman bisa kita tentukan berdasarkan persamaan 2.1.

$$h = \frac{L}{12} \quad \text{.....Persamaan 2.1}$$

Dimana :

h = Tinggi

L = bentang bersih balok

2.5 Dimensi *Pelimary* Kolom

Pada suatu konstruksi bangunan gedung, kolom berfungsi sebagai pendukung beban beban dari balok dan pelat, untuk diteruskan ke tanah dasar melalui pondasi. Beban dari balok dan pelat ini berupa beban aksial

tekan serta momen lentur (akibat kontinuitas konstruksi). Oleh karena itu dapat didefinisikan, kolom ialah suatu struktur yang mendukung beban aksial dengan / tanpa momen lentur Asroni, 2010.

Desain awal kolom bisa di hitung dengan persamaan 2.2 dan persamaan 2.3:

b kolom : b balok melintang + 100…… Persamaan 2.2

h kolom : b kolom x $\frac{\left(\frac{p\ total\ bangunan}{jumlah\ pias}\right).\ n\ melintang}{\left(\frac{L\ total\ bangunan}{jumlah\ pias}\right).\ n\ memanjang}$ ……..Persamaan 2.3

Dimana :

b = Lebar elemen struktur

h = Tinggi elemen struktur

P = Panjang bangunan

L = Lebar bangunan

n = Jumlah pias

2.6 Dimensi *Pelimary* Pondasi

Pada pemilihan bentuk dan jenis pondasi ada beberapa hal yang memperngaruhi. Ini dikarenakan tidak semua pondasi dapat di gunakan pada pada semua kondisi. Misal penggunaan pondasi tiang pancang pada daerah padat akan menggaggu masyarakat sekitar dikarenakan penggunaan crane dalam pengaplikasiannya. Beberapa hal yang harus di pertimbangkan dalam penentuan jenis pondasi:

a. Apabila tanah keras berada pada permukaan tanah atau kedalaman 2- 3 meter di dalam permukaan tanah maka pondasi yang digunakan adalah pondasi dangkal seperti pondasi telapak dan pondasi menerus.
b. Apabila tanah keras berada pada kedalaman hingga 10 meter di dalam permukaan tanah maka jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi minipile, atau bisa digunakan perkuatan tanah dengan cerucuk bambu.
c. Apabila tanah keras berada pada kedalaman hingga 20 meter di dalam permukaan tanah maka jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang dengan syarat tidak boleh terjadi penurunan pada pondasi.

d. Apabila tanah keras berada pada kedalaman 30 meter di dalam permukaan tanah maka jenis pondasi yang dipakai adalah pondasi kaison dengan tiang baja terbuka atau bisa juga dengan bored.

   Dalam penelitian ini pondasi di asumsikan sebagai tumpuan jepit, tanpa menglasifikasikan penggunaan jenis pondasi karna fokus penelitian berada pada struktur atas bangunan.

2.7 Pembebanan Yang Bekerja

Berdasarkan SNI 1727:2020 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain beban yang bekerja pada gedung terdiri dari : beban mati, beban mati tambahan dan beban hidup.

2.7.1 Beban mati (DL)

Beban mati / *Dead load* adalah berat seluruh komponen elemen struktural bangunan yang terdiri atas plat, balok, kolom, dan tangga. Untuk berat tiap material penyusun elemen struktur dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Rekap 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 (umum)	17 - 18	1700-1800
Pasir kering	16	1600
Pasir jenuh	18	1800
Kayu (klas I)	10	1000

Sumber : SNI 1727:2020

2.7.2 Beban mati tambahan (SIDL)

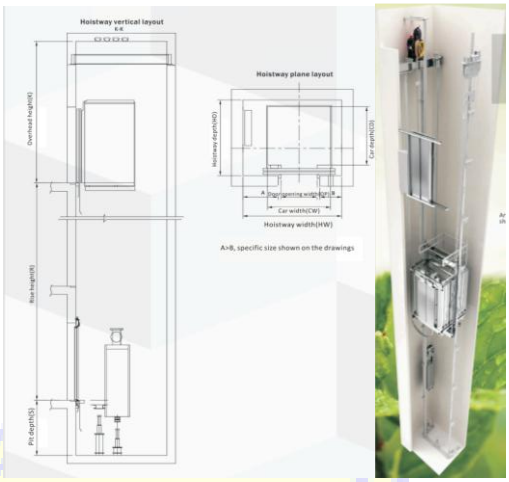
Beban mati tambahan atau *super imposed dead load* adalah berat komponen non struktural yang terdapat pada struktur bangunan. Untuk berat mati tambahan bisa di lihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Rekap 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 1mm (reng + kasau)	0.1	10
3	Dek Beton (screed)		
4	Plafon, ceilling, langit-langit	0.1	10
Finising lantai :			
5	Keramik (+ screed/adukan semen)	1	100
6	Raised floor (+ 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	Batako berlubang, t 10 cm	2	200
13	Hebel 10 cm + render	1	100
14	Celcon10 cm + render	1.5	150

Sumber : SNI 1727:2020

Dalam penelitian ini, model juga memiliki akses lift dimana lift adalah transportasi vertikal pada gedung yang berfungsi untuk mengangkut orang atau barang. Lift umumnya digunakan pada gedung-gedung bertingkat banyak yang biasanya lebih dari tiga atau empat lantai. Bangunan yang lebih rendah biasanya hanya menggunakan tangga atau eskalator. Lift-lift di zaman modern mempunyai tombol penunjuk lantai yang dapat dipilih penggunanya sesuai lantai tujuan, Dalam sistem penggerak lift ada tiga jenis mesin, yaitu *Hidraulic*, *Traction*, dan *Hoist*. Dalam model penelitian digunakan lift dengan sistem tanpa ruang mesin seperti gambar 2.1. (Wikipedia).



Gambar 2. 1 Sistem kerja Lift tanpa ruang mesin
Sumber : Larson, 2022

2.7.3 Beban hidup (LL)

Beban hidup atau *live load* adalah beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung seperti dari barang atau orang yang dapat berpindah tempat sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap. Beban hidup terdistribusi merata minimal, Lo dan beban hidup terpusat minimal bisa di lihat pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Rekapitulasi Beban Hidup

Rekapitulasi beban Hidup		
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, 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 sebesar	4,79	KN/m^2
Beban hidup dak sebesar	0,96	KN/m^2
Beban hidup ruang pertemuan sebesar	4,79	KN/m^2
Beban hidup lantai parkir sebesar	1,92	KN/m^2
Beban hidup lantai parkir terpusat sebesar	13,35	KN/m^2

Sumber : SNI 1727:2020

2.8 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1726-2019 bahwa struktur, komponen-elemen struktur atas maupun bawah harus di desain hingga kuat rencana atau bahkan melebihi dari pembebanan terfaktor dengan kombinasi-kombinasi yang sesuai dengan persamaan 2.4 sampai dengan persamaan 2.8:

a) 1,4D ……..……..……Persamaan 2.4
b) 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R) ……..……....…Persamaan 2.5
c) 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (L atau 0,5W) ……..…Persamaan 2.6
d) 1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr atau R) ……..…Persamaan 2.7
e) 1,2D + 1,0E + L 6. 0,9D + 1,0W 7. 0,9D + 1,0E ……...…Persamaan 2.8

Dengan:

D : Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap.

E : Beban gempa

L : Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan.

Lr: Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material atau selama pengguanaan biasa oleh orang dan benda bergerak

R : Beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air

W : Beban angin

2.9 Beban Gempa Rencana

Menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%.

2.9.1 Faktor keutamaan gempa dan kategori risiko bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan nongedung sesuai Tabel 2.5 dan harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa Ie menurut Tabel 2.6.

Tabel 2. 5 Kategori risiko bangunan gedung

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	II

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 2. 6 Faktor keutamaan gempa (Ie)

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, Ie
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.5

Sumber : SNI 1726:2019

2.9.2 Menentukan klasifikasi situs

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 2.7 berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas.

Tabel 2. 7 Klasifikasi situs

Kelas situs	v (m/detik)	N atau Nch	s (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 - 50	50 -100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karateristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, PI > 20 , 2. Kadar air, w ³ 40% , 3. Kuat geser niralir su < 25 kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	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 berplastisitas sangat tinggi (ketebalan H > 7,5 m dengan indeks plasitisitas PI > 75) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan H > 35 m dengan su < 50 kPa		

Sumber : SNI 1726:2019

a. Menentukan koefisien-koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER). Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (Fa) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (Fv). Faktor amplifikasi Fa dan Fv bisa di lihat pada tabel 2.8 dan 2.9. Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan Persamaan 2.9 dan persamaan 2.10.

$SMS = Fa \times Ss$ ……Persamaan 2.9

$SM1 = Fv \times S1$ ……Persamaan 2.10

Dengan:

Ss : parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek dilihat pada Gambar 2.1

S1 : parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1,0 detik. dilihat pada Gambar 2.2

Tabel 2. 8 Koefisien situs, Fa

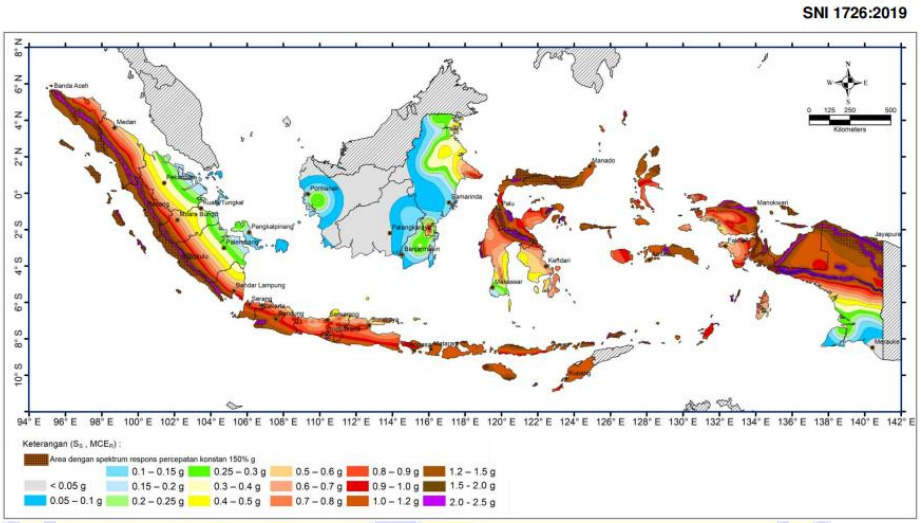
Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, Ss					
	Ss ≤ 0.25	Ss = 0.5	Ss = 0.75	Ss = 1.0	Ss = 1.25	Ss ≥ 1.5
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
SC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1	1
SE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
SF	SS(a)					

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 2. 9 Koefisien situs, Fv

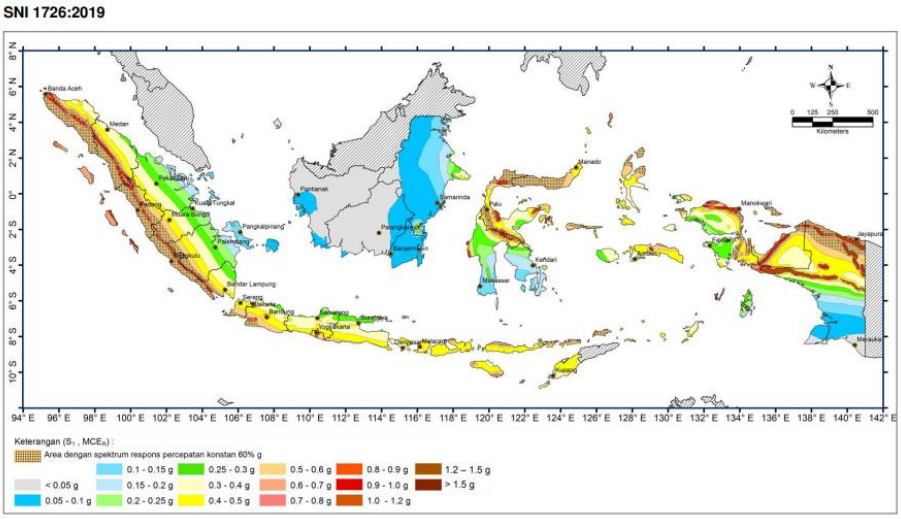
Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, S1					
	S1 ≤ 0,1	S1 = 0,2	S1 = 0,3	S1 = 0,4	S1 = 0,5	S1 ≥ 0,6
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
SD	2.4	2.2	2	1.9	1.8	1.7
SE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2
SF	SS(a)					

Sumber : SNI 1726:2019



Gambar 2. 2 Parameter gerak tanah S_s

Sumber : SNI 1726:2019



Gambar 2. 3 Parameter gerak tanah S_1

Sumber : SNI 1726:2019

2.9.3 Parameter percepatan spektral desain

Sesuai pasal 6.3 Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDS dan pada periode 1 detik, SD1, harus ditentukan melalui persamaan 2.11 dan persamaan 2.12.

$$Sds = \frac{2}{3} xSms$$ ……Persamaan 2.11

$$Sd1 = \frac{2}{3} xSm1$$ ……Persamaan 2.12

Dengan

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

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

2.9.4 Spektrum respons desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.3 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

a. Untuk periode yang lebih kecil dari T0, spektrum respons percepatan desain, Sa, harus diambil dari persamaan 2.13.

$$Sa = Sds\ (0{,}4+0{,}6)\frac{T}{T0}) \quad \text{.....Persamaan 2.13}$$

b. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T0 dan lebih kecil dari atau sama dengan Ts, spektrum respons percepatan desain, Sa, sama dengan SDS;

c. Untuk periode lebih besar dari Ts tetapi lebih kecil dari atau sama dengan TL, respons spektral percepatan desain, Sa, diambil berdasarkan persamaan 2.14.

$$Sa = \frac{Sd1}{T} \quad \text{.....Persamaan 2.14}$$

d. Untuk periode lebih besar dari TL, respons spektral percepatan desain, Sa, diambil berdasarkan persamaan 2.15.

$$Sa = \frac{Sd1\ X\ Tl}{T2} \quad \text{.....Persamaan 2.15}$$

Maka nilai da T0 dapat kita hitung dengan persamaan 2.16.

$$T0 : 0{,}2\ \frac{Sd1}{Sds} \quad \text{.....Persamaan 2.16}$$

Dengan:

T : Periode getar fundamental struktur

TL : Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada Gambar 2.4

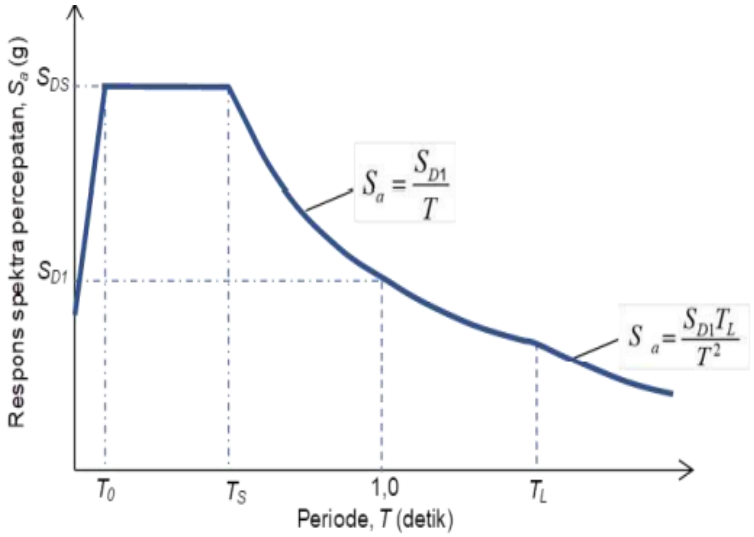
Dan nilai dari Ts dapat kita hitung dengan persamaan 2.17.

$$Ts : \frac{Sd1}{Sds} \quad \text{.....Persamaan 2.17}$$

Dengan:

SD1 : Parameter respons spektral percepatan desain periode 1 detik;

SDS : Parameter respons spektral percepatan desain periode pendek;



Gambar 2. 4 Grafik transisi periode panjang

Sumber : SNI 1726:2019

2.9.5 Menentukan kategori desain seismik

Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi yang di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S1, lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus klasifikasikan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S1, lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus dikalsifikasikan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, SDS dan SD1, sesuai peraturan. Pada tiap bangunan dan struktur harus diklasifikasikan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 2.10 dan Tabel 2.11, terlepas dari nilai waktu getar alami struktur, T. Apabila S1 lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diizinkan untuk ditentukan sesuai Tabel 8 saja, di mana berlaku semua ketentuan di bawah:

1. Pada tiap dua arah ortogonal, perkiraan waktu getar alami, Ta adalah kurang dari 0,8Ts.
2. Pada tiap dua arah ortogonal, waktu getar alami struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar tingkat adalah kurang dari Ts.
3. Persamaan 2.11 digunakan untuk menentukan koefisien respons seismik, Cs.
4. Diafragma struktural adalah *rigid* atau untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen vertikal pemikul gaya seismik tidak melebihi 12 m.

Tabel 2. 10 Kategori desain seismik percepatan periode pendek

Nilai SDS	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
SDS <0,167	A	A
0,167≤SDS <0,33	B	B
0,33≤SDS <0,5	C	C
0,50≤ SDS	D	D

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 2. 11 Kategori desain seismik percepatan periode 1 detik

Nilai SD1	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
SD1 <0,067	A	A
0,067≤SD1 <0,133	B	B
0,133≤SD1 <0,2	C	C
0,20≤ SD1	D	D

Sumber : SNI 1726:2019

2.10 Menentukan Sistem Struktur (R, Cd, Ω0)

Sistem dasar pemikul gaya seismik lateral dan vertikal harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan pada Tabel 2.12 Masing-masing sistem terbagi berdasarkan tipe elemen vertikal pemikul gaya seismik lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur, hn, yang ditunjukkan pada Tabel 2.13.

Koefisien modifikasi respons, R, faktor kuat lebih sistem, Ω_0, dan faktor pembesaran simpangan lateral, Cd, yang sesuai sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.12 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar tingkat desain.

Setiap sistem pemikul gaya seismik yang dipilih harus didesain dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus untuk sistem tersebut sebagaimana ditetapkan dalam dokumen acuan yang berlaku.

Tabel 2. 12 Faktor R, Cd, dan Ω0 untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R[a]	Faktor kuat lebih sistem Ω_o b	Faktor pembesaran defleksi, Cd c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, hn (m)d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D	E	F
SDDK	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
SRPMK	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
SRPMM	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI

Sumber : SNI 1726:2019

2.11 Prosedur Gaya *Lateral Ekivalen*

2.11.1 Waktu getar alami

Waktu Getar alami / *Perioda fundamental* struktur adalah waktu yang dibutuhkan struktur bergerak bolak balik yang nilai gerakannya dipengaruhi oleh fungsi massa dan kekakuan. Nilai perioda desain digunakan untuk memdapatkan beban gempa rencana. Perioda/waktu getar suatu struktur dibatasi oleh nilai hasil perkalian antara suatu koefisien berdasarkan zona gempa dengan jumlah lantai tingkatnya. nilai perioda struktur dibatasi oleh batas bawah perioda (*perioda fundamental* pendekatan) dengan batas atas perioda (perioda maksimum) sesuai dengan persamaan 2.18.

$T_a = C_t \, x \, h_n^{\,x}$ .....Persamaan 2.18

Dengan:

h_n = Ketinggian struktur

$C_{t,x}$ = Koefisien yang di tentukan pada tabe 2.12

Tabel 2. 13 Nilai parameter periode pendekatan Ct 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 Rangka beton pemikul momen	0,0724 0,0466	0,8 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

Sumber : SNI 1726:2019

Jika tidak dalam analisis struktur digunakan bantuan program untuk mendapatkan *output fundamental periode* struktur yang akurat, maka nilai perioda pendekatan diatas dapat dipakai untuk menghitung beban gempa statik rencana. Jika melakukan analisis struktur dengan program dan mendapatkan *fundamental periode* yang akurat sesuai massa dan kekakuan struktur, maka harus dilakukan pengecekan terhadap batas atas perioda, yaitu pada persamaan 2.19.

T = CuTa……Persamaan 2.19

dengan nilai Cu berdasarkan tabel 2.14.

Tabel 2. 14 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, SD1	Koefisien C_u
≥ 0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
≤ 0,1	1,7

Sumber : SNI 1726:2019

Maka perioda desain yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan berikut ini :

Jika Tc < Ta, T = Ta,

Jika Ta < Tc < CuTa, T = Tc,

Jika Tc > CuTa, T = CuTa

Dengan :

T : Perioda Desain

Tc : Perioda hasil analisa komputer / aplikasi

Ta : Batas Bawah/Minimum Perioda

CuTa : Batas Atas/Maksimum Perioda

2.11.2 Berat struktur

Pada berat struktur bangunan sudah terhitung otamatis dengan etabs yaitu:

a. *Dead Load* (DL) dimana ini adalah berat dari sistem struktur seperti balok, kolom dan plat.
b. *Super Imposed Dead Load* (SIDL) adalah berat dari arsitektural seperti kramik, dinding dan alat alat pada gedung
c. *Live Load* (LL) adalah beban hidup, umumnya LL tidak diperhitungkan namun apabila pada bangunan kita memiliki gudang penyimpanan maka harus dimasukkan sebesar 25%

2.11.3 Gaya dasar seismik

Gaya geser dasar seismik, V, dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan Persamaan 2.20

$V = C_s W$……..…….....……Persamaan 2.20

Dengan :

V = Geser dasar seismik

C_s = Koefisien respon seismik

W = Berat seismik efektif

Untuk perhitungan Koefisien respons seismik, Cs, harus ditentukan sesuai dengan persamaan 2.21

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e}$$……..…Persamaan 2.21

Nilai koefisien respons seismik ditentukan berdasarkan batasan maksimum sesuai dengan persamaan 2.22 dan persamaan 2.23 dan batasan minimum sesuai dengan persamaan 2.24 dan persamaan 2.25.

a. Batasan maksimal

Untuk T < TL maka batasan maksimal

$$C_{s\,max} = \frac{S_{DS}}{T\left(R/I_e\right)}$$……..…..Persamaan 2.22

Untuk T > TL maka batasan maksimal

$$C_{s\,max} = \frac{S_{D1}T_L}{T^2\left(R/I_e\right)}$$……...……..…Persamaan 2.23

b. Batasan minimal

$C_{s\,min} = 0{,}004 \times S_{DS} \times I_e \geq 0{,}01$……..…..……Persamaan 2.24

Khusus untuk struktur yang berlokasi didaerah dengan nilai S1 > 0,6g, maka batasan minimal adalah

$$C_{s\,min}\ \frac{0{,}5S_1}{R/I_e}$$…….....……....Persmaan 2.25

2.11.4 Distribusi vertikal gaya gempa statik tiap lantai

Distribusi gaya gempa lateral (F) pada setiap lantai ditentukan dengan persamaan 2.26 dan persamaan 2.27 dibawah ini :

$F_x = Cv_x \times V$……..Persamaan 2.26

$Cv_x = \frac{w_x \times h_x^k}{\sum w_i \times h_i^k}$……..……Persamaan 2.27

Dengan :

Cv_x : Faktor dristribusi tiap tingkat

V : Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur.

W_i, w_x : Bagian berat efektif total struktur pada tingkat i atau x

h_i, h_x : Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x

K : Eksponen yang terkait dengan periode (T) dari sistem struktur tersebut.

Penentuan nilai K berdasarkan pada periode (T) dari sistem struktur tersebut

Jika Ta < 0,5 maka k = 1

Jika 0,5 < Ta < 2,5 maka dilakukan hitungan interpolasi linear dengan persamaan 2.28.

$y = y_1 + \left(y_2 - y_1 \times \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}\right)$……..……Persamaan 2.28

Jika Ta > 2,5 maka k = 2

2.11.5 Distribusi horizontal gaya geser statik tiap lantai

Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (v_x), harus ditentukan dari persamaan 2.29.

$vx = \sum_{x-1}^{n} fi$……..…..Persamaan 2.29

Dengan :

Vx = Geser tingkat desain gempa di semua tingkat

Fi = Bagian dari geser dasar seismik

2.12 Penskalaan Gempa Dinamik Terhadap Statik

Apabila hasil analisa untuk gaya geser dasar dan hasil analisis ragam (Vt) kurang dari 100 % dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode *statik ekivalen*, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan persamaan 2.30.

Skala gempa = V/Vt……...…….……Persamaan 2.30

Dengan:

V : Gaya geser dasar statik

Vt : Gaya geser dasar Dinamik

2.13 Penampang Retak

Retakan diprediksi akan terjadi dan disebabkan oleh beban terfaktor, oleh karna itu struktur harus tetap bertahan walaupun retakan telah terjadi. Maka untuk mengantisipasinya maka nilai momen inersia penampang diturunkan untuk komponen struktur nonprategang. Nilai penurunan momen inersia elemen non prategang dapat dilihat pada tabel 2.15.

Tabel 2. 15 faktor reduksi kekuatan ϕ

Bagian dan Kondisi		Momen Inersia	Luas Penampang
Kolom		0,70 *Ig*	1,0 *Ag*
Dinding	Tidak Retak	0,70 *Ig*	
	Retak	0,35 *Ig*	
Balok		0,35 *Ig*	
Pelat datar dan slab datar		0,25 *Ig*	

Sumber : SNI 1726:2019

2.14 Mode Ragam

Dalam perencanaan struktur Mode ragam pada model harus di cek, pada umumnya dalam mode ragam untuk mode 1 dan 2 terjadi translasi dan mode 3 rotasi. Apabila rotasi terjadi pada mode 2 maka dilakukan pengecekan ketidakberaturan torsi, dan apabila rotasi terjadi pada mode 1 maka desain harus di ubah, baik itu dengan cara menambah kekakuan struktur, merubah konfigurasi ataupun jenis sistem struktur.

2.15 Penentuan simpangan antar tingkat

Simpangan antar tingkat desain (Δ) bisa dihitung dengan persamaan 2.31 dan tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δa) seperti didapatkan dari Tabel 2.16 untuk semua tingkat.

$$\delta_x = \frac{Cd \times \delta_{xe}}{i_e} \quad \text{.....Persamaan 2.31}$$

Dengan :

Cd : Faktor pembesaran simpangan lateral

δ_x : Perpindahan elastik yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat

ie : Faktor resiko bangunan

Tabel 2. 16 Simpangan antar tingkat izin $\Delta a^{a,b}$

Struktur			
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.	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
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

Catatan

[a] h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat-x.

2.16 Ketidak beraturan torsi

Ketidak beraturan torsi merupakan salah satu jenis ketidak beraturan horisontal yang perlu di tinjau pada perencanaan struktur, hal ini sangat perlu banyak perhatian karna bangunan yang mengalami torsi berlebih sangat tidak aman apabila terjadi gempa.

2.17 Gaya Dalam

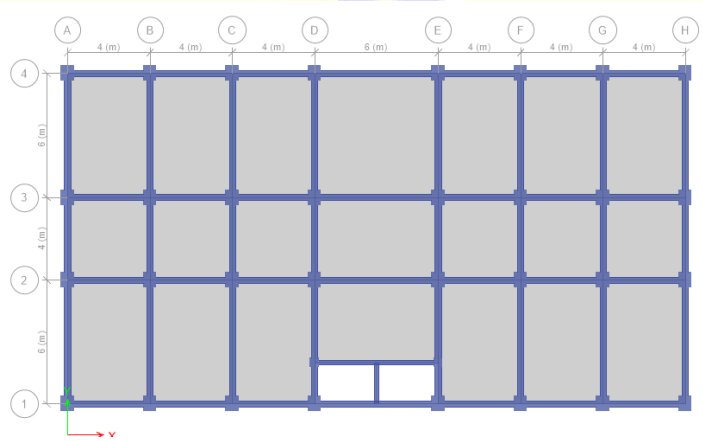
Gaya-gaya dalam adalah gaya pada elemen struktur yang dimana gaya dalam terdiri dari gaya aksial, gaya geser dan gaya momen. Dalam perencanaan bangunan elemen struktur baik itu kolom, balok, plat maupun pondasi harus dapat menahan gaya dalam tersebut guna menghindari keruntuhan bangunan.

BAB III
METODELOGI PENELITIAN

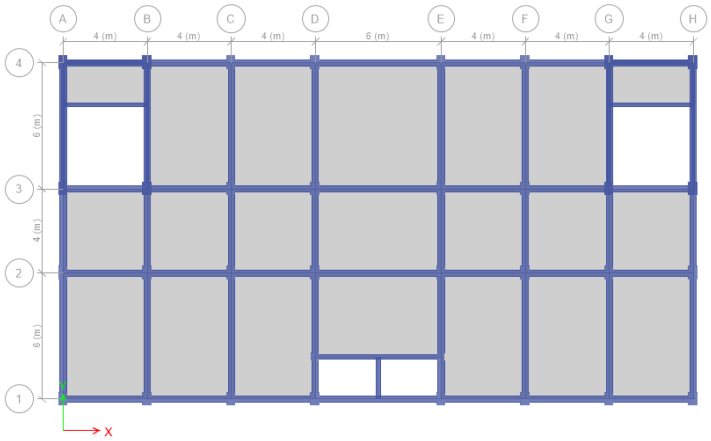
3.1 Data Struktur Bangunan

Pada perencanaan diasusmsikan gedung berufungsi sebagai hotel dengan tinggi 10 tingkat yang di mana tiap tingkat memiliki tinggi 4 m, dan berdimensi 30 m x 16 m. Gedung ini diasumsikan berlokasi pada daerah senggigi tepatnya pada *Latitude* : 8°26'16.79"S dan *Longitude* : 116° 2'23.35"E. Untuk lokasi bisa di lihat pada gambar 3.1 dan geometri bangunan bisa di lihat pada gambar 3.2 sampai dengan gambar 3.6.

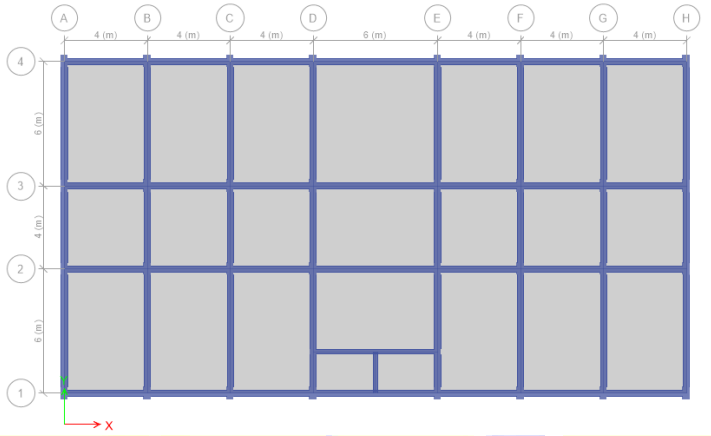
Gambar 3. 1 Lokasi data tanah
Sumber : Google Earth, 2022



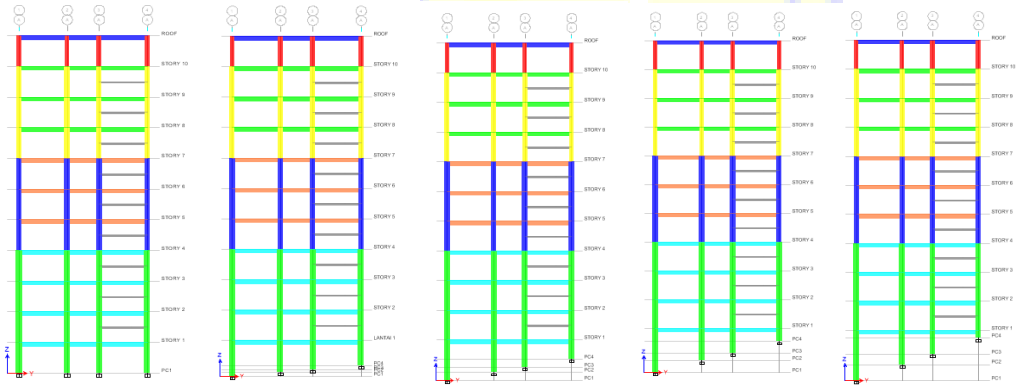
Gambar 3. 2 Denah Lantai 1
Sumber : Etabs, 2022



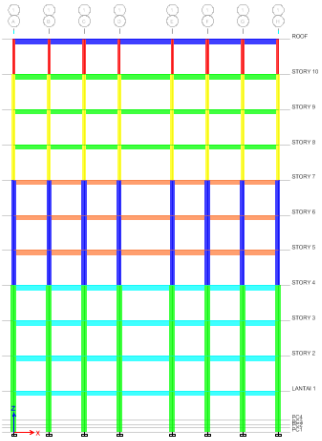
Gambar 3. 3 Denah Lantai 2 – 9
Sumber : Etabs, 2022



Gambar 3. 4 Denah Atap
Sumber : Etabs, 2022



Gambar 3. 5 Potongan melintang
Sumber : Etabs, 2022



Gambar 3. 6 Potongan Memanjang
Sumber : Etabs, 2022

3.2 Spesifikasi Material

a. Mutu beton

- Beton 30 Mpa
- Elastisitas (Ec) 4700 x $30^{0.5}$: 25742.960
- Massa berat jenis beton : 2400 / M^3
- Angka poison, (v) : 0,2
- Modulus geser, (G) : Ec/(2x(1+v))

b. Baja tulangan lentur BJTS 420A

- Kuat Luluh (Fy) : 420 Mpa
- Kuat Tarik (Fu) : 525 Mpa
- Elasisitas Baja (Es) : 200.000 Mpa
- Berat jenis baja : 7.850 kg/m^3

c. Material baja tulangan sengkang BJTS 280

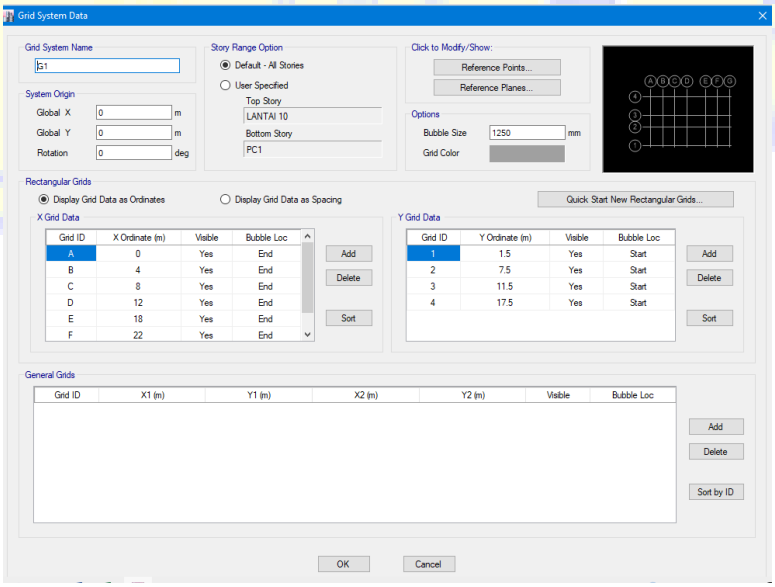
- Kuat Luluh (Fy) : 280 Mpa
- Kuat Tarik (Fu) : 350 Mpa
- Elasisitas Baja (Es) : 200.000 Mpa
- Berat jenis baja : 7.850 kg/m

3.3 Tahapan Analisa

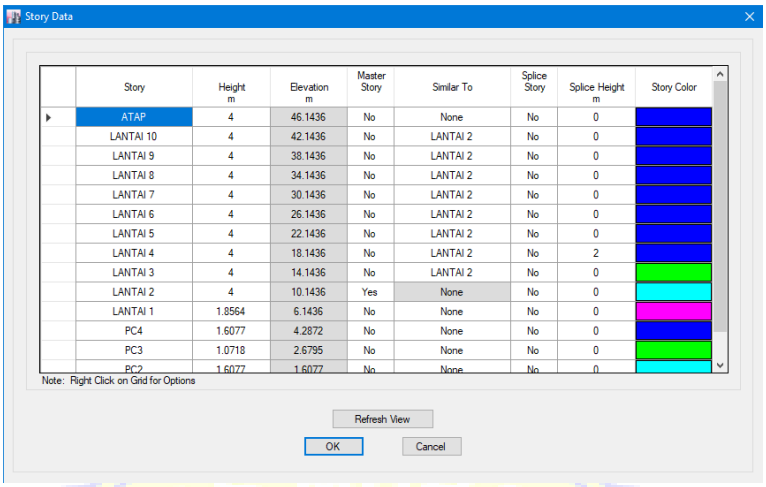
Dalam analisa akan dilakukan terhadap 5 model yang memiliki kategori resiko gempa, geometri dan berlokasi sama. yang membedakan hanya perbedaan kemiringan tanah pondasi tiap model berurutan mulai dari 0^o 5^o 10^o 15^o dan 20^o . tiap model akan menerima beban sesuai dengan SNI 1727 – 2020 kemudian akan melalui tahapan pengecekan dan analisis sesuai dengan SNI 1726 – 2019. Dan kemudian didesain dengan spesifikasi sesuai dengan SNI 2847-2019 dan SNI 2052 -2015. Untuk dimensi pelimary di tentukan sendiri dan akan mengalami perubahan susai dengan hasil analisa.

3.3.1 Pemodelan *grid*

Dalam mempermudah permodelan 3D, kita dapat menggunakan garis bantu *grid* sesuai dengan geometri rencana desain bangunan. Dalam penggunaan *grid* diperhatikan untuk panjang dan lebar bangunan / ruang sesuai arah sumbu x dan y dapat menggunakan grid sistem sesuai dengan gambar 3.7 dan untuk tinggi bangunan / antar tingkat menggunakan *story* data sesuai dengan gambar 3.8.



Gambar 3. 7 Edit *Grid System*
Sumber : Etabs, 2022



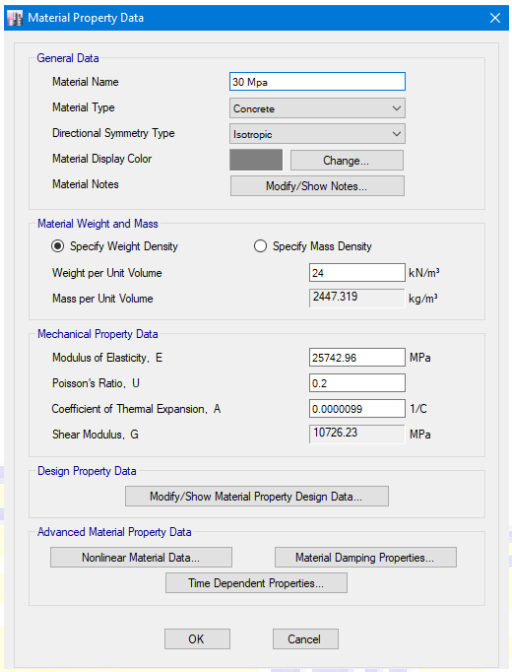
Gambar 3. 8 Edit *Story Data*
Sumber : Etabs, 2022

3.3.2 Mendefinisikan material

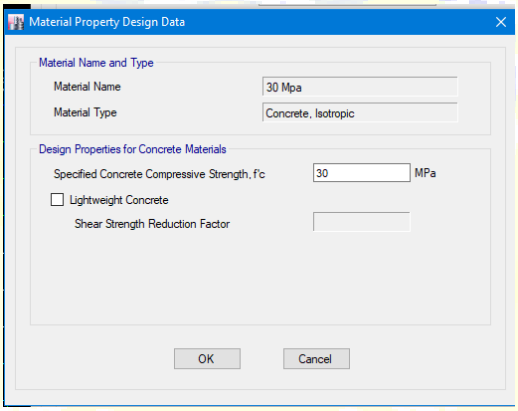
Ada dua jenis material yang didefinisikan yaitu material beton dan dan baja tulangan sesuai dengan rencana. Adapun langkah penginputan material sebagai berikut :

1. Mutu beton pilih menu *Define* → *Material Properties* → *Add new material* →*Concrete* → pilih 4000psi dan mengisi dialog sesuai data rencana material seperti gambar 3.9 dan gambar 3.10

   - Beton : 30 Mpa
   - Elastisitas (Ec) 4700 x $30^{0.5}$: 25742.960
   - Massa berat jenis beton : 2400 / M^3
   - Angka poison, (v) : 0,2
   - Modulus geser, (G) : Ec/(2x(1+v))



Gambar 3. 9 *Meterial Property Data* Untuk Beton
Sumber : Etabs, 2022



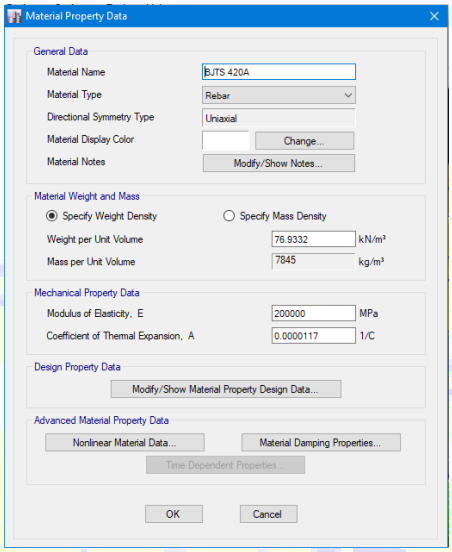
Gambar 3. 10 Input Mutu Beton
Sumber : Etabs, 2022

2. Mutu Baja tulangan lentur pilih menu *Define* → *Material Properties* → *Add new material* →*Rebar* dan mengisi dialog sesuai data rencana material seperti gambar 3.11 dan gambar 3.12.

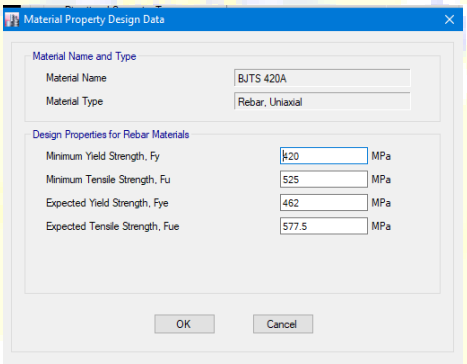
   Baja tulangan lentur BJTS 420A

   - Kuat Luluh (Fy) : 420 Mpa
   - Kuat Tarik (Fu) : 525 Mpa

- Elasisitas Baja (Es) : 200.000 Mpa
- Berat jenis baja : 7.850 kg/m^3



Gambar 3. 11 *Material Property Data* Untuk Baja Tulangan Lentur
Sumber : Etabs, 2022



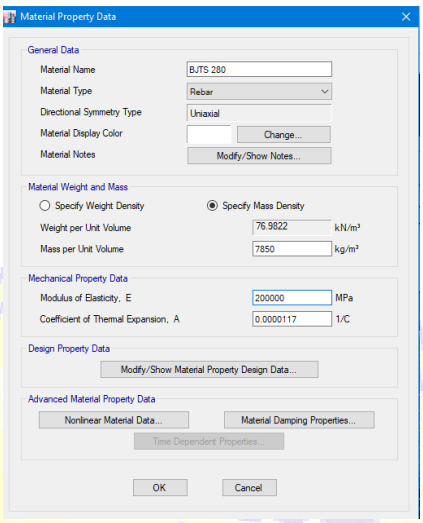
Gambar 3. 12 Input Fy dan Fu Baja Tulangan Lentur
Sumber : Etabs, 2022

3. Mutu baja tulangan transversal pilih menu *Define* → *Material Properties* → *Add new material* →*Rebar* dan mengisi dialog sesuai data rencana material seperti gambar 3.13 dan gambar 3.14.

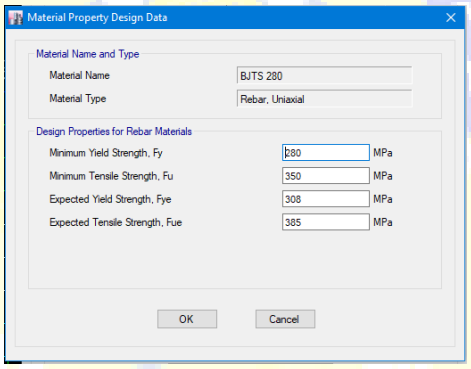
   Material baja tulangan sengkang BJTS 280

   - Kuat Luluh (Fy) : 280 Mpa
   - Kuat Tarik (Fu) : 350 Mpa

- Elasisitas Baja (Es) : 200.000 Mpa
- Berat jenis baja : 7.850 kg/m



Gambar 3. 13 *Material Property Data* Tulangan Transversal
Sumber : Etabs, 2022



Gambar 3. 14 Input Fy dan Fu Tulangan Transversal
Sumber : Etabs, 2022

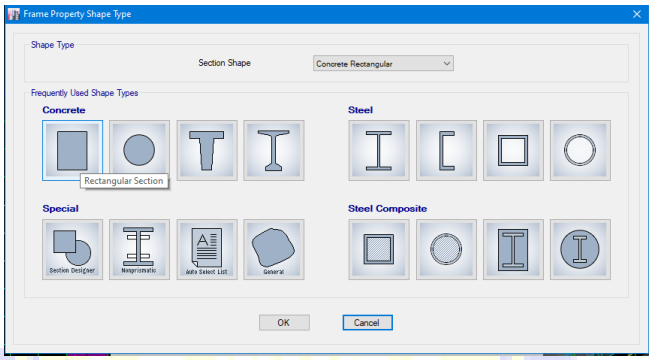
3.3.3 Membuat penampang struktur

Langkah membuat elemen struktur sesuai dengan desain pelimary baik itu kolom, balok, plat dan dinding geser adalah sebagai berikut :

1. **Membuat penampang Kolom**

   Pada jendela yang muncul *Frame Properties* → *pilih Add New Property* → lalu akan muncul kotak dialog *Frame Property Shape Type* →

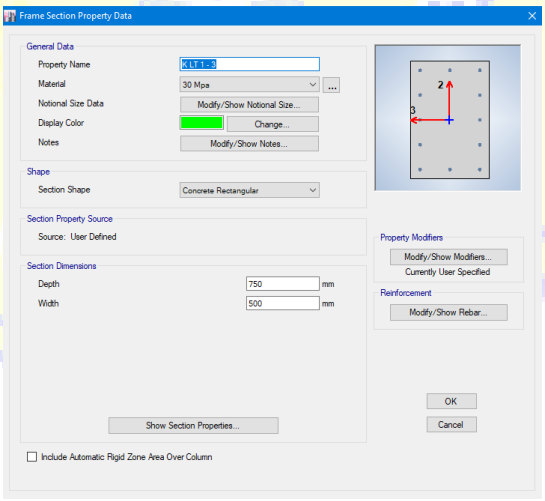
Section Shape pilih *Concrete Rectangular* → pada bagian *Concrete* klik bentuk persegi panjang seperti gambar 3.15 dan gambar 3.16.



Gambar 3. 15 *Section Shape Concrate*
Sumber : Etabs, 2022

Pada jendela *Frame Section Property Data* :

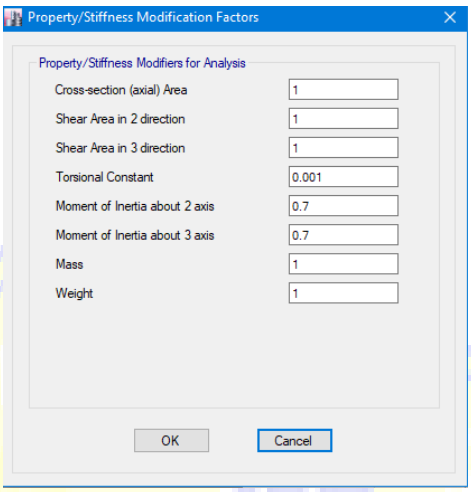
- *Property Name* : ganti sesuai kode kolom
- *Material* : pilih (sesuai mutu beton untuk kolom)
- *Display Color* : klik change untuk merubah warna
- *Section Dimensions* : isikan dimensi kolom sesuai arah sumbu.



Gambar 3. 16 Input Dimensi Kolom
Sumber : Etabs, 2022

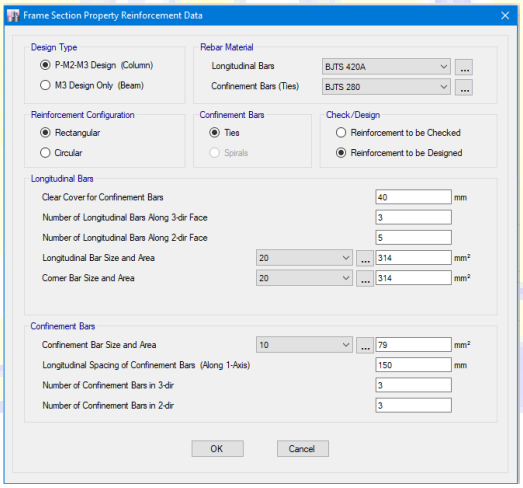
Untuk menginput efektifitas momen inersia penampang dari frame yang dibuat, pilih *Modify/Show Modifiers* → untuk perencanaan momen

inersia dan luas penampang yang diizinkan untuk analisis elastis pada level beban terfaktor digunakan *Property/Stiffness Modifiers for Analysis* = 0,7 → OK seperti gambar 3.17.



Gambar 3. 17 Efektifitas Penampang Retak Kolom
Sumber : Etabs, 2022

Kemudian klik *Modify/Show Rebar*, maka akan tampil kotak dialog seperti gambar 3.18 di bawah ini.



Gambar 3. 18 Reinforcement Data Collumn
Sumber : Etabs, 2022

- *Design Type* : P – M2 – M3 (untuk kolom)
- *Rebar Material* : pilih “Baja Tulangan”
- *Reinforcement Configuration* : *Rectangular* (untuk kolom segi-empat)

- *Confinement Bars : Ties* (untuk tulangan sengkang kotak)
- *Check/Design : Reinforcement to be Designed*
- *Clear Cover for Conf. Bars :* 40 mm (selimut beton minimal)

Pada bagian *Check/Design*, pemilihan *Reinforcement to be design* berarti menandakan bahwa penulangan dihitung otomatis oleh program dengan hasil *output* luas tulangan yang di perlukan. Selain tulangan akan dihitung pula gaya gaya yang bekerja pada elemen struktur bangunan.

2. Membuat penampang Balok

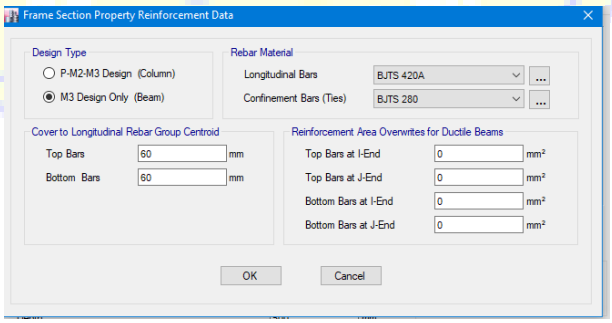
Sama halnya seperti membuat dimensi kolom, pada kotak dialog Frame *Section Property Data :*

- *Property Name* : ganti sesuai kode balok
- *Material* : pilih (sesuai mutu beton untuk balok)
- *Display Color* : klik change untuk merubah warna
- *Section Dimensions* :

  Width, untuk lebar balok

  Depth, untuk tinggi balok

Kemudian klik *Modify/Show* Rebar, maka akan muncul tampilan kotak dialog Frame *Section Property Reinforcement Data – Design Type (pilih M3 Design Only (Beam))* – OK seperti 3.19.



Gambar 3. 19 *Reinforcement data beam*
Sumber : Etabs, 2022

Design Type : M3 Design Only (Beam)

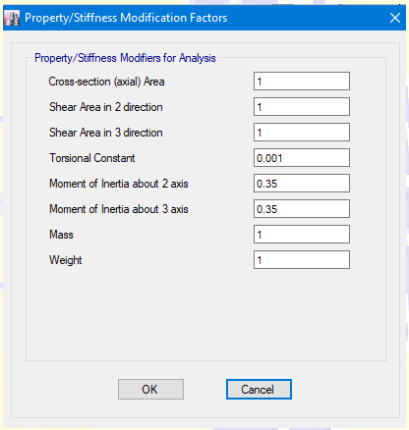
- *Rebar Material* : "di isi sesuai material"
- *Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid :*

Top Bars = 60 mm

Bottom Bars = 60 mm

- *Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams : 0 cm*^{2}

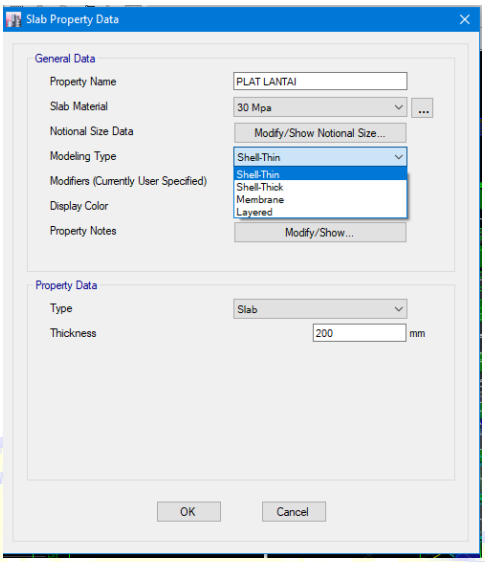
Untuk memasukkan efektifitas momen inersia penampang dari frame yang dibuat, pilih *Modify/Show Modifiers* → untuk perencanaan momen inersia dan luas penampang yang diizinkan untuk analisis elastis pada level beban terfaktor digunakan *Property/Stiffness Modifiers for Analysis* = 0,35 → OK seperti gambar 3.20.



Gambar 3. 20 Efektifitas Penampang Retak Balok
Sumber : Etabs, 2022

3. Membuat penampang Pelat

Pilih menu *Define* → *Section Properties* → *Slab Sections* → *Add New Property* → *Input Data* → OK seperti gambar 3.21.



Gambar 3. 21 Input Data Pelat Lantai

Sumber : Etabs, 2022

Perhatikan bagian General Data :

- *Property Name* : "LANTAI" (untuk pelat lantai tipikal)
- *Slab Material* : K-300 (sesuai mutu beton pelat rencana)
- *Modelling Type* : *Shell Thin*

a. *Shell*

Pelat akan menahan dua gaya yaitu momen dan geser. Pelat akan menahan beban lentur akibat gravitasi dan juga geser serta akan ikut berdeformasi bersama balok terhadap beban gravitasi.

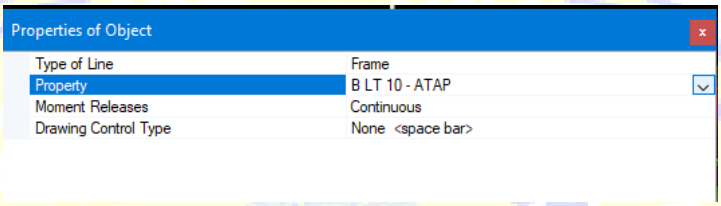
b. *Membrane*

Pelat hanya menahan dalam *shear forces*/geser saja. Modelling *membrane* berarti mendistribusikan beban pelat ke balok terdekat dengan sistem distribusi 45^0. Pelat tidak ikut berdeformasi bersama balok saat dikenai beban gravitasi. Hal ini dapat mengakibatkan lendutan balok yang sedikit lebih besar dan "safety" untuk perencanaan.

3.3.4 Menggambar elemen struktur dan jenis perletakan

Dalam menggambar kita bisa memanfaakan tools yang tersedia pada aplikasi *Etabs 18.1.1* yang terletak pada sisi kiri dari *windows.* Yang dimana dalam penggambaran harus menyesuaikan dengan ukuran rencana desain. Langkah penggambaran bisa dilihat pada:

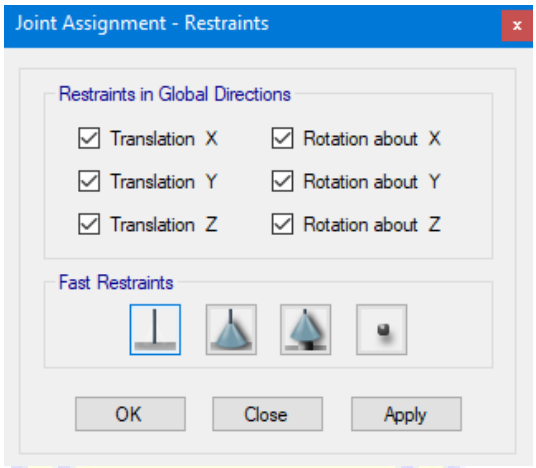
1. Elemen balok dan kolom, bisa di gambar dengan tampilan *window* arah xy maupun xz/yz dengan cara klik tools *draw beams/quick draw beams* kemudian memilih *property* pada kotak dialog *properties of object* sesuai dengan penampang yang ingin di gambar seperti gambar 3.22.



Gambar 3. 22 Menggambar Elemen balok dan Kolom
Sumber : Etabs, 2022

2. Untuk analisis beban gempa, struktur atas diasumsikan terjepit pada lantai *base*/dasar. Perletakan jepit dipilih karena memiliki kemampuan menahan momen, gaya horizontal, dan gaya vertikal. Pada bangunan tingkat tinggi juga digunakan pondasi dalam sehingga sesuai dengan perletakan jepit. Perletakan jepit pada pondasi base/dasar dapat diberikan dengan cara :

   Aktifkan fasilitas *One Story* pada bagian kanan bawah jendela *Etabs 18.1.1* → pilih menu *View* → *Set Plan View* → *pilih Base* → OK → blok seluruh denah pada lantai *base* → pilih menu *Assign* → *Joint* → *Restraints* → pada bagian *Fast Restraints* pilih jepit (kotak pertama) → Apply → OK seperti gambar 3.23.

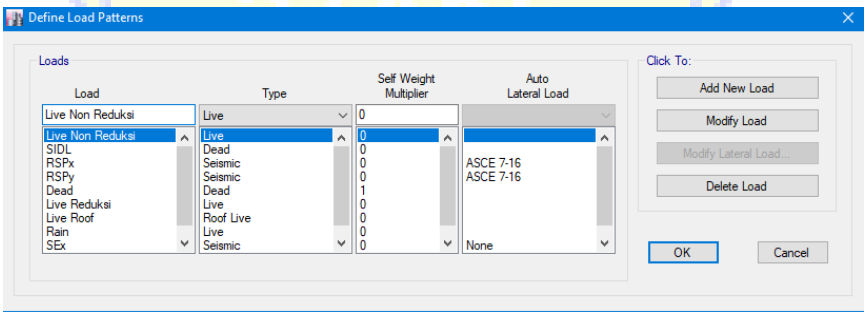


Gambar 3. 23 Asumsi Tumpuan Struktur Atas
Sumber : Etabs, 2022

3.3.4 Input beban statik (beban mati dan hidup)

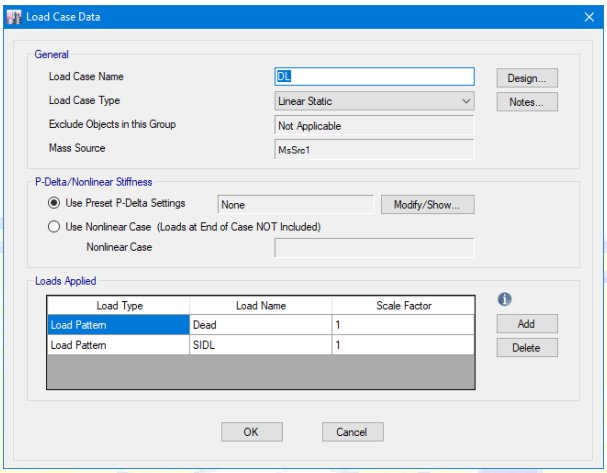
Pembebanan untuk analisis struktur terdiri dari beban mati berat sendiri struktur, beban mati tambahan dan beban hidup. Beban mati berat sendiri struktur adalah beban gravitasi yang disebabkan oleh elemen struktur itu sendiri seperi pelat, balok, kolom dan shear wall. Beban mati tambahan adalah beban gravitasi yang diakibatkan elemen tambahan seperti dinding, keramik dan finishing bangunan. Beban hidup adalah beban gravitasi yang diklasifikasikan sesuai fungsi bangunan dan funsi ruang.

Pendefinisian beban statik pada *Etabs 18.1.1* terdapat pada menu *Define* → *Load Patterns* → perhatikan gambar 3.24 *Define Load Patterns* di bawah ini.



Gambar 3. 24 *Define Load Pattern*
Sumber : Etabs, 2022

Setelah mendefinisikan beban pada load patterns kita dapat mengecek hasil input pada menu *Define* → *Load Cases.* → *Pilih Add new Case* → *Modify/Show Case* → pada kotak dialog *Load Case Data* di bagian *Load Case Name* ganti menjadi DL/LL agar sesuai dengan nama pada *Load Patterns* sebelumnya → OK seperti di gambar 3.25.



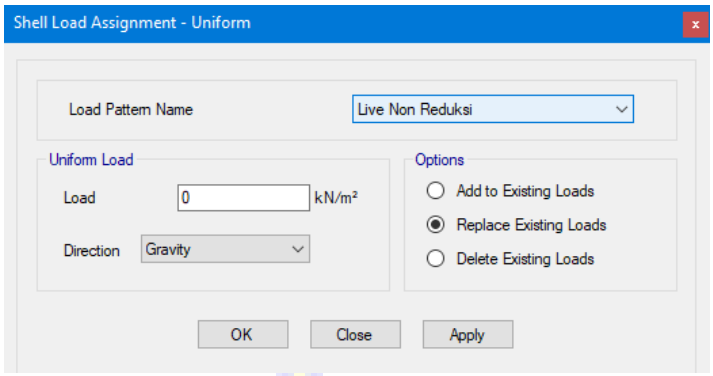
Gambar 3. 25 *Define Load Case*
Sumber : Etabs, 2022

3.3.5 Input beban mati tambahan dan beban hidup

Asumsi beban mati tambahan dan beban hidup dihitung berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 dan SNI 1727-2020 dengan cara.

a. Penginputan beban pada shell

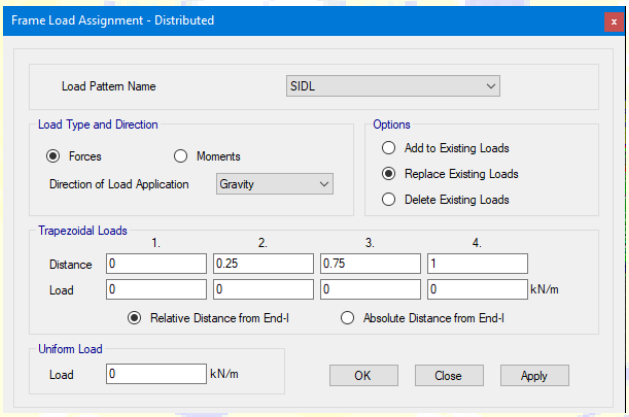
   Pilih menu *Select* → *Select* → *Properties* → *Slab Sections* → pilih plat yang di inginkan → *Select* → *Close*. Pilih menu *Assign* → *Shell Loads* → *Uniform* → input beban → *Apply* → OK seperti di gambar 3.26.



Gambar 3. 26 Input beban Pada *Shell*
Sumber : Etabs, 2022

b. Penginputan beban pada frame

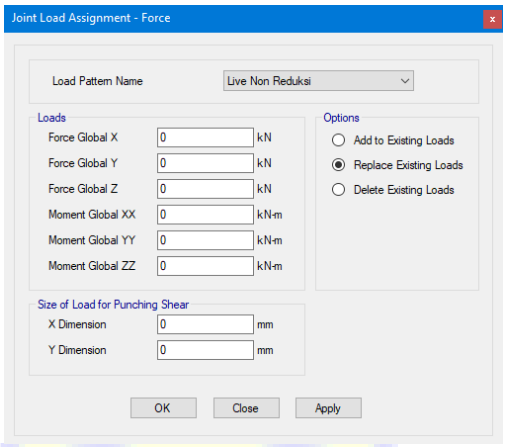
Pilih menu *Select* → *Properties* → *Frame Sections* → pilih *frame* yang di inginkan → *Select* → *Close*. Pilih menu *Assign* → *frame Loads* → *Uniform* → input beban → *Apply* → OK seperti di gambar 3.27.



Gambar 3. 27 Input Beban Pada *Frame*
Sumber : Etabs, 2022

c. Penginputan beban titik

Pilih *joint* yang di inginkan kemudian Pilih menu *Assign* → *Joint Loads* → *forces* → input beban → *Apply* → OK seperti gambar 3.28.



Gambar 3. 28 Input Beban Terpusat

Sumber : Etabs, 2022

3.3.6 Rigid zone factor

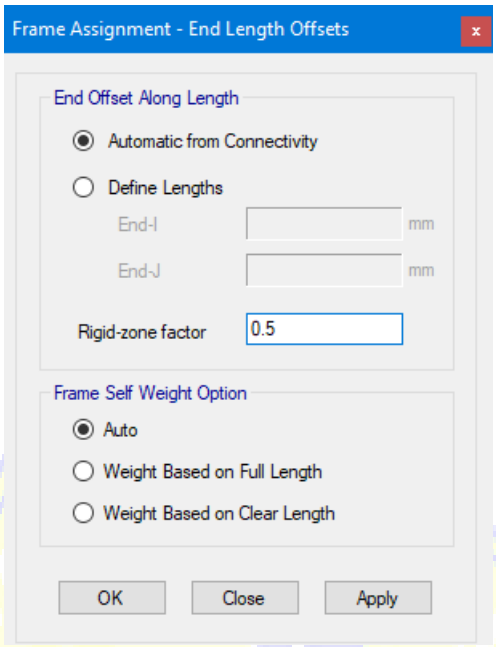
Rigid Zone Factor adalah angka asumsi untuk mengukur tingkat kekakuan suatu elemen struktur frame kolom dan balok. Penentuan *rigid zone factor* sepenuhnya merupakan *engineering judgement*. Namun untuk mempertimbangkan pemberian *rigid zone factor* ini kita dapat melihat dari kapasitas momen yang ingin dicapai dalam suatu analisis struktur.

0 *(Strong Column Weak Beam)*

0.5 untuk keduanya

1 *(Strong Beam Weak Column)*

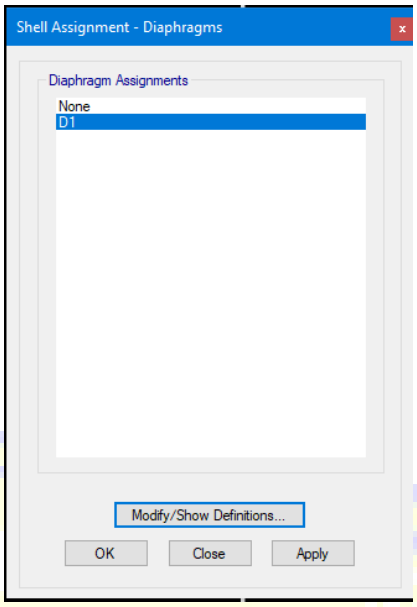
Dengan cara pilih menu *Select* → *Select* → *Properties* → *Frame Sections* → pilih semua tipe kolom → *Select* → *Close* → pilih menu *Assign* → *Frame* → *End Length Offsets* → ganti *rigid zone factor* menjadi 0,5 → *Apply* → OK seperti gambar 3.29.



Gambar 3. 29 *Rigid Zone Factor*
Sumber : Etabs, 2022

3.3.7 Diafragma

Sesuai dengan SNI 1726 – 2019, analisis struktur harus memperhitungkan kekakuan relatif diafragma dan elemen vertikal sistem penahan gaya gempa. Asumsi diafragma untuk lantai tiap tingkat adalah kaku (rigid), untuk input diafragma lantai kita dapat pilih menu *Select* → *Select* → *Properties* → *Slab Sections* →pilih tipe Slab (LANTAI dan ATAP) →*Select* → *Close* → pilih menu *Assign* → *Shell* → *Diaphragms* → pilih D1 → *Modify/ Show Definitions* → pilih D1 →*click to Modify/Show Diaphragm* → pada bagian *Rigidity* pilih *Rigid* →OK seperti gambar 3.30.

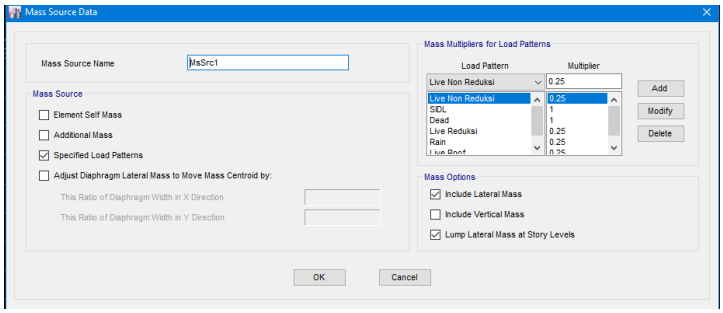


Gambar 3. 30 *Rigid Diaphragm*
Sumber : Etabs, 2022

Selain persyaratan pemodelan, tujuan dari diafragma lantai dan joint adalah untuk mendapatkan nilai massa total aktual tiap lantai yang akan digunakan untuk menentukan berat total struktur dalam perencanaan pembebanan gempa.

3.3.8 Mass source

Mass Source menetukan jumlah massa yang akan dihitung oleh *Etabs 18.1.1* untuk analisis waktu getar, beban total untuk pembebanan gempa, dan lain lain. Pemilihan *mass source*/pendefinisian massa dapat dilihat pada menu *Define* → *Mass Source* → kemudian akan tampil kotak dialog secara default seperti gambar 3.31 di bawah ini.



Gambar 3. 31 *Define mass source*
Sumber : Etabs, 2022

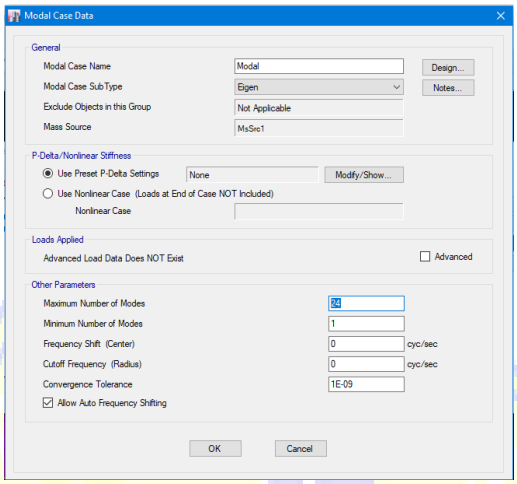
- *Element Self Mass* : massa total hanya dihitung berdasarkan berat mati beban elemen struktur saja, seperti kolom, shear wall, balok, dan pelat.
- *Additional Mass* : massa struktur hanya berdasarkan beban tambahan yang kita input ke dalam elemen struktur tertentu.
- *Specified Load Patterns* : massa total dapat kita input berdasarkan case beban tertentu dengan faktor pengali yang juga dapat ditentukan sendiri.

Pendefinisian *Mass Source* dengan *Specified Load Patterns* dapat memberikan total massa aktual yang akan direncanakan dalam pembebanan gempa sehingga *Etabs 18.1.1* otomatis sudah menghitung massa perlantai sesuai *Load Patterns* yang kita berikan, hal ini sangat membantu sehingga kita tidak perlu menghitung manual untuk mendapatkan berat/massa lantai.

3.3.9 Modal

Modal merupakan analisis dinamik untuk mengetahui perilaku ragam gerak struktur di setiap mode-modenya. Analisis ini harus menyertakan jumlah modal yang cukup agar tercapai partisipasi massa ragam minimal 90% pada analisis dinamik, untuk analisis statik pembebenan gempa mengikuti pola ragam gerak di mode-mode awal (ragam fundamental pertama) yang memberikan arah translasi dominan untuk kedua arah sumbu orthogonal. Apabila partisipasi massa ragam kurang dari 90% maka bisa menambahkan jumlah mode dengan cara pilih menu *Define → Modal Cases*

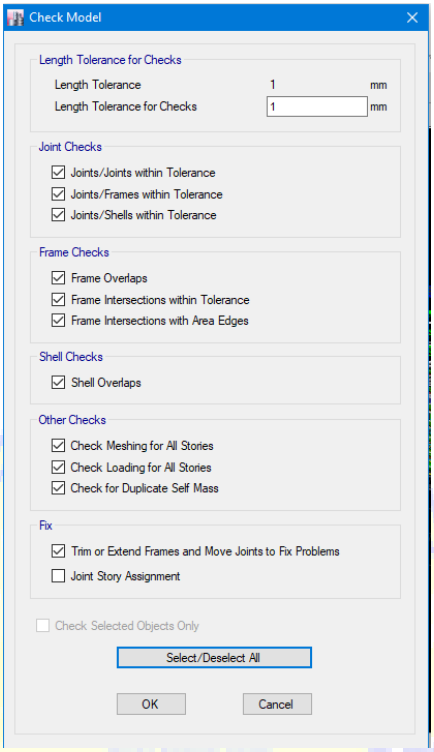
→ *Modify/Show Case* → *Maximum Number of Modes* = OK seperti gambar 3.32.



Gambar 3. 32 Asumsi Jumlah Mode Yang Dipakai
Sumber : Etabs, 2022

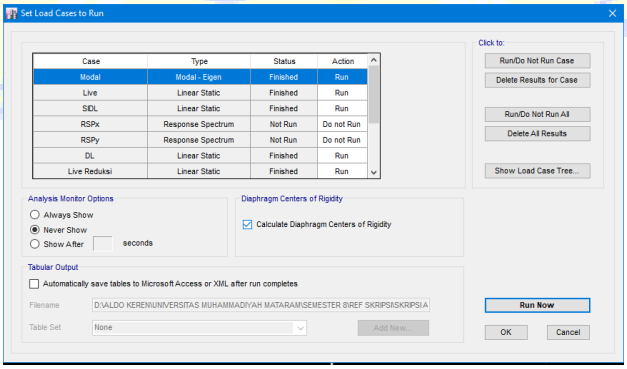
3.3.10 *Run analisis* awal (*run dinamik*)

Setelah selesai modelling struktur di pembahasan sebelumnya, maka untuk mendapatkan nilai waktu getar alami fundamental serta mengetahui analisis gerak ragam yang berkontribusi kita dapat melakukan *Run Analysis* dengan mengecek model terlebih dahulu sebagai berikut : *Pilih menu Analyze* → *Check Model* → beri tanda ceklis untuk semua options pengecekan → OK seperti gambar 3.33.



Gambar 3. 33 *Check Model*
Sumber : Etabs, 2022

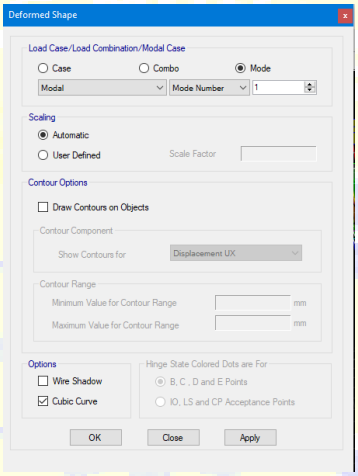
Setelah itu pilih *Analyze* kembali → *Set Active Degrees of Freedom* pilih *Full 3D* → OK. Pilih kembali menu *Analyze* → *Set Load Cases to Run* → beri tanda ceklis pada *Calculate Diaphragm Centers of Rigidity* → *Run Now* seperti gambar 3.34.



Gambar 3. 34 *Run Analysis*
Sumber : Etabs, 2022

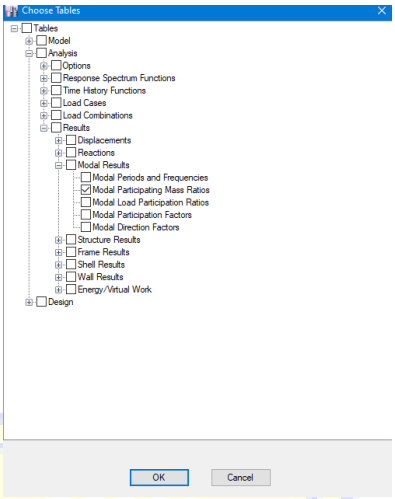
3.3.11 Analisis mode ragam

Pola gerak ragam fundamental struktur pada mode tertentu dapat dilihat dengan gerak animasi pada layar komputer dengan cara : pilih menu *Display* →*Deformed Shape* → klik pilihan *modal case* → pilih *Mode Number 1* untuk ragam 1 (ragam pertama) →OK → klik pilihan *Start Animations* pada bagian kanan bawah seperti gambar 3.35. Begitu pula pada mode Number 2 dan 3. Syarat mode ragam adalah mode 1 dan 2 harus mengalami translasi dan pada mode ke 3 harus terjadi rotasi karena telah mengalami puntir terhadap sumbu lokal Z.



Gambar 3. 35 Analisa Visual Mode Ragam
Sumber : Etabs, 2022

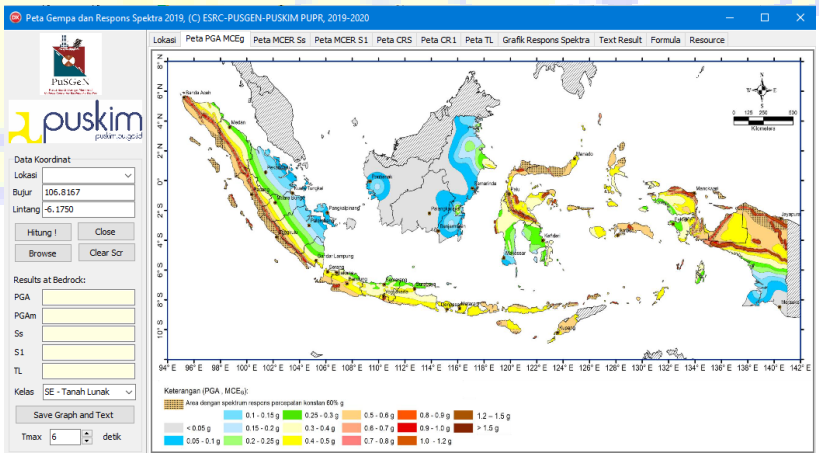
Selain dari animasi layar komputer, kita juga dapat melihat pola gerak ragam dari hasil output analisis *Etabs 18.1.1* dengan cara pilih menu *Display* → *Show Tables* → klik kotak kecil paling kiri dari pilihan *Analysis* → klik kotak kecil paling kiri *Results* → klik kotak kecil paling kiri *Modal Results* → beri tanda ceklis pada bagian *Modal Participating Mass Ratios* dan *Modal Load Participation Ratios* → maka pada jendela *Etabs 18.1.1* akan tampil pilihan tabel tersebut seperti gambar 3.36.



Gambar 3. 36 Analisa Data Mode Ragam
Sumber : Etabs, 2022

3.3.12 Parameter gempa rencana

Pada perancangan ini akan dibuat gedung Hotel 10 lantai yang diasumsikan berlokasi di senggigi, Lombok Barat dan berdiri di atas tanah lunak. Parameter gempa sesuai dengan peraturan gempa terbaru SNI 1726:2019 bisa kita dapatkan di website atau aplikasi puskim seperti gambar 3.37.



Gambar 3. 37 Desain Spektra Indonesia
Sumber : Puskim, 2022

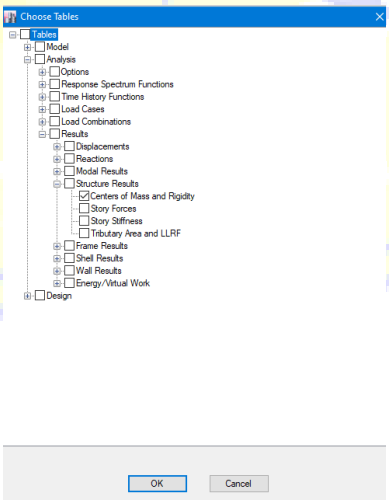
3.3.13 Pembebanan gempa statik manual

Pembebanan gempa mengacu pada peraturan SNI 1726:2019 dengan Tahapan sebagai berikut :

a. Kategori Risiko Bangunan (*Risk Category*)
b. Kategori Desain Seismik (SDC = *Seismic Design Category*)
c. Sistem Struktur dan Parameternya
d. Penentuan Perioda Desain
e. Penentuan *Koefisien Respons Seismik*

3.3.14 Berat seismik efektif

Berat Sesimik Efektif merupakan berat total desain hasil penjumlahan dari beban mati struktur + beban mati tambahan + beban hidup yang tereduksi. Berat Seismik per-lantai dapat langsung kita peroleh melalui program *Etabs 18.1.1* dengan cara sebagai berikut : pilih menu *Display* → *Show Tables* → *Analysis* → *Results* → *Structure Results* → beri tanda ceklis pada *Centers of Mass and Rigidity* → *OK* → *Export to Excel* seperti gambar 3.38.



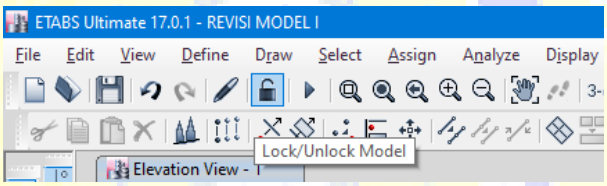
Gambar 3. 38 *Center of Mass Rigidty (Berat Gedung)*
Sumber : Etabs, 2022

Pada tabel hasil output *Etabs 18.1.1*, didapat data berat total per-lantai dari *mass source* yang sudah dimasukkan sebelumnya. Berat keseluruhan struktur juga dapat dilihat pada kolom *Cumulative*. Jadi perhitungan bisa di lanjutkan.

a. Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)
b. Distribusi Gaya Gempa Statik Tiap Lantai
c. Gaya Geser Statik Tiap Lantai

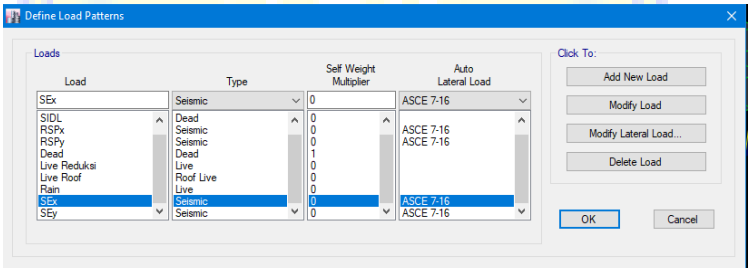
3.3.15 Pembebanan gempa statik otomatis

Sebelum memulai input gempa *statik ekivalen* secara otomatis dengan program *Etabs 18.1.1*, terlebih dahulu buka kunci jendela *Etabs 18.1.1* karena sebelumnya telah dilakukan proses *Run Analysis* dengan cara klik icon seperti gambar 3.39 di bawah ini sehingga menjadi *Unlock Model*.



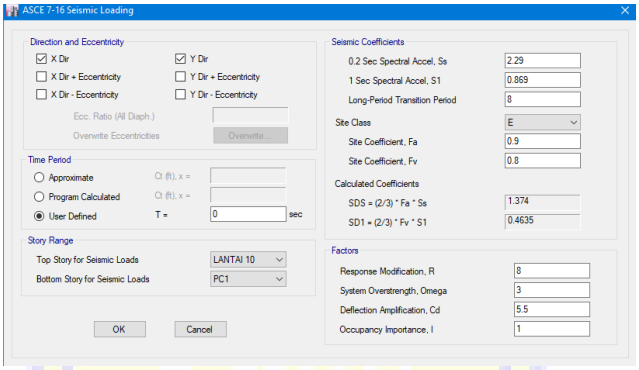
Gambar 3. 39 *Unlock Model*
Sumber : Etabs, 2022

Kemudian pilih menu *Define* → *Load Patterns* → Input Gaya Lateral Arah X (EX) seperti gambar berikut ini → *Click To Add New Load* seperti gambar 3.40.



Gambar 3. 40 input beban Statik pada load pattern
Sumber : Etabs, 2022

Kemudian klik *Modify Lateral Load* sehingga tampil kotak dialog seperti gambar 3.41 dibawah ini.

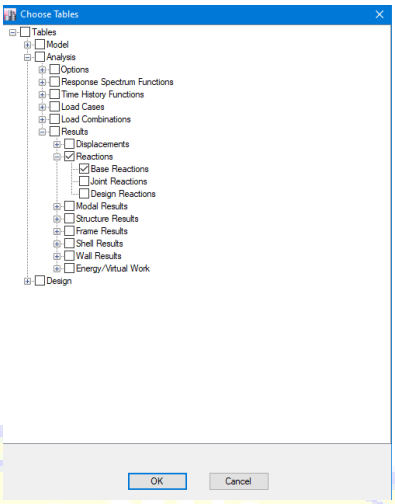


Gambar 3. 41 *Input Seismic Load*
Sumber : Etabs, 2022

Mengisi dialog dengan hasil perhitungan parameter gempa sebelumnya, untuk *Direction and Eccentricity* : pilih *X Dir* dan Metode Pemilihan Time Period bisa kita lihat dari pernjelasan dan fungsinya :

a. *Approximate* = jika memilih metode ini maka perhitungan Time Period program berdasarkan formula perioda pendekatan atau perioda minimum sesuai dengan fungsi Ct (ft), x.
b. *Program Calculated* = jika memilih metode ini maka program akan langsung menghitung otomatis waktu getar/perioda desain dengan mempertimbangkan batas atas dan batas bawah perioda .
c. *User Defined* = Jika memilih metode ini kita dapat langsung memberikan nilai perioda desain yang telah kita hitung sebelumnya.

Setelah input beban EX dan EY melalui otomatis program, lakukan analisis dengan pilih menu *Analyze* → *Set Load Cases To Run* → *Run Now*. Setelah prose *run analysis* selesai, pilih *Display* → *Show Tables* → *Analysis* → *Results* → *Reactions* → beri tanda centang pada *Base Reactions* → *OK* → klik kanan pada tabel output → *Export To Excel* seperti gambar 3.42.



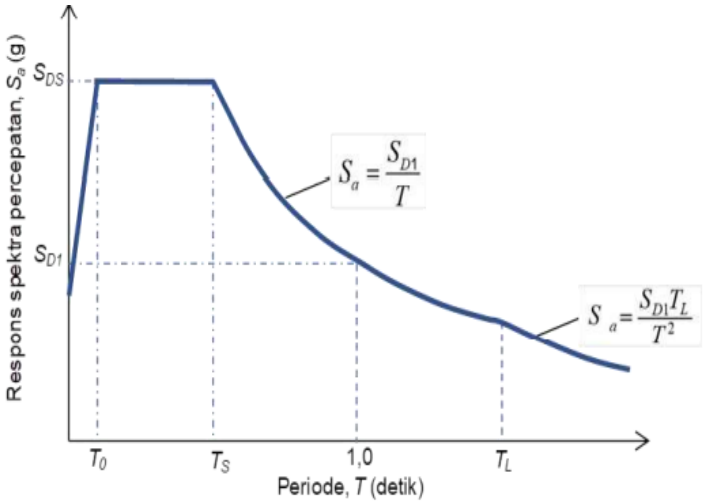
Gambar 3. 42 *Output Base Reaction*
Sumber : Etabs, 2022

3.3.16 Pembebanan gempa dinamik respons spektra

Pembebanan gempa dengan respons spektra berguna untuk melihat perilaku dinamik dari pola gaya geser bangunan-bangunan tinggi yang dipengaruhi oleh banyak mode/*modal* yang berkontribusi. Bangunan-bangunan yang memiliki sisi ketidakberaturan/*irregurality* juga harus menyertakan analisis gempa dinamik dalam perencanaan. Semakin tinggi bangunan dan semakin banyak mode yang berkontribusi maka perilaku dinamik akan menentukan dan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk mendapatkan nilai gaya geser rencana yang juga dibandingkan dengan analisis *statik ekivalen*, sehingga didapat nilai-nilai gaya geser dengan distribusi yang bagus sepanjang tinggi gedung.

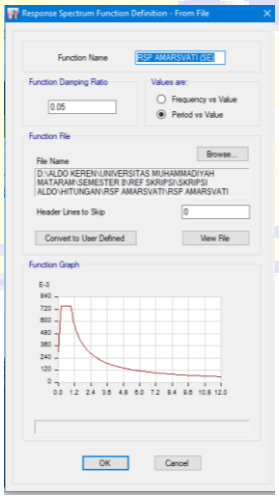
Pembebanan gempa dinamik respons spektra dapat dianalisis langsung menggunakan program *Etabs 18.1.1* dengan terlebih dahulu membuat kurva respons spektrum sesuai parameter spektral wilayah tempat gedung berdiri dan jenis tanahnya.

Kurva *Spektrum Respons Desain* merupakan fungsi percepatan spektral (Sa) terhadap perioda (T), kurva ini digunakan untuk analisis dinamik untuk mendapatkan nilai percepatan tanah desain dari masing-masing modal yang ada seperti gambar 3.43.



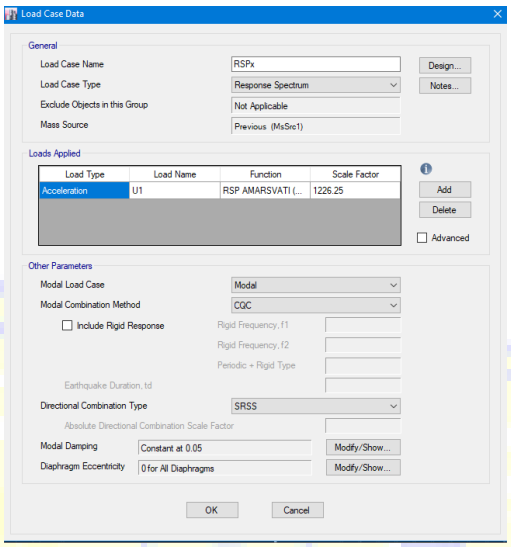
Gambar 3. 43 *Respon Spektrum Desain*
Sumber : SNI 1726:2019

Setelah melakukan perhitungan kurva *spektrum desain* berdasarkan SNI 1726 – 2012 dengan menggunakan *Microsoft Excel*. *Copy – paste* nilai T dan Sa menjadi 2 kolom ke dalan *Notepad* pada komputer dan *save*. Setalah membuat *spektrum desain*, kembali pada jendela *Etabs 18.1.1* pilih *Unlock Model* → *Define* → *Functions* → *Response Spectrum* → *Choose Functions Type to Add pilih From File* → *pilih Add New Function* → *Browse* → OK seperti gambar 3.44.



Gambar 3. 44 *Input function Respon Spektrum*
Sumber : Etabs, 2022

Setelah input kurva spektrum, pendefinisian beban gempa dinamik dapat dilakukan dengan cara : pilih menu *Define* → *Load Cases* → *Click To Add New Case* → Isi kotak dialog *Load Case Data* → OK seperti gambar 3.45.

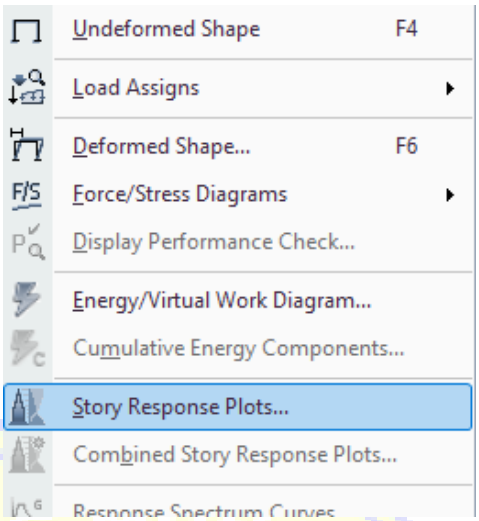


Gambar 3. 45 *Load case Respon spektrum*
Sumber : Etabs, 2022

3.3.17 Relasi beban gempa statik – dinamik

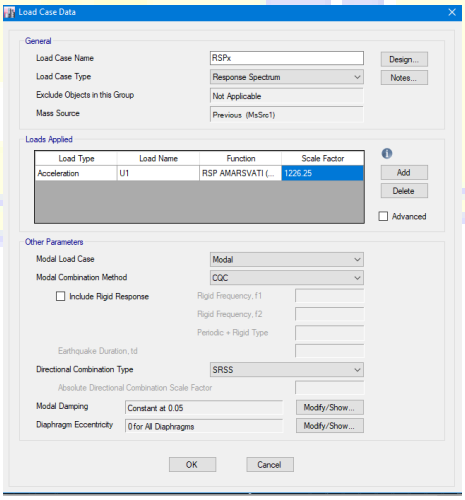
Berdasarkan SNI 1726:2019, beban gempa dinamik tidak boleh kurang dari 100% beban gempa statik, atau dengan kata lain VDINAMIK ≥ 1 VSTATIK , jika syarat tersebut tidak terpenuhi maka beban gempa dinamik harus dikalikan dengan faktor skala.

Gaya geser dinamik tiap lantai dapat dilihat dari hasil output ETABS dengan cara pilih menu *Display – Story Response Plot* seperti gambar 3.46.



Gambar 3. 46 *Story respons plot*
Sumber : Etabs, 2022

Nilai faktor skala gaya yang telah didapat kemudian input ke load case spectrum pada *Etabs 18.1.1* dengan cara : klik icon *Unlock Model* → pilih menu *Define* → *Load Cases* → pilih RSPx (contoh untuk arah X) → *Modify/Show Case* → pada kotak *Scale Factor* kalikan skala sebelumnya dengan faktor skala gaya untuk arah X sesuai perhitungan – OK seperti gambar 3.47.



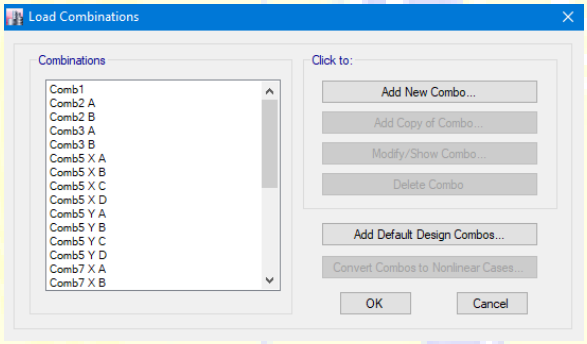
Gambar 3. 47 Penskalaan beban gempa respon spektrum
Sumber : Etabs, 2022

3.3.18 Beban gempa desain

Dari hasil relasi antara gempa statik dan dinamik, kita dapat menentukan gaya gempa desain dengan distribusi yang baik dan sesuai sepanjang tinggi gedung. Gaya gempa desain mempertimbangkan nilai antara gaya geser statik minimal yang disyaratkan (100%). Untuk itu sudah dapat di tentukan antara gempa statik 100%, dan dinamik terkoreksi untuk di desain dengan beban terbesar antar lantai baik itu arah sumbu y atau sumbu x. oleh karna itu beban gempa bisa menggunakan gempa dinamik *respon spektrum.*

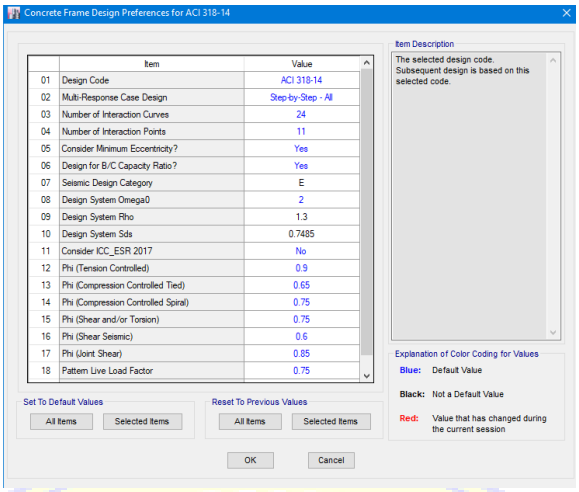
3.3.19 Kombinasi pembebanan

Dalam menginput kombinasi pembebanan bisa dilakukan dengan cara *Define* → *Load Combination* → *Add New Combo* seperti gambar 3.48.



Gambar 3. 48 Input *load combinations*
Sumber : Etabs, 2022

Berdasarkan SNI Beton 2847 – 2019. Kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari standar yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ. Cara input nilai faktor reduksi kekuatan ini pada *Etabs 18.1.1* adalah : pilih menu *Design* → *Concrete Frame Design* → *View/Revise Preferences* seperti gambar 3.49.

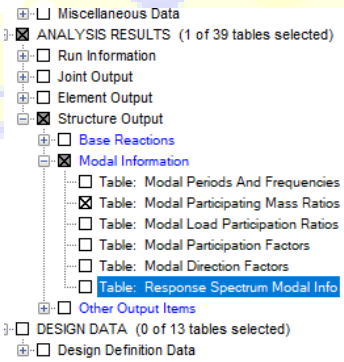


Gambar 3. 49 *View/Revise preferences*
Sumber : Etabs, 2022

Pilih menu *Design* → *Concrete Frame Design* →*Select Design Combinations* → pindahkan kombinasi pada list *combinations* yang ingin dicek ke kotak *design combinations* sebelah kanan → kemudian *design and check.*

3.3.20 Waktu getar alami

Untuk melihat nilai dari *fundamental periode* / waktu getar alami kita dapat melakukan *shortcut Ctrl + T* → *Structure Output* → *Modal Information* → *Table : Modal Participating Mass Ratio* seperti gambar 3.50 dan gambar 3.51.



Gambar 3. 50 *Table Modal Participating Mass Ratio*
Sumber : Etabs, 2022

Modal Participating Mass Ratios

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None
Filter: None

	Case	Mode	Period sec	UX	UY
▶	Modal	1	2.25	2.243E-05	0.7733
	Modal	2	2.13	0.5749	5.521E-06
	Modal	3	1.944	0.1937	1.733E-05
	Modal	4	0.743	0.0001	0.1088
	Modal	5	0.729	0.0969	0.0002
	Modal	6	0.651	0.0233	2.184E-06
	Modal	7	0.418	0.0334	0.0017
	Modal	8	0.417	0.0016	0.0402
	Modal	9	0.371	0.0057	3.603E-05
	Modal	10	0.294	0.018	0.0001
	Modal	11	0.278	0.0002	0.0232
	Modal	12	0.254	0.0003	1.214E-05
	Modal	13	0.223	0.0144	0.0002
	Modal	14	0.202	0.0003	0.0153
	Modal	15	0.188	0.0001	3.531E-06
	Modal	16	0.176	0.0099	0.0002
	Modal	17	0.154	0.0003	0.0106
	Modal	18	0.145	0.002	0.0001
	Modal	19	0.141	0.0059	0.0002
	Modal	20	0.122	0.0011	0.0065
	Modal	21	0.12	0.0027	0.0017
	Modal	22	0.113	0.0003	2.066E-05
	Modal	23	0.101	0.0062	4.846E-05
	Modal	24	0.098	3.289E-05	0.006
	Modal	25	0.092	0.0001	1.527E-05
	Modal	26	0.085	0.0044	0.0002

Record: << < 1 > >> of 100

Gambar 3. 51 *Output Fundamental Periode*
Sumber : Etabs, 2022

3.3.21 Mode ragam

Untuk melihat nilai dari Mode ragam memiliki cara yang sama dengan *fundamental periode*, karna berada dalam satu window yang sama seperti gambar 3.52.

elect Options

No Sort: None

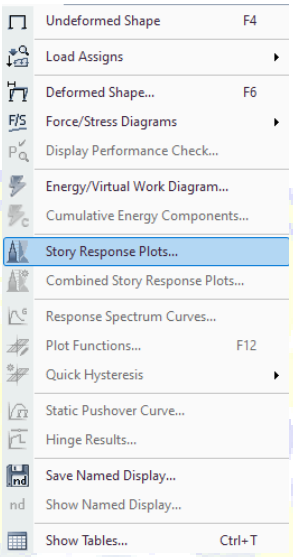
Modal Participating Mass Ratios

Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX
2.25	2.243E-05	0.7733	0	2.243E-05	0.7733	0	0.2357	1.674E-05	9.934E-06	0.2357
2.13	0.5749	5.521E-06	0	0.5749	0.7733	0	7.862E-06	0.1788	0.2002	0.2357
1.944	0.1937	1.733E-05	0	0.7686	0.7733	0	3.216E-05	0.064	0.5788	0.2358
0.743	0.0001	0.1088	0	0.7687	0.8821	0	0.4699	0.0009	3.71E-05	0.7057
0.729	0.0969	0.0002	0	0.8656	0.8823	0	0.0009	0.3791	0.0186	0.7066
0.651	0.0233	2.184E-06	0	0.8889	0.8823	0	6.189E-06	0.0844	0.0876	0.7066
0.418	0.0334	0.0017	0	0.9223	0.8839	0	0.0031	0.0653	0.006	0.7097
0.417	0.0016	0.0402	0	0.924	0.9241	0	0.068	0.0035	0.0001	0.7776
0.371	0.0057	3.603E-05	0	0.9296	0.9242	0	0.0001	0.0102	0.0348	0.7778
0.294	0.018	0.0001	0	0.9477	0.9243	0	0.0003	0.0638	0.0008	0.7781
0.278	0.0002	0.0232	0	0.9479	0.9475	0	0.0774	0.0005	1.258E-05	0.8555

Gambar 3. 52 Mode Ragam
Sumber : Etabs, 2022

3.3.22 Kontrol simpangan antar lantai

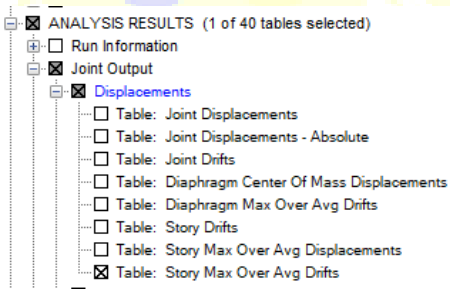
Untuk melihat nilai simpangan maksimum tiap lantai pilih menu *Display – Story Response Plots – Formatted* ke dalam bentuk excel seperti gambar 3.53.



Gambar 3. 53 Output simpangan antar lantai
Sumber : Etabs, 2022

3.3.23 Ketidakberaturan torsi

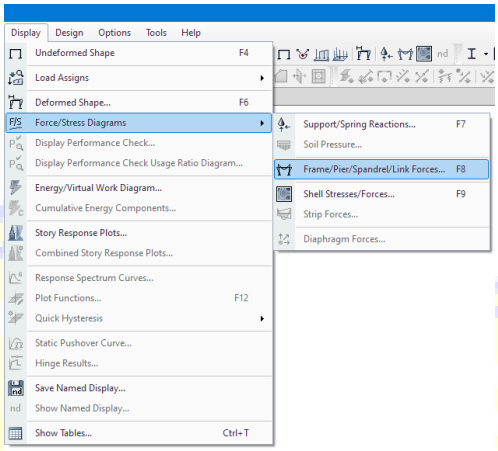
Ketidak beraturan torsi sudah terhitung otomatis oleh etabs, kita dapat melihatnya dengan cara *shortcut Ctrl + T → Analysis Result → Joint Output → Displacement → Table : Story Max Over Avg Drift* seperti gambar 3.54.



Gambar 3. 54 *Output Torsion*
Sumber : Etabs, 2022

3.3.24 Gaya dalam

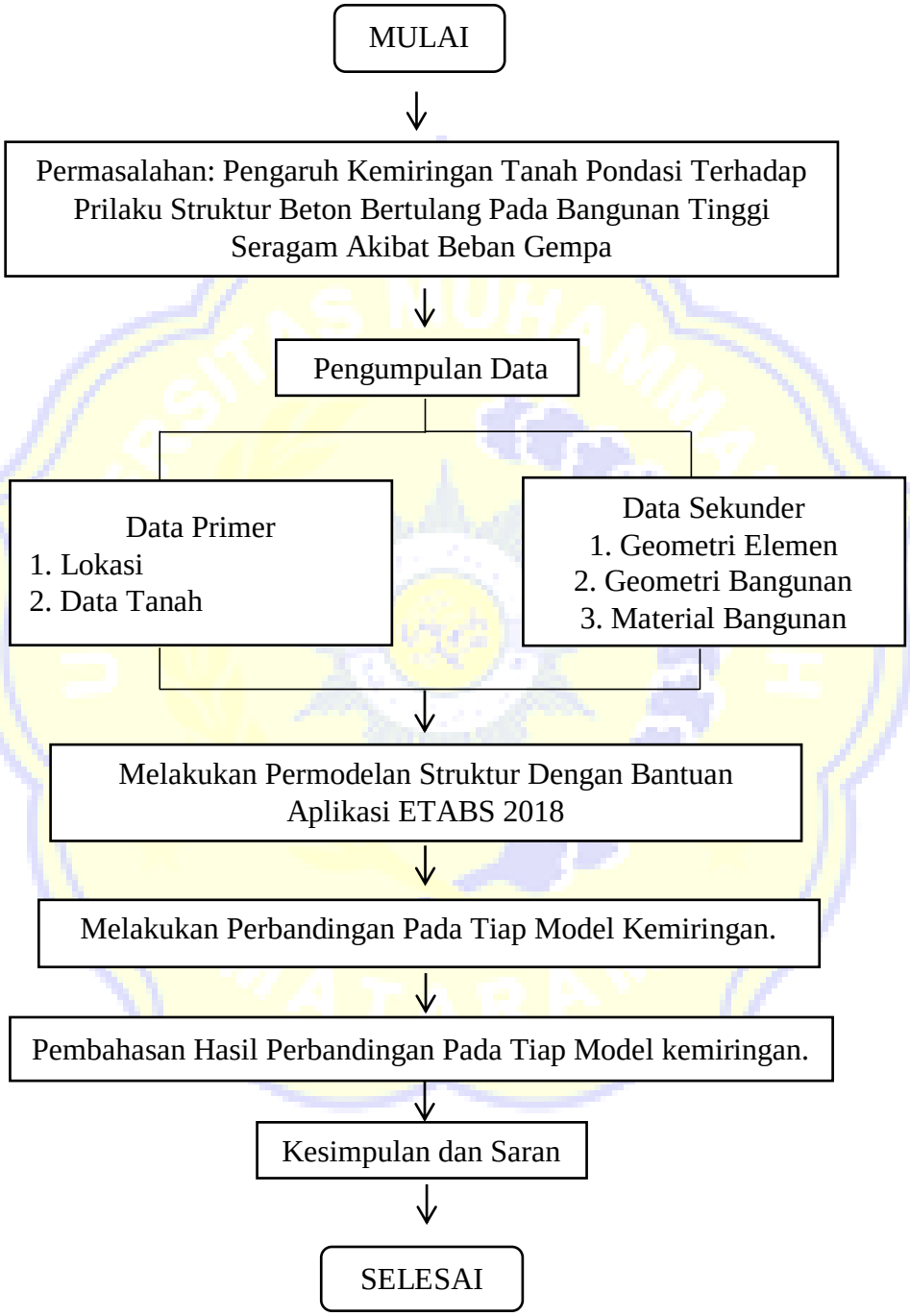
Dalam output gaya dalam bisa dilakukan dengan cara *Display* → *Force/Stress Diagram* → *Frame/Pier/Spandrel* seperti gambar 3.55.



Gambar 3. 55 Output Gaya Dalam
Sumber : Etabs, 2022

3.4 Bagan Alur Perencanaan

Adapun bagan alur penelitian Tugas Akhir ini, di buat seperti pada *Flow chart* dapat dilihat pada Gambar 3.56.



Gambar 3. 56 *Flow Chart* Analisis Struktur