

**PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR RSU MADANI ANTARA
KONDISI DENGAN *SHEAR WALL (EXISTING)* DAN TANPA
SHEAR WALL MENGGUNAKAN ANALISIS *PUSHOVER***

SKRIPSI

OLEH:

**M. ILHAM HABIB HARAHAHAP
228110010**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

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 10/8/26

Access From (repository.uma.ac.id)10/8/26

**PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR RSU MADANI ANTARA
KONDISI DENGAN *SHEAR WALL (EXISTING)* DAN TANPA
SHEAR WALL MENGGUNAKAN ANALISIS *PUSHOVER***

SKRIPSI

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



Oleh:

**M. ILHAM HABIB HARAHAHAP
228110010**

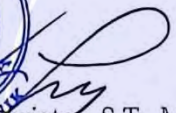
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

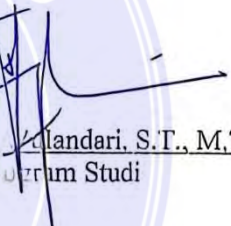
HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Perbandingan Kinerja Struktur Rsu Madani Antara Kondisi Dengan *Shear Wall (Existing)* Dan Tanpa *Shear Wall* Menggunakan Analisis *Pushover*
Nama : M. Ilham Habib Harahap
NPM : 228110010
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T
Pembimbing

 
Priatno, S.T., M.T.
Dekan

 
Yulandari, S.T., M.T
Ketua Program Studi

Tanggal Lulus : 12 Maret 2026

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.



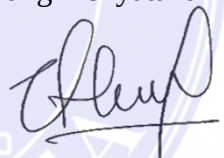
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : M. Ilham Habib Harahap
NPM : 228110010
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Perbandingan Kinerja Struktur Rsu Madani Antara Kondisi Dengan *Shear Wall (Existing)* Dan Tanpa *Shear Wall* Menggunakan Analisis *Pushover*. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/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 : 12 Maret 2026
Yang menyatakan



(M. Ilham Habib Harahap)

RIWAYAT HIDUP

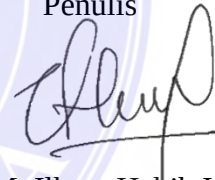
Penulis dilahirkan di Medan Pada tanggal 30 Agustus 2004 dari Ayah Ali Wardana Harahap, S.E. dan Ibu Lili Martina S.Ag., S.Pdi Penulis merupakan putra ke 2 dari 3 bersaudara. Tahun 2022 Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Sunggal dan pada tahun 2022 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2025 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Pengembangan Rumah Sakit Madani Jalan A.R. Hakim No. 168 Medan.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Perbandingan Kinerja Struktur Bangunan dengan Analisis Pushover dengan judul Perbandingan Kinerja Struktur Rsu Madani Antara Kondisi Dengan *Shear Wall (Existing)* Dan Tanpa *Shear Wall* Menggunakan Analisis *Pushover*. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., 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 Kontruksi yang memberikan data penelitian yang berharga selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah Ali Wardana Harahap, S.E, dan Ibu Lili Martina, S.Ag., S.Pdi serta Abang dan Adik, M. Arif Pradana Harahap dan Hanny Adelina Harahap juga seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis ungkapkan terima kasih kepada sahabat-sahabat dan juga pasangan atas bantuan, dukungan yang menjadi sumber kekuatan bagi penulis. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, krtitik 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



(M. Ilham Habib Harahap)

ABSTRAK

Indonesia merupakan wilayah dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi sehingga bangunan gedung, khususnya bangunan vital seperti rumah sakit, harus memiliki kinerja struktur yang memadai terhadap beban gempa. Salah satu elemen struktur yang berperan penting dalam meningkatkan ketahanan gempa adalah dinding geser (*shear wall*). Penelitian ini menggunakan metode analisis pushover untuk membandingkan kinerja struktur Gedung RSUD Madani di Medan antara kondisi eksisting yang menggunakan *shear wall* dan kondisi tanpa *shear wall* dengan bantuan perangkat lunak ETABS. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada bangunan dengan *shear wall*, nilai *displacement* maksimum pada arah X sebesar 97,484 mm dengan base shear sebesar 19.768,6296 kN, sedangkan pada arah Y *displacement* maksimum sebesar 210,834 mm dengan *base shear* sebesar 11.260,0992 kN. Nilai *drift* atap berdasarkan ATC-40 masing-masing sebesar 0,00538 pada arah X dan 0,000199 pada arah Y, yang termasuk dalam level kinerja *Immediate Occupancy*. Berdasarkan FEMA 440, nilai *drift ratio* atap bangunan dengan *shear wall* adalah 0,0591% pada arah X dan 0,0230% pada arah Y, yang juga berada pada level kinerja *Immediate Occupancy*. Sedangkan bangunan tanpa *shear wall*, *displacement* maksimum pada arah X sebesar 210,834 mm dengan *base shear* sebesar 11.260,099 kN, sedangkan pada arah Y sebesar 205,719 mm dengan *base shear* sebesar 10.530,5803 kN. Nilai *drift* atap berdasarkan ATC-40 masing-masing sebesar 0,00294 pada arah X dan 0,000236 pada arah Y dengan level kinerja *Immediate Occupancy*. Berdasarkan FEMA 440, nilai *drift ratio* atap sebesar 0,0567% pada arah X dan 0,0654% pada arah Y, yang juga berada pada level kinerja *Immediate Occupancy*. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa struktur bangunan dengan dinding geser memiliki kinerja seismik yang lebih baik dibandingkan bangunan tanpa dinding geser.

Kata Kunci: Dinding Geser, Metode *Pushover*, ATC-40, FEMA 440

ABSTRACT

Indonesia is a region with a high level of seismic activity; therefore, building structures, particularly vital facilities such as hospitals, must possess adequate structural performance against earthquake loads. One of the structural elements that plays an important role in improving seismic resistance is the shear wall. This study applies the pushover analysis method to compare the structural performance of the RSU Madani Hospital Building in Medan between the existing condition with shear walls and a condition without shear walls, using ETABS software. The analysis results indicate that for the building with shear walls, the maximum displacement in the X-direction is 97.484 mm with a base shear of 19,768.6296 kN, while in the Y-direction the maximum displacement is 210.834 mm with a base shear of 11,260.0992 kN. The roof drift values based on ATC-40 are 0.00538 in the X-direction and 0.000199 in the Y-direction, which fall within the Immediate Occupancy performance level. Based on FEMA 440, the roof drift ratios of the building with shear walls are 0.0591% in the X-direction and 0.0230% in the Y-direction, also categorized as Immediate Occupancy. Meanwhile, for the building without shear walls, the maximum displacement in the X-direction is 210.834 mm with a base shear of 11,260.099 kN, while in the Y-direction it is 205.719 mm with a base shear of 10,530.5803 kN. The roof drift values based on ATC-40 are 0.00294 in the X-direction and 0.000236 in the Y-direction, corresponding to the Immediate Occupancy performance level. According to FEMA 440, the roof drift ratios are 0.0567% in the X-direction and 0.0654% in the Y-direction, which are also within the Immediate Occupancy level. Based on these results, it can be concluded that building structures with shear walls exhibit better seismic performance than buildings without shear walls.

Keywords: Shear Wall, Pushover Analysis, ATC-40, FEMA 440

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGHANTAR	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 7
2.1 Peneliti Terdahulu	7
2.2 Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu	11
2.3 Struktur Bangunan	13
2.3.1 Sistem Struktur Pada Bangunan Gedung	14
2.4 Beban Gravitasi pada Struktur	16
2.4.1 Beban Mati	16
2.4.2 Beban Hidup.....	17
2.5 Beban Gempa Pada Struktur	18
2.5.1 Menentukan Kategori Resiko Bangunan.....	18
2.5.2 Spektrum Respon Desain	20
2.5.3 Kategori Desain Seismik	24
2.5.4 Geser Dasar Seismik	25
2.6 Analisa Statik Nonlinier (<i>Pushover</i>)	29
2.6.1 Tahapan Utama Analisa Statik Nonlinier.....	31
2.6.2 Waktu Gelar Alami Efektif	32
2.6.3 Target Perpindahan	33
2.7 Perilaku Struktur terhadap Gaya Gempa.....	37
2.8 <i>Shear Wall</i>	38
2.8.1 Fungsi dan Peran <i>Shear Wall</i>	40
2.8.2 Jenis-jenis <i>Shear Wall</i>	40
2.8.3 Penempatan dan Efektivitas <i>Shear Wall</i>	43

2.9	Analisis Pushover.....	44
2.9.1	Tujuan dan Manfaat Analisis <i>Pushover</i>	45
2.9.2	Tahapan Umum Pelaksanaan Analisis <i>Pushover</i> ...	46
2.9.3	Parameter dan Interpretasi Hasil	47
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	50
3.1	Metode Penelitian.....	50
3.2	Lokasi Dan Waktu Penelitian	51
3.2.1	Lokasi Penelitian	51
3.2.2	Waktu Penelitian	51
3.3	Pengumpulan Data	52
3.4	Pendekatan Penelitian	53
3.5	Data Struktur Bangunan.....	53
3.6	Tahapan Analisis.....	54
3.7	Langkah Pemodelan Struktur.....	55
3.8	Kerangka Berpikir.....	76
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	78
4.1	Pembebanan Pada Struktur	78
4.1.1	Beban Hidup.....	78
4.1.2	Beban Mati	78
4.1.3	Beban Mati Tambahan (SIDL).....	80
4.1.4	Koefisien Respon Seismik	81
4.1.5	Gaya Geser Dasar.....	83
4.2	Kurva Kapasitas	84
4.2.1	Kurva Kapasitas Arah X	84
4.2.2	Kurva Kapasitas Arah Y	86
4.3	Tahapan Terbentuknya Sendi Plastis	88
4.3.1	Sendi Plastis Arah X	88
4.3.2	Sendi Plastis Arah Y	90
4.4	Simpangan Antar Tingkat	92
4.5	Level Kinerja Struktur.....	94
4.5.1.	Level Kinerja Strukturatc-40.....	94
4.5.2	Level Kinerja Struktur FEMA 440.....	95
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	97
5.1	Kesimpulan	97
5.2.	Saran.....	98
	DAFTAR PUSTAKA	xv
	LAMPIRAN	

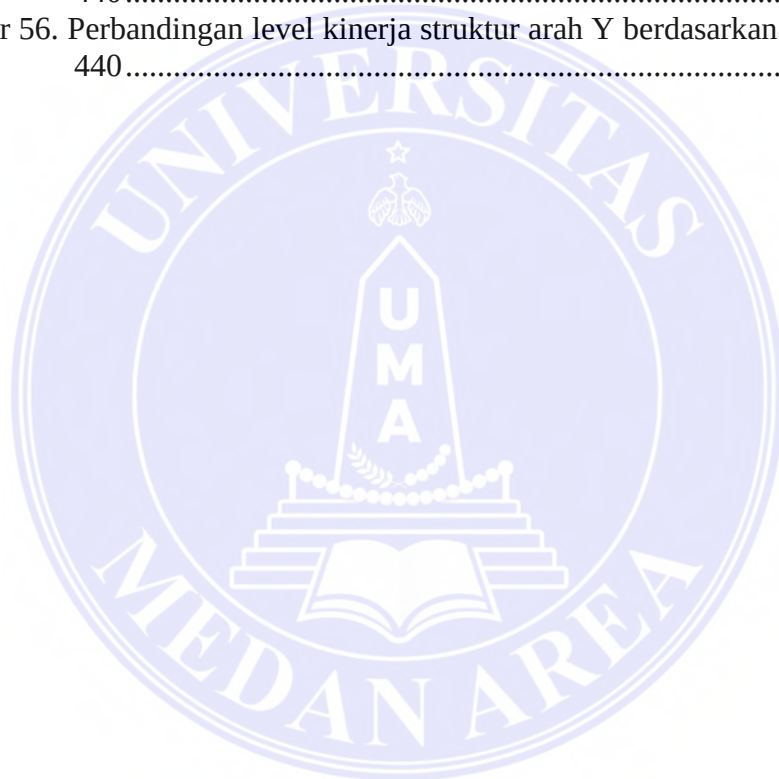
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu	12
Table 2 Berat Sendiri Bahan Bangunan	16
Table 3 Beban Hidup Pada Bangunan Rumah Sakit.....	17
Table 4 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Nongedung	19
Table 5 Faktor Keutamaan Gempa	20
Table 6 Koefesien Situs, F_a	22
Table 7 Koefesien Situs, F_v	22
Table 8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	25
Table 9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	25
Table 10 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	27
Table 11 Beban Hidup (QLL)	78
Table 12 Berat Sendiri Bahan Bangunan	79
Table 13 Perhitungan Beban Mati (QDL) Pelat Lt.1-6.....	80
Table 14 Perhitungan Beban Mati (QDL) Pelat Lt.7-8 (Atap)	80
Table 15 Perhitungan Beban Mati (QDL) Shear Wall	80
Table 16 Perhitungan Beban Mati Tambahan Lt.1-6.....	81
Table 17 Perhitungan Beban Mati Tambahan Lt. Atap	81
Table 18 Perhitungan Beban Mati Tambahan Lt. Atap Lift	81
Table 19 <i>Base Shear</i> <i>vc Monitored Displacement</i> POA X dengan <i>Shear Wall</i>	85
Table 20 <i>Base Shear</i> <i>vc Monitored Displacement</i> POA X Tanpa <i>Shear Wall</i>	85
Table 21 <i>Base Shear</i> <i>vc Monitored Displacement</i> POA Y dengan <i>Shear Wall</i>	87
Table 22 <i>Base Shear</i> <i>vc Monitored Displacement</i> POA Y dengan <i>Shear Wall</i>	87
Table 23 <i>Story displacement</i>	92
Table 24 <i>Story drift</i>	94
Table 25 <i>Story drift ratio</i>	96

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Sistem struktur pada bangunan	15
Gambar 2. Parameter gerak tanah Ss	20
Gambar 3. Parameter gerak tanah S1	21
Gambar 4. Spektrum respons desain	24
Gambar 5. Respon Struktur Akibat Gempa	30
Gambar 6. Parameter Waktu Getar Fundamental Efektif dari Kurva Pushover	32
Gambar 7. Jenis-jenis shear wall	42
Gambar 8. Penempatan shear wall dalam bangunan	44
Gambar 9. Kurva kapasitas hasil analisis pushover	49
Gambar 10. Lokasi Proyek	51
Gambar 11. Tampilan <i>Model Initialization Box</i>	56
Gambar 12. Tampilan Input Pada <i>Quick Templates</i>	56
Gambar 13. Tampilan Input <i>Grid System Data</i>	56
Gambar 14. Tampilan Input <i>Story Data</i>	57
Gambar 15. Tampilan <i>Add Material Property Rebar</i>	58
Gambar 16. Tampilan <i>Add Material Property Concrete</i>	58
Gambar 17. Tampilan Input Untuk Penampang Balok	59
Gambar 18. <i>Reinforcement Data</i> Untuk Penampang Balok	60
Gambar 19. Tampilan Input Untuk Penampang Kolom	60
Gambar 20. <i>Reinforcement Data</i> Untuk Penampang Kolom	61
Gambar 21. Tampilan Input Penampang Pelat	61
Gambar 22. <i>Property Of Object</i> untuk Kolom	62
Gambar 23. Penggambaran Elemen Kolom	63
Gambar 24. <i>Property Of Object</i> Untuk Balok	63
Gambar 25. 3D View dan Plan View Untuk Balok	64
Gambar 26. <i>Property Of Object</i> Untuk Pelat	64
Gambar 27. Penggambaran Elemen Pelat	65
Gambar 28. <i>Joint Assignment</i>	65
Gambar 29. <i>Define Static Load Pattern</i>	66
Gambar 30. Input Beban Mati Pada Balok	66
Gambar 31. Input Beban Hidup Pada Balok	67
Gambar 32. Input Beban Mati Tambahan Pada Balok	67
Gambar 33. Input Beban Mati Pada Pelat	68
Gambar 34. Input Beban Hidup Pada Pelat	68
Gambar 35. <i>Hinges Property</i> Balok	69
Gambar 36. <i>Hinges Property</i> Kolom	69
Gambar 37. Pendefinisian <i>Hinges</i> Kolom dan Balok	70
Gambar 38. <i>Diaphragms</i>	70
Gambar 39. Input <i>Diaphragms</i>	71
Gambar 40. <i>Define Load Pattern Lateral X dan Y</i>	72
Gambar 41. Input <i>Lateral Load Arah-X</i>	73
Gambar 42. Input <i>Lateral Load Arah-Y</i>	74
Gambar 43. <i>Define Static Load Cases</i>	74
Gambar 44. Setting <i>Final Pushover Arah-X</i>	75

Gambar 45. Setting <i>Final Pushover</i> Arah-Y	75
Gambar 46. Kerangka Berpikir	77
Gambar 47. <i>Pushover Curve</i> Arah X dengan <i>Shear Wall</i>	86
Gambar 48. <i>Pushover Curve</i> Arah X Tanpa <i>Shear Wall</i>	86
Gambar 49. <i>Pushover Curve</i> Arah X dengan <i>Shear Wall</i>	88
Gambar 50. <i>Pushover Curve</i> Arah X Tanpa <i>Shear Wall</i>	88
Gambar 51. Grafik perbandingan <i>story displacement</i> arah X	93
Gambar 52. Grafik perbandingan <i>story displacement</i> arah Y	93
Gambar 53. Perbandingan level kinerja struktur arah X berdasarkan ATC-40	95
Gambar 54. Perbandingan level kinerja struktur arah Y berdasarkan ATC-40.....	95
Gambar 55. Perbandingan level kinerja struktur arah X berdasarkan FEMA 440.....	96
Gambar 56. Perbandingan level kinerja struktur arah Y berdasarkan FEMA 440.....	96



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik (Syafitri et al., 2020). Aktivitas tektonik antara lempeng ini menyebabkan terbentuknya zona subduksi dan sesar aktif yang menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan tingkat risiko gempa bumi tertinggi di dunia. Berdasarkan data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), ribuan gempa terjadi setiap tahun di berbagai wilayah Indonesia, baik berskala kecil maupun besar. Salah satu wilayah yang memiliki potensi gempa cukup tinggi adalah Kota Medan, yang terletak di bagian barat Pulau Sumatera dan berdekatan dengan zona subduksi dan jalur Sesar Sumatera. Kondisi geologis ini membuat wilayah tersebut rawan mengalami guncangan gempa bumi dengan intensitas yang dapat membahayakan struktur bangunan (Alwie et al., 2020). Oleh karena itu, keberadaan bangunan-bangunan publik seperti rumah sakit harus menjadi prioritas dalam perencanaan maupun evaluasi struktur, agar dapat menjamin keselamatan dan keberlanjutan fungsi pelayanan, khususnya dalam situasi darurat akibat bencana.

Gedung rumah sakit tergolong sebagai struktur vital (*essential facility*) yang memiliki tanggung jawab besar untuk tetap beroperasi selama dan setelah terjadi bencana, termasuk gempa bumi. Oleh karena itu, dalam perencanaannya, bangunan rumah sakit bertingkat harus dirancang tidak hanya untuk mampu menahan beban vertikal akibat gravitasi, tetapi juga memiliki ketahanan serta kekakuan yang memadai terhadap beban lateral akibat aktivitas seismic. Salah satu elemen

struktural yang umum digunakan untuk meningkatkan kinerja bangunan terhadap gaya lateral adalah *shear wall* atau dinding geser. Dinding geser berfungsi sebagai komponen struktural yang menyerap dan menyalurkan gaya gempa secara efisien ke elemen fondasi, sekaligus membatasi simpangan lateral agar tidak melebihi batas toleransi. Dalam praktiknya, elemen vertikal seperti dinding inti lift sering dimanfaatkan sebagai *shear wall* karena posisinya yang strategis di tengah bangunan, ditambah dengan dimensi dan tulangan yang memadai, sehingga mampu berfungsi efektif dalam menahan beban lateral (Nathasya, 2024). Di Indonesia, banyak rumah sakit bertingkat telah menerapkan sistem ini sebagai upaya mitigasi risiko gempa, termasuk RSUD Madani di Kota Medan yang dalam kondisi eksistingnya telah menggunakan sistem struktur dengan *shear wall* untuk meningkatkan performa seismik bangunan.

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengevaluasi secara komprehensif kontribusi elemen *shear wall* dalam meningkatkan performa seismik struktur gedung RSUD Madani. Dengan membandingkan dua kondisi struktural, yaitu kondisi eksisting yang menerapkan *shear wall* dan kondisi alternatif yang tidak menggunakannya, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana keberadaan dinding geser memengaruhi kemampuan struktur dalam menahan beban gempa (Alwie et al., 2020). Analisis dilakukan dengan menggunakan metode statik nonlinier atau *pushover analysis*, yang dikenal mampu menggambarkan perilaku struktur pasca-elastis dan menunjukkan titik leleh serta kapasitas ultimit secara lebih akurat dibandingkan metode linier. Melalui pendekatan ini, pemodelan struktur tidak hanya merepresentasikan distribusi beban lateral, tetapi juga mengungkap mekanisme keruntuhan serta kontribusi elemen struktural secara

individu dalam merespons beban gempa secara bertahap. Dengan demikian, hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran nyata mengenai peran strategis *shear wall* dalam menjaga stabilitas dan integritas bangunan ketika terjadi gempa.

Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada pendekatan yang digunakan, di mana fokus kajian bukan pada penambahan elemen perkuatan seperti yang umum dilakukan dalam studi retrofit, melainkan pada penghilangan elemen *shear wall* dari struktur eksisting untuk menilai sejauh mana perannya dalam mendukung kinerja bangunan secara keseluruhan. Pendekatan ini memberikan sudut pandang yang berbeda dan memungkinkan evaluasi lebih objektif terhadap kontribusi *shear wall* dalam menghadapi beban gempa. Selain itu, studi yang secara langsung membandingkan kinerja struktur rumah sakit antara kondisi dengan dan tanpa *shear wall* melalui analisis pushover masih sangat terbatas, khususnya pada bangunan rumah sakit yang berada di wilayah rawan gempa seperti Kota Medan (Bima Setyadi M, 2023). Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menawarkan perspektif baru, tetapi juga diharapkan dapat memperkaya literatur teknik sipil serta menjadi acuan praktis dalam pengambilan keputusan terkait evaluasi dan perkuatan bangunan vital.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan rumah sakit bertingkat yang berada di wilayah rawan gempa, keberadaan elemen *shear wall* memegang peran penting dalam meningkatkan kapasitas lateral dan mengendalikan simpangan bangunan. RSU Madani sebagai bangunan eksisting telah menerapkan sistem struktur dengan *shear wall* sebagai bagian dari strategi ketahanan gempa. Namun, sejauh mana kontribusi nyata dari *shear wall* terhadap kinerja seismik bangunan

tersebut masih perlu dikaji lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini merumuskan permasalahan utama berupa bagaimana perbandingan kinerja struktur RSU Madani antara kondisi dengan *shear wall (existing)* dan *tanpa shear wall* jika dianalisis menggunakan metode *pushover*, untuk mengetahui pengaruh langsung elemen tersebut terhadap kapasitas dan perilaku plastis struktur.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini bermaksud untuk menganalisis dan membandingkan kinerja struktur RSU Madani antara kondisi eksisting yang menggunakan *shear wall* dan kondisi rekayasa tanpa *shear wall* dengan menggunakan metode *pushover analysis*, guna mengetahui kontribusi elemen *shear wall* terhadap kapasitas lateral, pengendalian simpangan, serta perilaku plastis struktur akibat beban gempa.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja struktur RSU Madani antara kondisi eksisting yang menggunakan *shear wall* dan kondisi rekayasa tanpa *shear wall* dengan menggunakan metode *pushover analysis*. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang jelas mengenai sejauh mana kontribusi elemen *shear wall* terhadap kapasitas struktur dalam menahan beban lateral akibat gempa, serta bagaimana perilaku plastis dan deformasi struktur berubah ketika elemen tersebut dihilangkan dari sistem struktur utama.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka penelitian ini dibatasi pada beberapa hal sebagai berikut:

1. Objek penelitian adalah bangunan RSU Madani sebagai struktur gedung bertingkat beton bertulang yang berada di wilayah rawan gempa.

2. Analisis yang dilakukan hanya difokuskan pada kinerja struktur terhadap beban gempa, tanpa membahas aspek arsitektural, utilitas bangunan, maupun manajemen konstruksi.
3. Sistem struktur yang dianalisis terdiri dari dua model, yaitu Model eksisting dengan elemen *shear wall* dan Model rekayasa tanpa elemen *shear wall*.
4. Metode analisis yang digunakan adalah analisis pushover (nonlinear static analysis) untuk mengevaluasi kapasitas dan perilaku plastis struktur.
5. Parameter kinerja yang ditinjau meliputi *Base shear*, *Displacement* maksimum, *Drift ratio*, Pola dan distribusi sendi plastis, Level kinerja struktur (*Immediate Occupancy*, *Life Safety*, *Collapse Prevention*)
6. Material yang digunakan dalam pemodelan diasumsikan sebagai beton bertulang sesuai dengan data perencanaan yang tersedia.
7. Analisis hanya mempertimbangkan beban gempa statik ekuivalen sesuai ketentuan peraturan yang berlaku, tanpa melakukan analisis dinamik riwayat waktu (*time history*).
8. Penelitian ini tidak membahas aspek biaya, efisiensi ekonomi, maupun desain ulang detail penulangan akibat penghilangan *shear wall*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam bidang rekayasa struktur, khususnya dalam konteks perencanaan dan evaluasi kinerja bangunan penting seperti rumah sakit terhadap beban gempa. Dengan membandingkan struktur bangunan bertingkat yang menggunakan *shear wall* dan yang tidak, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi para insinyur struktur,

perencana bangunan, maupun pemangku kebijakan dalam mengambil keputusan terkait desain elemen penahan beban lateral. Selain itu, penelitian ini juga memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai dampak penghilangan *shear wall* terhadap respons seismik bangunan, sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam proses retrofit atau perancangan ulang struktur eksisting di wilayah rawan gempa. Di sisi akademis, penelitian ini menambah literatur dan data empiris mengenai penerapan *pushover analysis* pada bangunan fasilitas vital di Indonesia, khususnya rumah sakit di Kota Medan, yang selama ini masih tergolong terbatas kajiannya.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peneliti Terdahulu

Penelitian-penelitian sebelumnya memiliki peran penting sebagai dasar pijakan dalam menyusun arah dan pendekatan penelitian yang sedang dilakukan. Kajian literatur ini berfokus pada penelusuran dan analisis terhadap studi-studi ilmiah terdahulu yang relevan, khususnya yang membahas evaluasi kinerja struktur bangunan bertingkat dengan dan tanpa penggunaan *shear wall*, serta pemanfaatan metode *pushover analysis* sebagai pendekatan dalam menilai kapasitas struktur terhadap beban gempa.

Mengingat penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja struktur RSU Madani antara kondisi eksisting dengan *shear wall* dan alternatif tanpa *shear wall*, maka telaah terhadap penelitian yang membahas modifikasi elemen penahan gaya lateral, strategi retrofit, dan dampaknya terhadap perilaku seismik bangunan menjadi sangat relevan. Penelitian terdahulu tersebut tidak hanya memberikan referensi metodologis, tetapi juga memperkaya pemahaman mengenai efektivitas *shear wall* dalam meningkatkan performa seismik struktur bangunan penting, seperti rumah sakit. Berikut ini penelitian yang relevan dapat dilihat dan dianalisis sebagai berikut:

1. Penelitian pertama dilakukan oleh Edgar Zulfikar Haryanto (2022) dengan judul “Analisa Perilaku Struktur Terhadap Penempatan *Shearwall* Pada *The Palace Appartement & Condotel* Yogyakarta”. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh peletakan *shear wall* terhadap performa struktur gedung bertingkat. Melalui pemodelan dengan berbagai konfigurasi penempatan

shear wall dan analisis *pushover*, ditemukan bahwa peletakan *shear wall* secara simetris dan dekat dengan pusat massa struktur dapat mengoptimalkan distribusi beban lateral serta meminimalkan torsi. Hal ini memberikan stabilitas struktural yang lebih baik selama kejadian gempa dan menekankan pentingnya strategi penempatan *shear wall* dalam perencanaan bangunan tahan gempa.

2. Penelitian kedua dilakukan oleh Hengky Crisna (20244) dengan judul “Perbandingan Performa Struktur atas dengan dan tanpa Dinding Geser”. Studi ini membandingkan performa struktur bertingkat dengan dan tanpa *shear wall* melalui dua model pemodelan dan analisis statik *non-linear* (*pushover*). Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan *shear wall* secara signifikan mengurangi deformasi dan meningkatkan kapasitas lateral. Dalam skenario gempa besar, struktur dengan *shear wall* menunjukkan stabilitas yang lebih baik dibandingkan struktur tanpa *shear wall*. Oleh karena itu, *shear wall* direkomendasikan sebagai strategi penguatan utama dalam evaluasi maupun perencanaan struktur eksisting (Hengky, 2024).
3. Penelitian Ketiga yang dilakukan oleh Wafa Fatimah Rastiadi (2019) dengan judul “*Shear Wall vs Non Shear Wall* menggunakan Analisis Pushover”. Studi ini membandingkan struktur dengan dan tanpa *shear wall* menggunakan analisis *pushover* dan evaluasi kinerja struktur berdasarkan standar ATC-40. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan *shear wall* mampu menggandakan kapasitas struktur terhadap beban lateral dan secara signifikan menurunkan simpangan lateral. Selain itu, level kinerja struktur meningkat ke tahap *Immediate Occupancy*, menegaskan

pentingnya keberadaan *shear wall* dalam struktur bangunan yang memiliki banyak lantai atau fungsi vital.

4. Penelitian Keempat dilakukan oleh Usman et al. (2021) dengan judul “Analisis Respons dan Kinerja Pushover untuk Bangunan Bertingkat”. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi respons inelastik dan level kinerja struktur eksisting melalui analisis pushover arah X dan evaluasi berdasarkan ATC-40. Hasil studi membuktikan bahwa penambahan *shear wall* mampu meredam respons dinamis bangunan terhadap gempa. Struktur menjadi lebih kaku dan stabil dengan penurunan simpangan yang signifikan. Rekomendasi dari penelitian ini adalah penggunaan *shear wall* sebagai bagian penting dalam desain ulang atau retrofit bangunan eksisting, untuk meningkatkan keselamatan penghuni dan menghindari kerusakan struktural berat saat gempa kuat.
5. Penelitian Kelima dilakukan oleh Lahita et al. (2023) dengan judul “Efek Penggunaan *Shear Wall* terhadap Perilaku dan Level Kinerja Struktur Gedung Pabrik X”. Fokus penelitian ini adalah menganalisis pengaruh penggunaan *shear wall* terhadap respons seismik struktur pabrik. Melalui analisis pushover pada model struktur dengan dan tanpa *shear wall* di ETABS, ditemukan bahwa kehadiran *shear wall* secara signifikan meningkatkan kinerja struktur. Bangunan dengan *shear wall* mampu mencapai level kinerja *Immediate Occupancy*, yang mengindikasikan struktur tetap layak digunakan setelah gempa. Hal ini menunjukkan *shear wall* tidak hanya meningkatkan kekuatan, tetapi juga menjamin kesinambungan fungsi bangunan vital pascagempa.

6. Penelitian Selanjutnya dilakukann oleh Jefri (2023) dengan judul “Pengaruh Kekuatan Struktur *Shear Wall* pada Gedung Bank BRI”. Penelitian ini fokus pada evaluasi kinerja struktur gedung eksisting (Bank BRI) yang diperkuat dengan *shear wall*. Analisis pushover digunakan untuk mengevaluasi kapasitas struktural bangunan terhadap gempa. Hasilnya menunjukkan peningkatan kapasitas lateral dan penurunan deformasi yang signifikan setelah penambahan *shear wall*. Penelitian ini menyimpulkan bahwa *shear wall* merupakan metode retrofit yang efisien untuk memperkuat bangunan eksisting, khususnya yang berlokasi di zona seismik tinggi.
7. Penelitian selanjutnya dilakukan Muzakki (2024) dengan judul “Analisis Kinerja Struktur Atas Beton Bertulang terhadap Gempa”. Dalam studi ini, respons struktur beton bertulang terhadap gempa dianalisis melalui variasi penggunaan *shear wall*. Penelitian dilakukan pada bangunan kantor enam lantai menggunakan metode *pushover analysis*. Hasil menunjukkan bahwa *shear wall* mampu meningkatkan kekakuan global struktur, mengurangi simpangan antar lantai, serta meningkatkan daktilitas. Struktur dengan *shear wall* mampu mencapai level kinerja *Immediate Occupancy*, yang membuktikan efektivitas *shear wall* dalam meningkatkan ketahanan bangunan penting terhadap gempa.
8. Penelitian yang dilakukan Gede et al. (2025) dengan judul “*Building Structure Performance Analysis With and Without Shear Walls: Using Pushover Analysis*”. Penelitian ini menganalisis performa bangunan bertingkat yang menggunakan dan tidak menggunakan *shear wall*, dengan pendekatan pushover analysis dan evaluasi terhadap simpangan, base shear,

serta level performa berdasarkan FEMA 356. Pemodelan dilakukan dengan tiga konfigurasi: tanpa *shear wall*, *shear wall* di sudut, dan di tengah. Hasil menunjukkan bahwa model tanpa *shear wall* mengalami simpangan tertinggi, sementara model dengan *shear wall* memperlihatkan peningkatan kekakuan dan penurunan simpangan signifikan. Selain itu, struktur dengan *shear wall* mencapai level *Immediate Occupancy*, dan distribusi plastisitas lebih terkendali dengan terbentuknya plastis hinge pada *shear wall* dibandingkan balok.

9. Penelitian terakhir dengan judul “Analisis Struktur Dinding Geser pada Proyek Perluasan Gedung Rumah Sakit Madani di Medan” dilakukan oleh Arif Syahdewa (2025). Melakukan penelitian terhadap kinerja struktur Gedung RSUD Madani di Medan dengan tujuan utama mengevaluasi pengaruh keberadaan dinding geser (*shear wall*) terhadap respons seismik bangunan bertingkat. Penelitian tersebut menggunakan pendekatan nonlinear pushover analysis yang dijalankan melalui perangkat lunak SAP2000, dengan acuan kurva kinerja berdasarkan standar ATC-40 dan FEMA-440.

2.2 Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu

Berdasarkan hasil telah terhadap sejumlah penelitian terdahulu, mayoritas studi yang menggunakan metode analisis *pushover* umumnya berfokus pada evaluasi kapasitas seismik struktur bangunan eksisting, identifikasi kelemahan struktur terhadap beban lateral, atau pengaruh penambahan elemen perkuatan seperti *shear wall* sebagai bagian dari strategi retrofit. Objek penelitian yang digunakan pun bervariasi, mulai dari gedung perkantoran, sekolah, hingga rumah

sakit, namun sebagian besar berorientasi pada penilaian kondisi aktual atau dampak dari tindakan perkuatan yang dilakukan terhadap struktur.

Penelitian ini memiliki pendekatan yang berbeda, yaitu menitikberatkan pada analisis komparatif antara dua kondisi struktural dari bangunan rumah sakit yang sama, yakni kondisi eksisting dengan *shear wall* dan kondisi hipotetis tanpa *shear wall*. Dengan menggunakan studi kasus RSU Madani, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kontribusi elemen *shear wall* terhadap peningkatan kinerja struktur dalam menghadapi beban gempa. Artinya, bukan sekadar menilai ketahanan struktur terhadap gempa atau efektivitas retrofit, namun secara khusus membandingkan dua konfigurasi sistem struktur untuk mengetahui sejauh mana peran *shear wall* dalam memengaruhi kapasitas lateral, simpangan antar lantai, serta distribusi kerusakan pada struktur.

Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini menghadirkan sudut pandang yang lebih eksplisit mengenai pentingnya *shear wall* dalam desain dan analisis struktur bangunan bertingkat, khususnya bangunan rumah sakit yang termasuk dalam kategori bangunan vital. Hal ini menjadi pembeda utama dari penelitian terdahulu, baik dari segi tujuan, metode analisis, maupun ruang lingkup pembahasannya. Adapun uraian perbedaannya disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu

No	Judul Artikel	Perbedaan
1	Analisa Perilaku Struktur Terhadap Penempatan <i>Shearwall</i> Pada <i>The Palace Appartement & Condotel</i> Yogyakarta	Mengevaluasi posisi <i>shear wall</i> ; penelitian ini membandingkan keberadaan dan ketiadaan <i>shear wall</i> .
2	Perbandingan Performa Struktur atas dengan dan tanpa Dinding Geser	Objek berbeda, bukan rumah sakit; tidak menggunakan data eksisting RSU seperti penelitian ini.
3	<i>Shear Wall</i> vs <i>Non Shear Wall</i> menggunakan Analisis <i>Pushover</i>	Objek bukan rumah sakit; penelitian ini menggunakan studi kasus RSU Madani yang nyata.

4	Analisis Respons dan Kinerja <i>Pushover</i> untuk Bangunan Bertingkat	Memberikan usulan perkuatan; penelitian ini membandingkan dua kondisi eksisting tanpa modifikasi.
5	Efek Penggunaan <i>Shear Wall</i> terhadap Perilaku dan Level Kinerja Struktur Gedung Pabrik X	Objek pabrik, bukan rumah sakit; fokus bukan pada perbandingan kondisi struktur eksisting.
6	Pengaruh Kekuatan Struktur <i>Shear Wall</i> pada Gedung Bank BRI	Fokus pada penambahan shear wall (retrofit); penelitian ini tanpa intervensi desain struktur.
7	Analisis Kinerja Struktur Atas Beton Bertulang terhadap Gempa	Fokus pada <i>retrofitting</i> , bukan evaluasi dua kondisi eksisting seperti penelitian ini.
8	<i>Building Structure Performance Analysis With and Without Shear Walls: Using Pushover Analysis</i>	Model konseptual, bukan struktur nyata; objek bukan rumah sakit seperti RSUD Madani.
9	Analisis Struktur Dinding Geser pada Proyek Perluasan Gedung Rumah Sakit Madani di Medan	Penelitian tersebut menggunakan SAP2000, sedangkan penelitian ini menggunakan ETABS yang lebih detail untuk gedung bertingkat.

2.3 Struktur Bangunan

Struktur pada bangunan gedung merupakan komponen utama yang bertugas menyalurkan seluruh beban yang bekerja—baik beban vertikal maupun lateral—menuju pondasi dengan cara yang aman dan efisien (Dwinata, 2022). Sistem struktur harus dirancang sedemikian rupa agar mampu memberikan kestabilan, kekakuan, dan kekuatan yang memadai dalam menghadapi beban yang terjadi selama masa layan bangunan. Perencanaan struktur tidak hanya mempertimbangkan beban gravitasi seperti beban mati dan beban hidup, tetapi juga beban lateral yang berasal dari gaya-gaya ekstrem seperti angin dan gempa bumi, yang dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap integritas struktural bangunan (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

Dalam proses perancangannya, struktur bangunan harus disesuaikan dengan kondisi geoteknik di lokasi pembangunan, karakteristik material yang digunakan, serta tipe dan fungsi bangunan itu sendiri. Bangunan yang memiliki fungsi vital seperti rumah sakit, misalnya, membutuhkan sistem struktur yang lebih

ketat dan tahan terhadap gempa untuk menjamin keselamatan penghuni serta kontinuitas pelayanan saat terjadi bencana. Oleh karena itu, aspek ketahanan seismik menjadi salah satu fokus utama dalam desain struktur di wilayah rawan gempa, seperti di Indonesia. Desain ini juga harus mengikuti ketentuan dalam standar teknis nasional yang berlaku, seperti SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

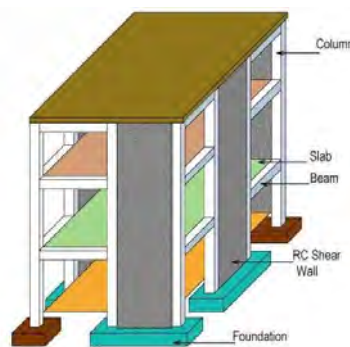
Secara keseluruhan, struktur bangunan dirancang tidak hanya untuk menahan beban statis dalam kondisi normal, tetapi juga harus mampu menunjukkan perilaku yang daktail dan memiliki kapasitas energi yang cukup dalam menghadapi beban dinamis akibat gempa. Dengan demikian, rancangan struktur harus menjamin bahwa bangunan dapat mempertahankan stabilitas globalnya, meskipun terjadi kerusakan lokal pada elemen-elemen tertentu.

2.3.1 Sistem Struktur Pada Bangunan Gedung

Struktur bangunan gedung secara umum terbagi ke dalam dua sistem utama berdasarkan jenis beban yang harus ditopangnya, yaitu sistem pemikul beban vertikal dan sistem pemikul beban lateral. Sistem pemikul beban vertikal (*gravity load resisting system*) bertanggung jawab untuk mendistribusikan beban gravitasi seperti beban mati, beban hidup, serta beban atap ke pondasi secara aman. Sistem ini umumnya terdiri atas elemen-elemen struktural seperti kolom, balok, pelat lantai, dan pondasi, yang bekerja sama untuk menahan serta menyalurkan beban dari atas bangunan menuju tanah dasar. Di sisi lain, sistem pemikul beban lateral (*lateral load resisting system*) memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan bangunan terhadap gaya-gaya horizontal yang timbul akibat beban dinamis seperti

angin dan gempa. Sistem ini biasanya terdiri dari komponen struktural seperti dinding geser (*shear wall*), sistem *bracing* (pengaku diagonal), serta rangka-rangka khusus tahan gempa seperti Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan sistem struktur ganda.

Masing-masing sistem tersebut dirancang untuk membatasi deformasi lateral bangunan, meningkatkan daktilitas, serta mencegah keruntuhan total saat terjadi gempa besar (Pratama, 2020). Merujuk pada ketentuan dalam SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, bangunan bertingkat yang didirikan di wilayah dengan tingkat seismisitas tinggi wajib dilengkapi sistem pemikul beban lateral yang memadai. Hal ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa struktur mampu menahan deformasi plastis yang mungkin terjadi akibat eksitasi gempa, serta menjaga performa struktural tetap dalam batas aman selama dan setelah terjadinya peristiwa seismik. Oleh karena itu, pemilihan dan perancangan sistem struktur menjadi aspek krusial dalam perencanaan bangunan tahan gempa, terutama bagi bangunan penting seperti rumah sakit, sekolah, dan fasilitas publik lainnya. Gambar 1 berikut menunjukkan sistem struktur pada bangunan yang meliputi kolom, *slab*, *beam*, RC *shear wall* dan pondasi.



Gambar 1. Sistem struktur pada bangunan (Seenivasan, 2023)

2.4 Beban Gravitasi pada Struktur

Berdasarkan SNI 1726:2019, beban didefinisikan sebagai segala jenis gaya atau aksi yang bekerja pada struktur, baik yang berasal dari berat sendiri material bangunan, aktivitas penghuni dan fungsi bangunan, pengaruh lingkungan, pergerakan relatif, perbedaan penurunan, maupun perubahan dimensi yang terhambat. Dalam praktik perencanaan struktur, penentuan besaran beban umumnya dilakukan melalui pendekatan estimasi, karena pembebanan aktual pada suatu struktur sulit ditentukan secara pasti. Oleh karena itu, digunakan kombinasi pembebanan yang mewakili kemungkinan kondisi beban terberat yang dapat terjadi.

2.4.1 Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2020, beban mati merupakan berat seluruh elemen permanen yang terpasang pada bangunan gedung, yang meliputi material konstruksi seperti dinding, pelat lantai, atap, plafon, tangga, partisi tetap, lapisan finishing, pelapis fasad (cladding), serta komponen arsitektural dan struktural lainnya. Selain itu, beban mati juga mencakup berat peralatan mekanikal dan elektrik yang terpasang secara permanen, termasuk berat derek dan sistem pengangkutan material. Nilai berat masing-masing komponen bangunan sebagai acuan perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2 sesuai ketentuan SNI 1727:2020.

Table 2 Berat Sendiri Bahan Bangunan (SNI-1727:2020)

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

2.4.2 Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2020, beban hidup didefinisikan sebagai beban yang timbul akibat aktivitas pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lainnya, yang tidak termasuk dalam kategori beban konstruksi maupun beban lingkungan seperti beban angin, hujan, gempa, dan banjir, serta tidak termasuk beban mati. Beban ini mencakup berat manusia, perabot, peralatan yang bersifat tidak permanen atau dapat dipindahkan, kendaraan, serta berbagai benda lain yang tidak terpasang secara tetap pada bangunan. Dalam penelitian ini, penentuan nilai beban hidup mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam SNI 1727:2020.

Table 3 Beban Hidup Pada Bangunan Rumah Sakit (SNI-1727:2020)

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	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 ft² (37,16 m²) atau lebih diizinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi sesuai dengan rumus berikut:

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{15}{K_{LL} A_r} \right) \quad (1)$$

Dalam SI:

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{4,57}{K_{LL} A_T} \right) \quad (2)$$

Keterangan:

L : beban hidup desain tereduksi per ft² (m²) dari luasan yang didukung oleh komponen struktur

L_o : beban hidup desain tanpa reduksi per ft² (m²) dari luasan yang didukung oleh komponen struktur

K_{LL} : faktor elemen beban hidup: luas tributari dalam ft² (m²)

A_T : luas tributari dalam ft² (m²)

L tidak boleh kurang dari 0,50 L_o untuk komponen struktur yang mendukung satu lantai dan L tidak boleh kurang dari 0,40 L_o untuk komponen struktur yang mendukung dua lantai atau lebih dari dua lantai.

2.5 Beban Gempa Pada Struktur

Beban gempa merupakan gaya statik ekuivalen yang timbul pada struktur sebagai akibat dari getaran atau pergerakan tanah yang terjadi selama peristiwa gempa bumi, sehingga memengaruhi respons struktural bangunan. Gaya gempa bekerja dalam arah vertikal dan horizontal, namun komponen gaya horizontal umumnya memiliki pengaruh yang lebih dominan dibandingkan komponen vertikal (Mardiyah, 2025). Oleh karena itu, gaya horizontal menjadi faktor utama dalam analisis beban gempa pada struktur bangunan. Penentuan besarnya beban gempa rencana dilakukan dengan mengacu pada ketentuan dan prosedur yang diatur dalam SNI 1726:2019.

2.5.1 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 (harijoko dkk, 2021). Tabel kategori resiko dapat dilihat pada tabel 4 (SNI-1726:2019).

Table 4 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI-1726:2019)

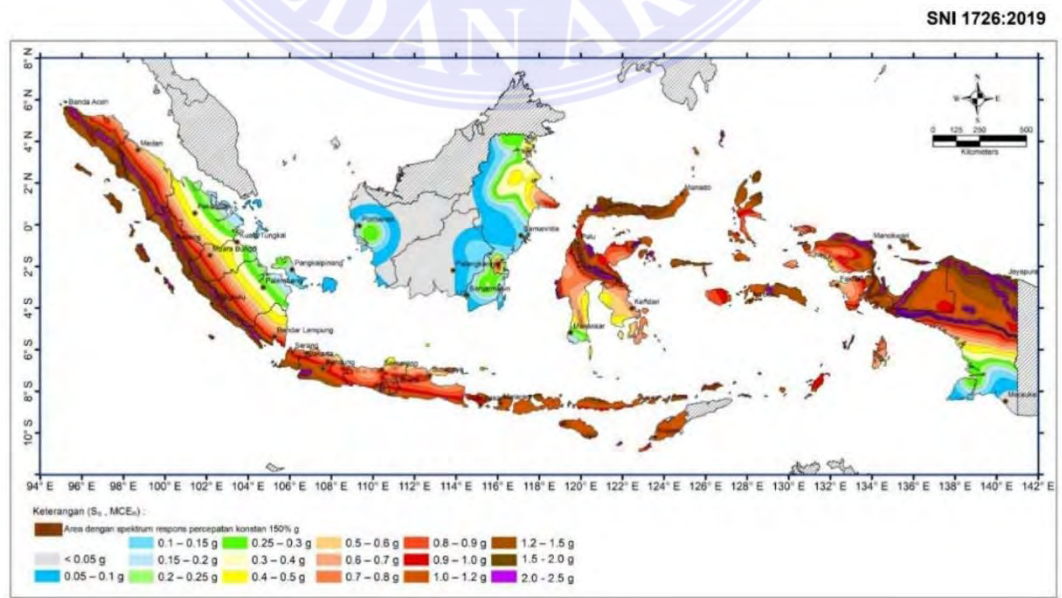
Pemanfaatan Jenis Bangunan	Kategori Resiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: 1. Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan 2. Fasilitas sementara 3. Gudang penyimpanan Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, tapi tidak dibatasi untuk: 1. Perumahan 2. Rumahtoko dan rumah kantor 3. Pasar 4. Gedung perkantoran 5. Gedung apartemen/ rumah susun	I
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, tapi tidak dibatasi untuk: 1. Bioskop 2. Gedung pertemuan 3. Stadion 4. Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat	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: 1. Pusat pembangkit listrik biasa 2. Fasilitas penanganan air 3. Fasilitas penanganan limbah 4. Pusat telekomunikasi 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. Rumahsakit 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

Table 5 Faktor Keutamaan Gempa (SNI-1726:2019)

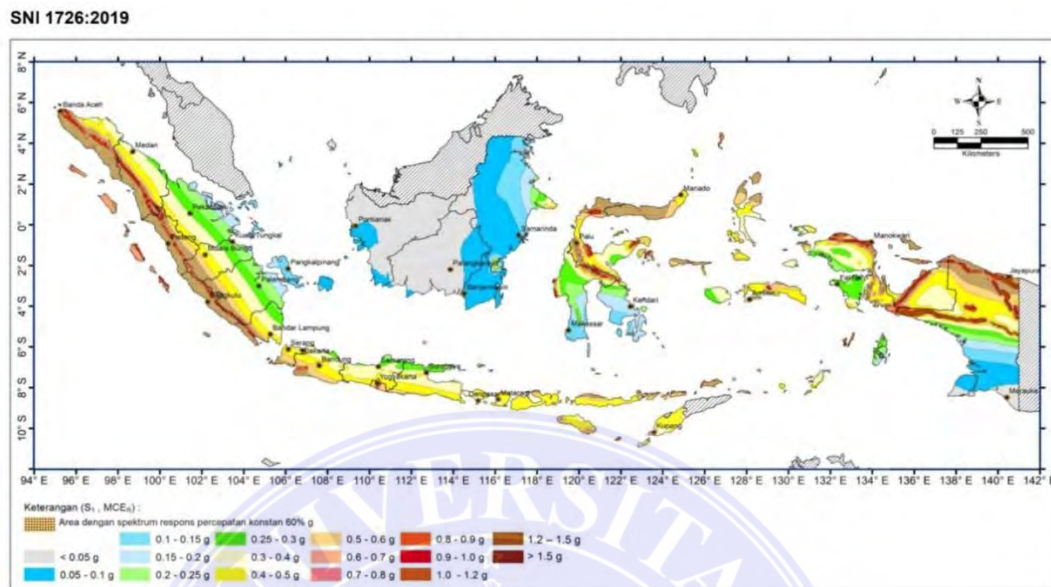
Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa Ie
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

2.5.2 Spektrum Respon Desain

Respons spektrum gempa merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara periode getar struktur (T) dan respons percepatan spektral gempa (S_a). Dalam analisis seismik, parameter S_s yang merepresentasikan percepatan spektral pada periode pendek, serta S_1 yang menunjukkan percepatan spektral pada periode 1 detik, harus ditentukan terlebih dahulu. Nilai S_s dan S_1 masing-masing diperoleh dari peta respons spektral percepatan pada periode 0,2 detik dan 1 detik untuk tingkat gempa maksimum yang memiliki kemungkinan terlampaui sebesar 2% dalam 50 tahun (MCER, 2% dalam 50 tahun). Kedua parameter tersebut dinyatakan dalam satuan desimal terhadap percepatan gravitasi. Nilai S_s dan S_1 selanjutnya ditentukan berdasarkan peta gerak tanah seismik yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Parameter gerak tanah Ss (SNI-1726:2019)



Gambar 3. Parameter gerak tanah S1 (SNI-1726:2019)

Dalam penentuan respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan (MCER) pada permukaan tanah, diperlukan penerapan faktor amplifikasi seismik yang bergantung pada periode getar struktur, yaitu pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi tersebut terdiri atas faktor amplifikasi percepatan untuk getaran periode pendek yang dinyatakan dengan F_a , serta faktor amplifikasi percepatan untuk getaran periode 1 detik yang dinyatakan dengan F_v . Nilai kedua faktor ini digunakan untuk menyesuaikan pengaruh kondisi dan klasifikasi situs terhadap respons gempa. Selanjutnya, parameter respons spektral percepatan yang telah disesuaikan terhadap kondisi tanah, yaitu S_{MS} untuk periode pendek dan S_{M1} untuk periode 1 detik, ditentukan berdasarkan hubungan perumusan yang berlaku sesuai ketentuan yang digunakan:

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3)$$

$$S_{M1} = F_a S_S \quad (4)$$

Keterangan:

S_S = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1,0 detik

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

Table 6 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	$SS^{(a)}$					

Table 7 Koefesien 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					
	$S_1 \leq 0,25$	$S_1 = 0,5$	$S_1 = 0,75$	$S_1 = 1,00$	$S_1 = 1,25$	$S_1 \geq 1,25$
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 :

$$S_{P1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (5)$$

$$S_{P1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (6)$$

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;

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

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:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (7)$$

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

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (8)$$

Keterangan:

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

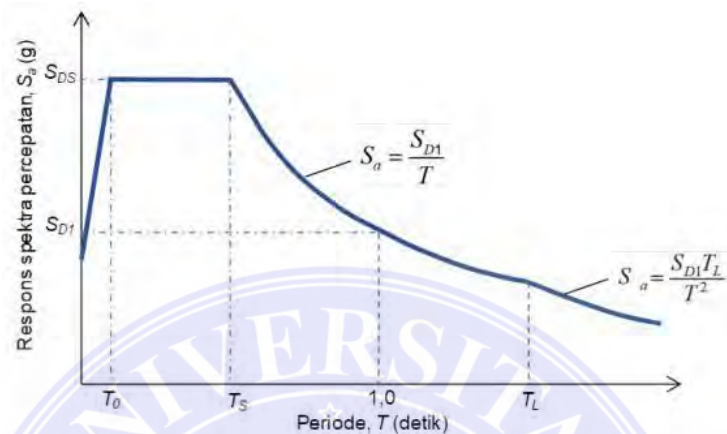
S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

T = periode getar fundamental struktur.

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

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

T_L = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada Gambar 4 (SNI-1726:2019)



Gambar 4. Spektrum respons desain (SNI-1726:2019)

2.5.3 Kategori Desain Seismik

Setiap struktur wajib ditetapkan ke dalam kategori desain seismik sesuai dengan ketentuan yang berlaku pada pasal terkait. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berada pada wilayah dengan nilai parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik (S_1) lebih besar atau sama dengan 0,75 harus diklasifikasikan ke dalam kategori desain seismik E. Sementara itu, struktur dengan kategori risiko IV yang terletak pada wilayah dengan nilai $S_1 \geq 0,75$ harus ditetapkan sebagai kategori desain seismik F. Struktur lainnya ditentukan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risiko serta nilai parameter respons spektral percepatan desain S_{DS} dan S_{D1} sesuai ketentuan yang berlaku. Penetapan kategori desain seismik dilakukan dengan mengacu pada Tabel 8 dan Tabel 9, dan setiap bangunan harus diklasifikasikan ke dalam kategori desain seismik yang paling kritis, tanpa mempertimbangkan nilai periode fundamental struktur (T).

Table 8 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

Table 9 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

2.5.4 Geser Dasar Seismik

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

$$V = C_S W \quad (9)$$

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).

$$C_S = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{t_e}\right)} \quad (10)$$

Keterangan:

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

R = koefisien modifikasi respons

l_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 0.

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

Untuk $T \leq T_L$

$$C_S = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{l_e} \right)} \quad (11)$$

Untuk $T > T_L$

$$C_S = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{l_e} \right)} \quad (12)$$

C_S harus tidak kurang dari

$$C_S = 0,044 S_{DS} l_e \geq 0,01 \quad (13)$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_S harus tidak kurang dari:

$$C_S = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{l_e} \right)} \quad (14)$$

Keterangan:

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. Periode fundamental pendekatan

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

$$T_a = C_t h_n^x \quad (15)$$

Keterangan:

Parameter h_n menyatakan tinggi total struktur dalam satuan meter, yang diukur dari elevasi dasar bangunan hingga tingkat paling atas struktur. Sementara itu, koefisien C_t dan eksponen x merupakan parameter empiris yang digunakan dalam perhitungan periode getar alami struktur dan nilainya ditetapkan berdasarkan jenis sistem struktur sebagaimana tercantum dalam Tabel 10.

Table 10 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:

$$T_a = 0,1N \quad (16)$$

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:

$$T_a = \frac{0,00058}{\sqrt{C_w}} h_n \quad (17)$$

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

$$C_W = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \frac{A_i}{[1+0,83(\frac{h_n}{D_i})^2]} \quad (18)$$

Keterangan:

A_B = luas dasar struktur (m²)

A_i = luas badan dinding geser ke- i (m²)

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 :

$$F_x = C_{VX} V \quad (19)$$

dan

$$C_{VX} = \frac{W_X h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (20)$$

d. Distribusi horizontal gaya seismic

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

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (21)$$

Keterangan:

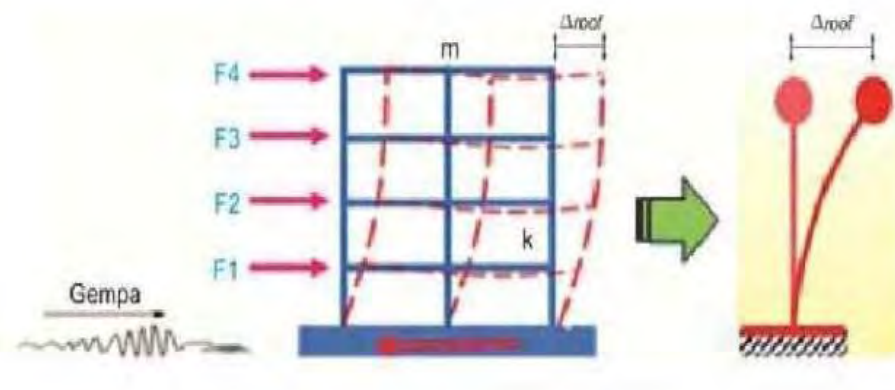
F_i adalah bagian dari geser dasar seismic (V) pada tingkat ke- i (kN)

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

2.6 Analisa Statik Nonlinier (*Pushover*)

Analisis statik nonlinier, yang dikenal pula sebagai *pushover analysis* atau analisis beban dorong statik, merupakan metode analisis struktur yang digunakan untuk mengevaluasi perilaku keruntuhan bangunan akibat beban gempa. Metode ini dilakukan dengan memberikan beban lateral statis pada struktur berdasarkan pola tertentu, kemudian beban tersebut ditingkatkan secara bertahap menggunakan faktor pengali hingga struktur mengalami kondisi leleh yang ditandai dengan terbentuknya sendi plastis. Selanjutnya, peningkatan beban yang berkelanjutan menyebabkan struktur memasuki fase pasca-elastis dengan deformasi yang semakin besar hingga mencapai kondisi plastis maksimum.

Alisis 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 5. Respon Struktur Akibat Gempa (Zega, 2022)

Ketika struktur gedung mengalami beban gempa, bangunan akan menerima gaya geser dasar (*base shear*). Besarnya *base shear* pada setiap lantai dipengaruhi oleh massa (m) dan kekakuan (k) lantai tersebut, sehingga menyebabkan terjadinya perpindahan atau simpangan (*displacement*) dari posisi awal tiap lantai. Pada struktur yang memiliki konfigurasi geometri simetris, respons simpangan umumnya terjadi dalam satu bidang saja (dua dimensi), sehingga pergerakan massa dapat disederhanakan dan dimodelkan sebagai sistem dengan satu derajat kebebasan (*Single Degree of Freedom* atau SDOF), di mana parameter simpangan biasanya diukur pada bagian atap bangunan. Ketika gaya gempa bekerja, struktur akan merespons dengan menghasilkan gaya-gaya dalam pada elemen-elemen strukturnya. Apabila gaya-gaya dalam tersebut melampaui kapasitas struktur, maka bangunan akan mengalami perilaku inelastis jika memiliki tingkat daktilitas yang memadai, sedangkan struktur dengan daktilitas rendah berpotensi mengalami keruntuhan secara tiba-tiba (Manga & Tanijaya, 2024).

2.6.1 Tahapan Utama Analisa Statik Nonlinier

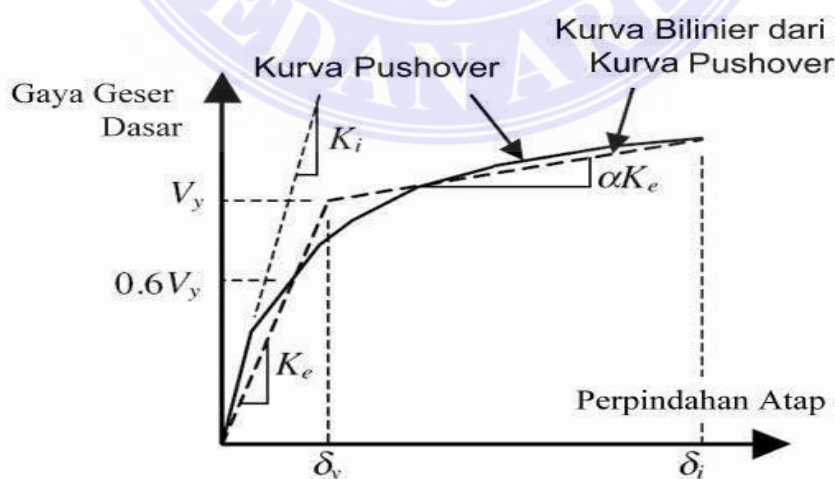
Tahapan utama dalam analisa pushover adalah :

- 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 inertia , 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 ETABS, mengacu pada FEMA– 356 dan ATC-40).

2.6.2 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 dari titik potong kekakuan lateral efektif pada kondisi elastis (K_e) dan kondisi inelastic (αK_e), maka prosesnya dilakukan secara trial-error.



Gambar 6. Parameter Waktu Getar Fundamental Efektif dari Kurva Pushover (Tanijaya, 2024)

2.6.3 Target Perpindahan

Gaya dan deformasi setiap komponen/elemen dihitung terhadap “perpindahan tertentu” di titik kontrol yang disebut sebagai “target perpindahan” dengan notasi δ_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, δ_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 δ_t . Jadi parameter target perpindahan sangat penting peranannya bagi perencanaan berbasis kinerja.

a. Metode Koefisien Perpindahan (FEMA356)

Metode ini dimulai dengan menetapkan waktu getar efektif, T_e , yang memperhitungkan kondisi *inelastic* 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 spektra elastis, S_d , berhubungan langsung dengan akselerasi spektra, S_a , dengan hubungan berikut:

$$S_d = \frac{T_e^2}{4\pi^2} S_a \quad (22)$$

Selanjutnya target perpindahan pada titik kontrol δT , ditentukan dari rumus berikut :

$$\delta T = C_0 C_1 C_2 C_3 C_a \left(\frac{T_e}{2\pi}\right)^2 g \quad (23)$$

Dimana:

T_e = Waktu getar alami efektif yang memperhitungkan kondisi *inelastic*

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.

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

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

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”

$$R = \frac{S_a}{V_y/W} C_m \quad (24)$$

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 bilinear.

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

$$C_3 = 1,0 + \frac{|\alpha|(R-1)^2}{T_e} \quad (25)$$

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

g = percepatan gravitasi 9.81 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-plot kan pada sumbu yang sama sebagai gaya gempa perlu. Pada format tersebut waktu getar ditunjukkan sebagai garis radial dari titik pusat sumbu.

Waktu getar ekivalen, T_e , dianggap sebagai secant waktu getar tepat Dimana gerakan tanah gempa perlu yang direduksi karena adanya efek redaman ekivalen bertemu pada kurva kapasitas. Karena waktu getar ekivalen dan redaman merupakan fungsi dari perpindahan maka penyelesaian untuk mendapatkan

perpindahan *inelastik* maksimum (titik kinerja) adalah bersifat iteratif. ATC-40 menetapkan batas redaman ekivalen 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 ETABS, proses konversi kurva pushover dan kurva respon spektrum yang direduksi dikerjakan otomatis dalam program.

2.7 Perilaku Struktur terhadap Gaya Gempa

Dalam konteks perencanaan struktur bangunan tahan gempa, respons struktur terhadap gaya gempa sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter penting, antara lain kekakuan lateral, kapasitas daktilitas, dan sistem disipasi energi. Kekakuan lateral merujuk pada kemampuan struktur untuk menahan deformasi akibat beban lateral, di mana struktur yang terlalu fleksibel dapat mengalami simpangan antar lantai yang besar (*interstory drift*), sedangkan struktur yang terlalu kaku dapat menerima gaya internal yang besar saat terjadi gempa. Sementara itu, daktilitas merupakan kemampuan struktur untuk mengalami deformasi plastis yang

besar tanpa mengalami keruntuhan secara mendadak, yang sangat penting dalam meredam energi gempa (Simanjuntak, 2020). Sistem disipasi energi, seperti penggunaan dinding geser (*shear wall*), rangka berpenyiku (*bracing*), atau peredam energi lainnya, juga berperan penting dalam menyerap dan mendistribusikan energi gempa ke seluruh elemen struktur secara efisien (Audra, 2025).

Struktur yang dirancang secara seismik harus memiliki kemampuan perilaku nonlinier (*nonlinear behavior*), yaitu mampu mentransfer energi dinamis gempa melalui deformasi plastis yang terkendali tanpa mengalami kegagalan struktural yang bersifat tiba-tiba (Herlota, 2024). Untuk menilai sejauh mana struktur dapat bertahan terhadap beban gempa yang meningkat secara progresif, metode analisis *pushover* sering digunakan. Analisis ini merupakan pendekatan *quasi-static* yang mengaplikasikan beban lateral bertahap ke model struktur hingga struktur mencapai kondisi keruntuhan atau titik performa (*performance point*). Melalui pendekatan ini, perencana dapat mengidentifikasi urutan kegagalan elemen struktur, mendeteksi potensi konsentrasi kerusakan, serta mengevaluasi kapasitas struktur secara keseluruhan dalam menghadapi skenario gempa yang signifikan menurut FEMA 356 dan SNI 1726:2019. Oleh karena itu, pemahaman terhadap perilaku dinamis dan nonlinier struktur sangat krusial dalam memastikan keselamatan dan kinerja optimal bangunan saat terjadi gempa bumi.

2.8 Shear Wall

Shear wall merupakan komponen struktural vertikal yang memiliki peran krusial dalam sistem penahan lateral bangunan, khususnya dalam merespons gaya-gaya akibat beban gempa dan tekanan angin. Elemen ini dirancang untuk menyalurkan gaya-gaya lateral secara langsung ke fondasi, sehingga membantu

menjaga kestabilan serta integritas struktur terhadap deformasi yang berlebihan. Dalam praktik umum, *shear wall* biasanya dibangun dari material beton bertulang yang memiliki ketahanan tinggi terhadap gaya tekan dan tarik, serta mampu bekerja efektif dalam menahan gaya geser horizontal (Al Islami, 2024). Penggunaan *shear wall* secara strategis dalam sistem struktur dapat secara signifikan meningkatkan kekakuan lateral bangunan dan mengurangi simpangan antar tingkat (*interstory drift*), yang merupakan parameter penting dalam desain struktur tahan gempa sesuai SNI 1726:2019.

Selain itu, *shear wall* juga berfungsi sebagai sistem disipasi energi yang mampu menyerap sebagian besar energi seismik melalui deformasi plastisnya ketika bangunan mengalami gempa besar (Damayanti, 2022). Efektivitas dinding geser sangat bergantung pada penempatannya dalam tata letak struktur, rasio aspek (tinggi terhadap lebar), dan detail tulangan yang dirancang sesuai dengan prinsip-prinsip rekayasa seismik. Ketika ditempatkan secara simetris atau membentuk inti struktural (*core wall*), *shear wall* dapat secara optimal mengontrol rotasi dan translasi bangunan, serta mencegah konsentrasi beban yang berlebihan pada elemen lainnya. Oleh karena itu, *shear wall* merupakan salah satu elemen vital dalam perencanaan sistem struktur gedung bertingkat, terutama di wilayah rawan gempa, sesuai pedoman yang tercantum dalam SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019.

2.8.1 Fungsi dan Peran *Shear Wall*

Shear wall memainkan peran fundamental dalam sistem struktur gedung sebagai elemen penahan gaya lateral yang dihasilkan oleh beban dinamis seperti gempa bumi serta beban statis dari tekanan angin (Alwie et al., 2020b). Dengan menambahkan *shear wall*, struktur memperoleh jalur distribusi beban lateral yang

lebih jelas dan terkonsentrasi, yang memungkinkan pengurangan beban pada elemen struktural lainnya seperti balok dan kolom.

Salah satu kontribusi penting dari *shear wall* adalah kemampuannya dalam mengurangi simpangan antar lantai (*interstory drift*) secara signifikan, yang merupakan salah satu parameter utama dalam desain struktur tahan gempa. Selain itu, kehadiran *shear wall* meningkatkan kekakuan lateral bangunan, yang berdampak langsung terhadap peningkatan stabilitas global struktur, terutama pada gedung-gedung bertingkat tinggi. Menurut ketentuan dalam SNI 1726:2019, *shear wall* sangat disarankan untuk diterapkan pada bangunan yang terletak di wilayah dengan potensi seismik tinggi, karena dapat meningkatkan kapasitas daktilitas struktur serta kemampuan disipasi energi melalui deformasi plastis yang terkontrol. Dengan demikian, *shear wall* tidak hanya berfungsi sebagai penahan beban, tetapi juga sebagai elemen kunci dalam strategi mitigasi risiko terhadap kerusakan struktural akibat gempa.

2.8.2 Jenis-jenis *Shear Wall*

Shear wall dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk geometris dan material penyusunnya. Pemilihan jenis *shear wall* harus mempertimbangkan kondisi struktural, tuntutan arsitektural, dan karakteristik beban lateral yang bekerja pada bangunan. Beberapa jenis *shear wall* yang umum digunakan dalam perancangan struktur gedung antara lain:

- a. *Shear wall* Beton Bertulang Konvensional (*Conventional Reinforced Concrete Wall*): Jenis ini merupakan bentuk paling umum dari dinding geser, terdiri atas elemen vertikal dari beton bertulang yang dirancang khusus untuk menahan beban lateral. Dinding ini memberikan kontribusi

besar terhadap peningkatan kekakuan lateral dan stabilitas struktur secara keseluruhan.

- b. *Coupled Shear wall* (Dinding Geser Berpasangan): Merupakan dua atau lebih *shear wall* yang dihubungkan oleh balok kopel (*coupling beams*). Sistem ini memungkinkan transfer momen dan gaya antar dinding, serta meningkatkan daktilitas bangunan melalui deformasi plastis yang terjadi pada balok penghubung saat menerima gaya gempa.
- c. *Core Wall*: *Core wall* biasanya terletak di pusat bangunan dan membentuk inti struktural yang mengelilingi area sirkulasi vertikal seperti *lift* dan tangga. Karena lokasinya yang strategis, *core wall* secara efektif berfungsi sebagai pusat kekakuan dan pusat massa, serta menjadi elemen utama dalam menahan gaya lateral.
- d. *Shear wall* dengan Buka-an (*Opening Shear wall*): Jenis dinding geser ini memiliki bukaan seperti pintu atau jendela yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan fungsional ruang. Namun, kehadiran bukaan menyebabkan konsentrasi tegangan dan potensi penurunan kapasitas geser, sehingga diperlukan perencanaan struktural yang lebih kompleks untuk memastikan performa tetap aman.
- e. *Steel Plate Shear wall* (SPSW): Sistem ini menggunakan pelat baja sebagai elemen utama dalam menahan gaya lateral. Pelat baja mengalami deformasi plastis yang terkontrol, sehingga sangat efektif dalam disipasi energi gempa. SPSW sering digunakan pada bangunan modern yang memerlukan sistem struktur dengan performa seismik tinggi dan efisiensi material.

Pemilihan jenis *shear wall* harus disesuaikan dengan kondisi spesifik proyek, seperti bentuk denah bangunan, intensitas beban gempa desain, efisiensi struktural yang diinginkan, serta kapasitas fondasi yang tersedia (Jefri, 2023). Perencanaan yang cermat akan memastikan *shear wall* tidak hanya berfungsi sebagai elemen penahan beban, tetapi juga mendukung integritas dan kenyamanan struktural bangunan secara menyeluruh.

Gambar 7 berikut menunjukkan jenis-jenis *shear wall*. Jenis *shear wall* tersebut yang umum digunakan dalam perancangan struktur gedung atau bangunan.



Gambar 7. Jenis-jenis shear wall (Nasr, 2021)

2.8.3 Penempatan dan Efektivitas *Shear Wall*

Penempatan *shear wall* merupakan aspek krusial dalam desain struktur bangunan karena secara langsung memengaruhi stabilitas lateral dan respons bangunan terhadap gaya gempa. Posisi dan konfigurasi *shear wall* harus dirancang secara strategis agar mampu mengurangi simpangan bangunan secara optimal, meminimalkan efek torsi, dan menjaga integritas struktural secara keseluruhan. Berikut beberapa prinsip penting terkait penempatan dan efektivitas *shear wall*:

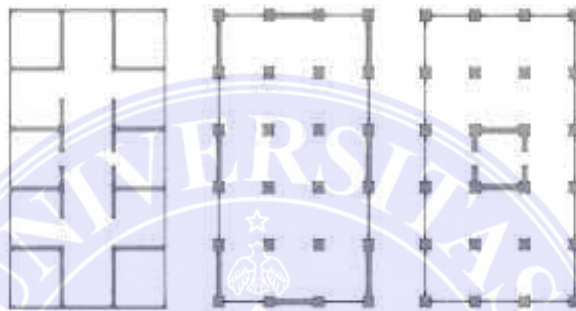
- a. Penempatan Simetris terhadap Sumbu Massa: *Shear wall* sebaiknya diletakkan secara simetris terhadap sumbu massa bangunan guna

menghindari terjadinya ketidakaturan torsi (*torsional irregularity*). Ketidakseimbangan distribusi *shear wall* dapat menyebabkan bangunan berputar saat menerima gaya gempa, yang pada akhirnya meningkatkan risiko kerusakan pada elemen struktur dan non-struktur.

- b. Dekat dengan Pusat Massa atau *Core* Bangunan: Idealnya, *shear wall* ditempatkan berdekatan dengan pusat massa atau di sekitar *core structure* bangunan (misalnya area lift dan tangga) agar gaya lateral dapat dialirkan secara efisien ke elemen vertikal penahan beban. Posisi ini membantu memperpendek lintasan distribusi gaya dan meminimalkan eksentrisitas antara pusat massa dan pusat kekakuan.
- c. Integrasi dengan Tata Ruang Arsitektural: Penempatan *shear wall* juga harus mempertimbangkan aspek fungsional dan estetika ruang. Dinding geser hendaknya tidak mengganggu distribusi ruang atau sirkulasi pengguna, sehingga perlu integrasi antara perencanaan arsitektur dan struktur sejak tahap awal desain. Dengan demikian, *shear wall* dapat berfungsi optimal tanpa mengorbankan kenyamanan dan utilitas ruang.
- d. Parameter Efektivitas *Shear Wall*: Efektivitas *shear wall* dinilai berdasarkan kemampuannya dalam:
 - 1) Mengurangi simpangan lateral antar lantai (*interstory drift*), sehingga mengurangi potensi kerusakan struktural dan non-struktural.
 - 2) Meningkatkan kapasitas struktur dalam menahan gaya seismik, terutama dalam zona dengan risiko gempa tinggi.

- 3) Mempertahankan kinerja struktur dalam kondisi elastik maupun inelastik, yang penting dalam mendukung prinsip desain berbasis performa (*performance-based design*).

Gambar 8 berikut ini menunjukkan penempatan *shear wall* dalam bangunan. Posisi *shear wall* harus dirancang secara strategis sehingga mampu menjaga struktur bangunan secara optimal.



Gambar 8. Penempatan shear wall dalam bangunan (Nugraha, 2025)

2.9 Analisis Pushover

Analisis pushover merupakan salah satu pendekatan analisis nonlinier statik yang digunakan secara luas dalam evaluasi kinerja struktur bangunan terhadap beban gempa (Dewobroto, 2025). Metode ini memungkinkan simulasi perilaku aktual struktur saat mengalami beban lateral berulang hingga melewati batas elastisitas materialnya. Berbeda dengan metode analisis linear elastik yang hanya memberikan gambaran respons awal atau tahap awal deformasi struktur, analisis pushover menyajikan informasi lebih mendalam mengenai kapasitas plastis struktur serta titik-titik kelemahan yang berpotensi menjadi sumber keruntuhan. Secara teknis, analisis pushover dilakukan dengan mensimulasikan penambahan beban lateral secara monoton (konstan arahnya dan meningkat intensitasnya) pada model struktur, sembari mempertahankan beban gravitasi tetap. Tujuannya adalah untuk mengetahui kapasitas maksimum struktur dan pola distribusi kerusakan akibat

gempa, termasuk kemampuan energi disipasi dan daktilitas. Hasil analisis ini disajikan dalam bentuk kurva kapasitas (*capacity curve*), yang menggambarkan hubungan antara gaya lateral total dan simpangan lantai atas struktur.

2.9.1 Tujuan dan Manfaat Analisis *Pushover*

Tujuan utama dari penerapan analisis *pushover* adalah untuk:

- a. Mengidentifikasi kapasitas maksimum struktur terhadap beban lateral akibat gempa.
- b. Menilai tingkat kinerja struktur berdasarkan batasan kerusakan yang ditentukan (misalnya: *Immediate Occupancy*, *Life Safety*, atau *Collapse Prevention*).
- c. Mengetahui urutan terbentuknya sendi plastis dan potensi lokasi keruntuhan lokal pada elemen struktur.
- d. Memberikan informasi yang diperlukan dalam proses perencanaan dan verifikasi efektivitas tindakan *retrofit*.

Manfaat metode ini sangat besar karena memberikan gambaran realistis mengenai daya tahan struktur terhadap gempa secara bertahap. Selain itu, analisis *pushover* dianggap lebih sederhana dibandingkan analisis dinamik nonlinier, namun tetap dapat menghasilkan informasi kunci mengenai kinerja struktur (Pattiwael dkk, 2024)

2.9.2 Tahapan Umum Pelaksanaan Analisis *Pushover*

Pelaksanaan analisis *pushover* umumnya melibatkan langkah-langkah berikut:

- a. Pembuatan Model Struktur: Struktur dimodelkan secara tiga dimensi menggunakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga seperti SAP2000 atau ETABS. Data material, geometri elemen, dan kondisi batas harus dimasukkan dengan akurat.
- b. Penerapan Beban Vertikal dan Lateral: Beban gravitasi (beban mati dan hidup) diterapkan secara tetap, sedangkan beban lateral (gempa) diterapkan secara bertahap dengan distribusi tertentu, biasanya mengikuti pola *mode shape* pertama atau distribusi segitiga.
- c. Peningkatan Beban Bertahap: Beban lateral dinaikkan secara bertahap (*incremental*), dan program akan menghitung respons struktur pada tiap tahap. Ketika elemen mencapai kapasitas plastis, perangkat lunak akan menandai terbentuknya sendi plastis.
- d. Analisis Kurva Kapasitas: Kurva kapasitas menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan simpangan atap (*roof displacement*). Dari kurva ini, dapat ditentukan batas performa dan efisiensi dari sistem struktur terhadap beban gempa.
- e. Penilaian Tingkat Kinerja Struktur: Hasil analisis akan dibandingkan dengan kriteria performa dari FEMA 356 atau ATC-40, untuk menilai level kinerja struktur pada simpangan tertentu.

2.9.3 Parameter dan Interpretasi Hasil

Dalam analisis *pushover*, sejumlah parameter kunci digunakan untuk menilai kinerja struktur terhadap gaya lateral akibat gempa bumi. Salah satu parameter utama adalah kurva kapasitas (*capacity curve*), yang merepresentasikan hubungan antara *base shear* (gaya geser dasar) dan *roof displacement* (simpangan

lateral di atap bangunan). Kurva ini menggambarkan perilaku struktur mulai dari kondisi elastik hingga plastis, termasuk penurunan kekuatan pasca-keruntuhan. Grafik ini memuat titik-titik penting seperti titik awal plastisitas, titik maksimum kapasitas, serta penurunan kapasitas akibat kerusakan struktural yang signifikan menurut ATC-40, 1996; FEMA 356, 2000. Untuk mendapatkan besarnya gaya geser dasar pada suatu struktur, digunakan Persamaan 23:

$$V = C_s \cdot W \quad (23)$$

Keterangan:

V : Gaya geser dasar (*base shear*),

C_s : Koefisien gempa berdasarkan respons spektral struktur,

W : Berat total bangunan yang bekerja secara lateral.

Persamaan ini menunjukkan bahwa besarnya gaya geser dasar sangat dipengaruhi oleh total berat bangunan serta nilai koefisien gempa yang didasarkan pada lokasi, kelas situs tanah, dan tingkat risiko struktur. Nilai ini berperan penting dalam analisis pushover karena menentukan beban lateral maksimum yang akan diaplikasikan secara bertahap untuk menguji kapasitas struktur.

Selain itu, salah satu parameter penting dalam analisis ini adalah *target displacement*. *Target displacement* merepresentasikan besarnya perpindahan lateral yang diasumsikan dialami oleh struktur selama gempa desain berlangsung, dan menjadi acuan dalam menentukan titik akhir dari kurva kapasitas. Untuk menghitung besaran ini, digunakan pendekatan berbasis spektrum kapasitas dengan formulasi dari FEMA 356, sebagaimana ditunjukkan dalam Persamaan 2:

$$\delta_t = \frac{C_0 \cdot S_a \cdot T^2 \cdot g}{4\pi^2} \quad (24)$$

Keterangan:

δt : *Displacement* target (perpindahan lateral maksimum),

C_0 : Koefisien koreksi bentuk mode,

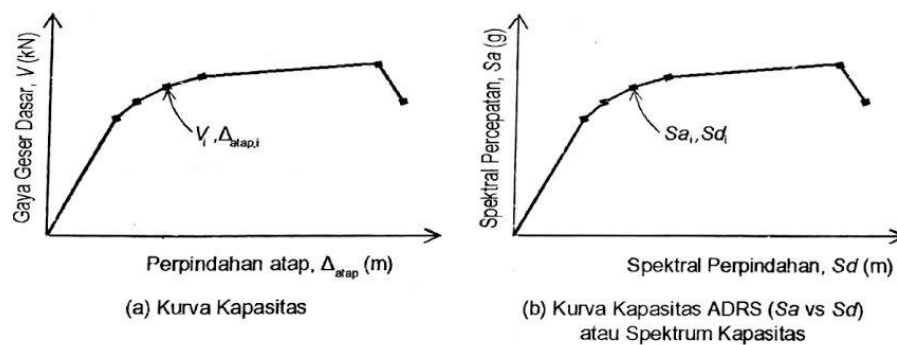
S_a : Spektrum percepatan gempa pada periode T ,

T : Periode fundamental struktur,

g : Percepatan gravitasi.

Persamaan ini memperhitungkan berbagai parameter penting seperti bentuk respons dinamik struktur (melalui C_0) dan percepatan gempa yang relevan dengan periode getar struktur. Dengan mengetahui δt , evaluasi terhadap kurva kapasitas dapat dilakukan untuk menentukan apakah struktur dapat bertahan dalam batas-batas kinerja tertentu, seperti *life safety* atau *collapse prevention*.

Sementara itu, parameter *base shear* (V) yang dihitung dari analisis juga digunakan untuk menilai kemampuan keseluruhan struktur dalam menahan gaya lateral maksimum. Nilai V ini dikorelasikan dengan deformasi lateral yang dialami bangunan untuk menilai kapasitas daktilitas dan redistribusi gaya internal. Keseluruhan parameter ini-kurva kapasitas, target displacement, dan base shear-membentuk dasar utama dalam interpretasi hasil analisis *pushover* guna memastikan bahwa struktur memenuhi persyaratan kinerja seismik yang ditetapkan dalam standar seperti ATC-40, FEMA 356, dan SNI 1726:2019. Dari Gambar 9 berikut terdapat kurva kapasitas hasil analisis *pushover* yang merepresentasikan hubungan antara gaya geser dasar.



Gambar 9. Kurva kapasitas hasil analisis pushover (Saputra et al., 2019)

Berdasarkan ATC-40 yang diterbitkan oleh *Applied Technology Council* (1996), batas maksimum inelastic drift ratio untuk kategori *Immediate Occupancy* (IO) pada struktur beton bertulang adalah sebesar 0,01 atau 1%. Pada tingkat ini, struktur hanya mengalami kerusakan ringan dan tetap dapat difungsikan kembali setelah gempa. Ketentuan serupa juga dinyatakan dalam FEMA 440 (2005), yang menetapkan bahwa *drift ratio* $\leq 1\%$ termasuk dalam kategori *Immediate Occupancy*. Oleh karena itu, apabila hasil analisis menunjukkan nilai *drift* lebih kecil dari 1%, maka struktur dinyatakan memenuhi level kinerja IO dan berada dalam kondisi aman secara struktural.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analisis *pushover*, yaitu jenis analisis struktur statik nonlinier yang bertujuan untuk mengetahui seberapa kuat dan seberapa baik bangunan mampu menahan gaya gempa. Metode ini bekerja dengan cara memberikan beban gempa secara bertahap ke struktur hingga menunjukkan tanda-tanda kerusakan atau kegagalan, sehingga dapat diketahui bagaimana perilaku bangunan saat menerima beban melebihi batas elastis atau batas aman normalnya.

Objek utama dalam penelitian ini adalah struktur RSUD Madani, yang dianalisis dalam dua kondisi: pertama, kondisi asli atau eksisting dengan *shear wall* sebagai bagian dari sistem penahan gaya gempa; dan kedua, kondisi tanpa *shear wall* yang dimodelkan secara virtual untuk melihat perbedaannya. Proses pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak analisis struktur seperti ETABS, yang dapat mensimulasikan elemen-elemen bangunan seperti balok, kolom, pelat, dan dinding geser secara detail.

Analisis *pushover* ini menghasilkan data berupa kurva kapasitas, yaitu grafik hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dengan simpangan atap bangunan. Grafik tersebut digunakan untuk menilai beberapa hal penting seperti simpangan maksimum, pola kerusakan pada elemen-elemen struktur, dan tingkat kinerja bangunan berdasarkan panduan dari FEMA 356.

Dengan membandingkan dua kondisi struktur yang sama namun berbeda dalam penggunaan *shear wall*, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh keberadaan *shear wall* terhadap kekakuan, kestabilan, dan daya tahan bangunan terhadap gempa. Hasilnya diharapkan bisa memberikan masukan

teknis bagi perencana dan insinyur struktur, khususnya untuk bangunan rumah sakit yang harus tetap kokoh dan aman setelah terjadi gempa.

3.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi Penelitian

Gambar 10 menunjukkan lokasi penelitian berada di proyek pengembangan Rumah Sakit Madani berlokasi di Jln. A.R. Hakim No. 168 Medan, Sumatera Utara.



Gambar 10. Lokasi Penelitian (Google Earth, 2025)

3.2.2 Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini direncanakan berlangsung selama kurang lebih dua bulan, yaitu mulai dari bulan Juli hingga Agustus tahun 2025. Rentang waktu tersebut mencakup seluruh tahapan penting dalam proses penelitian, mulai dari pengumpulan data sekunder berupa gambar teknis dan spesifikasi struktur RSUD Madani, proses pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak ETABS, hingga pelaksanaan analisis *pushover* untuk kedua kondisi struktur, yaitu dengan dan tanpa

shear wall. Selain itu, waktu tersebut juga dialokasikan untuk validasi data hasil analisis, interpretasi perbandingan kinerja struktur berdasarkan parameter-parameter teknis seperti kapasitas geser dasar (*base shear*), perpindahan target (*target displacement*), hingga tingkat kerusakan sesuai dengan ATC-40. Dengan perencanaan waktu yang sistematis ini, diharapkan seluruh rangkaian kegiatan penelitian dapat terselesaikan secara optimal dan sesuai dengan tujuan utama studi ini.

3.3 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 ETABS

3.4 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 ETABS.

3.5 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 : 28,6 m
- g. Dimensi dan Detail Kolom :
 - 1) K1 : 50x50 (20D19)
 - 2) K1a : 50x50 (16D19)
 - 3) K1b : 50x50 (12D19)
- h. 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
- i. Tebal Plat Lantai : 0,12 m
- j. Tebal Plat Atap : 0,12 m.
- k. Mutu Beton (f_c') : 20 MPa
- l. Modulus Elastisitas Beton (E_c) : 21.000 Mpa
- m. Tegangan Leleh Tulangan (f_y) : 420 Mpa

3.6 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 ETABS 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 geser dan tidak menggunakan dinding geser.
6. Menyimpulkan hasil analisis.

3.7 Langkah Pemodelan Struktur

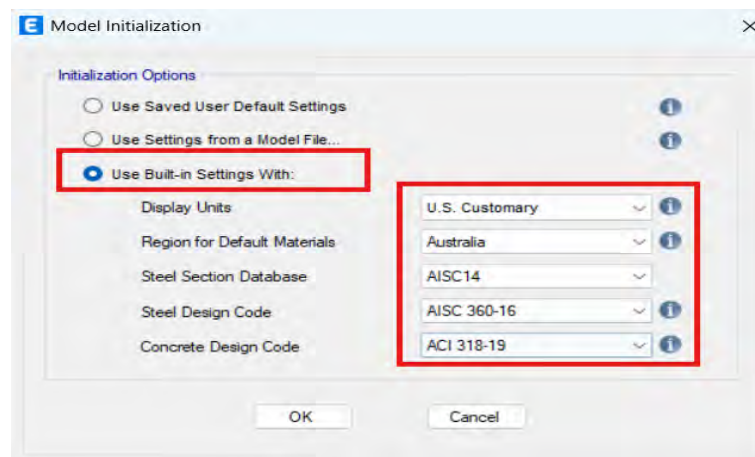
1. Pemodelan Struktur

Pemodelan seluruh elemen struktur dimulai dengan membuat *grid* data, membuat properti material dan dimensi elemen struktur kemudian menggambarkan elemen struktur sesuai denah struktur rencana.

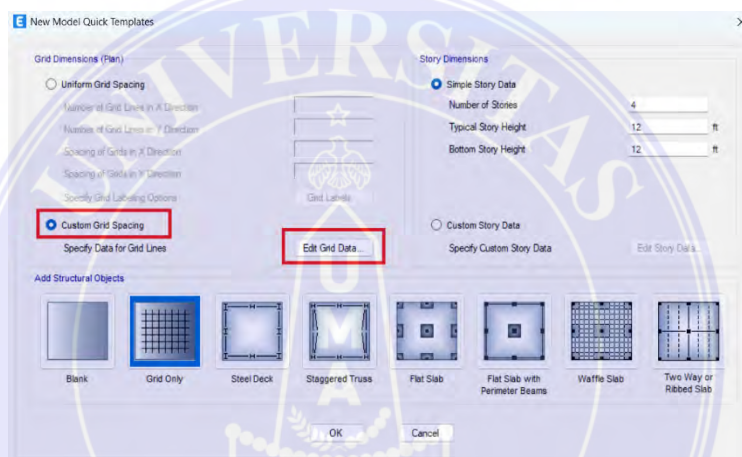
2. Membuat *Grid Line*

Langkah awal dalam pemodelan dengan ETABS V22 adalah dengan membuat *Grid Line* untuk menentukan *grid-grid* sesuai struktur yang akan dimodelkan. Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

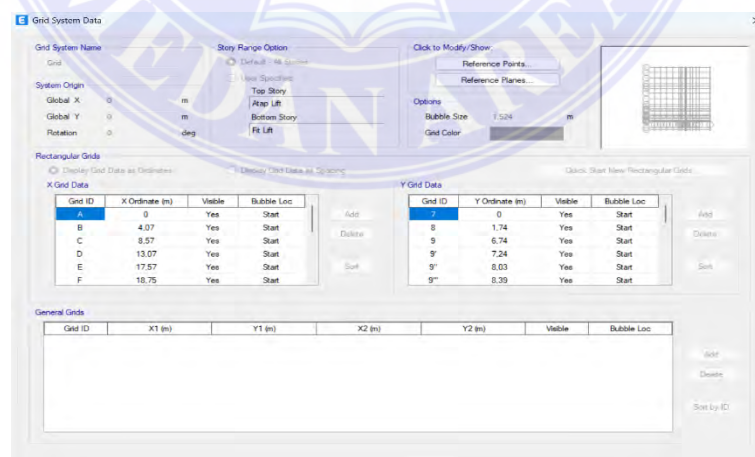
- a. Pada menu *bar* pilih *File* → *New Model*, kemudian akan muncul *Model Initialization boxes* untuk mengatur standar dan satuan sebagai acuan dasar untuk menginput nilai, kemudian pilih *use-built in settings with:* seperti pada Gambar 11, kemudian klik OK maka akan muncul *New Model Quick Templates*, gunakan *custom grid spacing* dan *edit grid* data untuk menyesuaikan jarak antar *grid*



Gambar 11. Tampilan Model *Initialization Box*



Gambar 12. Tampilan *Input Pada Quick Templates*



Gambar 13. Tampilan *Input Grid System Data*

Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
Rtso Lift	2.5	29.2	Yes	None	No	0	Cyan
Lt. Atap	4.6	26.7	Yes	None	No	0	Blue
Lt. 6	4	22.1	Yes	None	No	0	Blue
Lt. 5	4	18.1	Yes	None	No	0	Blue
Lt. 4	4	14.1	Yes	None	No	0	Blue
Lt. 3	4	10.1	No	Lt. 4	No	0	Blue
Lt. 2	4	6.1	No	Lt. 4	No	0	Blue
Lt. 1	2.1	2.1	No	Lt. 4	No	0	Red
Flt Lift		0					

Gambar 14. Tampilan *Input Story Data*

3. Menentukan Material Struktur

Langkah selanjutnya adalah menentukan material struktur, material struktur ini akan digunakan untuk elemen struktur kolom, balok, pelat. Karena digunakan struktur gabungan rangka baja dan rangka beton bertulang.

Material baja yang digunakan memiliki beberapa ketentuan sebagai berikut:

- Mutu Baja (BJTS, 420B) = f_y 420 MPa; f_u 525 Mpa
- Modulus Elastisitas baja, E_s = 200 000 MPa
- Angka *poisson* baja, ν = 0,2

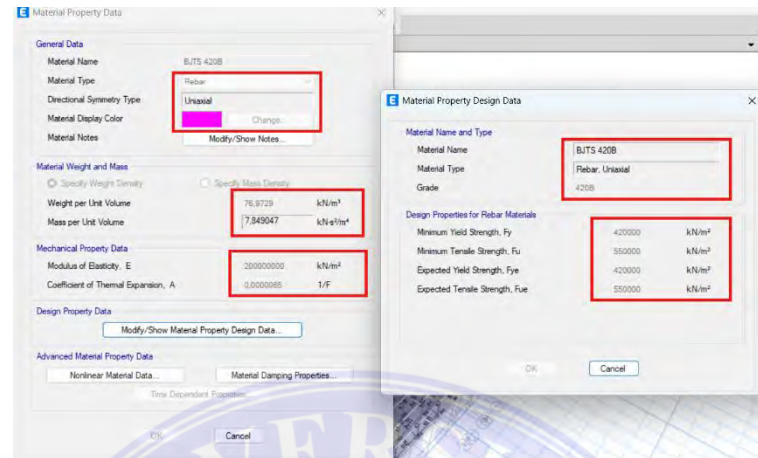
Material beton yang digunakan memiliki beberapa ketentuan sebagai berikut:

- Mutu Beton = f'_c 20 MPa
- Modulus Elastisitas beton, E_s = $4700\sqrt{f'_c}$
- Angka *poisson* beton, ν = 0,3

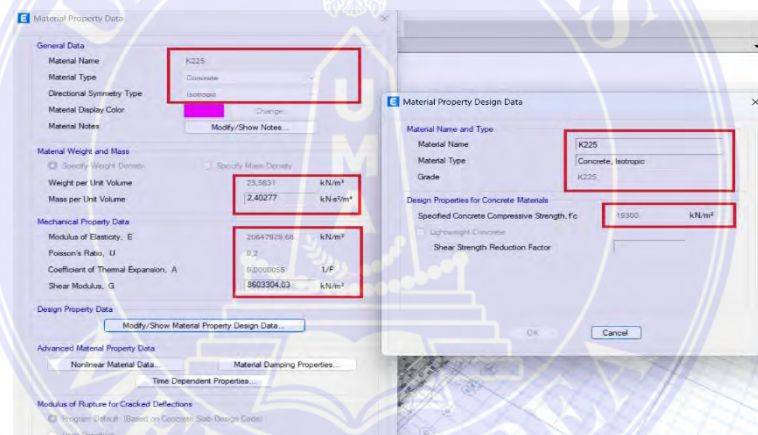
Langkah-langkah menentukan material struktur sebagai berikut:

Pada menu bar pilih *Define* → *Material Properties* → *Add New Material*,

pada *option region*, pilih *user*, kemudian digunakan 2 tipe material, beton (*concrete*), tulangan beton (*rebar*).



Gambar 15. Tampilan Add Material Property Rebar



Gambar 16. Tampilan Add Material Property Concrete

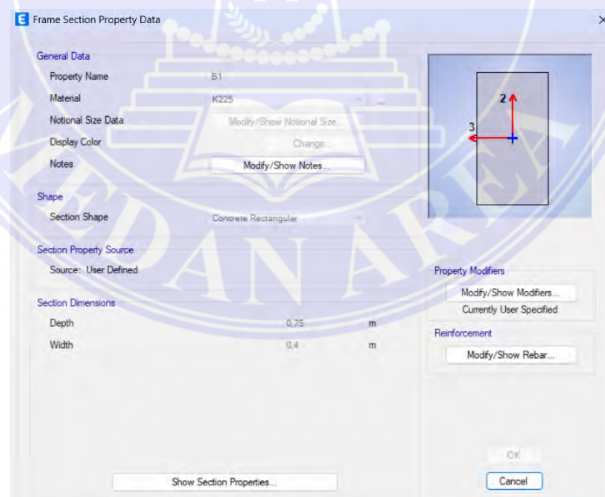
4. Menentukan Dimensi Elemen Struktur

Dalam menentukan dimensi elemen struktur, diperlukan asumsi terkait pemodelan yang akan dilakukan. Asumsi-asumsi yang diberikan adalah balok akan dimodelkan dengan bentuk persegi biasa sesuai dengan dimensi balok (bukan balok T), Karena balok dimodelkan sebagai balok persegi, maka untuk pelat lantai dan pelat atap akan dimodelkan sebagai

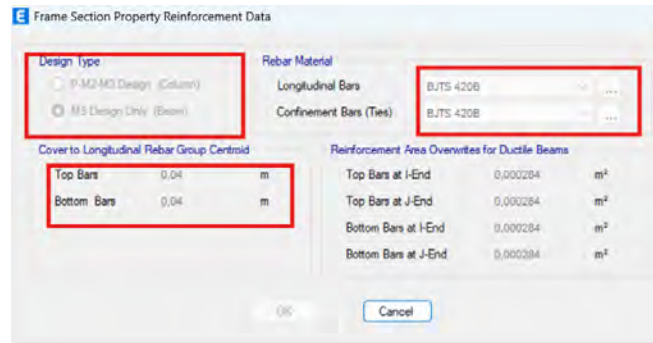
elemen “*Shell*”, sehingga pelat lantai perlu di *meshing*. Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

Pada menu *bar* pilih *Define* → *Section Properties* → *Frame Sections* → *Add New Property*, pada *section shape*, pilih *concrete rectangular* dan *rebar*.

- a. Untuk elemen balok, pilih *Concrete* → *Rectangular Section*, ganti *section name*, kemudian masukkan dimensi balok. Pada *material type* pilih $f'c = 20$ MPa (*concrete*), pada *option Reinforcement* gunakan Rebar f_y 420B MPa sebagai *Longitudinal Bars* dan gunakan Rebar f_y 420B MPa sebagai *Confinement Bars (Ties)*, kemudian pada *option Design Type* pilih *M3 Design Only (Beam)*, karena berperilaku sebagai balok, kemudian pada isian *Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid*, isikan nilai 40 mm

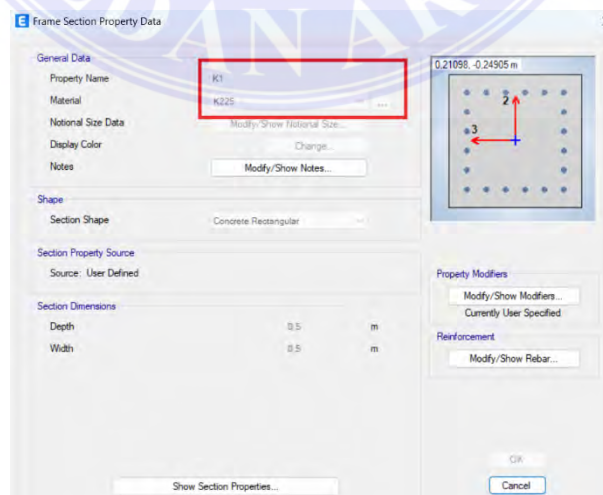


Gambar 17. Tampilan *Input* Untuk Penampang Balok

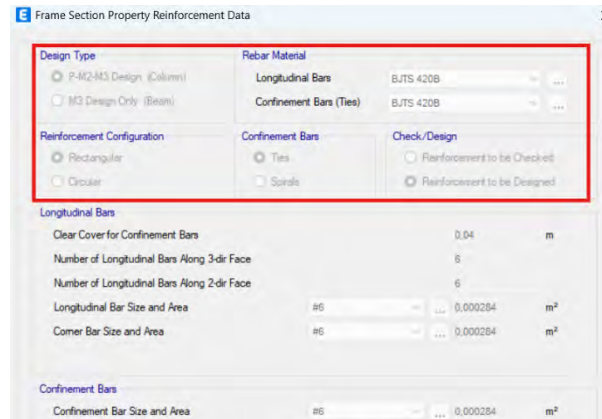


Gambar 18. Reinforcement Data Untuk Penampang Balok

- b. Untuk elemen kolom beton, pilih *Concrete* → *Rectangular*, isi *section name*, kemudian masukkan dimensi kolom, pada *material type* pilih $f'c$ 20 MPa (*concrete*), pada *option Concrete Reinforcement*, gunakan Rebar f_y 420B MPa sebagai *Longitudinal Bars* dan gunakan Rebar f_y 420B MPa sebagai *Confinement Bars (Ties)*, kemudian pada *option Design Type P-M2-M3 Design (Column)*, karena berperilaku sebagai kolom, pada *option Reinforcement Configuration* pilih *Rectangular* karena bentuk kolom persegi, kemudian pada isian *Clear Cover for Confinement Bars*, isikan selimut beton 40 mm, kemudian *check Reinforcement to be Designed*.



Gambar 19. Tampilan Input Untuk Penampang Kolom



Gambar 20. Reinforcement Data Untuk Penampang Kolom

- c. Untuk pembuatan elemen pelat, pada menu *toolbar* pilih *Define* → *Section Properties* → *Add New Property*, kemudian ganti *property name*, kemudian pilih $f'c = 20$ MPa (*concrete*) sebagai material pelat dan pilih “*Shell-Thin*” untuk tipe pelat yang digunakan, masukkan tebal pelat lantai atau pelat atap. Pada properti data *Thickness* isi ketebalan Pelat.

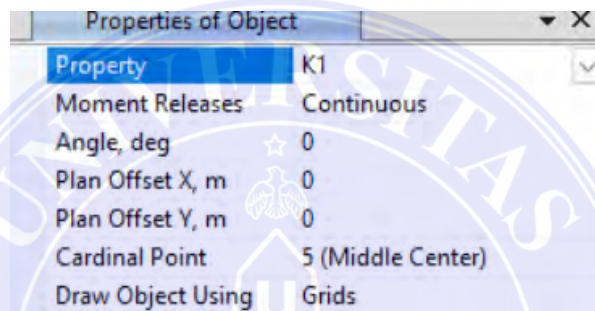


Gambar 21. Tampilan Input Penampang Pelat

5. Menggambar Elemen Struktur

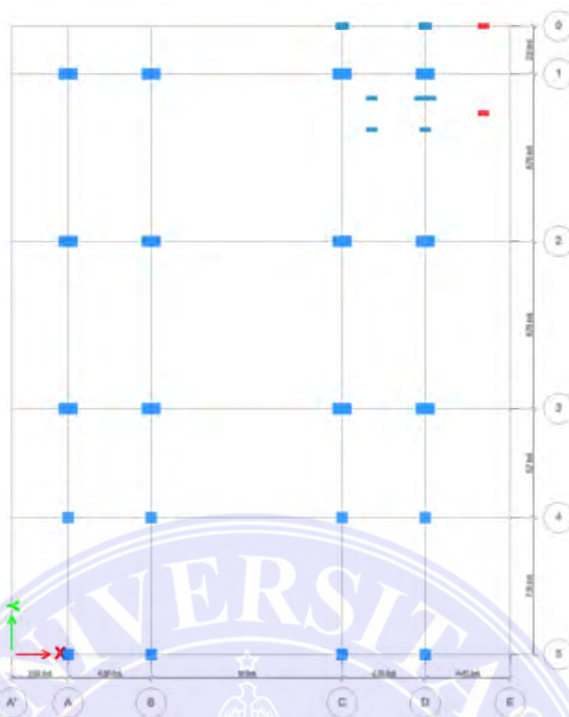
Penggambaran elemen struktur dimulai dengan penggambaran elemen kolom, balok kemudian pelat

- a. Penggambaran Elemen Kolom dapat dilakukan dengan pilih *Set View* , kemudian pada *toolbar* kiri pilih *Quick Draw Columns*, maka akan muncul *boxes Properties of Object* seperti tampilan dibawah, dipilih *moment releases continuous* karena kolom bersifat monolit dan menerus setinggi bentang.



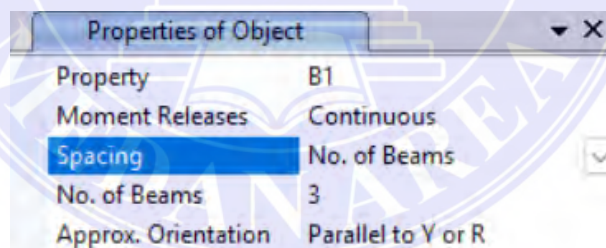
Gambar 22. *Property Of Object* untuk Kolom

- b. Kemudian klik kolom pada pojok kiri atas *drag* hingga pojok kanan bawah untuk posisi kolom yang akan Digambar, seperti pada gambar berikut, gunakan *fitur similar story* dan *master story* untuk mempermudah penggambaran kolom yang bervariasi dimensinya.



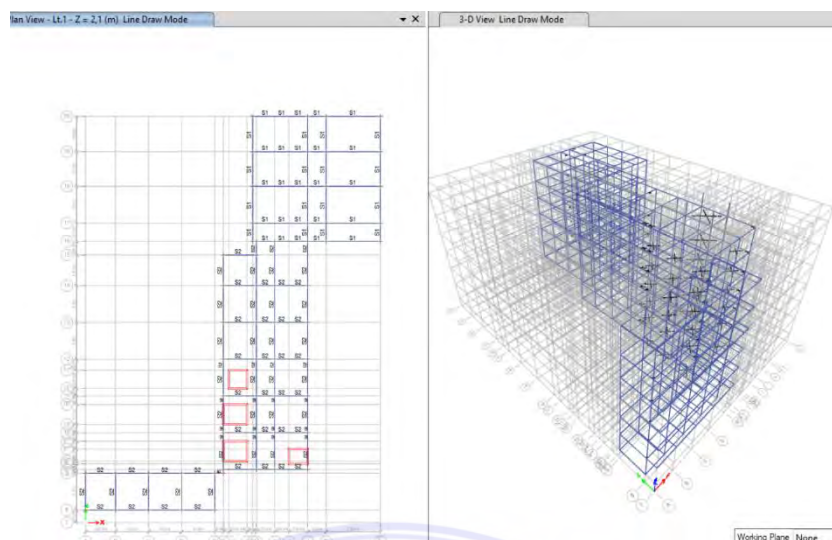
Gambar 23. Penggambaran Elemen Kolom

- c. Penggambaran Elemen Balok dapat dilakukan sama seperti penggambaran elemen kolom dengan memilih *Quick Draw Beams* pada *toolbar* kiri



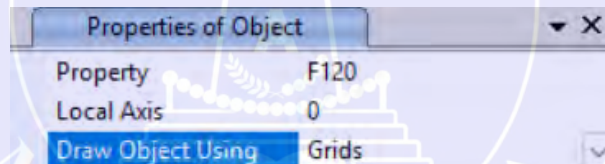
Gambar 24. *Property Of Object* Untuk Balok

- d. Untuk mempermudah penggambaran elemen yang sejenis dapat digunakan fitur *Edit* → *Replicate (Ctrl+R)* ke lantai lainnya.

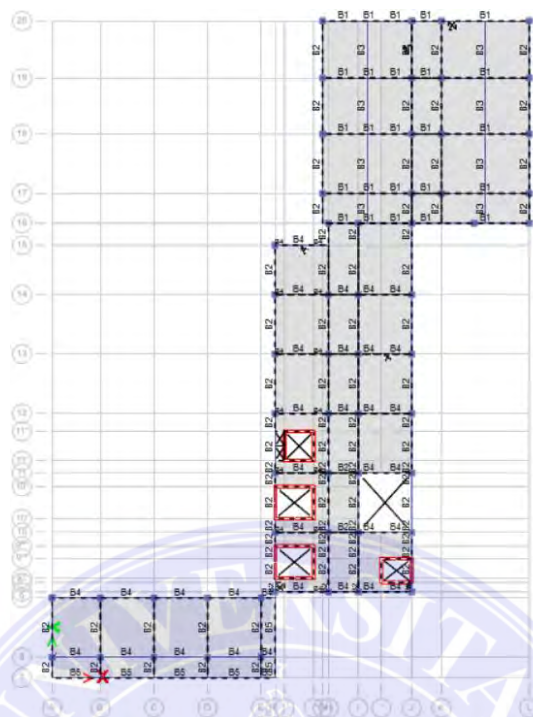


Gambar 25. 3D View dan Plan View Untuk Balok

- e. Untuk penggambaran Elemen Pelat dapat dilakukan dengan pilih *Quick Rectangular Floor*, maka akan muncul *boxes Properties of Object* seperti tampilan dibawah, lalu klik titik pada A3 lalu klik area yang ingin digambar.



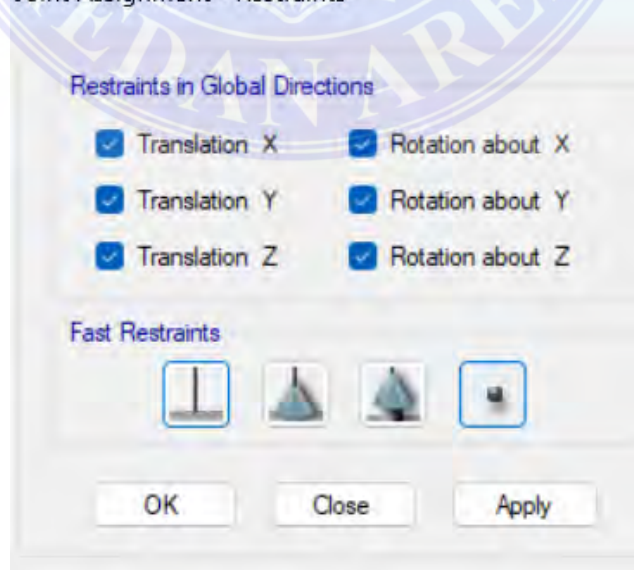
Gambar 26. Property Of Object Untuk Pelat



Gambar 27. Penggambaran Elemen Pelat

- f. Pemodelan perletakan pada struktur dapat dilakukan dengan ubah plan view ke *Base Z=0* lalu blok semua *joint* lalu pilih menu *Assign* → *Joint* → *Restraints* → *Select Fast Restraints* jika perletakan sendi → *Apply*

Joint Assignment - Restraints

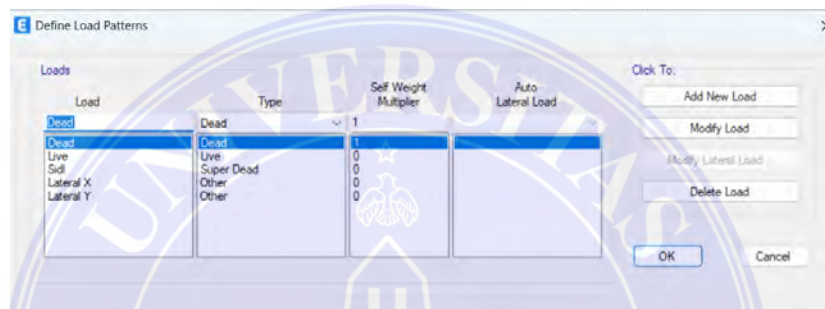


Gambar 28. Joint Assignment

6. Pembebanan Pada Elemen Struktur

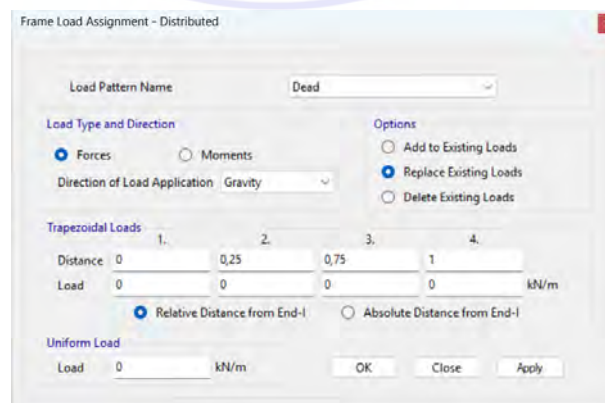
Pemberian beban pada struktur yang telah didapatkan dari perhitungan yang kemudian di buat menggunakan program bantu ETABS dengan langkah- langkah sebagai berikut :

- a. Membuat beban statik yang bekerja pada struktur Pada menu *Define* → *Load Pattern*, isikan beban mati (*DL*), beban mati tambahan (*SIDL*), beban hidup (*LL*), seperti pada Gambar 29.



Gambar 29. *Define Static Load Pattern*

- b. *Input* beban mati pada balok dengan *Select* balok yang ingin diberikan beban, kemudian *Assign* → *Frame Loads* → *Distributed*, pada *Load Pattern Name* isi *DL*, kemudian pada *Trapezoidal Loads Distance* isi Jarak dari beban tersebut dan pada *Load* isi nilai beban pada balok tersebut, seperti pada Gambar 30.



Gambar 30. *Input Beban Mati Pada Balok*

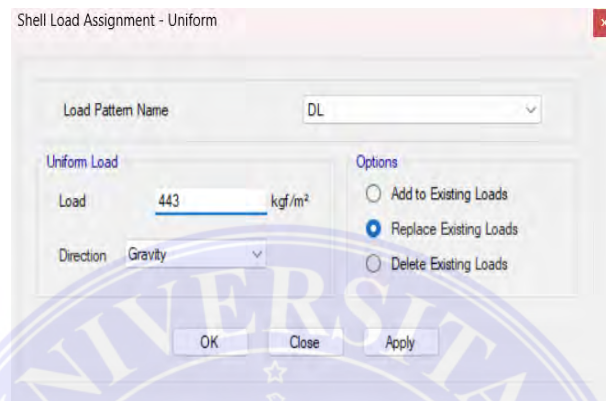
- c. *Input* beban hidup pada balok dengan *Select* balok yang ingin diberikan beban, kemudian *Assign* → *Frame Loads* → *Distributed*, pada *Load Pattern Name* isi *LL*, kemudian pada *Trapezoidal Loads Distance* isi Jarak dari beban tersebut dan pada *Load* isi nilai beban pada balok tersebut, seperti pada Gambar 31.

Gambar 31. *Input* Beban Hidup Pada Balok

- d. *Input* beban mati tambahan pada dinding dengan pilih balok pada bangunan mulai dari lantai *Basement* sampai dengan lantai *Atap Lift* dengan klik balok yang menjadi tumpuan dinding, lalu *Assign* → *Frame Loads* → *Distributed*, pada *Load Pattern Name* isi *SIDL*, lalu pada *Uniform Load* isikan nilai beban pada balok tersebut, seperti pada gambar 32.

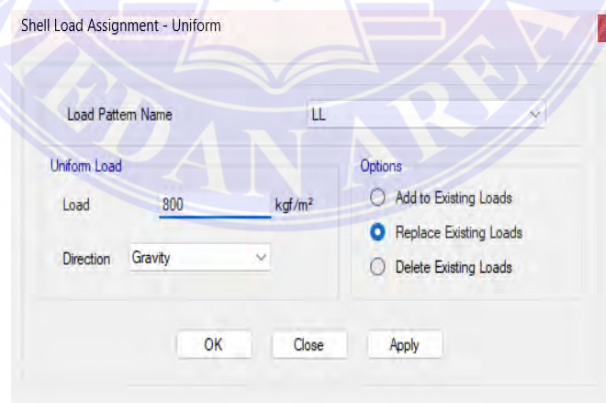
Gambar 32. *Input* Beban Mati Tambahan Pada Balok

- e. *Input* beban mati pada pelat dengan *Select* pelat yang ingin diberikan beban, kemudian *Assign* → *Shell Loads* → *Uniform*, pada *Load Pattern Name* isi *DL*, kemudian pada *Uniform Load* isikan nilai beban pada pelat tersebut, seperti pada Gambar 33.



Gambar 33. *Input* Beban Mati Pada Pelat

- f. *Input* beban hidup pada pelat dengan *Select* pelat yang ingin diberikan beban, kemudian *Assign* → *Shell Loads* → *Uniform*, pada *Load Pattern Name* isi *LL*, kemudian pada *Uniform Load* isikan nilai beban pada pelat tersebut, seperti pada Gambar 34.



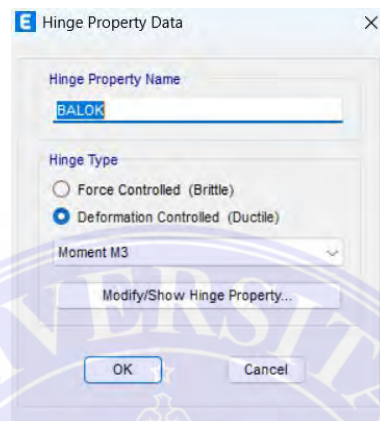
Gambar 34. *Input* Beban Hidup Pada Pelat

7. Pendefinisian *Hinges*

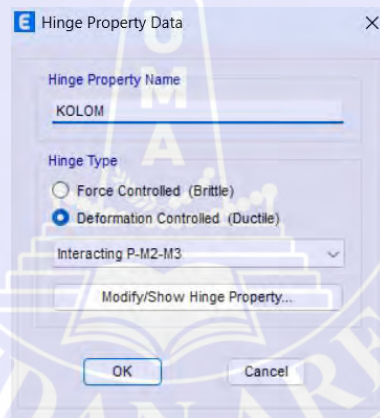
Tahapan selanjutnya membuat properti sendi plastis sesuai standar ATC-

40. Pada ETABS, hal ini dilakukan melalui menu *Define* → *Section*

Properties → *Frame/Wall Nonlinear Hinges*, *Add New* isi Balok (*Beam*) pada *Property Name* dan *Hinges Type* *M3* untuk balok, kemudian *Add Copy Of Property*, isi Kolom (*Column*) pada *Property Name* dan *Hinges Type* *P-M2-M3* untuk kolom. Seperti Pada Gambar 35 dan 36.

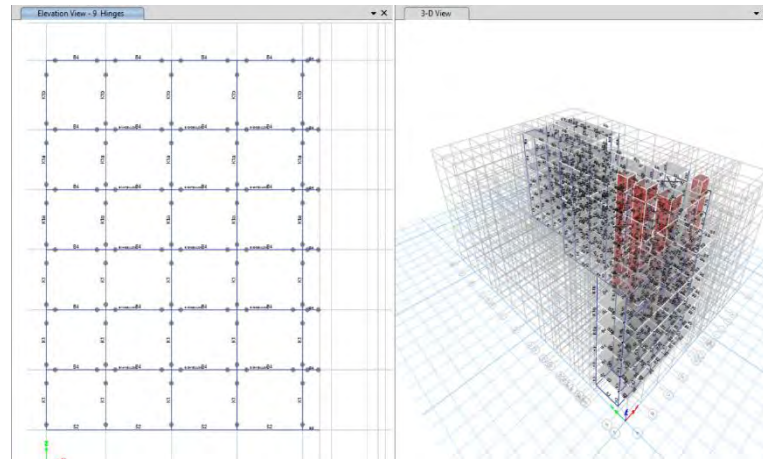


Gambar 35. *Hinges Property* Balok



Gambar 36. *Hinges Property* Kolom

Setelah properti *hinges* dibuat, tahap selanjutnya adalah mengaplikasikan sendi plastis pada elemen balok dan kolom sesuai lokasi kritis, langkah-langkah pendefinisian *Hinges*: *Select* → *Properties* → *Frame Section* → Pilih Balok, selanjutnya *Assign* → *Frame* → *Hinges* → isi 0,1 dan 0,9 yang akan membagi tumpuan dan lapangan, kemudian Ok. Langkah yang sama untuk kolom, seperti gambar 37.

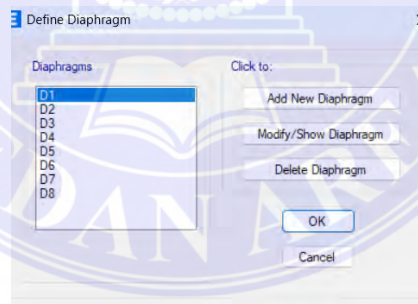


Gambar 37. Pendefinisian Hinges Kolom dan Balok

8. Pemberian *Diaphragms*

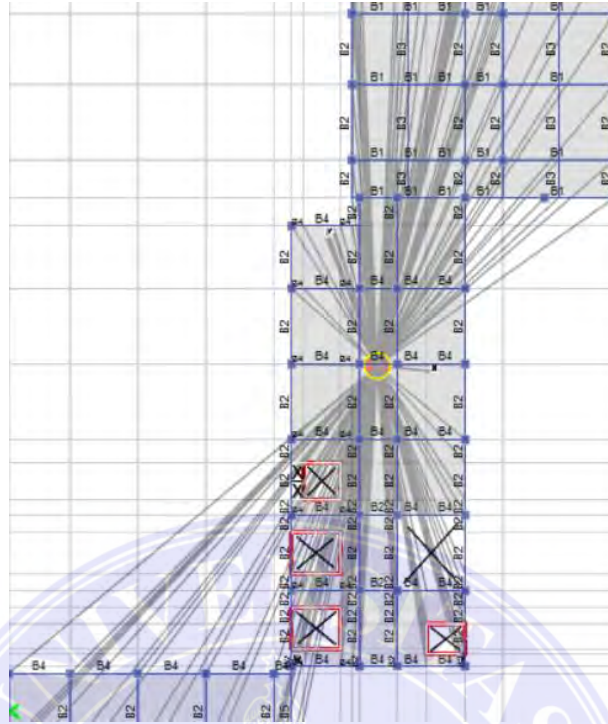
Pelat dianggap sebagai *diaphragms* kaku untuk memberikan sifat yang monolit kepada pelat agar saat gedung diberi beban lateral, elemen pelat, balok dan kolom bergerak secara bersamaan.

- a. Proses dilakukan dengan memilih *Define* → *Diaphragms* → *Add New Diaphragms*, *Rigidity* pilih *Rigid* dan OK, isi *Diaphragm* D1-D8.



Gambar 38. *Diaphragms*

- b. Proses *input Diaphragms* dilakukan dengan memilih seluruh pelat, kemudian masuk ke menu *Assign* → *Shell* → *Diaphragms*, pada *Assignments* pilih D1 untuk *Diaphragms* lantai 1, begitu seterusnya hingga lantai 8 (*atap lift*)

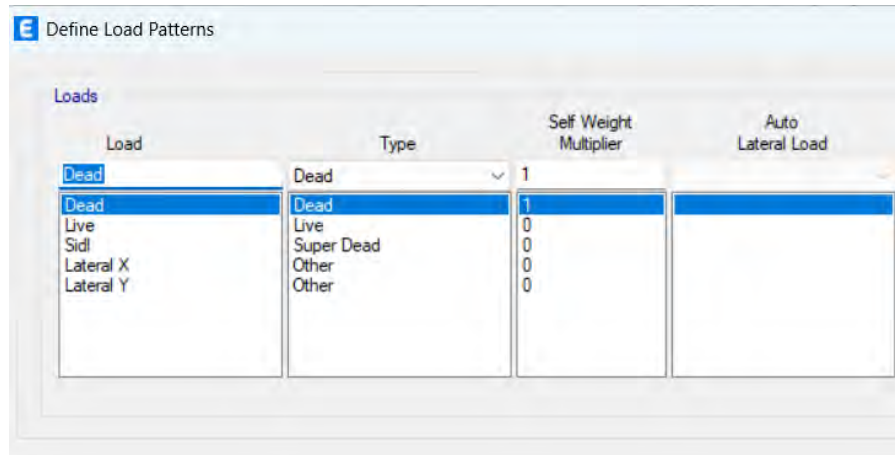


Gambar 39. Input Diaphragms

9. Pembebanan *Lateral*

Pola beban *lateral* ditentukan berdasarkan distribusi beban gempa pada pusat massa tiap lantai. Beban ini didefinisikan dalam *Load Pattern* dengan nama *Lateral-X* dan *Lateral-Y* untuk arah X dan Y. Pembebanan *lateral* bersifat monoton meningkat (*incremental static load*) yang akan mendorong struktur hingga mencapai simpangan target.

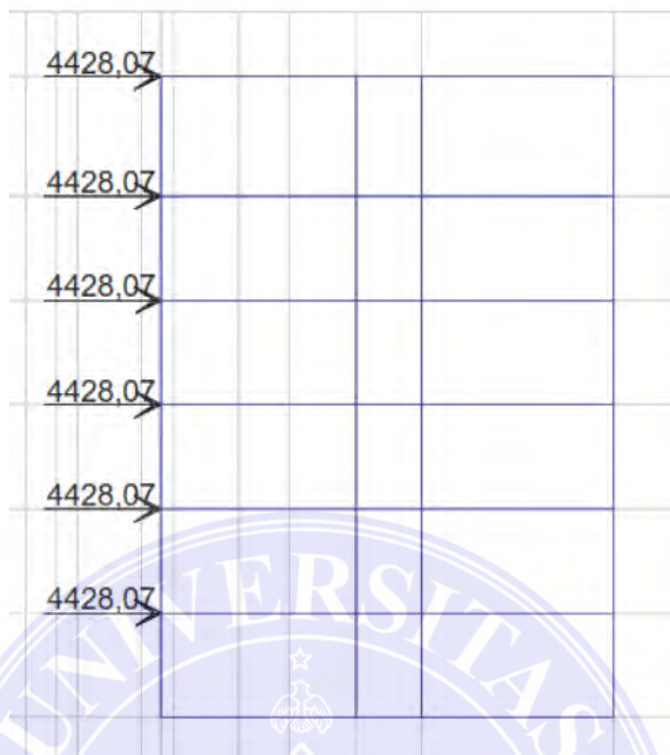
- a. Proses dilakukan dengan masuk ke menu *Define* → *Load Pattern* → Klik *Add New Load*, lalu beri nama *Lateral-X* untuk arah X dan *Lateral-Y* untuk arah Y, pada kolom *Load Type*, pilih opsi *Other*.



Gambar 40. Define Load Pattern Lateral X dan Y

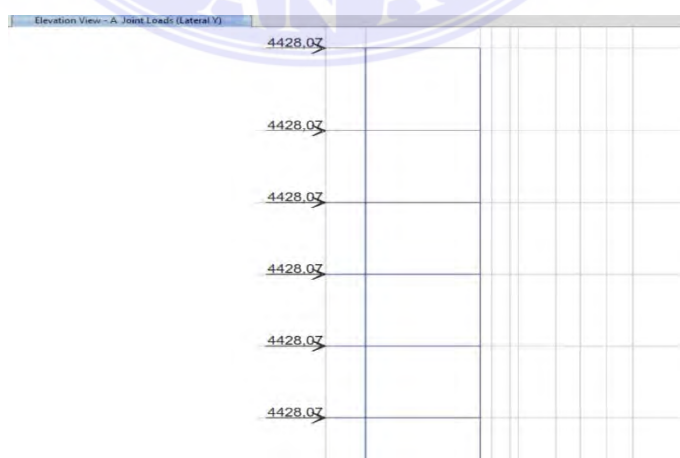
- b. Setelah *Load Pattern Lateral-X* dan *Lateral-Y* didefinisikan, tahap berikutnya adalah mengaplikasikan beban *lateral* ke model struktur. Tujuannya agar setiap lantai menerima distribusi beban dorong sesuai pusat massa (CM) dan berat lantai masing-masing. Langkah-langkah pengaplikasiannya sebagai berikut:

Mengaplikasikan Beban *Lateral* Arah-X, pilih node struktur bagian terluar yang akan di dorong kearah X, masuk ke menu *Assign* → *Joint Loads* → *Force*, pilih *Load Pattern Lateral-X*, masukkan nilai beban *Lateral* sesuai distribusi beban gempa (proporsional terhadap berat lantai). Terapkan pada seluruh lantai dari tingkat dasar hingga atap.



Gambar 41. *Input Lateral Load Arah-X*

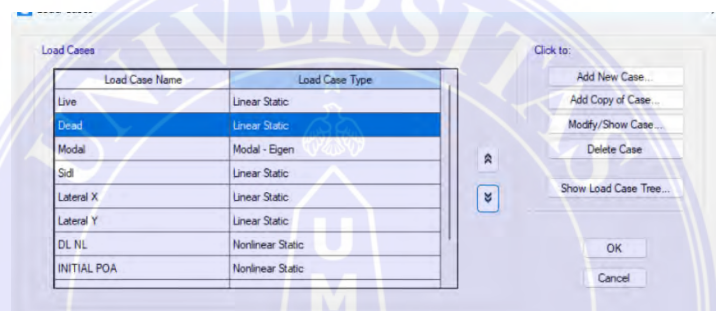
Mengaplikasikan Beban *Lateral* Arah-Y, pilih *node* struktur bagian terluar yang akan di dorong kearah Y, masuk ke menu *Assign* → *Joint Loads* → *Force*, pilih *Load Pattern Lateral-Y*, masukkan nilai beban *Lateral* sesuai distribusi beban gempa (proporsional terhadap berat lantai). Terapkan pada seluruh lantai dari tingkat dasar hingga atap.



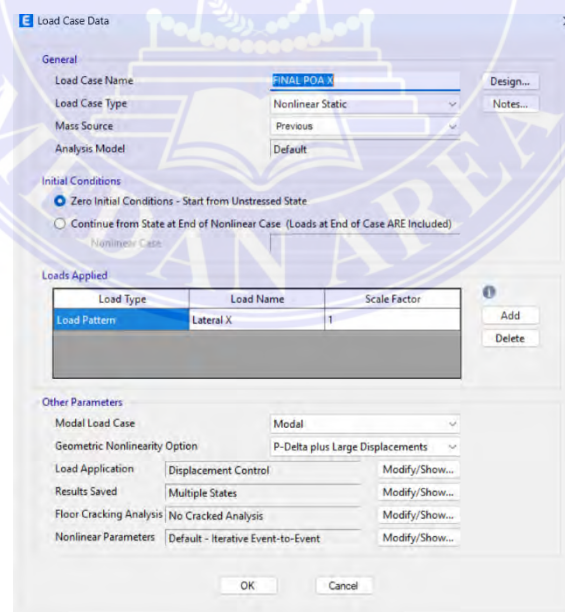
Gambar 42. *Input Lateral Load Arah-Y*

10. Setting Pushover Analysis

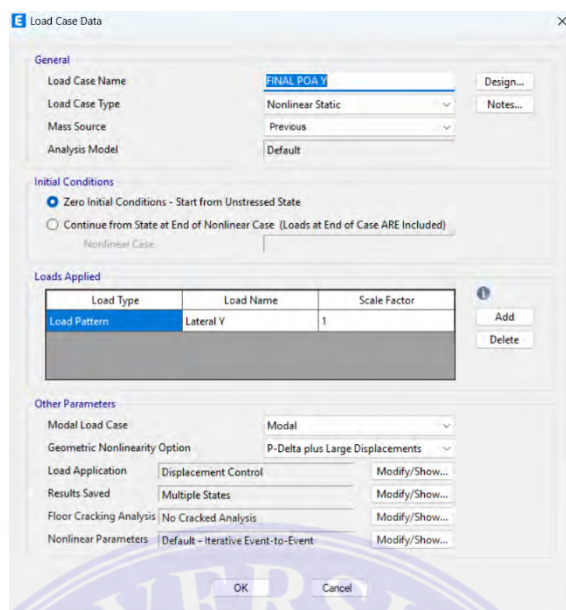
Tahapan terakhir adalah mendefinisikan *Load Cases pushover*. Pada menu *Define* → *Load Cases*, dibuat dua kasus analisis yaitu *Pushover-X* dan *Pushover-Y* dengan pengaturan sebagai berikut: jenis *analisis Nonlinear Static (Pushover)*, *Control displacement* diambil pada *node* atap (*roof level*), pola beban: POA-X dan POA-Y, target *displacement* ditentukan berdasarkan ATC-40 atau acuan SNI 1726:2019. Seperti pada gambar 43, 44 dan 45



Gambar 41 Define Static Load Cases



Gambar 24. Setting Final Pushover Arah-X



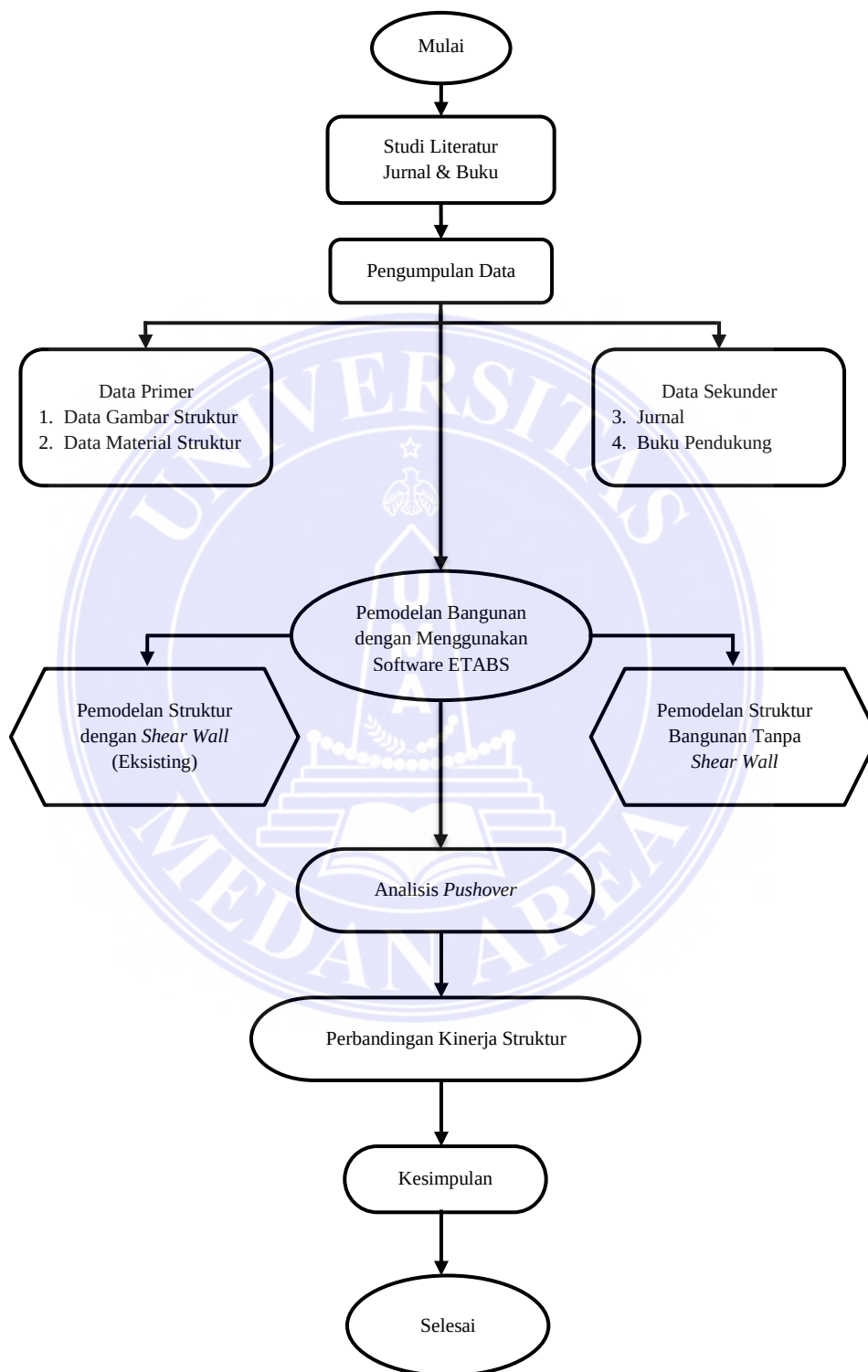
Gambar 45 Setting Final Pushover Arah-Y

3.8 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir dalam penelitian ini disusun untuk memberikan alur logis dan sistematis dari proses analisis yang dilakukan dalam membandingkan kinerja struktur RSU Madani antara kondisi dengan dan tanpa *shear wall*. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur terhadap jurnal dan buku-buku teknik sipil terkini guna memperoleh landasan teori yang kuat mengenai perilaku struktur bangunan tahan gempa, khususnya efektivitas penggunaan *shear wall* sebagai elemen struktural utama dalam menahan gaya lateral akibat gempa. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data, baik data primer berupa gambar teknis struktur, detail elemen struktural, dan spesifikasi material bangunan, maupun data sekunder berupa referensi pendukung dari hasil penelitian terdahulu dan standar-standar perencanaan struktur yang relevan.

Data-data yang terkumpul selanjutnya dimanfaatkan dalam proses pemodelan struktur bangunan secara digital menggunakan perangkat lunak ETABS yang telah terverifikasi. Pemodelan dilakukan dalam dua kondisi pembanding, yakni kondisi eksisting dengan elemen *shear wall* sebagaimana kondisi nyata bangunan, serta kondisi modifikasi yang menghilangkan *shear wall* untuk menguji dampaknya terhadap kinerja struktur. Setelah itu, dilakukan analisis pushover sebagai metode statik nonlinier untuk mengevaluasi respons inelastik struktur terhadap beban lateral yang terus ditingkatkan. Hasil dari kedua skenario dianalisis dan dibandingkan berdasarkan parameter teknis seperti simpangan lateral maksimum, gaya geser dasar (*base shear*), distribusi plastisitas, serta tingkat kinerja struktur berdasarkan kriteria FEMA 356. Seluruh tahapan tersebut disajikan secara

visual dan menyeluruh dalam Kerangka Berpikir yang ditampilkan pada Gambar 46.



Gambar 46. Kerangka Berpikir

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pushover yang telah dilakukan terhadap struktur RSU Madani Medan, diperoleh bahwa kinerja struktur baik pada kondisi dengan dinding geser maupun tanpa dinding geser masih berada dalam level *Immediate Occupancy* (IO). Mengacu pada ketentuan ATC-40 yang diterbitkan oleh *Applied Technology Council*, batas *drift* untuk kategori *Immediate Occupancy* adalah $\leq 1\%$ (0,01). Pada model dengan dinding geser, nilai *drift* maksimum sebesar 0,00538 (0,538%) pada arah X dan 0,000199 (0,0199%) pada arah Y. Sementara itu, pada model tanpa dinding geser diperoleh *drift* maksimum sebesar 0,00294 (0,294%) pada arah X dan 0,000236 (0,0236%) pada arah Y. Seluruh nilai tersebut berada jauh di bawah batas 1%, sehingga memenuhi kategori *Immediate Occupancy*.

Hasil evaluasi berdasarkan FEMA 440 dari *Federal Emergency Management Agency* menunjukkan bahwa *drift ratio* maksimum pada struktur dengan dinding geser sebesar 0,059100% pada arah X dan 0,02300% pada arah Y, sedangkan pada struktur tanpa dinding geser sebesar 0,056700% pada arah X dan 0,065400% pada arah Y. Nilai tersebut juga masih berada di bawah batas 1% yang dipersyaratkan untuk kategori IO.

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa struktur dengan dinding geser memiliki kapasitas base shear yang lebih besar dan simpangan yang lebih terkendali dibandingkan struktur tanpa dinding geser, yang menandakan kekakuan dan stabilitas lateral yang lebih baik. Meskipun demikian, kedua model tetap berada pada level kinerja *Immediate Occupancy*. Level kinerja ini menunjukkan bahwa

kerusakan struktural yang terjadi sangat minimal, tidak terjadi penurunan kekuatan yang signifikan, serta bangunan masih dapat langsung difungsikan kembali setelah gempa rencana.

Dengan demikian, berdasarkan data hasil analisis dan kriteria ATC-40 serta FEMA 440, struktur RSUD Madani Medan dinyatakan aman secara struktural dan memenuhi persyaratan kinerja seismik bangunan rumah sakit, serta tetap layak operasional sebagai bangunan vital pascagempa, dengan kinerja yang lebih optimal pada model yang menggunakan dinding geser.

5.2. Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Untuk memperoleh hasil evaluasi struktur yang lebih akurat, analisis dapat dilanjutkan dengan menggunakan metode analisis *time history*.
2. Guna mendapatkan hasil analisis nonlinier yang optimal, nilai *running null steps* dan *total steps* pada parameter nonlinier sebaiknya ditingkatkan sebelum proses analisis dijalankan.
3. Perlu dilakukan perhatian yang lebih cermat terhadap pemilihan dan penetapan parameter-parameter yang digunakan dalam proses analisis pushover dengan bantuan perangkat lunak, agar hasil analisis yang diperoleh lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Prasetio, A. B., Andespa, R., Lhokseumawe, P. N., & Pengantar, K. (2020a). Pengaruh Variasi Zonasi Kerawanan Gempa Bumi Terhadap Perilaku Seismik Struktur Bangunan Tahan Gempa di Yogyakarta. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41–49.
- Al Islamy, M. Z. (2024, December). PERANCANGAN SHEARWALL PADA PROYEK RUSUN DOSEN POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM SEMARANG. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil* (Vol. 6, No. 1, pp. 365-380).
- Applied Technology Council (ATC). (1996). *ATC-40: Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings* (Vol. 1). California: Seismic Safety Commission, State of California.
- AUDRA FIRMANSYAH AMANULLAH. (2025). ANALISIS PERMODELAN STRUKTUR RUMAH SAKIT DENGAN PENAMBAHAN ALAT PEREDAM FLUID VISCOUS DAMPER UNTUK KETAHANAN GEMPA (Studi Kasus: Rumah Sakit Umum Daerah Ngudi Waluyo Wlingi). *Doctoral Dissertation, Universitas Islam Balitar, Blitar, 21101120005*.
- 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.
- Bima Setyadi M. (2023). EVALUASI SEISMIK STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT DENGAN ANALISIS STATIK NONLINIER (PUSHOVER) MENGGUNAKAN PROGRAM ETABS (Studi Kasus : Gedung Multazam Asrama Haji, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung). *Universitas Islam Indonesia*, 3(2). <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/48335%0Ahttps://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/48335/17511181.pdf?sequence=1>
- Damayanti, W. O. D. (2022). ANALISIS KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BERLANTAI BANYAK DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM DINDING GESER PELAT BAJA= ANALYSIS OF STRUCTURE PERFORMANCE IN MULTI-STORY BUILDINGS USING STEEL PLATE SHEAR WALL SYSTEM (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).

- Dewobroto, W. (2005). *Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover*. Universitas Pelita Harapan.
- Dwinata, A. (2022). *Perencanaan bangunan bertingkat tinggi dengan sistem struktur flat plate-core wall* [Skripsi, Universitas Gadjah Mada].
- Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2005). *FEMA 440: Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures*. Washington, DC: FEMA.
- Harijoko, A., Puspitasari, D., Prabaningrum, I., Prastika, K. P., & Wijayanti, N. F. (2021). *Manajemen penanggulangan bencana dan pengurangan risiko bencana di Indonesia*. Ugm press.
- Haryanto, E. Z. (2022). *Analisis perilaku struktur terhadap penempatan shearwall pada The Palace Appartement & Condotel Yogyakarta (Analysis of structural behavior on shearwall placement at The Palace Appartement & Condotel Yogyakarta)*. Universitas Islam Indonesia.
- Hengky, C. (2024). *Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Suryakencana*. 1–9.
- Herlota, A. (2024). *Skripsi Studi Respon Spektrum Gempa Pada Kota Makassar Menggunakan Metode Nonlinear*.
- Jefri, M. (2023). *Pengaruh Kekuatan Struktur Shear Wall pada Proyek Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) Medan*.
- Manga, J., & Tanijaya, J. (2024). *Struktur Gedung Tahan Gempa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)*. <https://alarsymedia.com/wp-content/uploads/2024/12/STRUKTUR-GEDUNG-TAHAN-GEMPA-KOMPRESS.pdf>
- Mardhiyah, A. (2025). *Analisis Gaya Gempa Vertikal dan Horizontal Berdasarkan Mode Shape Dominan pada Jembatan Sei Wampu*. *Journal of Infrastructure and Civil Engineering*, 5(3), 193-204.
- Nasr, N. E., Fayed, N. M., Hussien, G., & El-Makhlasi, A. M. (2021). *Evaluation of response modification factor for shear wall with openings in multi-storey buildings*. *Al-Azhar University Civil Engineering Research Magazine (CERM)*, 43(3), 55–76.
- Nathasya, H. (2024). *No Title*. *Edu Research Indonesian Institute For Corporate Learning And Studies (IICLS)*, 5(1), 70–80.
- Nugraha, C. G. E., Sinarta, I. N., & Aryastana, P. (2025). *Building Structure Performance Analysis With and Without Shear Walls: Using Pushover Analysis*.
- Pattiwael, K., Frans, P. L., & Hutubessy, V. R. (2024). *Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Menggunakan Metode Static Non-Linear (Studi*

- Kasus: Gedung DPRD Kabupaten Maluku Tengah). *Journal Agregate*, 3(2), 65-75.
- Pratama, D. A. (2020). *Analisis perilaku kolom beton bertulang dengan perkuatan spiral terhadap beban aksial dan lateral* [Skripsi, Universitas Gadjah Mada].
- Saputra, D. F., Yuwono, A., & Pranata, G. (2019). ANALISIS PUSHOVER PADA TIANG PANCANG KOTAK TUNGGAL DENGAN METODE ELEMEN HINGGA. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 87-96.
- Seenivasan, R., & Sivanandam, K. (2023). *State-of-the-art report: various reinforcement techniques for monolithic cast-in-situ RC beam-column joint*. *Asian Journal of Civil Engineering*, 24, Article 57.
- Simanjuntak, P. (2020). Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan - CENTECH*, 1(1), 44–53. <https://doi.org/10.33541/cen.v1i1.1425>
- Syafitri, Y., Bahtiar, B., & Didik, L. A. (2020). Analisis Pergeseran Lempeng Bumi Yang Meningkatkan Potensi Terjadinya Gempa Bumi Di Pulau Lombok. *Konstan - Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika*, 4(2), 139–146. <https://doi.org/10.20414/konstan.v4i2.43>
- Tanijaya, J. O. N. I. E., & Jumawan, F. A. R. I. S. (2024). Struktur Gedung Tahan Gempa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
- Zega, B. C., Prasetyono, P. N., Nadiar, F., & Triarso, A. (2022). Desain Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa Menggunakan SNI 1729: 2020. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 108-113.



