

**ANALISIS DINAMIK GEMPA PADA STRUKTUR
GEDUNG BERTINGKAT *SHOWROOM* DAN KANTOR
BERDASARKAN SNI 1726:2019**

SKRIPSI

OLEH:

**FRANS ARI PASKAH HUTAPEA
228110035**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/7/26

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 (repository.uma.ac.id)15/7/26

**ANALISIS DINAMIK GEMPA PADA STRUKTUR
GEDUNG BERTINGKAT *SHOWROOM* DAN KANTOR
BERDASARKAN SNI 1726:2019**

SKRIPSI

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



Oleh:

**FRANS ARI PASKAH HUTAPEA
228110035**

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Dinamik Gempa Pada Struktur Gedung Bertingkat
Showroom dan Kantor Berdasarkan SNI 1726:2019
Nama : Frans Ari Paskah Hutapea
NPM : 228110035
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


07/03-26

Hermansyah, S.T., M.T
Pembimbing


Dekan


In Titik Hermita Mulandari, S.T., M.T
Ket. Program Studi

Tanggal Lulus : 05 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 sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 05 Maret 2026

Frans Ari Paskah Hutapea
228110035

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Frans Ari Paskah Hutapea
NPM : 228110035
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 : Analisis Dinamik Gempa Pada Struktur Gedung Bertingkat *Showroom* Dan Kantor Berdasarkan SNI 1726:2019. 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 : 05 Maret 2026
Yang menyatakan



(Frans Ari Paskah Hutapea)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Balige Pada tanggal 31 Maret 2002 dari Ayah Benny Hutapea dan Ibu Rotua Napitupulu. Penulis merupakan putra ke 5 dari 5 bersaudara. Tahun 2020 Penulis lulus dari SMK Negeri 1 Balige dan pada tahun 2022 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan penulis menjadi asisten laboratorium Praktek Menggambar Rekayasa pada tahun ajaran 2024/2025. Pada tanggal 16 Juni 2025 sampai dengan 16 Desember 2025 penulis mengikuti kegiatan Praktek Kerja Magang di PT. Pelindo Multi Terminal. Pengalaman tersebut memberikan penulis tambahan pengetahuan dan keterampilan yang mendukung penyusunan skripsi ini. Sebagai penutup, penulis menyadari bahwa perjalanan pendidikan dan pengalaman yang diperoleh hingga saat ini merupakan bekal berharga untuk mengembangkan diri, serta diharapkan dapat bermanfaat bagi kehidupan pribadi maupun masyarakat di masa yang akan datang.



KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Hermansyah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan dan masukan yang sangat berharga dan Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil, serta seluruh dosen dan staf di lingkungan Teknik Sipil yang telah membagikan ilmu dan pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Kedua Orang Tua saya yang selalu menyemangati dan mendoakan saya dan meyakinkan bahwa saya bisa lulus tepat waktu dan saya juga mengucapkan terimakasih kepada seluruh keluarga besar saya yang membantu saya dalam perkuliahan ini dan menyemangati dan mendoakan saya, dan saya juga mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh teman saya yang ada di perkuliahan yang selalu membantu saya dalam perkuliahan dan telah membantu penulis selama penyusunan skripsi. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun 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



(Frans Ari Paskah Hutapea)

ABSTRAK

Indonesia merupakan wilayah dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi akibat posisinya pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama. Kondisi ini menuntut setiap bangunan bertingkat, termasuk gedung komersial seperti *showroom* dan kantor, untuk dirancang dan dievaluasi berdasarkan ketentuan ketahanan gempa yang berlaku. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja seismik struktur gedung *showroom* dan kantor bertingkat di Kota Medan menggunakan metode analisis statik nonlinier (*pushover analysis*) dengan bantuan perangkat lunak ETABS. Evaluasi dilakukan dengan mengacu pada ketentuan SNI 1726:2019 serta pedoman ATC-40. Tahapan penelitian meliputi pemodelan struktur berdasarkan data perencanaan, penerapan pembebanan gravitasi dan gempa, serta analisis respons struktur melalui kurva kapasitas dan nilai gaya geser dasar (*base shear*), *story displacement*, *story drift*, dan *story drift ratio*. Hasil analisis menghasilkan gaya geser dasar arah X sebesar 229.272 kg dengan perpindahan 0,038 m dan arah Y menghasilkan gaya geser dasar sebesar 504.043 kg dengan perpindahan 0,125 m. Perpindahan maksimum terjadi pada lantai teratas dengan nilai *displacement* sebesar 34,048 mm pada arah X dan 136,749 mm pada arah Y. Nilai drift maksimum diperoleh sebesar 1,858 mm pada arah X dan pada arah Y diperoleh sebesar 7,322 mm. Nilai *drift ratio* maksimum tercatat sebesar 0,11% pada arah X dan 0,44% pada arah Y, yang masih berada di bawah batas 1% sesuai kriteria *Immediate Occupancy* (IO). Berdasarkan hasil tersebut, struktur gedung dikategorikan memenuhi tingkat kinerja *Immediate Occupancy*, yang menunjukkan bahwa bangunan tetap aman dan dapat digunakan setelah terjadi gempa dengan kerusakan struktural yang minimal. Penelitian ini menegaskan bahwa penerapan analisis *pushover* sesuai standar nasional dapat menjadi pendekatan yang efektif dalam mengevaluasi dan memastikan keandalan struktur bangunan bertingkat di wilayah rawan gempa.

Kata kunci: Struktur Gedung, Gempa, Metode *pushover*, SNI 1726:2019, ATC-40.

ABSTRACT

Indonesia is a region with a high level of seismic activity due to its location at the convergence of three major tectonic plates. This condition requires every multi-story building, including commercial buildings such as showrooms and offices, to be designed and evaluated based on applicable earthquake-resistant regulations. This study aims to analyze the seismic performance of a multi-story showroom and office building structure in Medan City using the nonlinear static analysis method (pushover analysis) with the assistance of ETABS software. The evaluation refers to the provisions of SNI 1726:2019 and the ATC-40 guidelines. The research stages include structural modeling based on planning data, the application of gravity and earthquake loads, and structural response analysis through capacity curves and the values of base shear, story displacement, story drift, and story drift ratio. The analysis results show that the base shear in the X direction is 229,272 kg with a displacement of 0.038 m, while in the Y direction the base shear is 504,043 kg with a displacement of 0.125 m. The maximum displacement occurs at the top floor with a displacement value of 34.048 mm in the X direction and 136.749 mm in the Y direction. The maximum drift value obtained is 1.858 mm in the X direction and 7.322 mm in the Y direction. The maximum drift ratio recorded is 0.11% in the X direction and 0.44% in the Y direction, which are still below the 1% limit according to the Immediate Occupancy (IO) criteria. Based on these results, the building structure is categorized as meeting the Immediate Occupancy performance level, indicating that the building remains safe and usable after an earthquake with minimal structural damage. This study confirms that the application of pushover analysis in accordance with national standards can be an effective approach in evaluating and ensuring the reliability of multi-story building structures in earthquake-prone areas.

Keywords: *Building Structure, Earthquake, Pushover Method, SNI 1926:2019, ATC-40.*

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	Error! Bookmark not defined.
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGHANTAR.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
 BAB I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu.....	7
2.3 Struktur Bangunan	8
2.4 Struktur Bangunan Tahan Gempa	9
2.5 Gempa Bumi	9
2.5.1 Proses Terjadinya Gempa Bumi	10
2.6 Analisis Gaya Gravitasi.....	11
2.6.1 Beban Mati (DL)	11
2.6.2 Beban Hidup (LL)	12
2.6.3 Beban Gempa Statik Ekuivalen.....	13
2.6.4 Metode Pembebanan Ekuivalen	14
2.7 Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen Pembebanan	
Gempa merujuk pada standar SNI 1726:2019.	14
2.7.1 Menentukan Parameter Percepatan Batuan Dasar, yaitu	
S_s (pada periode pendek) dan S_1 (pada periode 1 detik).15	15
2.7.2 Menentukan Koefisien Situs, F_a dan F_v	16
2.7.3 Menentukan Parameter Respon Spektrum Desain	16
2.7.4 Menentukan Kategori Risiko Struktur Bangunan	17
2.7.5 Kategori Desain Seismik.....	18
2.7.6 Sistem Rangka Pemikul Momen	19
2.7.7 Spektrum Respon Desain.....	20

2.8	Analisis Statik Non-Linear (<i>Pushover Analysis</i>)	21
2.8.1	Kurva Kapasitas	22
2.9	Standar Pedoman Terkait	22
2.9.1	Pedoman ATC-40 Dalam Evaluasi Kapasitas Struktur ...	22
2.9.2	Tingkat Kinerja Bangunan Berdasarkan ATC-40.....	23
2.9.3	Mekanisme Keruntuhan Berdasarkan ATC-40.....	26
2.10	Perangkat Lunak ETABS untuk Analisis Struktur	26
2.11	Kelebihan dan Kekurangan ETABS Dibandingkan Perangkat Lunak Lain	27
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN		28
3.1	Metode Penelitian.....	28
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	29
3.3	Alat Penelitian.....	29
3.4	Bahan Penelitian.....	29
3.5	Metode Pengumpulan Data	30
3.5.1	Data Eksisting	30
3.5.2	Proses Pemodelan Ulang dengan ETABS	32
3.6	Kerangka Berfikir.....	51
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		53
4.1	Pembebanan	53
4.1.1	Perhitungan Pembebanan Pelat	53
4.1.2	Perhitungan Beban Ekuivalen pada Balok	55
4.1.3	Perhitungan Beban Mati Tambahan Pada Balok (SIDL)	76
4.1.4	Berat Total Bangunan	77
4.1.5	Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen	82
4.2	Hasil Simulasi Analisis <i>Pushover</i> Menggunakan ETABS	89
4.2.1	Kurva Kapasitas (<i>Pushover Curve</i>).....	90
4.2.2	Tahapan Terbentuknya Sendi Plastis	93
4.2.3	<i>Story Displacement</i>	97
4.2.4	<i>Story Drift</i>	99
4.2.5	<i>Story Drift Ratio</i>	100
4.3	Pembahasan.....	102
4.3.1	Analisis Kurva Kapasitas	102
4.3.2	Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40.....	103
4.3.3	Evaluasi Keamanan Struktur	105
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		106
5.1	Kesimpulan	106
5.2	Saran.....	106
DAFTAR PUSTAKA		xv
LAMPIRAN		

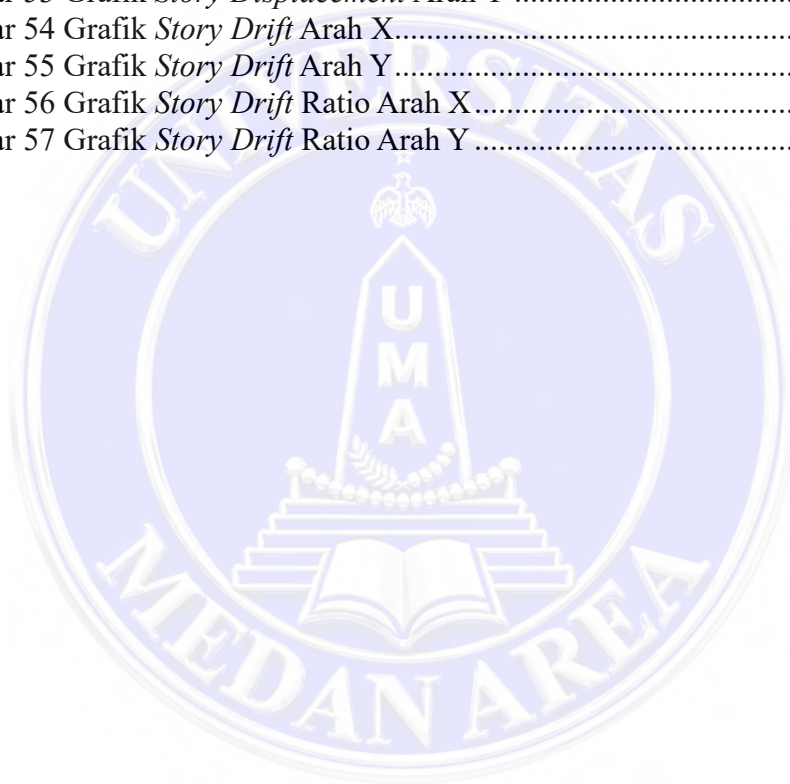
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu	7
Tabel 2 Berat Sendiri Bahan Bangunan	11
Tabel 3 Beban Hidup Pada Lantai.....	13
Tabel 4 Klasifikasi Kelas Situs	13
Tabel 5 Koefisien situs, F_a	16
Tabel 6 Koefisien situs, F_v	16
Tabel 7 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa..	17
Tabel 8 Faktor keutamaan gempa	18
Tabel 9 Desain seismik mengacu pada respons percepatan periode pendek	18
Tabel 10 Desain seismik mengacu pada respons percepatan 1 detik	19
Tabel 11 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik	20
Tabel 12 Level Kinerja Struktur.....	23
Tabel 13 Level Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40	25
Tabel 14 Level Kinerja Serta Keadaan Bangunan Setelah Mengalami Gempa....	25
Tabel 15 Perbandingan ETABS dengan Perangkat Lunak Lain	27
Tabel 16 Spesifikasi Kolom	31
Tabel 17 Spesifikasi Sloof Dan Balok	31
Tabel 18 Spesifikasi Pelat Lantai	31
Tabel 19 Perhitungan Beban Mati Tambahan <i>Shear Wall</i>	76
Tabel 20 Perhitungan Beban Mati Tambahan Dinding <i>Basement</i>	76
Tabel 21 Perhitungan Beban Mati Tambahan Dinding Lantai 1-6.....	76
Tabel 22 Perhitungan Beban Mati Tambahan Dinding Lantai 7 (Atap)	77
Tabel 23 Perhitungan Beban Mati Tambahan Dinding Lantai 8 (Atap <i>Lift</i>).....	77
Tabel 24 Perhitungan Berat Lantai <i>Basement</i>	77
Tabel 25 Perhitungan Berat Lantai 1-4	78
Tabel 26 Perhitungan Berat Lantai 5.....	79
Tabel 27 Perhitungan Berat Lantai 6 (<i>Roof</i>)	81
Tabel 28 Perhitungan Berat Lantai 7 (Atap)	81
Tabel 29 Respon Spektrum Rencana.....	84
Tabel 30 Perhitungan Beban Gempa Perlantai.....	89
Tabel 31 <i>Pushover Curve</i> Arah-X	93
Tabel 32 <i>Pushover Curve</i> Arah-Y	93
Tabel 33 Nilai <i>Displacement</i> Arah X dan Y.....	98
Tabel 34 Nilai <i>Story Drift</i> Arah X dan Y.....	99
Tabel 35 Nilai <i>Story Drift Ratio</i> X dan Y.....	101
Tabel 36 Hasil Penentuan Kinerja Struktur.....	104

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Peta gempa tahun 2017 menunjukkan percepatan spektrum respons 0,2 detik pada batuan dasar (SB) yang terlampaui 2% dalam 50 tahun dengan redaman 5%.....	15
Gambar 2 Peta sumber dan bahaya gempa 2017 menampilkan percepatan spektrum respons untuk periode 1,0 detik dengan redaman 5% pada batuan dasar (SB) yang memiliki probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun.	15
Gambar 3 Kurva Kapasitas (ATC-40, 1996).....	22
Gambar 4 Ilustrasi Keruntuhan Gedung dan Level Kinerja (ATC-40, I 1996).....	24
Gambar 5 Mekanisme Keruntuhan <i>Beam Sway Mechanism</i> (ATC-40, 1996).....	26
Gambar 6 Mekanisme Keruntuhan <i>Column Sway Mechanism</i> (ATC-40, 1996)	26
Gambar 7 Lokasi Penelitian (<i>Google Earth</i> , 2025)	29
Gambar 8 Tampilan Model <i>Initialization Box</i>	32
Gambar 9 Tampilan <i>Input Pada Quick Templates</i>	33
Gambar 10 Tampilan <i>Input Grid System Data</i>	33
Gambar 11 Tampilan <i>Input Story Data</i>	33
Gambar 12 Tampilan <i>Add Material Property Rebar</i>	34
Gambar 13 Tampilan <i>Add Material Property Concrete</i>	35
Gambar 14 Tampilan <i>Input Untuk Penampang Balok</i>	36
Gambar 15 <i>Reinforcement Data Untuk Penampang Balok</i>	36
Gambar 16 Tampilan <i>Input Untuk Penampang Kolom</i>	37
Gambar 17 <i>Reinforcement Data Untuk Penampang Kolom</i>	37
Gambar 18 Tampilan <i>Input Penampang Pelat</i>	38
Gambar 19 <i>Property Of Object</i> untuk Kolom.....	38
Gambar 20 Penggambaran Elemen Kolom.....	39
Gambar 21 <i>Property Of Object</i> Untuk Balok.....	39
Gambar 22 <i>3D View dan Plan View Untuk Balok</i>	40
Gambar 23 <i>Property Of Object</i> Untuk Pelat	40
Gambar 24 Penggambaran Elemen Pelat.....	41
Gambar 25 <i>Joint Assignment</i>	41
Gambar 26 <i>Define Static Load Pattern</i>	42
Gambar 27 <i>Input Beban Mati Pada Balok</i>	42
Gambar 28 <i>Input Beban Hidup Pada Balok</i>	43
Gambar 29 <i>Input Beban Mati Tambahan Pada Balok</i>	43
Gambar 30 <i>Input Beban Mati Pada Pelat</i>	44
Gambar 31 <i>Input Beban Hidup Pada Pelat</i>	44
Gambar 32 <i>Hinges Property Balok</i>	45
Gambar 33 <i>Hinges Property Kolom</i>	45
Gambar 34 Pendefinisian <i>Hinges Kolom dan Balok</i>	46
Gambar 35 <i>Diaphragms</i>	46
Gambar 36 <i>Input Diaphragms</i>	47
Gambar 37 <i>Define Load Pattern Lateral X dan Y</i>	48
Gambar 38 <i>Input Lateral Load Arah-X</i>	48
Gambar 39 <i>Input Lateral Load Arah-Y</i>	49

Gambar 40 <i>Define Static Load Cases</i>	50
Gambar 41 <i>Setting Final Pushover Arah-X</i>	50
Gambar 42 <i>Setting Final Pushover Arah-Y</i>	50
Gambar 43 Diagram Alur Penelitian.....	52
Gambar 44 Sketsa Pembebanan Pada Balok Lantai 1	55
Gambar 45 Sketsa Pembebanan Pada Balok Lantai 2-5	56
Gambar 46 Sketsa Pembebanan Pada Balok Lantai 6 (<i>Roof top</i>)	56
Gambar 47 Sketsa Pembebanan Pada Balok Lantai 7 (<i>Atap</i>)	57
Gambar 48 Sketsa Pembebanan Pada Balok Lantai 8 (<i>Atap Lift</i>)	57
Gambar 49 Grafik Respon Spektrum Rencana	86
Gambar 50 <i>Pushover Curve</i> Arah X	91
Gambar 51 <i>Pushover Curve</i> Arah Y	92
Gambar 52 Grafik <i>Story Displacement</i> Arah X	98
Gambar 53 Grafik <i>Story Displacement</i> Arah Y	98
Gambar 54 Grafik <i>Story Drift</i> Arah X.....	100
Gambar 55 Grafik <i>Story Drift</i> Arah Y	100
Gambar 56 Grafik <i>Story Drift Ratio</i> Arah X.....	102
Gambar 57 Grafik <i>Story Drift Ratio</i> Arah Y	102



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara paling rawan gempa bumi karena berada di Cincin Api Pasifik, tempat pertemuan tiga lempeng utama (Angglena & Pandey, 2025). BPS mencatat lebih dari 3.000 gempa pada tahun 2023 yang menyebabkan kerusakan bangunan dan korban jiwa. Dampak gempa mencakup kerusakan infrastruktur dan terganggunya aktivitas ekonomi. SNI 1726:2019 hadir untuk memastikan gedung dirancang tahan gempa. Namun, banyak bangunan belum menerapkan analisis gempa secara dinamis sesuai standar. Ini menunjukkan perlunya metode analisis yang lebih presisi. (Siswanto & Prijasambada, 2022).

Kota Medan juga berisiko tinggi terhadap gempa karena berada di jalur sesar aktif dan zona tanah lunak yang mudah mengalami amplifikasi getaran. Pusat gempa mencatat beberapa gempa signifikan dalam satu dekade terakhir (Prabowo & Lubis, 2023). Sementara pembangunan gedung bertingkat seperti *showroom* dan kantor terus bertambah, sekitar 20% belum menerapkan SNI 1726:2019 secara optimal. Karakteristik tanah lunak dapat memperburuk dampak gempa terhadap struktur. Karena itu, Medan menjadi lokasi strategis untuk penelitian struktur tahan gempa berbasis analisis statik. Keamanan bangunan di kota ini perlu perhatian khusus (Aurora et al., 2024).

Analisis *pushover* merupakan salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk menilai kapasitas struktur dalam menghadapi gaya lateral akibat gempa. Prosedur ini memodelkan pembebanan bertahap hingga struktur mencapai kondisi

batas tertentu, sehingga pola distribusi sendi plastis dan tingkat daktilitas dapat diamati secara lebih komprehensif (Usman & Mutmainna, 2021). Sundari (2023) menjelaskan bahwa pendekatan nonlinier ini mampu merepresentasikan perilaku aktual struktur secara lebih realistis dibandingkan analisis linier, sehingga hasilnya dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan desain maupun merencanakan perkuatan. Selain itu, temuan dari analisis *pushover* juga berkontribusi dalam penyusunan langkah mitigasi risiko gempa secara terukur dan berbasis kinerja (Nastri, 2025).

Penilaian performa seismik dalam rekayasa struktur bertujuan memastikan bangunan tetap memenuhi standar keselamatan saat mengalami guncangan gempa (Adhitama & Supriyadi, 2021). Penelitian ini menawarkan kontribusi baru melalui penerapan analisis *pushover* mengacu pada SNI 1726:2019 dan ATC-40 pada bangunan *showroom* dan kantor, tipologi yang relatif belum banyak dievaluasi secara mendalam. Berbeda dengan hotel atau rumah sakit, *showroom* memiliki karakter pembebanan spesifik, seperti beban kendaraan dan aktivitas komersial yang dinamis, yang berpotensi memengaruhi respons struktur saat terjadi gempa. Dengan demikian, hasil kajian ini diharapkan dapat memperluas literatur mengenai kinerja seismik bangunan komersial sekaligus menjadi rujukan dalam perencanaan dan evaluasi gedung bertingkat di kawasan rawan gempa (Nugroho & Andrano, 2025).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana perilaku dan kinerja struktur gedung *showroom* dan kantor terhadap pembebanan gempa

menggunakan analisis statik nonlinier (*pushover*), yang meliputi penilaian kapasitas struktur melalui kurva *pushover*, *story displacement*, *story drift*, serta *story drift ratio* untuk menentukan tingkat kinerja struktur sesuai ketentuan SNI 1726:2019 dan ATC-40.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perilaku dan kinerja struktur gedung *showroom* dan kantor terhadap pembebanan gempa menggunakan analisis statik nonlinier (*pushover*), melalui evaluasi kapasitas struktur berdasarkan kurva *pushover*, *story displacement*, *story drift*, dan *story drift ratio*, sehingga dapat ditentukan tingkat kinerja struktur sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019 dan ATC-40.

1.4 Batasan Masalah

1. Dimensi dan pembebanan struktur mengacu pada gambar kerja serta spesifikasi teknis yang diberikan oleh perencana struktur, sehingga seluruh model analisis mengikuti kondisi desain yang telah ditetapkan.
2. Analisis struktur dibatasi pada metode statik nonlinier (*pushover analysis*), sehingga evaluasi bangunan hanya difokuskan pada kapasitas struktur dan respon inelastik akibat beban gempa tanpa menggunakan analisis dinamik.
3. Evaluasi kinerja struktur difokuskan pada keluaran analisis berupa kurva *pushover*, *story displacement*, *story drift*, dan *story drift ratio* sesuai ketentuan SNI 1726:2019 dan pedoman ATC-40, tanpa membahas detail perencanaan ulang elemen struktural.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan sebagai berikut:

1. Untuk penulis, Penelitian ini membantu penulis memahami analisis *pushover* berbasis ETABS serta konsep kinerja struktur tahan gempa. Menjadi pengalaman aplikatif dalam mengevaluasi *drift*, daktilitas, dan sendi plastis. Penulis juga memahami penerapan standar seperti SNI 1726:2019, dan ATC-40. Hal ini berguna untuk pengembangan kompetensi di bidang rekayasa struktur.
2. Untuk pembaca, hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan untuk studi lanjutan dalam evaluasi struktur, khususnya penerapan metode *pushover*. Temuan ini juga dapat mendukung pengembangan model analisis yang lebih tepat serta menambah literatur di bidang teknik sipil seismik.
3. Untuk praktisi, Memberikan informasi teknis mengenai respons struktur terhadap gempa rencana. Dapat dijadikan dasar evaluasi dan perkuatan bangunan *showroom* dan kantor eksisting. Membantu pengambilan keputusan dalam *retrofit* dan desain ulang bangunan bertingkat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah hasil dari penelitian terdahulu :

1. Rizki et al. (2021) melakukan analisis kinerja struktur pada konstruksi baja dan beton bertulang Hotel Santika Batam menggunakan *pushover* statik non-linier. Penelitian ini bertujuan mengetahui level kinerja struktur baja dan beton bertulang terhadap beban gempa. Metode yang digunakan adalah pemodelan struktur dengan ETABS dan analisis *pushover*. Hasilnya, struktur baja mampu menahan beban gempa 9.847,93 kN dengan *displacement* maksimum 617,58 mm, sedangkan beton bertulang 4.485,89 kN dengan *displacement* 59,97 mm, dan keduanya berada pada level *Immediate Occupancy*
2. Siswanto & Prijasambada (2022) melakukan analisis kinerja struktur pada Hotel X di Jakarta menggunakan metode *pushover*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui level kinerja struktur bangunan terhadap beban gempa berdasarkan ATC-40. Metode yang digunakan adalah pemodelan struktur dengan SAP2000 dan analisis *pushover*. Hasil penelitian menunjukkan nilai *base shear* 12.894,72 kN, *displacement* 190,1 mm, dan *drift ratio* 0,0127, sehingga level kinerja gedung parkir termasuk kategori *Damage Control*
3. Syahira, dkk (2023) mengevaluasi kinerja struktur atas pada desain gedung perkantoran di Kota Padang menggunakan analisis *pushover* berbasis ATC-40. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui nilai *base shear*, *displacement*, serta level kinerja struktur terhadap beban gempa MCER. Metode yang digunakan adalah pemodelan struktur kantor dengan SAP2000 v22 dan

analisis *pushover*. Hasil menunjukkan *displacement* 0,369742 m dengan *base force* 21.392,101 kN arah x, dan *displacement* 0,365115 m dengan *base force* 32.408,387 kN arah y, di mana level kinerja struktur berada pada kategori *Damage Control*

4. Mustofa et al. (2024) melakukan evaluasi kinerja struktur Gedung 6 Rumah Sakit Pendidikan Universitas Lampung dengan metode analisis *pushover*. Penelitian ini bertujuan menilai kinerja struktur gedung bertingkat terhadap beban gempa berdasarkan ATC-40 dan FEMA-356. Metode yang digunakan adalah analisis *pushover* untuk memperoleh kurva kapasitas dan parameter *drift ratio*. Hasil penelitian menunjukkan level kinerja gedung pada arah-x dan arah-y adalah *Immediate Occupancy*, sehingga gedung masih mampu menahan gempa dan risiko korban jiwa sangat kecil
5. Aranta et al. (2025) melakukan evaluasi kinerja struktur pada desain gedung rumah sakit 10 lantai di Magelang menggunakan metode *pushover*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah struktur memenuhi level kinerja *Immediate Occupancy* dan *Life Safety* pada level seismik BSE-1N dan BSE-2N berdasarkan ASCE 41-17. Metode yang digunakan adalah analisis *nonlinier* statik berbasis *pushover* dengan pemodelan ETABS. Hasil penelitian menunjukkan kinerja struktur belum memenuhi persyaratan ASCE 41-17 pada kedua level seismik sehingga direkomendasikan analisis lebih lanjut menggunakan metode *nonlinier* dinamik
6. Aurora et al. (2024) menganalisis beban gempa pada struktur gedung lobby barat RSUD dr. Iskak Tulungagung menggunakan metode dinamik respons spektrum. Tujuan penelitian ini adalah memastikan struktur lobby

memenuhi persyaratan ketahanan gempa sesuai SNI 1726:2019. Metode yang digunakan berupa pemodelan struktur dan analisis dinamik dengan *software*. Hasil penelitian menunjukkan *base shear* dinamik lebih besar dari 85% *base shear* statik, *displacement* antar lantai lebih kecil dari batas maksimum, sehingga struktur dinyatakan aman sesuai SNI 1726:2019

7. Moeloek, dkk (2021) Struktur gedung bertingkat dievaluasi berdasarkan SNI 1726:2019 dan ATC-40, dengan hasil perpindahan sebesar 63,939 mm pada arah X dan 85,299 mm pada arah Y. Pola keruntuhan yang terbentuk menunjukkan konsep strong column–weak beam, yang menandakan kapasitas kolom lebih baik dibanding balok sehingga mengurangi risiko kegagalan struktur. Tingkat kinerja bangunan berada pada kategori Immediate Occupancy (IO), yang menunjukkan struktur cukup tahan terhadap gempa dan masih berada dalam kondisi aman. aman.

2.2 Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu

Perbandingan antara penelitian ini dan studi-studi sebelumnya disajikan pada Tabel 1. Meskipun penelitian terdahulu telah membahas berbagai aspek terkait topik ini, masih terdapat beberapa perbedaan signifikan yang menjadi fokus utama dalam penelitian saat ini.

Tabel 1. Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Perbedaan
1	Rizki et al. (2021)	Analisis Kinerja Struktur Pada Konstruksi Baja Dan Konstruksi Beton Bertulang Dengan Analisa <i>Pushover</i> Statik Non-Linear Menggunakan <i>Software</i> ETABS	Objek yang diteliti adalah Hotel Santika Batam, 10 lantai. Sedangkan penulis meneliti Gedung <i>Showroom</i> dan Kantor 6 Lantai
2	Siswanto & Prijasambada (2022)	Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Metode <i>Pushover</i>	Objek yang diteliti adalah struktur hotel x di Jakarta, 12 lantai. Sedangkan penulis meneliti Gedung <i>Showroom</i> dan Kantor 6 Lantai

No	Penulis	Judul Penelitian	Perbedaan
3	Syahira, dkk (2023)	Evaluasi kinerja struktur atas pada desain gedung perkantoran menggunakan analisis <i>pushover</i> berdasarkan atc-40 terhadap beban gempa level besar (<i>maximum considered earthquake, risk targeted</i>)	Objek yang diteliti adalah Gedung perkantoran, 4 lantai. Sedangkan penulis meneliti Gedung <i>Showroom</i> dan Kantor 6 Lantai
4	Mustofa et al. (2024)	Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Metode Analisis <i>Pushover</i> (Studi Kasus: Gedung 6 Rumah Sakit Pendidikan Perguruan Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung)	Objek yang diteliti adalah Gedung rumah sakit, 6 lantai, di Lampung. Sedangkan penulis meneliti Gedung <i>Showroom</i> dan Kantor 6 Lantai
5	Aranta et al. (2025)	Evaluasi Kinerja Struktur Pada Desain Struktural Gedung Rumah Sakit Dengan Metode <i>Pushover</i>	Objek yang diteliti adalah Gedung rumah sakit rawat inap, 10 lantai, di Kota Magelang. Sedangkan penulis meneliti Gedung <i>Showroom</i> dan Kantor 6 Lantai Gedung <i>Showroom</i> dan Kantor 6 Lantai
6	Aurora et al. (2024)	Analisis Beban Gempa Pada Struktur Gedung <i>Lobby</i> Barat RSUD Dr. Iskak Tulungagung Menggunakan Metode Dinamik Responspektrum	Objek yang diteliti adalah <i>Lobby</i> barat RSUD dr. Iskak Tulungagung, 2 lantai. Sedangkan penulis meneliti Gedung <i>Showroom</i> dan Kantor 6 Lantai
7	Moeloek & Firdha (2021)	Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Terhadap Beban Gempa Dengan Metode <i>Pushover</i> Analysis	Objek Yang Diteliti Adalah Gedung Rumah Sakit Terhadap Beban Gempa Sedangkan penulis meneliti Gedung <i>Showroom</i> dan Kantor 6 Lantai

2.3 Struktur Bangunan

Struktur bangunan adalah susunan komponen utama dalam suatu konstruksi yang dirancang dan dihubungkan sedemikian rupa untuk menyalurkan beban dari atas ke bawah hingga akhirnya diteruskan ke tanah secara aman dan stabil. Struktur ini berfungsi sebagai kerangka penopang yang menjaga kekokohan, keseimbangan, serta keamanan suatu bangunan agar mampu menahan berbagai gaya, seperti beban mati, beban hidup, beban angin, maupun beban gempa. Dengan kata lain, struktur bangunan merupakan elemen dasar yang menentukan ketahanan dan keberlangsungan fungsi sebuah konstruksi. (Hariadi et al., 2022).

2.4 Struktur Bangunan Tahan Gempa

Struktur bangunan tahan gempa dirancang dengan mempertimbangkan karakteristik gempa, kondisi tanah, bentuk dan massa bangunan, sistem struktur, serta kualitas dan kuantitas material seperti beton dan baja tulangan. Dalam proses evaluasi atau asesmen bangunan, diperlukan penilaian menyeluruh terhadap kelayakan struktur akibat dampak pemakaian, kesalahan konstruksi, maupun bencana alam. Asesmen ini mengacu pada Permen PU No. 24/PRT/M/2008 dan bertujuan mempertahankan fungsi bangunan melalui pemeliharaan preventif, perawatan, hingga rehabilitasi. Dalam penelitian ini, perhitungan struktur dilakukan dengan bantuan aplikasi ETABS, mengacu pada SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013, melalui tahapan analisis seperti waktu getar alami, gaya geser dasar, distribusi gaya horisontal gempa, dan analisis *T-Reyleigh*. Kombinasi antara data visual lapangan, desain teknis, mutu material, serta pemodelan digital memungkinkan penilaian struktur secara akurat dan menjadi dasar pengambilan keputusan terhadap perkuatan atau kelayakan bangunan (Mochammad Rizal Fadhillah, 2020).

2.5 Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan peristiwa getaran yang muncul di permukaan bumi akibat pelepasan energi secara tiba-tiba dari dalam lapisan kerak bumi (Prasetio et al., 2023). Peristiwa ini umumnya dipicu oleh pergeseran lempeng tektonik, aktivitas vulkanik, atau runtuh batuan di bawah tanah. Energi yang dilepaskan akan merambat dalam bentuk gelombang seismik yang mampu mencapai permukaan bumi dan dapat menimbulkan kerusakan terhadap bangunan maupun

lingkungan sekitar. Berdasarkan informasi dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), gempa bumi bisa terjadi sewaktu-waktu dan di lokasi mana pun, khususnya di wilayah yang terletak pada zona pertemuan lempeng aktif seperti Indonesia.

2.5.1 Proses Terjadinya Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan salah satu jenis bencana alam yang kerap terjadi di sejumlah wilayah, terutama di kawasan yang terletak pada zona tumbukan lempeng tektonik. Untuk memahami mekanisme terjadinya gempa (Hartono et al., 2021), berikut ini dijelaskan tahapan-tahapan umum prosesnya :

1. Akumulasi Energi di Dalam Kerak Bumi

Lempeng tektonik yang berada di dalam kerak bumi terus bergerak dan saling menekan. Interaksi ini menyebabkan energi elastis terkumpul secara bertahap di sepanjang zona patahan atau garis pertemuan antar lempeng.

2. Peningkatan Tegangan pada Zona Patahan

Semakin lama, tekanan dan tegangan yang terbentuk di zona patahan meningkat, membuat batuan di sekitarnya menjadi lebih lemah dan mudah mengalami keretakan.

3. Pelepasan Energi Secara Mendadak

Saat tegangan melebihi kekuatan maksimum yang dapat ditahan oleh batuan, terjadi pelepasan energi secara mendadak. Energi ini dilepas dalam bentuk gelombang seismik yang menyebar dari titik pusat gempa (hiposenter) ke segala arah.

4. Gelombang Menjangkau Permukaan Bumi

Gelombang seismik tersebut menjalar ke permukaan bumi, menimbulkan getaran yang bisa dirasakan oleh manusia dan dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan dan lingkungan.

5. Lokasi Hiposenter dan Episentrum

Titik di bawah permukaan bumi tempat pelepasan energi disebut hiposenter, sedangkan titik langsung di atasnya pada permukaan bumi dikenal sebagai episentrum. Area sekitar episentrum biasanya mengalami dampak paling besar, tergantung pada kedalaman dan intensitas gempa yang terjadi.

2.6 Analisis Gaya Gravitasi

Analisis gaya gravitasi merupakan kajian terhadap gaya-gaya yang bekerja secara vertikal pada struktur bangunan akibat berat sendiri (beban mati), beban hidup, dan beban tambahan lainnya yang bersifat tetap maupun sementara (Widyawati, 2023).

2.6.1 Beban Mati (DL)

Beban mati merupakan berat seluruh elemen bangunan yang bersifat permanen, termasuk komponen tambahan, *finishing*, mesin, dan peralatan tetap yang menjadi bagian integral dari gedung tersebut (PPIUG, 1983). Nilai beban mati berdasarkan jenis bahan bangunan pada bangunan gedung tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Berat Sendiri Bahan Bangunan (Tabel 2.1 PPIUG 1983)

Bahan Bangunan	Besar beban
Baja	7.850 kg/m ³
Batu alam	2600 kg/ m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m ³

Bahan Bangunan	Besar beban
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/ m ³
Batu pecah	1.450 kg/m ³
Besi tuang	7.250 kg/m ³
Beton	2.200 kg/m ³
Beton bertulang	2.400 kg/m ³
Kayu (kelas 1)	1.000 kg/m ³
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m ³
Pasangan batu merah	1.700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1.450 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.650 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m ³
Tanah, lempung, dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m ³
Timah hitam (timbel)	11.400kg/m ³
Komponen Gedung	Besar beban
Adukan per cm tebal dari semen	21 kg/m ²
Adukan per cm tebal dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
Aspal termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/ m ²
Dinding pasangan batu merah satu bata	450 kg/ m ²
Dinding pasangan batu merah setengah bata	250 kg/ m ²
Dinding pasangan batako berlubang tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/ m ²
Dinding pasangan batako berlubang tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/ m ²
Bahan Bangunan	Besar beban
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 g/ m ²
Tanpa lubang tebal dinding 15 cm	300 kg/ m ²
Tanpa lubang tebal dinding 10 cm	200 kg/ m ²
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku untuk semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis) dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/ m ²
Untuk kaca, dengan tebal 3-4 mm	10 kg/ m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit bentang maksimum 5 m dan beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/ m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7 kg/ m ²
Komponen Gedung	Besar beban
Penutup atap genteng dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/ m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	40 kg/ m ²
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10 kg/ m ²
Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24 kg/ m ²

2.6.2 Beban Hidup (LL)

Beban hidup adalah beban akibat aktivitas penghuni dan benda-benda bergerak, mesin, atau peralatan yang tidak permanen dalam gedung. Beban ini dapat berubah-ubah dan memengaruhi pembebanan lantai serta atap. Untuk atap, beban

hidup mencakup air hujan, baik karena genangan maupun tekanan jatuhnya tetesan air, namun tidak termasuk beban angin, gempa, dan beban khusus (PPIUG 1983). Penentuan besarnya beban hidup penting dalam perencanaan struktur agar bangunan tetap aman dan optimal saat digunakan. Nilai beban hidup untuk lantai gedung tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3 Beban Hidup Pada Lantai (Tabel 3.1 PPIUG 1983)

Beban hidup pada lantai gedung	Besar beban
Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200 kg/m ²
Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang yang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125 kg/m ²
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250 kg/m ²
Lantai ruang olahraga	400 kg/m ²
Lantai ruang dansa	500 kg/m ²
Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan lain lain daripada yang disebut dalam a s/d e, seperti masjid, gereja, ruang pertunjukan, ruang rapat, bioskop dan panggung	400 kg/m ²
Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk	500 kg/m ²
Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam c	300 kg/m ²
Beban hidup pada lantai gedung	Besar beban
Tangga, bordes tangga, gang yang disebut dalam d, e, f, dan g	500 kg/m ²
Lantai ruang pelengkap yang disebut dalam c, d, e, f, dan g	250 kg/m ²
Lantai untuk pabrik, bengkel: gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri, dengan minimum	400 kg/m ²
Lantai gedung parkir bertingkat untuk lantai bawah	800 kg/m ²
Lantai gedung parkir bertingkat untuk lantai tingkat lainnya	400 kg/m ²
Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap lantai hidup dari ruang yang berbatasan dengan minimum	300 kg/m ²

2.6.3 Beban Gempa Statik Ekuivalen

Analisis statik mencakup metode statik ekuivalen dan *pushover*, yaitu dengan menggantikan gaya horizontal akibat gempa menjadi gaya statik setara yang diterapkan pada struktur.

Tabel 4 Klasifikasi Kelas Situs (SNI:2019 tabel 5)

Kelas Situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai

Kelas Situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SE (tanah lunak)	< 175 Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $P_I > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa	< 15	< 50
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, empung sangat sensitiv, tanah tersentasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $h > 3$ m) - Lempung berplastisitas lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H \geq 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

2.6.4 Metode Pembebanan Ekuivalen

Metode pembebanan ekuivalen digunakan untuk mengubah beban pelat yang bekerja dalam satuan luas menjadi beban garis yang bekerja pada balok. Besarnya beban garis ditentukan berdasarkan tinggi daerah pengaruh pelat terhadap balok di kedua sisi.

$$q = w \times h_t$$

Keterangan

q = beban garis pada balok (kg/m atau kN/m)

w = beban pelat per satuan luas (kg/m² atau kN/m²)

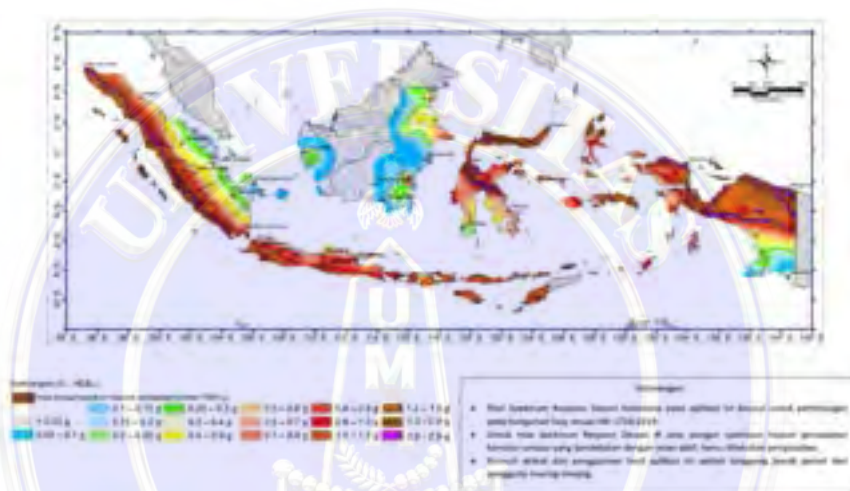
h_t = tinggi daerah pengaruh pelat terhadap balok (m)

2.7 Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen Pembebanan Gempa merujuk pada standar SNI 1726:2019.

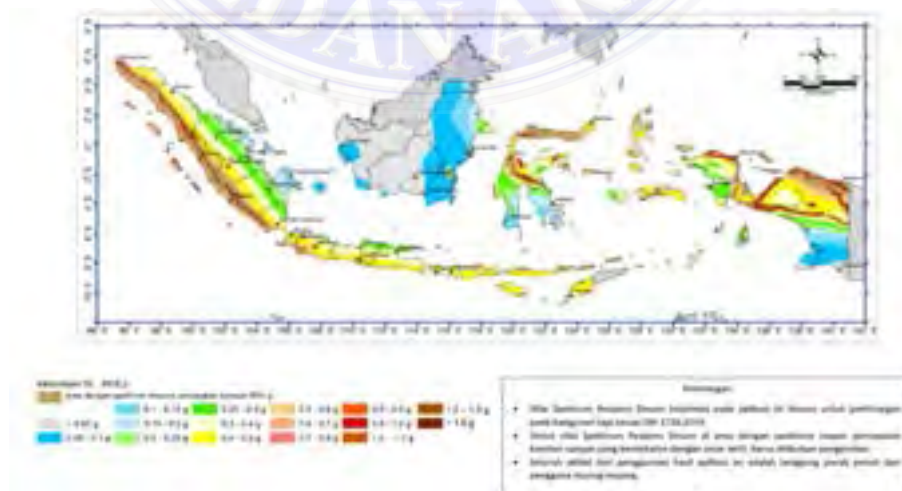
Untuk melakukan perhitungan beban gempa statik ekuivalen sesuai dengan SNI 1726:2019, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

2.7.1 Menentukan Parameter Percepatan Batuan Dasar, yaitu S_S (pada periode pendek) dan S_1 (pada periode 1 detik)

Parameter S_S dan S_1 diambil dari peta respon spektral percepatan untuk periode 0,2 detik dan 1 detik (Gambar 1 dan 2), sebagai indikator gerakan tanah seismik yang terlampaui 2% dalam 50 tahun, dan dinyatakan dalam desimal terhadap percepatan gravitasi. Nilai tersebut dapat dilihat pada peta gempa tahun 2017 berikut.



Gambar 1 Peta gempa tahun 2017 menunjukkan percepatan spektrum respons 0,2 detik pada batuan dasar (SB) yang terlampaui 2% dalam 50 tahun dengan redaman 5%.



Gambar 2 Peta sumber dan bahaya gempa 2017 menampilkan percepatan spektrum respons untuk periode 1,0 detik dengan redaman 5% pada batuan dasar (SB) yang memiliki probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun.

2.7.2 Menentukan Koefisien Situs, F_a dan F_v

Penentuan respons spektral percepatan memerlukan faktor amplifikasi seismik F_a (periode pendek) dan F_v (periode 1 detik), sedangkan nilai SM_S dan SM_1 dihitung sesuai klasifikasi situs menggunakan rumus pada Tabel 5 dan 6 (SNI 1726:2019).

Tabel 5 Koefisien situs, F_a (SNI 1726:2019)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_S					
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,0$	$S_S = 1,25$	$S_S \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,2	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,3	0,9	0,8

Tabel 6 Koefisien situs, F_v (SNI 1726:2019)

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

2.7.3 Menentukan Parameter Respon Spektrum Desain

Parameter respons spektrum periode pendek (SM_S) dinyatakan dalam Persamaan 1 berikut.

$$SM_S = F_a \cdot S_S$$

Keterangan :

S_S = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER yang dipetakan pada periode pendek.

S_s = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER yang dipetakan pada periode 1,0 detik.

2.7.4 Menentukan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Risiko struktur gedung dan non-gedung terhadap gempa rencana harus dikalikan faktor keutamaan gempa (I_e). Untuk bangunan yang bersebelahan, desain harus mengikuti kategori sesuai SNI 1726-2019. Penentuan risiko dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (SNI 1726:2019 tabel 3)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk antara lain:	I
- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam Kategori II, III, IV.	
kategori risiko I, III, IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	II
- Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan termasuk tapi tidak dibatasi untuk:	III
- Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pentipan anak - Penjara - Bangunan untuk Orang Jompo	
Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan /atau massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	IV
- Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi	

Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahayanya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya.	IV
- Badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun air atau material atau peralatan pemadam kebakaran)	
Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	

Penentuan faktor keutamaan gempa harus disesuaikan dengan kategori risiko struktur bangunan, sesuai nilai pada Tabel 8 (SNI 1726:2019).

Tabel 8 Faktor keutamaan gempa (SNI 1726:2019 tabel 4)

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

2.7.5 Kategori Desain Seismik

Struktur harus dikategorikan ke dalam desain seismik sesuai risiko dan nilai S_1 . Struktur dengan risiko I, II, atau III dan $S_1 \geq 0,75$ termasuk kategori desain seismik E. Struktur risiko IV dengan $S_1 \geq 0,75$ masuk kategori desain seismik F. Setiap bangunan harus mengikuti kategori desain seismik terberat, tanpa memperhatikan nilai periode getaran T (lihat Tabel 9 dan 10, SNI 1726:2019).

Tabel 9 Desain seismik mengacu pada respons percepatan periode pendek (Tabel 8 SNI 1726:2019).

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

Tabel 10 Desain seismik mengacu pada respons percepatan 1 detik (Tabel 9 SNI 1726:2019).

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,50$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

2.7.6 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen merupakan struktur di mana balok, kolom, dan sambungan bersama-sama menahan gaya melalui aksi lentur, geser, dan aksial (Minabari et al., 2024).

sistem rangka pemikul momen terbagi tiga bagian yaitu sebagai berikut:

- 1 Sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB) memiliki daktilitas terbatas dan hanya sesuai untuk wilayah dengan risiko gempa rendah.
- 2 Sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) adalah sistem dengan daktilitas sedang yang digunakan di wilayah berisiko gempa sedang. Kolomnya diharapkan mampu menahan geser, dan pendetailan harus mengikuti standar nasional struktur tahan gempa.
- 3 Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) adalah sistem berdaktilitas penuh yang wajib digunakan di daerah berisiko gempa tinggi, dengan prinsip *strong column-weak beam*, tahan geser, dan detail khusus.

Kombinasi sistem struktur pada sumbu orthogonal dapat memakai sistem pemikul gaya berbeda untuk menahan gempa, dengan nilai R , C_d , dan Ω_0 serta batasan sesuai Tabel 11 (SNI 1726:2019)

Tabel 11 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik (SNI 1726:2019)

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons R^a	Faktor kuat lebih sistem Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, Cd^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, hn (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
Sistem rangka pemikul momen				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	$5\frac{1}{2}$	T	T	48	30	TI
Rangka baja pemikul momen menengah	$4\frac{1}{2}$	3	4	T	T	10 ^k	TI ^k	TI ^k
Rangka baja pemikul momen biasa	$3\frac{1}{2}$	3	3	TB	TI	TI	TB	TB
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	$2\frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	$5\frac{1}{2}$	48	48	30	TI	TI

2.7.7 Spektrum Respons Desain

Jika tata cara ini mensyaratkan spektrum respons desain dan digunakan prosedur gerak tanah spesifik lokasi, maka kurva spektrum respons desain harus disusun sesuai ketentuan berikut (SNI 1726:2019).

1. Untuk periode kurang dari T_0 , nilai spektrum respons percepatan desain (S_a) dihitung menggunakan Persamaan 1 berikut.

$$S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right)$$

2.8 Analisis Statik Non-Linear (*Pushover Analysis*)

Analisis *pushover* merupakan metode analisis statik *nonlinier* yang digunakan untuk mengevaluasi respons struktur bangunan gedung terhadap pengaruh gempa. Dalam metode ini, beban gempa rencana dipresentasikan sebagai beban statik yang diaplikasikan pada pusat massa setiap lantai, di mana besarnya secara bertahap dinaikkan hingga melampaui beban tertentu, sehingga memicu terbentuknya sendi plastis pertama pada struktur. Hasil analisis *pushover* memperlihatkan perilaku struktur yang awalnya linear hingga mencapai titik leleh, setelah itu perilaku struktur menjadi *nonlinier*.

Metode ini dilakukan dengan memberikan pola beban lateral statik pada struktur, kemudian beban tersebut ditingkatkan secara bertahap melalui faktor pengali hingga struktur mencapai target perpindahan lateral pada titik acuan yang telah ditentukan. Selama proses analisis *pushover*, struktur didorong secara bertahap sampai mengalami leleh pada satu atau beberapa lokasi pada struktur. Kurva hasil analisis kemudian digunakan untuk menggambarkan hubungan antara gaya dan perpindahan, yang memperlihatkan perubahan karakteristik respons struktur dari kondisi elastis menuju kondisi plastis.

Menurut Pangestu et al., (2024), analisis *pushover* adalah metode statik *nonlinier* yang efektif untuk mengevaluasi kinerja seismik struktur bangunan.

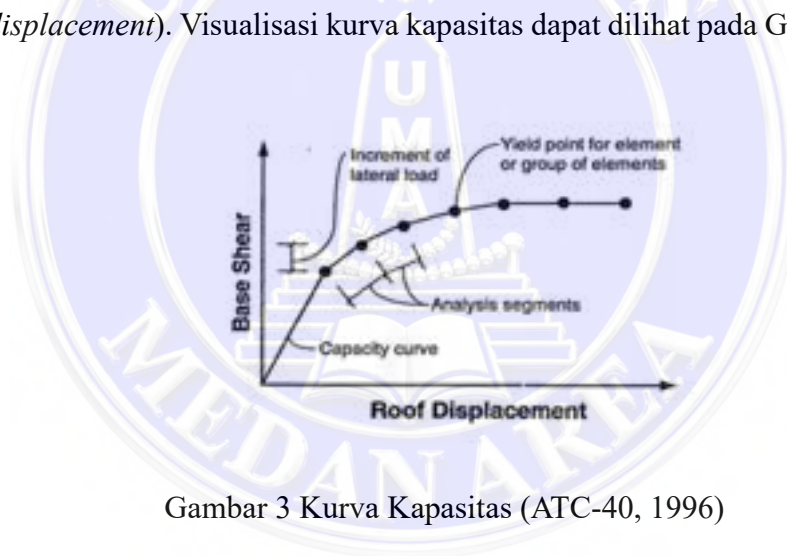
Namun, perlu diperhatikan beberapa keterbatasan berikut:

- 1 Hasil analisis *pushover* masih bersifat pendekatan, sebab karakteristik beban gempa yang sebenarnya adalah bolak-balik secara siklik, sedangkan beban pada *pushover analysis* bersifat statik dan meningkat secara monoton.

- 2 Pemilihan pola beban lateral sangat krusial, karena hasil analisis sangat dipengaruhi oleh pola distribusi beban yang digunakan.
- 3 Pemodelan analisis nonlinier lebih kompleks dibandingkan dengan model linier, karena harus memperhitungkan perilaku inelastik dan pengaruh efek $P-\Delta$ dari elemen-elemen struktur penting.

2.8.1 Kurva Kapasitas

Pada metode analisis statik *nonlinier pushover*, diperoleh hasil berupa kurva kapasitas. kurva kapasitas merepresentasikan tingkat kekuatan struktur yang dipengaruhi oleh kemampuan deformasi tiap-tiap elemen struktur. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan atap (*roof displacement*). Visualisasi kurva kapasitas dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 3 Kurva Kapasitas (ATC-40, 1996)

2.9 Standar Pedoman Terkait

2.9.1 Pedoman ATC-40 Dalam Evaluasi Kapasitas Struktur

Pedoman ATC-40 digunakan dalam analisis *pushover* untuk menilai respons *nonlinier* bangunan eksisting terhadap gempa, serta menentukan kemampuan struktur menahan beban lateral atau kebutuhan perkuatan.

ATC-40 menerapkan metode *Capacity Spectrum* (CSM) dengan mengubah kurva kapasitas struktur menjadi spektrum kapasitas, lalu

membandingkannya dengan respons spektral gempa untuk menilai titik kinerja struktur akibat perpindahan lateral secara lebih akurat.

ATC-40 mengklasifikasikan kinerja struktur menjadi tiga Tingkat *Immediate Occupancy (IO)*, *Life Safety (LS)*, dan *Collapse Prevention (CP)* yang menunjukkan kemampuan bangunan dalam menahan gempa sebelum mengalami kerusakan serius, serta menjadi acuan untuk menilai kelayakan penggunaan atau kebutuhan perkuatan pascagempa.

Sebagai acuan utama dalam evaluasi struktur eksisting, ATC-40 mendukung perencanaan *retrofit* dan mitigasi risiko gempa melalui pendekatan *pushover* dan spektrum kapasitas, yang membantu perancang mengidentifikasi kelemahan struktur serta merumuskan strategi perkuatan yang lebih tepat.

Tabel 12 Level Kinerja Struktur (ATC-40, 1996)

Parameter	Performance Level			
	IO	Damage Control	LS	structural Stability
Maximum Total Drift	0.01	0.01 s.d 0.02	0.02	0.33 (V_i/P_i)
Maksimum inelastik	0.005	0.005 s.d 0.015	no limit	no limit

2.9.2 Tingkat Kinerja Bangunan Berdasarkan ATC-40

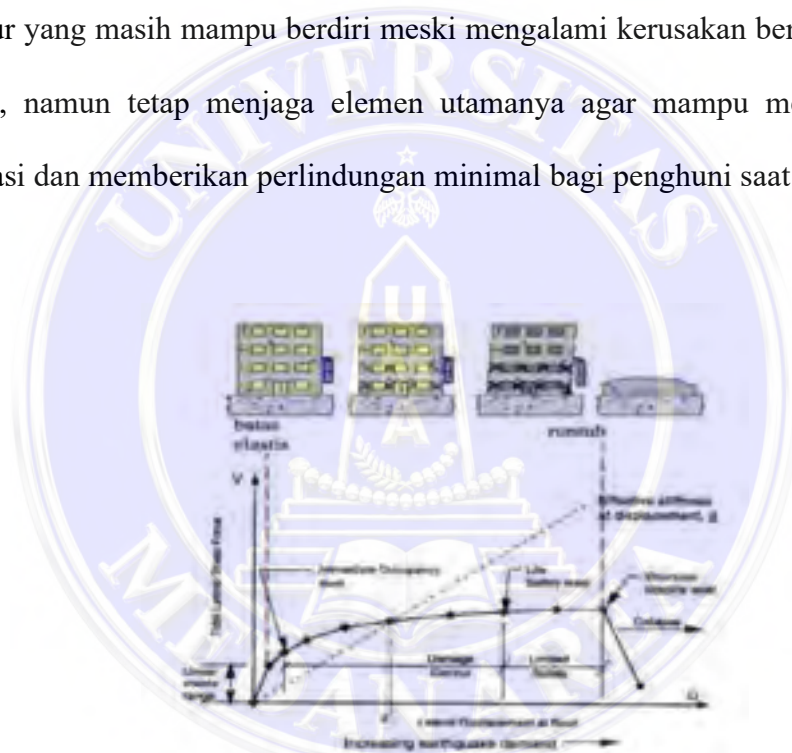
ATC-40 menetapkan tingkat kinerja bangunan berdasarkan batas deformasi serta kondisi elemen struktural dan non-struktural pascagempa, dengan kategori utama meliputi *Immediate Occupancy (IO)*, *Life Safety (LS)*, dan *Collapse Prevention (CP)*, yang digunakan untuk menilai kemampuan struktur bertahan sebelum mengalami kerusakan signifikan.

Tingkat *Immediate Occupancy (IO)* menggambarkan kondisi di mana bangunan masih dapat difungsikan pascagempa dengan minimal atau tanpa kerusakan struktural, serta tetap memiliki kekuatan dan kekakuan memadai, dan

umumnya diterapkan pada bangunan vital seperti rumah sakit dan fasilitas darurat (ATC-40, 1996).

Tingkat *Life Safety (LS)* mengizinkan terjadinya kerusakan struktural yang cukup besar selama gempa, namun tetap menjaga stabilitas bangunan agar penghuni dapat evakuasi dengan aman, meskipun struktur mengalami deformasi plastis yang signifikan tanpa menyebabkan keruntuhan total (ATC-40, 1996).

Tingkat *Collapse Prevention (CP)* menunjukkan kondisi batas akhir struktur yang masih mampu berdiri meski mengalami kerusakan berat dan hampir runtuh, namun tetap menjaga elemen utamanya agar mampu menahan beban gravitasi dan memberikan perlindungan minimal bagi penghuni saat terjadi gempa besar.



Gambar 4 Ilustrasi Keruntuhan Gedung dan Level Kinerja (ATC-40, 1996)

Gambar 4 menunjukkan kurva kapasitas dengan simbol bulatan (●) yang merepresentasikan level-level kinerja struktur, mencerminkan tahapan penting selama gempa, mulai dari pelelehan awal elemen struktur hingga kerusakan seperti kegagalan geser pada kolom dan potensi keruntuhan total sistem.

Tabel 13 menyajikan tingkatan kinerja struktur bangunan tahan gempa berdasarkan pedoman ATC-40.

Tabel 13 Level Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40 (ATC-40, 1996)

Nonstructural Performance Levels	Building Performance Levels					
	SP-1 Immediate Occupancy	SP-2 Damage Control	SP-3 Life Safety	SP-4 Limited Safety (Range)	SP-5 Structural Stability	SP-6 Not Considered
NP-A Operational	I-A Operational	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B Immediate Occupancy	I-B Immediate Occupancy	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C Life Safety	I-C	2-C	3-C Life Safety	4-C	5-C	6-C
NP-D Hazard Reduced	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E Not Considered	NR	NR	3-E	4-E	5-E Structural Stability	Not Applicable

Penjabaran lebih lanjut mengenai kinerja struktur berdasarkan ATC-40 disajikan pada Tabel 14.

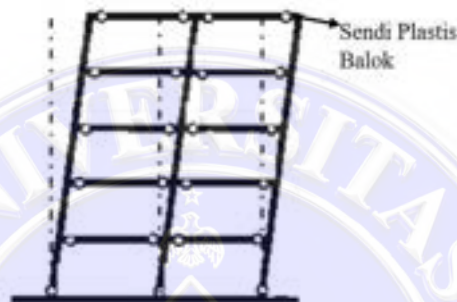
Tabel 14 Level Kinerja Serta Keadaan Bangunan Setelah Mengalami Gempa (ATC-40, 1996)

Tingkat Kinerja	Kondisi Bangunan Pasca Gempa
SP-1 Immediate Occupancy (IO)	Bangunan tetap aman saat gempa, dengan risiko korban jiwa dan kerusakan struktural yang minimal, serta dapat segera difungsikan kembali tanpa perbaikan signifikan.
SP-2 Damage Control (DC)	Transisi antara SP-1 dan SP-3 menunjukkan bahwa bangunan masih mampu menahan gempa dengan risiko korban jiwa yang sangat rendah.
SP-3 Life Safety	Bangunan dapat rusak namun tidak boleh runtuh hingga menimbulkan korban jiwa, dan setelah gempa, dapat difungsikan kembali setelah perbaikan pada komponen struktural maupun non-struktural yang terdampak.
SP-4 Limited Safety	Transisi antara SP-3 dan SP-4 bukan termasuk tingkat kinerja resmi dan tidak mempertimbangkan efisiensi ekonomi dalam perbaikan pascagempa.
SP-5 Strctural Stability (SS)	Struktur mengalami kerusakan parah hingga mendekati keruntuhan total atau parsial, namun komponen penahan beban gravitasi masih berfungsi meski dalam kondisi hampir runtuh.
SP-6 Not Considered	Bukan termasuk tingkat kinerja struktur, melainkan digunakan untuk evaluasi seismik non-struktural atau keperluan <i>retrofit</i> .

2.9.3 Mekanisme Keruntuhan Berdasarkan ATC-40

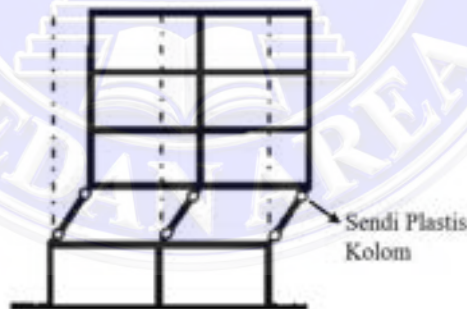
Menurut ATC-40, terdapat dua jenis mekanisme keruntuhan dalam analisis statik, yaitu *beam sway mechanism* dan *column sway mechanism*, yang penjelasannya dapat dilihat pada uraian berikut.

1. *Beam sway mechanism*, pada mekanisme ini pembentukan sendi plastis terjadi pada ujung-ujung elemen balok (Gambar 5).



Gambar 5 Mekanisme Keruntuhan *Beam Sway Mechanism* (ATC-40, 1996)

2. *Column sway mechanism*, pada mekanisme ini pembentukan sendi plastis terjadi pada ujung-ujung elemen kolom (Gambar 6).



Gambar 6 Mekanise Keruntuhan *Column Sway Mechanism* (ATC-40, 1996)

2.10 Perangkat Lunak ETABS untuk Analisis Struktur

ETABS merupakan perangkat lunak komputer yang dirancang khusus untuk analisis dan perancangan struktur bangunan bertingkat, dengan kemampuan

pemodelan detail dan antarmuka grafis interaktif, sehingga banyak digunakan pada proyek berskala nasional maupun internasional.

ETABS mampu menganalisis gaya dalam, momen, dan *deformasi* elemen struktur akibat berbagai jenis beban, serta mempermudah *verifikasi* desain melalui *visualisasi* hasil langsung pada model, menjadikannya salah satu perangkat lunak andalan para insinyur struktur.

2.11 Kelebihan dan Kekurangan ETABS Dibandingkan Perangkat Lunak Lain

ETABS unggul dalam pemodelan dan analisis struktur gedung bertingkat karena memiliki antarmuka intuitif serta fitur visualisasi dan desain yang detail. Dibandingkan SAP2000, ETABS lebih optimal untuk analisis bangunan bertingkat dengan beban vertikal dan gempa yang kompleks. Namun, ETABS kurang fleksibel untuk struktur non-gedung seperti jembatan. Sementara itu, STAAD.Pro lebih sering digunakan pada proyek infrastruktur besar karena mendukung berbagai standar internasional dan desain struktur baja. Pemilihan perangkat lunak bergantung pada jenis struktur dan kebutuhan proyek.

Tabel 15 Perbandingan ETABS dengan Perangkat Lunak Lain

Metode Analisis	Keunggulan	Keterbatasan
ETABS	Memiliki keunggulan dalam pemodelan gedung bertingkat melalui antarmuka yang intuitif	Kurang optimal digunakan pada jenis struktur selain gedung
SAP2000	Memiliki fleksibilitas tinggi dalam pemodelan berbagai tipe struktur	Tidak sepenuhnya efisien untuk analisis bangunan bertingkat
STAAD.Pro	Memfasilitasi analisis sesuai berbagai standar teknik internasional	Pemodelan nonlinier memerlukan tahapan yang lebih kompleks

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan analitis untuk menilai kinerja seismik bangunan bertingkat melalui analisis *pushover* berbasis metode elemen hingga. Pendekatan kuantitatif dilakukan dengan mengolah data numerik serta melakukan perhitungan matematis guna memahami respons struktur terhadap beban gempa. Simulasi struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak teknik ETABS, yang menghasilkan parameter teknis seperti gaya dalam, perpindahan, dan kapasitas struktur. Hasil simulasi tersebut kemudian dievaluasi dengan membandingkannya terhadap standar perencanaan gempa yang berlaku, seperti SNI 1726:2019, untuk memastikan bahwa struktur telah memenuhi persyaratan keselamatan.

Sementara itu, pendekatan analitis diterapkan dengan cara mengkaji respons struktur terhadap pembebanan lateral yang dinaikkan secara bertahap melalui analisis *pushover* berbasis kapasitas. Metode ini meninjau hubungan antara gaya dan perpindahan guna menentukan tingkat kerusakan yang terjadi pada elemen struktur. Dengan demikian, dapat diidentifikasi sejauh mana struktur mampu menahan deformasi sebelum mencapai kondisi kegagalan. Selanjutnya, hasil analisis diklasifikasikan ke dalam kategori kinerja bangunan seperti *Immediate Occupancy*, *Life Safety*, atau *Collapse Prevention*, berdasarkan pedoman yang tercantum dalam ATC-40.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Jl. H. Adam Malik, Kec. Medan Petisah, Kota Medan, Sumatera Utara. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 7. Waktu pelaksanaan penelitian adalah 60 hari.



Gambar 7 Lokasi Penelitian (*Google Earth*, 2025)

3.3 Alat Penelitian

Pada penelitian ini, proses pemodelan struktur serta analisis *pushover* dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak ETABS guna mengevaluasi kinerja seismik bangunan. Pengolahan data dan analisis hasil simulasi dari ETABS dibantu dengan penggunaan *Microsoft Excel*. Untuk menyusun gambar teknis dan visualisasi detail elemen struktur, digunakan *AutoCAD*. Seluruh aplikasi tersebut dijalankan melalui laptop yang juga berfungsi sebagai media utama dalam pengelolaan data selama proses penelitian berlangsung.

3.4 Bahan Penelitian

Penelitian ini melibatkan berbagai jenis data, antara lain data geometri bangunan, karakteristik material struktur, jenis beban yang bekerja pada struktur, serta acuan standar dan regulasi yang digunakan dalam proses perencanaan dan analisis. Data geometri mencakup informasi mengenai dimensi dan ukuran bangunan, jumlah lantai, serta konfigurasi elemen struktural yang dijadikan dasar

dalam proses pemodelan. Sementara itu, data material meliputi parameter teknis seperti kuat tekan beton, kuat tarik baja, modulus elastisitas, serta sifat elastis dan plastis dari material yang digunakan. Adapun data beban terdiri dari beban mati, beban hidup, dan beban gempa yang dihitung berdasarkan ketentuan standar yang berlaku.

Analisis struktur dalam penelitian ini mengacu pada standar serta regulasi yang sesuai dan berlaku. SNI 1726:2019 dijadikan pedoman utama dalam merancang ketahanan gempa untuk bangunan gedung maupun non-gedung, sedangkan SNI 2847:2019 digunakan untuk menetapkan ketentuan teknis terkait beton struktural. Selain itu, pelaksanaan analisis *pushover* dan penilaian kinerja seismik struktur mengacu pada panduan yang terdapat dalam ATC-40 sebagai referensi utama.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini memanfaatkan metode analisis data eksisting, yaitu dengan menggunakan data yang telah tersedia dari lokasi penelitian sebelumnya atau laporan terdahulu untuk dianalisis lebih lanjut.

3.5.1 Data Eksisting

Lokasi bangunan proyek ini terletak di Jl. H. Adam Malik, Kecamatan Medan Petisah, Kota Medan, Sumatera Utara. Proyek yang dikerjakan berupa pembangunan Showroom dan Kantor. Bangunan ini memiliki luas total 4.117 m² dengan jumlah lantai sebanyak enam lantai, sehingga dirancang untuk memenuhi kebutuhan fungsi *showroom* sekaligus perkantoran secara optimal.

Data eksisting dari spesifikasi struktur meliputi spesifikasi kolom, balok dan pelat, dapat dilihat pada tabel 16, 17 dan 18.

Tabel 16 Spesifikasi Kolom

Elemen Struktur	Ukuran (mm)	Tulangan Utama	Sengkang
K60x100	600 x 1000	20 D25	D13-100
K60x60	600 x 600	20 D22	D13-100
K40x70	400 x 700	18 D19	D13-100
K25x25	250 x 250	14 D19	D13-150
K30x60	300 x 600	8 D13	D8-150
KH	250 x 600	12 D 19	D10-150
KH2	250 x 1150	18 D19	D10-150

Tabel 17 Spesifikasi Sloof Dan Balok

Elemen Struktur	Ukuran (mm)	Tulangan Utama	Sengkang (1/4 Tumpuan)	Sengkang (1/2 Lapangan)
S55x80	550 x 800	17 D25	D13-100	D13-150
S55x80A	550 x 800	12 D25	D10-100	D10-150
S55x80B	550 x 800	12 D25	D10-100	D10-150
S20x40	200 x 400	6 D13	D8-150	D8-200
B55x75	550 x 750	17 D25	D13-100	D13-150
B55x75A	550 x 750	12 D25	D10-100	D10-150
B55x75B	550 x 750	12 D25	D10-100	D10-150
B55x75C	550 x 750	11 D25	D10-100	D10-150
B55x55	550 x 550	13 D25	D10-100	D10-150
B30x60	300 x 600	10 D19	D8-100	D8-150
B30x50	300 x 500	11 D16	D8-125	D8-150
B35x55	350 x 550	12 D19	D8-150	D8-150
B25x40	250 x 400	8 D16	D8-100	D8-150
B25x30	250 x 300	4 D16	D8-150	D8-200
B25x50	250 x 500	10 D16	D8-100	D8-125
B20x55	200 x 550	8 D16	D8-150	D8-150
B20x40	200 x 400	7 D13	D8-150	D8-200
BH	250 x 300	4 D16	P8-150	P8-150
BH2	250 x 400	4 D16	P8-100	P8-150

Tabel 18 Spesifikasi Pelat Lantai

Elemen Struktur	Tebal (mm)	Tulangan
Pelat Lantai <i>Basement</i>	250	D10-150
Pelat Lantai 1-6 (<i>Roof top</i>)	130	D10-150
Pelat Lantai 7 (<i>Atap</i>)	110	D8-150
Pelat Lantai 8 (<i>Atap Lift</i>)	200	D10-150

Berdasarkan data eksisting yang dikumpulkan, kondisi awal bangunan mencerminkan karakteristik struktur sebelum dianalisis lebih lanjut. Data ini digunakan untuk mengevaluasi kapasitas dan kinerja struktur terhadap beban, termasuk gempa. Pemahaman menyeluruh atas kondisi awal memungkinkan

perencanaan atau kekuatan yang tepat. Analisis lanjutan dilakukan untuk menilai kesesuaian struktur terhadap standar keselamatan.

3.5.2 Proses Pemodelan Ulang dengan ETABS

1. Pemodelan Struktur

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

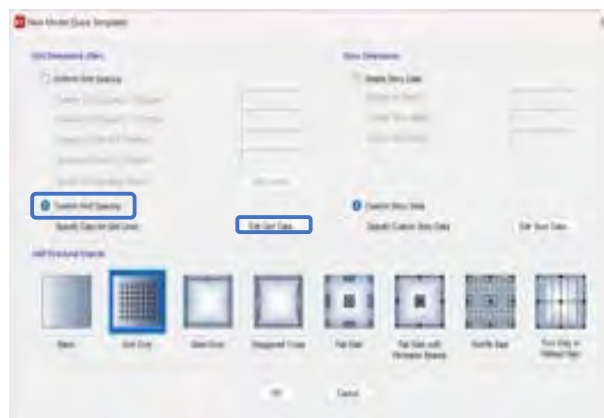
2. Membuat *Grid Line*

Langkah awal dalam pemodelan dengan ETABS V18 adalah dengan membuat *Grid Line* untuk menentukan *grid-grid* sesuai struktur yang akan dimodelkan. Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Pada menu *bar* pilih *File* → *New Model*, kemudian akan muncul *Model Initialization boxes* untuk mengatur standar dan satuan sebagai acuan dasar untuk menginput nilai, kemudian pilih *use-built in settings with*: seperti pada Gambar 8, kemudian klik OK maka akan muncul *New Model Quick Templates*, gunakan *custom grid spacing* dan *edit grid* data untuk menyesuaikan jarak antar *grid*



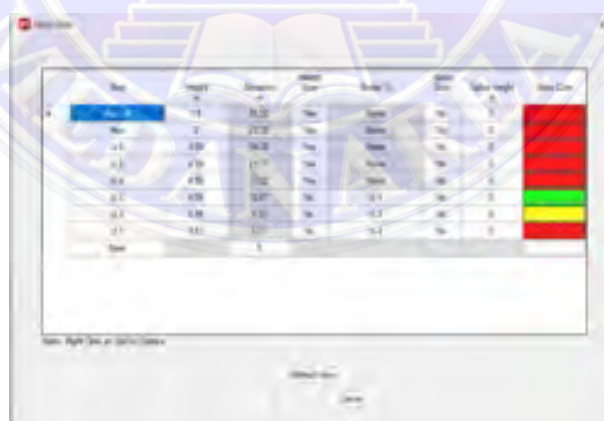
Gambar 8 Tampilan Model *Initialization Box*



Gambar 9 Tampilan *Input* Pada *Quick Templates*



Gambar 10 Tampilan *Input Grid System Data*



Gambar 11 Tampilan *Input Story Data*

3. Menentukan Material Struktur

Langkah selanjutnya adalah menentukan material struktur, material struktur ini akan digunakan untuk elemen struktur kolom, balok, pelat.

Karena digunakan struktur gabungan rangka baja dan rangka beton bertulang.

Material baja yang digunakan memiliki beberapa ketentuan sebagai berikut:

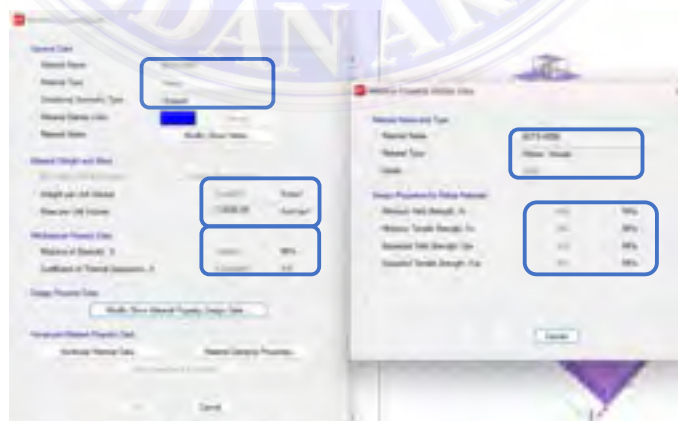
- Mutu Baja (BJTS, 420B) $= f_y$ 420 MPa; f_u 525 Mpa
- Modulus Elastisitas baja, E_s $= 200\,000$ MPa
- Angka *poisson* baja, ν $= 0,2$

Material beton yang digunakan memiliki beberapa ketentuan sebagai berikut:

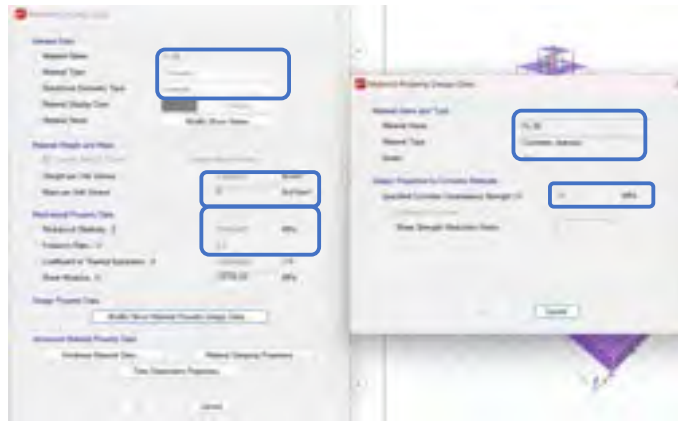
- Mutu Beton $= f'_c$ 30 MPa
- Modulus Elastisitas beton, E_s $= 4700\sqrt{f'_c}$
- Angka *poisson* beton, ν $= 0,3$

Langkah-langkah menentukan material struktur sebagai berikut:

Pada menu bar pilih *Define* $\rightarrow$ *Material Properties* $\rightarrow$ *Add New Material*, pada *option region*, pilih *user*, kemudian digunakan 2 *tipe* material, beton (*concrete*), tulangan beton (*rebar*).



Gambar 12 Tampilan Add Material Property Rebar



Gambar 13 Tampilan *Add Material Property Concrete*

4. Menentukan Dimensi Elemen Struktur

Dalam menentukan dimensi elemen struktur, diperlukan asumsi terkait pemodelan yang akan dilakukan. Asumsi-asumsi yang diberikan adalah balok akan dimodelkan dengan bentuk persegi biasa sesuai dengan dimensi balok (bukan balok T), Karena balok dimodelkan sebagai balok persegi, maka untuk pelat lantai dan pelat atap akan dimodelkan sebagai elemen “*Shell*”, sehingga pelat lantai perlu di *meshing*. Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

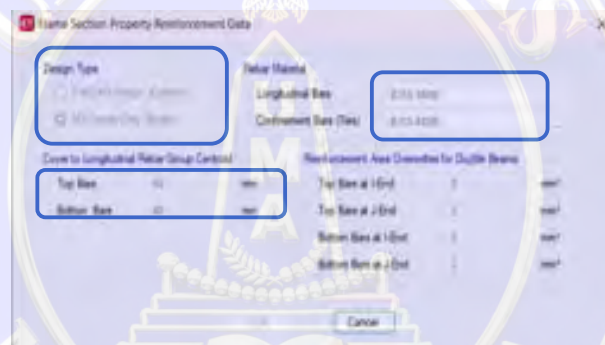
Pada menu *bar* pilih *Define* → *Section Properties* → *Frame Sections* → *Add New Property*, pada *section shape*, pilih *concrete rectangular* dan *rebar*.

- a. Untuk elemen balok, pilih *Concrete* $\rightarrow$ *Rectangular Section*, ganti *section name*, kemudian masukkan dimensi balok. Pada *material type* pilih $f'c = 30$ MPa (*concrete*), pada *option Reinforcement* gunakan Rebar f_y 420B MPa sebagai *Longitudinal Bars* dan gunakan Rebar f_y 420B MPa sebagai *Confinement Bars (Ties)*, kemudian pada *option Design Type* pilih *M3 Design Only (Beam)*, karena berperilaku

sebagai balok, kemudian pada isian *Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid*, isikan nilai 40 mm



Gambar 14 Tampilan *Input* Untuk Penampang Balok



Gambar 15 *Reinforcement Data* Untuk Penampang Balok

- b. Untuk elemen kolom beton, pilih *Concrete* → *Rectangular*, isi *section name*, kemudian masukkan dimensi kolom, pada *material type* pilih $f'c$ 30 MPa (*concrete*), pada *option Concrete Reinforcement*, gunakan *Rebar fy* 420B MPa sebagai *Longitudinal Bars* dan gunakan *Rebar fy* 420B MPa sebagai *Confinement Bars (Ties)*, kemudian pada *option Design Type P-M2-M3 Design (Column)*, karena berperilaku sebagai kolom, pada *option Reinforcement Configuration* pilih *Rectangular* karena bentuk kolom persegi, kemudian pada isian *Clear Cover for Confinement Bars*, isikan selimut beton 40 mm.



Gambar 16 Tampilan *Input* Untuk Penampang Kolom



Gambar 17 *Reinforcement Data* Untuk Penampang Kolom

- c. Untuk pembuatan elemen pelat, pada menu *toolbar* pilih *Define* → *Section Properties* → *Add New Property*, kemudian ganti *property name*, kemudian pilih $f'c = 30$ MPa (*concrete*) sebagai material pelat dan pilih “*Shell-Thin*” untuk tipe pelat yang digunakan, masukkan tebal pelat lantai atau pelat atap. Pada properti data *Thickness* isi ketebalan Pelat.

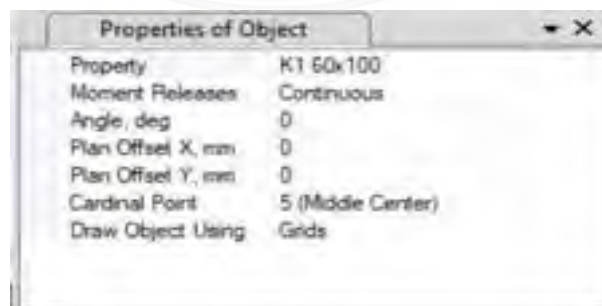


Gambar 18 Tampilan *Input* Penampang Pelat

5. Menggambar Elemen Struktur

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

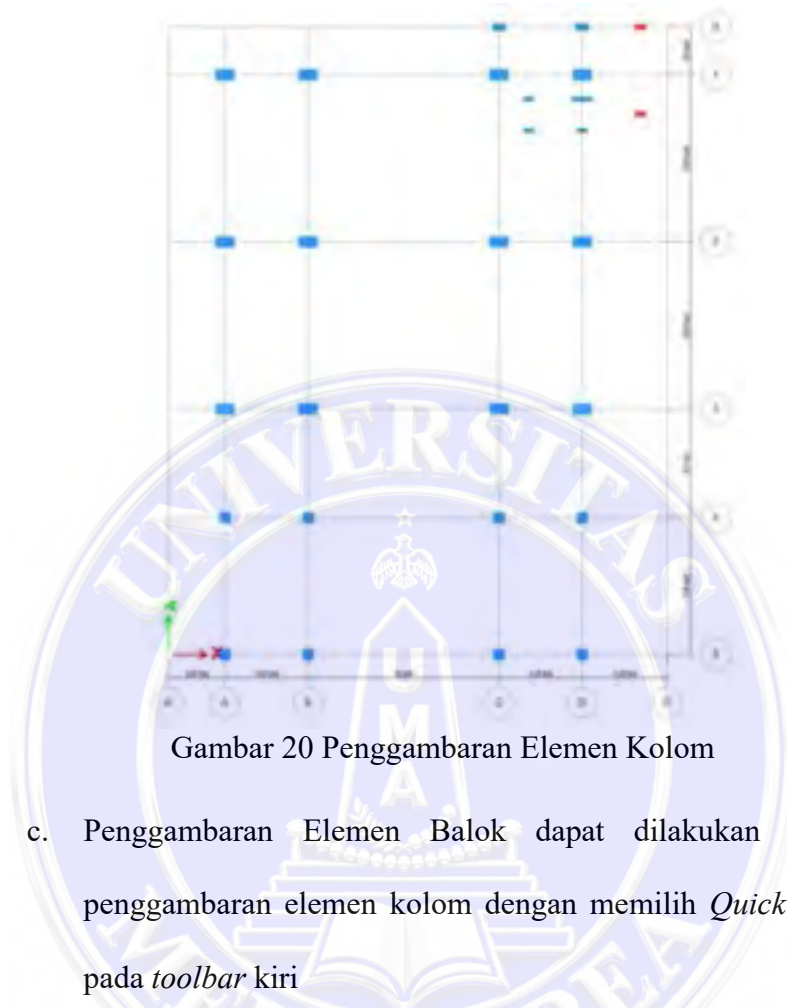
- a. Penggambaran Elemen Kolom dapat dilakukan dengan pilih *Set View* , kemudian pada *toolbar* kiri pilih *Quick Draw Columns*, maka akan muncul *boxes Properties of Object* seperti tampilan dibawah, dipilih *moment releases continuous* karena kolom bersifat monolit dan menerus setinggi bentang.



Gambar 19 *Property Of Object* untuk Kolom

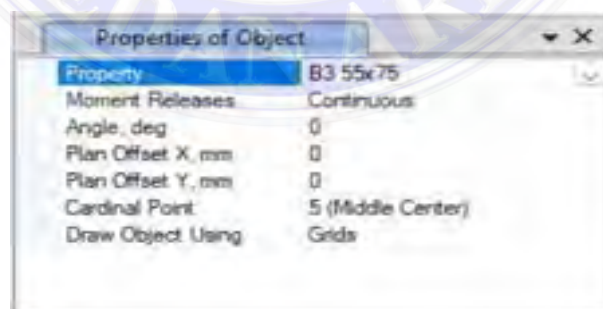
- b. Kemudian klik kolom pada pojok kiri atas *drag* hingga pojok kanan bawah untuk posisi kolom yang akan Digambar, seperti pada gambar

berikut, gunakan *fitur similar story* dan *master story* untuk mempermudah penggambaran kolom yang bervariasi dimensinya.



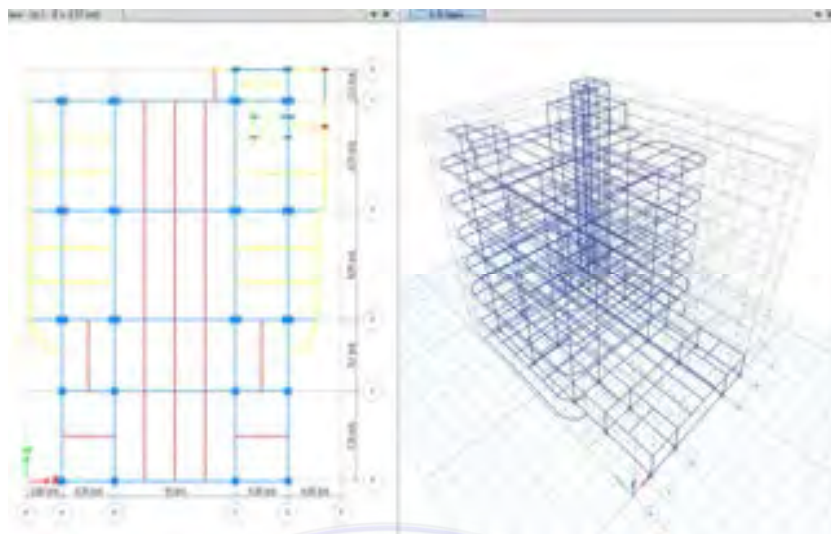
Gambar 20 Penggambaran Elemen Kolom

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



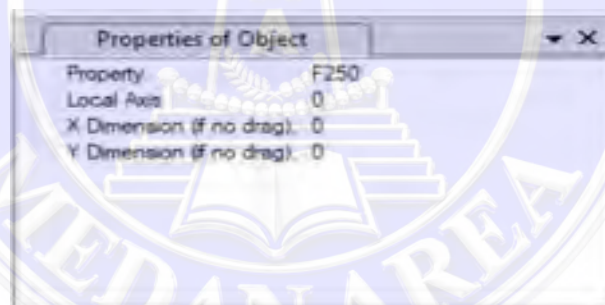
Gambar 21 *Property Of Object* Untuk Balok

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

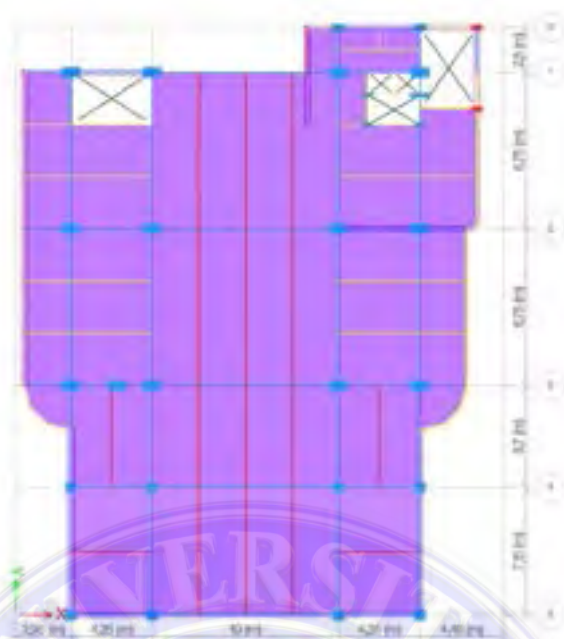


Gambar 22 3D View dan Plan View Untuk Balok

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

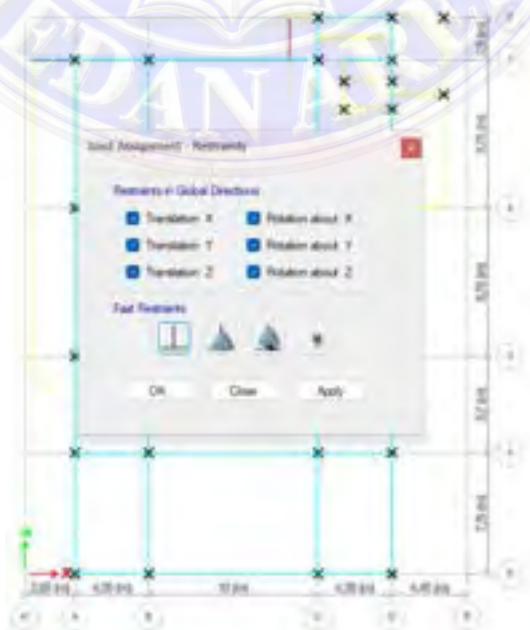


Gambar 23 Property Of Object Untuk Pelat



Gambar 24 Penggambaran Elemen Pelat

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

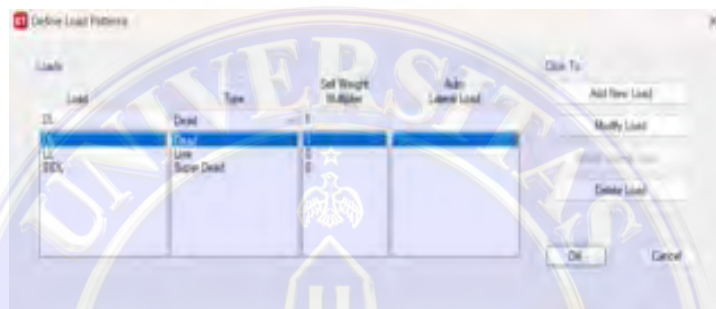


Gambar 25 *Joint Assignment*

6. Pembebanan Pada Elemen Struktur

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

- a. Membuat beban statik yang bekerja pada struktur Pada menu *Define* → *Load Pattern*, isikan beban mati (*DL*), beban mati tambahan (*SIDL*), beban hidup (*LL*), seperti pada Gambar 26.



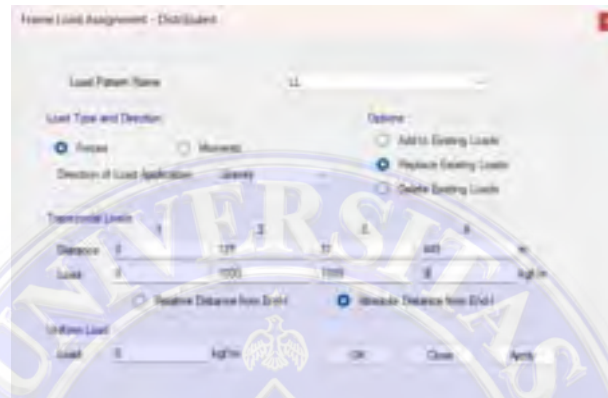
Gambar 26 Define Static Load Pattern

- b. *Input* beban mati pada balok dengan *Select* balok yang ingin diberikan beban, kemudian *Assign* → *Frame Loads* → *Distributed*, pada *Load Pattern* Name isi *DL*, kemudian pada *Trapezoidal Loads Distance* isi Jarak dari beban tersebut dan pada *Load* isi nilai beban pada balok tersebut, seperti pada Gambar 27.



Gambar 27 Input Beban Mati Pada Balok

- c. *Input* beban hidup pada balok dengan *Select* balok yang ingin diberikan beban, kemudian *Assign* → *Frame Loads* → *Distributed*, pada *Load Pattern Name* isi *LL*, kemudian pada *Trapezoidal Loads* *Distance* isi Jarak dari beban tersebut dan pada *Load* isi nilai beban pada balok tersebut, seperti pada Gambar 28.



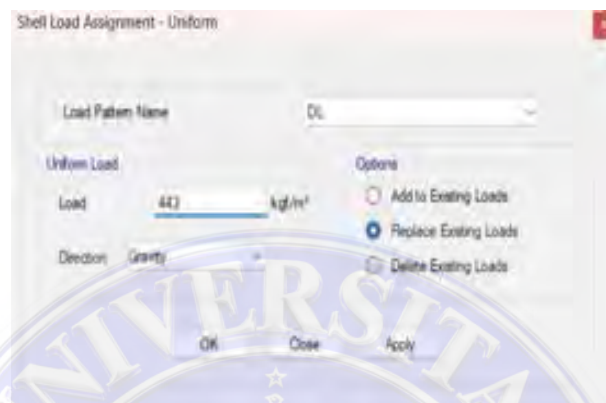
Gambar 28 *Input* Beban Hidup Pada Balok

- d. *Input* beban mati tambahan pada dinding dengan pilih balok pada bangunan mulai dari lantai *Basement* sampai dengan lantai *Atap Lift* dengan klik balok yang menjadi tumpuan dinding, lalu *Assign* → *Frame Loads* → *Distributed*, pada *Load Pattern Name* isi *SIDL*, lalu pada *Uniform Load* isikan nilai beban pada balok tersebut, seperti pada gambar 29



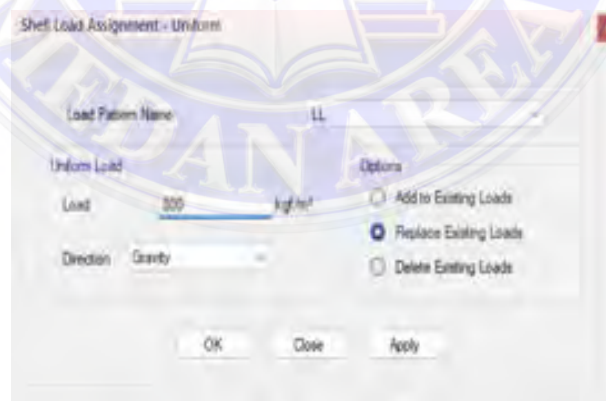
Gambar 29 *Input* Beban Mati Tambahan Pada Balok

- e. *Input* beban mati pada pelat dengan *Select* pelat yang ingin diberikan beban, kemudian *Assign* → *Shell Loads* → *Uniform*, pada *Load Pattern Name* isi *DL*, kemudian pada *Uniform Load* isikan nilai beban pada pelat tersebut, seperti pada Gambar 30.



Gambar 30 *Input* Beban Mati Pada Pelat

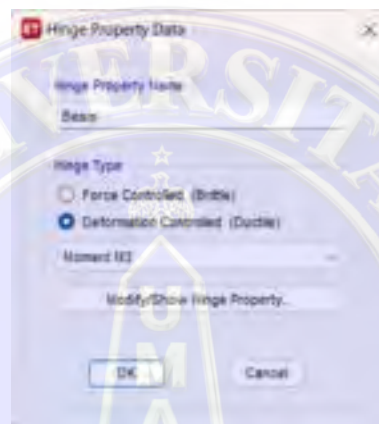
- f. *Input* beban hidup pada pelat dengan *Select* pelat yang ingin diberikan beban, kemudian *Assign* → *Shell Loads* → *Uniform*, pada *Load Pattern Name* isi *LL*, kemudian pada *Uniform Load* isikan nilai beban pada pelat tersebut, seperti pada Gambar 31.



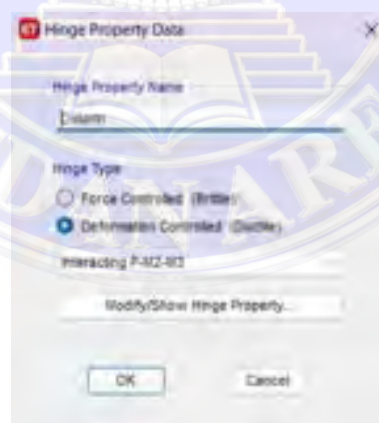
Gambar 31 *Input* Beban Hidup Pada Pelat

7. Pendefinisian *Hinges*

Tahapan selanjutnya membuat properti sendi plastis sesuai standar ATC-40. Pada ETABS, hal ini dilakukan melalui menu *Define* → *Section Properties* → *Frame/Wall Nonlinear Hinges*, *Add New* isi *Beam* pada *Property Name* dan *Hinges Type M3* untuk balok, kemudian *Add Copy Of Property*, isi *Column* pada *Property Name* dan *Hinges Type P-M2-M3* untuk kolom. Seperti Pada Gambar 32 dan 33.



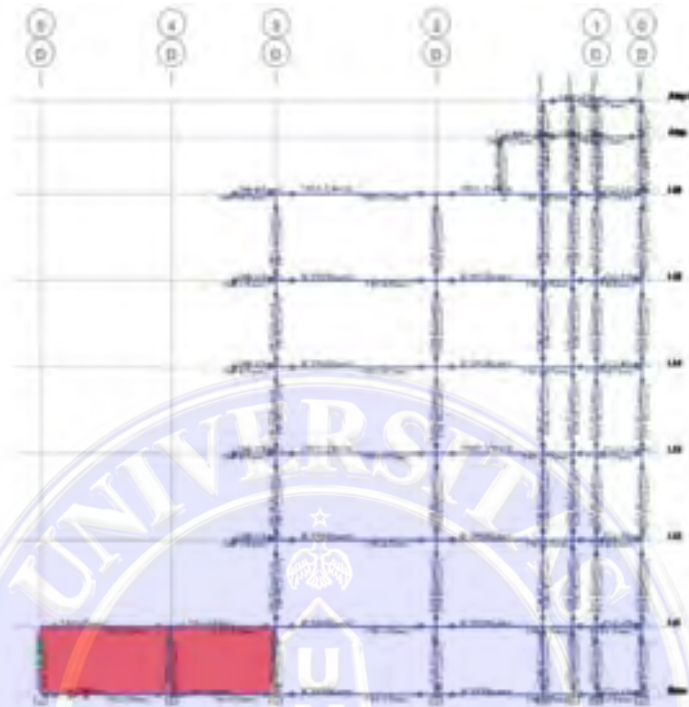
Gambar 32 *Hinges Property* Balok



Gambar 33 *Hinges Property* Kolom (ETABS V18, 2025)

Setelah properti *hinges* dibuat, tahap selanjutnya adalah mengaplikasikan sendi plastis pada elemen balok dan kolom sesuai lokasi kritis, langkah-langkah pendefinisian *Hinges* : *Select* → *Properties* → *Frame Section* → Pilih Balok, selanjutnya *Assign* → *Frame* → *Hinges* → isi 0,1 dan 0,9

yang akan membagi tumpuan dan lapangan, kemudian Ok. Langkah yang sama untuk kolom, seperti gambar 34.

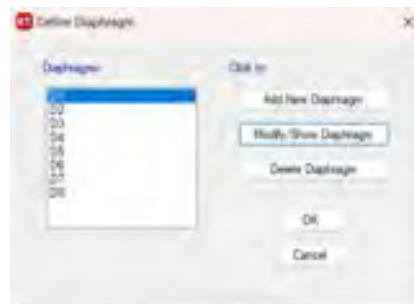


Gambar 34 Pendefinisian Hinges Kolom dan Balok

8. Pemberian *Diaphragms*

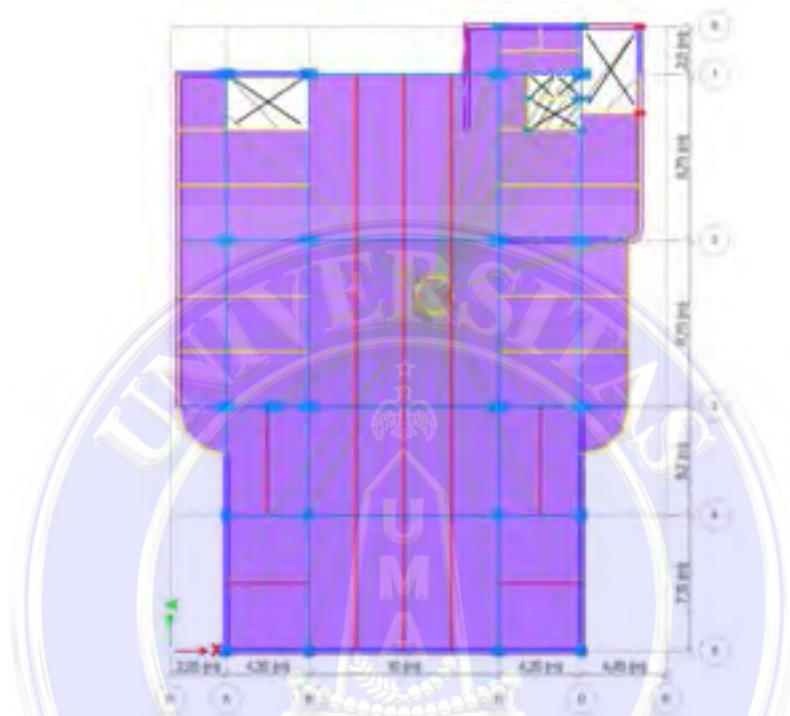
Pelat dianggap sebagai *diaphragms* kaku untuk memberikan sifat yang monolit kepada pelat agar saat gedung diberi beban lateral, elemen pelat, balok dan kolom bergerak secara bersamaan.

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



Gambar 35 *Diaphragms*

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



Gambar 36 *Input Diaphragms*

9. Pembebanan *Lateral*

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

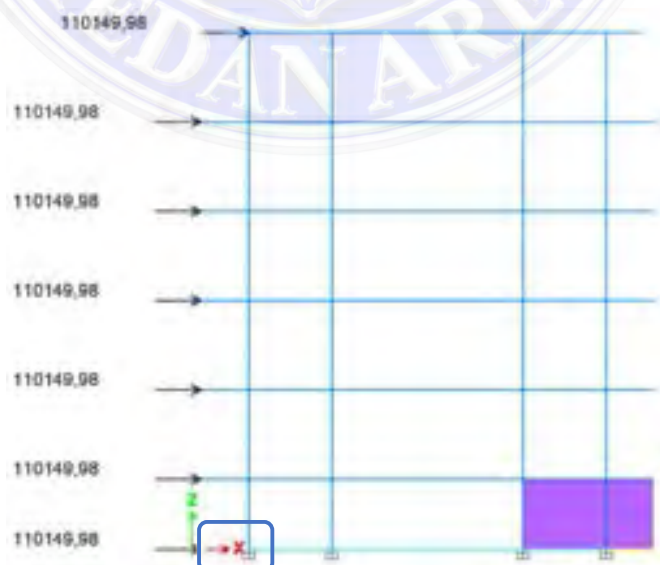
- a. Proses dilakukan dengan masuk ke menu *Define → Load Pattern → Klik Add New Load*, lalu beri nama *Lateral-X* untuk arah X dan *Lateral-Y* untuk arah Y, pada kolom *Load Type*, pilih opsi *Other*.



Gambar 37 *Define Load Pattern Lateral X dan Y*

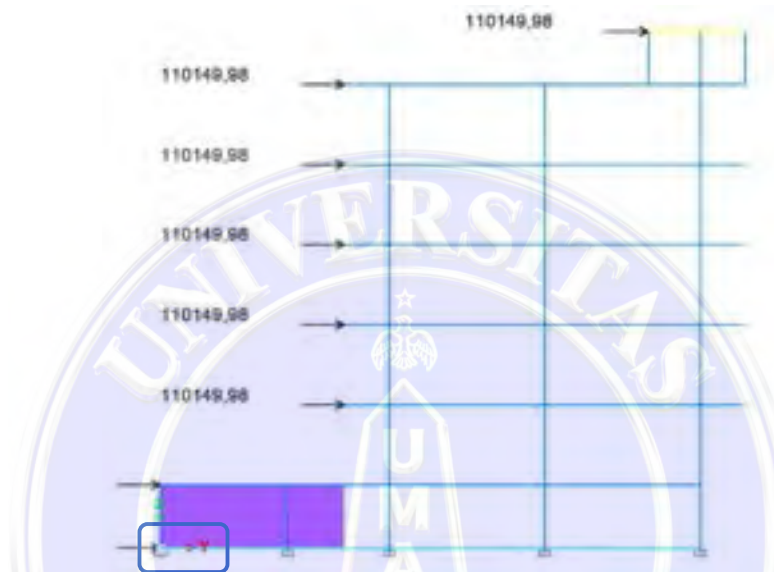
- b. Setelah *Load Pattern Lateral-X* dan *Lateral-Y* didefinisikan, tahap berikutnya adalah mengaplikasikan beban *lateral* ke model struktur. Tujuannya agar setiap lantai menerima distribusi beban dorong sesuai pusat massa (CM) dan berat lantai masing-masing. Langkah-langkah pengaplikasiannya sebagai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

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



Gambar 38 *Input Lateral Load Arah-X*

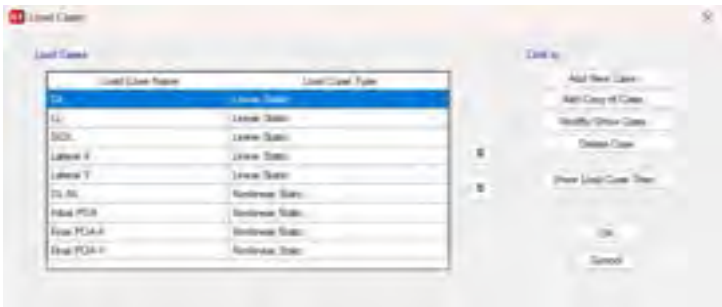
Mengaplikasikan Beban *Lateral* Arah-Y, pilih *node* struktur bagian terluar yang akan di dorong kearah Y, masuk ke menu *Assign* → *Joint Loads* → *Force*, pilih *Load Pattern Lateral-Y*, masukkan nilai beban *Lateral* sesuai distribusi beban gempa (proporsional terhadap berat lantai). Terapkan pada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



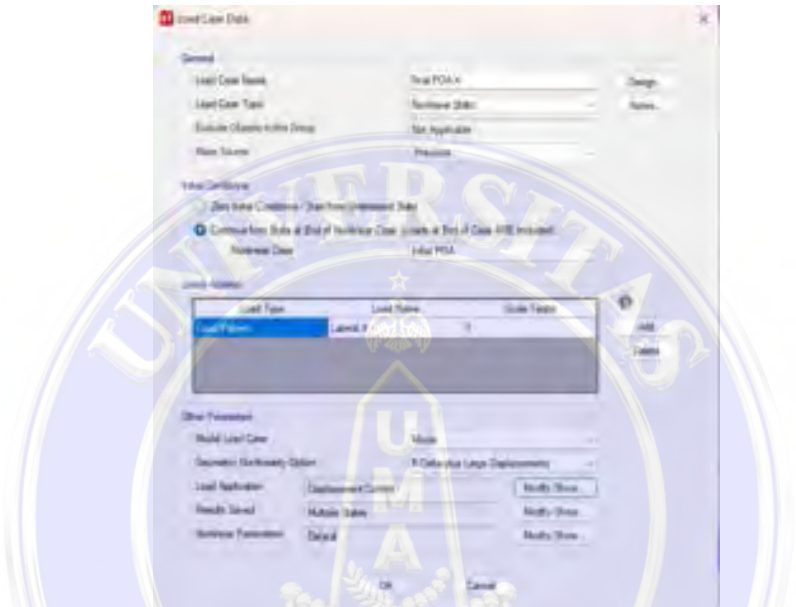
Gambar 39 *Input Lateral Load Arah-Y*

10. *Setting Pushover Analysis*

Tahapan terakhir adalah mendefinisikan *Load Cases pushover*. Pada menu *Define* → *Load Cases*, dibuat dua kasus analisis yaitu *Pushover-X* dan *Pushover-Y* dengan pengaturan sebagai berikut: jenis *analisis Nonlinear Static (Pushover)*, *Control displacement* diambil pada *node* atap (*roof level*), pola beban: POA-X dan POA-Y, target *displacement* ditentukan berdasarkan ATC-40 atau acuan SNI 1726:2019. Seperti pada gambar 40,41 dan 42



Gambar 40 Define Static Load Cases



Gambar 41 Setting Final Pushover Arah-X

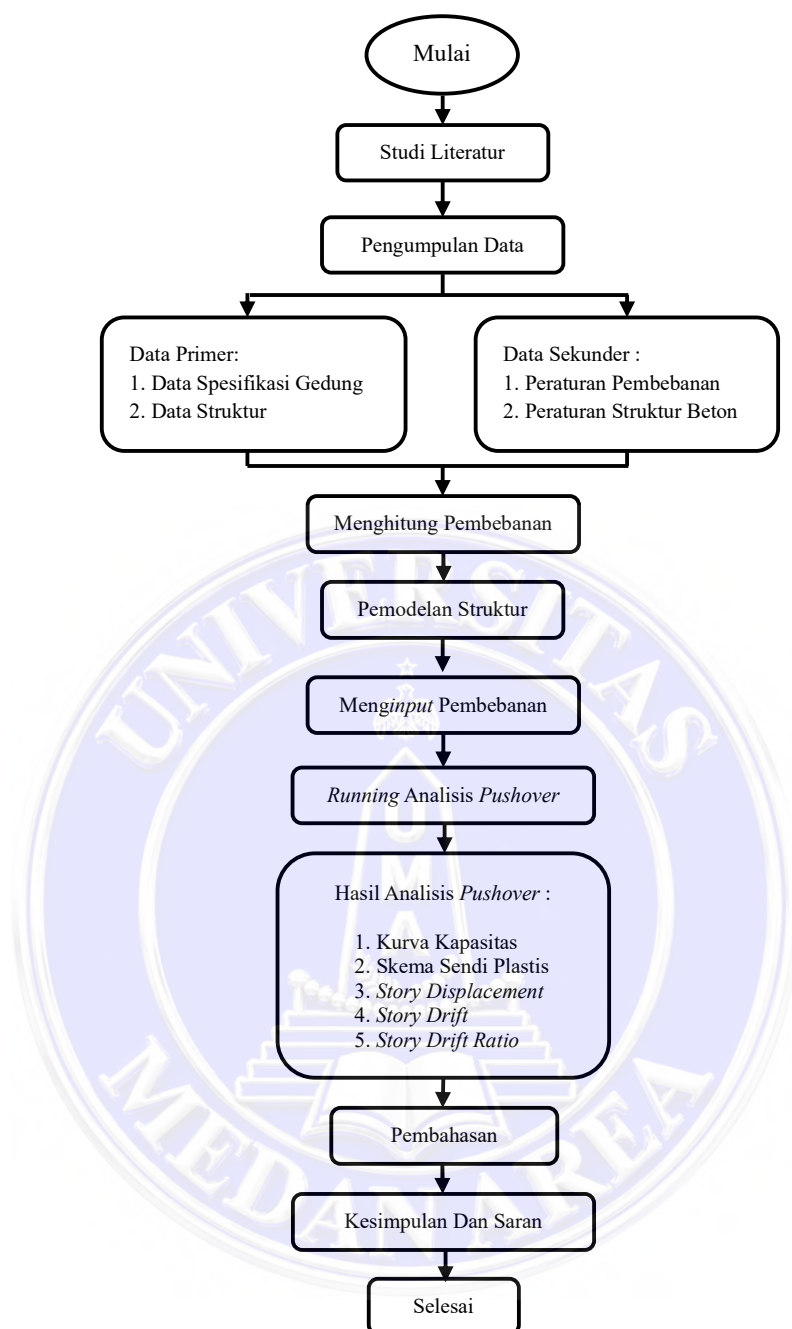


Gambar 42 Setting Final Pushover Arah-Y

3.6 Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir penelitian ini diawali dengan pengumpulan data struktur gedung *showroom* dan kantor yang meliputi dimensi elemen struktur, mutu material, serta data pembebanan yang terdiri dari beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Data tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak ETABS sehingga diperoleh model struktur yang merepresentasikan kondisi bangunan yang diteliti. Setelah pemodelan selesai, dilakukan penerapan pembebanan sesuai dengan ketentuan perencanaan struktur yang berlaku.

Tahap selanjutnya adalah melakukan analisis statik nonlinier menggunakan metode *pushover* untuk mengetahui respons dan kapasitas struktur terhadap beban gempa. Hasil analisis menghasilkan parameter kinerja struktur berupa kurva *kapasitas, base shear, story displacement, story drift, dan story drift ratio*. Parameter tersebut kemudian dievaluasi berdasarkan kriteria tingkat kinerja bangunan menurut pedoman ATC-40 sehingga dapat ditentukan tingkat kinerja struktur serta kemampuan bangunan dalam mempertahankan stabilitas dan keamanan ketika mengalami gempa, dapat dilihat pada gambar 43.



Gambar 43 Diagram Alur Penelitian

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis statik nonlinier (pushover), dapat disimpulkan bahwa perilaku struktur gedung showroom dan kantor terhadap pembebanan gempa menunjukkan respons yang baik dan terkendali. Penilaian kapasitas struktur yang ditinjau melalui kurva pushover memperlihatkan bahwa struktur masih memiliki kemampuan menahan gaya gempa sebelum mencapai kondisi batas kinerja. Evaluasi respons struktur berdasarkan story displacement, story drift, dan story drift ratio menunjukkan bahwa nilai deformasi antar lantai masih berada dalam batas yang diizinkan sesuai ketentuan SNI 1726:2019 dan pedoman ATC-40. Berdasarkan parameter tersebut, tingkat kinerja struktur gedung showroom dan kantor berada pada kategori *Immediate Occupancy (IO)*, yang menandakan bahwa bangunan mampu mempertahankan fungsi strukturalnya dengan kerusakan minimal saat terjadi gempa rencana.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian Evaluasi Dinamik Gempa Pada Struktur Gedung Bertingkat dengan metode *pushover* menggunakan *software* ETABS terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan.

1. Meskipun struktur telah memenuhi persyaratan kinerja seismik dengan kategori *Immediate Occupancy*, arah Y tetap perlu diperhatikan karena menunjukkan *deformasi* yang lebih besar dibanding arah X. *Monitoring* secara berkala terhadap arah ini penting dilakukan untuk memastikan kinerja struktur tetap terjaga.

2. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan variasi beban gempa, termasuk pengaruh gempa dengan intensitas lebih tinggi, untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif terkait kapasitas maksimum struktur.
3. Selain analisis statik *nonlinier pushover*, penelitian lanjutan dapat menggunakan analisis dinamik *nonlinier time history*, sehingga diperoleh gambaran respons struktur yang lebih detail terhadap riwayat gempa aktual.



DAFTAR PUSTAKA

- Adhitama, Y. A., & Supriyadi, B. (2021). *EVALUASI SEISMIC GEDUNG BERTINGKAT EKSISTING MENGGUNAKAN PROSEDUR ASCE 41-17*. 1–10.
- Angglena, M., & Pandey, F. (2025). Pemetaan Zona Rawan Gempa Berdasarkan Jejak Historis Gempa dan Kerusakan Infrastruktur. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 5, 204–213.
- Aranta, S. D., Irawati, I. S., Teknik, D., Mada, U. G., & Yogyakarta, J. G. (2025). RUMAH SAKIT DENGAN METODE PUSHOVER Structure Performance Evaluation of the Design of a Hospital Building Using the Pushover Method. *Aranta, Seto Ditosurya Irawati, Inggar Septhia Teknik, Departemen Mada, Universitas Gadjah Yogyakarta, Jalan Grafika*, 20.
- ATC-40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume I. California: Seismic Safety Commission of California*.
- Aurora, R. A., Sundari, T., Yulianto, T., & Nugroho, M. W. (2024). ANALISIS BEBAN GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG LOBBY BARAT RSUD dr. ISKAK TULUNGAGUNG MENGGUNAKAN METODE DINAMIK RESPONSPEKTRUM. *Jurnal Ilmiah REAKTIP*, 04(01), 78–85.
- Hariadi, S. K., Wahiddin, & Sugiharti. (2022). Analisis Pengaruh Pengekang (Bracing) Sebagai Elemen Penahan Gempa Terhadap Kekakuan Lateral Struktur Gedung Sepuluh Lantai. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 3(3), 30–35. <https://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jos-mrk/article/view/1030>
- Hartono, D., Khoirudin Apriyadi, R., Winugroho, T., Aprilyanto, A., Hadi Sumantri, S., Wilopo, W., & Surya Islami, H. (2021). Analisis Sejarah, Dampak, Dan Penanggulangan Bencana Gempa Bumi Pada Saat Pandemi Covid-19 Di Sulawesi Barat. *PENDIPA Journal of Science Education*, 5(2), 218–224. <https://doi.org/10.33369/pendipa.5.2.218-224>
- Minabari, M. Q., Pandaleke, R. E., & Wallah, S. E. (2024). Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Hotel 6 Lantai Dengan Denah Berbentuk “L.” *Tekno*, 22(87), 22–30.
- Mochammad Rizal Fadhillah. (2020). Metode Analisis Perhitungan Struktur Bangunan Tahan Gempa (Studi Kasus Gedung E, F Universitas Muhammadiyah Sukabumi). *Jurnal Student Teknik Sipil*, 2(3), 176–182.
- Moeloek, H. A., & Firdha, R. A. (2021). *Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Terhadap Beban Gempa Dengan Metode Pushover Analysis (Studi Kasus : Gedung Rawat Inap Non – Bedah Rumah Sakit Umum Daerah*. 9(4), 829–839.

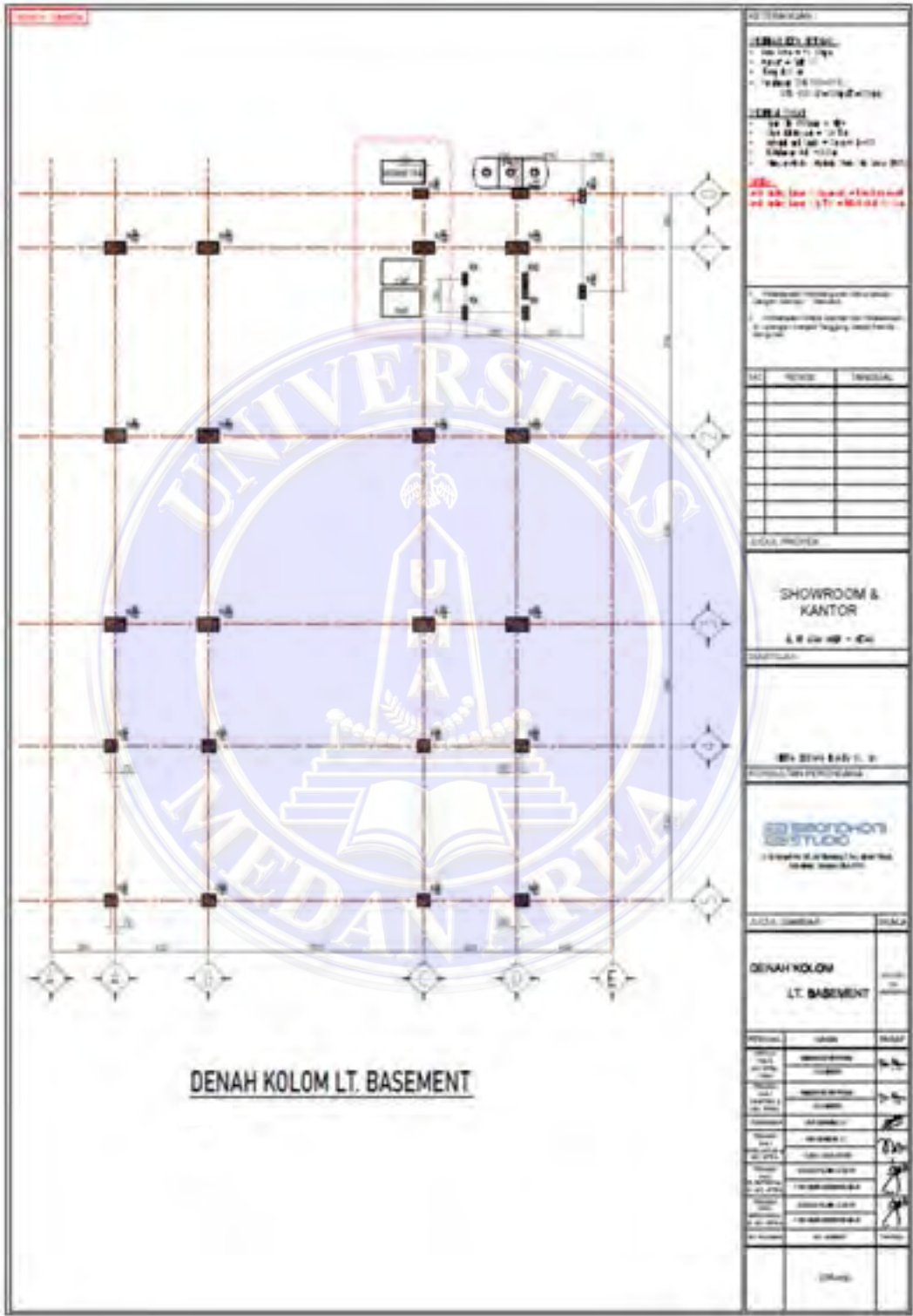
- Mustofa, R. A., Bayzoni, B., Husni, H. R., & Isneini, M. (2024). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Metode Analisis Pushover (Studi Kasus: Gedung 6 Rumah Sakit Pendidikan Perguruan Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung). *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 12(1), 27–38. <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v12i1.4316>
- Nastri, E. (2025). *Performance-Based Seismic Design*. 4–9.
- Nugroho, F., & Andrano, R. (2025). *Analisis pushover gedung blok b pasar sawahlunto*. 3(1), 23–34.
- Pangestu, B. R., Suksmono, A. K., & Wibowo, M. A. (2024). Evaluasi Performa Struktural Gedung Fakultas Mipa Universitas Jenderal Soedirman Terhadap Gempa Dengan Metode Analisis Pushover. *CIVeng: Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 5(2), 73. <https://doi.org/10.30595/civeng.v5i2.21735>
- Prabowo, D., & Lubis, L. H. (2023). *Analisis Potensi Likuefaksi Dengan Global Geospasial Model (GGM) di Kecamatan Medan Belawan*. 06(April).
- Prasetio, A., Effendi, M. M., & Dwi M, M. N. (2023). Analisis Gempa Bumi Di Indonesia Dengan Metode Clustering. *Bulletin of Information Technology (BIT)*, 4(3), 338–343. <https://doi.org/10.47065/bit.v4i3.820>
- Rizki, Fatkur, P. P. (2021). Analisis Kinerja Struktur Pada Konstruksi Baja dan Konstruksi Beton Bertulang Dengan Analisa Pushover Statik Non-Linear Menggunakan Software ETABS (Studi Kasus : Hotel Santika, Batam). *Journal of Civil Engineering and Planning*, 2(1), 64–76. <https://doi.org/10.37253/jcep.v2i1.729>
- Siswanto, S., & Prijasambada, P. (2022). Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Metode Pushover. *IKRAITH-Teknologi*, 7(1), 46–52. <https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v7i1.2319>
- SNI 1726-2019. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sundari, T., Nugroho, M. W., Ramadhani, R., Sipil, J. T., Teknik, F., & Hasyim, U. (2023). *Evaluasi Kinerja Struktur Tahan Gempa Dengan Metode Pushover Analysis Pada Gedung RS . Muhammadiyah Siti Khodijah Gurah - Kediri*. 1(2).
- Syahira, M. S., & Jamal, A. U. (2023). 32. Naskah Revisi_Maritza Syifa Syahira _Atika Ulfah Jamal_Makalah_5th-CEReForm. *Proceeding Civil Engineering Research Forum*, 3(1), 40–51.
- Usman, A. P., & Mutmainna, S. P. (2021). *Analisis Respons dan Kinerja Struktur Bangunan Gedung Menggunakan Pushover Analysis*.

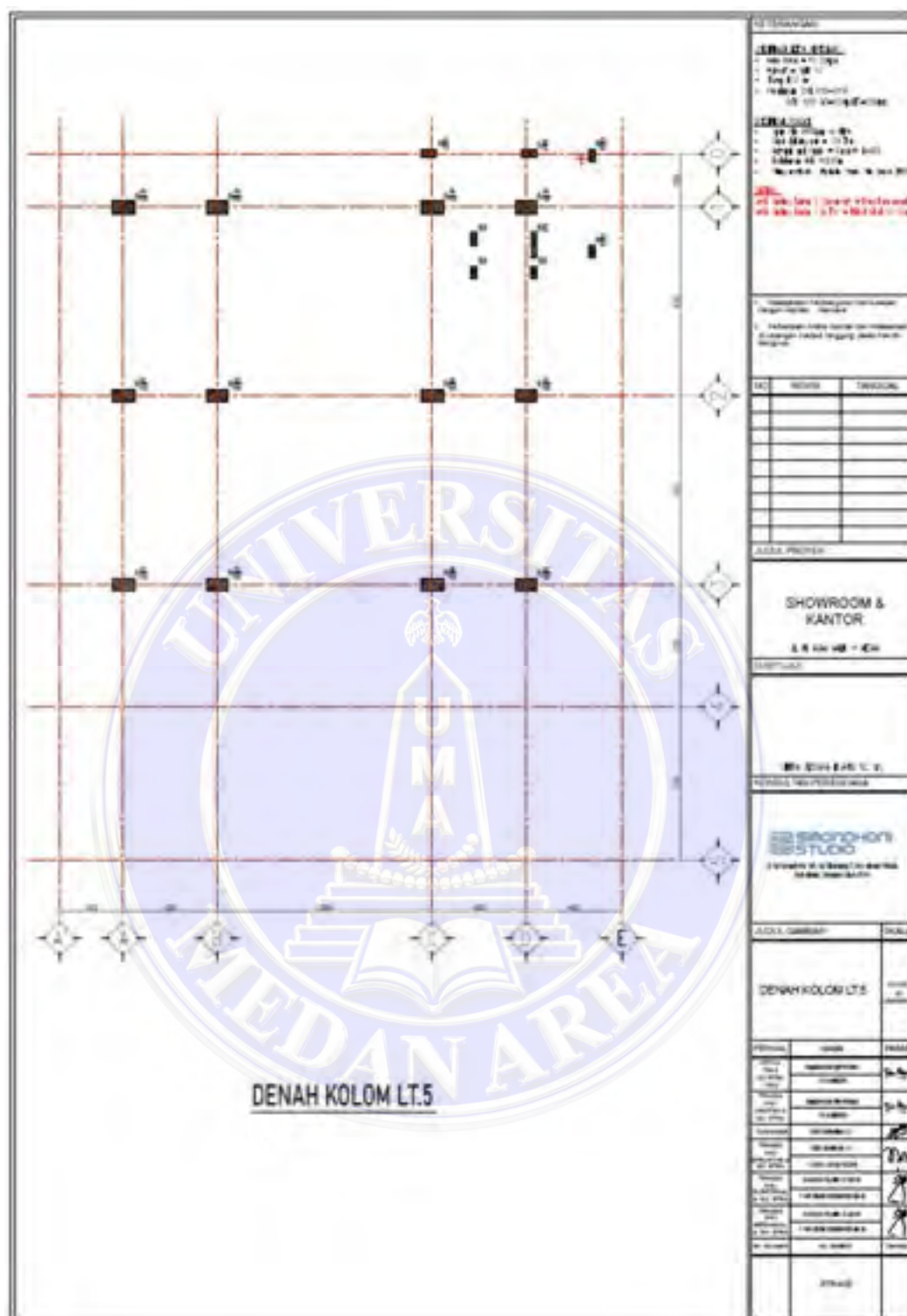
Widyawati, A. (2023). Analisis Kestabilan Struktur Bangunan Tinggi dalam
Arsitektur Modern. *Coursework.Uma.Ac.Id*, 1–11.

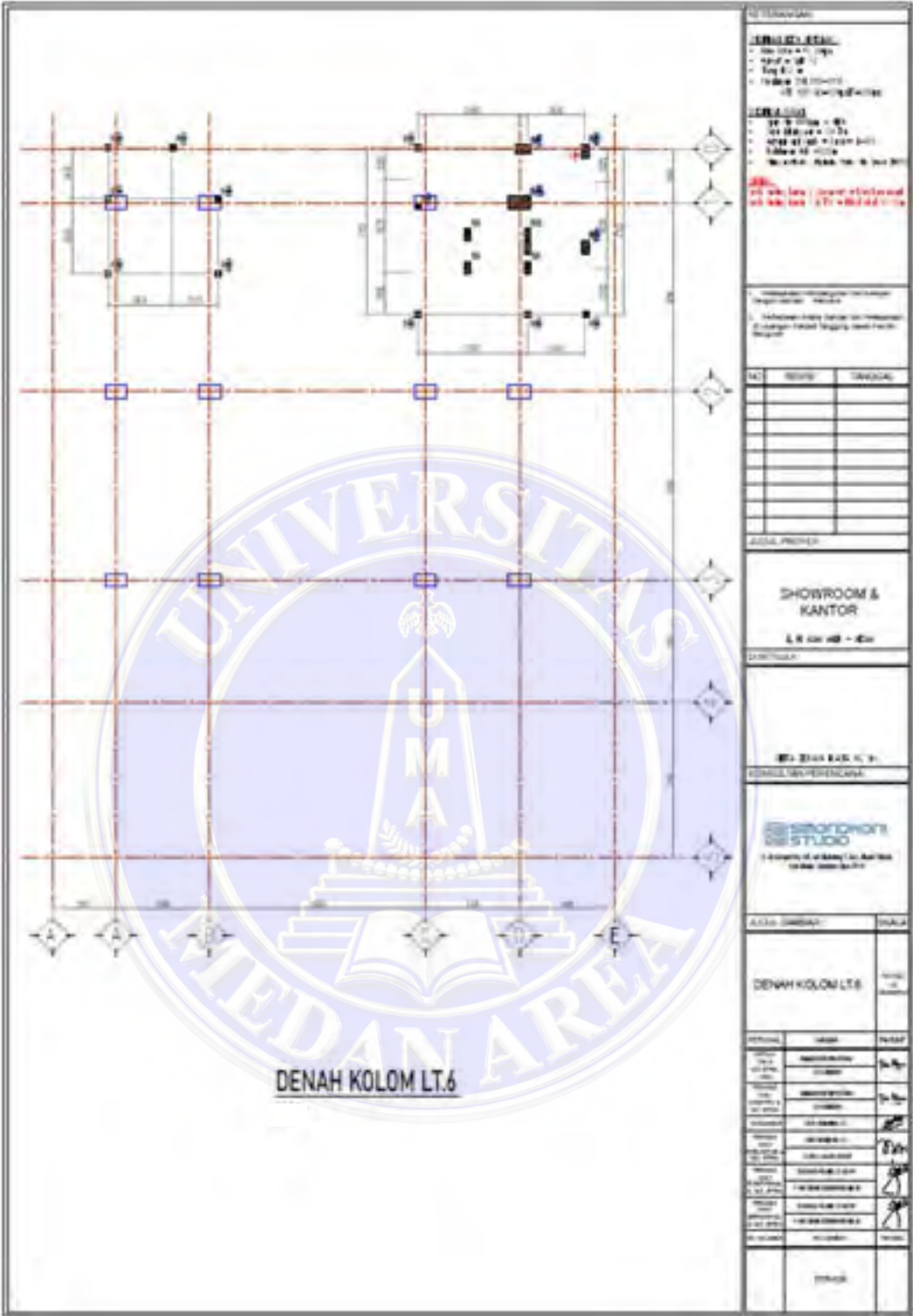


LAMPIRAN

Lampiran 1 (Kolom)



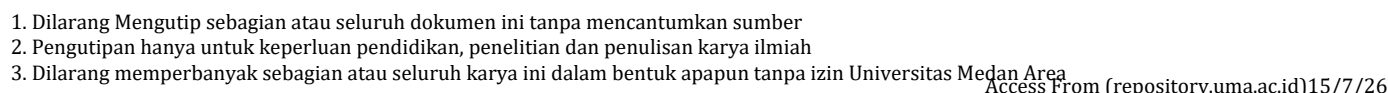


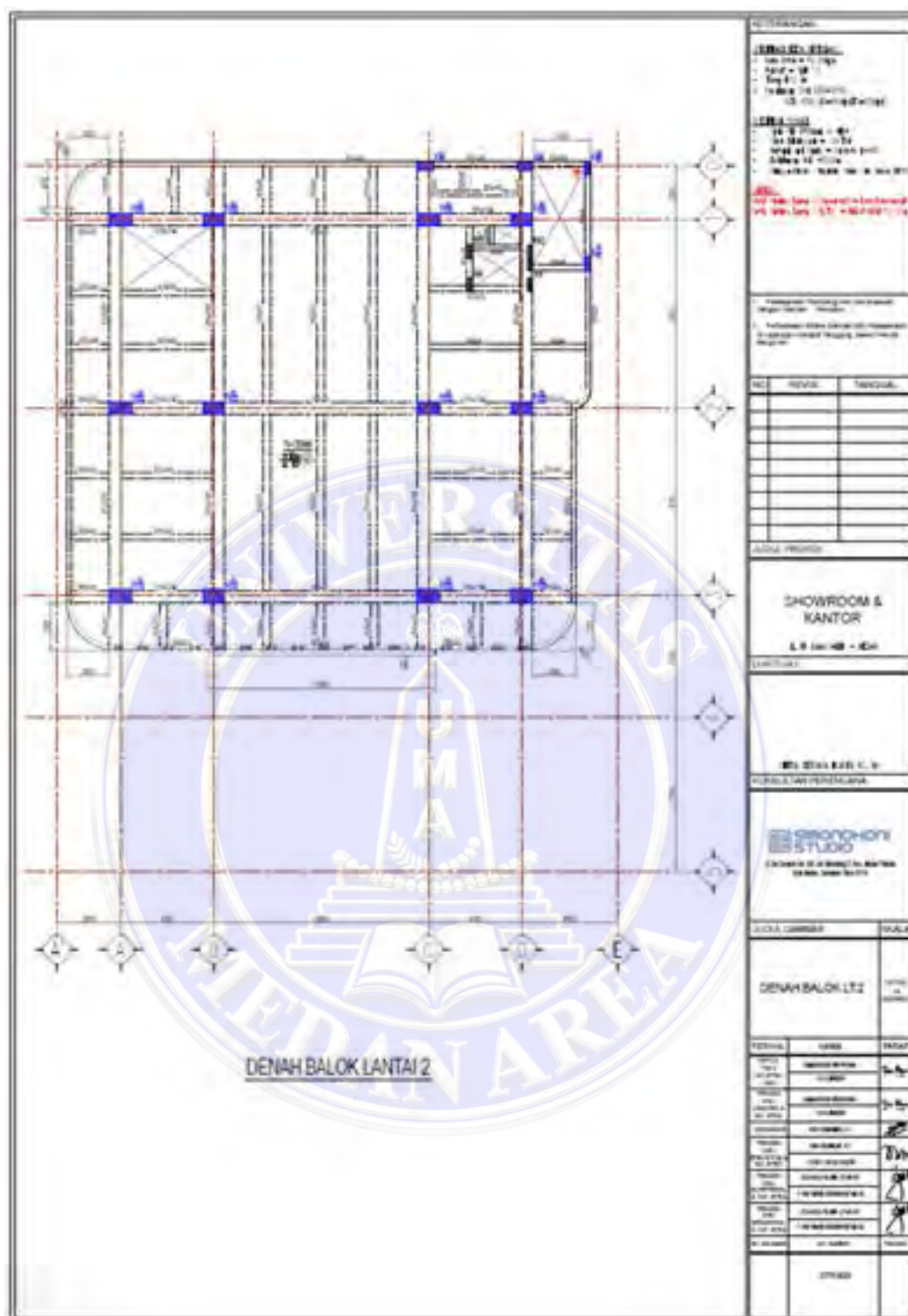


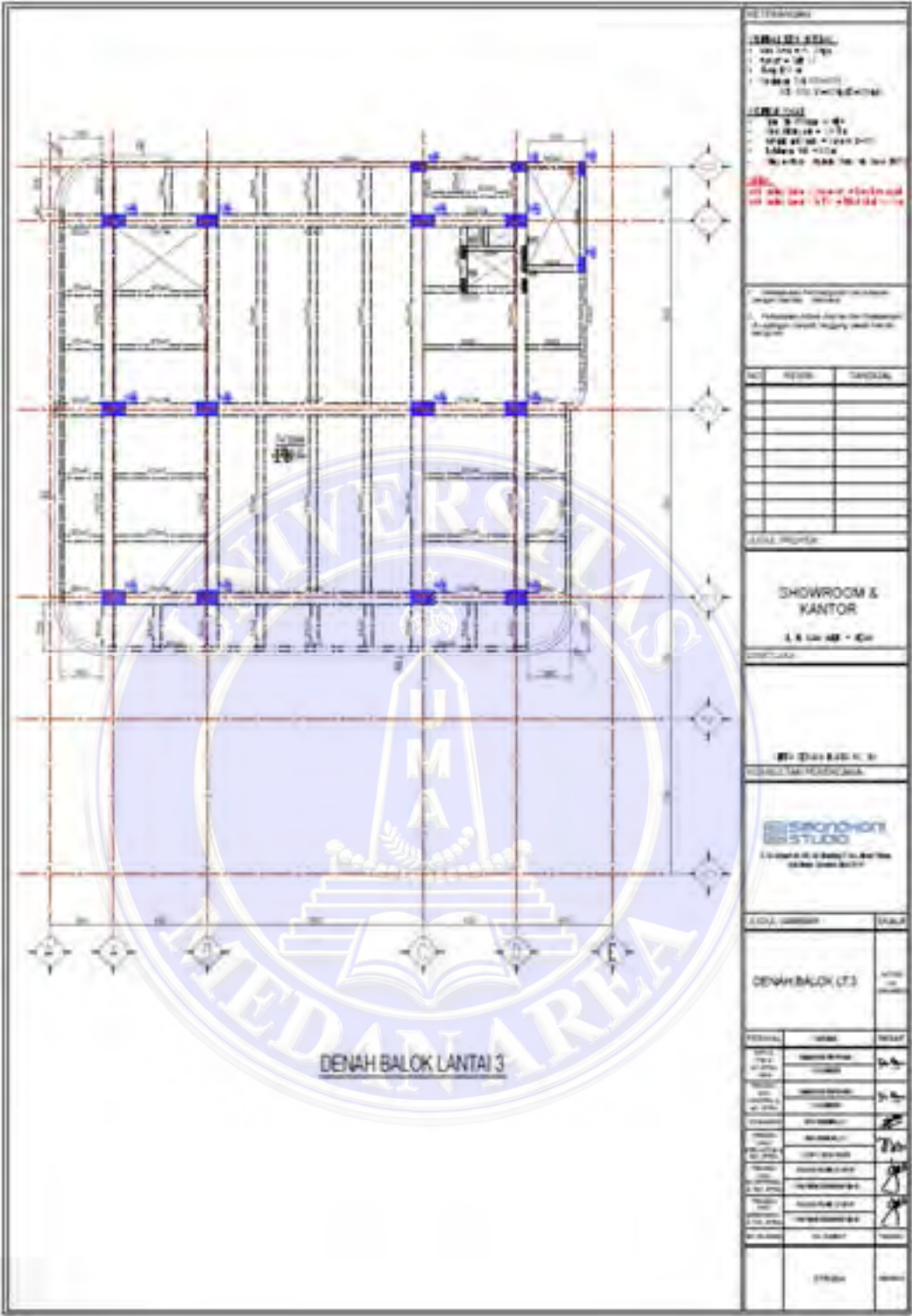
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

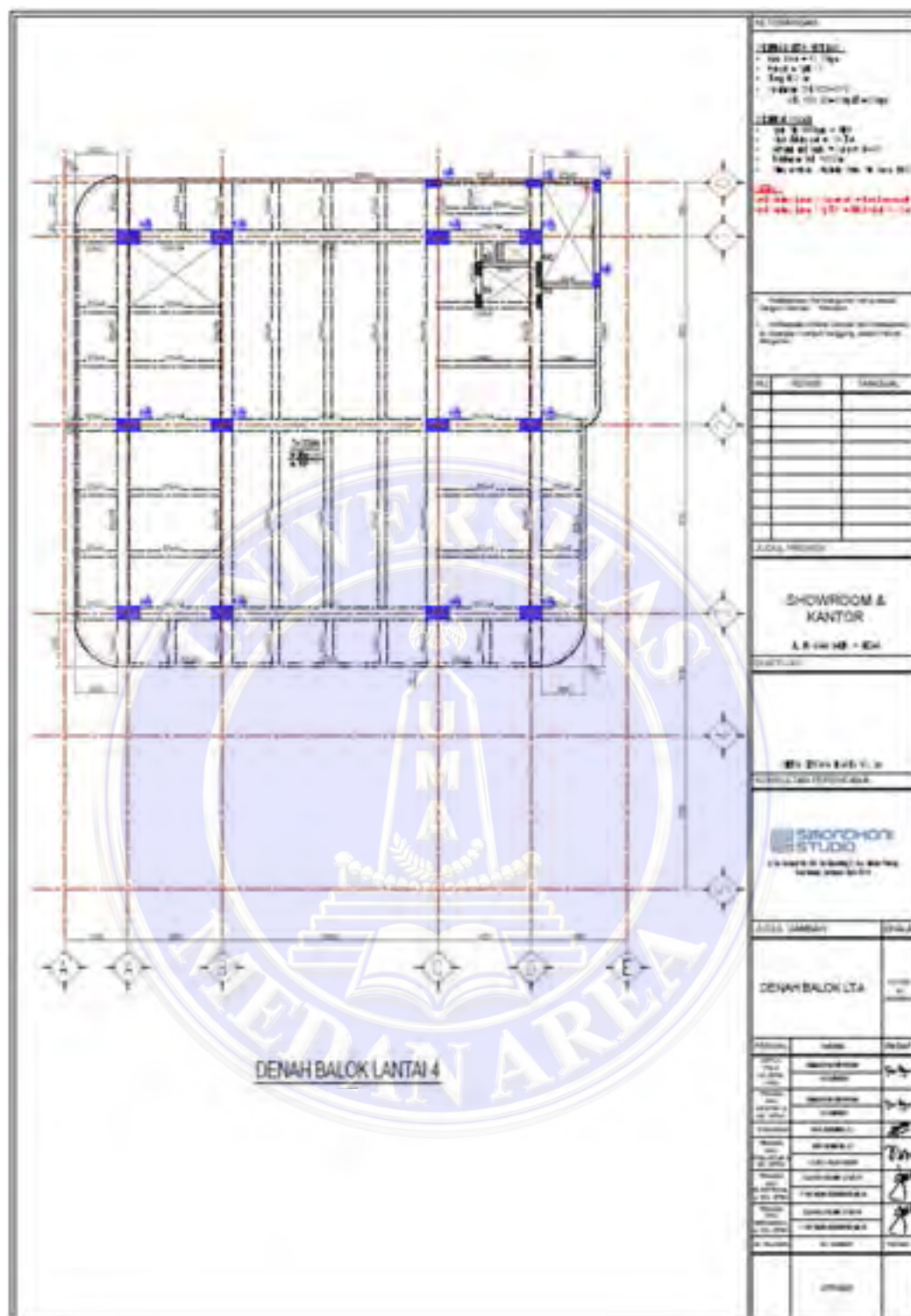
Access From (repository.uma.ac.id) 15/7/26

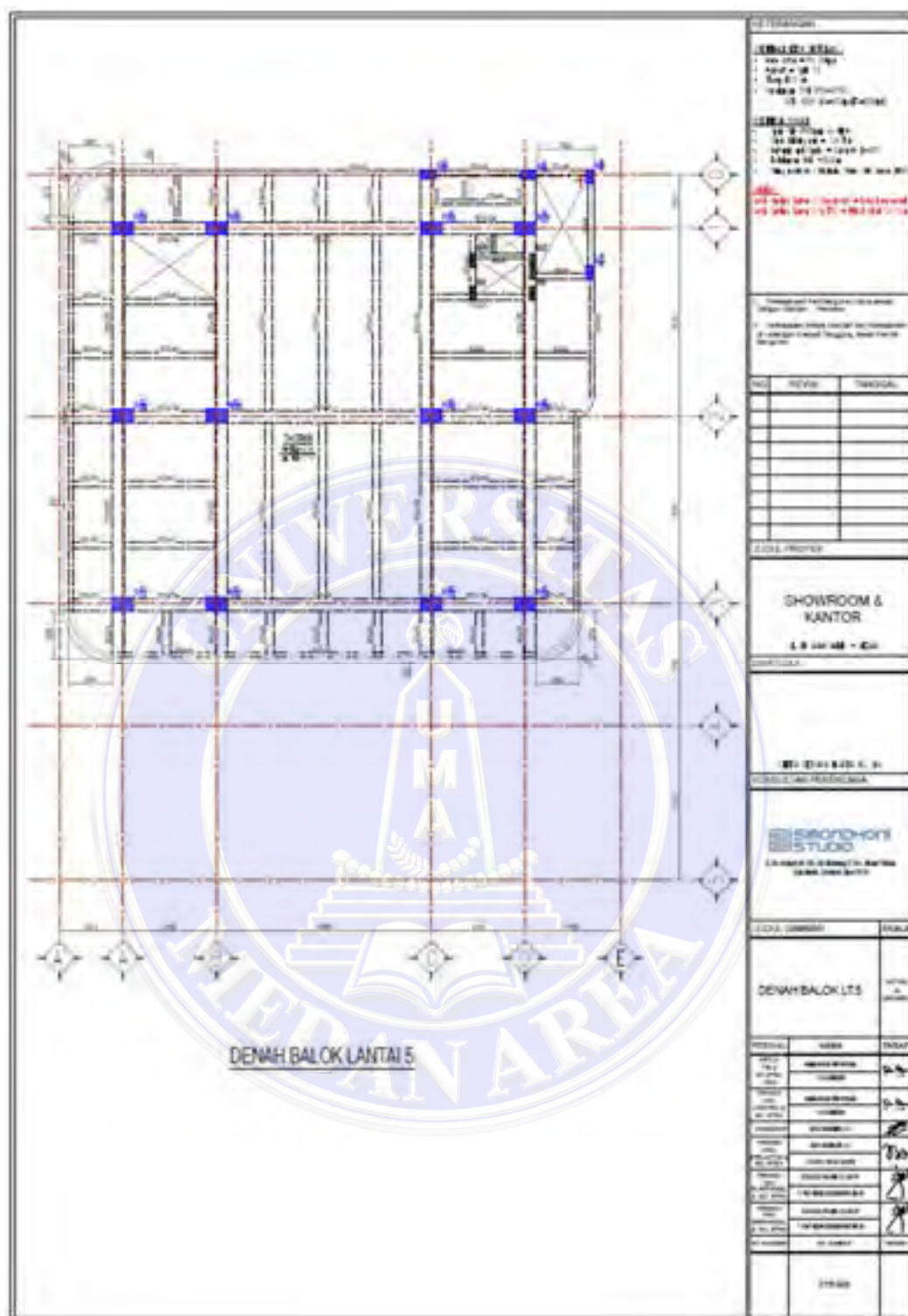
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

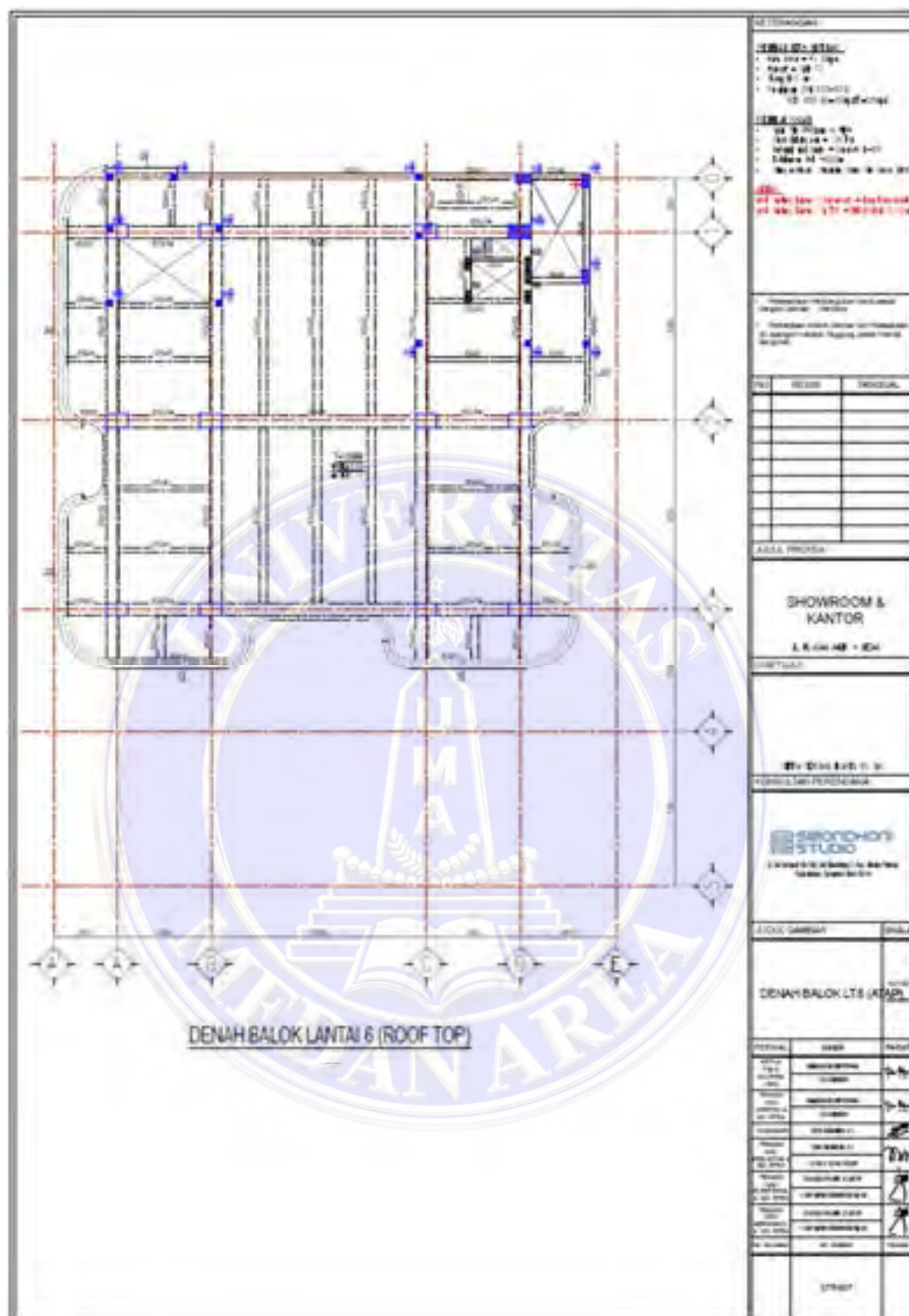


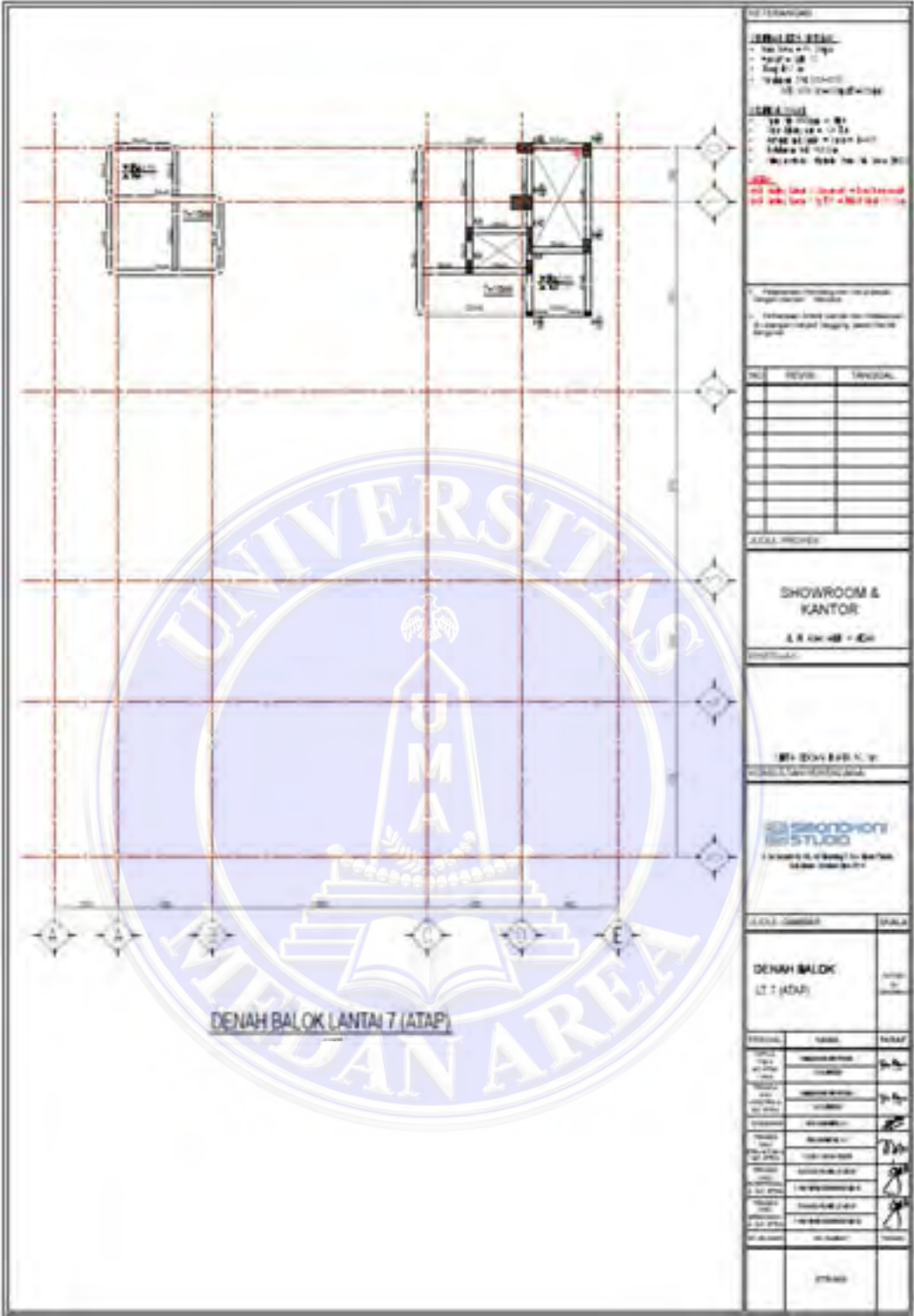


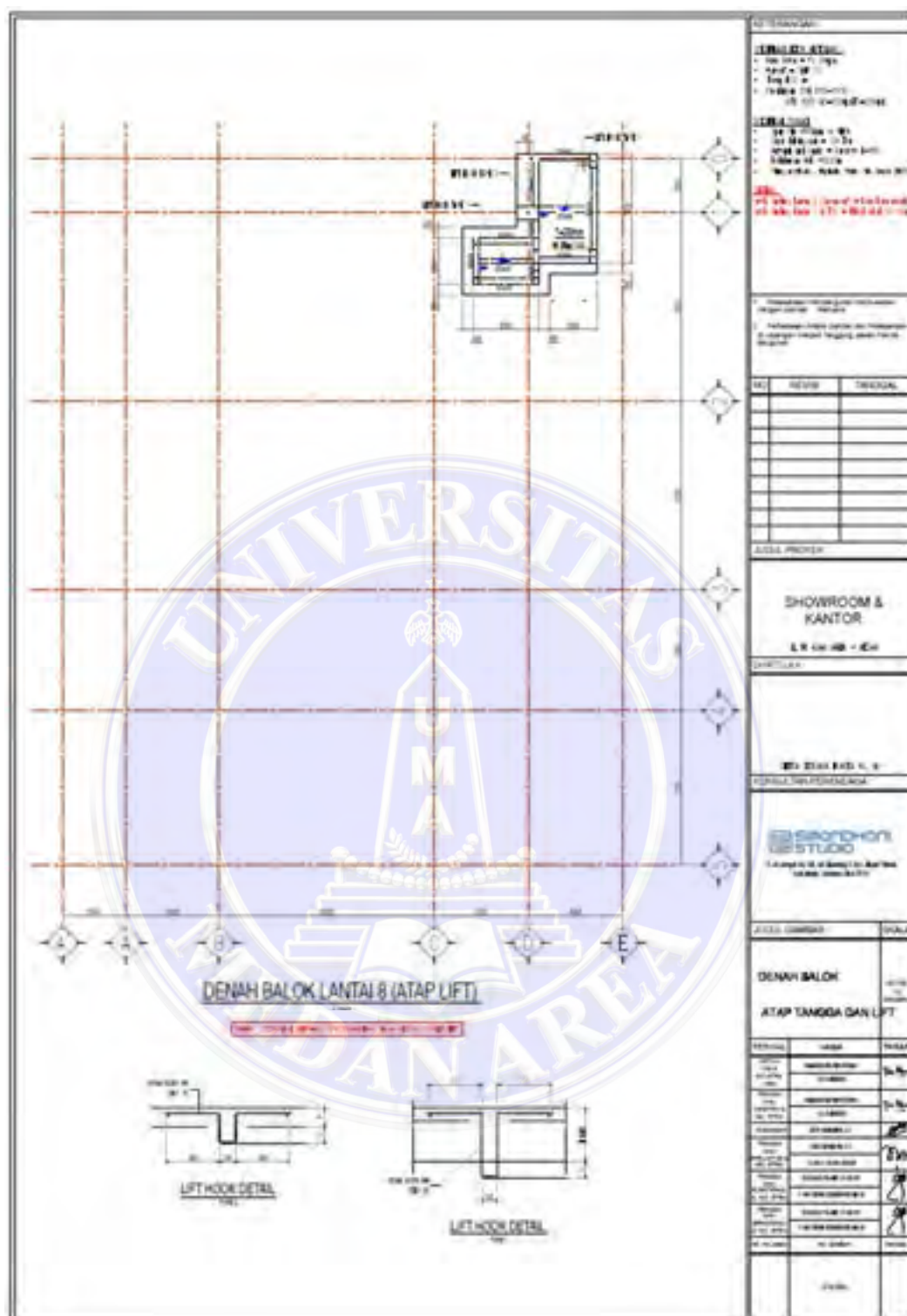


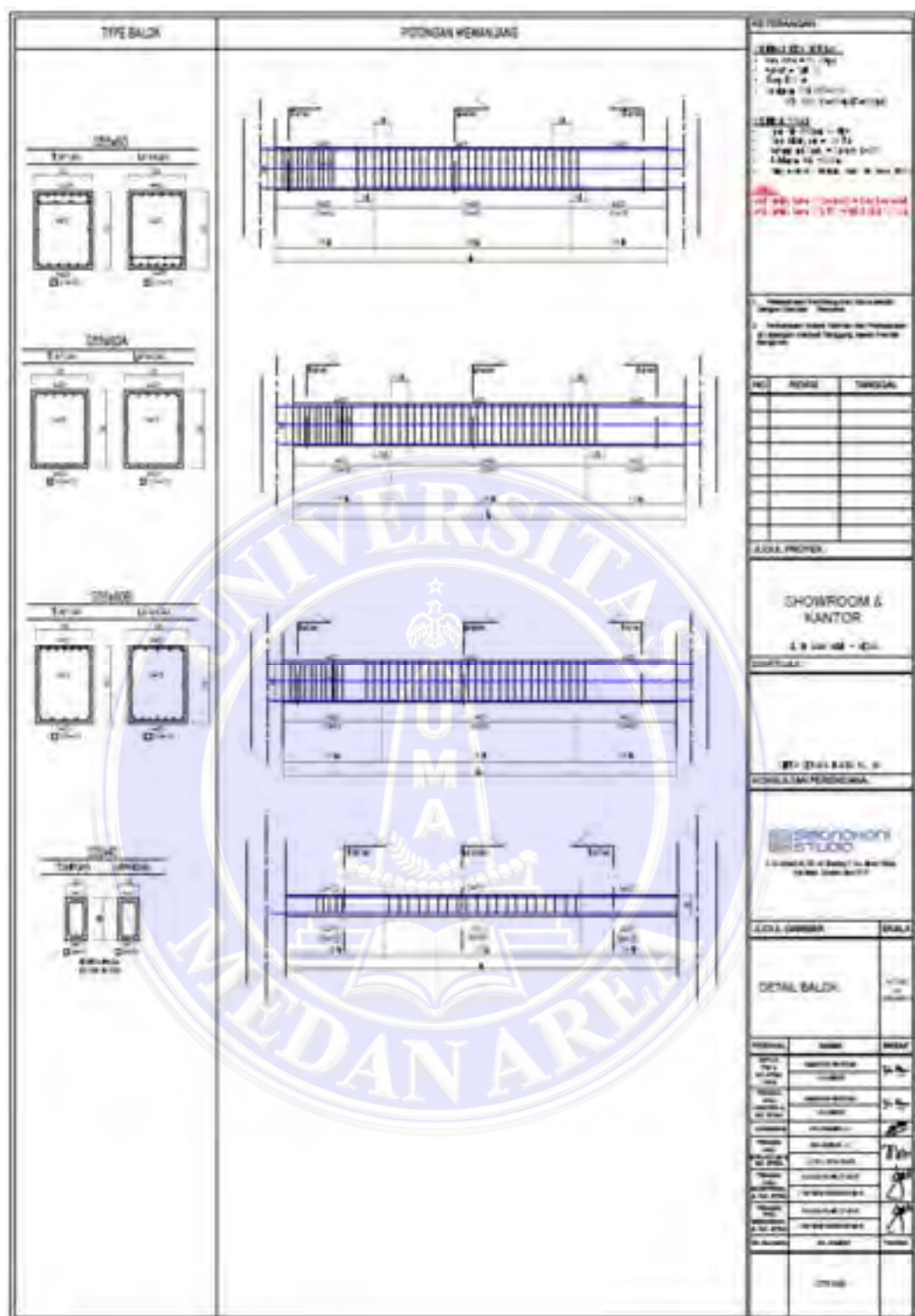


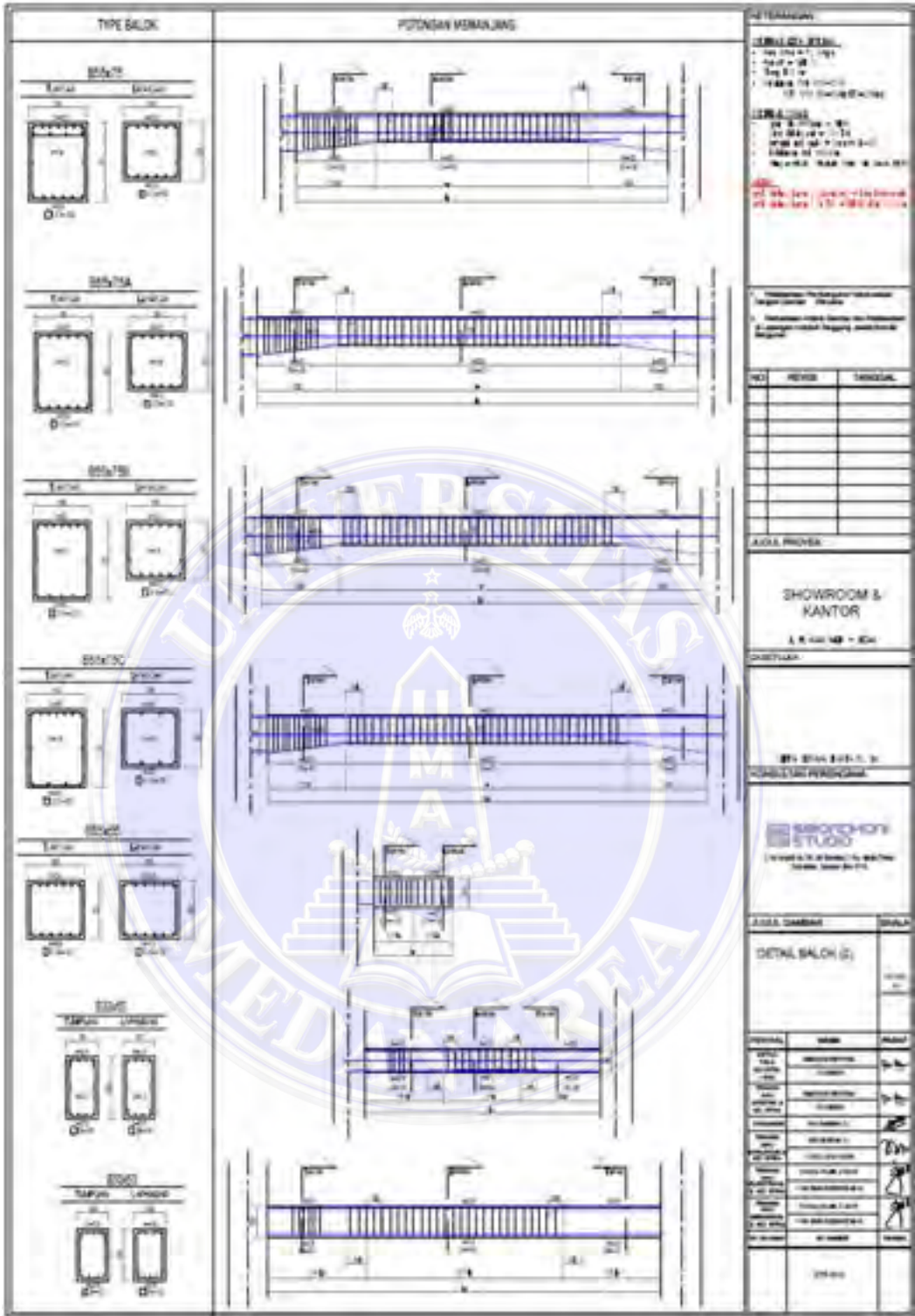


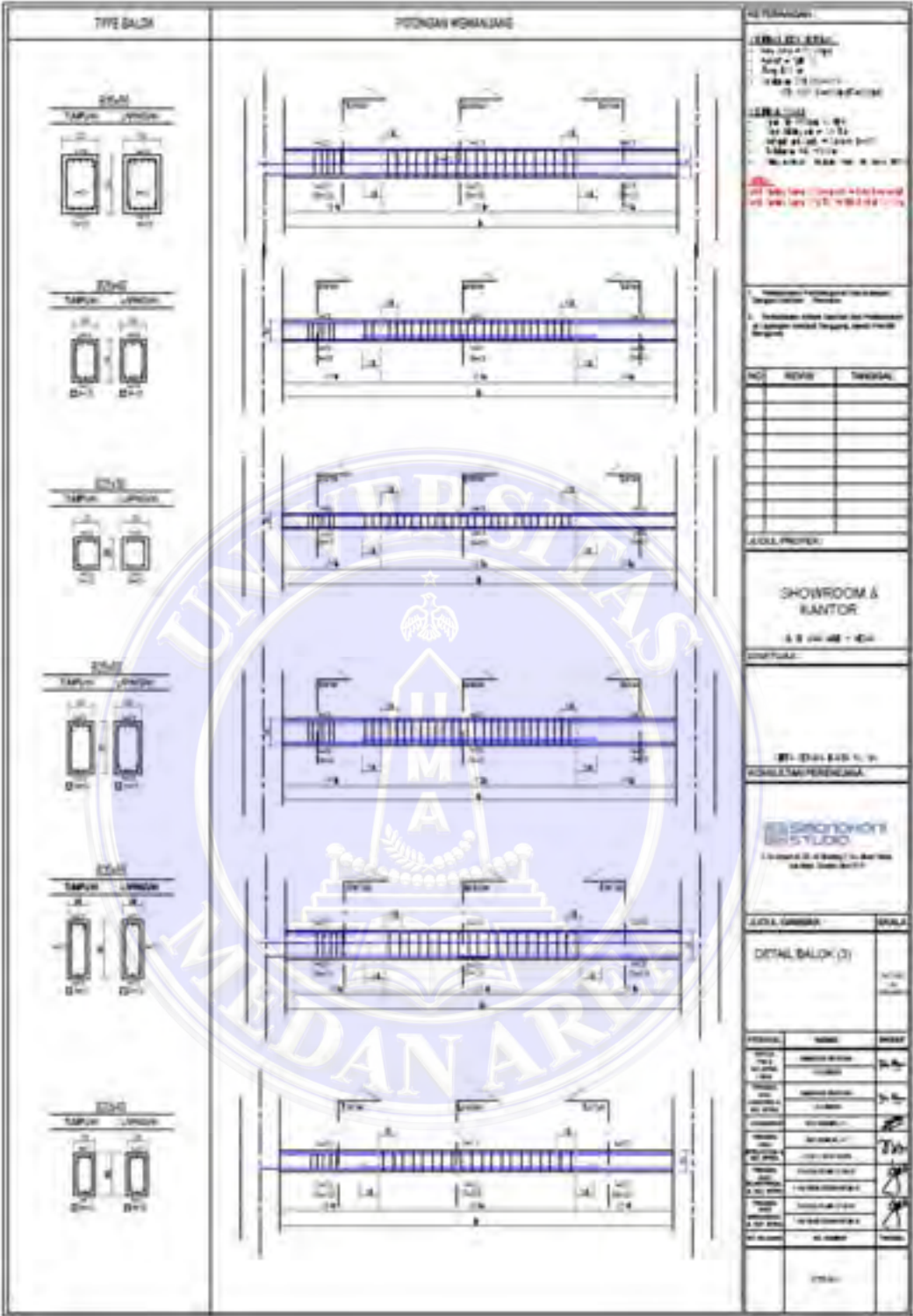




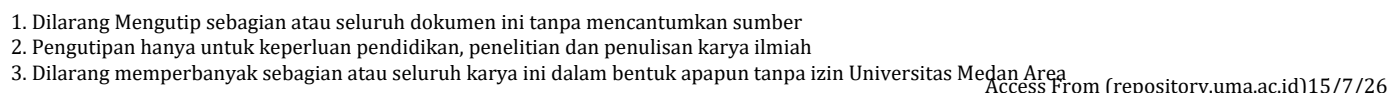


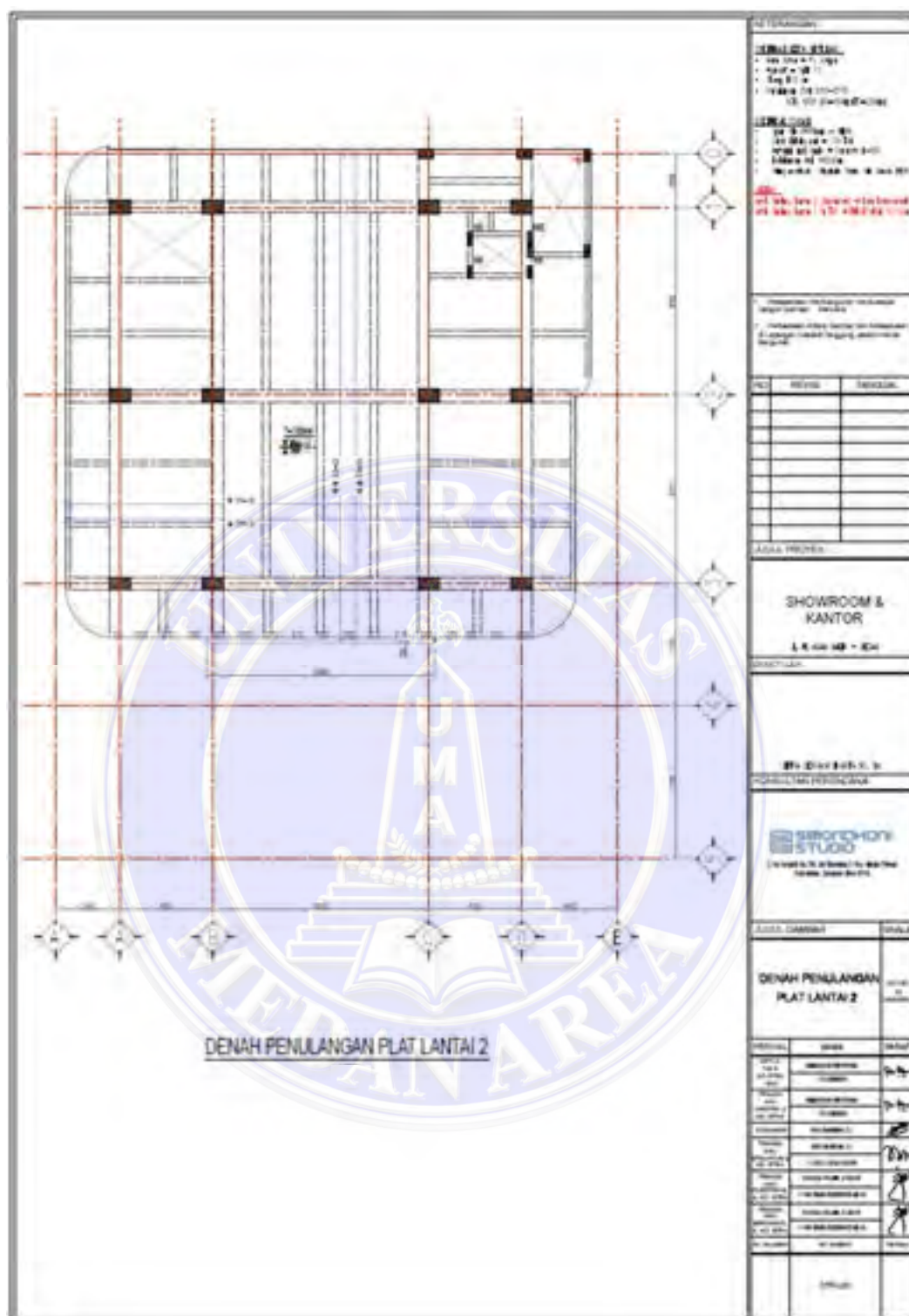


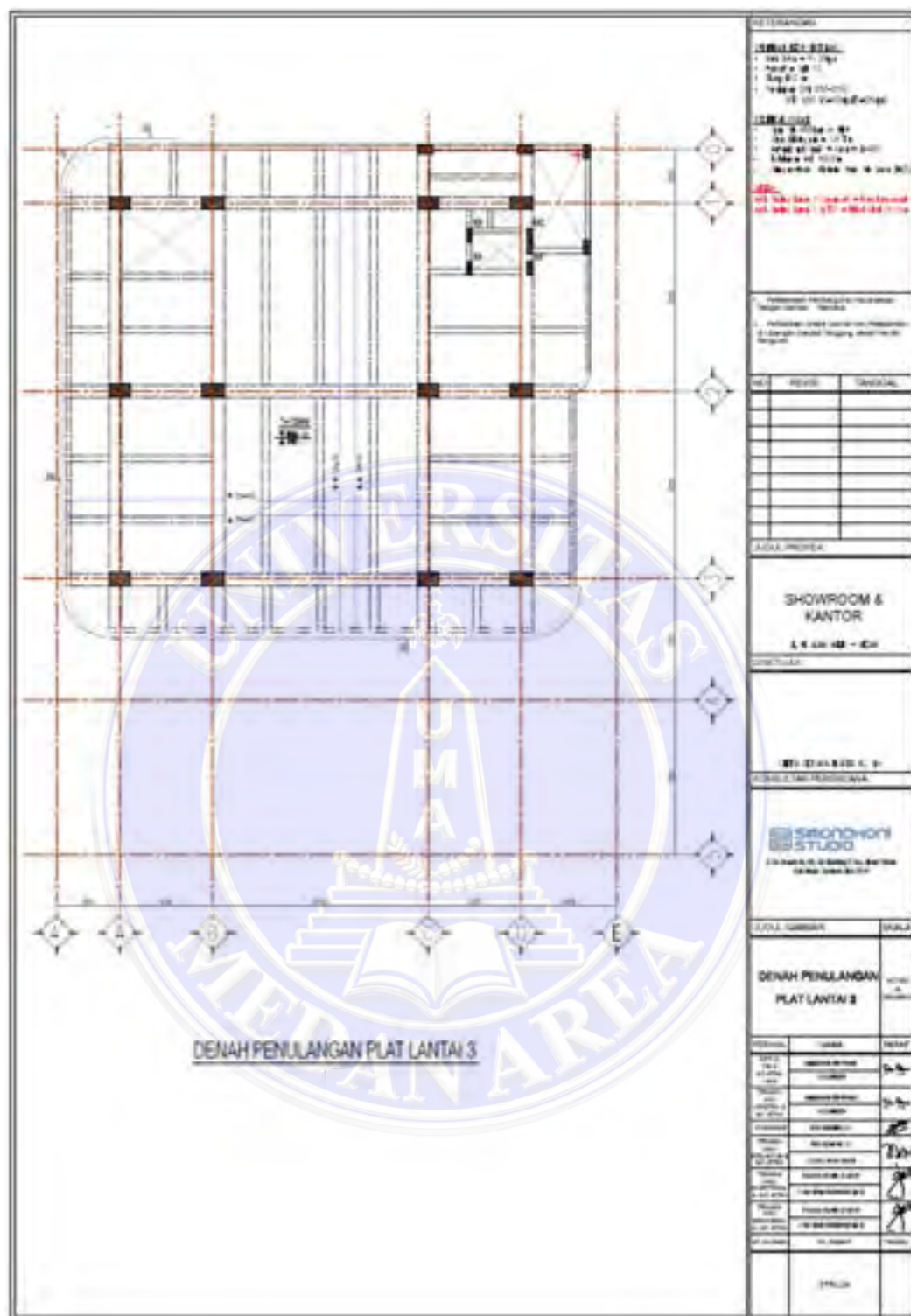


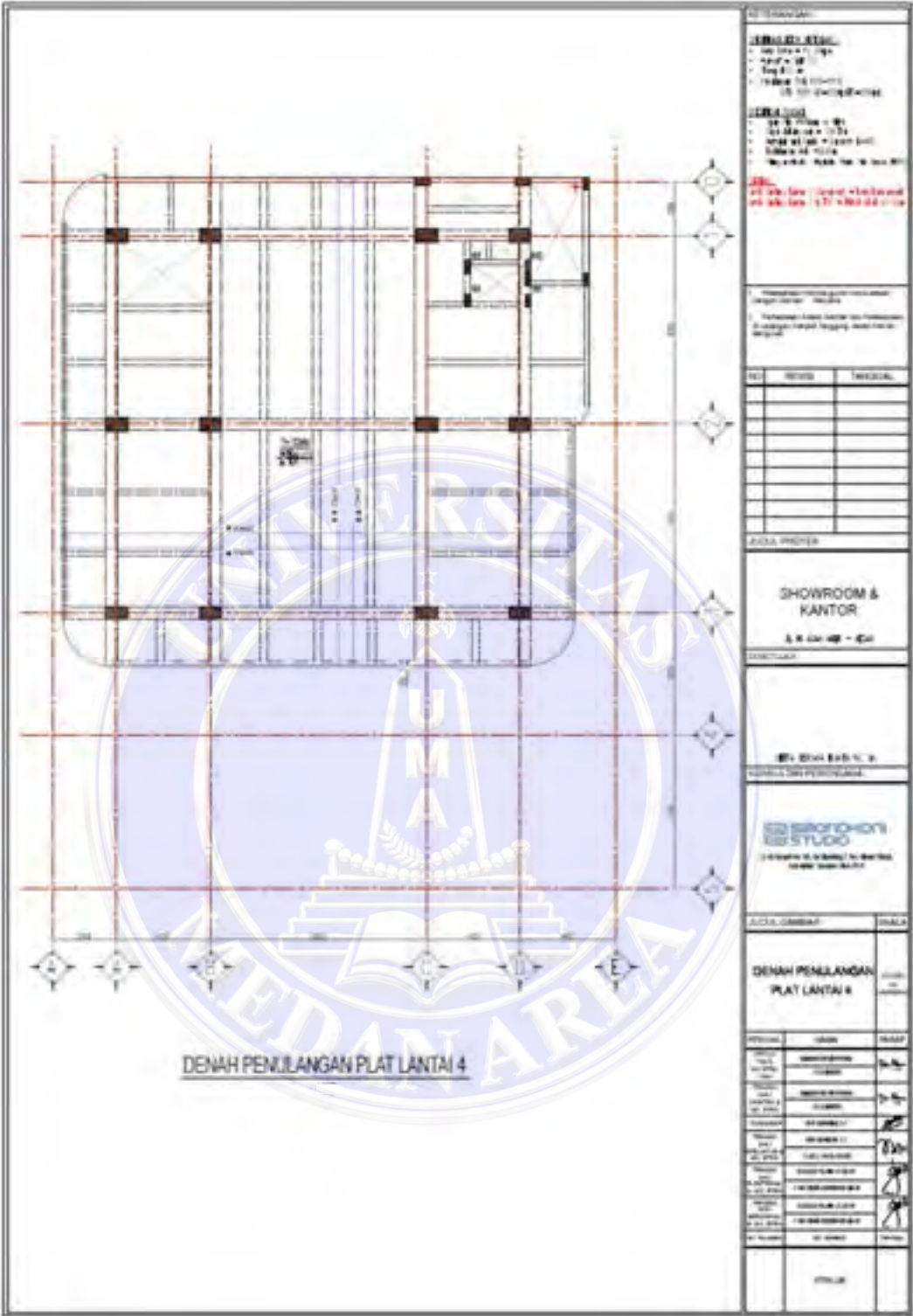


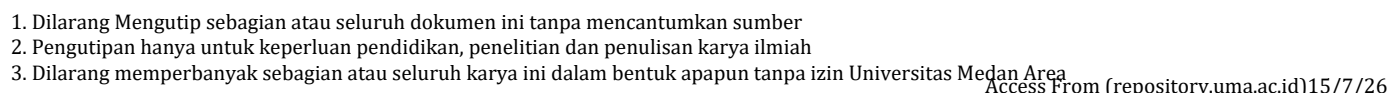
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

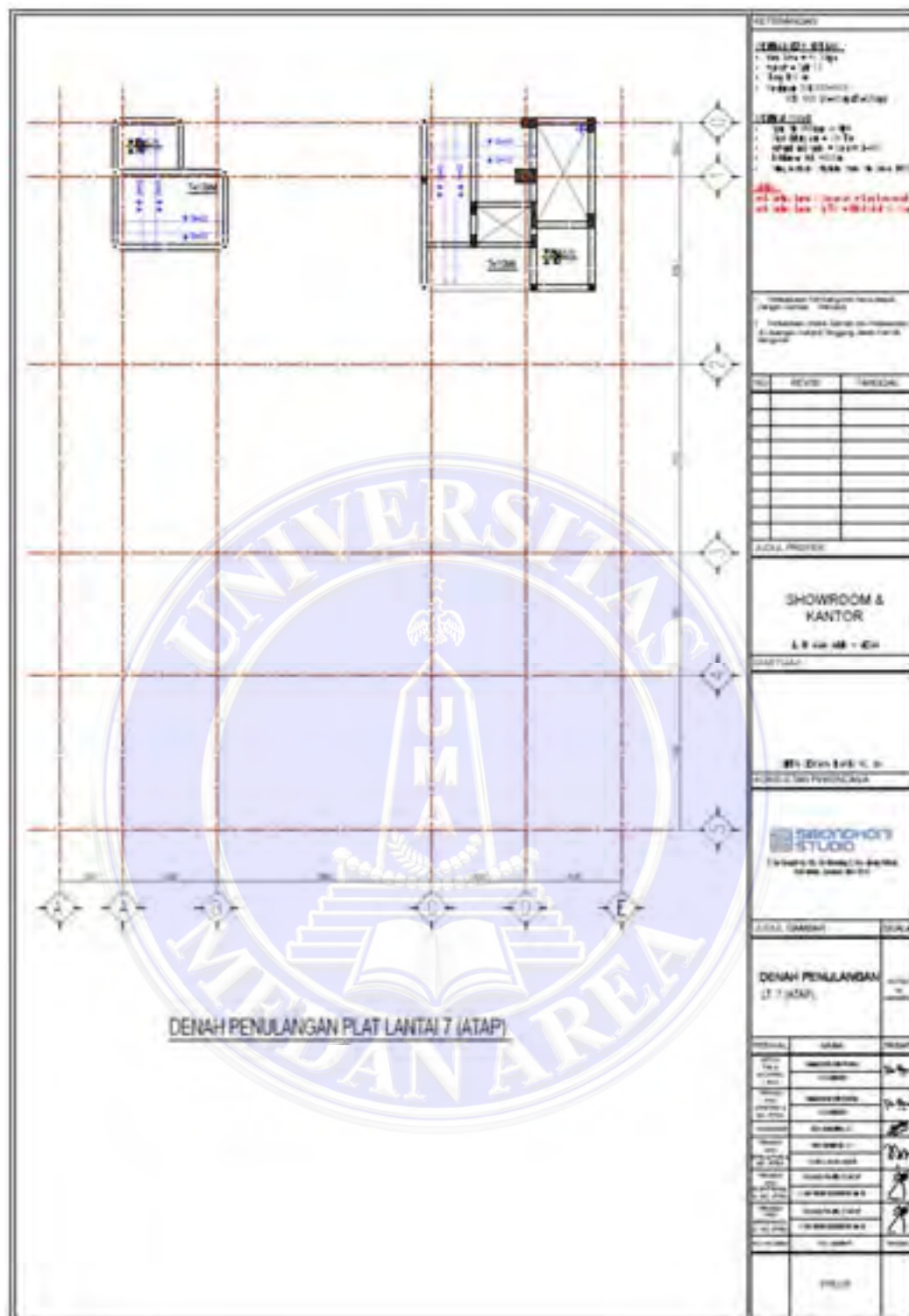




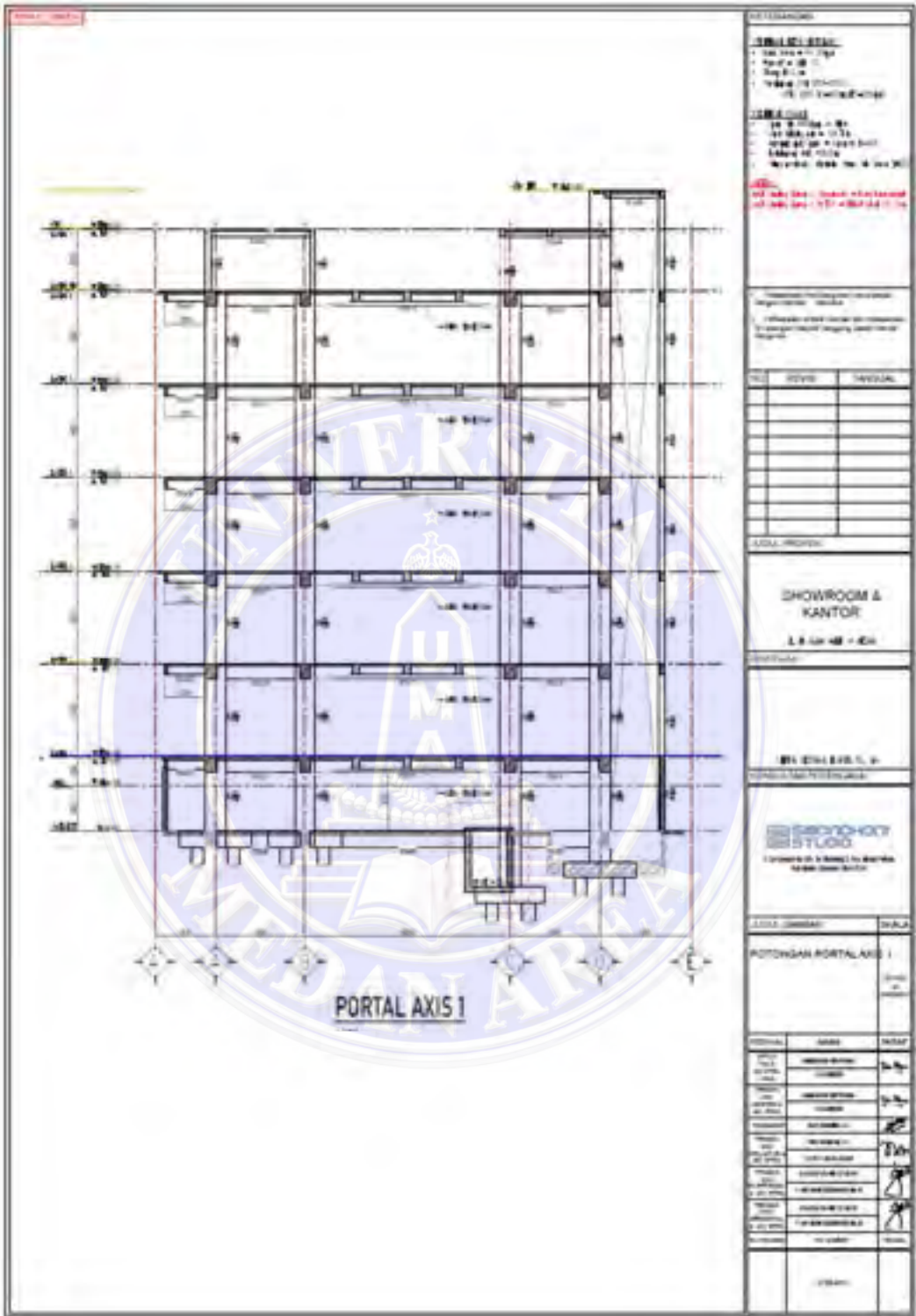


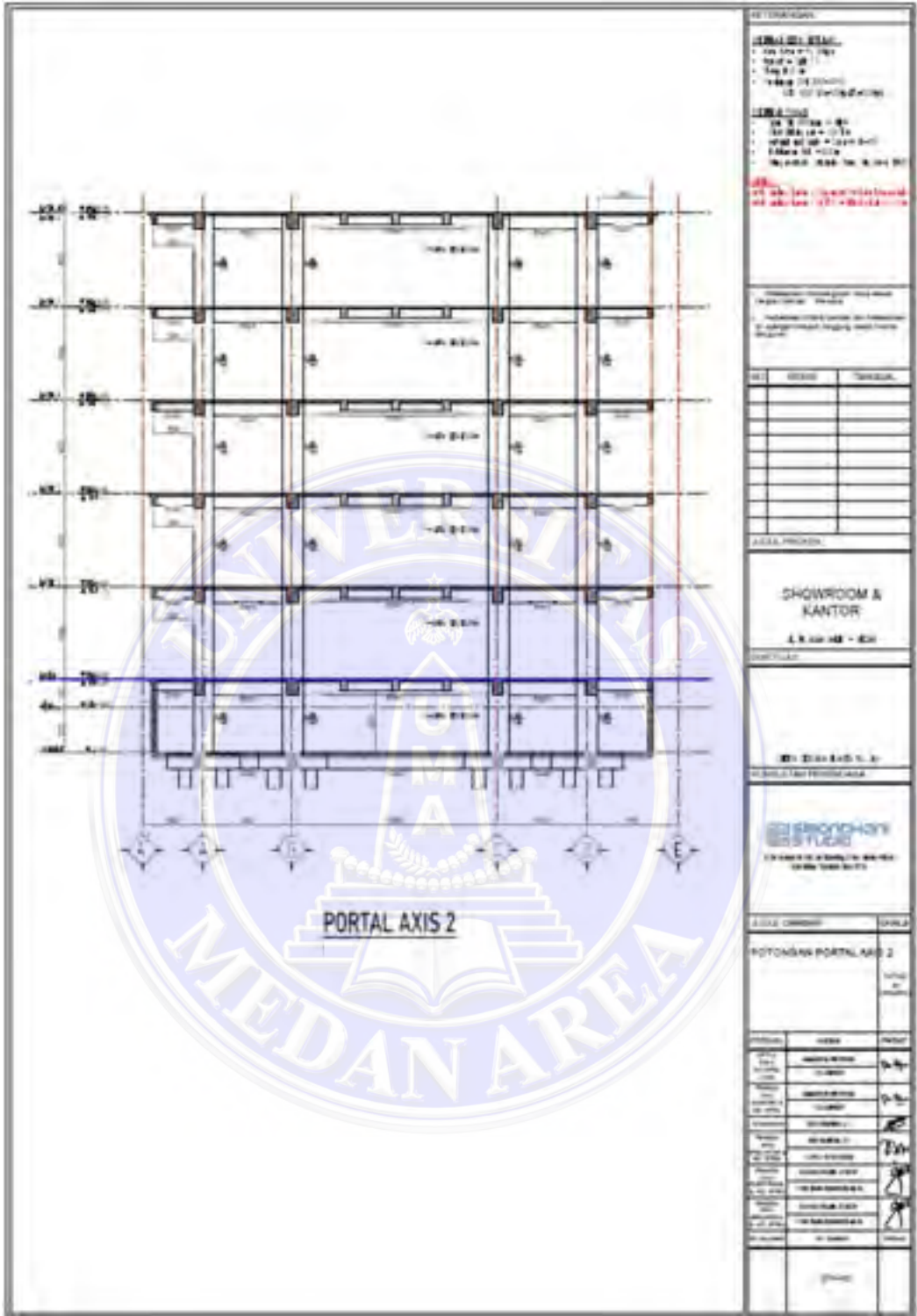


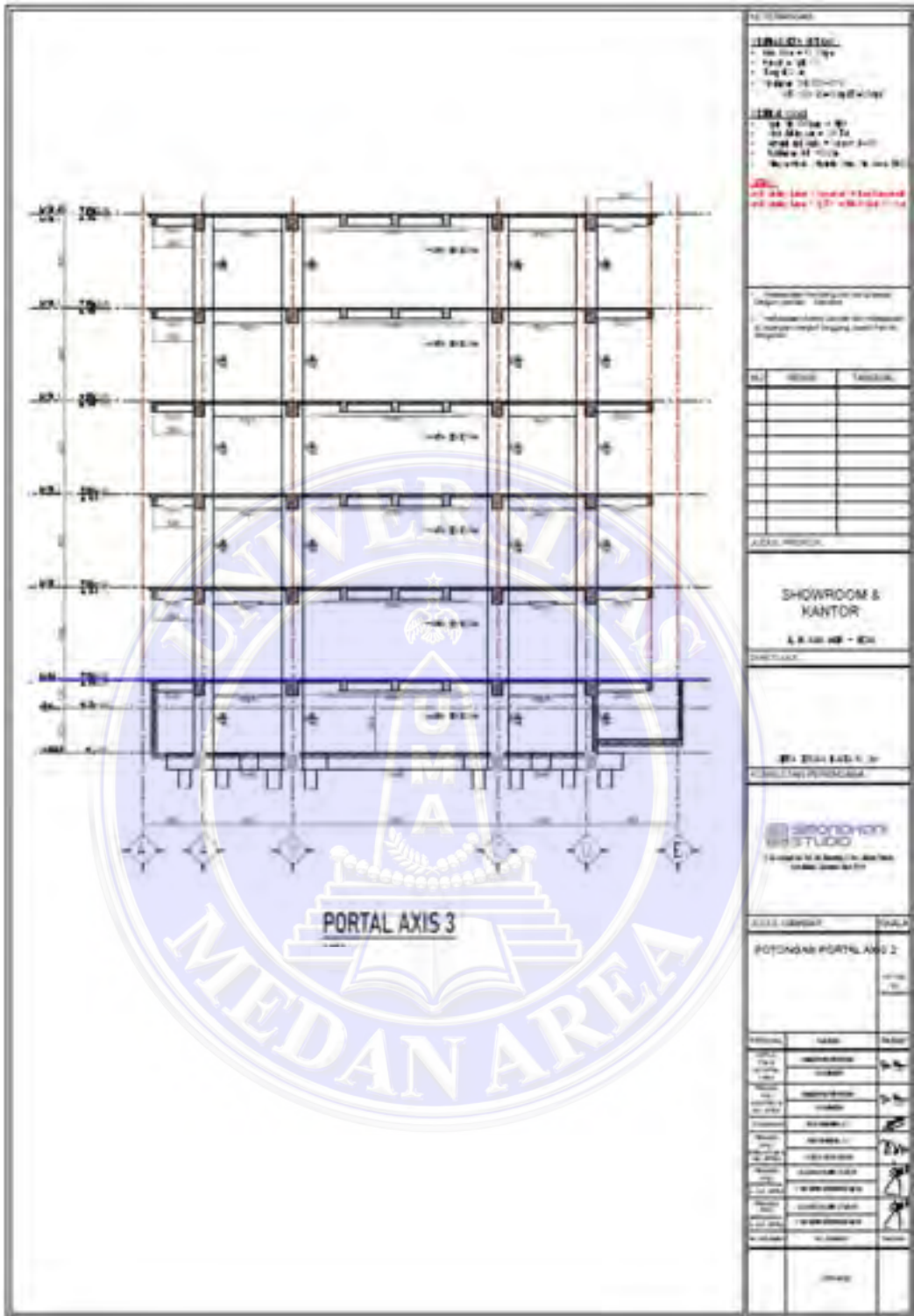


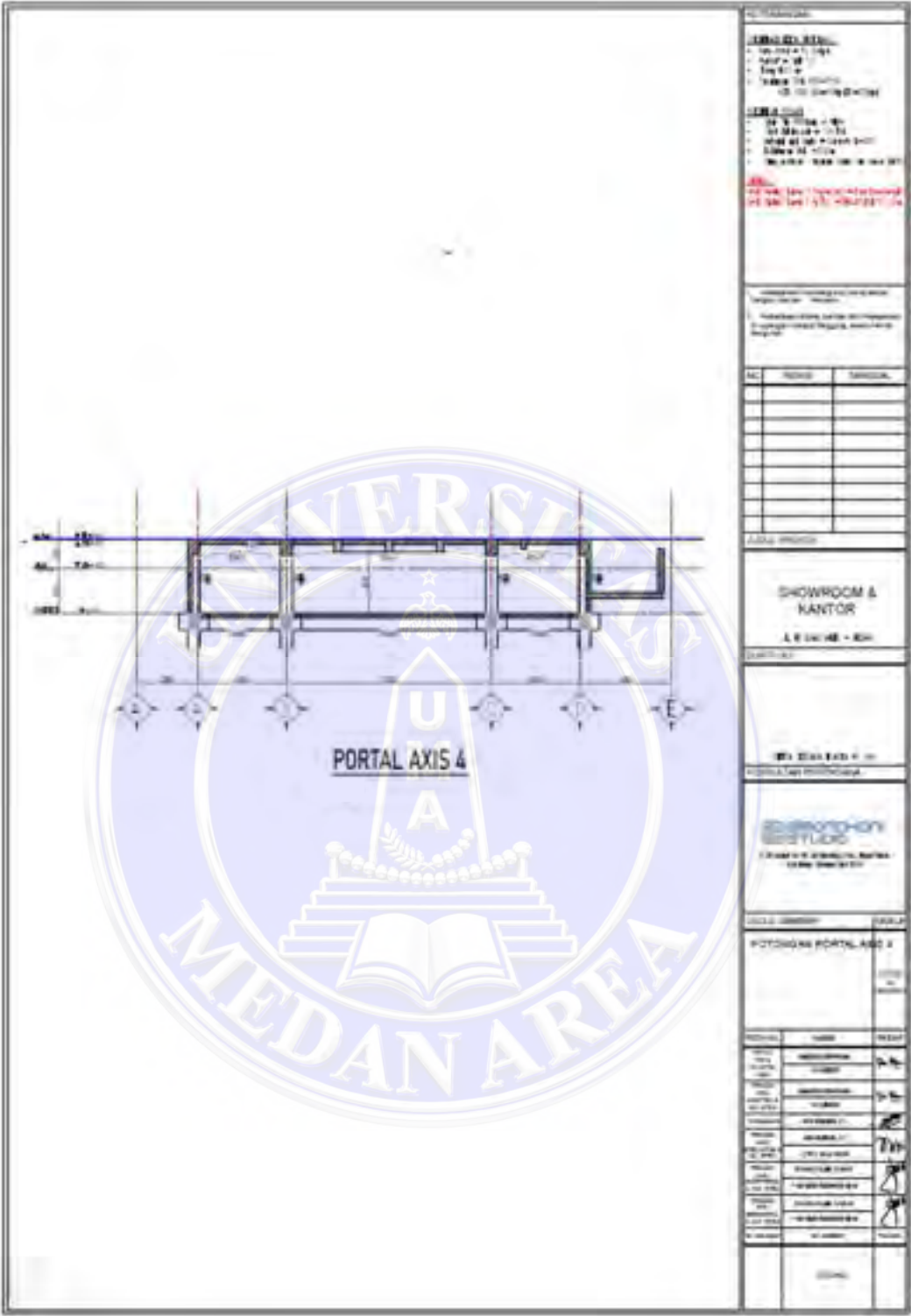


Lampiran 4 (Portal)

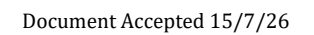


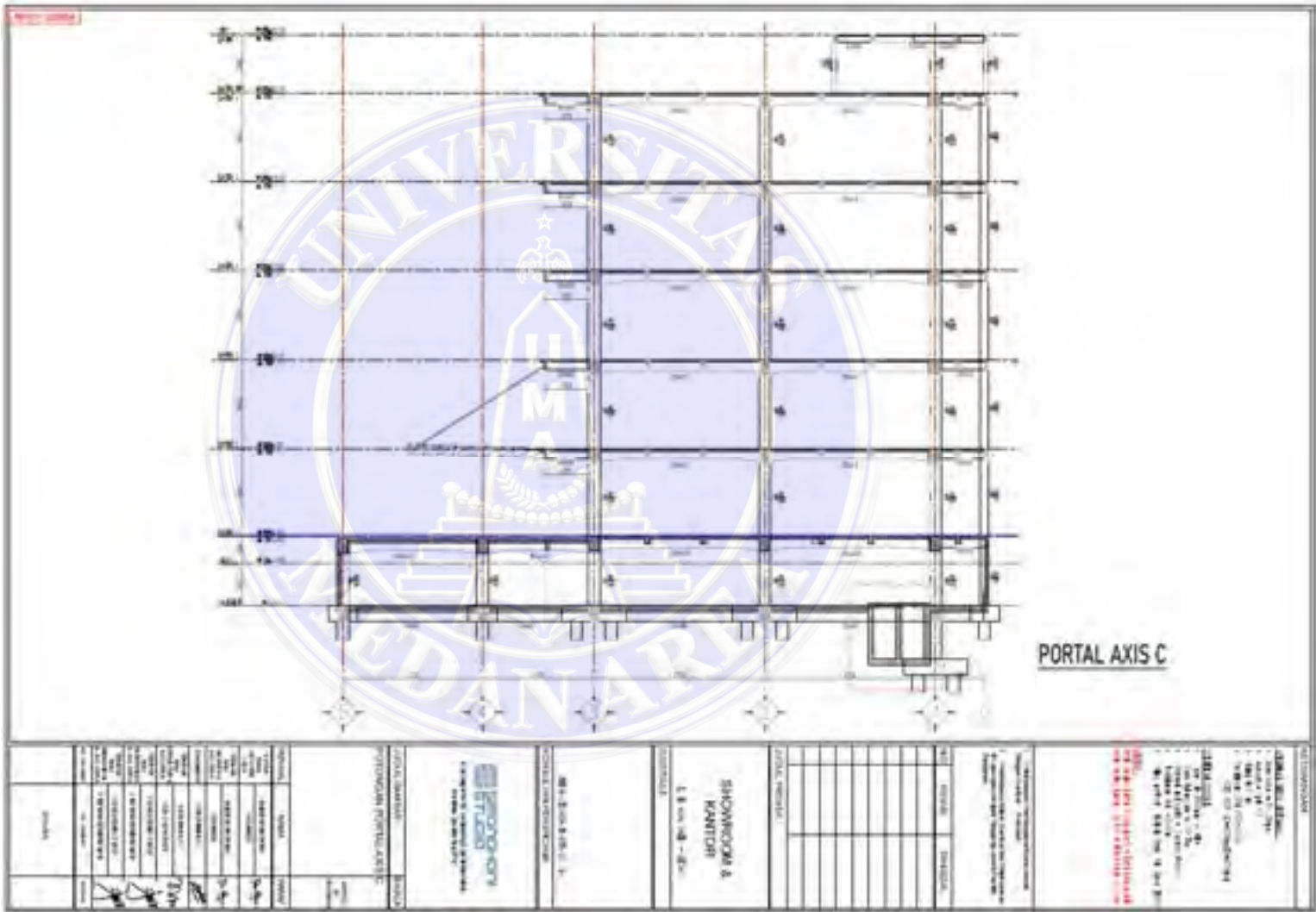






1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

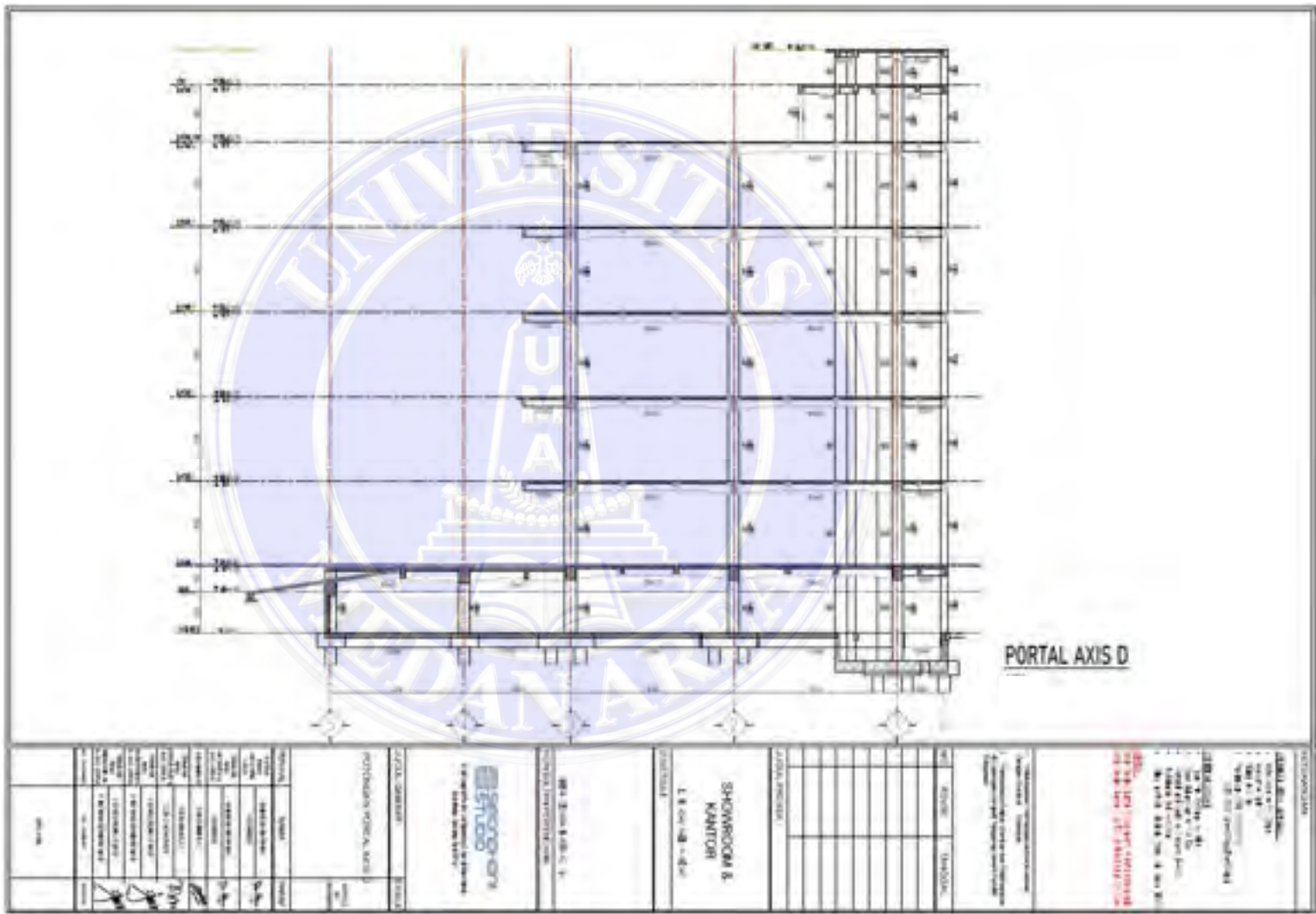




UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

