

**PENGARUH PENAMBAHAN *SHEAR WALL* TERHADAP
KINERJA SEISMIK STRUKTUR GEDUNG RUKO
BERTINGKAT CITRALAND SAMPALI R5/61–79
MENGUNAKAN ANALISIS STATIK NONLINEAR
*PUSHOVER***

SKRIPSI

OLEH:

**ENJEL GLORIA OKTAVIANANDA
228110031**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 30/7/26

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

Access From (repositori.uma.ac.id)30/7/26

**PENGARUH PENAMBAHAN *SHEAR WALL* TERHADAP
KINERJA SEISMIK STRUKTUR GEDUNG RUKO
BERTINGKAT CITRALAND SAMPALI R5/61–79
MENGUNAKAN ANALISIS STATIK NONLINEAR
*PUSHOVER***

SKRIPSI

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



Oleh:

**ENJEL GLORIA OKTAVIANANDA
228110031**

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan *Shear Wall* terhadap Kinerja Seismik Struktur Gedung Ruko Bertingkat Citraland Sampali R5/61-79 Menggunakan Analisis Statik Nonlinear *Pushover*
Nama : Enjel Gloria Oktaviananda
NPM : 228110031
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing



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



Dr. Erni Setiawan, S.T., M.T.
Dekan



Tiko Ernita Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : Medan, 10 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 : Enjel Gloria Oktaviananda
NPM : 228110031
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 : Pengaruh Penambahan *Shear Wall* terhadap Kinerja Seismik Struktur Gedung Ruko Bertingkat Citraland Sampali R5/61–79 Menggunakan Analisis Statik Nonlinear *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 : 10 Maret 2026
Yang menyatakan

(Enjel Gloria Oktaviananda)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sidiakalng pada tanggal 07 Oktober 2004 dari Ayah Tumpal Kekelengen Bako, S.E. dan Ibu Vera Netti Handelona Silalahi Penulis merupakan putri ke 1 dari 4 bersudara. Tahun 2022 Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Sidikalang dan pada tahun 2022 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Ruko R5 Citraland Sampali dimana saya di bawah naungan PT. Artpank Project Citrasarana yang berkolaborasi dengan Ciputra Grup.



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 Struktur dengan judul Perbandingan Kinerja Seismik Struktur Gedung Ruko Bertingkat Citraland Sampali R5/61–79 Dengan Dan Tanpa *Shearwall* Menggunakan Analisis Statik Nonlinier *Pushover*. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada teman – teman sipil 22 yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis

(Enjel Gloria Oktaviananda)

ABSTRAK

Indonesia merupakan wilayah dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi, sehingga evaluasi kinerja struktur bangunan menjadi aspek yang krusial dalam menjamin keamanan dan keandalan konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan *shear wall* terhadap kinerja seismik struktur gedung ruko bertingkat Citraland Sampali R5/61–79 melalui analisis statik nonlinear (*Pushover*). Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS dengan perhitungan beban mati dan beban hidup yang mengacu pada SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI 1727:2020, serta PUSGEN, dengan mengacu pada level kinerja berdasarkan FEMA 356. Pemodelan dilakukan pada dua kondisi, yaitu struktur eksisting tanpa *shear wall* dan struktur dengan penambahan *shear wall*, yang kemudian dibandingkan berdasarkan kapasitas, simpangan atap, story drift, serta tingkat kinerja struktur. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan *shear wall* meningkatkan kapasitas geser sebesar 38% serta mengurangi perpindahan lateral sebesar 44%. Selain itu, terjadi penurunan simpangan atap sebesar 23% dan penurunan story drift sebesar 20%. Penerapan *shear wall* juga mengakibatkan perubahan tingkat kinerja struktur dari level Life Safety (LS) menjadi Immediate Occupancy (IO). Meskipun demikian, model dengan *shear wall* menunjukkan respons struktur yang lebih kaku, stabil, dan aman. Dengan demikian, penambahan *shear wall* terbukti efektif dalam meningkatkan kekuatan lateral, mengurangi deformasi, serta memperbaiki ketahanan seismik bangunan ruko bertingkat sebagai salah satu strategi retrofit struktur di wilayah rawan gempa.

Kata Kunci: Struktur, *Shearwal*, Kinerja Seismik, *Analisis Pushover*, *Life Safety (LS)*, *Immediate Occupancy (IO)*

ABSTRACT

Indonesia is located in a region with a high level of seismic activity; therefore, evaluating the performance of building structures is a crucial aspect in ensuring construction safety and reliability. This study aims to evaluate the effect of adding shear walls on the seismic performance of a multi-story shop-house building at Citraland Sampali R5/61–79 through nonlinear static (Pushover) analysis. The analysis was conducted using ETABS software, with dead and live load calculations referring to SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI 1727:2020, as well as PUSGEN, and performance levels based on FEMA 356. The modeling was carried out under two conditions, namely the existing structure without shear walls and the structure with additional shear walls, which were then compared in terms of capacity, roof displacement, story drift, and structural performance level. The results indicate that the addition of shear walls increases the base shear capacity by 38% and reduces lateral displacement by 44%. In addition, roof displacement decreases by 23%, and story drift decreases by 20%. The implementation of shear walls also results in a change in the structural performance level from Life Safety (LS) to Immediate Occupancy (IO). Furthermore, the model with shear walls demonstrates a stiffer, more stable, and safer structural response. Therefore, the addition of shear walls is proven to be effective in enhancing lateral strength, reducing deformation, and improving the seismic resistance of multi-story shop-house buildings as a retrofit strategy in earthquake-prone areas.

Keywords: Structure, Shear Wall, Seismic Performance, Pushover Analysis, Life Safety (LS), Immediate Occupancy (IO)

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 PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRAC	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
 BAB I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	 6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu	9
2.3 Konsep Dasar Kinerja Seismik	10
2.3.1 Prinsip Dasar Analisis <i>Pushover</i>	14
2.3.2 Parameter Utama Dalam Analisis <i>Pushover</i>	16
2.3.3 Mekanisme Pembentukan Sendi Plastis	17
2.4 ETABS Sebagai Perangkat Analisis Struktur	20
2.4.1 Fitur Utama Dalam Analisis <i>Pushover</i>	22
2.4.2 Keunggulan dan Keterbatasan Dibandingkan Perangkat Lunak Lain	23
2.4.3 Evaluasi kinerja Seismik Struktur Gedung Bertingkat	24
2.4.4 Karakteristik Struktur Gedung Bertingkat.....	25
2.5 Standar dan Pedoman Terkait.....	26
2.5.1 Pedoman FEMA 440 dalam Evaluasi Kapasitas Struktur	27
2.5.2 SNI 1726:2019 Tentang Perencanaan Ketahanan Gempa	28
2.6 Kriteria Karakteristik Bangunan.....	30
2.6.1 Tingkat Kinerja Bangunan Berdasarkan FEMA 440	31
2.6.2 Metode Penilaian Kinerja Berdasarkan Target Displacement	32
2.7 Pembebanan.....	34

2.7.1 Beban Mati.....	35
2.7.2 Beban Hidup	36
2.7.3 Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019	36
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	40
3.1 Metode Penelitian	41
3.1.1 Pendekatan Penelitian.....	41
3.1.2 Jenis Data yang Digunakan	42
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	43
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	43
3.4 Metode Pengumpulan Data	43
3.4.1 Data Ekisting struktur ruko Citraland	43
3.4.2 Proses Pemodelan Ulang dengan ETABS	44
3.5 Metode Analisis Data	50
3.5.1 Simulasi Analisis <i>Pushover</i> Dengan ETABS.....	50
3.5.2 Evaluasi Kapasitas Evaluasi Kapasitas Elemen Struktur Berdasarkan Kurva Kapasitas.....	61
3.5.3 Penilaian Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan Pedoman FEMA 365	61
3.6 Kerangka Berfikir	64
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	65
4.1 Hasil Pemodelan	65
4.1.1 Pemodelan Struktur Ruko 4 lantai Pada Etabs	65
4.1.2 Perhitungan Pembebanan.....	65
4.2 Hasil Hasil Simulasi Analisis <i>Pushover</i> Menggunakan ETABS	73
4.2.1 Kurva Kapasitas (<i>Pushover Curve</i>)	74
4.2.2 Story Max Over Avg Displacements	78
4.2.3 <i>Story Drift</i>	82
4.2.4 <i>Story Drift Ratio</i>	85
4.3 Pembahasan	88
4.3.1 Evaluasi Kapasitas Struktur Berdasarkan <i>Pushover</i> <i>Curve</i>	88
4.3.2 Analisis Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan FEMA 356.....	88
4.3.3 Implikasi Hasil Penelitian Terhadap Keamanan Struktur Ruko 4 Lantai	89
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	92
5.1 Kesimpulan	92
5.2 Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA	x
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perbedaan dengan peneliti terdahulu.....	9
Tabel 2. Tingkat Kinerja Seismik (ATC-40,FEMA 356, ASCE41-17)	12
Tabel 3. Hasil Evaluasi Analisis <i>Pushover</i>	16
Tabel 4. Parameter Utama dalam Analisis <i>Pushover</i>	17
Tabel 5. Jenis dan Karakteristik Sendi Plastis.....	19
Tabel 6. Karakteristik Struktur Gedung Bertingkat.....	26
Tabel 7. Klasifikasi Situs dan Koefisien Seismik.....	30
Tabel 8. Dimensi Struktur Bangunan Penelitian	65
Tabel 9. Beban Mati Qdl lantai 1- 4	67
Tabel 10. Beban Mati Tambahan Atap	67
Tabel 12. Story Max Over Avg Displacements- Final POA X Ruko Eksisting ...	78
Tabel 13. Story Max Over Avg Displacements- Final POA Y Ruko Eksisting ...	79
Tabel 14. Story Max Over Avg Displacements- Final POA X Ruko <i>Shearwall</i> ..	80
Tabel 15. Story Max Over Avg Displacements- Final POA Y Ruko <i>Shearwall</i> ..	80
Tabel 16. <i>Story drifts</i> - Final POA X Ruko Eksisting	81
Tabel 17. <i>Story drifts</i> - Final POA Y Ruko Eksisting	81
Tabel 18. <i>Story drifts</i> - Final POA X Ruko <i>Shearwall</i>	83
Tabel 19. <i>Story drifts</i> - Final POA Y Ruko <i>Shearwall</i>	83
Tabel 20. Story Drift Ratio- Final POA X &Y	85
Tabel 21. <i>Story drifts</i> Ratio - Final POA X & Y	85
Tabel 22. Hasil Penentuan Kinerja Struktur Ruko Eksisting	87
Tabel 23. Hasil Penentuan Kinerja Struktur Ruko <i>Shearwall</i>	87

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1	Kurva Kapasitas Struktur (<i>Pushover Curve</i>) FEMA 356	12
Gambar 2.	Mekanisme Pembentukan Sendi Plastis (teknikaftui.wordpress.com)	19
Gambar 3.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	42
Gambar 4.	Membuat Settingan	44
Gambar 5.	Membuat Model baru.....	45
Gambar 6.	Membuat Grid	45
Gambar 7.	Data Bahan dan Material Beton	46
Gambar 8.	Data Bahan dan Material Ulir	46
Gambar 9.	Data Penampang Kolom	47
Gambar 10.	Data Penampang Balok.....	47
Gambar 11.	Data Penampang Pelat Lantai.....	48
Gambar 12.	Data Penampang Pelat Atap.....	48
Gambar 13.	Data Penampang <i>Shear Wall</i>	49
Gambar 14.	Pemodelan sebelum di Run tanpa <i>Shear Wall</i>	49
Gambar 15.	Pemodelan sebelum di Run menggunakan <i>Shear Wall</i>	50
Gambar 16.	Pemodelan sesudah di Run tanpa <i>Shear Wall</i>	50
Gambar 17.	Pemodelan sesudah di Run menggunakan <i>Shear Wall</i>	51
Gambar 18.	Input Beban Mati Pelat Lantai.....	51
Gambar 19.	Input Beban Hidup Pelat Lantai	52
Gambar 20.	Input Beban Mati Pelat Atap.....	52
Gambar 21.	Input Beban Hidup Pelat Atap.....	53
Gambar 22.	Membuat nama diaphragm.....	53
Gambar 23.	Membuat diaphragm	54
Gambar 24.	Membuat detail hinges.....	54
Gambar 25.	Select Section Pada Kolom	55
Gambar 26.	Input Hinge Pada Kolom.....	55
Gambar 27.	Membuat detail hinges.....	56
Gambar 28.	Select Section Pada Balok.....	56
Gambar 29.	Input Hinge Pada Balok	57
Gambar 30.	Define Load Paterns	57
Gambar 31.	Input Beban Lateral X	58
Gambar 32.	Define Load Paterns	58
Gambar 33.	Input Beban Lateral Y	59
Gambar 34.	Input Static Nonlinier Initial POA.....	59
Gambar 35.	Input Static Nonlinier Final POA X	60
Gambar 36.	Input Static Nonlinier Final POA Y	61
Gambar 37.	Memilih Load Case To Run	61
Gambar 38.	Pemodelan ETABS Ruko Eksisting	64
Gambar 39.	Pemodelan ETABS dengan <i>shearwall</i>	64
Gambar 40.	Kurva Kapasitas (<i>Pushover Curve</i>) Final POA X	75
Gambar 41.	Kurva Kapasitas (<i>Pushover Curve</i>) Final POA Y	75
Gambar 42.	Grafik <i>Pushover Shear wall</i> Arah X.....	77
Gambar 43.	Grafik <i>Pushover Shear wall</i> Arah Y	77

Gambar 44. Grafik <i>Story drifts</i> Final POA X Ruko Eksisting	82
Gambar 45. Grafik <i>Story drifts</i> Final POA Y Ruko Eksisting	82
Gambar 46. Grafik <i>Story drifts</i> - Final POA X Ruko <i>Shearwall</i>	84
Gambar 47. Grafik <i>Story drifts</i> - Final POA Y Ruko <i>Shearwall</i>	84
Gambar 50. Grafik FEMA Ruko Eksisting Arah X	87
Gambar 51. Grafik FEMA Ruko Eksisting Arah Y	87
Gambar 52. Grafik FEMA Ruko <i>Shearwall</i> Arah X	88
Gambar 53. Grafik FEMA Ruko <i>Shearwall</i> Arah Y	88



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketahanan struktur terhadap gempa adalah faktor yang sangat penting dalam perencanaan dan evaluasi bangunan dan Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki tingkat kerawanan gempa bumi yang sangat tinggi (Hakim et al, 2024). Keberadaan wilayah Indonesia pada jalur pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia menjadikan negara ini rentan terhadap aktivitas seismik. Posisi geografis tersebut menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara yang tergolong dalam kawasan Cincin Api Pasifik (*Pacific Ring of Fire*), yaitu jalur seismik yang sangat aktif yang mengelilingi Samudra Pasifik. Dalam penelitian (Winda et al, 2023) menunjukkan bahwa secara geologis Indonesia berada diantara pertemuan 4 lempeng litosferik besar seperti Eurasia, Pasifik, Indo-Australia dan lempeng laut Filipina sehingga menjadikan Indonesia menjadi salah satu negara yang rentan terhadap bencana gempa bumi yang tinggi. Pergerakan lempeng-lempeng tersebut menyebabkan akumulasi energi yang sewaktu-waktu dapat dilepaskan dalam bentuk gempa bumi. Fenomena ini menjadi ancaman nyata bagi keselamatan manusia dan keberlangsungan infrastruktur di berbagai wilayah Indonesia.

Letak geografis Deli Serdang berada pada zona yang dipengaruhi oleh aktivitas sesar aktif . Sesar aktif terdekat yang berpengaruh terhadap wilayah Deli Serdang adalah Sesar Sumatra atau yang juga dikenal dengan nama *Great Sumatra Fault* (Kurniawan et al, 2024). Struktur geologis ini merupakan salah satu sesar terbesar di Indonesia dan membentang sepanjang Pulau Sumatra dari ujung utara

hingga selatan. Banyak bangunan ruko dibangun dengan pertimbangan fungsi ekonomi dan efisiensi biaya, sehingga aspek kinerja seismik sering kali belum menjadi prioritas utama. Kondisi ini berpotensi menimbulkan simpangan lateral yang besar, kerusakan elemen struktur, serta risiko kegagalan bangunan apabila terjadi gempa dengan intensitas sedang hingga kuat. Selain itu, sebagian besar bangunan ruko eksisting di Deli Serdang belum pernah dilakukan evaluasi kinerja seismik secara mendalam dengan mempertimbangkan perilaku inelastik struktur. Oleh karena itu, diperlukan kajian teknis yang mampu menilai dan meningkatkan kinerja seismik bangunan ruko bertingkat melalui solusi struktural yang aplikatif, seperti penambahan *shear wall*, dengan menggunakan metode analisis statik nonlinear *Pushover*, sehingga dapat memberikan gambaran tingkat keamanan struktur serta menjadi dasar rekomendasi perkuatan bangunan di wilayah Deli Serdang yang rawan gempa.

Penelitian ini menjadi semakin penting karena peraturan terkait ketahanan gempa di Indonesia terus mengalami pembaruan, salah satunya tercantum dalam SNI 1726:2019. Penelitian ini memberikan pemahaman ilmiah yang terukur mengenai pengaruh penambahan *shear wall* terhadap perilaku struktur bangunan ruko bertingkat saat menerima beban gempa. Melalui analisis statik nonlinear *Pushover*, penelitian ini mampu menunjukkan perubahan kapasitas lateral, peningkatan kekakuan struktur, serta pola pembentukan sendi plastis sebelum dan sesudah penambahan *shear wall*. Selain itu, penelitian ini secara kuantitatif mengevaluasi penurunan simpangan lateral dan simpangan antar lantai yang berpengaruh langsung terhadap tingkat kerusakan struktur dan keselamatan penghuni. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya menunjukkan

peningkatan kinerja seismik secara konseptual, tetapi juga memberikan dasar teknis yang jelas dalam menentukan efektivitas penambahan *shear wall* sebagai metode perkuatan struktur, sehingga dapat dijadikan acuan dalam perencanaan bangunan baru, evaluasi kinerja bangunan eksisting, serta pengambilan keputusan perkuatan bangunan ruko bertingkat di wilayah rawan gempa seperti Deli Serdang.

Kebaruan penelitian ini terletak pada evaluasi kinerja seismik struktur gedung ruko bertingkat eksisting di kawasan Citraland Sampali R5/61–79 yang pada kondisi awal tidak dirancang dengan elemen *shear wall*, kemudian dimodelkan ulang dengan penambahan *shear wall* dan dianalisis menggunakan metode statik nonlinear *Pushover* untuk membandingkan secara kuantitatif perubahan kapasitas geser dasar, daktilitas, simpangan antar lantai, pola keruntuhan, serta level kinerja struktur berdasarkan performance point. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada bangunan baru atau gedung tipikal, studi ini menekankan pada bangunan ruko eksisting dengan karakteristik denah memanjang dan bukaan besar sehingga memberikan gambaran nyata efektivitas retrofit *shear wall* sebagai strategi peningkatan ketahanan gempa pada bangunan komersial bertingkat rendah–menengah.

1.2 Perumusan Masalah

Gedung ruko bertingkat Citraland Sampali R5/61–79 merupakan bangunan eksisting yang direncanakan tanpa *shear wall* sehingga kemampuan struktur dalam menahan beban gempa perlu dievaluasi. Kondisi tersebut menimbulkan pertanyaan bagaimana pengaruh penambahan *shear wall* terhadap kinerja seismik struktur gedung ruko bertingkat yang ditinjau dari kapasitas geser, perpindahan lateral, simpangan atap, dan *story drift*. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji bagaimana

perubahan tingkat kinerja struktur berdasarkan analisis statik nonlinear (*Pushover*) sebelum dan sesudah penambahan *shear wall*.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan *shear wall* terhadap kinerja seismik struktur gedung ruko bertingkat yang ditinjau berdasarkan kapasitas geser, perpindahan lateral, simpangan atap, story drift, serta tingkat kinerja struktur melalui analisis statik nonlinear (*Pushover*), sehingga efektivitas penambahan *shear wall* dalam meningkatkan ketahanan seismik bangunan dapat ditentukan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini dapat dilihat dari sisi akademik maupun praktis. Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk menjawab permasalahan teknis yang ada, tetapi juga berperan dalam memperluas pemahaman serta meningkatkan kualitas penerapan ilmu teknik sipil, khususnya dalam perencanaan struktur tahan gempa. Manfaat yang dapat diperoleh antara lain sebagai berikut :

1. Penelitian ini memberikan wawasan kepada peneliti mengenai pemahaman mengenai teori dan praktik pada bidangnya, dan melalui cara penelitian dapat meningkatkan kemampuan analisis kritis dan evaluasi kinerja struktur
2. Penelitian ini juga memberikan manfaat bagi instansi terkait, karena hasilnya dapat dijadikan acuan dalam merencanakan perbaikan atau penguatan struktur gedung agar lebih aman dan memenuhi standar terkini.

Oleh karena itu penelitian skripsi dengan judul “Pengaruh Penambahan *Shear Wall* terhadap Kinerja Seismik Struktur Gedung Ruko Bertingkat Citraland Sampali R5/61–79 Menggunakan Analisis Statik Nonlinear *Pushover*” dapat

memberikan manfaat menjadi kontribusi akademik dan referensi bagi penelitian sejenis di bidang teknik sipil.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peneliti Terdahulu

Peneliti terdahulu merupakan individu atau kelompok yang telah melakukan penelitian sebelumnya pada bidang atau topik yang relevan dengan penelitian yang sedang dilaksanakan (Riswanto et al, 2023). Penelitian terdahulu berperan penting dalam memberikan gambaran mengenai kajian yang telah dilakukan, hasil yang telah dicapai, serta aspek yang masih memerlukan pengembangan lebih lanjut (Waruwu & M, 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh Kusuma et al. (2022) dengan judul *Analisa Pengaruh Variasi Layout Shear Wall Terhadap Kinerja Struktur Dengan Metode Pushover Analysis Pada Gedung Pelindo Office Tower* bertujuan untuk mengkaji peningkatan kebutuhan ruang perkantoran seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan aktivitas administrasi. Penelitian tersebut memanfaatkan perangkat lunak ETABS dan menunjukkan bahwa kinerja struktur gedung terbaik pada kedua arah diperoleh pada model bangunan eksisting. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh konfigurasi *shear wall* pada bangunan eksisting yang memiliki nilai inersia dan kekakuan efektif yang baik pada masing-masing arah, sehingga berdampak terhadap nilai target perpindahan dan tingkat kinerja struktur bangunan.

Penelitian oleh Sitepu et al. (2022) dengan judul *Analisis Kinerja Seismik Gedung Beton Bertulang 20 Lantai dengan Sistem Base Isolation Menggunakan Non-Linear Static Pushover Procedure (FEMA 440)* menerapkan metode analisis Non-Linear Static Procedure atau *Pushover Analysis* berdasarkan pedoman FEMA 440 untuk mengevaluasi kapasitas struktur dalam menahan beban lateral akibat

gempa. Penelitian tersebut membandingkan dua model struktur, yaitu struktur bangunan eksisting dengan kondisi fixbase dan struktur bangunan dengan sistem base isolation. Tujuan penelitian difokuskan pada analisis perubahan periode struktur, gaya geser dasar, perpindahan, simpangan antar lantai, serta tingkat kinerja struktur berdasarkan metode FEMA 440. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan base isolation meningkatkan periode struktur sebesar 88,6% serta mampu mereduksi gaya geser dasar sebesar 43%. Analisis deformasi menunjukkan peningkatan perpindahan sebesar 51,97% pada arah X dan 50% pada arah Y, sedangkan simpangan antar lantai mengalami reduksi sebesar 69,58% pada arah X dan 67,26% pada arah Y. Tingkat kinerja struktur yang diperoleh berada pada level *Immediate Occupancy (IO)*.

Penelitian yang dilakukan oleh Abdillah et al. (2024) dengan judul Analisis Konfigurasi *Shear Wall* pada Struktur Beton Bertulang dengan Metode *Pushover* menganalisis struktur menggunakan metode beban dorong hingga mencapai kondisi keruntuhan. Keruntuhan struktur ditinjau berdasarkan target perpindahan dan gaya geser dasar pada saat runtuh untuk menentukan level kinerja serta daktilitas struktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keempat variasi struktur memiliki kemampuan yang signifikan dalam menahan beban lateral hingga mencapai kondisi keruntuhan.

Penelitian Zakarya et al. (2024) dengan judul Analisis Pengaruh Penambahan *Shear Wall* Terhadap Periode Getar Awal dan Akhir Struktur Berdasarkan SNI (Rumah Sakit X) menunjukkan bahwa hasil analisis belum memenuhi persyaratan minimum SNI sebesar 90%. Rekomendasi yang diberikan meliputi perbedaan dimensi elemen struktur, penggunaan beberapa tipe balok dan

kolom, peningkatan mutu beton dan baja, serta penyesuaian diameter tulangan baja pada pemodelan struktur. Perhitungan beban disarankan dilakukan secara lebih rinci, meliputi beban angin, hujan, finishing, serta mekanikal elektrik dan plumbing. Penambahan titik *shear wall* dan peningkatan jarak antar kolom portal juga direkomendasikan untuk meningkatkan level kinerja struktur.

Penelitian yang dilakukan oleh Lahita et al. (2022) dengan judul Efek Penggunaan *Shear Wall* Terhadap Perilaku dan Level Kinerja Struktur Gedung Pabrik X bertujuan untuk menganalisis perilaku dan level kinerja struktur Gedung Pabrik X yang dirancang menggunakan *shear wall* akibat pengaruh gempa, kemudian dibandingkan dengan gedung tanpa *shear wall*. Perhitungan gaya gempa dilakukan menggunakan analisis respon spektrum dan analisis *Pushover* untuk menentukan level kinerja struktur. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa periode struktur Gedung Pabrik X tanpa *shear wall* sebesar 1,699 detik pada arah X dan 1,805 detik pada arah Y, sedangkan Gedung Pabrik X dengan *shear wall* memiliki periode sebesar 1,289 detik pada arah X dan 1,419 detik pada arah Y. Analisis *Pushover* menunjukkan bahwa gedung tanpa *shear wall* berada pada level *collapse prevention* pada kedua arah, sedangkan gedung dengan *shear wall* berada pada level *Immediate Occupancy* pada arah X dan *Operational* pada arah Y berdasarkan FEMA 440.

Penelitian oleh Hidayat et al. (2025) dengan judul Analisis Pengaruh Posisi Dinding Geser Terhadap Kapasitas Seismik Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Metode Analisis *Pushover* menggunakan metode analisis statik non-linier (*Pushover*) dengan bantuan perangkat lunak SAP2000. Penelitian tersebut menggunakan empat variasi model, yaitu Model 1 tanpa dinding geser, Model 2

dan Model 3 dengan dinding geser sejajar sumbu Y, serta Model 4 dengan dinding geser yang dipasang secara diagonal pada dua sudut struktur sejajar sumbu X dan Y. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan dinding geser mampu mengurangi simpangan antar lantai hingga 71,52% serta meningkatkan kapasitas struktur secara signifikan.

2.2 Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu

Penelitian ini berbeda dari penelitian-penelitian sebelumnya, terutama dalam hal metode analisis, standar yang diterapkan, serta objek yang diteliti. Perbedaan tersebut menjadi landasan dalam mengembangkan penelitian agar lebih relevan dan sesuai dengan kondisi struktur yang dianalisis. Perbedan penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 yang telah disajikan.

Tabel 1. Perbedaan dengan peneliti terdahulu				
No	Peneliti Terdahulu	Fokus Penelitian	Metode	Perbedaan dengan penelitian saya
1.	Kusuma et al. (2022)	Analisa Pengaruh Variasi <i>Layout Shear Wall</i> Terhadap Kinerja Struktur Dengan Metode <i>Pushover Analysis</i> Pada Gedung Pelindo <i>Office Tower</i>	Analisis <i>Pushover</i>	Fokus pada gedung kantor bertingkat, sedangkan penelitian saya pada struktur atas gedung ruko dengan karakteristik beban dan fungsi yang berbeda dalam konteks operasional kantor.
2.	Sitepu et al. (2022)	Analisis Kinerja Seismik Gedung Beton Bertulang 20 Lantai dengan Sistem <i>Base Isolation</i> Menggunakan <i>Non-Linear Static Pushover Procedure</i> (FEMA 440)	Analisis nonlinear <i>Pushover</i>	Objek yang diteliti gedung bertingkat 20 lantai. Sedangkan penulis meneliti gedung ruko 4 lantai.
3.	Abdillah et al. (2024)	Analisis Konfigurasi <i>Shear Wall</i> pada Struktur Beton Bertulang dengan Metode <i>Pushover</i>	Analisis statik nonlinear <i>Pushover</i>	Penelitian saya lebih spesifik pada struktur gedung ruko bertingkat, dengan perhatian utama pada perilaku struktur dalam mendukung aktivitas ruko, bukan gedung apartemen.

No	Peneliti Terdahulu	Fokus Penelitian	Metode	Perbedaan dengan penelitian saya
4.	Zakarya et al. (2024)	Analisis Pengaruh Penambahan <i>Shear Wall</i> Terhadap Periode Getar Awal dan Akhir Struktur Berdasarkan SNI (Rumah Sakit X)	Analisis statik nonlinear <i>Pushover</i>	Penelitian saya lebih spesifik pada struktur gedung ruko bertingkat, dengan perhatian utama pada perilaku struktur dalam mendukung aktivitas ruko, bukan gedung rumah sakit.
5.	Lahita et al. (2022)	Efek Penggunaan <i>Shear Wall</i> Terhadap Perilaku dan Level Kinerja Struktur Gedung Pabrik X	Analisis <i>Pushover</i>	Penelitian saya lebih spesifik pada struktur gedung ruko bertingkat, dengan perhatian utama pada perilaku struktur dalam mendukung aktivitas ruko, bukan gedung pabrik.
6.	Hidayat et al. (2025)	Analisis Pengaruh Posisi Dinding Geser Terhadap Kapasitas Seismik Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Metode Analisis <i>Pushover</i>	Analisis <i>Pushover</i>	Objek yang diteliti gedung bertingkat dengan 4 pemodelan. Sedangkan penulis meneliti gedung eksisting dan 1 pemodelan <i>shearwall</i> .

2.3 Konsep Dasar Kinerja Seismik

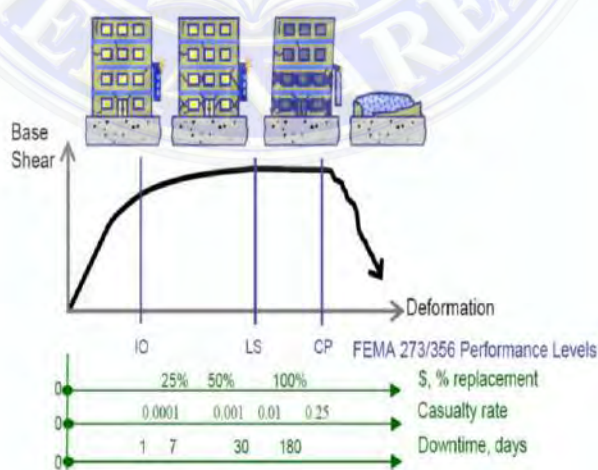
Evaluasi kinerja seismik merupakan suatu kegiatan analisis yang bertujuan menilai kemampuan struktur bangunan dalam menahan beban gempa. Kegiatan ini difokuskan pada perlindungan keselamatan penghuni, pengurangan kerusakan pada komponen struktural, serta peningkatan ketahanan bangunan terhadap getaran akibat aktivitas seismik. Proses penilaian dilaksanakan menggunakan pendekatan berbasis kinerja yang mengukur respons struktur terhadap berbagai tingkat intensitas gempa sehingga persyaratan keselamatan dan kelayakan fungsi dapat terpenuhi. Pendekatan tersebut mengacu pada pedoman teknis yang diterbitkan oleh melalui dokumen FEMA P58-6 (2018) yang menyediakan kerangka evaluasi berdasarkan tingkat risiko dan performa bangunan.

Metode yang digunakan dalam evaluasi kinerja seismik terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu analisis linier dan analisis nonlinier. Analisis linier mencakup metode respons spektrum serta gaya lateral statik ekuivalen yang dimanfaatkan untuk memperkirakan respons awal struktur saat menerima beban gempa. Pendekatan ini didasarkan pada asumsi perilaku elastis material sehingga efektif diterapkan pada tahap perencanaan awal. Analisis nonlinier, seperti metode *Pushover* dan riwayat waktu (time history), mampu menggambarkan perilaku aktual struktur secara lebih realistis. Pendekatan tersebut memungkinkan identifikasi kapasitas plastis elemen struktur serta potensi mekanisme keruntuhan secara rinci. Penggunaan analisis nonlinier menjadi krusial dalam mengevaluasi respons struktur terhadap beban ekstrem dan dalam memahami batas kemampuan struktur setelah melewati kondisi elastis sebagaimana dijelaskan dalam pedoman ATC-40 (1996). Kedua pendekatan tersebut saling melengkapi untuk menghasilkan penilaian seismik yang menyeluruh.

Sejumlah parameter utama turut diperhitungkan dalam proses evaluasi, meliputi gaya geser dasar (base *shear*), perpindahan atap (roof displacement), serta pola pembentukan sendi plastis pada elemen struktur. Penerapan standar internasional, seperti ASCE 41-17 dan dokumen FEMA 440, mendukung penyajian gambaran yang lebih akurat mengenai ketahanan bangunan terhadap gempa. Tingkat kinerja struktur ditentukan berdasarkan besarnya kerusakan yang masih dapat diterima sesuai dengan intensitas gempa yang terjadi. Tabel 2 menyajikan klasifikasi tingkat kinerja struktur berdasarkan pedoman ATC-40 dan FEMA 440, sedangkan Gambar 1 menampilkan kurva kapasitas struktur yang diperoleh dari hasil analisis nonlinier.

Tabel 2. Tingkat Kinerja Seismik (ATC-40,FEMA 356, ASCE41-17)

Tingkat Kinerja	Deskripsi	Kondisi Struktur
Operasional (OP)	Struktur bangunan mampu mempertahankan fungsinya secara optimal dengan mengalami kerusakan yang sangat minimal atau tanpa kerusakan sama sekali.	Kerusakan yang terjadi tergolong tidak signifikan atau berada pada tingkat yang sangat ringan
Batas Layan (IO- <i>Immediate Occupancy</i>)	Struktur tetap dapat difungsikan meskipun menunjukkan tingkat kerusakan yang ringan.	Elemen non-struktural mengalami kerusakan ringan yang tidak memengaruhi kestabilan bangunan secara keseluruhan..
Pre-Kerusakan (LS- <i>Life Safety</i>)	Struktur menunjukkan tingkat kerusakan yang cukup besar namun tetap mempertahankan kestabilannya tanpa mengalami keruntuhan.	Elemen struktural mengalami tingkat kerusakan menengah yang berpotensi memengaruhi kinerja keseluruhan bangunan
Ambang Keruntuhan (CP - <i>Collapse Prevention</i>)	Struktur berada dalam kondisi kritis dengan tingkat kerusakan tinggi namun masih mampu mempertahankan posisinya secara vertikal	Elemen struktural mengalami tingkat kerusakan berat yang berpengaruh signifikan terhadap integritas dan kestabilan bangunan
Runtuh (C - <i>Collapse</i>)	Struktur mengalami kegagalan menyeluruh yang mengakibatkan terjadinya keruntuhan secara keseluruhan.	Kemampuan struktur dalam menahan beban tambahan telah hilang sepenuhnya



Gambar 1 Kurva Kapasitas Struktur (*Pushover Curve*) FEMA 440

Dari Gambar 1 Persamaan yang dapat diperoleh:

1. Persamaan Kekakuan Awal (K_i)

Kekakuan awal (K_i) dapat dinyatakan sebagai rasio antara gaya geser dasar sebelum leleh (V_y) dengan perpindahan leleh (δ_y) sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$K_i = \frac{V_y}{\delta_y} \quad (1)$$

Dengan:

K_i = Kekakuan awal (*initial stiffness*)

V_y = Gaya geser saat leleh (*yield base shear*)

δ_y = Perpindahan leleh (*yield displacement*)

2. Persamaan Kekakuan Efektif (K_e)

Kekakuan efektif adalah kekakuan yang mempertimbangkan perubahan kekakuan setelah melewati batas elastis sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$K_e = \frac{0.6 V_y}{\delta_y} \quad (2)$$

Dengan:

K_e = Kekakuan efektif (*effective stiffness*)

$0.6 V_y$ = Gaya geser efektif untuk menentukan kekakuan efektif

δ_y = Perpindahan leleh (*yield displacement*)

3. Persamaan Kekakuan Pasca Leleh (αK_e)

Setelah melewati batas elastis, struktur mengalami penurunan kekakuan. Kekakuan pasca-leleh dinyatakan dengan faktor reduksi kekakuan α sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (3).

$$K_{post} = \alpha K_e \quad (3)$$

Dengan:

K_{post} = Kekakuan pasca leleh (*post yield stiffness*)

α = Rasio kekakuan pasca-leleh terhadap kekakuan efektif

K_e = kekakuan efektif (*effective stiffness*)

4. Persamaan Kapasitas Struktur (Kurva Kapasitas)

Kurva kapasitas secara umum dapat dinyatakan dengan persamaan linear sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (4).

$$K_{post} = \alpha K_e \quad (4)$$

Dengan:

V = Gaya geser dasar (*base shear*)

K_i = Kekakuan awal (*initial stiffness*)

δ = Perpindahan atap (*roof displacement*)

δ_y = Perpindahan leleh (*yield displacement*)

Setelah melewati δ_y , kurva berubah mengikuti kekakuan pasca leleh sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (5).

$$V = V_y + K_{post}(\delta - \delta_y), \text{ Untuk } \delta > \delta_y \quad (5)$$

Dengan :

V = Gaya geser dasar (*base shear*)

V_y = Gaya geser saat leleh (*yield base shear*)

K_{post} = Kekakuan pasca leleh (*post yield stiffness*)

δ = Perpindahan atap (*roof displacement*)

δ_y = Perpindahan leleh (*yield displacement*)

2.3.1 Prinsip dasar analisis *Pushover*

Analisis *Pushover* merupakan salah satu metode evaluasi struktural yang digunakan untuk menelaah respons bangunan terhadap beban gempa. Teknik ini termasuk dalam kategori analisis statik nonlinier, di mana beban lateral diaplikasikan secara bertahap hingga struktur mencapai kondisi runtuh. Pemodelan struktur dalam analisis ini dilakukan dengan memperhatikan perilaku nonlinier dari elemen-elemen penyusunnya, seperti balok, kolom, dan sambungan. Saat beban lateral meningkat, sebagian elemen akan melewati batas elastisnya dan membentuk sendi plastis. Sendi plastis tersebut menjadi indikator penting dalam mengidentifikasi lokasi-lokasi yang berpotensi mengalami kegagalan struktural.

Selama proses analisis, hubungan antara gaya geser dasar (base *shear*) dan perpindahan puncak bangunan (roof displacement) digambarkan dalam bentuk kurva kapasitas. Kurva ini merepresentasikan kemampuan struktur dalam menahan beban gempa serta memungkinkan dilakukannya evaluasi terhadap potensi tingkat kerusakan yang mungkin terjadi.

Hasil analisis *Pushover* selanjutnya dibandingkan dengan kriteria kinerja yang tercantum dalam standar ketahanan seismik, seperti FEMA 440 maupun ATC-40. Berdasarkan perbandingan tersebut, kondisi struktur dapat diklasifikasikan apakah masih tergolong aman, membutuhkan perbaikan, atau perlu dilakukan perkuatan guna meningkatkan ketahanan terhadap guncangan gempa. Analisis *Pushover* berperan penting dalam proses perancangan maupun rehabilitasi bangunan yang dirancang tahan gempa. Evaluasi hasil analisis ini biasanya mengacu pada sejumlah parameter utama sebagaimana disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Evaluasi Analisis *Pushover* (ATC-40, FEMA 356, ASCE 41-17)

Parameter	Definisi	Fungsi dalam Evaluasi
<i>Base Shear</i>	Gaya geser tertinggi yang mampu dipikul oleh struktur sebelum mengalami keruntuhan total.	Penetapan kapasitas struktur dalam menahan beban lateral.
<i>Roof Displacement</i>	Pergerakan lateral terbesar yang terjadi pada bagian puncak bangunan	Menggambarkan besarnya deformasi yang dialami oleh struktur
<i>Performance Point</i>	Keadaan setimbang yang tercapai ketika kapasitas struktur sebanding dengan tuntutan beban seismik.	Berfungsi sebagai alat evaluasi untuk menilai kesesuaian struktur terhadap tingkat kinerja yang ditetapkan.
<i>Hinge Formation</i>	Bagian elemen struktur yang mencapai kondisi plastis akibat beban yang bekerja	Menggambarkan bentuk atau mekanisme kegagalan yang terjadi pada struktur.

2.3.2 Parameter Utama Dalam Analisis *Pushover*

Analisis *Pushover* melibatkan sejumlah parameter utama yang berfungsi dalam menilai respons struktur terhadap beban gempa. Salah satu parameter paling mendasar adalah gaya geser dasar (*base shear*), yaitu total gaya lateral yang bekerja pada dasar struktur sebagai respons terhadap gempa. Selain itu, perpindahan atap (*roof displacement*) digunakan sebagai indikator untuk mengukur deformasi maksimum yang terjadi pada struktur selama pembebanan.

Keberadaan sendi plastis menjadi aspek penting karena menunjukkan lokasi pada elemen struktur yang telah mengalami pelelehan plastis, yang sering kali menjadi indikasi awal dari terjadinya keruntuhan lokal. Kurva kapasitas, yaitu grafik yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan atap, digunakan untuk mengevaluasi kapasitas struktur serta menentukan tingkat kinerjanya.

Faktor lain yang tidak kalah penting adalah reduksi kekakuan, yang mencerminkan penurunan kekakuan elemen struktur akibat perilaku nonlinier

material maupun perubahan geometri. Penilaian tingkat kinerja struktur biasanya dilakukan dengan mengacu pada kategori seperti *Immediate Occupancy* (IO), *Life Safety* (LS), dan *Collapse Prevention* (CP), yang berguna untuk menentukan kondisi kelayakan struktur pascagempa.

Pemahaman menyeluruh terhadap seluruh parameter tersebut memungkinkan analisis *Pushover* memberikan gambaran yang lebih realistis dan akurat mengenai ketahanan struktur terhadap beban lateral. Hasil evaluasi ini juga dapat menjadi dasar dalam mempertimbangkan perlunya modifikasi desain atau penerapan strategi perkuatan bangunan. Beberapa parameter utama dalam analisis *Pushover* beserta fungsi dan peranannya disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Parameter Utama dalam Analisis *Pushover* (ATC-40, FEMA 356, ASCE 41-17)

Parameter	Definisi	Fungsi dalam Evaluasi
Gaya Geser Dasar	Gaya geser maksimum yang diterima bangunan sebelum mencapai kondisi batas.	Menunjukkan kapasitas lateral struktur.
Perpindahan Atap	Perpindahan lateral maksimum pada puncak bangunan akibat beban lateral.	Menentukan deformasi dan stabilitas struktur.
<i>Performance Point</i>	Titik keseimbangan antara kapasitas struktur dan permintaan gempa.	Digunakan untuk mengevaluasi apakah struktur memenuhi kriteria kinerja seismik.
Sendi Plastis	Titik di mana elemen struktur mengalami plastifikasi akibat beban lateral.	Menunjukkan pola dan urutan kegagalan elemen struktur.
Faktor Daktilitas	Rasio perpindahan maksimum terhadap perpindahan saat leleh.	Mengukur kapasitas deformasi sebelum kegagalan.
Kekakuan Struktur	Hubungan antara gaya dan perpindahan pada struktur.	Menunjukkan seberapa besar ketahanan struktur terhadap deformasi.

2.3.3 Mekanisme Pembentukan Sendi Plastis

Proses terbentuknya sendi plastis dalam suatu struktur terjadi ketika elemen-elemen seperti balok dan kolom menerima beban lateral yang meningkat hingga melampaui batas elastis material penyusunnya. Pada kondisi awal pembebanan, struktur akan memberikan respons elastis, yang berarti deformasi yang timbul masih dapat kembali ke bentuk semula setelah beban dihilangkan. Ketika intensitas beban terus bertambah, sebagian elemen mulai memasuki fase leleh material, yang ditandai dengan munculnya deformasi permanen akibat plastisitas.

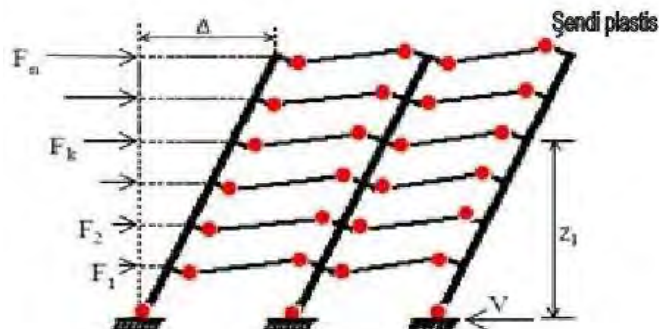
Plastisitas yang terjadi menyebabkan area tertentu pada elemen struktur mengalami rotasi tanpa adanya peningkatan kapasitas beban yang berarti, sehingga membentuk sendi plastis. Keberadaan sendi plastis ini berperan sebagai titik disipasi energi yang penting untuk membantu struktur menyerap serta menyebarkan gaya gempa secara lebih merata. Umumnya, sendi plastis terbentuk pertama kali pada ujung balok, dan dalam beberapa kondisi dapat berkembang hingga ke elemen kolom, tergantung pada karakteristik kekakuan dan sistem struktur secara keseluruhan. Jika jumlah sendi plastis bertambah hingga mencakup elemen-elemen utama, maka struktur berpotensi mengalami kegagalan menyeluruh melalui suatu mekanisme keruntuhan global.

Peran sendi plastis dalam analisis *Pushover* sangat signifikan karena menjadi indikator utama dalam penentuan tingkat kinerja dan keamanan struktur terhadap beban gempa. Pemahaman mengenai distribusi dan pola pembentukan sendi plastis memungkinkan perancang untuk meningkatkan kapasitas deformasi struktur, sehingga bangunan tetap berdiri tanpa mengalami kerusakan fatal ketika

terjadi gempa. Tabel 5 menyajikan klasifikasi sendi plastis berdasarkan elemen struktur yang mengalami leleh. Gambar 2 memperlihatkan mekanisme terbentuknya sendi plastis dalam sistem struktur.

Tabel 5. Jenis dan Karakteristik Sendi Plastis (FEMA 440, ATC-40, ASCE 41-17, SNI 1726:2019)

Jenis Sendi Plastis	Elemen yang Terkena	Karakteristik	Dampak pada Struktur
Sendi Plastis pada Balok	Balok	Muncul pada bagian ujung balok sebagai akibat dari besarnya momen lentur yang bekerja	Merupakan aspek yang secara umum diinginkan dalam perancangan struktur tahan gempa guna meningkatkan kapasitas disipasi energi.
Sendi Plastis pada Kolom	Kolom	Muncul pada bagian dasar kolom atau sambungan antara balok dan kolom sebagai respons terhadap gaya aksial serta momen yang bekerja	Kelebihan nilai tersebut berisiko memicu terjadinya keruntuhan pada bangunan.
Sendi Plastis pada Sambungan Balok-Kolom	Sambungan	Terjadi pada sambungan antara balok dan kolom sebagai akibat dari gaya geser yang besar.	Berpotensi menimbulkan kegagalan struktural secara tiba-tiba apabila tidak memperoleh kekuatan yang memadai.
Sendi Plastis pada Dinding Geser	Dinding geser	Muncul pada bagian dasar dinding sebagai hasil interaksi antara momen dan gaya geser.	Menurunkan kemampuan struktur dalam memikul beban lateral.



Gambar 2. Mekanisme Pembentukan Sendi Plastis (teknikaftui.wordpress.com)

1. Distribusi Gaya Lateral

Distribusi gaya lateral biasanya mengikuti pola tertentu, seperti Persamaan

(2):

$$F_i = C \cdot m_i \cdot z_i \quad (2)$$

Dengan:

C = Faktor Seismik

m_i = Masa Lantai ke- i

z_i = Tinggi Lantai ke- i

2. Perpindahan Lateral Maximum (Δ)

Jika struktur mengalami deformasi akibat gaya gempa, perpindahan lateral total dapat dihitung menggunakan metode distribusi gaya statik ekuivalen atau analisis modal. Untuk sistem sederhana seperti Persamaan (3):

$$\Delta = \frac{VH^3}{3EI} \quad (3)$$

Dengan:

H = Tinggi total struktur

E = Modulus elastisitas material

I = Momen inersia elemen struktur

2.4 ETABS sebagai Perangkat Analisis Struktur

ETABS merupakan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk menganalisis dan mendesain struktur bangunan gedung bertingkat. Aplikasi ini dikembangkan oleh Computers and Structures, Inc. (CSI) dan telah menjadi salah satu perangkat utama dalam bidang teknik sipil, khususnya dalam perancangan struktur bangunan tahan gempa. Fitur-fitur yang ditawarkan sangat mendukung kebutuhan analisis modern, baik untuk bangunan sederhana maupun kompleks.

Perangkat lunak ini mengandalkan metode elemen hingga (finite element method) untuk menyelesaikan perhitungan gaya dalam, perpindahan, dan tegangan pada elemen struktur. Proses analisis dilakukan dengan membagi struktur menjadi elemen-elemen kecil yang mewakili perilaku struktur secara keseluruhan. Model tiga dimensi yang dihasilkan memungkinkan analisis secara menyeluruh terhadap kinerja struktur, termasuk distribusi beban dan respons terhadap gaya lateral seperti gempa dan angin.

ETABS memiliki antarmuka grafis yang intuitif dan interaktif, sehingga memudahkan pengguna dalam membuat model struktur. Elemen-elemen seperti balok, kolom, pelat, dan dinding geser dapat didefinisikan dengan dimensi, material, dan penempatan yang akurat. Sistem pembebanan juga dapat ditentukan secara terperinci, termasuk beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa sesuai dengan peraturan desain yang berlaku.

Analisis yang tersedia dalam ETABS meliputi analisis statik linier, statik nonlinier, dinamik respons spektrum, dan analisis riwayat waktu. Analisis *Pushover* juga tersedia untuk mengevaluasi kinerja struktur berdasarkan kapasitas plastis dan tingkat deformasi. Analisis ini berguna dalam memahami respons struktur terhadap beban gempa yang meningkat secara bertahap hingga mencapai titik keruntuhan.

ETABS memungkinkan pengguna untuk mendesain elemen struktur sesuai dengan standar internasional maupun nasional. Peraturan desain seperti ACI, Eurocode, BS, dan SNI dapat digunakan untuk mendesain elemen beton bertulang maupun struktur baja. Proses desain meliputi evaluasi kekuatan lentur, geser, aksial, serta interaksi antara gaya-gaya tersebut. Hasil desain juga dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan kebutuhan penulangan atau ukuran profil baja.

Hasil analisis dan desain dari ETABS dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik, tabel, dan laporan otomatis. Informasi seperti deformasi, gaya dalam, dan gaya reaksi ditampilkan secara jelas dan dapat diekspor ke perangkat lunak lain untuk dokumentasi lebih lanjut. Visualisasi deformasi dan gaya dalam sangat membantu dalam mengevaluasi performa struktur sebelum dan sesudah analisis.

Dalam bidang perencanaan struktur tahan gempa, ETABS menyediakan fitur untuk menerapkan konsep desain berbasis kinerja. Konsep ini menekankan pada bagaimana struktur merespons beban gempa dengan mempertimbangkan batasan deformasi, kerusakan, dan kinerja pasca-elastis. Elemen plastis dan engsel plastis dapat dimasukkan dalam model untuk mensimulasikan mekanisme kegagalan yang mungkin terjadi.

ETABS juga mendukung integrasi dengan perangkat lunak lain seperti SAFE untuk analisis pelat dan pondasi, serta SAP2000 untuk sistem struktur non-gedung. Kemampuan ini memberikan fleksibilitas bagi pengguna dalam menangani proyek yang lebih kompleks dengan pendekatan analisis yang saling melengkapi. Penggabungan ini meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam proses perancangan.

2.4.1. Fitur utama dalam analisis *Pushover*

Analisis *Pushover* memiliki sejumlah fitur utama yang menjadikannya sebagai metode yang efektif dalam mengevaluasi ketahanan struktur terhadap beban gempa. Salah satu fitur yang paling menonjol adalah kurva kapasitas, yaitu representasi grafis hubungan antara gaya geser dasar (base *shear*) dan perpindahan atap (roof displacement). Kurva ini memberikan informasi kuantitatif mengenai sejauh mana struktur mampu menahan gaya lateral sebelum mengalami kegagalan.

Fitur penting lainnya mencakup pembentukan sendi plastis, yang menunjukkan titik-titik pada elemen struktur tempat terjadinya pelepasan plastis akibat peningkatan beban. Pemetaan distribusi sendi plastis memungkinkan perancang mengidentifikasi area struktur yang paling rentan terhadap kerusakan, sekaligus menetapkan strategi perkuatan yang tepat dan efisien.

Level kinerja struktur juga merupakan komponen krusial dalam analisis *Pushover*. Berdasarkan acuan seperti FEMA 356, tingkat kinerja diklasifikasikan menjadi Immediate Occupancy (IO), Life Safety (LS), dan Collapse Prevention (CP). Klasifikasi ini memberikan panduan bagi perancang untuk menilai apakah struktur masih layak huni setelah gempa atau perlu dilakukan perbaikan serta penguatan.

Distribusi beban lateral merupakan fitur tambahan yang tidak kalah penting dalam analisis ini. Pola distribusi tersebut dapat berupa segitiga, seragam, atau adaptif, tergantung pada karakteristik dinamis dari struktur yang dianalisis. Pemilihan pola beban akan memengaruhi hasil respons struktur terhadap beban gempa yang diterapkan.

Seluruh fitur dalam analisis *Pushover* memberikan kerangka evaluasi menyeluruh yang mampu mengidentifikasi kapasitas struktur, memprediksi mekanisme keruntuhan, serta mendukung perencanaan strategi perkuatan untuk meningkatkan ketahanan struktur terhadap aktivitas seismik. Gambar yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dan perpindahan, serta penyebaran sendi plastis, menjadi bagian integral dalam interpretasi hasil analisis ini.

2.4.2. Keunggulan dan Keterbatasan Dibandingkan Perangkat Lunak Lain

ETABS memiliki sejumlah keunggulan yang menjadikannya pilihan utama

dalam analisis dan perancangan struktur bangunan bertingkat. Antarmuka grafis yang intuitif memudahkan pengguna dalam membangun model tiga dimensi secara akurat dan efisien. Pemrosesan data berjalan cepat karena sistem pemrograman ETABS telah dioptimalkan untuk kebutuhan struktur gedung. Dukungan terhadap berbagai standar desain internasional dan nasional memungkinkan pengguna melakukan analisis dan desain sesuai ketentuan teknis yang berlaku di berbagai negara. Kemampuan integrasi dengan perangkat lain seperti SAFE dan SAP2000 memberikan fleksibilitas tinggi dalam analisis pelat, pondasi, maupun elemen nonkonvensional. Fitur visualisasi hasil analisis berupa grafik dan animasi mempermudah interpretasi terhadap perilaku struktur.

Keterbatasan ETABS juga perlu diperhatikan dalam konteks penggunaannya. Fokus utama ETABS adalah struktur gedung bertingkat, sehingga kurang sesuai untuk analisis struktur jembatan, bendungan, atau sistem non-bangunan lainnya. Elemen pemodelan tanah dan interaksi tanah-struktur bersifat terbatas jika dibandingkan dengan perangkat seperti PLAXIS. Kemampuan pemodelan struktur non-prismatik dan bentuk geometri bebas juga belum sefleksibel perangkat berbasis pemodelan umum seperti ANSYS. Penggunaan ETABS secara optimal memerlukan pemahaman mendalam mengenai konsep struktur dan keterampilan dalam menetapkan parameter analisis. Ketidaktepatan dalam menentukan kondisi batas atau pembebanan dapat menghasilkan data yang menyesatkan. Ketergantungan terhadap versi lisensi juga membatasi akses ke fitur tertentu bagi pengguna nonprofesional atau akademik. ETABS tetap menjadi perangkat unggulan dalam perancangan struktur bangunan bertingkat meskipun memiliki keterbatasan tertentu dalam cakupan aplikasinya.

2.4.3. Evaluasi kinerja Seismik Struktur Gedung Bertingkat

Evaluasi kinerja seismik struktur gedung bertingkat merupakan proses penting dalam memastikan ketahanan dan keamanan bangunan terhadap beban gempa yang mungkin terjadi selama masa layan bangunan. Proses ini melibatkan analisis terhadap respons dinamis struktur terhadap gaya lateral yang dihasilkan oleh aktivitas seismik, termasuk penilaian kapasitas elemen struktural dalam menyerap dan mendistribusikan energi gempa secara efisien. Evaluasi dilakukan berdasarkan parameter teknis yang sesuai dengan standar nasional maupun internasional, seperti SNI 1726:2020. Tujuan utama dari evaluasi ini ialah untuk mengetahui sejauh mana struktur mampu mempertahankan fungsi dan kestabilannya setelah mengalami gempa, sehingga dapat meminimalkan potensi kerusakan, korban jiwa, dan kerugian material. Penilaian kinerja seismik juga menjadi dasar dalam pengambilan keputusan terkait perkuatan atau rehabilitasi struktur guna meningkatkan ketahanannya terhadap gempa di masa mendatang.

2.4.4. Karakteristik Struktur Gedung Bertingkat

Kinerja seismik menjadi salah satu aspek fundamental dalam perencanaan struktur gedung bertingkat guna menjamin keselamatan dan ketahanan bangunan terhadap beban gempa. Metode *Pushover* berbasis elemen hingga diterapkan sebagai pendekatan analisis statik nonlinier untuk mengevaluasi kapasitas struktur dalam menahan gaya lateral akibat aktivitas seismik.

Struktur gedung bertingkat umumnya dibangun dengan sistem rangka beton bertulang atau baja yang berfungsi menahan beban gravitasi maupun beban lateral. Elemen utama seperti kolom dan balok memiliki peran penting dalam menopang beban, sedangkan dinding geser sering kali dimanfaatkan untuk

menambah kekakuan lateral bangunan. Sistem fondasi dalam, misalnya tiang pancang atau bore pile, berfungsi menyalurkan beban struktur secara efektif ke dalam tanah, memastikan kestabilan dan kekuatan pondasi.

Analisis *Pushover* dilakukan dengan memberikan pembebanan secara bertahap pada struktur hingga mencapai kondisi plastis. Evaluasi terhadap perilaku elemen struktural dilakukan menggunakan pendekatan elemen hingga yang mempertimbangkan deformasi, redistribusi gaya internal, serta mekanisme kegagalan yang mungkin terjadi dalam sistem struktur. Kurva kapasitas yang diperoleh dari proses analisis tersebut memberikan informasi mengenai daktilitas, kapasitas beban maksimum, serta tingkat kerusakan yang terjadi pada elemen-elemen struktur.

Evaluasi kinerja seismik melalui pendekatan ini memberikan pemahaman lebih lanjut mengenai titik-titik kritis pada struktur serta efektivitas sistem penahan gempa yang telah dirancang. Metode *Pushover* berbasis elemen hingga berperan sebagai alat penting dalam peningkatan desain dan strategi perkuatan struktur agar lebih tangguh terhadap guncangan gempa bumi. Tabel 6 menyajikan karakteristik utama struktur gedung bertingkat yang digunakan dalam kajian ini.

Tabel 6. Karakteristik Struktur Gedung Bertingkat (FEMA P-1050, 2016)

No	Parameter	Nilai Tipikal	Satuan
1	Tinggi Bangunan	10 - 300	meter
2	Periode Fundamental (T)	0.5 - 5.0	detik
3	<i>Rasio Drift</i> Antar Lantai	< 2.5%	%
4	Jenis Material	Beton/Baja	-

2.5 Standar dan Pedoman Terkait

Standar dan pedoman terkait merupakan acuan teknis yang digunakan dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi struktur bangunan guna menjamin

keselamatan, kenyamanan, serta keandalan konstruksi. Dokumen ini mencakup ketentuan yang bersifat normatif dan rekomendatif, yang disusun berdasarkan hasil penelitian ilmiah, praktik rekayasa teknik, serta pengalaman empiris di bidang keteknikan. Keberadaan standar seperti SNI 1726:2020 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung, SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, serta pedoman FEMA 356, sangat penting dalam menjamin kesesuaian antara perencanaan struktur dengan karakteristik beban gempa yang diperkirakan terjadi di lokasi bangunan. Penerapan standar dan pedoman ini bertujuan untuk menghasilkan desain struktur yang andal dan tahan terhadap pengaruh gempa, serta sebagai dasar dalam evaluasi kinerja seismik suatu bangunan. Pemanfaatan standar secara konsisten juga mendukung keseragaman dalam praktik teknik sipil di Indonesia serta meningkatkan integritas dan akuntabilitas dalam proses pembangunan infrastruktur.

2.5.1 Pedoman FEMA 440 Dalam Evaluasi Kapasitas Struktur

FEMA 440 merupakan dokumen pedoman teknis yang diterbitkan oleh Federal Emergency Management Agency (FEMA) yang membahas secara komprehensif evaluasi dan perkuatan struktur bangunan yang ada agar tahan terhadap gempa. Dokumen ini dirancang untuk membantu para insinyur dalam menilai kinerja struktur terhadap beban gempa melalui pendekatan berbasis kinerja. Evaluasi berdasarkan FEMA 440 memungkinkan perancang untuk menilai kondisi eksisting bangunan dan menentukan apakah struktur tersebut memerlukan perkuatan atau masih memenuhi tingkat kinerja yang diinginkan. Metode analisis *Pushover* dalam FEMA 440 digunakan untuk

menggambarkan perilaku nonlinier suatu struktur ketika mengalami pembebanan lateral secara bertahap hingga mencapai kondisi keruntuhan. Prosedur ini memberikan informasi mengenai kapasitas deformasi, distribusi sendi plastis, dan level kerusakan yang mungkin terjadi pada elemen struktur. Model struktur yang digunakan dalam analisis harus mampu merepresentasikan perilaku aktual dari elemen struktural, termasuk aspek plastisitas dan kekakuan pascayield.

Tingkat kinerja struktur dalam FEMA 440 diklasifikasikan menjadi beberapa level, antara lain Immediate Occupancy (IO), Life Safety (LS), dan Collapse Prevention (CP). Setiap level menggambarkan sejauh mana struktur mampu bertahan tanpa mengalami kerusakan signifikan yang membahayakan keselamatan penghuninya. Evaluasi kinerja berdasarkan klasifikasi ini sangat penting dalam menentukan perlunya strategi retrofit atau penguatan tambahan pada struktur yang telah berdiri.

Analisis *Pushover* yang mengacu pada FEMA 440 membutuhkan kurva kapasitas sebagai hasil utama, yaitu grafik hubungan antara gaya geser dasar (base shear) dan perpindahan atap (roof displacement). Kurva ini menunjukkan titik-titik kunci, seperti yield point dan ultimate point, yang mengindikasikan kemampuan struktur dalam menahan beban gempa hingga batas kegagalan. Data dari kurva kapasitas kemudian dibandingkan dengan kurva permintaan gempa (demand spectrum) untuk menentukan apakah struktur berada dalam kondisi aman.

Penerapan FEMA 440 dalam analisis *Pushover* memberikan pendekatan sistematis dan terukur dalam menilai ketahanan seismik bangunan. Evaluasi berdasarkan dokumen ini menjadi landasan yang dapat dipertanggungjawabkan

secara teknis dalam perencanaan ulang, penguatan, atau verifikasi desain struktur terhadap gempa. Standar ini juga mendorong penggunaan metode berbasis kinerja yang lebih realistis dibandingkan pendekatan konvensional berbasis kekuatan semata.

2.5.2 SNI 1726:2019 Tentang Perencanaan Ketahanan Gempa

SNI 1726:2019 merupakan standar nasional Indonesia yang mengatur ketentuan dalam perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan non-gedung. Regulasi ini diterbitkan sebagai pengganti SNI 1726:2012, dengan memperkenalkan sejumlah pembaruan berdasarkan hasil penelitian terbaru dan pemutakhiran peta seismik oleh Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN, 2017). Ketentuan dalam standar ini mewajibkan perancangan struktur memperhitungkan beban gempa dengan mengacu pada peta bahaya gempa yang telah disesuaikan berdasarkan data terkini mengenai lokasi sumber gempa, pergerakan tektonik, serta rekam jejak kejadian gempa di wilayah Indonesia (BSN, 2019).

Prosedur perhitungan gaya gempa dalam SNI 1726:2019 ditetapkan berdasarkan kompleksitas struktur serta kebutuhan perencanaan. Beberapa metode yang digunakan mencakup pendekatan statik ekuivalen, analisis respons spektrum, serta analisis riwayat waktu (time history), yang masing-masing dimanfaatkan untuk memperkirakan respons dinamis struktur terhadap beban gempa. Standar ini juga mengatur klasifikasi jenis tanah berdasarkan karakteristik geoteknik, serta menetapkan kategori risiko bangunan dan tingkat kinerja struktur yang diharapkan agar tetap berdiri pada berbagai tingkat intensitas gempa.

Penentuan sistem struktur dan nilai faktor reduksi gempa (R) diharuskan mempertimbangkan kemampuan struktur dalam menyerap energi seismik untuk

mencegah potensi keruntuhan total. Beberapa sistem struktur utama yang tercantum dalam standar ini antara lain Sistem Rangka Pemikul Momen (Moment Resisting Frame), Sistem Dinding Geser (*Shear Wall System*), dan Sistem Ganda (Dual System), yang masing-masing memberikan kontribusi dalam meningkatkan performa seismik struktur.

Ketentuan dalam SNI 1726:2019 juga mencakup strategi retrofit dan perkuatan terhadap bangunan eksisting, seperti teknik pelapisan elemen struktural (jacketing), penggunaan peredam gempa (seismic damper), serta penerapan sistem isolasi fondasi. Tujuan dari penguatan ini adalah untuk meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan gempa dan mengurangi risiko terhadap keselamatan manusia maupun kerugian material. Tabel 7 menyajikan klasifikasi jenis situs dan nilai koefisien seismik yang digunakan dalam perencanaan struktur sesuai standar tersebut.

Tabel 7. Klasifikasi Situs dan Koefisien Seismik (SNI 1726:2019).

Klasifikasi Situs	Deskripsi	Nilai Koefisien Seismik
SA	Tanah sangat keras	0,8
SB	Tanah keras	0,9
SC	Tanah sedang	1,0
SD	Tanah lunak	1,2
SE	Tanah sangat lunak	1,4

2.6 Kriteria Karakteristik Bangunan

Kinerja seismik bangunan menjadi salah satu parameter utama dalam perencanaan struktur karena berperan dalam menjamin ketahanan bangunan terhadap gempa dengan tingkat kerusakan yang masih dalam batas yang dapat diterima. Penilaian terhadap kinerja seismik dilakukan dengan mengukur kemampuan struktur dalam menahan deformasi akibat beban gempa, sebagaimana dijelaskan dalam ASCE 41-17 (ASCE, 2017). Klasifikasi kinerja struktur dibagi menjadi beberapa tingkat, yaitu Immediate Occupancy (IO), yang menggambarkan

kondisi di mana bangunan tetap dapat digunakan setelah gempa dengan kerusakan struktural minimal; Life Safety (LS), yang menunjukkan bahwa kerusakan struktural dapat terjadi namun tanpa mengakibatkan risiko runtuh total; serta Collapse Prevention (CP), yang menandai kondisi struktur pada ambang batas sebelum mengalami kegagalan menyeluruh.

SNI 1726:2019 mengadopsi pendekatan kinerja seismik untuk memastikan bahwa perencanaan struktur dilakukan sesuai dengan tingkat risiko bangunan yang ditetapkan. Penentuan tingkat kinerja ditujukan agar bangunan mampu memberikan perlindungan maksimal kepada penghuni, terutama ketika terjadi gempa dengan intensitas tinggi. Bangunan dengan kategori risiko tinggi, seperti rumah sakit, pusat evakuasi, dan fasilitas tanggap darurat lainnya, diwajibkan mencapai tingkat kinerja Immediate Occupancy agar dapat tetap berfungsi setelah terjadi gempa besar (BSN, 2019).

Penerapan standar tersebut mengarahkan proses perancangan agar mempertimbangkan dampak gempa secara menyeluruh terhadap fungsi bangunan dan keselamatan penghuninya. Tujuan utama dari pendekatan ini adalah menjaga operasional bangunan penting pasca-bencana serta meminimalkan potensi kerugian jiwa dan kerusakan struktural. Efektivitas desain berdasarkan tingkat kinerja memberikan dasar teknis yang kuat dalam perencanaan dan penilaian ulang struktur bangunan di wilayah rawan gempa.

2.6.1 Tingkat Kinerja Bangunan Berdasarkan FEMA 356

Tingkat kinerja bangunan dalam FEMA 356 merupakan bagian penting dari pendekatan evaluasi seismik berbasis kinerja. Setiap tingkat kinerja mencerminkan kemampuan struktur dalam merespons beban gempa sesuai dengan batasan

keselamatan dan kelayakan fungsi bangunan. Evaluasi ini menjadi dasar dalam penentuan apakah suatu struktur memerlukan perkuatan atau telah memenuhi kriteria keselamatan minimum terhadap gempa bumi.

Immediate Occupancy (IO) merupakan tingkat kinerja pertama yang ditetapkan dalam FEMA 356. Pada tingkat ini, struktur bangunan harus mampu mempertahankan integritas dan kekakuan sehingga tetap aman untuk digunakan segera setelah gempa. Kerusakan yang terjadi hanya bersifat ringan dan tidak memengaruhi elemen struktural utama. Kondisi ini penting untuk bangunan vital seperti rumah sakit, fasilitas evakuasi, dan pusat kendali darurat.

Life Safety (LS) merupakan tingkat kinerja menengah yang memperbolehkan kerusakan signifikan pada struktur, tetapi tidak sampai menyebabkan keruntuhan total. Elemen struktural mungkin mengalami pelelehan atau retakan, namun struktur masih mampu berdiri dan memberikan cukup waktu bagi penghuni untuk menyelamatkan diri. Tingkat kinerja ini umumnya diterapkan pada bangunan umum dengan tingkat risiko sedang.

Collapse Prevention (CP) berada pada tingkat kinerja paling minimum, di mana struktur masih berdiri tetapi berada pada kondisi hampir runtuh. Kerusakan yang terjadi sangat luas, terutama pada elemen struktural utama, dan struktur hanya mampu menahan beban secara terbatas. Tujuan dari tingkat ini adalah mencegah keruntuhan mendadak selama gempa besar, sehingga meskipun bangunan tidak dapat digunakan kembali, keselamatan penghuni tetap terjaga.

Penerapan tingkat kinerja dalam analisis *Pushover* dilakukan dengan cara membandingkan kurva kapasitas struktur dengan spektrum permintaan gempa. Titik-titik pada kurva kapasitas yang berpotensi menunjukkan pembentukan sendi

plastis menjadi acuan dalam menentukan level kinerja struktur. Analisis ini memberikan gambaran yang komprehensif mengenai respons bangunan dan menjadi dasar teknis dalam pengambilan keputusan perkuatan maupun desain ulang bangunan.

2.6.2 Metode Penilaian Kinerja Berdasarkan Target *Displacement*

Metode penilaian kinerja seismik berbasis perpindahan target digunakan untuk mengevaluasi respons nonlinier suatu struktur terhadap gempa dengan mempertimbangkan besarnya perpindahan maksimum yang dapat dicapai oleh bangunan. Perpindahan target didefinisikan sebagai perpindahan lateral maksimum yang diperkirakan terjadi pada puncak struktur selama peristiwa gempa desain berlangsung (FEMA 440, 2005). Pendekatan ini dinilai lebih akurat dibandingkan metode berbasis gaya karena lebih mencerminkan kondisi aktual bangunan yang mengalami deformasi plastis.

Displacement Coefficient Method (DCM) merupakan salah satu pendekatan utama yang digunakan dalam metode ini. Perhitungan target displacement dilakukan dengan memperhatikan beberapa parameter, seperti kekakuan efektif, redaman ekuivalen, dan ketidakpastian respons seismik, sebagaimana dijelaskan dalam FEMA 440. Estimasi perpindahan yang diperoleh melalui metode koefisien perpindahan ini memungkinkan analisis deformasi struktur dilakukan secara lebih realistis karena mempertimbangkan karakteristik redaman dan perilaku pasca-elastik struktur (FEMA 440, 2005).

Capacity Spectrum Method (CSM) merupakan pendekatan lain yang banyak digunakan dalam penilaian kinerja struktur. Metode ini pertama kali diperkenalkan dalam dokumen ATC-40 sebagai teknik untuk menentukan titik

keseimbangan antara kapasitas struktur dan permintaan seismik. Kurva kapasitas bangunan dipetakan terhadap spektrum respons gempa untuk mengidentifikasi besarnya perpindahan target dan titik kinerja struktur (ATC-40, 1996). Proses ini memberikan gambaran interaktif yang jelas antara kekuatan bangunan dan beban seismik yang bekerja.

Penerapan metode berbasis perpindahan target meningkatkan akurasi dalam analisis kinerja seismik karena lebih mendekati kondisi lapangan saat struktur mengalami beban dinamis. Respons aktual struktur dapat diperkirakan secara lebih rinci dengan mempertimbangkan plastisitas, redaman, serta perilaku nonlinier yang kompleks. Hasil evaluasi melalui pendekatan ini memiliki tingkat keandalan yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional berbasis gaya elastik.

Pemanfaatan metode ini memberikan kontribusi penting dalam perencanaan retrofit dan strategi mitigasi risiko seismik. Kinerja bangunan terhadap gempa dapat ditingkatkan melalui perancangan berbasis target perpindahan yang akurat. Analisis hasil perpindahan target membantu perancang dalam merumuskan solusi perkuatan struktural yang tepat guna mempertahankan keselamatan dan fungsionalitas bangunan selama dan setelah terjadi gempa.

2.7 Pembebanan

Pembebanan merupakan proses penetapan beban yang bekerja pada suatu struktur dalam perencanaan dan analisis teknik sipil. Beban tersebut dapat berupa beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, serta beban khusus lainnya yang tergantung pada fungsi dan lokasi bangunan. Penentuan jenis dan besar pembebanan sangat penting untuk menjamin keamanan dan kestabilan struktur

sepanjang umur layan bangunan. Perhitungan beban dilakukan berdasarkan standar yang berlaku, seperti SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Ketepatan dalam menentukan pembebanan memungkinkan insinyur struktur untuk merancang elemen bangunan yang efisien serta mampu menahan gaya-gaya eksternal dan internal yang bekerja. Pembebanan juga menjadi dasar dalam proses evaluasi kinerja struktur, terutama saat dilakukan simulasi terhadap skenario gempa untuk mengetahui respons dinamis bangunan. Pemahaman yang tepat mengenai prinsip pembebanan akan meningkatkan kualitas desain dan memperkecil risiko kegagalan struktur.

2.7.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati pada struktur terdiri dari berbagai elemen seperti pelat lantai, balok, kolom, dinding, dan plesteran.

1. Pelat Lantai

Beban mati akibat pelat lantai dihitung berdasarkan tebal pelat dan berat jenis materialnya, sebagaimana dirumuskan dalam Persamaan (1):

$$q_{\{pelat\}} = t \times \gamma \quad (1)$$

2. Balok

Balok memiliki beban mati yang dihitung berdasarkan luas penampangnya dikalikan dengan berat jenis material, sebagaimana diperlihatkan dalam Persamaan (2):

$$q_{\{balok\}} = (b \times h) \times \gamma \quad (2)$$

3. Kolom

Beban mati pada kolom dihitung dengan cara serupa seperti pada balok, yang dapat dinyatakan dengan Persamaan (3):

$$q_{\{kolom\}} = (b \times h) \times \gamma \quad (3)$$

4. Dinding Bata

Beban mati akibat dinding bata bergantung pada ketebalan dinding dan berat jenis materialnya. Perhitungan ini dapat dinyatakan dalam Persamaan (4):

$$q_{\{dinding\}} = (t \times l) \times \gamma \quad (4)$$

5. Plasteran

Plesteran menambah beban pada dinding, baik di sisi dalam maupun luar. Oleh karena itu, total beban akibat plesteran dihitung dengan mengalikan ketebalan plesteran dengan dua kali luas dinding, sebagaimana dirumuskan dalam Persamaan (5):

$$q_{\{plasteran\}} = (t \times l \times 2) \times \gamma \quad (5)$$

2.7.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup pada bangunan merupakan beban yang berubah-ubah, tergantung pada fungsi ruang. Beban ini ditentukan berdasarkan standar, seperti SNI 1727:2020.

Perhitungan beban hidup umumnya dihitung per satuan luas lantai dan dapat dinyatakan dengan Persamaan (1):

$$q_{hidup} = w \quad (1)$$

Di mana q_{hidup} adalah beban hidup lantai (kN/m²) dan w adalah nilai beban hidup sesuai standar (kN/m²).

Sebagai contoh, berdasarkan standar:

1. Ruang hunian memiliki nilai beban hidup sebesar 2.0 kN/m².
2. Kantor memiliki rentang beban hidup antara 2.5 – 4.0 kN/m².

3. Koridor publik dapat memiliki beban hidup sebesar $4.0 - 5.0 \text{ kN/m}^2$.
4. Ruang kelas memiliki nilai beban hidup sebesar 3.0 kN/m^2
5. Teras atap memiliki nilai beban hidup sebesar 1.5 kN/m^2 .

2.7.3 Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019

1. Kriteria Perancangan

Parameter percepatan batuan dasar terdiri dari percepatan pada periode pendek (S_s) dan percepatan pada periode 1 detik (S_1). Nilai S_s dan S_1 dihitung berdasarkan peta sumber dan bahaya gempa (Persamaan 1 dan Persamaan 2).

$$S_s = 0.6g \quad (1)$$

$$S_1 = 0.3g \quad (2)$$

2. Koefisien Situs

Koefisien situs terdiri dari faktor amplifikasi periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi periode 1 detik (F_v). Nilai ini disesuaikan dengan kondisi tanah keras (SC) berdasarkan perhitungan berikut (Persamaan 3 dan Persamaan 4).

$$F_a = 1.20g \quad (3)$$

$$F_v = 1.40g \quad (4)$$

3. Parameter Respons Spektrum Desain

Parameter respon spektrum terdiri dari percepatan spektrum pada periode pendek (S_Ms) dan periode 1 detik (S_{M1}). Perhitungannya dilakukan dengan menggunakan Persamaan 5 dan Persamaan 6.

$$S_{M_s} = F_a \times S_s \quad (5)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (6)$$

Selanjutnya, percepatan spektral desain untuk periode pendek (SDS) dan periode 1 detik (SD1) dihitung menggunakan Persamaan 7 dan Persamaan 8.

$$SDS = \frac{2}{3} SM_s \quad (7)$$

$$SD1 = \frac{2}{3} SM1 \quad (8)$$

4. Menentukan Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik (KDS) ditentukan berdasarkan faktor keutamaan gempa dan kategori risiko bangunan. Sistem struktur yang digunakan adalah rangka beton pemikul momen khusus dengan koefisien modifikasi respon (R) sebesar 8.

5. Membuat Spektrum Respons Desain

Untuk menentukan spektrum respon desain, terlebih dahulu dihitung nilai T_o dan T_s dengan Persamaan 9 dan Persamaan 10.

$$T_o = 0.2 \frac{SD1}{SDS} \quad (9)$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS} \quad (10)$$

Selanjutnya, percepatan spektrum (S_a) dihitung berdasarkan tiga kondisi sebagai berikut:

- Untuk , $T < T_o$, dihitung menggunakan Persamaan 11.
- Untuk, $T_o \leq T \leq T_s$, nilai S_a sama dengan SDS (Persamaan 12).
- Untuk, $T_s < T \leq T_L$, dihitung menggunakan Persamaan 13
- Untuk, $T \geq T_L$, dihitung menggunakan Persamaan 14

$$S_a = SDS \times (0.4 + 0.6 \frac{T}{T_o}) \quad (11)$$

$$S_a = SDS \quad (12)$$

$$S_a = \frac{SD1}{T} \quad (13)$$

$$S_a = \frac{SDI \times TL}{T^2} \quad (14)$$

2. Menghitung Waktu Getar Alami Struktur

Waktu getar alami struktur (T) dihitung berdasarkan tinggi total bangunan dengan menggunakan koefisien struktur sesuai dengan Persamaan 15.

$$T_a = C_t \times h^x \quad (15)$$

Jika nilai T_c dari analisis perangkat lunak lebih besar dari nilai T_{max} yang dihitung dengan Persamaan 16, maka T yang digunakan adalah T_{max} .

$$T_{max} = C_u \times T_a \quad (16)$$

3. Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar ditentukan dengan mencari nilai koefisien respon seismik (C_s) terlebih dahulu. C_s dihitung dengan tiga syarat berbeda dan dipilih nilai terbesar di antara Persamaan 17, 18, dan 19.

$$C_s = \frac{SDS}{R/I} \quad (17)$$

$$C_{s_{max}} = \frac{SDI}{T \times (R/I)} \quad (18)$$

$$C_{s_{min}} = 0.044 \times SDS \times I \quad (19)$$

Setelah itu, gaya geser dasar (V) dihitung dengan menggunakan Persamaan 20.

$$V = C_s \times W_t \quad (20)$$

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja seismik struktur Gedung Bertingkat Ruko R5 Citraland Sampali melalui metode analisis statik nonlinear *Pushover* pada software ETABS, dan mengacu pada SNI 1726:2019 dan berpedoman pada FEMA 356 juga FEMA 440. Tahapan penelitian terdiri dari beberapa langkah utama, yaitu:

1. Studi literatur: Melakukan kajian terhadap teori dan pedoman yang berkaitan dengan evaluasi kinerja seismik, khususnya metode analisis *Pushover* dan pedoman FEMA 356
2. Pengumpulan data struktur: Mengumpulkan data teknis gedung administrasi yang meliputi dimensi struktur, bahan material, dan detail elemen struktural seperti kolom, balok.
3. Pemodelan struktur: Membuat model struktur gedung administrasi dalam perangkat lunak ETABS dengan memasukkan data yang telah dikumpulkan.
4. Penerapan beban: Menerapkan beban gravitasi (beban mati dan beban hidup).
5. Analisis *Pushover*: Melakukan analisis *Pushover* untuk mendapatkan kurva kapasitas bangunan dan mengevaluasi kinerja struktur pada berbagai Tingkat perpindahan lateral.
6. Evaluasi kinerja seismik: Berdasarkan hasil analisis *Pushover*, mengevaluasi kinerja bangunan sesuai dengan pedoman FEMA 356,

yaitu tingkat Immediate Occupancy (IO), Life Safety (LS), Damage Control (DC), dan Collapse Prevention (CP).

7. Pelaporan hasil penelitian: Menyusun laporan hasil analisis dan memberikan rekomendasi teknis terkait perbaikan atau perkuatan struktur jika diperlukan

3.1.1 Pendekatan Penelitian (Kuantitatif Analitis)

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif yang dimana pendekatan kuantitatif dalam evaluasi kinerja seismik bangunan menggunakan analisis numerik dan perhitungan matematis untuk mengukur respons struktur terhadap gempa. Metode ini memberikan hasil berbasis data dan angka yang lebih objektif dengan menggunakan metode analisis Statis nonlinier (*Pushover Analysis* – FEMA 356).

3.1.2 Jenis data yang digunakan

Penelitian ini menggunakan data sekunder, yaitu data yang telah dikumpulkan, disusun, dan dianalisis oleh pihak lain sebelum dimanfaatkan dalam penelitian ini. Data tersebut diperoleh dari sumber yang telah tersedia, seperti laporan, publikasi, atau basis data yang berasal dari dokumen pemerintah maupun artikel ilmiah.

Dalam mengevaluasi kinerja seismik suatu bangunan, dibutuhkan berbagai jenis data untuk memodelkan struktur, menentukan beban gempa, serta menilai respons struktur. Jenis data yang digunakan dapat diklasifikasikan sebagai berikut

- a. Data Geometri Struktur: Data geometri struktur mencakup dimensi elemen struktur (balok, kolom, dinding geser, dll.), tinggi lantai, dan konfigurasi bangunan secara keseluruhan. Data ini biasanya diperoleh dari Gambar desain (as-built drawing) atau survei lapangan.

- b. Data Material: Data material mencakup properti material struktur, seperti kuat tekan beton, kuat leleh baja, modulus elastisitas, dan rasio Poisson. Data ini dapat diperoleh dari spesifikasi material, pengujian laboratorium, atau referensi standar.
- c. Data Beban: Data beban mencakup beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Beban mati dan beban hidup ditentukan berdasarkan standar yang berlaku, sedangkan beban gempa ditentukan berdasarkan analisis bahaya gempa dan respons spektrum. Beban gempa diperoleh dari kurva respons spektrum yang dibuat berdasarkan klasifikasi situs, periode panjang, dan parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan berdasarkan Peta Sumber dan Bahaya Gempa sesuai dengan SNI 1726:2019.
- d. Data Tanah: Data tanah mencakup jenis tanah, kepadatan tanah, dan parameter tanah lainnya yang mempengaruhi respons gempa. Parameter kecepatan gelombang penelitian ini masuk ke dalam kelas situs SC

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pembangunan stadion kebun bunga ini terletak di jalan Meteorologi Raya, Kec. Percut Sei Tuan, Kota Deli Serdang, Sumatera Utara yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Lokasi dan Waktu Penelitian

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup berbagai data teknis dan parameter struktur bangunan, antara lain:

1. Perangkat keras seperti komputer dan laptop.
2. Data Teknis Struktur: Gambar teknis bangunan yang mencakup dimensi elemen struktural (kolom, balok, dan pelat lantai). Spesifikasi material juga diperoleh, meliputi kualitas beton, jenis baja tulangan, dan kekuatan bahan lainnya.
3. Data Seismik: Data gempa yang digunakan untuk menentukan beban lateral dalam analisis *Pushover*. Data ini meliputi:
 - a. Peta percepatan tanah (PGA) untuk wilayah Sumatera Utara.
 - b. Spektrum respons gempa yang disesuaikan dengan standar SNI 1726.
4. Pedoman FEMA 356: Pedoman ini menjadi acuan dalam mengevaluasi kinerja seismik bangunan, Pedoman ini menjadi acuan dalam mengevaluasi kinerja seismik bangunan. FEMA 356 memberikan prosedur untuk analisis *Pushover*, termasuk bagaimana menilai tingkat kinerja bangunan pada berbagai tahap perpindahan lateral.

3.4. Metode Pengumpulan Data

3.4.1. Data Eksisting Struktur Gedung Bertingkat

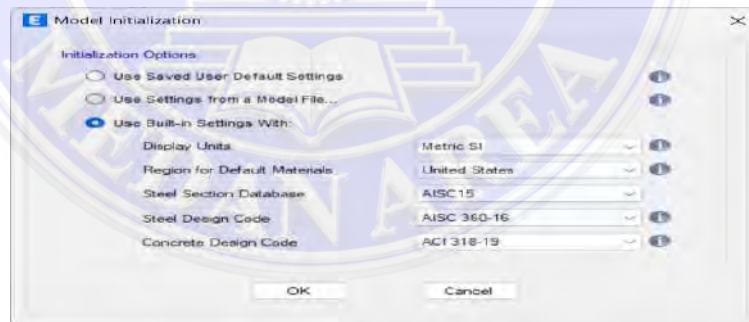
Data struktur gedung bertingkat yang sudah ada dikumpulkan guna memahami karakteristik teknis bangunan sebelum pelaksanaan analisis kinerja seismik. Tabel 10 memuat informasi yang meliputi aspek-aspek terkait data bangunan, material struktur, dan pembebanan struktur yang dimanfaatkan dalam pemodelan numerik menggunakan ETABS.

Tabel 10 Data Bangunan, Material Struktur dan Pembebanan.

No	Kategori	Parameter	Nilai/Spesifikasi
1	Data Geometri Bangunan	Jumlah Lantai	5 Lantai
		Tinggi Total Bangunan	14,9 Meter
		Sistem Struktur Utama	Rangka Beton Bertulang Geser
2	Data Material Struktur	Beton	Kuat tekan beton (f'_c) = 21 MPa
		Baja Tulangan	Kuat tarik baja tulangan (f_y) = 420 MPa
		Modulus Elastisitas Beton (MoE)	$4700\sqrt{f'_c}$ MPa
		Modulus Elastisitas Baja (MoE)	200.000 MPa
3	Data Pembebanan	Beban Mati (<i>Dead Load</i> , DL)	Berat sendiri elemen struktur dan nonstruktur
		Beban Hidup (<i>Live Load</i> , LL)	Sesuai fungsi bangunan berdasarkan SNI 1727:2020
		Beban Gempa	Ditentukan berdasarkan peta zonasi gempa SNI 1726:2019
		Kombinasi Pembebanan	Sesuai ketentuan desain gempa dalam SNI 1726:2019

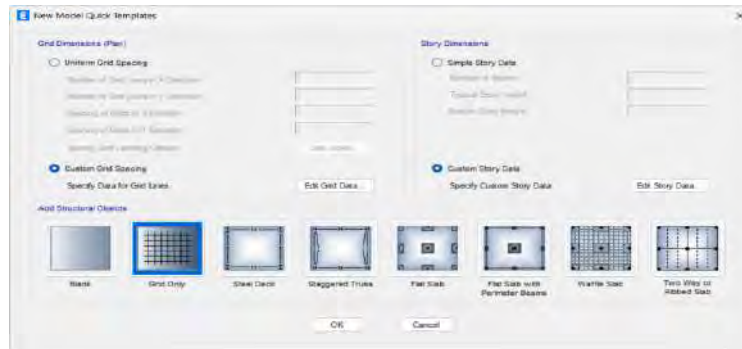
3.4.2. Proses Pemodelan Ulang ETABS

1. Buka Software Etabs yang sudah Ter instal
2. Memulai membuat model baru, ditampilkan pada Gambar 5.



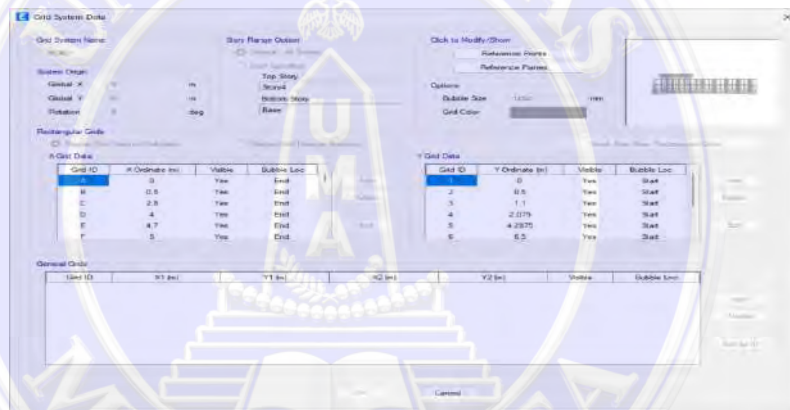
Gambar 4. Membuat Settingan (ETABS V22,2025)

- a. Klik *new model – use built-in settings with*
- b. Klik *Custom Grid Spacing – Grid Only* di perhatikan pada gambar 6.



Gambar 5. Membuat Model baru (ETABS V22, 2025)

- c. Masukkan nilai x, y dan z pada number of grid. Number of Grid Lines menunjukkan jumlah joint sb X, sedangkan merupakan jarak angkut
- d. Kemudian klik OK, Sehingga munculah Grid yang diinginkan di perlihatkan pada gambar 7.



Gambar 6. Membuat Grid (ETABS V18, 2025)

3. Membuat Data Bahan / Material Beton
 - a. Klik menu *define* – material lalu *add new material* kemudian jenis material beton bertulang
 - b. Isikan mutu beton (f'_c) = 21 MPa
 - c. Isikan mutu baja (f_y) = ulir 420 MPa
 - d. Isikan $MoE = 4700\sqrt{f'_c}$ MPa
 - e. Isikan MoE baja = 200.000 MPa Kemudian Klik OK, di perlihatkan pada gambar 8.



Gambar 7.Data Bahan dan Material Beton (ETABS V18, 2025)

4. Membuat Data Bahan / Material Fy Ulir

- Klik menu define – material lalu add new material kemudian Jenis material Rebar
- Isikan Mutu Baja (f_y) = ulir 420 MPa
- Isikan MoE baja = 200.000 MPa kemudian klik OK, diperlihatkan pada gambar 9.



Gambar 8.Data Bahan dan Material Ulir (ETABS V22, 2025)

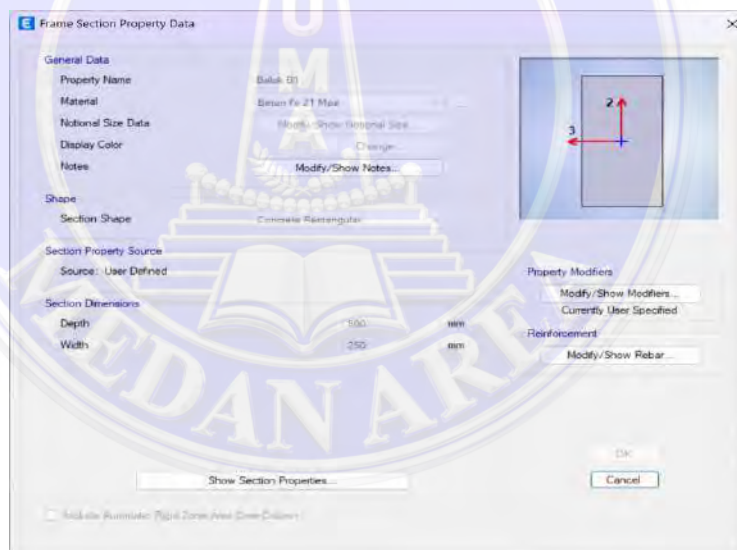
5. Membuat data penampang kolom

- Klik define – section properties kemudian frame sections
- Klik add new property pilih type concrete klik rectangular lalu isikan dimesi lebar dan panjang kolom sesuai kebutuhan kemudian klik OK, diperlihatkan pada gambar 10.



Gambar 9. Data Penampang Kolom (ETABS V22, 2025)

- a. Klik define – section properties kemudian frame sections
- b. Klik add new property pilih type concrete klik rectangular lalu isikan dimensi lebar dan panjang balok sesuai kebutuhan kemudian klik OK, diperlihatkan pada gambar 11.



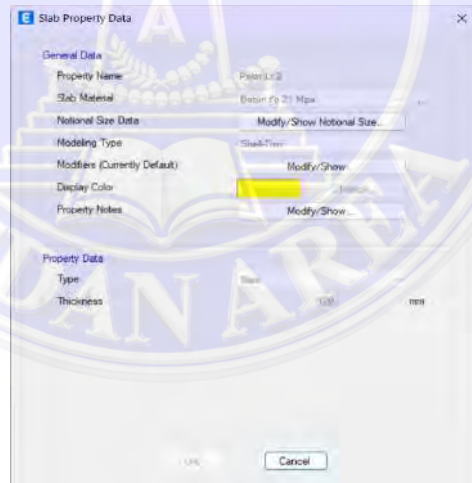
Gambar 10. Data Penampang Balok (ETABS V22, 2025)

6. Membuat data penampang Pelat Lantai
 - a. Klik define – section properties kemudian slab properties
 - b. Klik add new section lalu isikan tebal pelat lantai sesuai kebutuhan kemudian klik OK, diperlihatkan pada gambar 12.



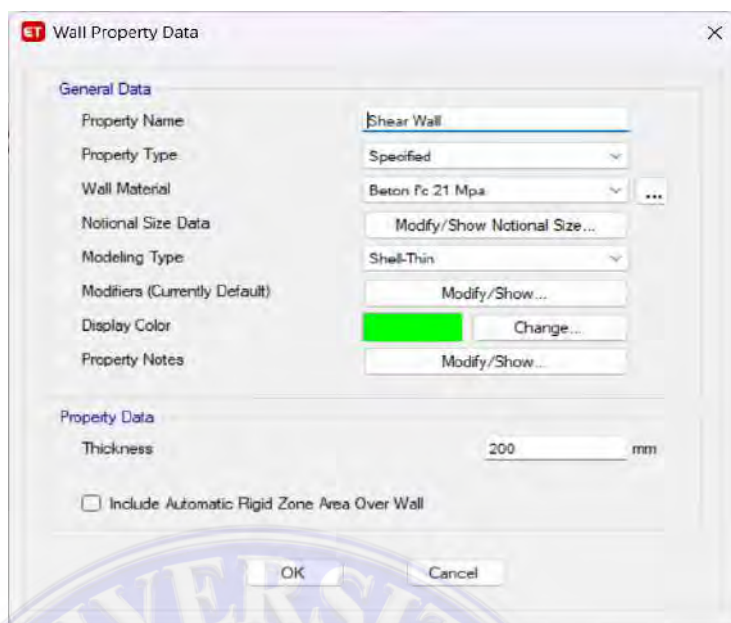
Gambar 11. Data Penampang Pelat Lantai (ETABS V18, 2025)

7. Membuat data penampang Pelat Atap
 - a. Klik define – section properties kemudian slab properties
 - b. Klik add new section lalu isikan tebal pelat atap sesuai kebutuhan kemudian klik OK, diperlihatkan pada gambar 13.



Gambar 12. Data Penampang Pelat Atap (ETABS V22, 2025)

8. Membuat data penampang *Shearwall*
 - a. Klik define – section properties kemudian *wall* section
 - b. Klik add new section lalu isikan tebal *shearwall* sesuai kebutuhan kemudian klik OK, diperlihatkan pada gambar 13.

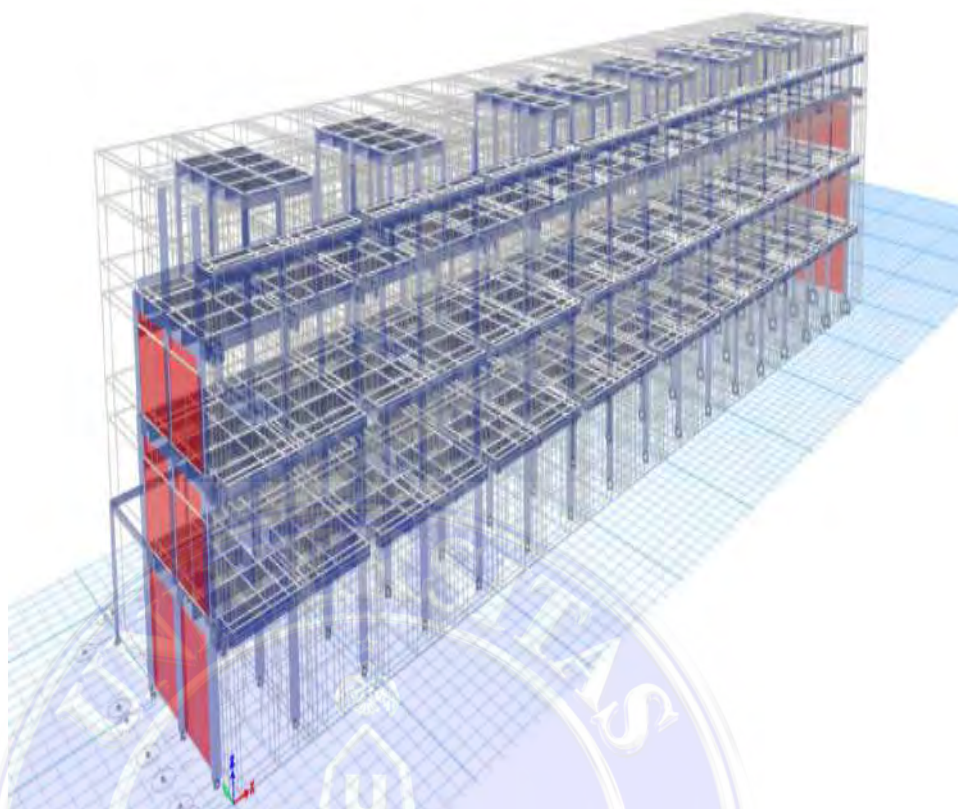


Gambar 13. Data Penampang *Shear Wall* (ETABS V18, 2025)

9. Pemodelan sebelum di run

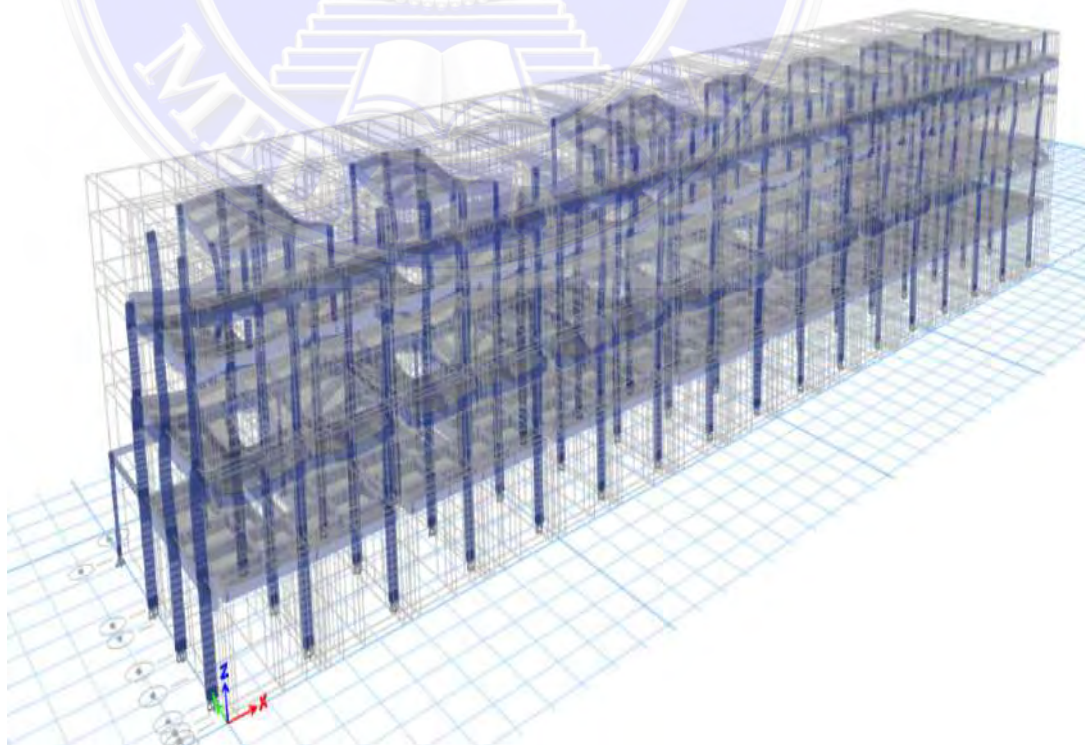


Gambar 14. Pemodelan sebelum di Run tanpa *Shear Wall* (ETABS V22, 2025)



Gambar 15. Pemodelan sebelum di Run menggunakan *Shear Wall* (ETABS V22, 2025)

10. Pemodelan Sesudah di Run



Gambar 16. Pemodelan sesudah di Run tanpa *Shear Wall* (ETABS V22, 2025)



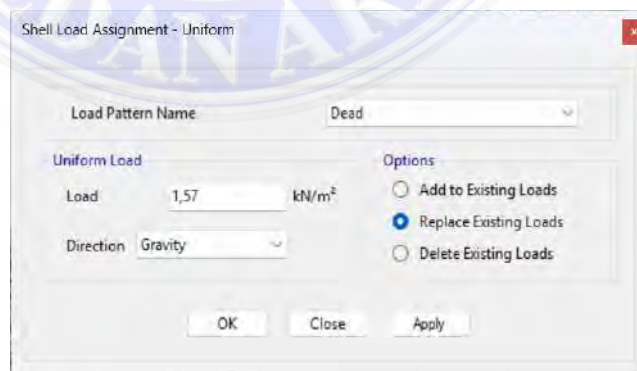
Gambar 17. Pemodelan sesudah di Run menggunakan *Shear Wall* (ETABS V22, 2025)

3.5. Metode Analisis Data

3.5.1. Simulasi Analisis *Pushover* dengan ETABS

1. Menentukan Beban Mati Pelat Lantai

- Select objek pada pelat lantai
- Klik assign pilih frame loads lalu distributed. Setelah itu masukan beban mati pelat lantai di menu uniform load dan klik OK di perlihatkan pada gambar 18.

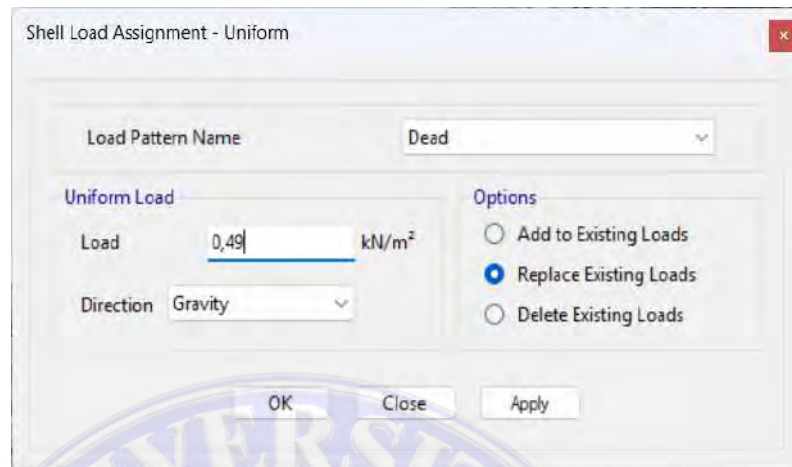


Gambar 18. Input Beban Mati Pelat Lantai (ETABS V22, 2025)

2. Menentukan Beban Hidup Pelat Lantai

- Select objek pada pelat lantai
- Klik assign pilih frame loads lalu distribute

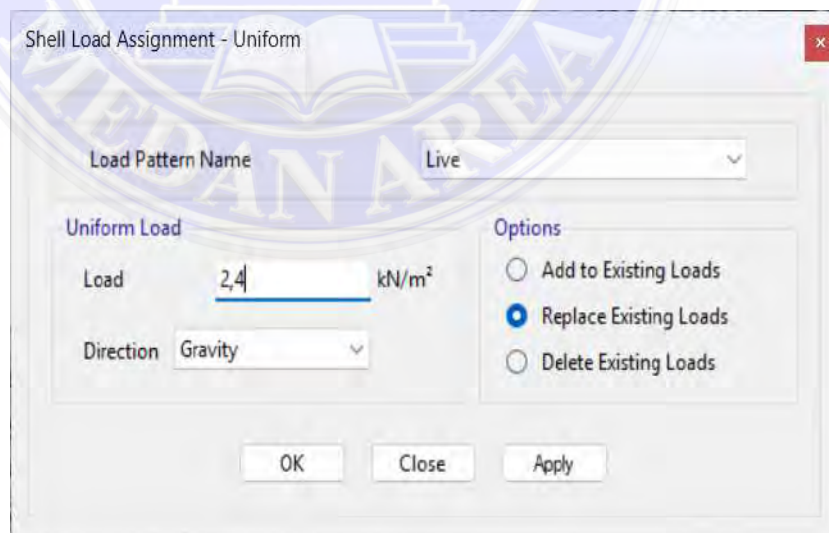
- b. Setelah itu masukan beban hidup pelat lantai di menu uniform load dan klik OK di perlihatkan pada gambar 19.



Gambar 19. Input Beban Hidup Pelat Lantai (ETABS V22, 2025)

3. Menentukan Beban Mati Pelat Atap

- a. Select objek pada pelat atap
- b. Klik assign pilih *frame loads* lalu distributed. Setelah itu masukan beban mati pelat atap di menu uniform load dan klik OK di perlihatkan pada gambar 20.

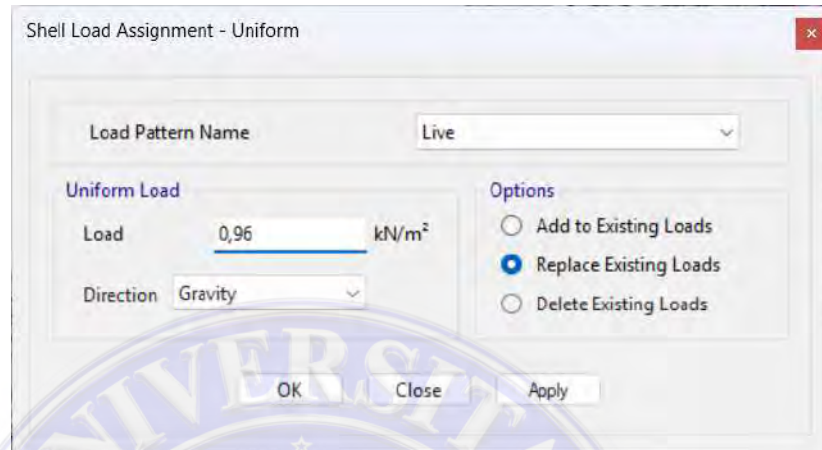


Gambar 20. Input Beban Mati Pelat Atap (ETABS V22, 2025)

4. Menentukan Beban Hidup Pelat Atap

- a. Select objek pada pelat atap

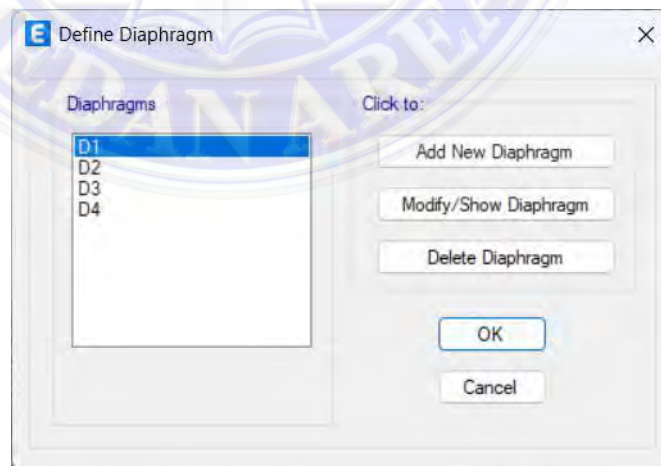
- b. Klik assign pilih *frame loads* lalu distributed. Setelah itu masukan beban hidup pelat atap di menu uniform load dan klik OK di perlihatkan pada gambar 21.



Gambar 21. Input Beban Hidup Pelat Atap (ETABS V22, 2025)

5. Membuat Diaphragm pada setiap lantai

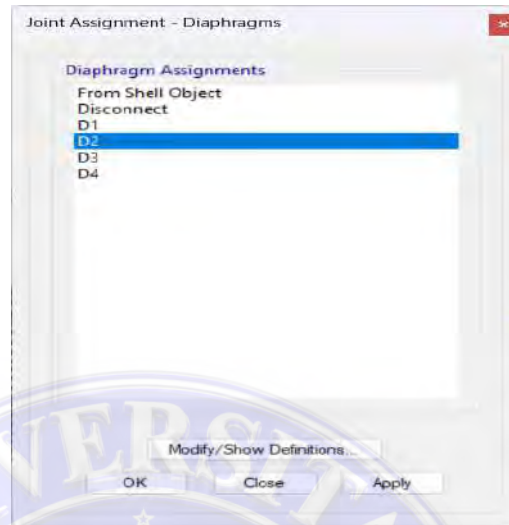
- a. Select objek pada lantai
- b. Klik define lalu diaphragm kemudian add new diaphragm. Setelah itu klik add new diaphragm klik D1 sesuai dengan jumlah lantai OK di perlihatkan pada gambar 22.



Gambar 22. Membuat nama diaphragm (ETABS V22, 2025)

- c. Select objek pada lantai

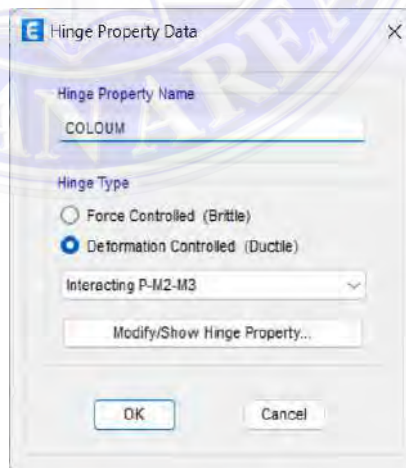
- d. Klik assign lalu joint kemudian diaphragmn pilihlah diaphragmn dan klik OK di perhatikan pada gambar 23



Gambar 23. Membuat diaphragm (ETABS V22, 2025)

6. Menentukan hinge pada kolom

- a. Klik define lalu section properties kemudian klik frame/wall nonlinear hinges
- b. Klik add new properti klik concrete klik nama hinges dan pilihlah hinges type diperlihatkan pada gambar 24.



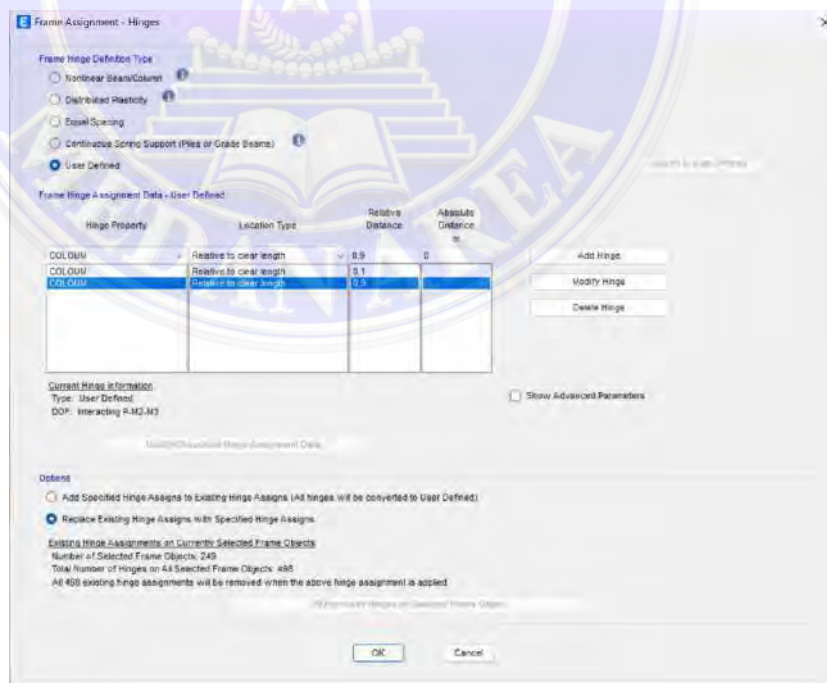
Gambar 24. Membuat detail hinges (ETABS V22, 2025)

- c. Klik Select lalu select kemudian object type
- d. Select kolom dan klik OK diperlihatkan pada gambar 25.



Gambar 25. Select Section Pada Kolom (ETABS V22, 2025)

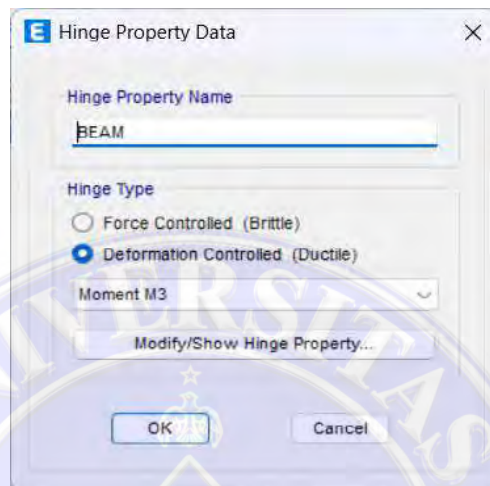
- e. Klik Assign kemudian frame lalu hinges
- f. Lalu pilih kolom kemudian masukan jarak relatif dan klik OK
diperlihatkan pada gambar 26.



Gambar 26. Input Hinge Pada Kolom (ETABS V22, 2025)

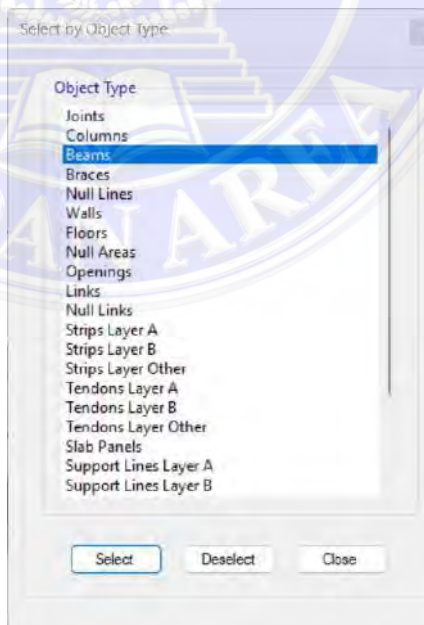
7. Menentukan hinge pada balok Menentukan hinge pada kolom

- a. Klik define lalu section properties kemudian klik frame/wall nonlinear hinges
- b. Klik add new properti klik concrete klik nama hinges dan pilihlah hinges type diperlihatkan pada gambar 27.



Gambar 27. Membuat detail hinges (ETABS V22, 2025)

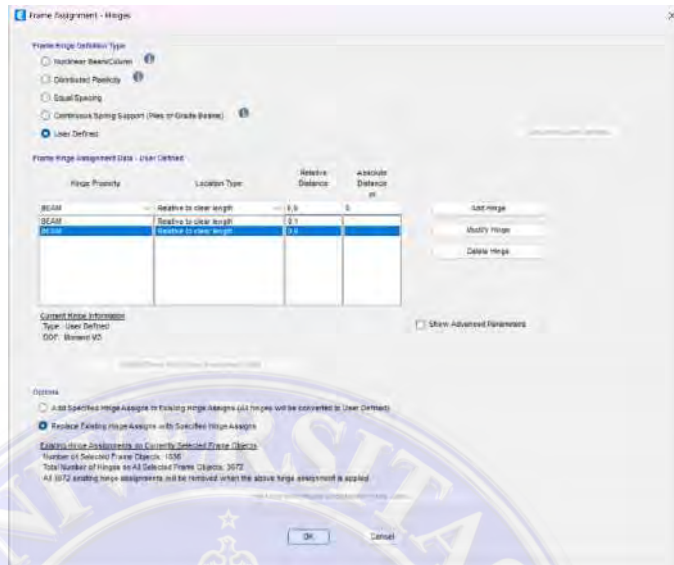
- c. Klik Select lalu select kemudian object type
- d. Select kolom dan klik OK diperlihatkan pada gambar 28.



Gambar 28. *Select Section* Pada Balok (ETABS V22, 2025)

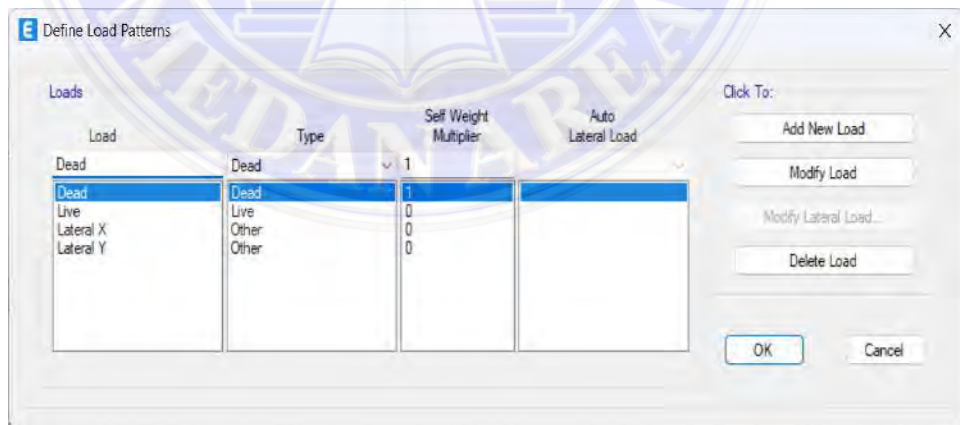
- e. Klik Assign kemudian frame lalu hinges

- f. Lalu pilih kolom kemudian masukan jarak relatif dan klik OK diperlihatkan pada gambar 29.



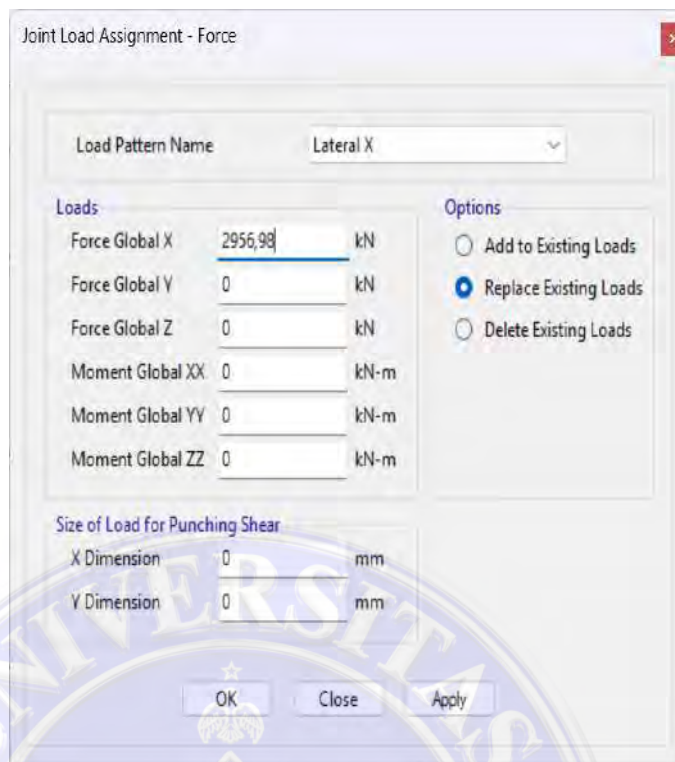
Gambar 29. Input Hinge Pada Balok (ETABS V22, 2025)

8. Menentukan Beban Lateral X
- Klik define Kemudian load patterns
 - Klik add new load patterns lalu klik name lateral load x diperlihatkan pada gambar 30.



Gambar 30. Define Load Patterns (ETABS V22, 2025)

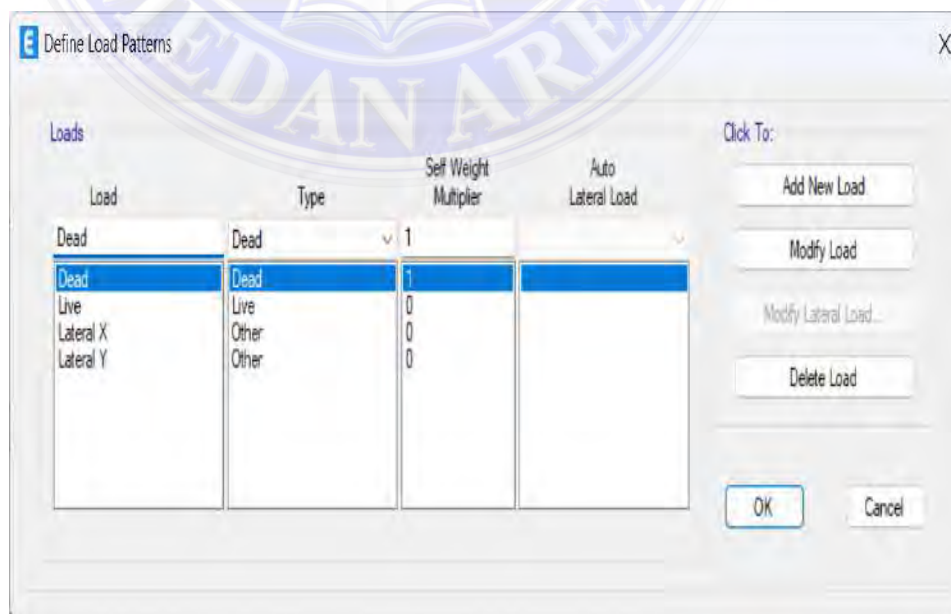
- Select beban arah sumbu x
- Klik assign lalu klik joint loads kemudian pilih forces dan masukan beban ke arah sumbu x setelah itu klik OK diperlihatkan pada gambar 31



Gambar 31. Input Beban Lateral X (ETABS V22, 2025)

9. Menentukan Beban Lateral Y

- a. Klik define Kemudian load patterns
- b. Klik add new load patterns lalu klik name lateral load x diperlihatkan pada gambar 32.



Gambar 32. Define Load Patterns (ETABS V22, 2025)

- c. Select beban arah sumbu x
- d. Klik assign lalu klik joint loads kemudian pilih forces dan masukan beban ke arah sumbu x setelah itu klik OK diperlihatkan pada gambar 33.



Gambar 33. Input Beban Lateral Y (ETABS V22, 2025)

10. Menentukan Gravity Non Linier Case

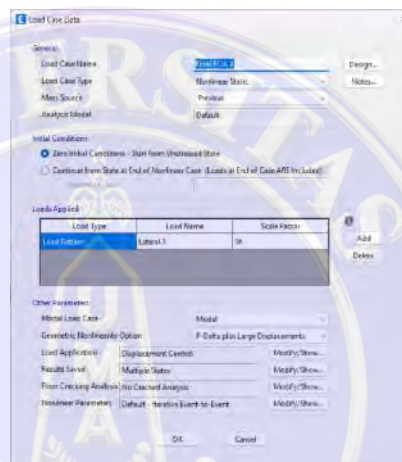
- a. Klik define-load cases lalu akan muncul menu boxes difane load cases.
- b. Klik *add new load case*, maka akan muncul *boxes load case data* nonlinear static
- c. Pada option analysis type pilih nonlinear dan pada option geometric nonlinear parameters pilih P-delta. Lalu isikan data loads applied diperlihatkan pada gambar 34.



Gambar 34. Input Static Nonlinier Initial POA(ETABS V22, 2025)

11. Menentukan Non Linier *Pushover Case*

- a. Klik define-load cases-add new load cases. Isikan load cases name = Final POA X
- b. Pada option initial conditions pilih continu from state at end of nonlinear case, dan pilih initial POA
- c. Pada option load type pilih Load Pattern , load name pilih lateral load x dan input scale factor = 1 diperlihatkan pada gambar 35.



Gambar 35. Input Static Nonlinier Final POA X (ETABS V22, 2025)

12. Menentukan Non Linier *Pushover Case*

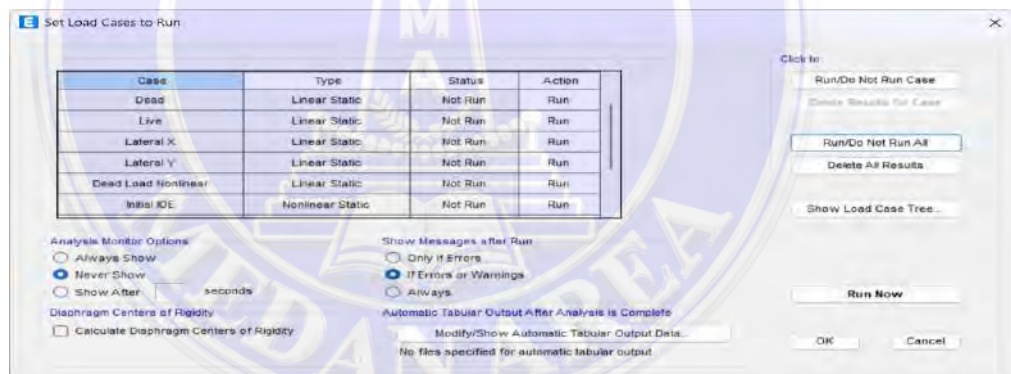
- d. Klik *define-load cases-add new load cases*. Isikan *load cases name* = Final POA Y
- e. Pada option initial conditions pilih continu from state at end of nonlinear case, dan pilih initial POA
- f. Pada option load type pilih Load Pattern , load name pilih lateral load x dan input scale factor = 1 diperlihatkan pada gambar 36.



Gambar 36. Input Static Nonlinier Final POA Y (ETABS V22, 2025)

13. Running Program

- Run program dengan klik pada menu analyze – Set load case to run
- Pilih case modal s/d dead dan klik run/do not case (pada tahapan ini analisis linear dinamik RS tidak di run karena untuk mempercepat waktu proses running) diperlihatkan pada gambar 34.



Gambar 37. Memilih Load Case To Run (ETABS V22, 2025)

3.5.2. Evaluasi Kapasitas Elemen Struktur Berdasarkan Kurva Kapasitas

Evaluasi kapasitas elemen struktur melalui kurva kapasitas dilakukan dengan menganalisis keterkaitan antara gaya geser dasar dan perpindahan atap hasil analisis *Pushover*. Kurva tersebut merepresentasikan respons struktur terhadap pembebanan lateral hingga memasuki kondisi plastis atau mengalami keruntuhan. Titik leleh, titik kinerja, dan cadangan daktilitas dapat diidentifikasi dari kurva kapasitas untuk menilai sejauh mana struktur mampu menyerap energi gempa.

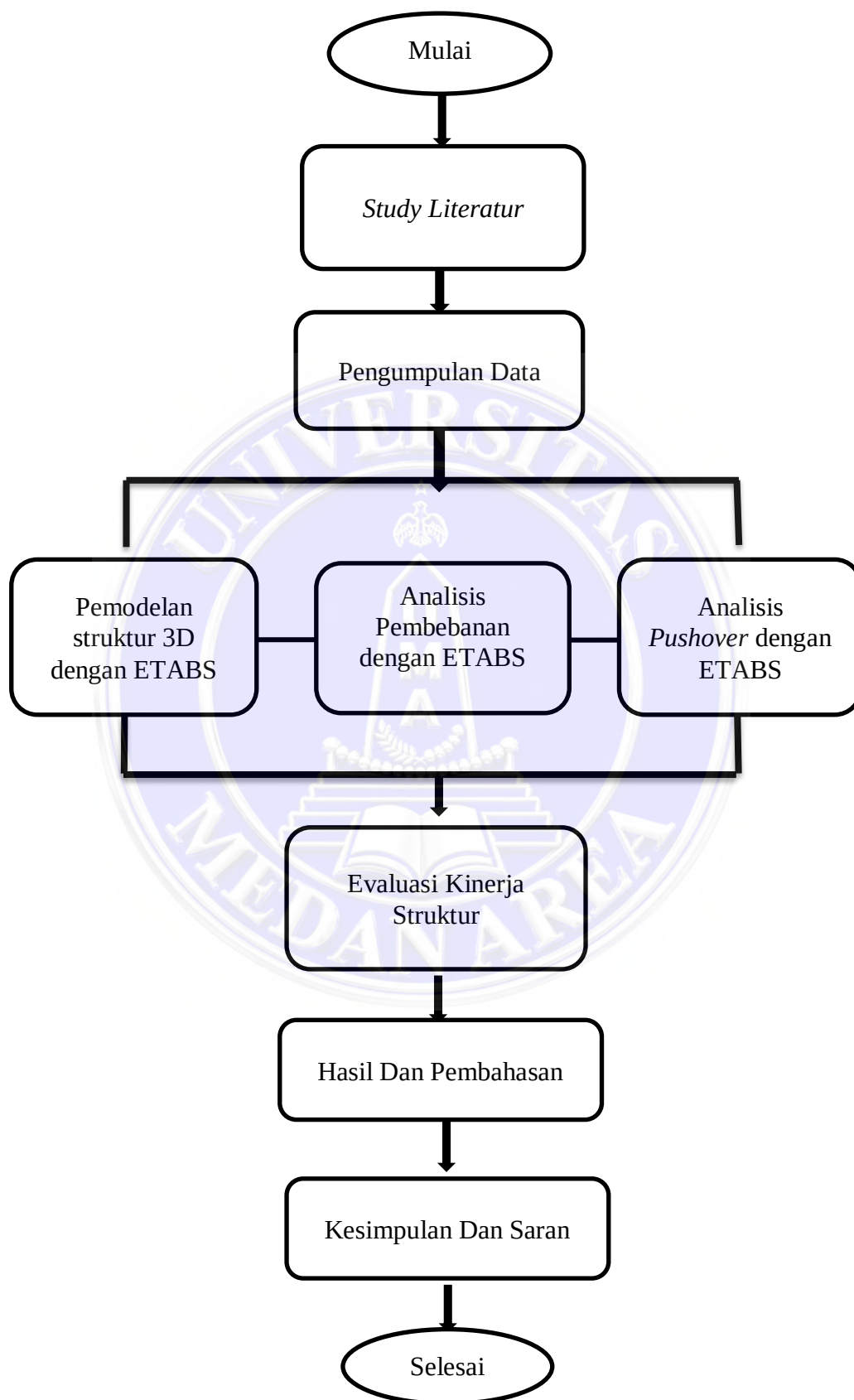
Penilaian elemen struktur dilakukan melalui pengamatan terhadap pembentukan sendi plastis, distribusi gaya internal, serta pola deformasi yang muncul selama proses pembebanan. Konsentrasi sendi plastis pada elemen tertentu sebelum kapasitas maksimum tercapai mengindikasikan potensi terjadinya mekanisme keruntuhan yang tidak diharapkan. Hasil analisis dibandingkan dengan kriteria kinerja berdasarkan standar FEMA 356 guna menentukan kebutuhan perkuatan atau modifikasi elemen struktur dalam rangka meningkatkan ketahanan terhadap pengaruh gempa.

3.5.3. Penilaian Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan Pedoman FEMA-356

Penilaian kinerja struktur berdasarkan FEMA 356 merupakan metode sistematis untuk mengevaluasi respons bangunan terhadap gempa dengan mengacu pada tingkat kinerja seperti Immediate Occupancy, Life Safety, dan Collapse Prevention. Evaluasi dilakukan melalui analisis *Pushover* dengan melihat hubungan gaya geser dasar dan perpindahan atap.

Penentuan kinerja dilakukan melalui pemodelan struktur yang merepresentasikan kondisi aktual dan perilaku nonlinier, kemudian diberi beban lateral bertahap untuk menghasilkan kurva kapasitas. Mengacu pada FEMA 440, metode ini digunakan untuk menilai dan meningkatkan ketahanan seismik bangunan agar tetap aman dan melindungi penghuni saat gempa.

3.6. Diagram Alir



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, penambahan *shear wall* memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kinerja seismik struktur gedung ruko bertingkat. Kapasitas geser struktur meningkat sebesar 38%, sementara perpindahan lateral mengalami penurunan sebesar 44%. Selain itu, simpangan atap dan *story drift* masing-masing menurun sebesar 20% dan 15%, yang menunjukkan berkurangnya deformasi struktur akibat beban gempa.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian evaluasi kinerja seismik struktur gedung Bertingkat dengan metode *Pushover* menggunakan *software* ETABS didapatkan saran yang bermanfaat bagi penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Dalam tahap perencanaan dan konstruksi bangunan baru, sangat disarankan untuk mengacu pada kode dan standar gempa terbaru, seperti SNI 1726:2019. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa desain bangunan sudah memenuhi persyaratan ketahanan seismik yang memadai serta sesuai dengan kondisi seismik terkini di wilayah Medan.
2. Untuk menjaga agar kondisi struktur selalu berada pada performa yang baik, disarankan dilakukan pemeriksaan secara berkala serta pelaksanaan simulasi gempa secara rutin. Kegiatan evaluasi tersebut bertujuan mengidentifikasi potensi kerusakan atau penurunan kemampuan struktur sejak dini sehingga langkah perbaikan dapat segera diterapkan sebelum berkembang menjadi kegagalan yang lebih serius.

DAFTAR PUSTAKA

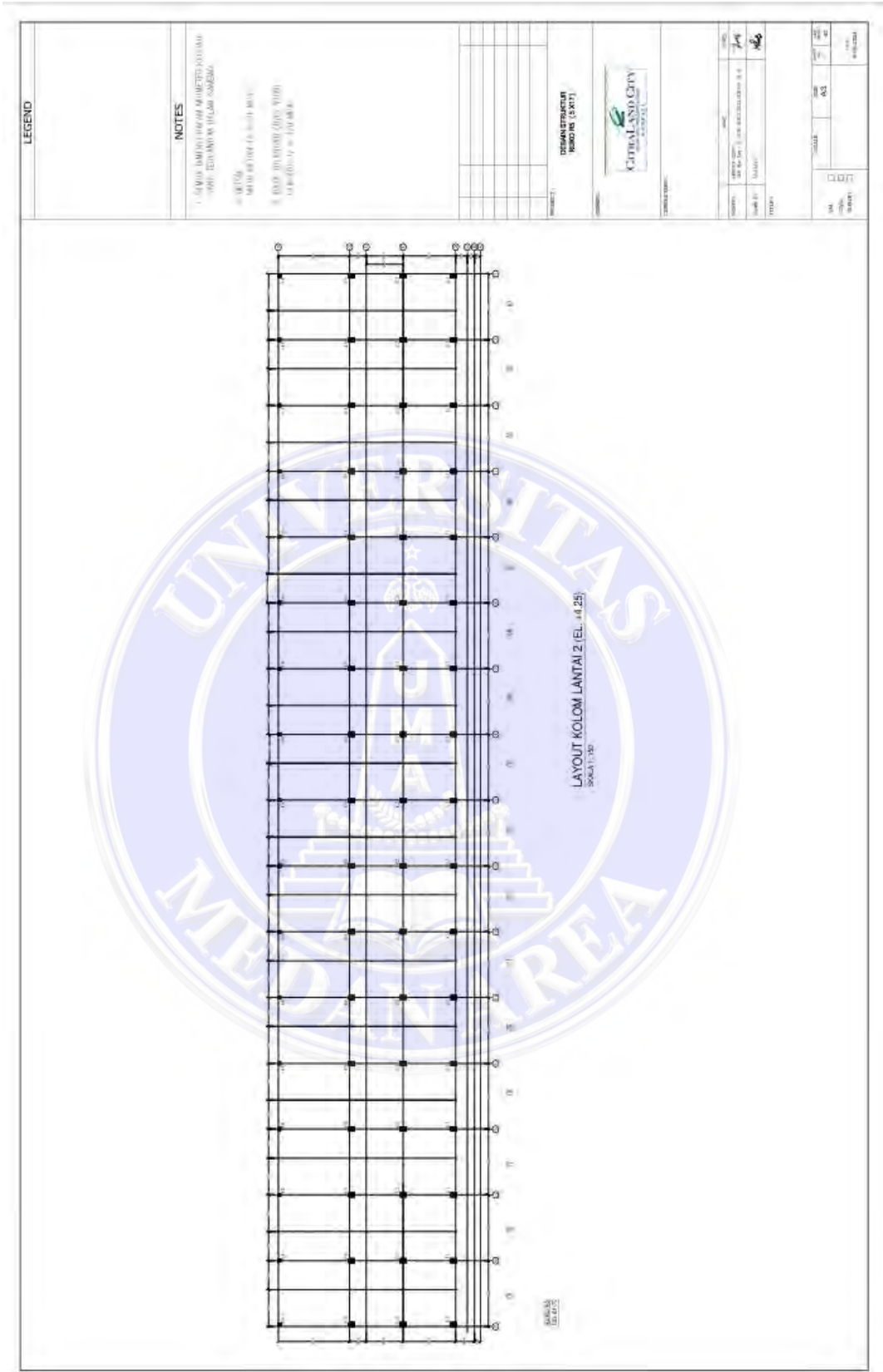
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: BSN.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2000). FEMA 356: Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Washington, D.C.
- Abdillah, M. G. (2024). Analisis Konfigurasi *Shear Wall* pada Struktur Beton Bertulang dengan Metode *Pushover*. *Prosiding FTSP Series*, 7-19.
- Hakim, M. F. N. (2024). *Pengaruh Variasi Zonasi Kerawanan Gempa Bumi terhadap Perilaku Seismik Struktur Bangunan Tahan Gempa di Yogyakarta* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Hidayat, M., Abdurrasyid, Y., & Maidiawati, M. (2025). Analisis Pengaruh Posisi Dinding Geser Terhadap Kapasitas Seismik Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Metode Analisis *Pushover*. *Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain*, 3(4), 195-208.
- Kurniawan, A., Wibowo, R. C., Nurrochman, A., Zaenudin, A., Wibowo, A., Destawan, R., & Hanif, I. (2024). Analisis Seismisitas dan Mekanisme Fokus Sesar Sumatera: Studi Kasus Segmen Semangko dan Selat Sunda. *Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri (JTII)*, 5(2).
- Kusuma, R. A., & Sabariman, B. (2022). Analisa Pengaruh Variasi Layout *Shearwall* Terhadap Kinerja Struktur Dengan Metode *Pushover Analysis* Pada Gedung Pelindo Office Tower. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 4(2), 1-12.
- Lahita, L., Septiana, V. D., Widiyanto, D., & Mulyanto, Y. Y. (2022). Efek Penggunaan *Shear Wall* Terhadap Perilaku Dan Level Kinerja Struktur Gedung Pabrik X (The Effect of *Shear Wall* Usage on Behavior and Performance Based Design of The Structure of Factory Building X). *G-SMART*, 6(2), 128-138.
- Penambahan *Shear Wall* Terhadap Periode Getar Awal dan Akhir Struktur Berdasarkan SNI (Rumah Sakit X). *G-SMART*, 8(1), 39-49.
- Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN). (2017). Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Riswanto, A., Joko, J., Boari, Y., Taufik, M. Z., Irianto, I., Farid, A., ... & Ifadah, E. (2023). *Metodologi Penelitian Ilmiah: Panduan Praktis Untuk Penelitian Berkualitas*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

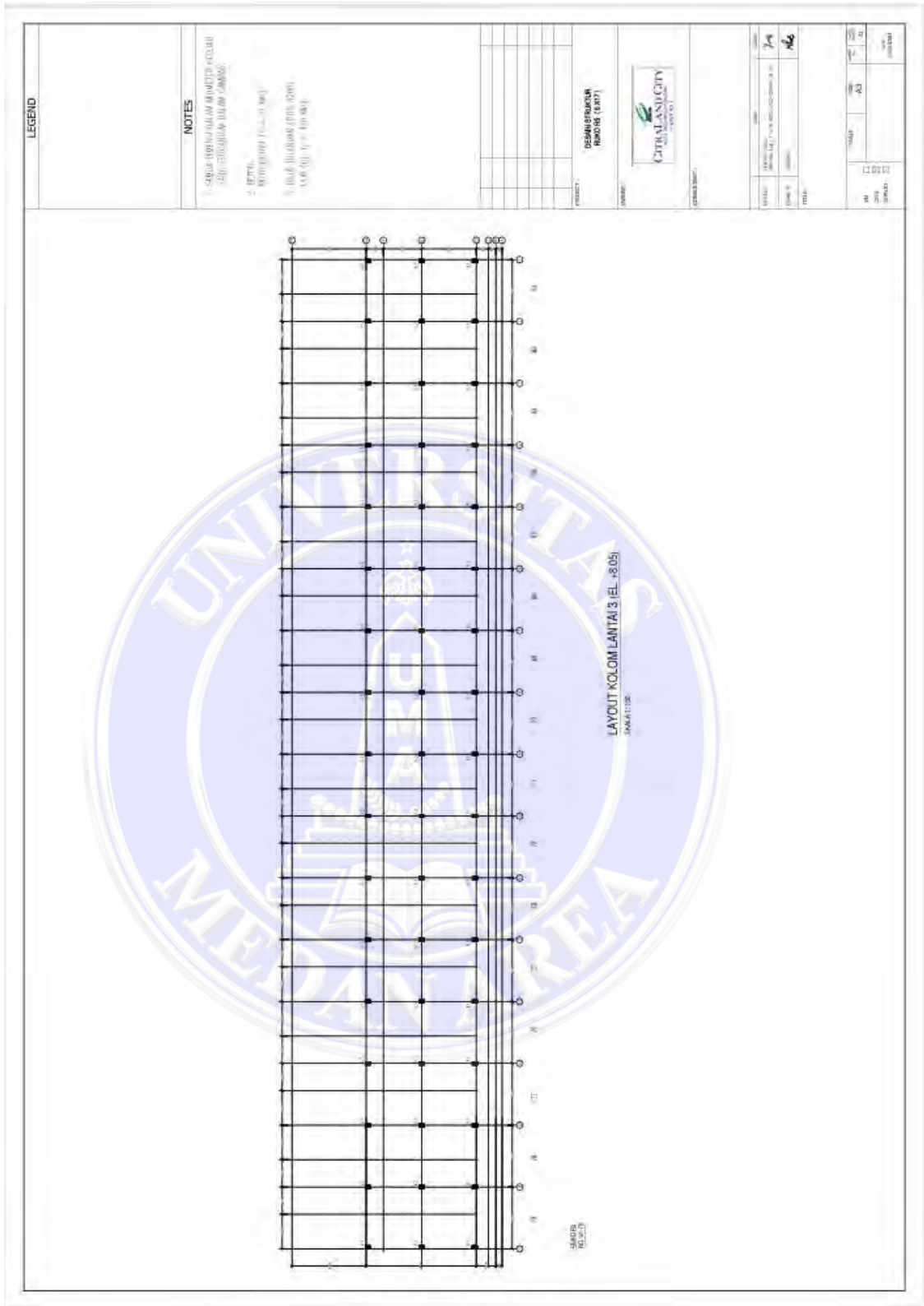
- Sitepu, A. R. H., Clinton, W., Yudi, A., & Aprilia, A. S. (2025). Analisis Kinerja Seismik Gedung Beton Bertulang 20 Lantai dengan Sistem Base Isolation Menggunakan Nonlinear Static *Pushover* Procedure (FEMA 440). *MEDIA KONSTRUKSI*, 10(4), 564-578.
- Waruwu, M. (2024). Metode penelitian dan pengembangan (R&D): konsep, jenis, tahapan dan kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(2), 1220-1230.
- WINDA, E. (2023). *STUDI LITERATUR KETERKAITAN GEMPA BUMI BERDASAR KAN ILMU FISIKA DAN PERSPEKTIF AL-QUR'AN* (Doctoral dissertation, UIN RADEN INTAN LAMPUNG).
- Zakarya, D., Cahyono, T. N. H., & Ghewa, G. J. P. (2024). Analisis Pengaruh

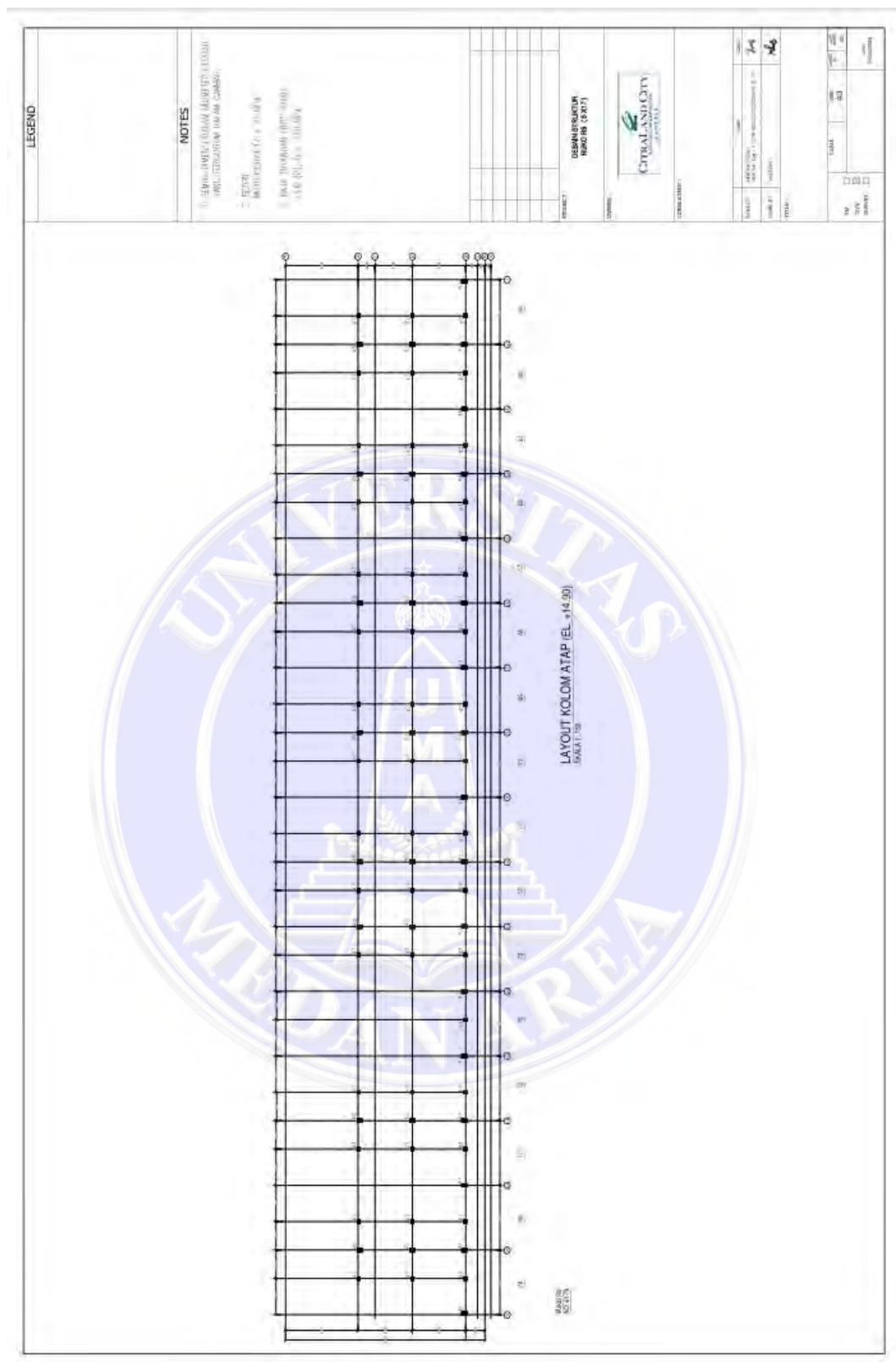


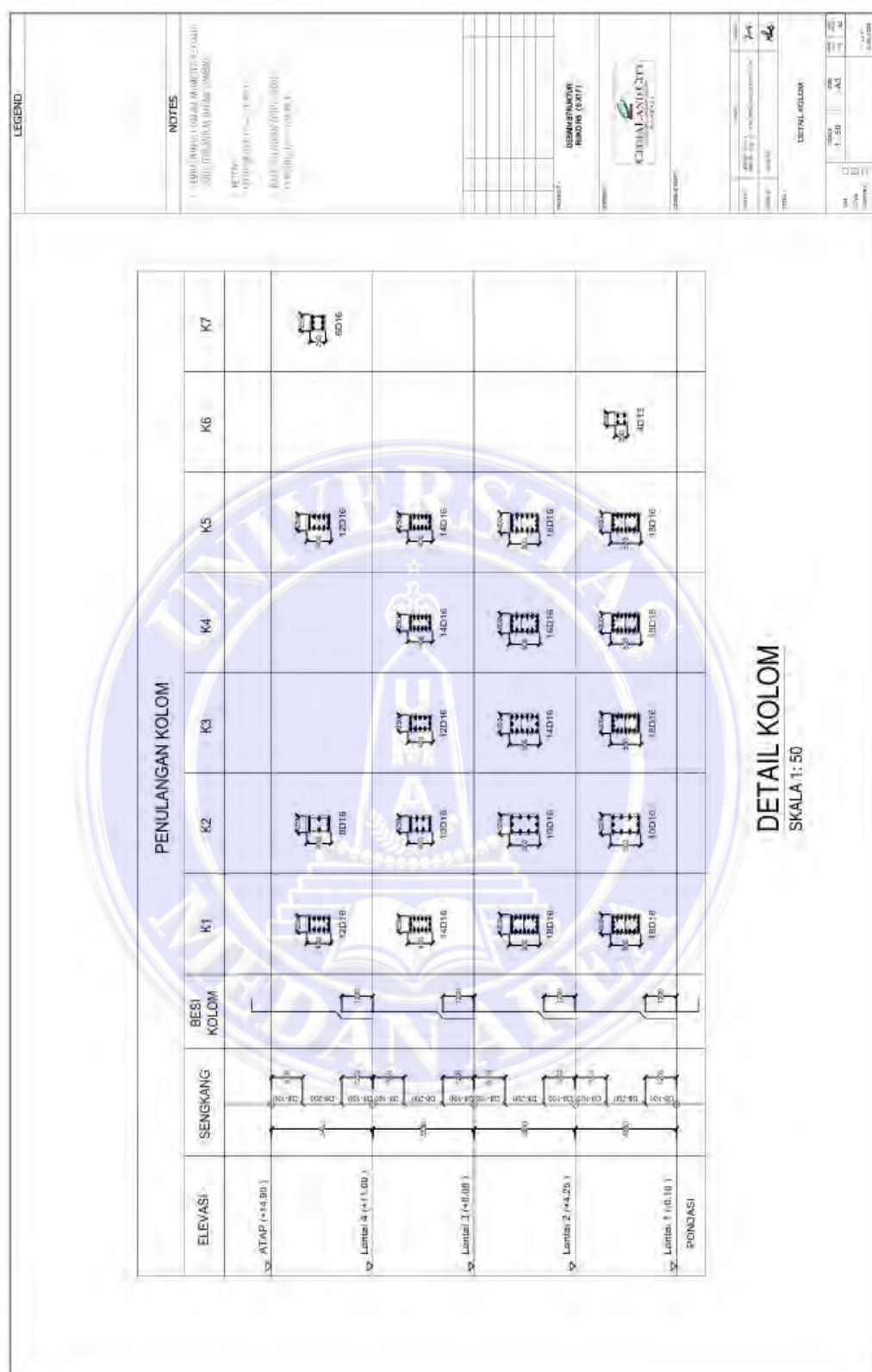
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

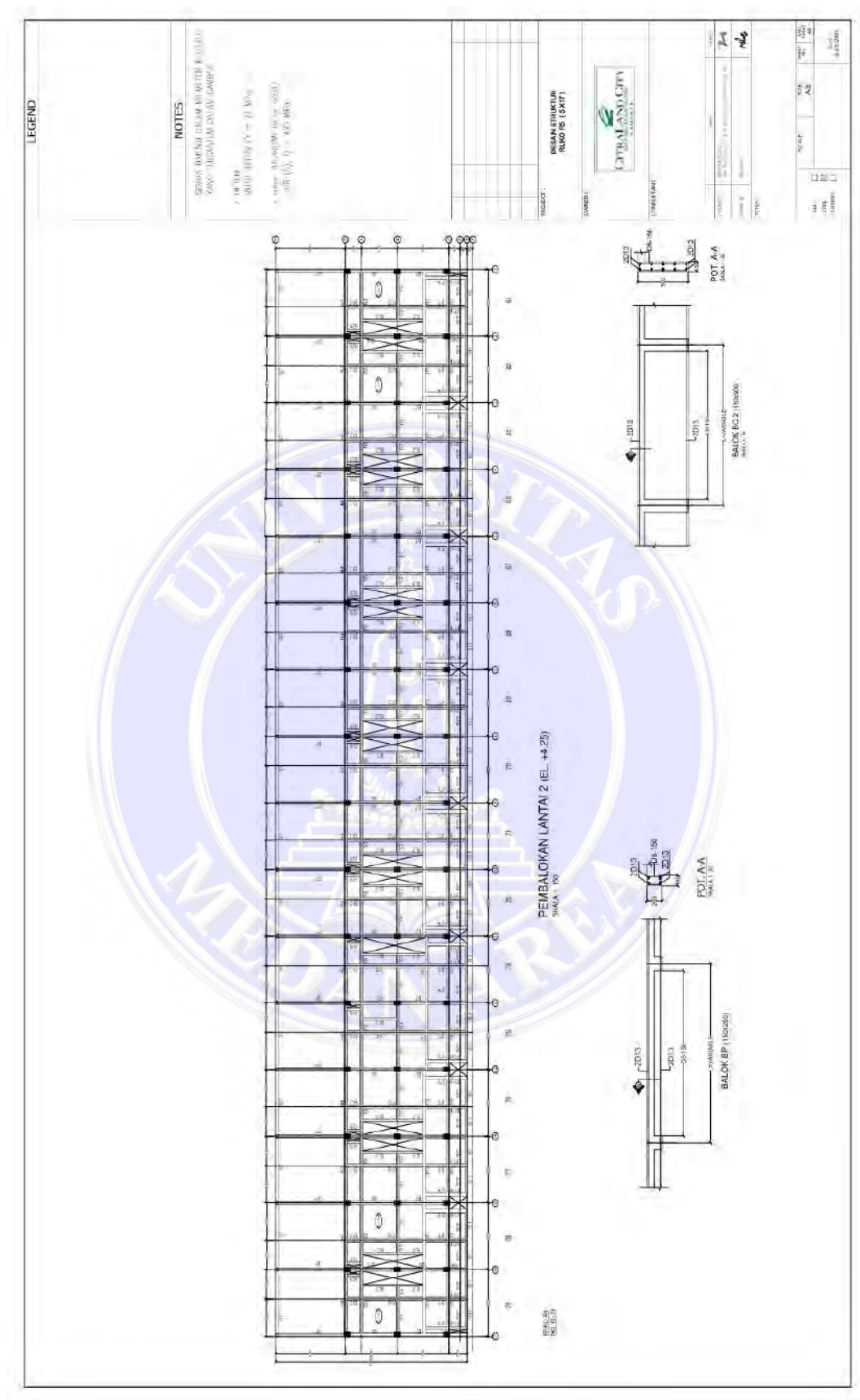
- Access From (repositori.uma.ac.id)30/7/26

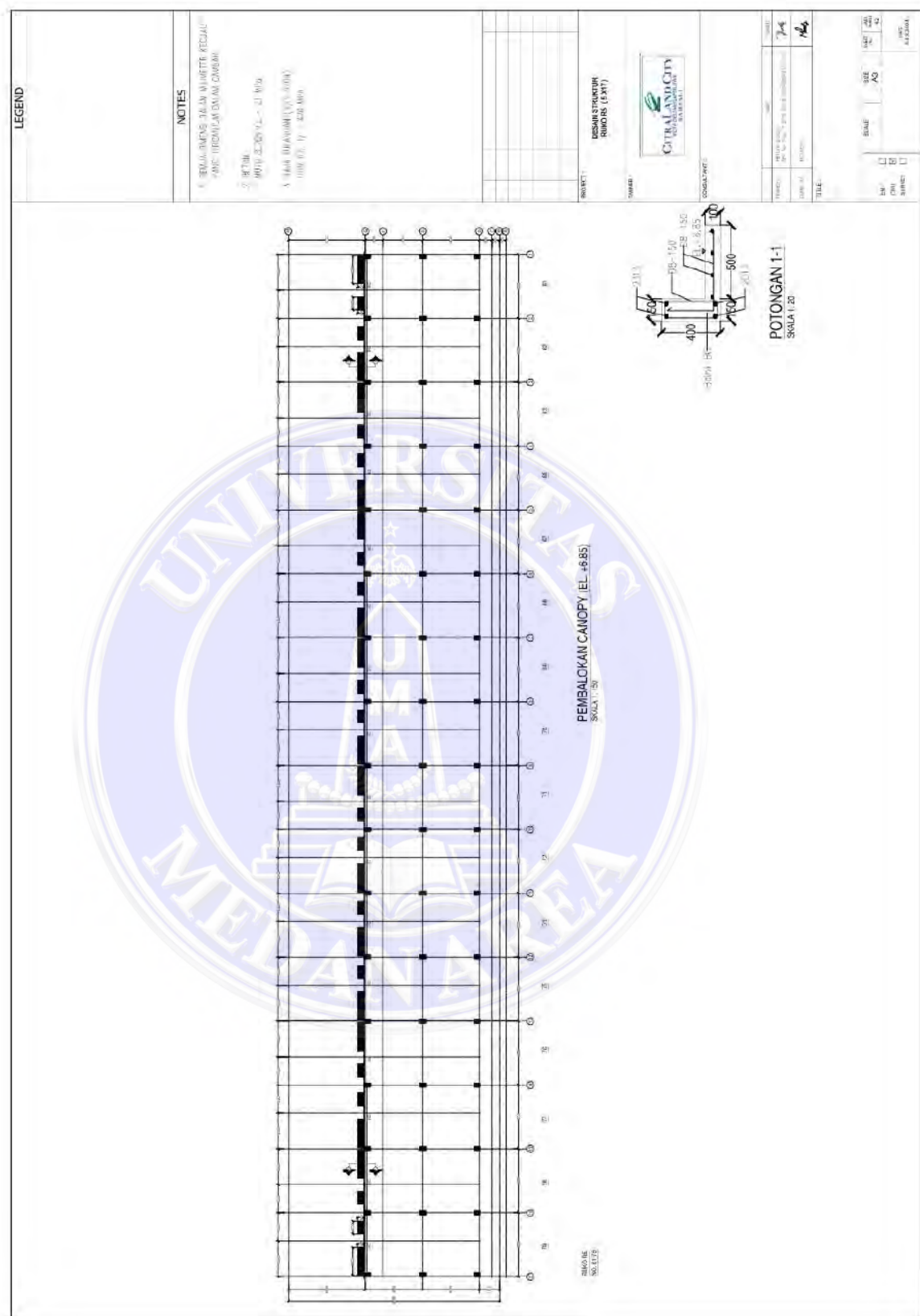












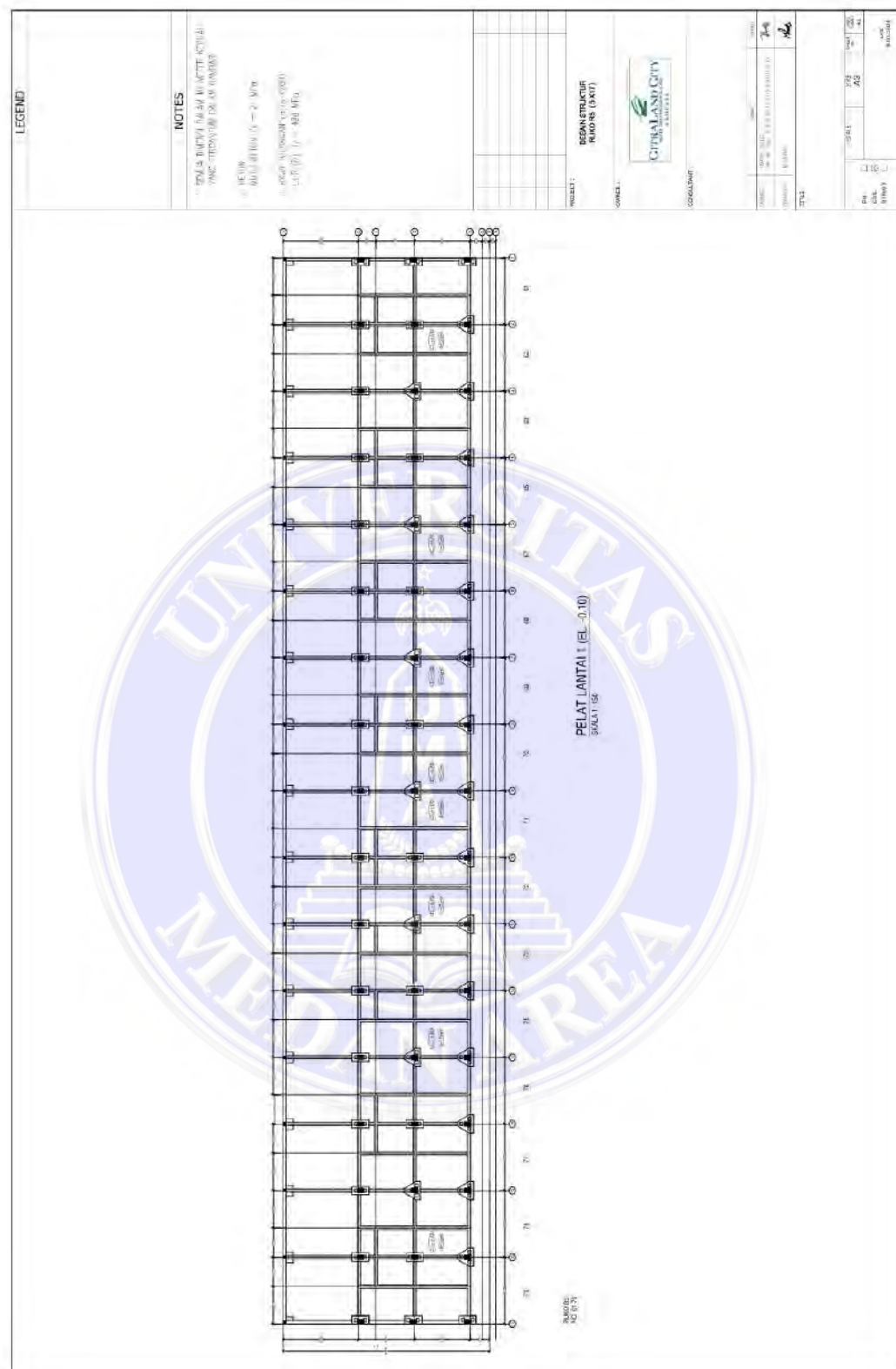
- Access From (repositori.uma.ac.id)30/7/26

- Access From (repositori.uma.ac.id)30/7/26

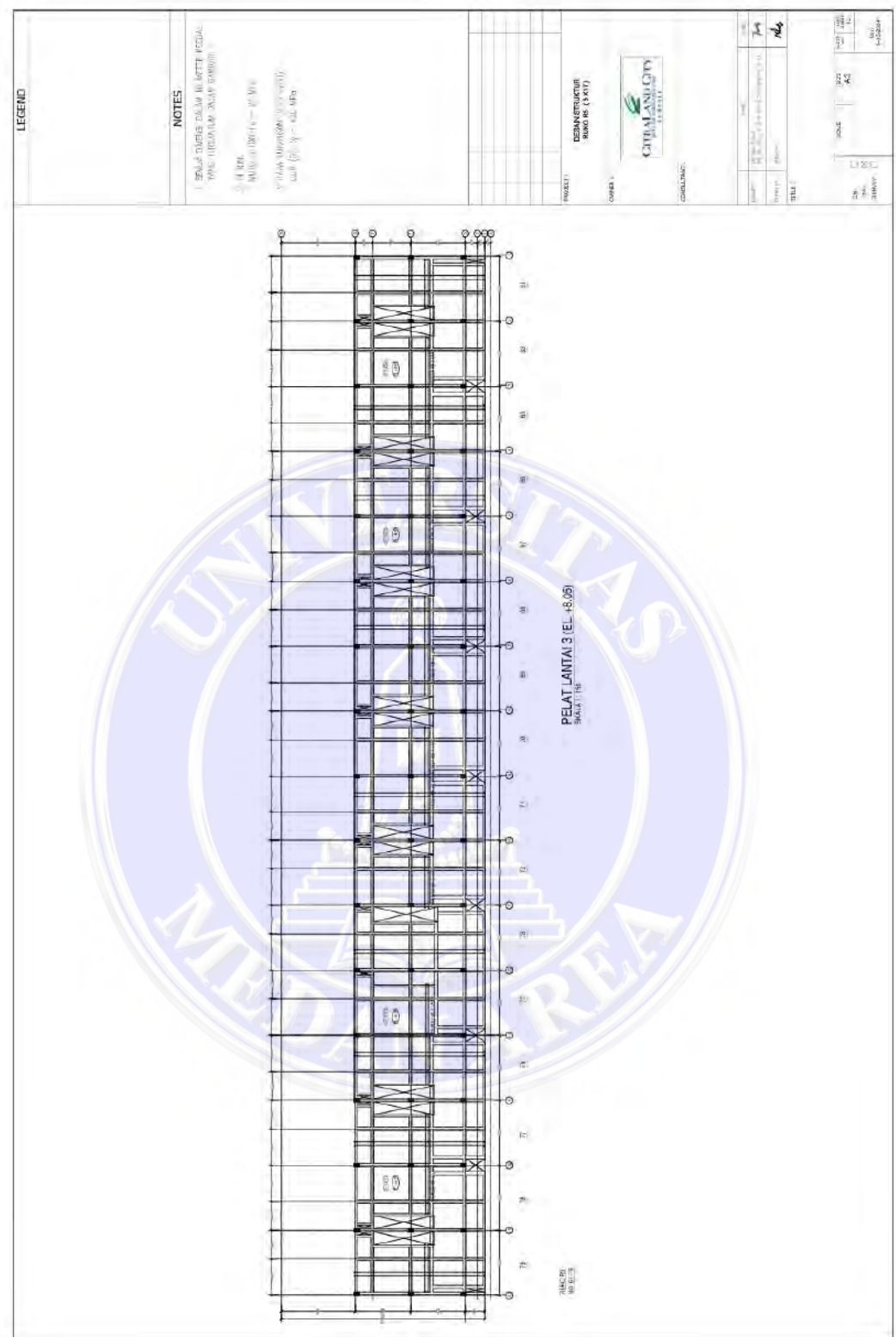
- Access From (repositori.uma.ac.id)30/7/26

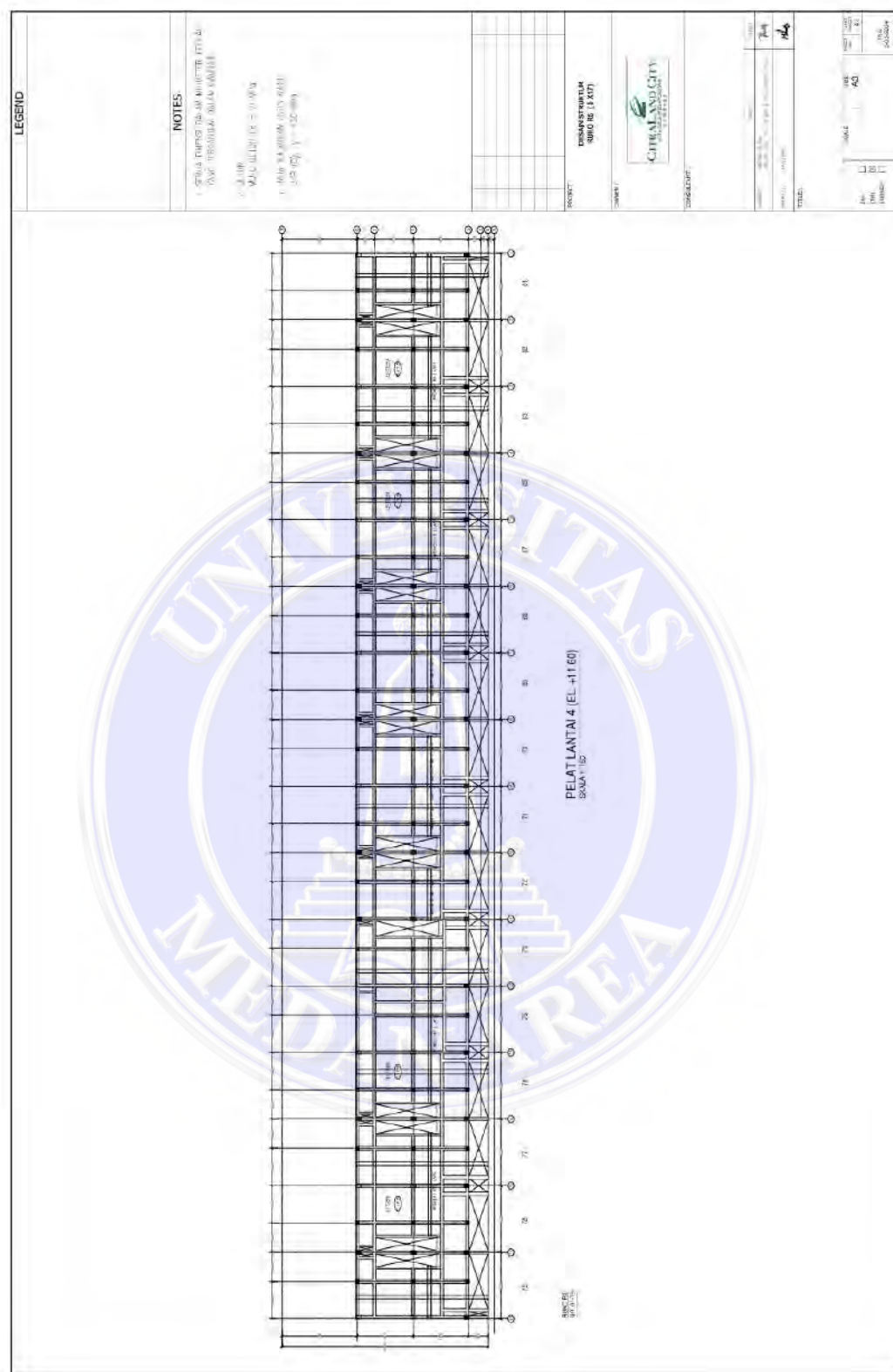
- Access From (repositori.uma.ac.id)30/7/26

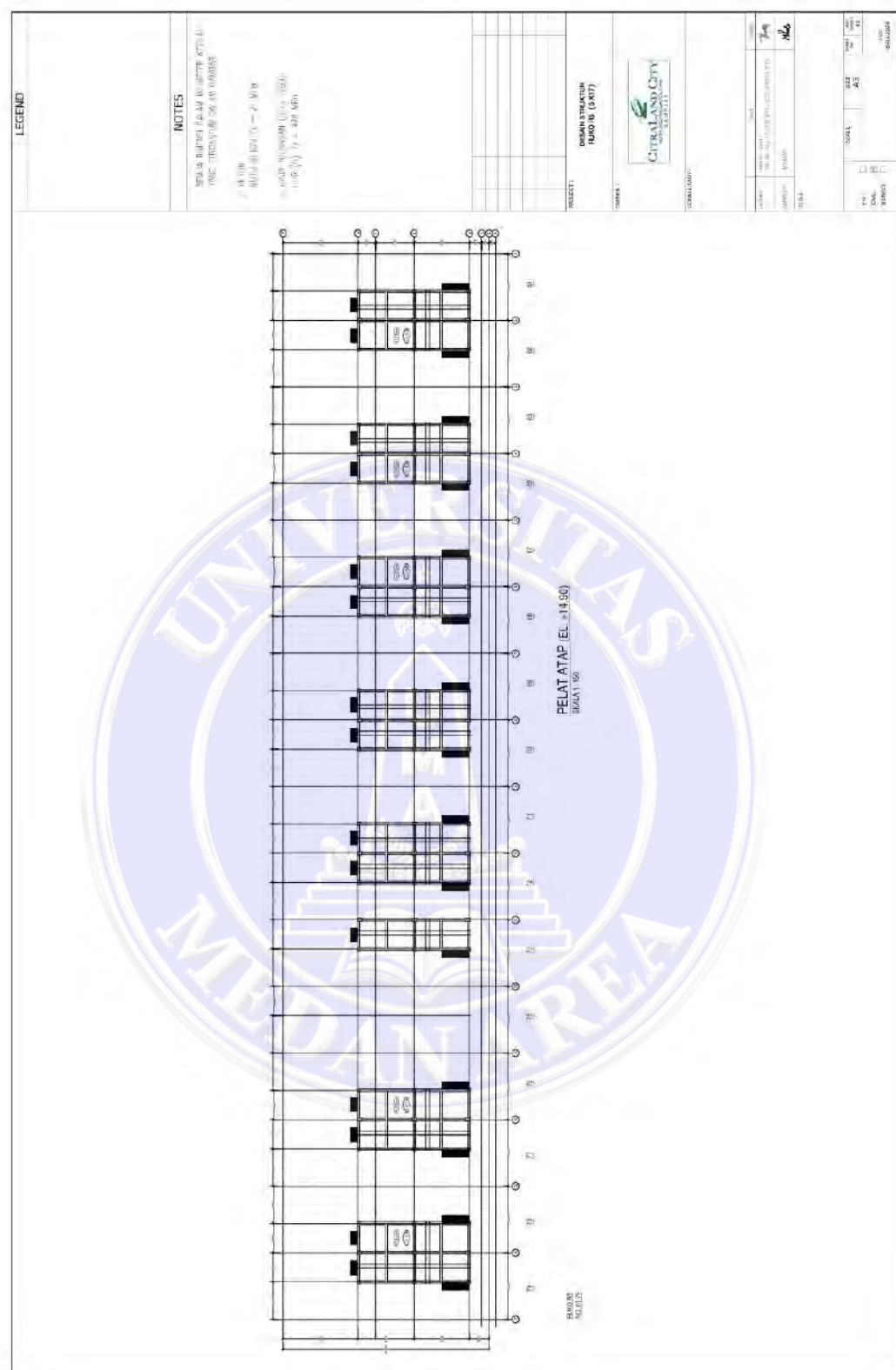
- Access From (repositori.uma.ac.id)30/7/26



- Access From (repositori.uma.ac.id)30/7/26







- Kusuma, R. A., & Sabariman, B. (2022). Analisa Pengaruh Variasi Layout *Shearwall* Terhadap Kinerja Struktur Dengan Metode *Pushover Analysis* Pada Gedung Pelindo Office Tower. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 4(2), 1-12.
- Sitepu, A. R. H., Clinton, W., Yudi, A., & Aprilia, A. S. (2025). Analisis Kinerja Seismik Gedung Beton Bertulang 20 Lantai dengan Sistem Base Isolation Menggunakan Nonlinear Static *Pushover Procedure* (FEMA 440). *MEDIA KONSTRUKSI*, 10(4), 564-578.
- Abdillah, M. G. (2024). Analisis Konfigurasi *Shear Wall* pada Struktur Beton Bertulang dengan Metode *Pushover*. *Prosiding FTSP Series*, 7-19.
- Zakarya, D., Cahyono, T. N. H., & Ghewa, G. J. P. (2024). Analisis Pengaruh Penambahan *Shear Wall* Terhadap Periode Getar Awal dan Akhir Struktur Berdasarkan SNI (Rumah Sakit X). *G-SMART*, 8(1), 39-49.
- Lahita, L., Septiana, V. D., Widiyanto, D., & Mulyanto, Y. Y. (2022). Efek Penggunaan *Shear Wall* Terhadap Perilaku Dan Level Kinerja Struktur Gedung Pabrik X (The Effect of *Shear Wall* Usage on Behavior and Performance Based Design of The Structure of Factory Building X). *G-SMART*, 6(2), 128-138.
- Hidayat, M., Abdurrasyid, Y., & Maidiawati, M. (2025). Analisis Pengaruh Posisi Dinding Geser Terhadap Kapasitas Seismik Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Metode Analisis *Pushover*. *Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain*, 3(4), 195-208.

