

# **ANALISIS STRUKTUR DINDING GESER PADA PROYEK PERLUASAN GEDUNG RUMAH SAKIT MADANI DI MEDAN**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**ARIF SYAHDEWA  
208110033**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 8/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)8/8/25

# **ANALISIS STRUKTUR DINDING GESER PADA PROYEK PERLUASAN GEDUNG RUMAH SAKIT MADANI DI MEDAN**

## **SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area



**Oleh:**

**ARIF SYAHDEWA  
208110033**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Struktur Dinding Geser Pada Proyek Perluasan Gedung Rumah Sakit Madani Di Medan  
Nama : Arif Syahdewa  
NPM : 208110033  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing

Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, M.T  
Pembimbing



Dr. Eng. Supriatno, S.T., M.T.  
Dekan



Eka Ermita Wulandari, S.T., M.T  
PRODI. TEKNIK Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 20 Maret 2025

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 20 Maret 2025



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arif Syahdewa  
NPM : 208110033  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisa Struktur Dinding Geser Pada Proyek Perluasan Gedung Rumah Sakit Madani Medan. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 20 Maret 2025  
Yang menyatakan



(Arif Syahdewa)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kecamatan Pancurbatu Kabupaten Deli Serdang Pada tanggal 9 April 2002 dari Ayah bernama Rusmiadi dan Ibu Sundari Penulis merupakan putra ke 2 dari 4 bersudara. Tahun 2020 Penulis lulus dari SMK Penerbangan AAG Adisutjipto dan pada tahun 2020 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2023 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Pembangunan Swalyan Wiego di Jl. Letda Sutjono Medan - Sumatera Utara.



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada ALLAH SWT Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah struktur bangunan dengan judul Analisis Struktur Dinding Geser Pada Proyek Perluasan Gedung Rumah Sakit Madani Di Medan. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. H. Irwan, M.T, dan Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada CV. Mutiara Jaya Konstruksi yang telah memberikan data penelitian yang berharga selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa, dukungan, dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Arif Syahdewa)

## ABSTRAK

Secara geografis wilayah Indonesia terletak di dalam lingkaran cincin api pasifik dan juga berada di pertemuan tiga lempeng tektonik dunia, kondisi ini menjadi tantangan dalam merancang struktur bangunan bertingkat di Indonesia, beberapa Solusi untuk bangunan untuk menahan gempa adalah dengan memasang dinding geser atau bresing. Pada penelitian ini digunakan analisis *pushover* untuk mencoba membandingkan kinerja antara dinding geser dan jika tanpa dinding geser dengan menggunakan *software* SAP 2000. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja antara dinding geser dan jika tanpa dinding geser pada proyek perluasan gedung Rumah Sakit Madani di Medan dengan menggunakan analisis *pushover*. Hasil analisis menunjukkan bahwa Pada arah X bangunan dinding geser *total displacement* sebesar 66,84 mm dicapai dengan base shear sebesar 8512,779 kN sedangkan bangunan jika tanpa dinding geser nilai *total displacement* sebesar 119,191 mm dengan base shear sebesar 9773,2007 kN Sementara pada arah Y bangunan dinding geser *total displacement* sebesar 166 mm dengan base shear sebesar 13228,6939 kN, sedangkan bangunan jika tanpa dinding geser *total displacement* sebesar 173 mm dengan base shear sebesar 8210,5339 kN. Level kinerja bangunan dinding geser pada arah X dan Y berdasarkan ATC-40 adalah *Immidiata Occupancy* sedangkan berdasarkan FEMA 440 level kinerjanya adalah *Life Safety* pada arah X dan *Immidiata Occupancy* pada arah Y. Level kinerja bangunan bresing berdasarkan ATC-40 pada adalah *Damage control* pada arah X dan *Immidiata Occupancy* pada arah Y sedangkan berdasarkan FEMA 440 level kinerjanya adalah *Life Safety* pada arah X dan *Immidiata Occupancy* pada arah Y. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa bangunan dinding geser lebih unggul dibandingkan dengan bresing.

**Kata kunci** : nonlinier *pushover*, dinding geser, *displacement*,

## ABSTRACT

*Geographically, Indonesia is located within the Pacific Ring of Fire and is also at the meeting of three world tectonic plates. This condition is a challenge in designing multi-storey building structures in Indonesia. Some solutions for buildings to withstand earthquakes are to install shear walls or braces, although both These structures have the same function but they work in different ways. One of the buildings that uses sliding walls is in the Silangkitang Village Flats, this building has 3 floors and is located in Sipoholon District, North Tapanuli Regency. In this study, nonlinear pushover static analysis w*

*as used to try to compare the performance between shear walls and braces using the help of ETABS software. This analysis is carried out by applying a static lateral load pattern to the structure and gradually increasing it gradually with a multiplier factor until it exceeds the load that causes yielding (plastic joints), then with a further increase in load it experiences large post-elastic deformation. until it reaches a plastic condition. This research aims to determine the performance comparison between shear walls and braces in the Wiyata Dormitory Type Flats in Silangkitang Village using pushover analysis. The analysis results show that in the X direction of the shear wall building a total displacement value of 66.84 mm was achieved with a base shear of 8512.779 kN, while in the braced building the total displacement value was 119.191 mm with a base shear of 9773.2007 kN. Meanwhile in the Y direction of the wall building The shear total displacement is 166 mm with a base shear of 13228.6939 kN, while the total displacement of the braced building is 173 mm with a base shear of 8210.5339 kN. The performance level of shear wall buildings in the X and Y directions based on ATC-40 is Immidiate Occupancy while based on FEMA 440 the performance level is Life Safety in the X and Immidiate Occupancy in the Y direction, while based on FEMA 440 the performance level is Life Safety in the X direction and Immidiate Occupancy in the Y direction. From the results of the analysis it can be concluded that shear wall buildings are superior to braces.*

**Keywords:** *nonlinear pushover, shear wall, displacement.*



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI .....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Perumusan Masalah .....	3
1.4 Pembatasan Masalah .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu .....	7
2.3 Konsep Dasar Gempa Bumi .....	8
2.4 Teori Tektonik .....	9
2.5 Sistem Struktur Tahan Gempa .....	10
2.6 Dinding Geser .....	14
2.7 Beban Gravitasi Pada Struktur .....	15
2.8 Beban Gempa Pada Struktur .....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	41
3.1 Pengumpulan Data .....	41
3.2 Pendekatan Penelitian .....	42
3.3 Data Struktur Bangunan .....	42
3.4 Tahapan Analisis .....	43

3.5 Diagram Alur Penelitian .....	45
3.6 Pembebanan pada struktur .....	46
3.7 Beban Hidup .....	46
3.8 Koefesien respon seismik .....	48
3.9 Gaya geser dasar .....	50
3.10 Langkah pemodelan struktur .....	50
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>58</b>
4.1 Kurva kapasitas .....	58
4.2 Pola sendi plastis .....	62
4.3 Gaya geser antar lantai .....	66
4.4 Simpangan antar tingkat .....	67
4.5 Level kinerja struktur .....	70
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>75</b>
5.1 Kesimpulan .....	75
5.2 Saran .....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xiii</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Lempeng Tektonik Dunia ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. Sistem Dinding Penumpu Struktur Gedung **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. Sistem Rangka Pemikul Momen ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. Mekanisme Sistem Rangka Pemikul Momen . **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 5. Sistem Ganda ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 6. Struktur Ganda Antara Rangka Pemikul Dengan Dinding Geser  
**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 7. Parameter Gerak Tanah  $S_s$  ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 8. Parameter Gerak Tanah  $S_I$  ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 9. Spektrum Respons Desain ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 10. Respon Struktur Akibat Gempa ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 11. Parameter Waktu Getar Fundamental Efektif Dari Kurva Pushover  
**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 12. Penggambaran Grid ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 13. Pendefinisian Material ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 14. Pendefinisian Balok ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 15. Pendefinisian Kolom ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 16. Pendefinisian Pelat Lantai ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 17. Pendefinisian Dinding Geser ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 18. Input Beban Hidup Dan Beban Mati Tambahan . **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 19. Input Beban Lateral Arah X ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 20. Input Beban Lateral Arah Y ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 21. Input Diafragma Pada Joint ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 22. Input *Nonlinier Pushover Case* ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 23. Memodelkan Hinges Pada Kolom .. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 24. Grafik Perbandingan Kurva Kapasitas Arah X **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 25. Grafik Perbandingan Kurva Kapasitas Arah Y **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 26. Sendi Plastis Pada Bangunan Dinding Geser Arah X **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 27. Sendi Plastis Pada Bangunan Tanpa Dinding Geser Arah X **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 28. Sendi Plastis Pada Bangunan Dinding Geser Arah Y **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 29. Sendi Plastis Pada Bangunan Tanpa Dinding Geser Arah Y **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 30. Grafik *Story Shear* Arah X ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 31. Grafik *Story Shear* Arah Y ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 32. Grafik Perbandingan Story Displacement Arah X **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 33. Grafik Perbandingan Story Displacement Arah Y **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 34. Perbandingan Level Kinerja Struktur Arah X ATC-40 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 35. Perbandingan Level Kinerja Struktur Arah Y ATC40 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 36. Perbandingan Level Kinerja Struktur Arah X FEMA 440 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 37. Perbandingan Level Kinerja Struktur Arah Y FEMA 440 **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Berat Sendiri Bahan Bangunan .....	16
Tabel 2. Beban Hidup Pada Bangunan Rumah Sakit.....	17
Tabel 3. Kategori Resiko Bangunan Gedung Dan Nongedung .....	19
Tabel 4. Faktor Keutamaan Gempa .....	21
Tabel 5. Koefesien Situs, $X_x$ .....	23
Tabel 6. Koefesien Situs, $X_y$ .....	23
Tabel 7. Kategori Desain Seismik Respons Percepatan Pada Periode Pendek .....	27
Tabel 8. Kategori Desain Seismik Percepatan Pada Periode 1 Detik .....	27
Tabel 9. Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ Dan $X$ .....	29
Tabel 10. Beban Hidup (Qll).....	29
Tabel 11. Beban Mati Tambahan (Qdl) Pada Pelat Lantai.....	47
Tabel 12. Beban Mati Tambahan (Qdl) Pada Dak Atap.....	47
Tabel 13. Beban Mati Tambahan (Qdl) Pada Balok.....	49
Tabel 14. Kurva Kapasitas Bangunan Dinding Geser Arah X .....	49
Tabel 15. Kurva Kapasitas Bangunan Tanpa Dinding Geser Arah X.....	60
Tabel 16. Kurva Kapasitas Bangunan Dinding Geser Arah Y .....	61
Tabel 17. Kurva Kapasitas Bangunan Tanpa Dinding Geser Arah Y.....	62
Tabel 18. <i>Story Shear</i> .....	67
Tabel 19. <i>Story Displacement</i> .....	69

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Struktur bangunan dalam perencanaannya selain memperhitungkan ketahanan memikul beban vertical juga memperhitungkan ketahanan terhadap beban lateral. Beban lateral tersebut antara lain seperti beban angin dan beban gempa. Semakin tinggi bangunan semakin besar pula tingkat resiko bangunan untuk bertahan bila terjadi gempa. Beban gempa merupakan beban yang diperhitungkan berdasarkan pergerakan tanah dimana struktur tersebut berdiri. Adapun indikator yang dapat digunakan untuk mengukur efek dari beban dinamis ini adalah simpangan horisontal dan waktu getar struktur. Apabila simpangan horisontal dan waktu getar struktur ini melebihi syarat aman yang telah ditetapkan oleh peraturan, seperti SNI 1726:2012 tentang kegempaan yang berlaku di Indonesia, maka gedung akan melewati ambang batas *serviceability* dan berpotensi mengalami kerusakan hingga keruntuhan. Terdapat beberapa cara untuk meningkatkan kinerja struktur bangunan bertingkat tinggi dalam mengatasi simpangan horisontal dan memperkecil waktu getar strukturnya, salah satu solusi yang digunakan adalah dengan penambahan dinding geser (*shearwall*). Penambahan dinding geser dapat memperkaku struktur dan mereduksi simpangan lateral akibat gempa (Sudarsana et al., 2014).

Dinding geser merupakan slab beton bertulang yang dipasang dalam posisi vertikal pada sisi gedung tertentu yang berfungsi menambah kekakuan struktur dan menyerap gaya-gaya dalam yang besar seiring dengan semakin tingginya

struktur. Fungsi dinding geser dalam suatu struktur bertingkat juga penting untuk menopang lantai pada struktur dan memastikannya tidak runtuh ketika terjadi gaya lateral akibat gempa. Beberapa penelitian eksperimen dan analisis numerik telah dilakukan untuk memprediksi berbagai perilaku dinding geser diantaranya oleh Zhang and Wang, 2000; Graham et al., 2009; Krolicki et al., 2011; Dashti et al., 2017 dan masih banyak lagi yang menunjukkan bahwa penggunaan dinding geser sangat efektif dalam meningkatkan kekakuan struktur dalam menahan beban lateral. Bentuk dinding geser ada bermacam-macam yang dapat disesuaikan dengan denah yang tersedia dan bentuk bangunannya. Berbagai bentuk yang lazim digunakan diantaranya *I-Shape*, *L-Shape*, *T-Shape* dan *IWF-Shape*. Perbedaan bentuk dari dinding geser selaras dengan perbedaan kapasitas dinding geser, deformasi geser serta perbedaan pada luas tulangnya (Beyer et al., 2011).

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk meninjau perbandingan kapasitas serta luas tulangan dari masing-masing bentuk dinding geser dengan bantuan software *S-Concrete v.7.02*, dimana bentuk bentuk dinding geser tersebut dirancang dengan mengikuti ketentuan dari ACI 318-2014 atau SNI 2847-2013.

Analisis statik non-linier (*pushover*) adalah suatu analisis non-linier statik dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang besar sampai mencapai

target peralihan yang diharapkan atau sampai mencapai kondisi plastik (Pranata, 2006).

Latar belakang inilah yang akhirnya mendorong penulis mengangkat judul ini dengan cara menganalisis perbedaan stabilitas ketahanan pada struktur yang menggunakan dinding geser (*shear wall*) dan tidak menggunakan dinding geser (*shearwall*).

## 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui stabilitas ketahanan struktur lift yang menggunakan dinding geser (*shearwall*) dan tidak menggunakan dinding geser (*shearwall*) pada struktur Gedung Rumah Sakit Madani Medan. Tujuan penelitian ini meliputi beberapa aspek, seperti :

1. Menentukan kekuatan struktur dinding geser
2. Membandingkan kekuatan struktur yang menggunakan dinding geser dan tanpa dinding geser.

## 1.3 Perumusan Masalah

Adapun beberapa masalah yang timbul dalam pembahasan ini yaitu.

1. Bagaimana perbandingan periode getar alami, gaya lateral dasar (*base shear*), gaya lateral antar lantai, simpangan antar tingkat, dan kekakuan struktur antara Struktur Gedung Rumah Sakit Madani Medan yang menggunakan dinding geser (*Shearwall*) dan tanpa menggunakan dinding geser (*Shearwall*)?
2. Apa yang membuat struktur gedung Rumah Sakit Madani Medan menggunakan dinding geser (*shearwall*)?

3. Bagaimana perbandingan kestabilan dan keamanan struktur jika menggunakan dinding geser (*shearwall*) dan tidak menggunakan dinding geser (*shearwall*)?

#### 1.4 Pembatasan Masalah

Adapun pembatasan masalah yang diambil dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Analisa struktur dilakukan pada struktur Gedung Rumah Sakit Madani Medan sesuai dengan gambar kerja.
2. Struktur bangunan direncanakan sesuai dengan lokasi alamat Rumah Sakit Madani Medan.
3. Analisis pemodelan struktur dilakukan dengan aplikasi SAP2000 V14.
4. Struktur bangunan ditinjau menggunakan analisis statik non-linier (*pushover*)
5. Analisis perbandingan struktur tidak memperhitungkan struktur bawah.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah kajian penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang dapat diambil dari berbagai sumber ilmiah seperti skripsi, tesis, disertasi, atau jurnal penelitian. Berikut adalah penelitian terdahulu yang menjadi acuan peneliti dalam melakukan penelitian:

1. Theodorus Widodo, Jusuf J.S.Pah, Aditya Yohanes Ninggeding. ( 2013), ANALISA PERBANDINGAN DINDING GESER YANG SIMETRIS DAN TIDAK SIMETRIS, Jurnal Teknik Sipil, Vol. II

Gempa menyebabkan adanya gaya lateral pada suatu bangunan. Pada bangunan tingkat tinggi, gaya lateral yang dipikul oleh kolom sangatlah besar, sehingga diperlukan struktur elemen yang kaku berupa dinding geser untuk meredam gaya lateral tersebut. Dalam mendesain dinding geser, harus diperhatikan dengan baik penempatannya, karena penempatan dinding geser berpengaruh pada kesimetrisan dinding geser dan akan menimbulkan eksentrisitas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan dinding geser yang simetris dan tidak simetris. Metode yang digunakan adalah analisis statik ekuivalen. Parameter pembebanan yang dipakai adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa. Penelitian ini memakai 3 spesimen dinding geser tidak simetris ( 0,1b ; 0,2b ; dan 0,3b ) dan 1 spesimen dinding geser simetris. Dari hasil analisis 3 dinding geser tidak simetris dibandingkan

terhadap dinding geser yang simetris, ditemukan bahwa dinding geser tidak simetris yang paling aman adalah yang memiliki eksentrisitas 0,1b.

2. I Gede Gegiranang Wiryadi, I Ketut Sudarsana. (2019), ANALISIS PENGARUH BENTUK DINDING GESER BETON BERTULANG TERHADAP KAPASITAS DAN LUAS TULANGAN, Jurnal Spektran Vol. 7.

Terdapat beberapa cara untuk meningkatkan kinerja struktur bangunan bertingkat tinggi dalam mengatasi simpangan horisontal dan memperkecil periode waktu getar strukturnya, salah satu solusi yang digunakan adalah dengan penambahan dinding geser. Dinding geser memiliki banyak tipe bila dibagi berdasarkan bentuknya yang diantaranya dinding geser I-Shape, L-Shape, T-Shape dan IWF-Shape yang dapat disesuaikan dengan denah yang tersedia dan bentuk bangunannya. Perbedaan bentuk dari dinding geser selaras dengan perbedaan kapasitas dinding geser di dalam memikul gaya-gaya luar serta perbedaan pada luas tulangannya. Dengan bantuan software S-Concrete versi 7.02 ketika memodelkan 4 tipe bentuk dinding geser yang diberi gaya-gaya luar (aksial dan momen) yang arah dan besarnya sama dan spesifikasi material yang sama, maka dapat disimpulkan bahwa kapasitas gaya aksial dan momen terbesar ada pada dinding geser I-Shape yang dibuktikan dengan rasio aksial-momen terhadap kapasitas sebesar 0,71, dilanjutkan dengan dinding geser IWF-Shape (0,86) dan L-Shape dan T-Shape (keduanya 0,96). Ditinjau dari segi luas tulangan total, dimulai dari terkecil terdapat pada dinding geser I-Shape dengan luas 29166 mm<sup>2</sup> , diikuti dengan dinding geser L-Shape (36666 mm<sup>2</sup> ), T-Shape (40833 mm<sup>2</sup> ), dan IWF-Shape (51250 mm<sup>2</sup> ).

3. Rosi Nursani, Dheni Elyana Noor. (2023), ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN DINDING GESER TERHADAP PERILAKU STRUKTUR GEDUNG SISTEM GANDA, Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan.

Beban gempa merupakan beban yang harus diperhitungkan dalam merencanakan kekuatan struktur gedung terutama di daerah rawan gempa. Terdapat struktur gedung 7 lantai yang menggunakan sistem ganda dengan dinding geser di bagian lift. Penelitian dilakukan dengan menambahkan dinding geser pada struktur dengan tujuan membandingkan perilaku struktur sebelum dan setelah penambahan dinding geser. Perhitungan analisis struktur menggunakan bantuan perangkat lunak untuk membuat pemodelan dan mendapatkan hasil gaya dalam yang terjadi. Output gaya dalam digunakan untuk menghitung kapasitas struktur. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbandingan antara perilaku struktur sebelum dan setelah penambahan dinding geser. Apabila simpangan horizontal, gaya geser dasar dan waktu getar alami melebihi syarat aman, maka gedung berpotensi mengalami kerusakan sampai keruntuhan. Struktur dengan penambahan dinding geser dapat menimalisir simpangan antar lantai sehingga kekakuan struktur lebih besar.

## 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan sub-bab 2.1 terlihat perbedaan dengan penelitian ini dengan penelitian – penelitian sebelumnya adalah studi kasus yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dinding geser dibandingkan dengan jika tanpa dinding geser

pada Perluasan Gedung Rumah Sakit Madani Medan menggunakan analisis pushover menggunakan bantuan program SAP 2000.

### 2.3 Konsep Dasar Gempa Bumi

Menurut BMKG gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempabumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi. Berdasarkan penyebab terjadinya, gempa bumi dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Gempa Vulkanik

Gempa bumi vulkanik adalah gempa bumi yang disebabkan oleh letusan gunung berapi.

2. Gempa Tektonik

Gempa tektonik adalah gempa bumi yang terjadi karena pergeseran lapisan kulit bumi akibat lepasnya energi di zona lempeng tektonik. Gempa bumi tektonik memiliki kekuatan yang cukup dahsyat.

3. Gempa runtuhan atau terban

Gempa runtuhan atau terban adalah gempa bumi yang disebabkan oleh tanah longsor, gua-gua yang runtuh, dan sejenisnya. Tipe gempa seperti ini hanya berdampak kecil dan wilayahnya sempit.

## 2.4 Teori Tektonik

Menurut teori lempeng tektonik, permukaan bumi terpecah menjadi beberapa lempeng tektonik besar. Lempeng tektonik adalah segmen keras kerak bumi yang mengapung diatas astenosfer yang cair dan panas. Oleh karena itu, maka lempeng tektonik ini bebas untuk bergerak dan saling berinteraksi satu sama lain. Daerah perbatasan lempeng-lempeng tektonik, merupakan tempat-tempat yang memiliki kondisi tektonik yang aktif, yang menyebabkan gempa bumi, gunung berapi dan pembentukan dataran tinggi. Teori lempeng tektonik merupakan kombinasi dari teori sebelumnya yaitu: Teori Pergerakan Benua (Continental Drift) dan Pemekaran Dasar Samudra (Sea Floor Spreading).



Gambar 1. Lempeng Tektonik Dunia (Dr. Derrick Hasterok, *University Of Adelaide*, 2022)

Lapisan paling atas bumi, yaitu litosfir, merupakan batuan yang relatif dingin dan bagian paling atas berada pada kondisi padat dan kaku. Di bawah lapisan ini terdapat batuan yang jauh lebih panas yang disebut mantel. Lapisan ini sedemikian panasnya sehingga senantiasa dalam keadaan tidak kaku, sehingga dapat bergerak sesuai dengan proses pendistribusian panas yang kita

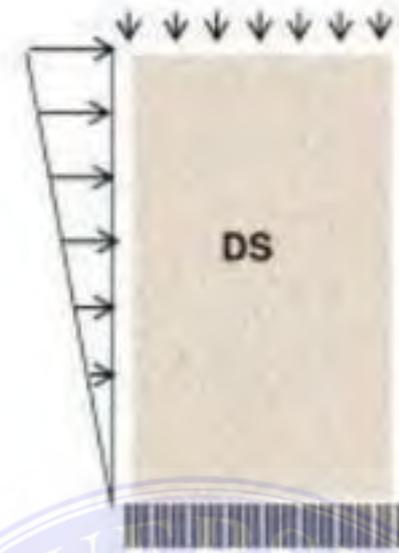
kenal sebagai aliran konveksi. Lempeng tektonik yang merupakan bagian dari litosfir padat dan terapung di atas mantel ikut bergerak satu sama lainnya. Ada tiga kemungkinan pergerakan satu lempeng tektonik relatif terhadap lempeng lainnya, yaitu apabila kedua lempeng saling menjauhi (*spreading*), saling mendekati (*collision*) dan saling geser (*transform*). Jika dua lempeng bertemu pada suatu sesar, keduanya dapat bergerak saling menjauhi, saling mendekati atau saling bergeser. Umumnya, gerakan ini berlangsung lambat dan tidak dapat dirasakan oleh manusia namun terukur sebesar 0-15cm pertahun. Kadang-kadang, gerakan lempeng ini macet dan saling mengunci, sehingga terjadi pengumpulan energi yang berlangsung terus sampai pada suatu saat batuan pada lempeng tektonik tersebut tidak lagi kuat menahan gerakan tersebut sehingga terjadi pelepasan mendadak yang kita kenal sebagai gempa bumi.

## 2.5 Sistem Struktur Tahan Gempa

Dalam perencanaan struktur yang mampu menahan beban gempa rencana , perlu diperitungkan semua unsur gedung baik dari bagian sistem struktur gedung dan bagian subsistem struktur gedung untuk dapat memikul gaya yang terjadi akibat gempa rencana. beberapa sistem struktur penahan gempa adalah sebagai berikut.

### 2.5.1 Sistem dinding penumpu

Pada sistem dinding penumpu, dinding struktural menjadi satu-satunya elemen penahan beban baik beban lateral dan aksial . jenis bangunan ini banyak ditemukan pada bangunan dan memiliki dimensi dinding yang tebal .

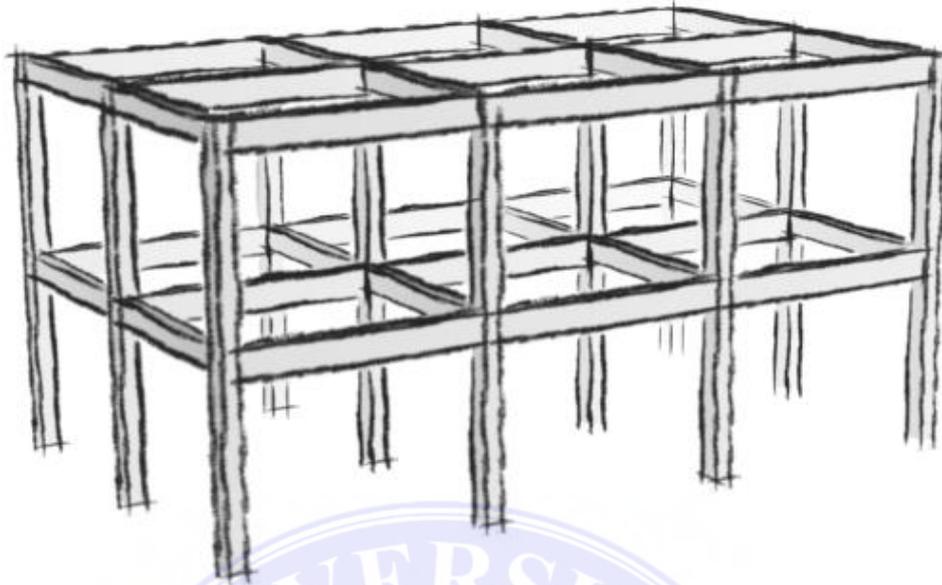


Gambar 2. Sistem Dinding Penumpu Struktur Gedung (Sni-1726:2002)

### 2.5.2 Sistem Rangka Pemikul Momen

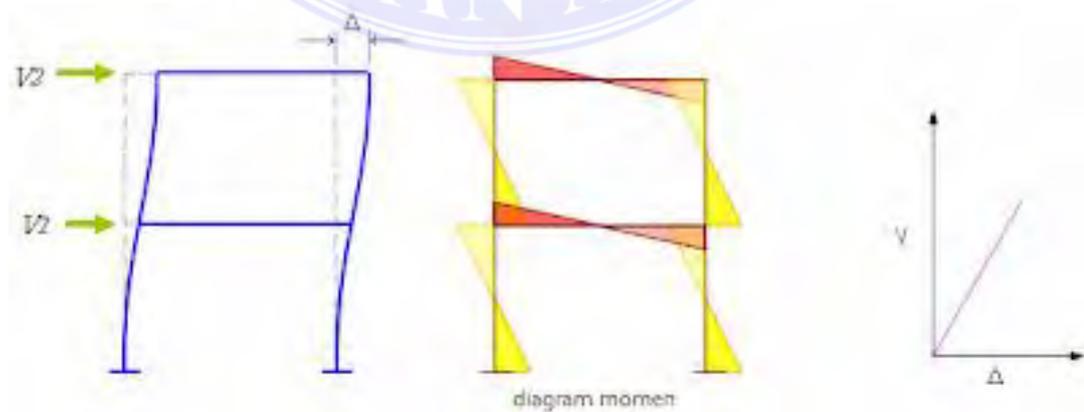
SRPM adalah singkatan dari Sistem Rangka Pemikul Momen, atau Moment Resisting Frame merupakan rangka momen dimana komponen struktur seperti balok, pelat, kolom dan joint menahan gaya melalui lentur, geser, dan gaya aksial (SNI-2847:2019). Ciri-ciri SRPM antara lain:

1. Beban lateral khususnya gempa, ditransfer melalui mekanisme lentur antara balok dan kolom. Jadi, peranan balok, kolom, dan sambungan balok kolom sangat penting.
2. Tidak menggunakan dinding geser. apabila ada dinding, dinding tersebut tidak didesain untuk menahan beban lateral.
3. Tidak menggunakan bresing (bracing). penggunaan bresing kadang sangat diperlukan terutama pada arah sumbu lemah kolom.



Gambar 3. Sistem Rangka Pemikul Momen (Syarifnawar, 2011)

Pada sistem rangka pemikul momen, hanya elemen kolom dan balok yang memikul gaya saat terjadinya gempa atau gaya lateral. Untuk memikul gaya, terdapat seni-sendi plastis sebagai tempat untuk menyerap gaya yang diterima gedung. Sistem rangka pemikul momen merupakan sistem yang banyak dipakai pada struktur gedung bertingkat.



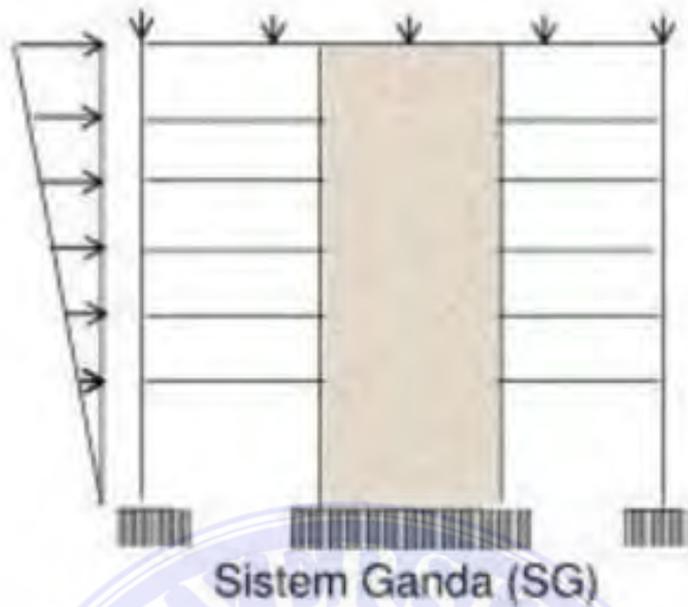
Gambar 4. Mekanisme Sistem Rangka Pemikul Momen (Syarifnawar, 2011)

### 2.5.3 Sistem Ganda

Sistem Ganda merupakan sistem struktur yang paling populer di Indonesia terutama pada struktur gedung tinggi yang terletak pada daerah yang rawan terhadap gempa dengan intensitas sedang hingga tinggi.

Berdasarkan SNI-1726:2019 sistem ganda adalah sistem struktur dengan rangka ruang lengkap untuk memikul beban gravitasi, sedangkan tahanan terhadap gempa disediakan oleh kombinasi sistem rangka pemikul momen dan dinding geser atau oleh kombinasi sistem rangka pemikul momen dan rangka bresing.

Dalam persyaratan sesuai dengan SNI-1726:2019 untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu memikul paling sedikit 25 % gaya seismik desain. Tahanan gaya seismik total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya.

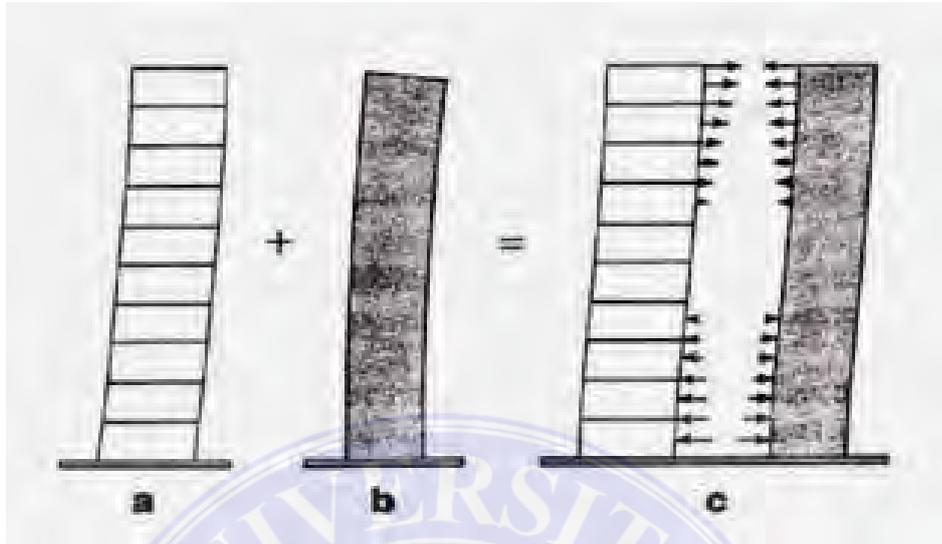


Gambar 5. Sistem Ganda (SNI-1726:2002)

## 2.6 Dinding Geser

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 (BSN, 2002), dinding geser beton bertulang kantilever adalah suatu subsistem struktur gedung yang fungsi utamanya adalah untuk memikul beban geser akibat pengaruh gempa rencana. Kerusakan pada dinding ini hanya boleh terjadi akibat momen lentur (bukan akibat gaya geser), melalui pembentukan sendi plastis di dasar dinding. Dalam prakteknya dinding geser selalu dihubungkan dengan sistem rangka pemikul momen pada gedung. Dinding struktural yang umum digunakan pada gedung tinggi adalah dinding geser kantilever dan dinding geser berangkai.

Perencanaan dinding geser sebagai elemen struktur penahan beban gempa pada gedung bertingkat bisa dilakukan dengan konsep gaya dalam (yaitu dengan hanya meninjau gaya-gaya dalam yang terjadi akibat kombinasi beban gempa) atau dengan konsep desain kapasitas.



Gambar 6. Struktur Ganda Antara Rangka Pemikul Dengan Dinding Geser

Dinding geser sebagai elemen penahan gaya lateral memiliki keuntungan utama karena menyediakan kontinuitas vertikal pada sistem lateral struktur gedung. Struktur gedung dengan dinding geser sebagai elemen penahan gaya lateral pada umumnya memiliki performance yang cukup baik pada saat gempa. Hal ini terbukti dari sedikitnya kegagalan yang terjadi pada sistem struktur dinding geser di kejadian-kejadian gempa yang lalu (Fintel, 1991).

## 2.7 Beban Gravitasi Pada Struktur

Bedasarkan SNI-1726:2019 Beban adalah gaya-gaya atau aksi-aksi lainnya yang dihasilkan dari berat seluruh material bangunan, hunian dan pemanfaatannya, pengaruh-pengaruh lingkungan, pergerakan relatif, beda penurunan, dan perubahan-perubahan dimensi yang tertahan. Penentuan beban pada struktur

biasanya dilakukan dengan menggunakan perkiraan dikarenakan menentukan beban secara pasti pada suatu struktur sulit dilakukan sehingga perlu menggunakan kombinasi – kombinasi beban yang kemungkinan akan bekerja pada suatu struktur tersebut. Kombinasi dari beban - beban yang bekerja diatur dalam peraturan SNI-1727:2020.

### 2.7.1 Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2020 beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. Daftar berat komponen – komponen bangunan dapat dilihat pada tabel 1 (SNI-1727:2020)

Tabel 1. Berat Sendiri Bahan Bangunan (SNI-1727:2020)

Komponen	Beban	Satuan
Baja	7850	Kg/m <sup>3</sup>
Beton	2200	Kg/m <sup>3</sup>
Beton Bertulang	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Kayu Kelas I	1000	Kg/m <sup>3</sup>
Pasir (Kering Udara)	1600	Kg/m <sup>3</sup>
Spesi dari semen, per cm tebal	21	Kg/m <sup>2</sup>
Dinding bata merah ½ batu	250	Kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap genteng	50	Kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai ubin semen per cm tebal	24	Kg/m <sup>2</sup>

## 2.7.2 Beban Hidup

Berdasarkan SNI-1727:2020 beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Contoh dari beban ini adalah berat pengguna dan penghuni bangunan, perabotan atau peralatan yang tidak tetap atau dapat dipindah - pindahkan, kendaraan, dan barang - barang lain yang tidak tetap atau dapat dipindah – pindahkan. Penulisan ini menggunakan SNI-1727:2020 sebagai acuan untuk beban hidup.

Tabel 2. Beban Hidup Pada Bangunan Rumah Sakit (SNI-1727:2020)

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat (kN)
Rumah Sakit		
Ruang Operasi, Laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang Pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor	80 (3,83)	1000 (4,45)

Berdasarkan Pasal 4.7.2 SNI 1727:2020 komponen struktur yang memiliki nilai KLL AT adalah 400 ft<sup>2</sup> (37,16 m<sup>2</sup>) atau lebih diizinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi sesuai dengan rumus berikut:

$$L = L_o \left( 0,25 + \frac{15}{K_{LL} A_T} \right)$$

Dalam SI :

$$L = L_o \left( 0,25 + \frac{4,57}{K_{LL}A_T} \right)$$

Keterangan :

L : beban hidup desain tereduksi per ft<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>) dari luasan yang didukung oleh komponen struktur

L<sub>o</sub> : beban hidup desain tanpa reduksi per ft<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>) dari luasan yang didukung oleh komponen struktur

K<sub>LL</sub> : faktor elemen beban hidup

A<sub>T</sub> : luas tributari dalam ft<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>)

L tidak boleh kurang dari 0,50L<sub>o</sub> untuk komponen struktur yang mendukung satu lantai dan L tidak boleh kurang dari 0,40L<sub>o</sub> untuk komponen struktur yang mendukung dua lantai atau lebih dari dua lantai.

## 2.8 Beban Gempa Pada Struktur

Beban gempa adalah gaya - gaya statik ekuivalen yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi dan mempengaruhi struktur tersebut. Beban akibat gempa bumi bergerak dengan arah vertikal dan horizontal, namun biasanya arah horizontal lebih besar dibandingkan arah vertikal sehingga gaya horizontal lebih berpengaruh pada beban gempa. Tata cara penentuan beban gempa rencana ditentukan sesuai dengan SNI-1726:2019.

### 2.8.1 Menentukan Kategori Resiko Bangunan

Kategori resiko bangunan ditentukan berdasarkan pada jenis penggunaan bangunan. jenis bangunan dibedakan resikonya tergantung dari tingkat resiko kepentingan bangunan tersebut apabila tidak berfungsi akibat bencana yang terjadi dan resiko korban yang kemungkinan terjadi akibat bencana. Tabel kategori resiko dapat dilihat pada tabel 3 (SNI-1726:2019)

Tabel 3. Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI-1726:2019)

Pemanfaatan Jenis Bangunan	Kategori Resiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>2. Fasilitas sementara</li> <li>3. Gudang penyimpanan</li> </ol>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, tapi tidak dibatasi untuk: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perumahan</li> <li>2. Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>3. Pasar</li> <li>4. Gedung perkantoran</li> <li>5. Gedung apartemen/ rumah susun</li> </ol>	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, tapi tidak dibatasi untuk: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bioskop</li> <li>2. Gedung pertemuan</li> <li>3. Stadion</li> <li>4. Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> </ol>	III
Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>2. Fasilitas penanganan air</li> <li>3. Fasilitas penanganan limbah</li> <li>4. Pusat telekomunikasi</li> </ol>	
Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan.	

Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, tetapi tidak dibatasi untuk:

1. Bangunan-bangunan monumental
2. Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan
3. Rumah ibadah
4. Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat
5. Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat
6. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya
7. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat
8. Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat
9. Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.

IV

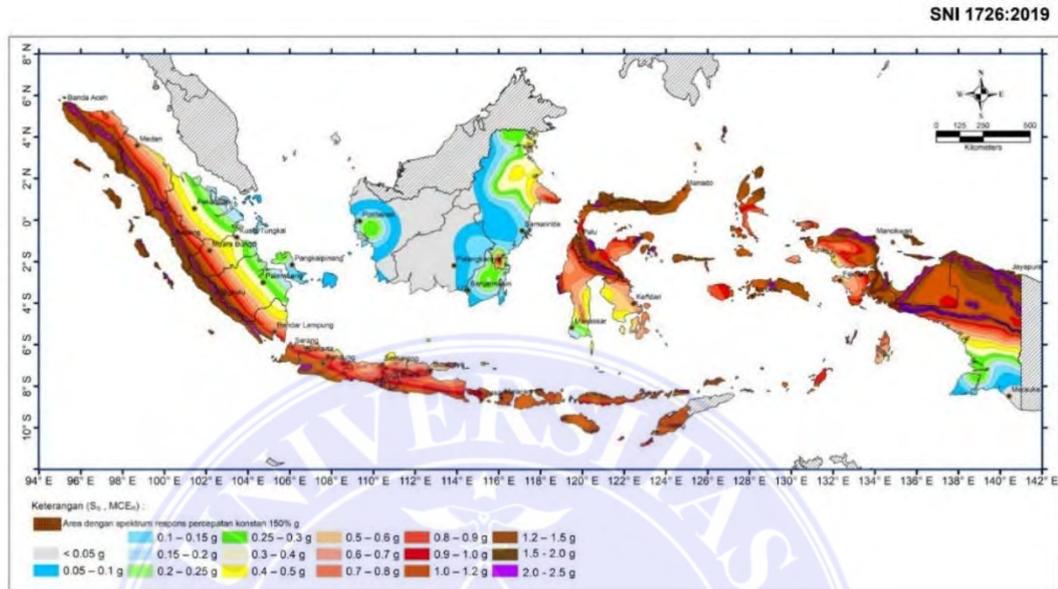
Tabel 4. Faktor Keutamaan Gempa (SNI-1726:2019)

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

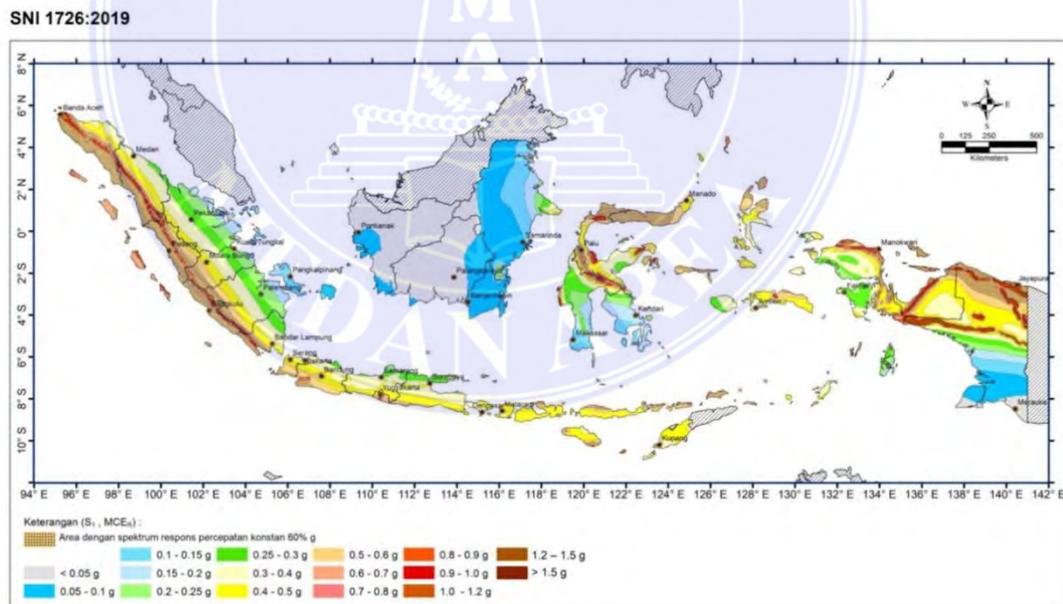
### 2.8.2 Spektrum Respon Desain

Respon spektrum gempa adalah grafik hubungan antara periode getar ( $T$ ) dengan respon percepatan gempa ( $S_a$ ). parameter  $s_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $s_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik kemungkinan 2% telampauai dalam 50 tahun

(MCER1 2% dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Nilai  $s_s$  dan  $s_l$  dapat dilihat pada gambar 10 dan 11



Gambar 7. Parameter gerak tanah  $S_s$  (SNI-1726:2019)



Gambar 8. Parameter gerak tanah  $S_l$  (SNI-1726:2019)

Dalam penentuan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  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 ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_a S_s$$

Keterangan :

$S_s$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode pendek

$S_l$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Koefisien  $F_a$  dan  $F_v$  dapat dilihat pada tabel 6 dan tabel 7

Tabel 5. Koefesien Situs,  $F_a$  (SNI-1726:2019)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,00$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF				$SS^{(a)}$		

Tabel 6. Koefisien Situs,  $F_v$  (SNI-1726:2019)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$					
	$S_I \leq 0,25$	$S_I = 0,5$	$S_I = 0,75$	$S_I = 1,00$	$S_I = 1,25$	$S_I \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS^{(a)}$					

Catatan :

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

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDs dan pada periode 1 detik, SD1 harus ditentukan melalui rumus berikut ini :

$$S_{P1} = \frac{2}{3} S_{M1} \tag{3}$$

$$S_{P1} = \frac{2}{3} S_{M1} \tag{4}$$

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 3 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (1)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$ ;
3. Untuk periode lebih besar dari  $T_s$  tetapi lebih kecil dari atau sama dengan  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2)$$

4. Untuk periode lebih besar dari  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (3)$$

Keterangan:

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

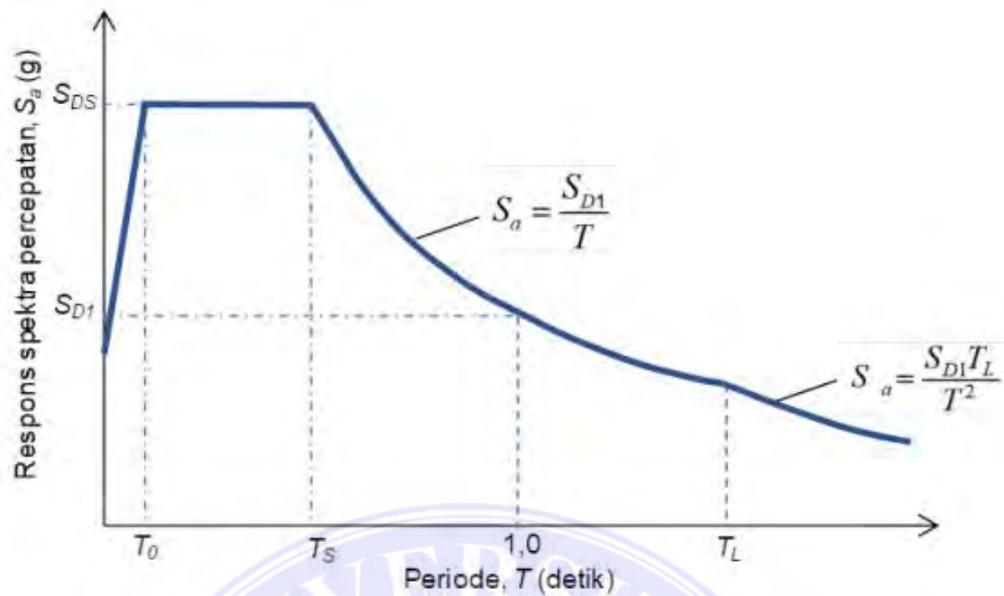
$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

$T$  = periode getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$T_L$  = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada Gambar 12  
(SNI-1726:2019)



Gambar 9. Spektrum respons desain (SNI-1726:2019)

### 2.8.3 Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik,  $S_1$ , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan 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,  $S_1$ , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan 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  $SD_1$ , sesuai 0. Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 7 dan Tabel 8, terlepas dari nilai periode fundamental getaran struktur,  $T$ .

Tabel 7. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (SNI-1726:2019)

Nilai $S_{DS}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 < S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 8. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (SNI-1726:2019)

Nilai $S_{DS}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 < S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

#### 2.8.4 Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar seismik,  $V$ , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_S W \tag{4}$$

Keterangan :

$C_S$  = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan 0

$W$  = berat seismik efektif menurut 0

a. Perhitungan koefisien respons seismik

Koefisien respons seismik,  $C_s$ , harus ditentukan sesuai dengan persamaan (9).

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (5)$$

Keterangan :

$S_{DS}$  = parameter percepatan respons spektral desain dalam rentang periode pendek seperti ditentukan dalam 0 atau 0

$R$  = koefisien modifikasi respons

$I_e$  = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 0.

Nilai  $C_s$  yang dihitung sesuai dengan persamaan (9) tidak perlu melebihi berikut ini:

Untuk  $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (6)$$

Untuk  $T > T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (7)$$

$C_s$  harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (8)$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana  $S_I$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka  $C_s$  harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \tag{9}$$

Keterangan :

di mana  $I_e$  dan  $R$  sebagaimana didefinisikan dalam 0, dan

$S_{D1}$  = parameter percepatan respons spektral desain pada periode sebesar 1,0 detik, seperti yang ditentukan dalam 0

$T$  = periode fundamental struktur (detik) yang ditentukan 0

$S_I$  = parameter percepatan respons spektral maksimum yang dipetakan yang ditentukan sesuai 0

b. Priode fundamental pendekatan

Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \tag{10}$$

Keterangan :

$h_n$  adalah ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari Tabel 9

Tabel 9. Nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$  (SNI-1726:2019)

Tipe struktur	$C_t$	$x$
a. Ranga baja pemikul momen	0,0724	0,8
b. Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sebagai alternatif, diizinkan untuk menentukan periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem pemikul gaya seismik terdiri dari rangka pemikul momen yang seluruhnya beton atau seluruhnya baja dan rata-rata tinggi tingkat sekurang-kurangnya 3 m:

$$T_a = 0,1N \quad (11)$$

Keterangan :

$N$  = Jumlah tingkat

Untuk struktur dinding geser batu bata atau dinding geser beton dengan tinggi tidak melebihi 36,6 m, perhitungan periode fundamental pendekatan,  $T_a$ , diizinkan menggunakan persamaan (16) sebagai berikut:

$$T_a = \frac{0,00058}{\sqrt{C_w}} h_n \quad (12)$$

Dimana  $h_n$  didefinisikan di atas dan  $C_w$  dihitung dari persamaan (17) sebagai berikut:

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \frac{A_i}{\left[1 + 0,83 \left(\frac{h_n}{D_i}\right)^2\right]} \quad (13)$$

Keterangan :

$A_B$  = luas dasar struktur ( $m^2$ )

$A_i$  = luas badan dinding geser ke-  $i$  ( $m^2$ )

$D_i$  = panjang dinding geser ke-  $i$  (m)

$x$  = jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif memikul gaya

lateral dalam arah yang ditinjau.

c. Distribusi vertikal gaya seismic

Gaya seismic lateral,  $F_x$ , (kN) di sebarang tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{VX}V \quad (14)$$

dan

$$C_{VX} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (15)$$

d. Distribusi horizontal gaya seismic

Geser tingkat desain seismic di semua tingkat,  $V_x$  (kN), harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i$$

Keterangan :

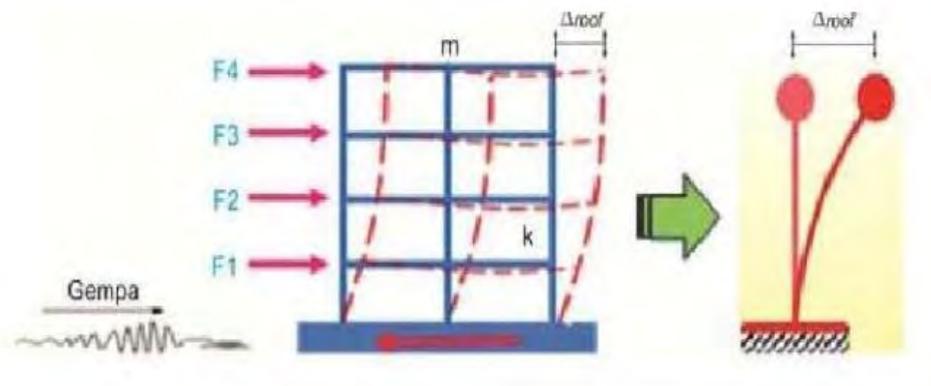
$F_i$  adalah bagian dari geser dasar seismic ( $V$ ) pada tingkat ke- $i$  (kN)

Geser tingkat desain seismic,  $V_x$  (kN), harus didistribusikan pada berbagai elemen vertikal sistem pemikul gaya seismic di tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen pemikul vertikal dan diafragma.

## 2.9 Analisa Statik Nonlinier (*pushover*)

Analisis statik nonlinier, sering disebut juga sebagai analisis pushover atau analisis beban dorong statik, adalah prosedur analisa yang digunakan untuk melihat perilaku keruntuhan suatu struktur bangunan terhadap gempa bumi. Analisa ini dilakukan dengan cara Menerapkan suatu pola beban lateral statis pada struktur dan secara bertahap meningkatkannya secara berangsur – angsur dengan faktor pengali hingga melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis), kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastis yang besar sampai mencapai kondisi plastis.

Analisis pushover digunakan untuk menentukan bagian mana yang kritis dan untuk memperkirakan gaya dan deformasi maksimum dari deformasi. bagian yang kritis. Terlepas dari kesederhanaan prosedurnya, metode ini memberikan informasi yang sangat berharga karena dapat menggambarkan reaksi inelastis bangunan ketika mengalami gempa. Meskipun analisis ini bukan metode yang paling efektif untuk mendapatkan jawaban terhadap masalah - masalah analisis dan desain, metode ini merupakan metode yang cukup sederhana untuk mendapatkan respon nonlinier suatu struktur



Gambar 10. Respon Struktur Akibat Gempa (Zuher. M. Hasbi /2023)

Struktur gedung saat menerima beban gempa, maka akan memikul base shear. Base shear tiap lantai merupakan fungsi dari massa ( $m$ ) dan kekakuan ( $k$ ) dari tiap lantai tersebut. *Base shear* mengakibatkan tiap lantai bergeser/*displacement* dari kedudukan semula. Apabila sifat geometri struktur simetris maka simpangan yang terjadi hanya pada satu bidang (2-dimensi) yaitu simpangan suatu massa pada setiap saat hanya mempunyai posisi/ordinat tunggal sehingga dapat dianggap sebagai satu kesatuan *Single Degree of Freedom* (SDOF) dengan parameter displacement yang diukur adalah pada atap. Saat gaya gempa bekerja, maka gedung akan merespon beban gempa tersebut dengan memberikan gaya-gaya dalam. Apabila gaya-gaya dalam tersebut melebihi kemampuan kapasitas gedung, maka gedung akan berperilaku in-elastis apabila struktur cukup daktail tetapi langsung hancur apabila kurang daktail. (Nurchasanah, et, al, 2015).

### 2.9.1 Tahapan Utama Analisa Statik Nonlinier

Tahapan utama dalam analisa *pushover* adalah :

- a. Menentukan titik kontrol sehingga jumlah perpindahan struktur dapat terlihat. Kurva *pushover* dibuat dengan menggunakan catatan gaya geser dasar dan besaran perpindahan titik kontrol.

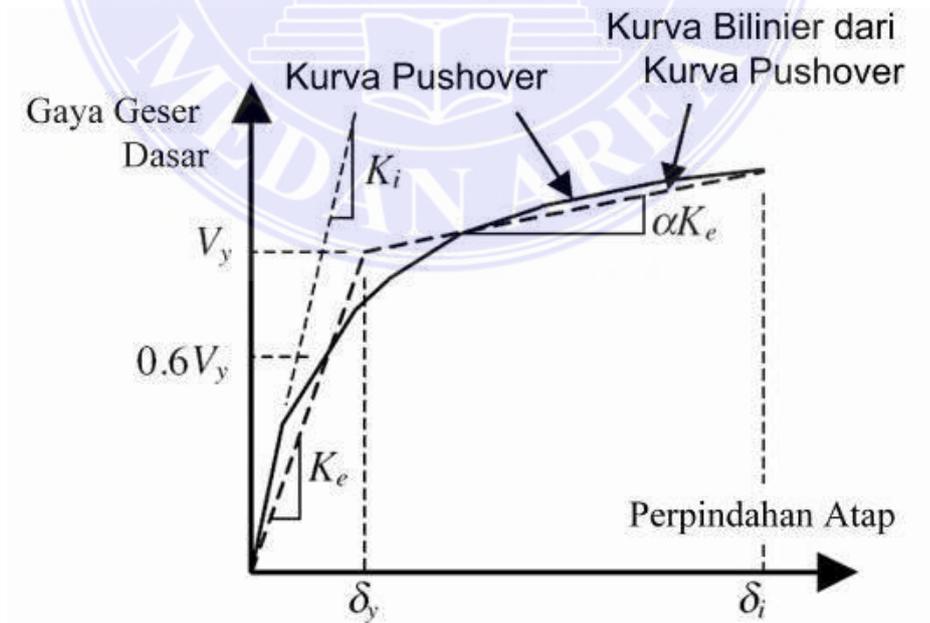
- b. Membuat kurva *pushover* berdasarkan berbagai macam pola distribusi gaya lateral terutama yang ekuivalen dengan distribusi dari gaya inerti, sehingga diharapkan deformasi yang terjadi hampir sama atau mendekati deformasi yang terjadi akibat gempa. Oleh karena sifat gempa adalah tidak pasti, maka perlu dibuat beberapa pola pembebanan lateral yang berbeda untuk mendapatkan kondisi yang paling menentukan.
- c. Estimasi target perpindahan, atau jumlah perpindahan lateral saat gempa rencana. Titik kontrol didorong sampai taraf tingkat perpindahan yang menggambarkan perpindahan maksimum yang diakibatkan oleh intensitas gempa yang direncanakan.
- d. Mengevaluasi level kinerja struktur ketika titik kontrol tepat berada pada target perpindahan : merupakan hal utama dari perencanaan berbasis kinerja. Komponen struktur dan aksi perilakunya dapat dianggap memuaskan jika memenuhi kriteria yang dari awal sudah ditetapkan, baik terhadap persyaratan deformasi maupun kekuatan. Karena yang dievaluasi adalah komponen maka jumlahnya relatif sangat banyak, oleh karena itu proses ini sepenuhnya harus dikerjakan oleh komputer (fasilitas *pushover* dan evaluasi kinerja yang terdapat secara built-in pada program SAP2000, mengacu pada FEMA – 356 dan ATC-40).

## 2.9.2 Waktu Gelar Alami Efektif

Analisis Eigen-value biasanya digunakan untuk mengetahui waktu getar alami suatu struktur bangunan, dimana informasi tersebut sangat penting untuk memperkirakan besarnya gaya gempa yang akan dialami bangunan. Analisa

eigen-value dilaksanakan menggunakan data-data yang masih dalam kondisi elastis linear, padahal pada saat gempa kondisi bangunan mengalami keadaan yang berbeda, yaitu berperilaku inelastis. Akibatnya, hasil analisis eigen-value dan waktu getar alami bangunan saat gempa maksimum berbeda. Kurva dari analisis pushover dapat digunakan untuk menentukan waktu getar efektif,  $T_e$ , yang memperhitungkan kondisi inelastis dengan bantuan kurva analisis *pushover*.

Untuk itu, kurva *pushover* diubah menjadi kurva bilinear untuk mengestimasi kekakuan lateral efektif bangunan,  $K_e$ , dan kuat leleh bangunan,  $V_y$ . Kekakuan lateral efektif dapat diambil dari kekakuan secant yang dihitung dari gaya geser dasar sebesar 60% dari kuat leleh. Karena kuat leleh diperoleh dari titik potong kekakuan lateral efektif pada kondisi elastis ( $K_e$ ) dan kondisi inelastic ( $\alpha K_e$ ), maka prosesnya dilakukan secara trial-error.



Gambar 11. Parameter Waktu Getar Fundamental Efektif dari Kurva Pushover (Titono. Michael/2010)

### 2.9.3 Target Perpindahan

Gaya dan deformasi setiap komponen/elemen dihitung terhadap “perpindahan tertentu” di titik kontrol yang disebut sebagai “target perpindahan” dengan notasi  $\delta_t$  dan dianggap sebagai perpindahan maksimum yang terjadi saat bangunan mengalami gempa rencana. Untuk mendapatkan perilaku struktur pasca keruntuhan maka perlu dibuat analisa *pushover* untuk membuat kurva hubungan gaya geser dasar dan perpindahan lateral titik kontrol sampai minimal 150% dari target perpindahan,  $\delta_t$ . Permintaan membuat kurva *pushover* sampai minimal 150% target perpindahan adalah agar dapat dilihat perilaku bangunan yang melebihi kondisi rencananya dan harus dipahami bahwa target perpindahan hanya merupakan rata-rata nilai dari beban gempa rencana.

Analisa *pushover* dilakukan dengan memberikan beban lateral pada pola tertentu sebagai simulasi beban gempa, dan harus diberikan bersama-sama dengan pengaruh kombinasi beban mati dan tidak kurang dari 25% dari beban hidup yang disyaratkan. Beban lateral harus diberikan pada pusat massa untuk setiap tingkat. FEMA 356 mensyaratkan minimal harus diberikan dua pola beban yang berbeda sebagai simulasi beban gempa yang bersifat random, sehingga dapat memberikan gambaran pola mana yang pengaruhnya paling jelek. Selanjutnya beban tersebut diberikan secara bertahap dalam satu arah (monotonik).

Kriteria evaluasi level kinerja kondisi bangunan didasarkan pada gaya dan deformasi yang terjadi ketika perpindahan titik kontrol sama dengan target

perpindahan  $\delta t$ . Jadi parameter target perpindahan sangat penting peranannya bagi perencanaan berbasis kinerja.

a. Metode Koefisien Perpindahan (FEMA 356)

Metode ini dimulai dengan menetapkan waktu getar efektif,  $T_e$ , yang memperhitungkan kondisi *inelastis* bangunan. Waktu getar alami efektif mencerminkan kekakuan linear dari sistem SDOF ekuivalen. Jika diplot-kan pada spektrum respons elastis akan menunjukkan percepatan gerakan tanah pada saat gempa yaitu akselerasi puncak,  $S_a$ , versus waktu getar,  $T$ . Redaman yang digunakan selalu 5% yang mewakili level yang diharapkan terjadi pada struktur yang mempunyai respons pada daerah elastis. Puncak perpindahan spectra elastis,  $S_d$ , berhubungan langsung dengan akselerasi spektra,  $S_a$ , dengan hubungan berikut:

$$S_d = \frac{T_e^2}{4\pi^2} S_a \quad (16)$$

Selanjutnya target perpindahan pada titik kontrol  $\delta T$ , ditentukan dari rumus berikut :

$$\delta_T = C_0 C_1 C_2 C_3 C_a \left( \frac{T_e}{2\pi} \right)^2 g \quad (17)$$

Dimana:

$T_e$  = Waktu getar alami efektif yang memperhitungkan kondisi inelastis

$C_0$  = Koefisien faktor bentuk, untuk merubah perpindahan *spectral* menjadi perpindahan atap, umumnya memakai faktor partisipasi ragam yang pertama (*first mode participation factor*) atau berdasarkan Tabel dari FEMA 356.

$C_1$  = Faktor modifikasi yang menghubungkan perpindahan *inelastic* maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon *elastic* linier.

$$= 1.0 \text{ untuk } T_e \geq T_s$$

$$= [1.0 + (R - 1)T_s/T_e] / R \text{ untuk } T_e < T_s(4)$$

$T_s$  = Waktu getar karakteristik yang diperoleh dari kurva respons spektrum pada titik dimana terdapat transisi bagian akselerasi konstan ke bagian kecepatan konstan.

$R$  = Rasio “kuat elastik perlu” terhadap “koefisien kuat leleh terhitung”

$$R = \frac{S_a}{V_y/W} C_m \quad (18)$$

$S_a$  = Akselerasi respons spektrum yang berkesesuaian dengan waktu getar alami efektif pada arah yang ditinjau.

$V_y$  = Gaya geser dasar pada saat leleh, dari idealisasi kurva *pushover* menjadi bilinier.

$W$  = Total beban mati dan beban hidup yang dapat direduksi

$C_m$  = Faktor massa efektif yang diambil dari Tabel 3-1 dari FEMA 356.

$C_2$  = Koefisien untuk memperhitungkan efek “*pinching*” dari hubungan beban deformasi akibat degradasi kekakuan dan kekuatan, berdasarkan Tabel 3-3 dari FEMA 356.

$C_3$  = Koefisien untuk memperhitungkan pembesaran lateral akibat adanya efek P-delta. Koefisien diperoleh secara empiris dari studi

statistik analisa riwayat waktu non-linier dari SDOF dan diambil berdasarkan pertimbangan *engineering judgement*, Dimana perilaku hubungan gaya geser dasar – lendutan pada kondisi pasca leleh kekakuannya positif (kurva meningkat) maka  $C_3 = 1$  , sedangkan jika perilaku pasca lelehnya negatif (kurva menurun) maka

$$C_3 = 1,0 + \frac{|\alpha|(R - 1)^{1/2}}{T_e} \quad (19)$$

$\alpha$  = Rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastik efektif, dimana hubungan gaya lendutan diidealisasikan sebagai kurvabilinier (lihat waktu getar efektif).

$g$  = percepatan gravitasi  $9.81 \text{ m/s}^2$ .

#### b. Metode Spektrum Kapasitas (ATC 40)

Dalam Metode Spektrum Kapasitas, proses dimulai dengan menghasilkan kurva hubungan gaya perpindahan yang memperhitungkan kondisi *inelastic* struktur yang hasilnya diplot-kan dalam format ADRS (*acceleration displacement response spectrum*). Kurva kapasitas dengan modifikasi tertentu diubah menjadi spektrum kapasitas (*capacity spectrum*), sedangkan respons spektrum diubah dalam format *acceleration displacement response spectrum*, ADRS. Format ADRS adalah gabungan antara acceleration dan displacement respons spektra dimana absis merupakan acceleration ( $S_a$ ) dan koordinat merupakan *displacement* ( $S_d$ ) sedangkan periode,  $T$ , adalah garis miring dari pusat sumbu. Format tersebut adalah konversi sederhana dari kurva hubungan gaya geser dasar dengan

perpindahan lateral titik control dengan menggunakan properti dinamis sistem dan hasilnya disebut sebagai kurva kapasitas struktur. Gerakan tanah gempa juga dikonversi ke format ADRS. Hal itu menyebabkan kurva kapasitas dapat di-plotkan pada sumbu yang sama sebagai gaya gempa perlu. Pada format tersebut waktu getar ditunjukkan sebagai garis radial dari titik pusat sumbu.

Waktu getar ekuivalen,  $T_e$ , dianggap sebagai secant waktu getar tepat Dimana gerakan tanah gempa perlu yang direduksi karena adanya efek redaman ekuivalen bertemu pada kurva kapasitas. Karena waktu getar ekuivalen dan redaman merupakan fungsi dari perpindahan maka penyelesaian untuk mendapatkan perpindahan *inelastik* maksimum (titik kinerja) adalah bersifat iteratif. ATC-40 menetapkan batas redaman ekuivalen untuk mengantisipasi adanya penurunan kekuatan dan kekakuan yang bersifat *gradual*. Respons spektrum dalam bentuk ADRS ini kemudian dimodifikasi dengan memasukkan pengaruh efektif damping yang terjadi akibat terbentuknya sendi plastis. Spektrum ini dinamakan demand spectrum. metode spektrum kapasitas menyajikan secara grafis tiga buah grafik yaitu spektrum kapasitas (*capacity spectrum*), respons spektrum dan spektrum demand dalam format ADRS. Untuk mengetahui perilaku dari struktur yang ditinjau terhadap intensitas gempa yang diberikan, kurva kapasitas kemudian dibandingkan dengan tuntutan (*demand*) kinerja yang berupa respons spektrum berbagai intensitas (periode ulang) gempa. Target perpindahan diperoleh melalui titik perpotongan antara spektrum kapasitas dan *spektrum demand*. Metode ini secara khusus telah built-in dalam program SAP2000, proses konversi kurva pushover dan kurva respon spektrum yang direduksi dikerjakan otomatis dalam program.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Pengumpulan Data

Untuk pemodelan yang akurat, pengumpulan data harus dilakukan sebelum melakukan pemodelan. Pengumpulan data dilakukan secara primer, dimana penulis mengumpulkan data dari gambar kerja dan kondisi lapangan. Adapun pengumpulan data dan informasi bangunan Perluasan Gedung Rumah Sakit Madani Medan, yang diperoleh penulis antara lain:

1. Gambar Denah Proyek bangunan .
2. Gambar Detail balok, kolom, pelat lantai, pelat atap, tangga dan dinding geser pada proyek Gedung Rumah Sakit Madani Medan.
3. Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) yang digunakan pada proyek Gedung Rumah Sakit Madani Medan.
4. Kuat leleh tulangan ( $f_y$ ) yang digunakan pada proyek Gedung Rumah Sakit Madani Medan.

Data gambar yang didapatkan, digunakan untuk pemodelan struktur bangunan dan kemudian dianalisis menggunakan software SAP2000 v14

### 3.2 Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah: pendekatan kuantitatif, karena hasil penelitian yang digunakan berupa angka menggunakan analisis statik non-linier (*pushover*). Analisis struktur gedung dibantu dengan menggunakan program SAP200 v14

### 3.3 Data Struktur Bangunan

Dalam penelitian ini, data pendukung yang diperoleh oleh penulis dilapangan antara lain: gambar arsitektur dan refrensi Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia pada situs <https://puskim.pu.go.id> dengan metode SNI (Standart Nasional Indonesia) 1726:2019.

Adapaun data-data teknis yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah:

- a. Lokasi Studi Kasus : Rumah Sakit Madani Medan
- b. Jenis Bangunan : Gedung
- c. Material Bangunan : Struktur Beton Bertulang
- d. Fungsi Bangunan : Rumah Sakit
- e. Jumlah Lantai : 6
- f. Tinggi Bangunan : 4,5 m
- g. Tinggi Lantai Tipikal : 4 m
- h. Gambar Kerja :
  
- i. Dimensi dan Detail Kolom :
  - 1) K1 : 50x50 (20D19)

2) K1a : 50x50 (16D19)

3) K1b : 50x50 (12D19)

j. Dimensi dan Detail Balok :

1) B1 : 40x75

2) B1a : 40x75

3) B2 : 40x55

4) B2a : 40x55

5) B2b : 40x55

6) B3 : 25x45

7) B4 : 40x50

8) B5 : 20x40

k. Tebal Plat Lantai : 0,12 m

l. Tebal Plat Atap : 0,10 m

m. Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 20 MPa

n. Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ ) : 23450 Mpa

o. Tegangan Leleh Tulangan ( $f_y$ ) : 400 MPa

### 3.4 Tahapan Analisis

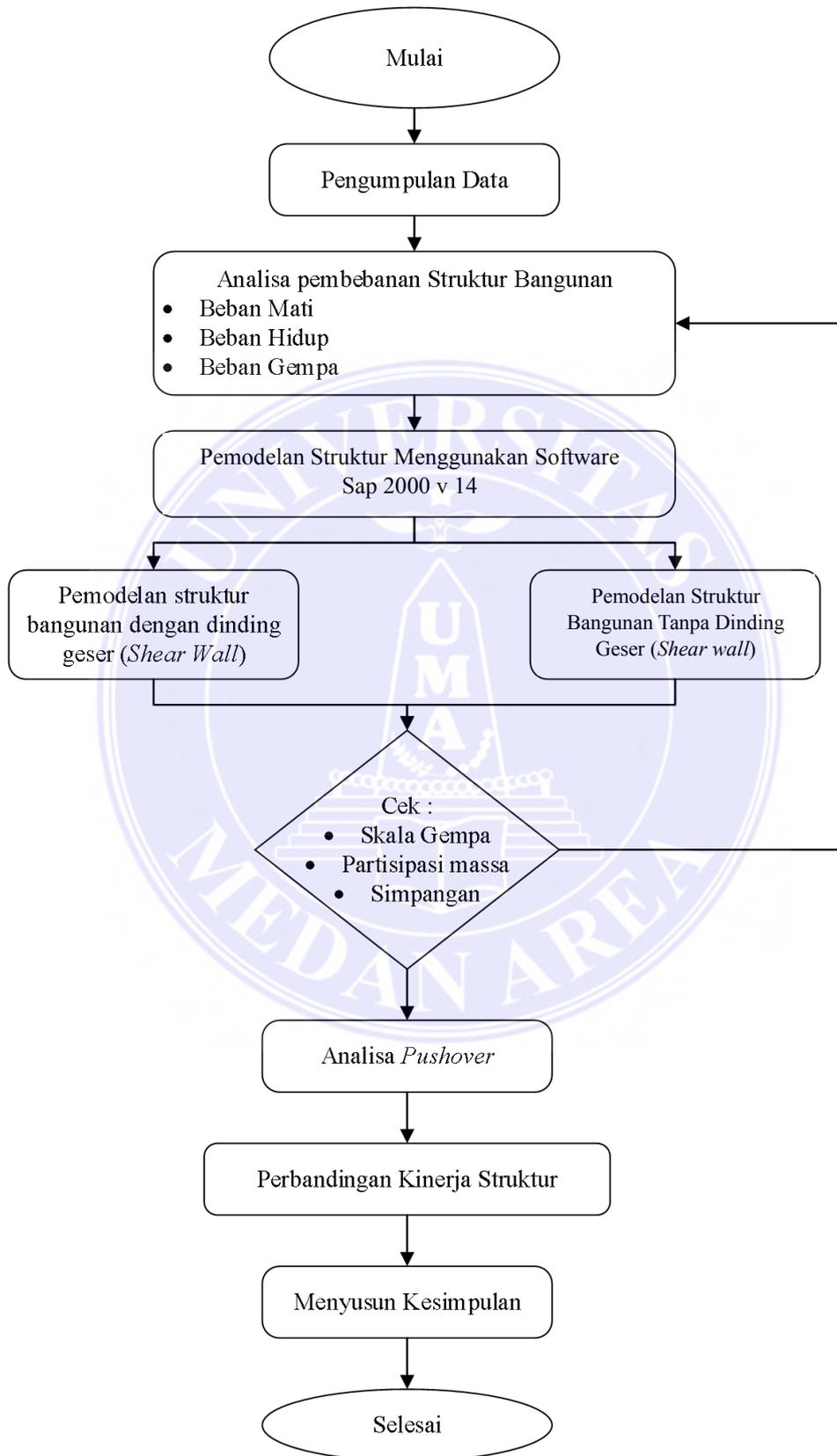
Berikut ini adalah tahapan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini :

1. Pengumpulan data struktur bangunan.
2. Analisa pembebanan struktur yang meliputi :
  - a. Beban Mati
  - b. Beban Hidup
  - c. Beban Gempa

3. Pemodelan struktur bangunan menggunakan aplikasi SAP 2000 v14  
Struktur bangunan yang dimodelkan berupa :
  - a. Pemodelan struktur bangunan tanpa dinding geser (*Shear Wall*)
  - b. Pemodelan struktur bangunan dengan dinding geser (*Shear Wall*)
4. Analisis struktur menggunakan analisis *pushover*.
5. Membuat Perbandingan kinerja struktur antara menggunakan dinding geserdan tidak menggunakan dinding geser
6. Menyimpulkan hasil analisis.



### 3.5 Diagram Alur Penelitian



### 3.6 Pembebanan pada struktur

Perhitungan pembebanan bertujuan untuk mengetahui ukuran beban - beban yang akan diterima oleh setiap elemen struktur. Beban-beban yang digunakan dalam perhitungan ini adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa.

### 3.7 Beban Hidup

Beban hidup sesuai dengan SNI 1727:2020 dapat ditentukan berdasarkan dari fungsi lantai tersebut. Besarnya beban hidup dapat dilihat pada Tabel 10

Tabel 10. Beban Hidup (QLL)

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat (kN)
Rumah Sakit		
Ruang Operasi, Laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang Pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor	80 (3,83)	1000 (4,45)

#### 3.7.1 Beban Mati Tambahan (Super Dead Load)

Beberapa komponen bangunan yang bukan termasuk struktur akan diperoleh sesuai dengan Tabel 11 dan Tabel 12.

##### a. Beban mati QDL pada pelat lantai

Tabel 11. Beban Mati Tambahan (QDL) pada pelat lantai

Beban	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m <sup>3</sup> )	Total (kN/m <sup>2</sup> )
Pelat lantai	0,13	24	3,12
Spesi	0,02	21	0,42
Pasir	0,03	16	0,48
Keramik	0,01	22	0,22
Plafon dan penggantung		0,2	0,2
	QDL		4,69
	QDL pada ETABS		<b>1,57</b>

## b. Beban mati tambahan pada dak atap

Tabel 12. Beban Mati Tambahan (QDL) pada dak atap

Beban	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m <sup>3</sup> )	Total (kN/m <sup>2</sup> )
Plat atap dak	0,15	24	3,60
Plafon dan penggantung		0,2	0,2
Lapis kedap air	0,002	19	0,04
	QDL		4,09
	QDL pada ETABS		<b>0,49</b>

## c. Beban mati tambahan pada dinding balok

Beban tembok disesuaikan dengan tinggi gedung per lantai yaitu 3,4 m.

Tabel 13. Beban Mati Tambahan (QDL) pada balok

Beban	Tinggi Balok (m)	Tinggi Dinding (m)	Panjang Dinding (m)	Total (kN/m)
B1	0,4	4	7,5	
B1a	0,4	4	2,5	
B2	0,4	4	5	
B2a	0,4	4	7,5	
B2b	0,4	4	1,74	
B3	0,25	4	5	
B4	0,4	4	4,5	
B5	0,2	4	4,5	
K1	0,5	4	4	
K1a	0,5	4	4	
K1b	0,5	4	4	
SW1	0	4	2,7	
SW2		4	3,25	
SW3	0	4	2,45	
Tebal Plat lantai	0	0		0
Tebal Plat atap/dak	0	0		0

### 3.8 Koefisien respon seismik

Periode struktur tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batas atas pada perioda yang di hitung dengan perioda fundamental pendekatan. Perhitungan nilai periode fundamental pada struktur dinding geser dan bresing dapat dilihat pada penyelesaian dibawah ini:

Untuk dinding geser :

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \times (h^x) & T_{max} &= C_u \times T_a \\ T_a &= 0,0488 \times (24^{0,75}) & T_{max} &= 1,5 \times 0,53 \\ T_a &= 0,53 \text{ detik} & T_{max} &= 0,79 \end{aligned}$$

Untuk tanpa dinding geser :

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \times (h^x) & T_{max} &= C_u \times T_a \\ T_a &= 0,0488 \times (24^{0,75}) & T_{max} &= 1,5 \times 0,53 \\ T_a &= 0,53 \text{ detik} & T_{max} &= 0,79 \end{aligned}$$

Syarat periode struktur (T) yang digunakan :

Jika  $T_c > T_{max}$  maka, gunakan  $T = T_{max}$

Jika  $T_a \leq T_c \leq T_{max}$  maka, gunakan  $T = T_c$  (terbesar)

Jika  $T_c < T_a$  maka, gunakan  $T = T_a$

Untuk dinding geser :

$$T_c (\text{mode 1}) = 0,374 \text{ (dari SAP 2000)}$$

$$T_c (\text{mode 2}) = 0,354 \text{ (dari SAP 2000)}$$

$$\text{Maka } T \text{ pakai} = 0,374$$

Untuk tanpa dinding geser :

$$T_c (\text{mode 1}) = 0,438 \text{ (dari SAP 2000)}$$

$$T_c (\text{mode 2}) = 0,42 \text{ (dari SAP 2000)}$$

$$\text{Maka } T \text{ pakai} = 0,438$$

Koefisien respons seismic  $C_s$  ditentukan dengan penyelesaian berikut :

Untuk Dinding geser :

$$C_s = \text{SDS}/(\text{R}/\text{Ie}) = 0,42/(7/1,5) = 0,090$$

apabila  $T \leq T_L$ , maka  $C_s$  tidak perlu melebihi:

$$C_{s \text{ max}} = \text{SDi}/(\text{Tx}(\text{R}/\text{Ie})) = 0,21/(0,37 \times (7/1,5)) = 0,415$$

untuk nilai  $S_1 \geq 0,6 \text{ g}$ , maka  $C_s$  harus lebih dari:

$$C_{s \text{ min}} = (0,5 \times S_1)/(\text{R}/\text{I}) = (0,5 \times 0,82)/(7/1) = 0,058$$

Maka  $C_s$  pakai adalah 0,187

Untuk tanpa dinding geser :

$$C_s = \text{SDS}/(\text{R}/\text{Ie}) = 1,31/(6/1) = 0,218$$

apabila  $T \leq T_L$ , maka  $C_s$  tidak perlu melebihi:

$$C_{s \text{ max}} = \text{SDi}/(\text{Tx}(\text{R}/\text{Ie})) = 1,09/(0,44 \times (6/1)) = 0,413$$

untuk nilai  $S_1 \geq 0,6 \text{ g}$ , maka  $C_s$  harus lebih dari:

$$C_{s \text{ min}} = (0,5 \times S_1)/(\text{R}/\text{I}) = (0,5 \times 0,82)/(6/1) = 0,068$$

Maka  $C_s$  pakai adalah 0,218

### 3.9 Gaya geser dasar

Gaya geser dasar seismik ( $V$ ) ditentukan dalam SNI 1726:2019 sebagai hasil perkalian koefisien respon seismik efektif. Apabila respon ragam (MRSA) digunakan dalam desain gaya geser dasar perlu di skalakan sampai 100% gaya geser dasar statik. Nilai gaya geser setiap lantai didapat dari hasil perhitungan dengan menggunakan bantuan program analisis struktur. Gaya geser yang diperoleh adalah

Dinding Geser :

$$\text{Berat total (Wt)} = 87880,14 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya geser dasar (V)} = C_s \times W_t = 7909,21 \text{ kN}$$

tanpa dinding geser :

$$\text{Berat total (Wt)} = 63237,90 \text{ kN}$$

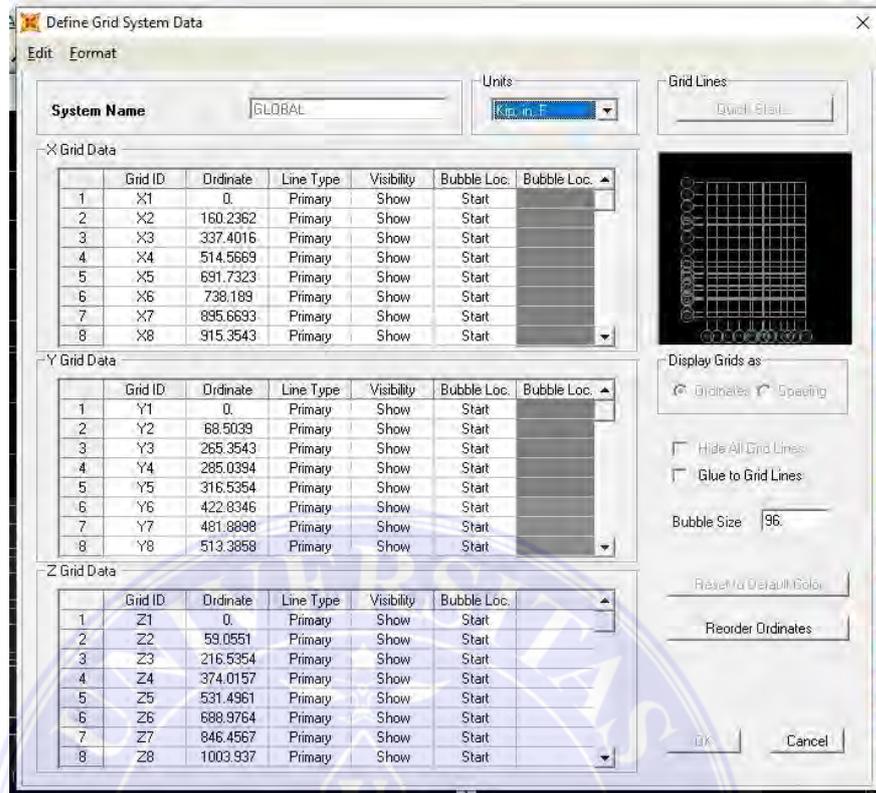
$$\text{Gaya geser dasar (V)} = C_s \times W_t = 5691,41 \text{ kN}$$

### 3.10 Langkah pemodelan struktur

Adapun Langkah-langkah pemodelan struktur adalah sebagai berikut:

- a. Membuat Grid

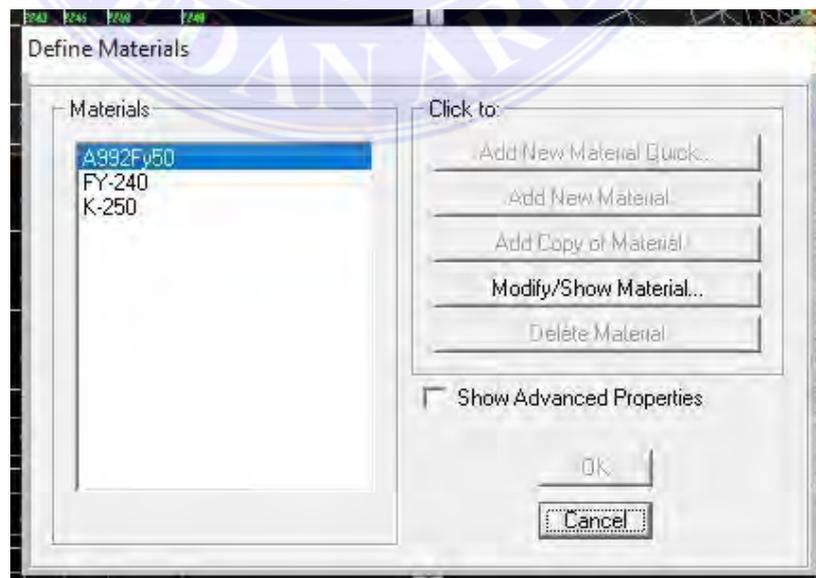
Membuat grid untuk mempermudah dalam penggambaran struktur sesuai pada Gambar 12



Gambar 12. Penggambaran Grid (SAP 2000)

b. Pengimputan jenis material

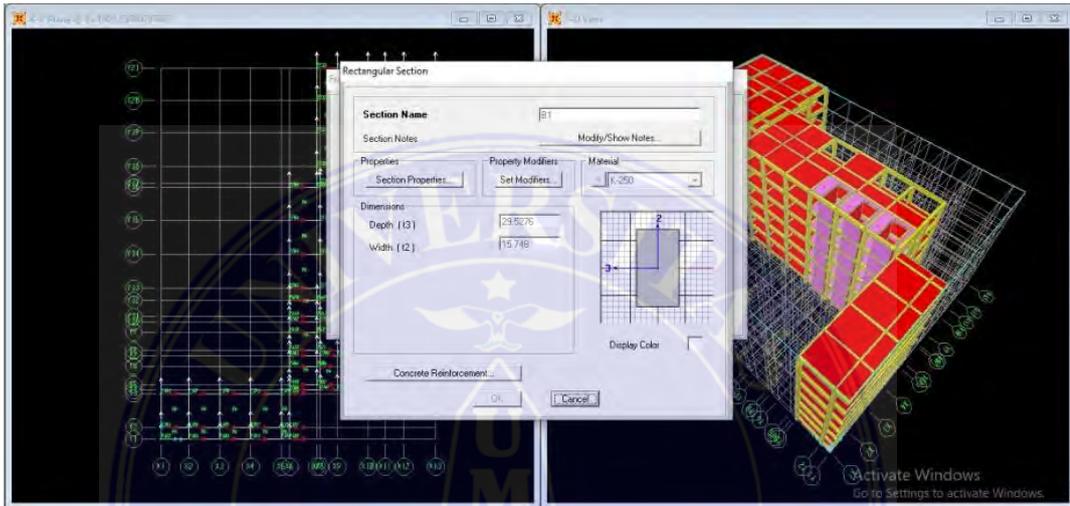
Setelah selesai membuat grid kemudian di defenisikan jenis material yang digunakan sesuai pada Gambar 13.



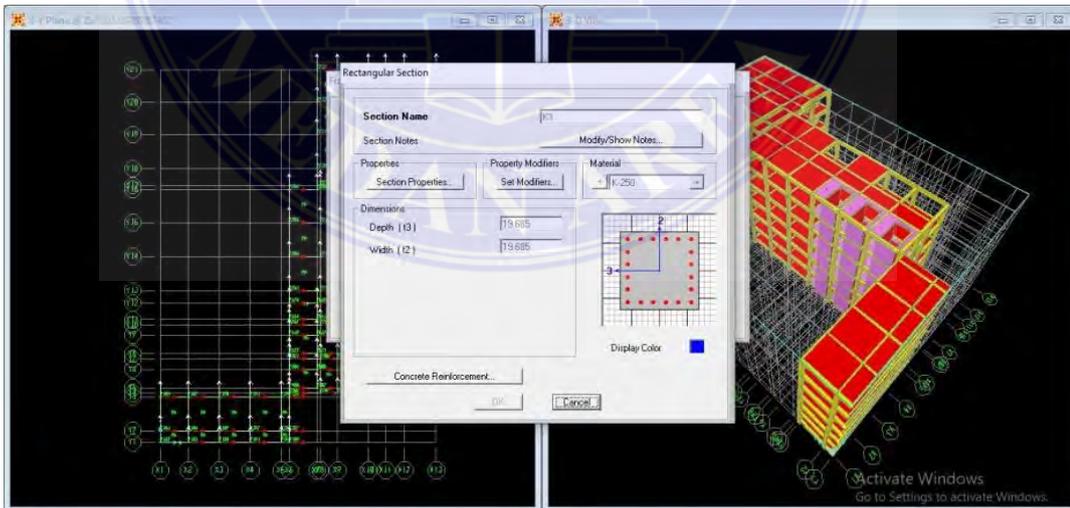
Gambar 13. Pendefinisian material (ETABS v18)

c. Pendefinisian *frame* dan *shell*

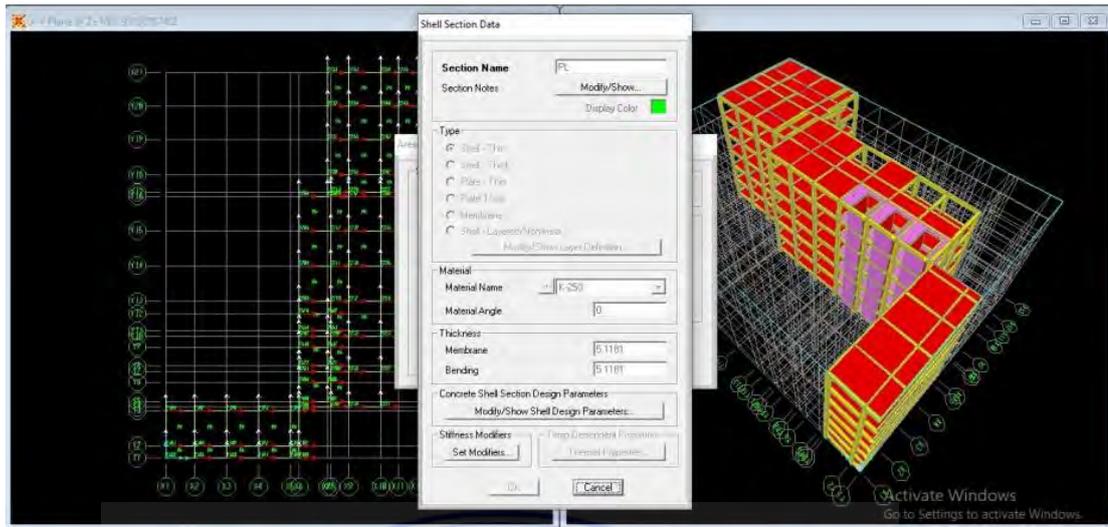
Pada Gambar 14, Gambar 15, dan Gambar 16 dapat dilihat pendefinisian ukuran dimensi balok, kolom dan pelat (pelat dak & pelat lantai ) serta dinding geser.



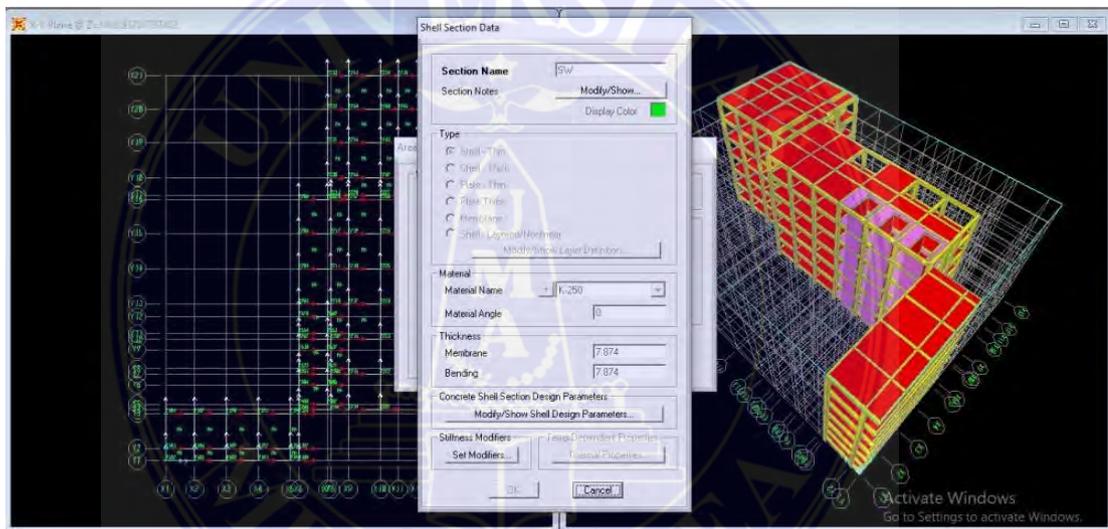
Gambar 14. Pendefinisian balok (SAP 2000)



Gambar 15. Pendefinisian kolom (SAP 2000)



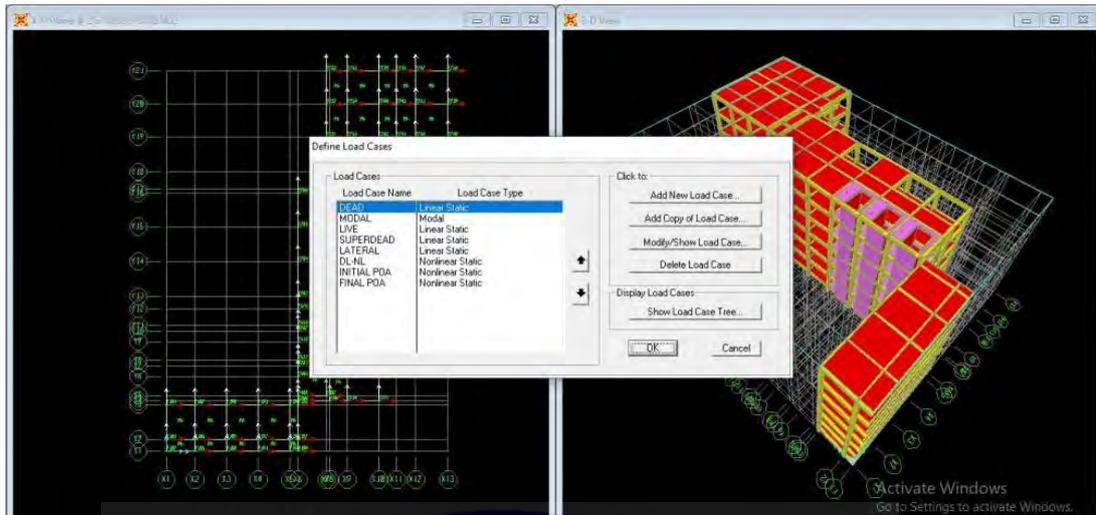
Gambar 16. Pendefinisian pelat lantai (SAP 2000)



Gambar 17. Pendefinisian dinding geser (SAP 2000)

- d. Pengimputan beban hidup (QLL) dan beban mati tambahan (QDL)

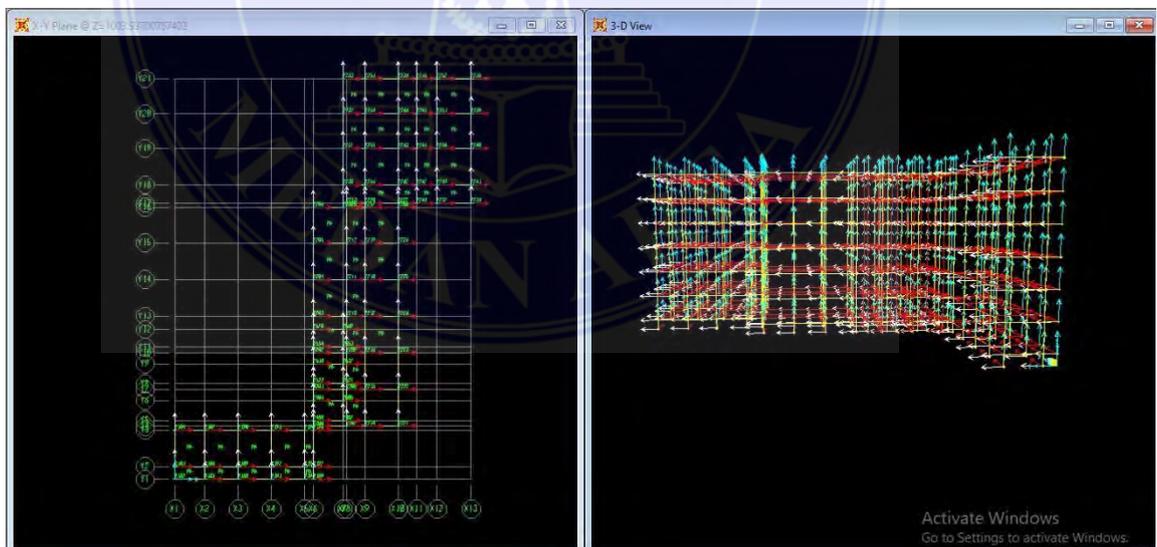
Langkah ini dilakukan dengan memasukkan nilai beban hidup dan beban mati tambahan yang telah dihitung sebelumnya.



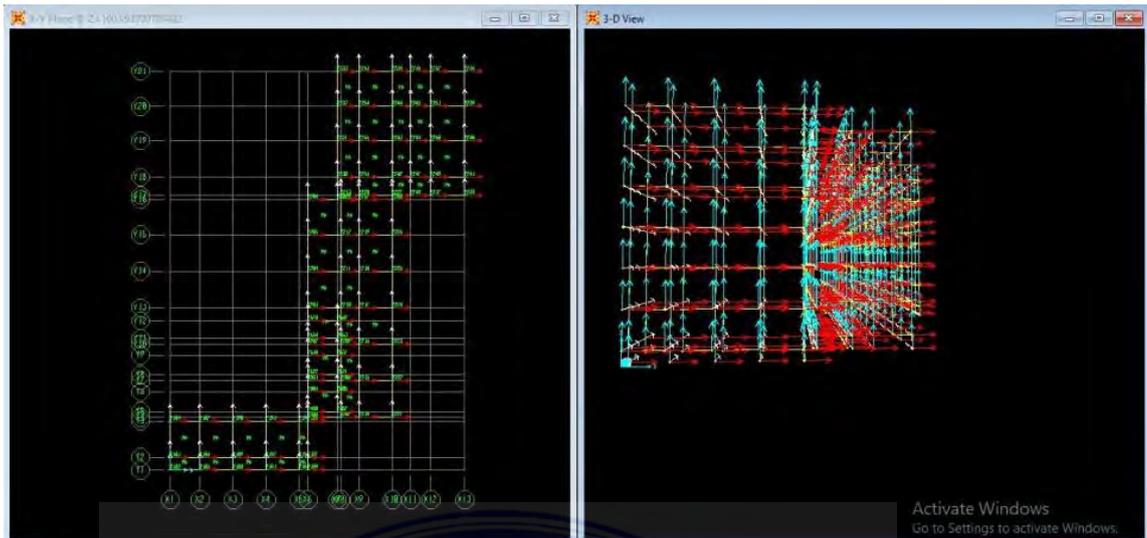
Gambar 18. Input beban hidup dan beban mati tambahan (SAP 2000)

e. Pengimputan beban lateral pada joint

Penginputan nilai beban lateral ini dilakukan dari dua arah yaitu arah-X dan arah-Y yang dimana nilainya diperoleh dari perhitungan pada Sub-Bab 3.9, beban lateral yang dimasukkan dapat dilihat pada Gambar 19 dan Gambar 20.



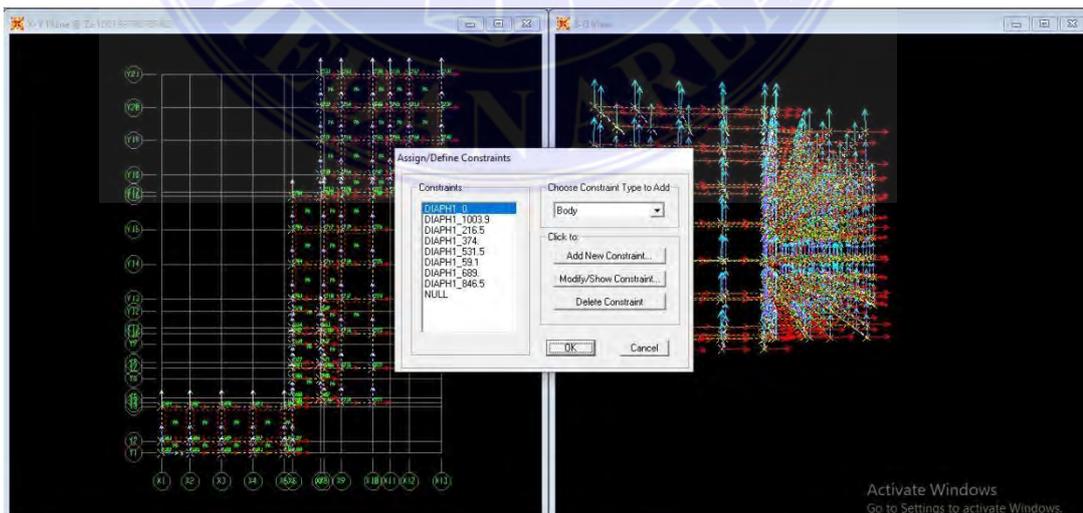
Gambar 19. Input beban lateral arah X (SAP 2000)



Gambar 20. Input beban lateral arah Y (ETABS v18)

f. Membuat diafragma struktur.

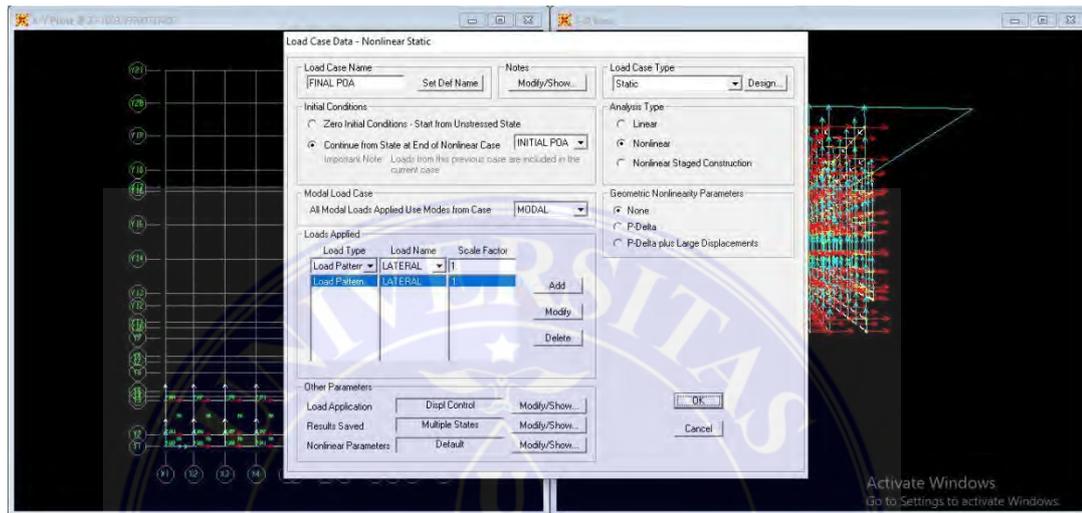
Bangunan ini memiliki 4 diafragma sesuai dengan jumlah lantai dan atapnya. Dengan memilih setiap joint pada setiap lantai untuk menghubungkan antara balok, kolom, pelat, dinding geser dan bresing, sehingga akan membentuk hasil diafragma seperti yang ditampilkan pada Gambar 26.



Gambar 21. Input diafragma pada joint (SAP 2000)

g. Memasukan *nonlinier pushover case*

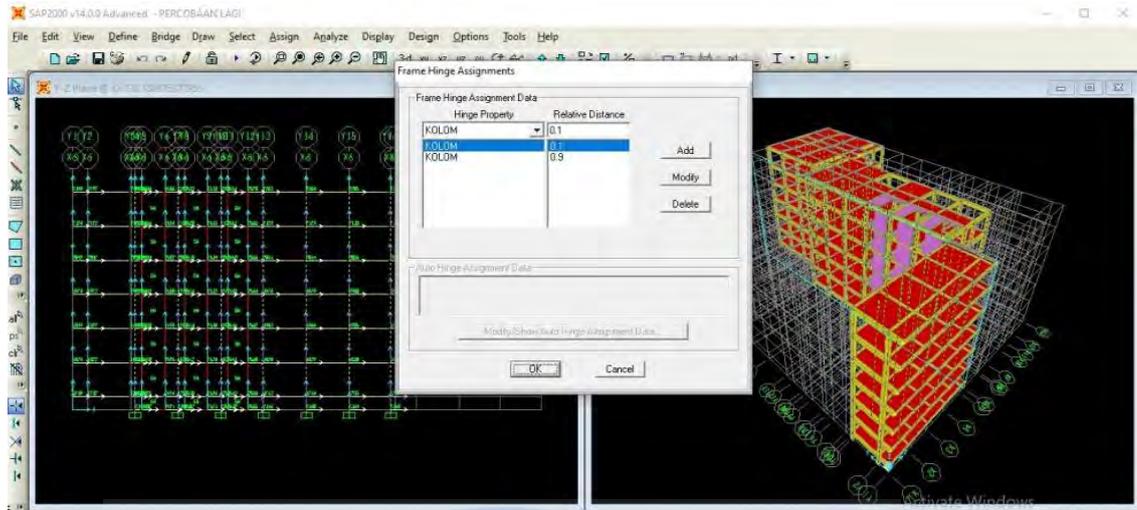
Pada penelitian ini titik displacement yang diamati program SAP 2000 adalah pada dinding lift . Nilai *nonlinier pushover case* dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Input *nonlinier pushover case* (SAP 2000)

h. Memodelkan *hinges* (sendi plastis)

Pada analisis Pushover, hal yang perlu diperhatikan adalah sambungan plastis pada bagian struktur yang akan dibuat. Sendi plastis dibuat sesuai dengan perilaku komponen struktur. Dalam hal ini, komponen struktur akan berperilaku seperti yang di modelkan pada Gambar 23.



Gambar 23. Memodelkan hinges pada kolom (SAP 2000)

i. Running program

Analisis program dijalankan secara default dengan total steps 200 dan null steps 50. Proses ini akan memakan waktu 85 menit.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa perilaku struktur bangunan bersifat non-linier, dimana respons struktur tidak bersifat proporsional terhadap beban yang diberikan. Analisis pushover digunakan untuk menentukan bagian mana yang kritis dan untuk memperkirakan gaya dan deformasi maksimum dari deformasi. bagian yang kritis. Meskipun prosedurnya sederhana, metode ini memberikan informasi yang sangat berharga karena dapat menggambarkan reaksi inelastis bangunan ketika mengalami gempa. Walaupun analisis ini bukan metode yang paling efektif untuk mendapatkan jawaban terhadap masalah - masalah analisis dan desain, metode ini cukup sederhana untuk mendapatkan respon nonlinier suatu struktur. Berikut ini lampiran kesimpulan hasil penelitian ini :

1. Pada bangunan yang menggunakan struktur dinding geser pada arah X nilai displacement maksimum sebesar 66,84 mm dicapai dengan *base shear* sebesar 8512,779 kN, Sementara pada arah Y *total displacement* nya adalah sebesar 166 mm dengan base shear sebesar 13228,6939 kN. Hasil analisis menunjukkan level kinerja struktur berdasarkan ATC-40 dengan nilai *drift* pada atap bangunan dinding geser adalah 0,009867 pada arah X dan 0,005943 pada arah Y, keduanya masuk pada level kinerja IO (*Immidiata Occupancy*). Berdasarkan FEMA 440 hasil analisis menunjukkan nilai *drift ratio* pada atap bangunan dinding geser adalah 0,986700 % pada arah X

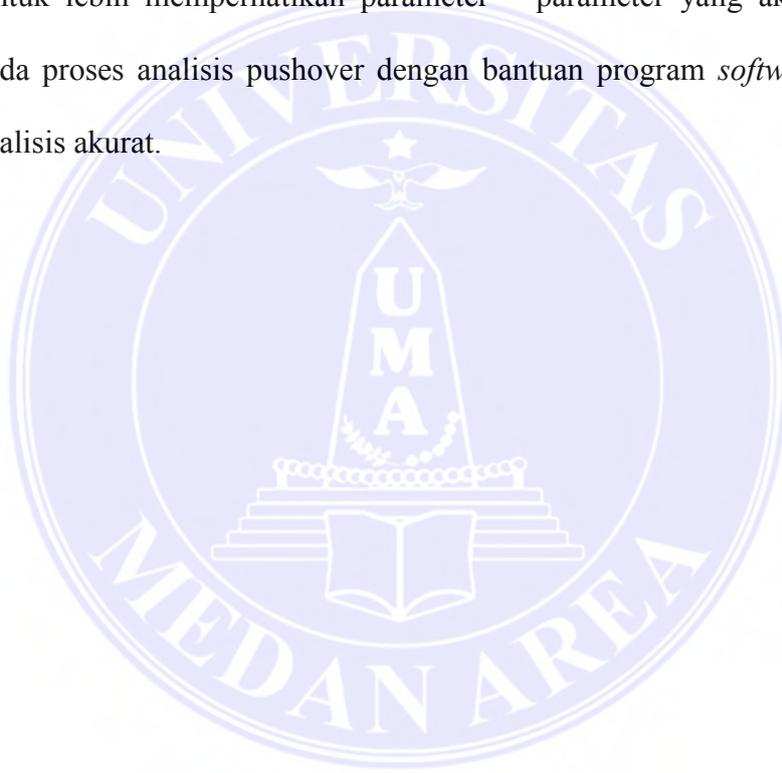
dengan level kinerja LS (*Life safety*) dan 0,594300 % pada arah Y dengan level kinerja IO (*Immidiata Occupancy*)

2. Pada bangunan yang tidak menggunakan struktur dinding geser pada arah X *total displacement* sebesar 119,191 mm dengan *base shear* sebesar 9773,2007 kN, Sementara pada arah Y *total displacement* adalah sebesar 173 mm dengan *base shear* sebesar 8210,5339 kN. sedangkan nilai *drift* pada atap bangunan tanpa dinding geser adalah 0,013324 pada arah X dengan level kinerja DC (*Damage Control*). berdasarkan ATC-40 nilai *drift* pada bangunan tanpa dinding geser arah Y adalah 0,005 dengan level kinerja IO (*Immidiata Occupancy*). Berdasarkan FEMA 440 hasil analisis menunjukkan nilai *drift ratio* pada atap bangunan tanpa dinding geser pada arah X adalah 1,332400 % dengan level kinerja (*Life safety*) dan 0,486900 % pada arah Y dengan level kinerja IO (*Immidiata Occupancy*).
3. Dari hasil Analisis pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada Rumah Sakit Madani Medan struktur dinding geser lebih unggul dibandingkan dengan tanpa dinding geser.

## 5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat evaluasi struktur dapat dilanjutkan menggunakan analisa *time history*.
2. Agar mendapatkan hasil analisis yang baik, sebelum menjalankan running null steps dan total steps pada *nonlinier parameters* ditingkatkan nilai nya.
3. Untuk lebih memperhatikan parameter – parameter yang akan digunakan pada proses analisis pushover dengan bantuan program *software* agar hasil analisis akurat.



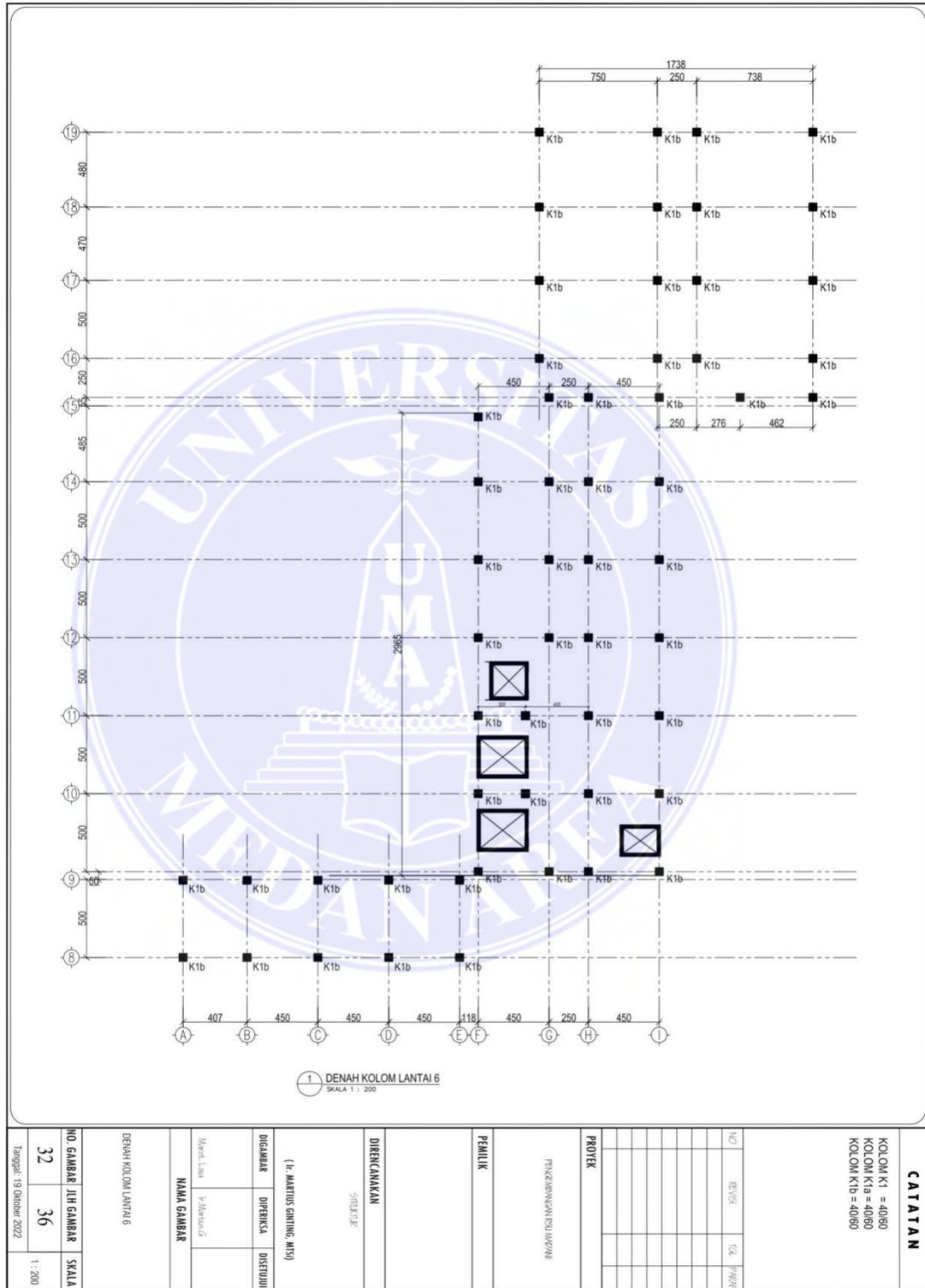
## DAFTAR PUSTAKA

- Aryandi, D., & Herbudiman, B., (2017). Kajian Pemakaian Shear Wall dan Bracing pada Gedung Bertingkat. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/1182>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Sni 1726-2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. Jakarta: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Sni 2874-2019. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. Jakarta: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). Sni 1727-2020. Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Jakarta: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah.
- Hijriah, A.S. Ardi (2023). Dinamika dan Struktur Tahan Gempa. Makasar: Tohar Media Indonesia.
- Hutahaean, S.G., & Aswandy (2016). Kajian Pemakaian Shear Wall dan Bracing pada Gedung Bertingkat. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/1148>
- Indrastanto, Pradana, A.A., (2020) Studi Komparatif Struktur Beton Bertulang Menggunakan Bresing V Dan Inverted V Dengan Variasi Penempatan Bresing. S1 thesis, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. <https://e-journal.uajy.ac.id/28215/>
- Maulidin, D.J., & Suharyatmo, (2018). Analisis Pengaruh Penggunaan Bresing Tipe X 1-Story Dan Tipe X 2-Story Terhadap Stabilitas Struktur Pada Bangunan Baja Bertingkat Banyak. S1 thesis, Universitas Islam Indonesia. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/11291>
- Riadi, Muchlisin. (2014, 23 April). Sistem Ganda Beton Bertulang (Dual System). Diakses pada 20 Februari 2023, dari <https://www.kajianpustaka.com/2014/04/sistem-ganda-beton-bertulang-dual-system.html>
- Syarif, Nawar. (2011, 10 Agustus). Berkenalan Dengan SRPM (Sistem Rangka Pemikul Momen). Diakses pada 20 Februari 2023, dari <https://nawarsyarif.blogspot.com/2011/10/berkenalan-dengan-srpm-sistem-rangka.html>

- Titono, M., (2010). Analisa Ketahanan Gempa Dalam Rangka Konservasi Bangunan Bersejarah, Studi Kasus: Gedung X. S1 Thesis, Universitas Indonesia <https://lib.ui.ac.id/m/detail.jsp?id=20298114&lokasi=lokal>
- Trimurtiningrum, R., Andaryati, Sarya, G., Hartatik, N., Rizky, F. G. R., Febrianno & Fitriyati, E. (2022). Analisis Kinerja Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Penahan Beban Lateral Dinding Geser Dan Terhadap Beban Gempa. <https://journal.uwks.ac.id/index.php/axial/article/view/2171>
- Zuher, M. Hasbi, (2023). Analisis Kurva Fragilitas Pada Struktur Bangunan 12 Lantai Dengan Metode Pushover. Master thesis, Universitas Andalas. <http://scholar.unand.ac.id/206438/>

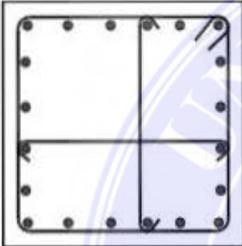
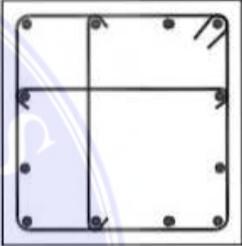


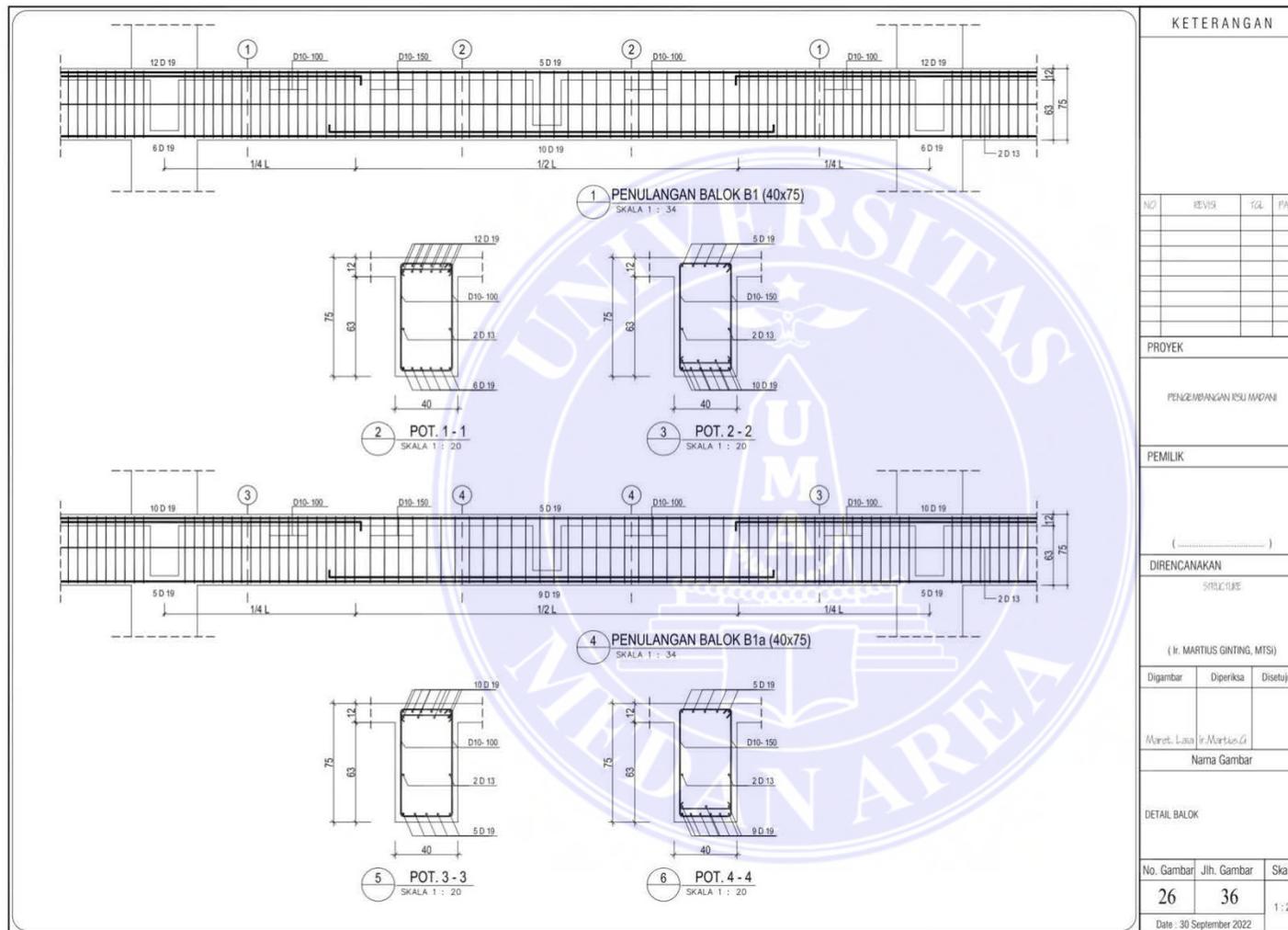
## LAMPIRAN







	KOLOM K1 (50X50)	KOLOM K1a (50X50)	KOLOM K1b (50X50)
POTONGAN			
TULANGAN	20 D 19	16 D 19	12 D 19
BEUGEL	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100



KETERANGAN			
NO	REVISI	TGL	PW/PF
PROYEK			
PENGEMBANGAN RSU IMPANI			
PEMILIK			
(.....)			
DIRENCANAKAN			
STRUCTURE			
( Ir. MARTIUS GINTING, MTSi)			
Digambar	Diperiksa	Disetujui	
Martius Lata Ir. Martius G			
Nama Gambar			
DETAIL BALOK			
No. Gambar	Jln. Gambar	Skala	
26	36	1 : 20	
Date : 30 September 2022			