

**EVALUASI KINERJA SEISMIK SRTUKTUR ATAS GEDUNG  
SUZUYA PEMATANGSIANTAR MENGGUNAKAN METODE  
PUSHOVER**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**SIONMORA RITONGA  
208110032**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 16/12/24

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

# **EVALUASI KINERJA SEISMIK SRTUKTUR ATAS GEDUNG SUZUYA PEMATANGSIANTAR MENGGUNAKAN METODE PUSHOVER**

## **SKRIPSI**

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

**Oleh:**

**SIONMORA RITONGA  
208110032**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang





## HALAMAN PERNYATAAN

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

Medan 12 September 2024



Sionmora Ritonga  
208110032

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

---

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

Nama : Sionmora Ritonga  
NPM : 208110032  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada  
Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive  
Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : "Evaluasi Kinerja  
Seismik Srtuktur Atas Gedung Suzuya Pematangsiantar Menggunakan Metode  
Pushover". Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas  
Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan,  
mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database),  
merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama  
saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.  
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 12 September 2024  
Yang menyatakan

  
(Sionmora Ritonga)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Dumai pada tanggal 21 Juni 2002 dari Ayah Posmah Ritonga dan Ibu Juliana Siagian. Penulis merupakan putra pertama dari 2 bersaudara. Tahun 2020 penulis lulus dari SMK N 2 PEMATANGSIANTAR, Kecamatan Siantar Timur, Kota Pematangsiantar, Provinsi Sumatera Utara dan pada tahun 2020 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2022 akhir penulis mendapatkan kesempatan untuk mengikuti kegiatan Magang Bersertifikat di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) selama 4 bulan di Unit Ajamu, Kabupaten Labuhan Batu, Sumatera Utara. Pada tahun 2023 penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Pembangunan Klinik 8 lantai yang berlokasi di Jln. Sutomo – Simpang Veteran, Kecamatan Medan Timur, Medan, Sumatera Utara.



Medan, 12 September 2024

Penulis



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan dengan baik. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Meninjau Kinerja Seismik Struktur dengan Metode Pushover dengan Judul "Evaluasi Kinerja Seismik Srtuktur Atas Gedung Suzuya Pematangsiantar Menggunakan Metode Pushover". Selama penyusunan skripsi ini, banyak rintangan yang penulis dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini kepada: Ibu Ir. Tika Ermita, S.T.,M.T., Selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area. Bapak Ir. H. Irwan, M.T, sebagai Dosen Pembimbing yang telah mengarahkan saya dan memberikan solusi dalam pembuatan skripsi. Kedua orangtua tercinta Posmah Ritonga, Juliana Siagian dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa tak terhingga sejak awal masuk Universitas hingga saat proses penulisan skripsi. Untuk Michael Panjaitan, Sixnor Hutagaol, Andika L Luban Batu, Aldi Ronaldo Lumban Gaol, Andre Swandy Siagian yang selalu dan banyak membantu penulis, menemani, memberi semangat, motivasi dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini. Teruntuk teman satu perjuangan, selama 4 tahun yang telah kita lewati bersama, merupakan kenangan yang tak terlupakan. Ini bukanlah akhir dari perpisahan kita. Kedua orangtua tercinta Posmah Ritonga, Juliana Siagian dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa tak terhingga sejak awal masuk Universitas hingga saat proses penulisan skripsi. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memperlancar dalam penulisan skripsi ini. Skripsi ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Penulis berharap skripsi ini bisa memberikan banyak manfaat untuk dunia pendidikan terutama dalam bidang Teknik Sipil.

Penulis



(Sionmora Ritonga)

## ABSTRAK

Analisis pushover merupakan prosedur untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan terhadap gempa. Metode analisis pushover banyak digunakan para perencana bangunan tingkat tinggi yang mengandalkan perencanaan berbasis kinerja. Tujuan dari penelitian ini menjadi acuan dalam mengevaluasi kinerja keruntuhan dan perilaku bangunan. Dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP 2000 dimana struktur dimodelkan dalam permodelan tiga dimensi. Setelah dilakukan analisis pembebanan awal dan pemeriksaan tegangan. Perilaku keruntuhan struktur dievaluasi dengan menggunakan analisis pushover. Dari hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa perilaku struktur gedung bersifat non-linier. Hal ini umumnya terjadi dalam kondisi beban yang lebih tinggi atau deformasi yang signifikan. Dalam arah X, nilai *displacement* maksimum yang di peroleh sebesar 0,014410 m dicapai dengan *base shear* sebesar 64.746,662 kN. Pada *step* yang ke-7 terjadi *collapse* (C) pada salah satu struktur yang di tandai dengan titik berwarna kuning. Sementara dalam arah Y, *displacement* yang didapat adalah sebesar 0,15 m dengan *base shear* sebesar 58.897,495 kN. Berdasarkan klasifikasi kinerja struktur sesuai ATC-40, baik dalam arah X maupun arah Y, struktur gedung masuk dalam kategori "*Immediate Occupancy*". Artinya, struktur tersebut mampu mempertahankan fungsinya tanpa mengalami kerusakan yang signifikan pada level beban yang diberikan. Tingkat kinerja ini masih jauh di bawah batas "*Collapse Prevention* (CP), yang berarti bahwa struktur dianggap aman dalam kondisi tersebut.

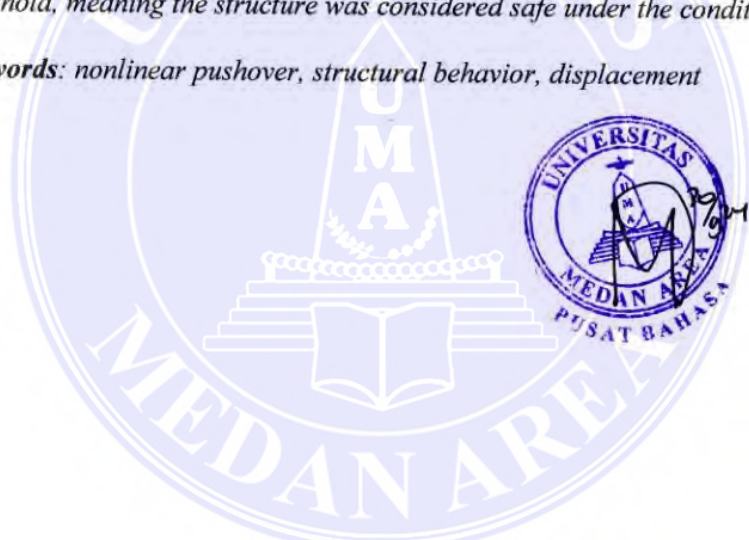
**Kata kunci :** Nonlinier *pushover*, Perilaku struktur, *Displacement*



## ABSTRACT

*Pushover analysis is a procedure to determine the collapse behavior of a building due to an earthquake. The pushover analysis method is widely used by high-rise building planners who rely on performance-based planning. The purpose of this research was to serve as a reference in evaluating collapse performance and building behavior. In this research, the analysis was conducted using SAP2000 software, where the structure was modeled in a three-dimensional model. After conducting the initial loading analysis and stress examination, the collapse behavior of the structure was evaluated using pushover analysis. From the results of the analysis, it was concluded that the building's structural behavior was non-linear. This generally occurred under higher load conditions or significant deformation. In the X direction, the maximum displacement obtained was 0.014410 m, achieved with a base shear of 64,746.662 kN. At the 7th step, a collapse (C) occurred in one of the structures, marked by a yellow point. Meanwhile, in the Y direction, the displacement obtained was 0.15 m with a base shear of 58,897.495 kN. Based on the structural performance classification according to ATC-40, both in the X and Y directions, the building structure fell into the "Immediate Occupancy" category. This meant that the structure could maintain its function without experiencing significant damage at the given load level. This performance level was still far below the "Collapse Prevention (CP)" threshold, meaning the structure was considered safe under the conditions.*

**Keywords:** *nonlinear pushover, structural behavior, displacement*



## DAFTAR ISI

	Halaman
COVER .....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR NOTASI .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Defenisi Gempa Bumi .....	6
2.2 Peneliti Terdahulu.....	7
2.3 Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu.....	10
2.4 Konsep Bangunan Tahan Gempa .....	10
2.5 Daktilitas.....	11
2.5.1 Stabilitas.....	12
2.5.2 Mutu.....	15
2.5.3 Kolom Kuat Balok Lemah ( <i>Strong Column Weak Beam</i> ) ....	16
2.6 Peta Wilayah Gempa .....	17
2.7 Prosedur Analisis Struktur .....	18
2.8 Struktur Penahan Gaya Seismik .....	20
2.9 Kekakuan Struktur .....	21
2.10 Respons Spektrum Desain .....	21
2.11 Analisis Gaya Lateral Ekuivalen .....	28
2.11.1 Periode Alami Struktur .....	28
2.11.2 Distribusi Vertikal Gaya Gempa.....	29
2.11.3 Distribusi Horizontal Gaya Gempa.....	30
2.11.4 Analisis Ragam Spektrum Respons .....	30
2.11.5 Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan .....	31

2.12	<i>Pushover Analysis</i> .....	33
2.12.1	Metode spektrum kapasitas, yang mengacu pada ATC-40...33	
2.12.2	Metode Koefisien Perpindahan yang mengacu pada FEMA 356.....	34
BAB II METODOLOGI PENELITIAN .....		35
3.1	Deskripsi Penelitian .....	35
3.2	Lokasi Penelitian.....	35
3.3	Tahapan Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		37
4.1.	Data Struktur Gedung .....	37
4.1.1.	Data Gedung Penelitian .....	37
4.1.2.	Data Material.....	37
4.1.3.	Dimensi Struktur .....	37
4.2.	Metode Analisis Data.....	39
4.2.1.	Penetapan beban Hidup ( <i>Live Load</i> ) .....	39
4.2.2.	Perhitungan Beban Mati Tambahan ( <i>Super Dead Load</i> ) .....	39
4.2.3.	Beban Mati pada lantai .....	39
4.2.4.	Beban Mati Tambahan Dinding pada Balok.....	40
4.3.	Koefisien Respon Seismik .....	42
4.4.	Gaya Geser Dasar Seismik (Gaya Lateral).....	43
4.4.1.	Menghitung Gaya Horizontal Gempa Statik Ekuivalen ( $F_i$ ) ..	54
4.5.	Pemodelan Sendi Plastis .....	55
4.6.	Langkah-langkah Pemodelan Struktur.....	56
4.7	Kurva Kapasitas arah-X (kurva <i>Pushover</i> ).....	62
4.8	Kurva Kapasitas arah-Y (kurva <i>Pushover</i> ).....	69
4.9	Analisis ATC- 40 .....	73
4.9.1	Analisis Pada Arah 0-X.....	73
4.9.2	Analisis Pada Arah-Y.....	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		76
5.1	Kesimpulan .....	76
5.2	Saran .....	76
DAFTAR PUSTAKA .....		77
LAMPIRAN.....		79



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perbedaan dengan peneliti Terdahulu .....	10
Tabel 2. Faktor R, Cd, dan $\Omega_0$ untuk sistem pemikul gaya seismik .....	20
Tabel 3. Klasifikasi Situs .....	23
Tabel 4. Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang di Hitung .....	28
Tabel 5. Berat Jenis Material.....	32
Tabel 6. Beban Mati Tambahan Dinding pada Balok <i>Basement</i> (1,5m).....	40
Tabel 7. Beban mati tambahan Dinding Pada Balok Lantai <i>Ground</i> (3,5m).....	40
Tabel 8. Beban mati tambahan Dinding Pada Balok Lantai <i>Ground</i> (6 m).....	41
Tabel 9. Beban Mati Tambahan dinding pada balok <i>mezzanine</i> 1 (3 m).....	41
Tabel 10. Beban Mati Tambahan dinding pada balok <i>mezzanine</i> 1 - lantai 1 (3 m) .....	41
Tabel 11. Beban Mati Tambahan dinding pada balok Lantai 2 (5 m).....	41
Tabel 12. Beban Mati Tambahan dinding pada balok lantai <i>mezzanine</i> 2 – Lantai 2 (1 m) .....	41
Tabel 13. Beban Mati Tambahan dinding pada balok lantai <i>mezzanine</i> 3 – <i>mezzanine</i> 2 (3 m) .....	42
Tabel 14. Beban Mati Tambahan dinding pada balok lantai 3 – Lantai 2 (5 m)...	42
Tabel 15. Beban Mati Tambahan dinding pada balok lantai <i>mezzanine</i> 4 – lantai 3 (2 m) .....	42
Tabel 16. Beban Mati Tambahan dinding pada balok lantai 4 – lantai 3 (5 m)....	43
Tabel 17. Berat Lantai <i>Basement</i> .....	44
Tabel 18. Berat Lantai <i>Ground</i> .....	45
Tabel 19. Berat Lantai <i>Ground</i> .....	46
Tabel 20. Berat Lantai <i>mezzanine</i> 1 .....	47
Tabel 21. Berat Lantai 2 .....	48
Tabel 22. Berat Lantai <i>mezzanine</i> 2 .....	49
Table 23. Berat Lantai <i>mezzanine</i> 3 .....	50
Tabel 24. Berat Lantai 3 .....	51
Tabel 25. Berat Lantai <i>mezzanine</i> 4 .....	52
Tabel 26. Berat Lantai Lantai 4.....	53
Tabel 27. Distribusi gaya gempa statik ekuivalen bangunan perlantai .....	55
Tabel 28. <i>Step by step</i> analisis <i>pushover</i> arah X .....	67
Tabel 29. <i>Step by step</i> analisis <i>pushover</i> arah Y .....	73

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Parameter gerak tanah $S_1$ , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 1-detik (redaman kritis 5%).....	17
Gambar 2. Parameter gerak tanah $S_s$ , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget wilayah (MCER) Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5%).....	18
Gambar 3. Ketidakberaturan horizontal, SNI 1726;2019) .....	18
Gambar 4. Ketidakberaturan vertical, SNI 1726;2019) .....	19
Gambar 5. spektrum desain, SNI 1726;2019 .....	26
Gambar 6. Titik Performa (ATC 40).....	34
Gambar 7. Data Penelitian.....	35
Gambar 8. Diagram Alir Penelitian .....	36
Gambar 9. Input Hinges Pada Balok.....	56
Gambar 10. Input Hinges pada kolom.....	56
Gambar 11. Penggambaran Grid.....	56
Gambar 12. Pendefenisian dimensi balok.....	57
Gambar 13. Pendefenisian dimensi kolom.....	57
Gambar 14. Pendefenisian dimensi pelat lantai dan lantai basement.....	57
Gambar 15. Penginputan nilai beban mati tambahan dan beban hidup Pada Balok .....	58
Gambar 16. Penginputan nilai beban mati tambahan dan beban hidup pada lantai .....	58
Gambar 17. Penginputan nilai beban lateral arah-X dan arah-Y).....	58
Gambar 18. Input Diafragma pada joint.....	59
Gambar 19. Input nonlinier pushover case arah-X.....	59
Gambar 20. Input <i>nonlinier pushover case</i> arah-Y .....	63
Gambar 21. Proses <i>Running</i> .....	60
Gambar 22. Model Struktur .....	61
Gambar 23. Periode Getar Alami Struktur Mode 1.....	62
Gambar 24. Periode Getar Alami Struktur Mode 2.....	62
Gambar 25. <i>Push</i> Arah-X Step ke-1.....	63
Gambar 26. <i>Push</i> Arah-X Step ke -2.....	64
Gambar 27. <i>Push</i> Arah-X Step ke-3.....	64
Gambar 28. <i>Push</i> arah-X step ke-4.....	65
Gambar 29. <i>Push</i> arah-X step ke-5.....	65
Gambar 30. <i>Push</i> arah-X step ke-6.....	66
Gambar 31. <i>Push</i> arah-X step ke-7.....	66
Gambar 32. Kurva kapasitas arah-Y .....	68
Gambar 33. <i>Push</i> arah-Y step ke-1.....	69
Gambar 34. <i>Push</i> arah-Y step ke-2 .....	70
Gambar 35. <i>Push</i> arah-Y step ke-3.....	70
Gambar 36. <i>Push</i> arah-Y step ke-3.....	71
Gambar 37. <i>Push</i> arah-Y step ke-5.....	71
Gambar 38. Kurva kapasitas arah-Y .....	72

## DAFTAR NOTASI

$R$	Koefisien modifikasi respons
$T_a$	Periode fundamental pendekatan
$C_s$	Koefisien respons seismic
$T$	Periode Fundamental
$V$	Gaya geser dasar
$I_e$	Faktor keutamaan gempa
$SDS$	Parameter percepatan respons spektral pada periode pendek
$SDI$	Parameter percepatan respons spectral pada periode 1 detik
$h$	Tinggi rata-rata struktur
$C_u$	Koefisien untuk batasan atas periode yang dihitung
$S_a$	Respon spektra percepatan



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang berada di wilayah jalur gempa pasifik (*Circum Pasific Earthquake Belt*) dan jalur gempa asia (*Trans Asiatic Earthquake Belt*) sehingga sangat berpotensi mengalami gempa. Dalam konteksnya terhadap ruang lingkup kerja teknik sipil, kondisi tersebut diatas berpengaruh besar dalam perencanaan desain struktur bangunan. Desain struktur bangunan merupakan perencanaan bangunan yang melalui berbagai tahapan perhitungan dengan mempertimbangkan berbagai variabelnya sehingga didapatkan produk yang berdaya guna sesuai fungsi kegunaannya. Suatu perencanaan struktur tidak hanya meninjau aspek struktural tetapi aspek ekonomi dan estetika juga turut menjadi pertimbangan. Dalam hal ini desain struktural merupakan substansi dari suatu perencanaan bangunan sebab menentukan apakah suatu bangunan dengan rancangan tertentu mampu berdiri atau tidak. Rencana pembebanan merupakan data utama sebagai informasi untuk perencanaan elemen struktural seperti beban mati, beban hidup, beban angin, beban mekanikal elektrik, dan beban gempa.

Desain struktur bangunan merupakan perencanaan bangunan yang melalui berbagai tahapan perhitungan dengan mempertimbangkan berbagai variabelnya sehingga didapatkan produk yang berdaya guna sesuai fungsi kegunaannya. Suatu perencanaan struktur tidak hanya meninjau aspek struktural tetapi aspek ekonomi dan estetika juga turut menjadi pertimbangan. Dalam hal ini desain struktural merupakan substansi dari suatu perencanaan bangunan sebab menentukan apakah suatu bangunan dengan rancangan tertentu mampu berdiri atau tidak. Rencana

pembebanan merupakan data utama sebagai informasi untuk perencanaan elemen struktural seperti beban mati, beban hidup, beban angin, beban mekanikal elektrik, dan beban gempa.

Analisis pushover merupakan prosedur untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan terhadap gempa. Metode analisis pushover banyak digunakan para perencana bangunan tingkat tinggi yang mengandalkan perencanaan berbasis kinerja. Tujuan dari penelitian ini menjadi acuan dalam mengevaluasi kinerja keruntuhan dan perilaku bangunan. Dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000 dimana struktur dimodelkan dalam permodelan tiga dimensi. Setelah dilakukan analisis pembebanan awal dan pemeriksaan tegangan, barulah perilaku keruntuhan struktur dievaluasi dengan menggunakan analisis pushover.

Tujuan utama dalam menentukan simpangan antar-tingkat adalah meminimalkan risiko terjadinya pelepasan (*yielding*) pada elemen baja dan peretakan (*cracking*) pada elemen beton. Selain itu, mengontrol simpangan antar-tingkat juga penting untuk mencegah kerusakan nonstruktural seperti retak pada dinding, langit-langit, dan lapisan pelapis, serta untuk menjaga kenyamanan penghuni gedung selama gempa. Analisis statik nonlinier *pushover* adalah teknik analisis yang digunakan dalam rekayasa struktur untuk menggambarkan perilaku inelastis suatu struktur terhadap beban lateral yang berulang atau dinamis, seperti beban gempa. Metode ini biasanya digunakan untuk mengidentifikasi pola keruntuhan yang mungkin terjadi pada struktur dan untuk menentukan kapasitas struktur sebelum terjadi kerusakan yang signifikan.. Analisis *Pushover* adalah analisis statik non-linier dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur

bangunan gedung dianggap sebagai beban-beban statik yang diterima pada pusat massa tiap lantai. Kemudian bebannya ditingkatkan secara bertahap sampai satu target perpindahan lateral dari suatu titik acuan tercapai (Suwandi,2019).

Yosafat Aji Pranata (2006) menyatakan pushover analysis adalah suatu analisis statik nonlinier dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang besar sampai mencapai kondisi elastik. Kemudian disusul pelelehan (sendi plastis) dilokasi yang lain distruktur tersebut Perkembangan teknologi sangat membantu *civil engineer* dalam perencanaan dan analisis terhadap kinerja suatu struktur bangunan. Tersedianya program SAP 2000 dan ETABS mampu menyederhanakan persoalan dalam bentuk pemodelan yang sebelumnya sangat kompleks apabila dikerjakan secara konvensional. Oleh sebab itu penulis melakukan penelitian evaluasi kinerja seismik bangunan gedung dengan analisis pushover menggunakan bantuan program SAP 2000 yang kemudian mengkaji dan membahas output yang dihasilkan program sap2000 tersebut.



## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang didapat dari penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana perilaku struktur Gedung Suzuya, Pematangsiantar saat terjadi gempa?
2. Bagaimana kinerja dari struktur Gedung Suzuya, Pematangsiantar saat terkena gempa?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana perilaku non-linier dan kinerja Seismik pada struktur gedung Apartemen Suzuya, Pematangsiantar akibat gempa dengan memperoleh grafik pushover arah X dan arah Y yang diakibatkan oleh gaya lateral serta mengetahui besar nilai *displacement* yang dihasilkan.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang penulis dapatkan dalam penelitian ini adalah:

1. Memahami perilaku serta kinerja struktur setelah menerima beban gempa.
2. Menambah pemahaman penulis tentang program Sap 2000.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis struktur gedung setelah menerima beban gempa menggunakan SAP2000v14 berdasarkan peraturan pembebanan gempa SNI 1726 – 2019.

2. Pembebanan gedung meliputi :
  - a. Beban mati (berupa berat sendiri struktur)
  - b. Beban hidup (sesuai dengan PBI 1983).
  - c. Beban lateral (berupa beban gempa).
  - d. Dalam alalisis ini beban angin tidak di perhitungkan.
  - e. Struktur gedung mengikuti aturan perencanaan SNI 2847-2019.
3. Peta sumber dan bahaya gempa yang digunakan adalah peta sumber gempa tahun 2017.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Defenisi Gempa Bumi

Gempa dapat menyebabkan masalah yang menghambat pada aktivitas makhluk hidup. Gempa bumi terjadi karena pelepasan energi akibat dari tekanan lempeng yang mengalami pergerakan (Tampubolon,2022). Gempa bumi biasanya terjadi pada perbatasan lempeng yang sangat beresiko terjadi pada perbatasan lempengan kompresional serta translasional. Secara umum gempa bumi dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

#### 1. Tektonisme

Getaran yang diakibatkan oleh tektonisme berasal dari dalam bumi yang mengakibatkan patahan pada kulit bumi. Tenaga tektonik dibedakan menjadimacam yaitu gerak oroganesa dan gerak epiroganesa. Gerak oroganesa adalah getaran endogen yang relatif cepat dan meliputi daerah yang cukup sempit, getaran ini menyebabkan terbentuknya pegunungan. Sedangkan getaran epiroganesa dibagi menjadi 2 bagian yaitu getaran epiroganesa positif dan getaran negative. Getaran epiroganesa positif terjadi ketika permukaan bumi turun sehingga seolah-olah laut terlihat naik dan getaran epiroganesa negatif terjadi ketika permukaan bumi bergerak naik sehingga seolah-olah laut terlihat turun.

#### 2. Vulkanisme

Vulkanisme merupakan gejala alam yang terjadi akibat adanya aktivitas magma. Vulkanisme terjadi akibat adanya tektonisme yang mengakibatkan aliran lava dalam litosfer ke lapisan atasnya.

### 3. Seismek

Salah satu penyebab terjadinya gempa bumi karena adanya pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Energi yang dihasilkan menyebar ke segala arah sehingga efeknya sampai kepermukaan bumi. Maka dapat disimpulkan bahwa penyebab utama terjadinya gempa bumi berawal dari adanya gaya pergerakan didalam interior bumi (gaya konveksi material) yang menekan kerak bumi (*outer layer*) yang bersifat rapuh, sehingga ketika kerak bumi tidak lagi kuat dalam merespon gaya gerak dari dalam bumi tersebut maka akan membuat sesar dan menghasilkan gempa bumi. Akibat gaya gerak dari dalam bumi ini maka kerak bumi telah terbagi-bagi menjadi beberapa fragmen yang disebut lempeng (*plate*).

#### 2.2 Peneliti Terdahulu

Berikut ini adalah hasil dari beberapa peneliti terdahulu:

1. Fatah dkk, 2021 dengan judul penelitian Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Pendekatan Desain Berbasis Kinerja (Studi Kasus: Gedung Pendidikan Rangka Beton Bertulang 7 Lantai). Tujuan penelitian adalah Untuk mengevaluasi struktur gedung terhadap gaya gempa sesuai peraturan terkini, digunakan pendekatan desain berbasis kinerja atau lebih dikenal performance-based design. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam desain berbasis kinerja adalah direct-displacement based design yang dipelopori Priestley, Kowalsky, Park dan Pauley. Metode tersebut menggunakan nilai perpindahan sebagai pendekatan untuk menentukan kekuatan gedung dalam menahan gempa (Tavio dan Wijaya,



2018). Selanjutnya, dilakukan analisis statik non-linier atau pushover sesuai prosedur dalam ATC-40 untuk mengetahui pola keruntuhan yang digambarkan sebagai kurva kapasitas sehingga tingkat kinerja dari struktur dapat diketahui berdasarkan FEMA 356 dan FEMA 440. Metode direct displacement-based design pada desain responnya menggunakan redaman efektif ekuivalen yang didapat dengan cara mengubah desain respon spektrum elastis menjadi redaman inelastis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1(c), kemudian nilai tersebut digunakan untuk menentukan nilai periode efektif ( $T_e$ ) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1(d) sehingga nilai gaya geser dasar struktur (base shear) pada kondisi inelastis dapat dihitung. Dari hasil, didapatkan Adanya perubahan nilai parameter yang terdapat pada SNI 1726:2002 dan 1726:2019, yang meliputi nilai koefisien situs dan nilai parameter percepatan batuan dasar, tidak menyebabkan indikator kinerja struktur gedung yang dievaluasi tidak terpenuhi. Nilai koefisien modifikasi respon dan nilai faktor kuat lebih yang dihasilkan oleh struktur melebihi nilai minimum yang ditetapkan oleh SNI sehingga struktur tersebut berkinerja baik dan mampu menahan beban gempa berdasarkan aturan terbaru.

2. Siswanto dkk, 2023 dengan judul penelitian Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Metode *Pushover*. Tujuan penelitian adalah Analisis *pushover* berfungsi untuk mengetahui level kinerja struktur yang menghasilkan besaran gaya geser (*base shear*) maksimum dan perpindahan atap (*displacement*) sehingga diketahui titik performa struktur bangunan tersebut berdasarkan acuan yang digunakan yaitu drift rasio pada

ATC-40. Hasil dari analisis *pushover* pada gedung parkir yaitu base shear yang bekerja sebesar 12894,72 Kn dan *displacement* yang terjadi yaitu 190,1 mm dengan drift ratio sebesar 0,0127, sehingga level kinerja gedung parkir adalah *Damage Control*.

3. Mahega dkk, 2020 dengan judul penelitian “Analisis Level Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai Dengan Menggunakan Metode Pushover Berdasarkan SNI 1726:2019 (Studi Kasus : Gedung Graha Wijaya Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya)”. Tujuan penelitian adalah untuk agar dapat menentukan titik kinerja, target displacement dan max displacement yang didapat dalam analisis pushover. Sedangkan, untuk manfaat dari penelitian ini adalah mampu mengetahui hasil analisis level kinerja pushover. Secara umum analisis struktur terhadap gempa dibagi menjadi 2 macam yaitu analisis secara static dan analisis dinamik (respon spektra dan *pushover*). Dan hasil analisis didapatkan berdasarkan pengaruh gaya beban lateral dengan menggunakan metode *Pushover*. Dari hasil Analisis peraturan ATC-40, FEMA-356, dan FEMA – 440 dapat diketahui drift Analisis pushover didapatkan nilai perpindahan maksimum total drift yang terjadi arah X dan Y mempunyai nilai lebih kecil dari 0,01. sehingga dikategorikan kondisi IO (Immediate Occupancy). Berdasarkan peraturan ATC-40, FEMA-356, dan FEMA – 440 dengan menggunakan metode Pushover didapatkan nilai perpindahan seperti berikut : Untuk ATC-40 untuk arah x sebesar 0,276 m dan untuk arah y sebesar 0,106, Untuk FEMA-365 untuk arah x sebesar 0,309 m dan untuk arah y sebesar 0,179 m dan untuk FEMA-440 untuk arah x sebesar 0,303 m dan untuk arah y sebesar 0,194 m dari hasil Analisis

tersebut masih dikatakan aman karena nilai kurang dari target perpindahan maksimum sebesar 0,39 m.

### 2.3 Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu

Perbedaan hasil dari peneliti terdahulu dengan penelitian ini ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan dengan peneliti Terdahulu (Data Peneliti, 2024)

No.	Pencipta Jurnal	Judul Artikel	Perbedaan
1.	Fatah 2021	Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Pendekatan Desain Berbasis Kinerja (Studi Kasus: Gedung Pendidikan Rangka Beton Bertulang 7 Lantai)	Objek yang diteliti adalah gedung rawat inap dengan ketinggian 7 lantai sedangkan penulis meneliti gedung Suzuya dengan ketinggian 10 lantai
2.	Siswanto 2023	Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Metode <i>Pushover</i>	Objek yang diteliti adalah gedung rawat inap dengan ketinggian 4 lantai sedangkan penulis meneliti gedung Suzuya dengan ketinggian 10 lantai
3.	Mahega 2020	Analisis Level Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai Dengan Menggunakan Metode <i>Pushover</i> Berdasarkan SNI 1726:2019 (Studi Kasus: Gedung Graha Wijaya Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya)	Objek yang diteliti adalah gedung rawat inap dengan ketinggian 10 lantai sedangkan penulis meneliti gedung Suzuya dengan ketinggian 10 lantai

### 2.4 Konsep Bangunan Tahan Gempa

Perencanaan struktur tahan gempa merupakan suatu proses yang tidak sederhana dibutuhkan pemahaman dan konsistensi mengenai konsep desain menyeluruh. Konsep perencanaan konstruksi didasarkan pada analisa kekuatan batas (*ultimate strength*) yang mempunyai daktilitas cukup untuk menyerap energi gempa sesuai peraturan yang berlaku.

## 2.5 Daktilitas

Daktilitas adalah kemampuan sebuah struktur atau komponen untuk menahan respon inelastik, termasuk lendutan terbesar dan menyerap energi. Parameter yang digunakan untuk menentukan daktilitas suatu bahan/struktur disebut Faktor Daktilitas ( $\mu$ ). Menurut Paulay dan Priestly (1992), pada dasarnya daktilitas dibagi atas beberapa jenis adalah:

a. Daktilitas Regangan (*Strain Ductility*)

Daktilitas yang berpengaruh pada struktur dapat tercapai pada panjang tertentu pada salah satu bagian dari struktur tersebut. Jika tegangan inelastik dibatasi dengan panjang yang sangat pendek, maka akan terjadi penambahan yang besar pada daktilitas tegangan.

b. Daktilitas Kelengkungan

Daktilitas kelengkungan adalah perbandingan antara sudut kelengkungan (putaran sudut per unit panjang) maksimum dengan sudut kelengkungan leleh dari suatu elemen struktur akibat momen lentur.

c. Daktilitas perpindahan

Daktilitas Perpindahan adalah perbandingan antara perpindahan struktur maksimum terhadap perpindahan struktur pada saat leleh. Tingkat kinerja struktur berhubungan dengan target peralihan yang diharapkan pada tahap pra-desain [ATC, 1996; 2000; 2004], sehingga dalam hal ini peralihan atap pada kondisi target peralihan ( $d_t$ ) diasumsikan sebagai peralihan ultimit ( $d$ ) dalam menentukan parameter daktilitas peralihan.



d. Daktilitas rotasi

Daktilitas Rotasi adalah perbandingan antara putaran sudut maksimum terhadap putaran sudut saat leleh. Daktilitas inilah yang menjadi dasar perencanaan bangunan tahan gempa. Lebih tepatnya adalah sambungan balok ke kolom inilah yang direncanakan sebagai elemen struktur yang mengalami leleh (kondisi plastis) ketika struktur balok menyerap beban gempa. Semakin daktail suatu struktur, maka kuat ultimate dari struktur tersebut semakin tinggi dan kemampuan berdeformasinya semakin besar.

### 2.5.1 Stabilitas

Stabilitas gedung ditentukan dengan tujuan untuk memberikan batasan terhadap keamanan struktur agar tidak melebihi batasan tersebut. Untuk menghitung stabilitas gedung terhadap momen torsi yang bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya puntir pada gedung, faktor penting yang sangat berpengaruh pada saat terjadinya puntir adalah adanya eksentrisitas antara pusat massa dan pusat kekuatan pada bangunan. Sedangkan jika terjadi momen tak terduga maka momen torsi yang telah ada sebelumnya akan ditambah dengan 5% dimensi struktur. Berdasarkan SNI 1726-2019 adapun syarat-syarat sebagai berikut:

a. *Drift ratio*

Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 8.8.5 nilai simpangan antar tingkat diperlukan untuk penggunaan dalam tata cara material, menentukan pemisahan struktur antara bangunan, desain penutup permukaan bangunan (*cladding*) atau persyaratan desain lainnya, simpangan antar tingkat harus diambil sebesar 1% ketinggian bangunan. Semua bagian struktur harus di

desain untuk menahan gaya seismik kecuali jika dipisahkan secara struktur oleh jarak yang cukup untuk menghindari kontak yang merusak akibat defleksi total.

b. Simpangan Antar Lantai (*drift inter-storey*)

Dalam mengontrol simpangan antar lantai (*drift inter-storey*) terdapat ketentuan yang diatur pada peraturan tersebut. Pada parameter respons yang ditinjau harus di kombinasikan dengan metode akar jumlah kuadrat (SRSS) atau metode kombinasi kuadrat lengkap (CQC) yang harus dihitung sesuai persamaan berikut: pers 5

$$\delta_y = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \dots \dots \dots \text{(pers.5)}$$

Dimana:

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lokasi lantai yang ditinjau diakibatkan gaya gempa lateral

$I_e$  = faktor keutamaan struktur

Skala simpangan antar lantai, jika respons terkombinasi untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) < 85% dari  $C_s W$ , maka simpangan antar lantai harus dikalikan dengan  $0,85 \frac{C_s W}{V_t}$ .

c. Rotasi Akibat P-Delta

P-Delta merupakan salah satu efek kedua yang terjadi pada struktur atau biasa dikenal dengan “*geometric nonlinierity effect*”. Hal ini karena berhubungan dengan jumlah lantai ketinggian pada suatu struktur, semakin tinggi struktur maka semakin terpengaruh dengan P-Delta. P-Delta sendiri adalah efek nonlinier yang terjadi pada setiap struktur yang dimana

elemennya terjadi gaya aksial. Pengaruh P-Delta pada geser, momen dan simpangan antar lantai yang timbul pada bangunan tinggi harus diperhitungkan apabila koefisien stabilitas ( $\theta$ ) lebih dari 0,1.

$$\theta = \frac{Px \cdot \Delta \cdot le}{Vx \cdot h_{sx} \cdot Cd} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

$\theta$  = koefisien stabilitas

$Px$  = beban desain vertikal total pada dan diatas tingkat x

$\Delta$  = simpangan antar lantai tingkat desain terjadi secara serentak dengan

$le$  = faktor keutamaan hunian

$V_x$  = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan x-1

$h_{sx}$  = tinggi tingkat di bawah tingkat x

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi

Namun nilai koefisien stabilitas tidak boleh melebihi  $\theta$  yang ditentukan pada persamaan.

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta Cd} \leq 0,25 \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

$\theta_{max}$  = koefisien stabilitas maksimum

$\beta$  = rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat x dan x-1

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi

### 2.5.2 Mutu

Menurut SNI 2847: 2019, dalam pendetailan tulangan dan sambungan, komponen struktur harus diikat secara efektif untuk meningkatkan integritas struktur secara menyeluruh. Persyaratan minimum untuk konstruksi cor di tempat ditentukan sebagai berikut:

- a. Balok sepanjang perimeter struktur harus memiliki tulangan menerus melebihi panjang bentang yang melalui daerah yang dibatasi oleh tulangan longitudinal pada kolom yang terdiri dari:
  1. Paling sedikit  $1/6$  tulangan tarik yang diperlukan untuk momen negatif di tumpuan, tetapi tidak kurang dari dua batang tulangan
  2. Paling sedikit  $1/4$  tulangan tarik yang diperlukan untuk momen positif yang diperlukan di tengah bentang, tetapi tidak kurang dari dua batang tulangan
- b. Tulangan transversal harus diangkur seperti yang ditetapkan pada tulangan torsi. tulangan transversal tidak perlu diteruskan melalui kolom.
- c. Pada ujung tulangan yang harus disambung atau dekat dengan tengah bentang dan dibawah tulangan harus disambung dekat tumpuannya.
- d. Tulangan tranversal paling sedikit  $1/4$  dari tulangan momen positif diperlukan di tengah bentang, tetapi tidak kurang dari dua batang tulangan, harus melalui daerah yang dibatasi oleh tulangan longitudinal kolom dan harus menerus.
- e. Untuk plat dua arah non-prategang, semua batang tulangan atau kawat bawah dalam lajur kolom, dalam setiap arah harus menerus. Paling sedikit dua batang tulangan atau kawat bawah lajur kolom dalam masing-masing



arah harus melewati dalam daerah yang dibatasi oleh tulangan memanjang kolom dan harus diangkur pada tumpuan eksterior.

### 2.5.3 Kolom Kuat Balok Lemah (*Strong Column Weak Beam*)

Perencanaan struktur terhadap gempa sering memakai konsep desain kapasitas di mana pengendalian pola keruntuhan struktur dilakukan melalui pemanfaatan sifat daktail struktur secara maksimal. Konsep desain kapasitas juga dapat diartikan dengan *Strength Based Design* yaitu di mana setiap struktur harus mampu menahan beban geser dasar akibat gempa dalam suatu perencanaan. Menurut Wardhono (2010), Kolom kuat balok lemah *atau Strong Column Weak Beam* biasanya disebut sebagai desain kapasitas yang artinya ketika struktur gedung memikul pengaruh gempa rencana, sendi-sendi plastis di dalam struktur gedung tersebut hanya boleh terjadi pada ujung-ujung balok dan pada kaki kolom saja. Dua macam batasan struktur dalam konsep ini adalah sebagai berikut:

a. *Serviceability Limit State*

Titik berat dari kinerja ini adalah pengontrolan dan pembatasan *displacement* yang terjadi selama gempa berlangsung. Kekuatan tambahan harus bisa dipastikan tersedia pada semua komponen struktur dan tetap berperilaku elastis untuk menahan gempa.

b. *Survival Limit State*

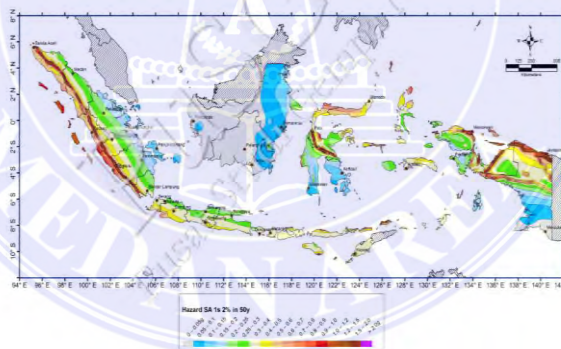
Ketika suatu struktur mengalami perpindahan lateral yang besar, kehilangan kekuatan untuk menahan gaya lateral harus sekecil mungkin dan kemampuan struktur untuk menahan beban gravitasi masih harus bisa tetap dipertahankan. Mekanisme *strong colum weak beam* pada saat struktur mendapat gaya lateral gempa, distribusi kerusakan sepanjang

ketinggian bangunan bergantung pada distribusi lateral *story drift* (simpangan antar lantai). Jika struktur memiliki kolom yang lemah, simpangan antar lantai akan cenderung terpusat pada satu lantai (*soft story effect*). Sebaliknya jika kolom lebih kuat daripada balok (*strong column weak beam*), maka *drift* akan tersebar merata dan keruntuhan lokal di satu lantai dapat diminimalkan. Dengan konsep ini maka diharapkan bahwa kolom tidak akan mengalami kegagalan terlebih dahulu sebelum balok.

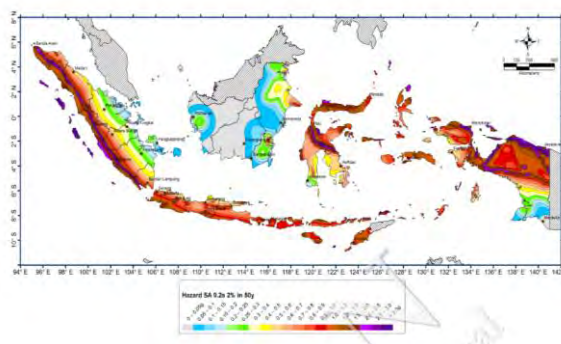
Rasio tulangan harus dipilih sehingga terpenuhi syarat:  $0,01 = \rho = 0,06$ .

## 2.6 Peta Wilayah Gempa

Berdasarkan SNI 1726;2019 pasal 14, ditetapkan berdasarkan parameter  $S_s$  (Percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik) dan  $S_1$  (Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) yang dapat dilihat pada gambar di bawah.



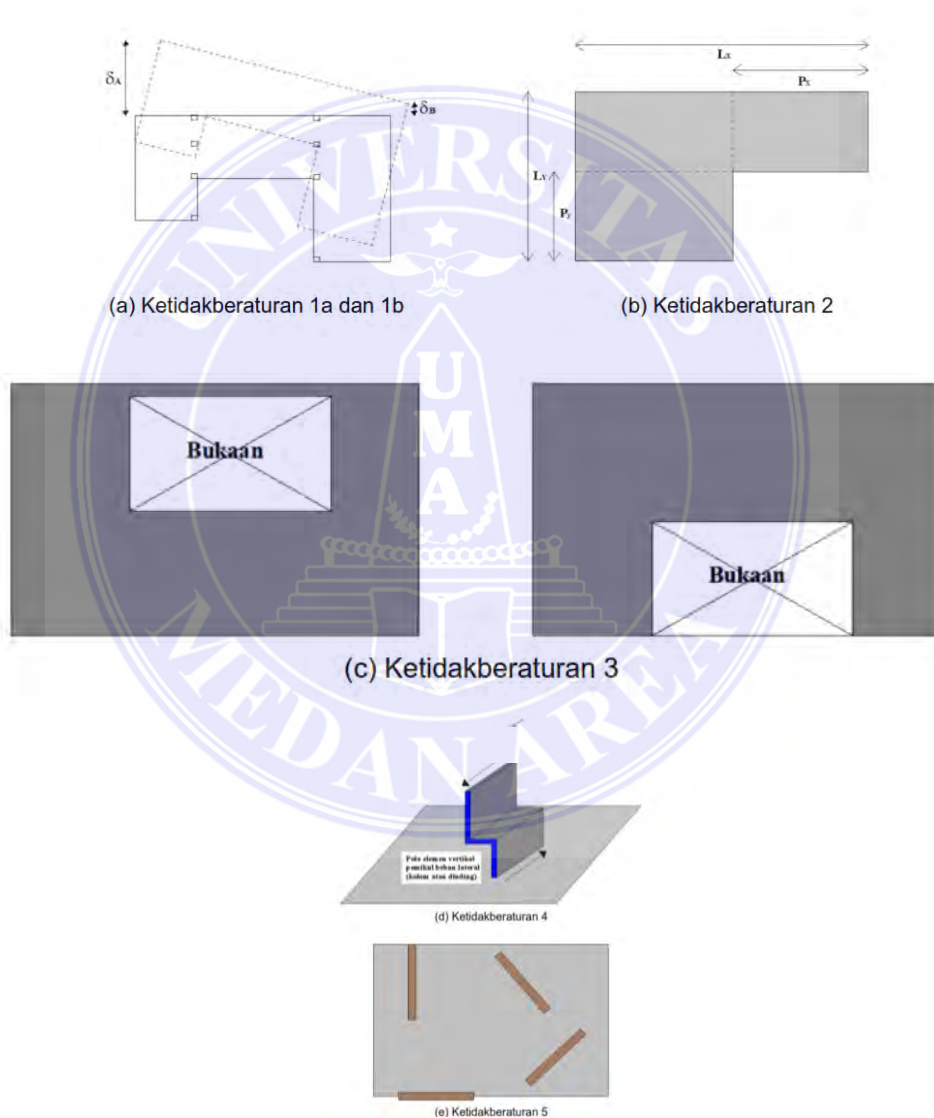
Gambar 1. Parameter gerak tanah  $S_1$ , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 1- detik (redaman kritis 5%) (Peta Bahaya Gempa 2017)



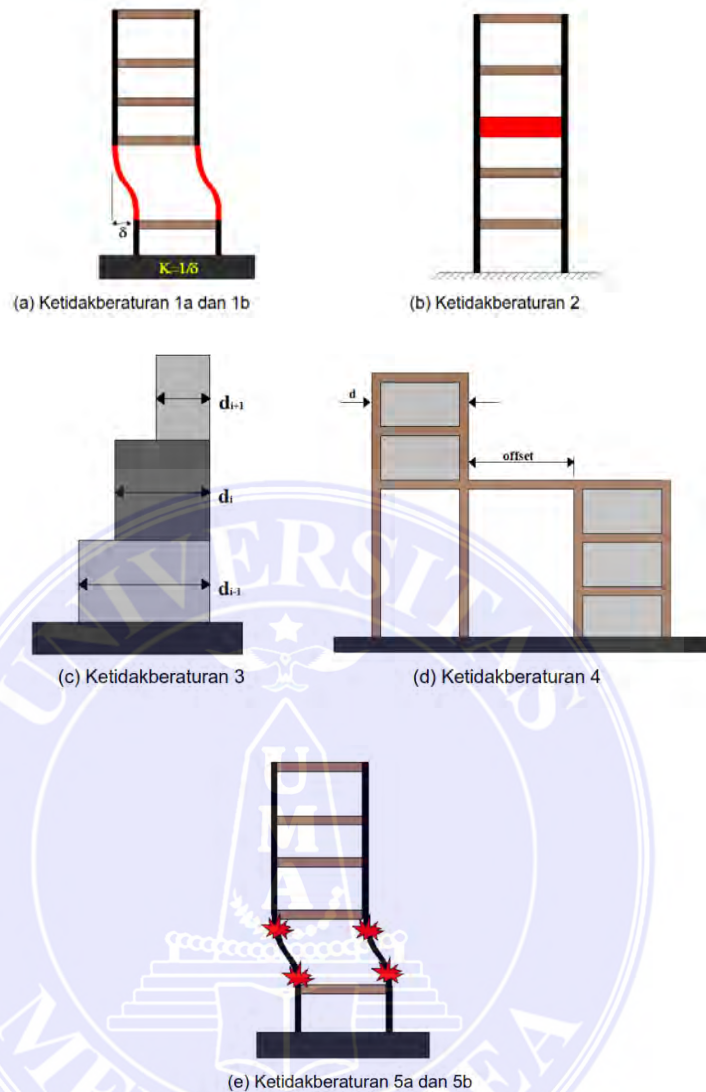
Gambar 2. Parameter gerak tanah  $S_s$ , gempa maksium yang dipertimbangkan risiko-tertarget wilayah ( $MCE_R$ ) Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %), (Peta Bahaya Gempa, 2017)

## 2.7 Prosedur Analisis Struktur

Berdasarkan SNI 1726;2012 pasal 7.3.2.1 dan pasal 7.3.2.2 ketidakberaturan struktur bangunan dapat dibedakan menjadi ketidakbertaturan horizontal dan vertikal yang dapat dilihat pada tabel lampiran 2.



Gambar 3. Ketidakberaturan horizontal, SNI 1726;2019)



Gambar 4. Ketidakberaturan vertical, SNI 1726;2019)

Berdasarkan SNI 1726;2019 pasal 7.6, prosedur analisis yang dapat digunakan seperti pada Tabel 2.4. Prosedur analisis yang digunakan terkait erat dengan berbagai parameter struktur bangunan tersebut, yaitu:

1. Parameter keutamaan bangunan berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726;2019 dan dapat dilihat pada Tabel 2.4.
2. Parameter faktor keutamaan gempa berdasarkan SNI 1726;2012 dapat dilihat Tabel 2.5



3. Kategori desain seismik berdasarkan parameter percepatan respons spektra pada periode 1 detik ( $S$ ) dan parameter percepatan respons spektra pada periode pendek ( $S_s$ ) berdasarkan SNI 1726;2019 pasal 6.5 dapat dilihat pada Tabel 2.6 dan 2.7.

Oleh karena itu, prosedur analisis struktur harus terdiri dari salah satu tipe struktur yang diizinkan yaitu berdasarkan kategori desain seismik struktur, sistem struktur, properti dinamis dan keteraturan. Dari berbagai parameter yang dimiliki oleh struktur gedung tersebut, dapat ditetapkan prosedur analisis yang dapat digunakan seperti yang dijabarkan pada Tabel 2.4.(Madra, 2003)

## 2.8 Struktur Penahan Gaya Seismik

Setiap tipe dibagi berdasarkan tipe elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya seismik lateral. Setiap sistem penahan gaya seismik yang dipilih harus dirancang sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem yang telah ditetapkan.

Di dalam SNI 1726;2019 pasal 7.2, sistem struktur penahan gaya seismik ditentukan oleh parameter berikut ini:

1. Faktor koefisien modifikasi respons ( $R$ )
2. Faktor kuat lebih sistem ( $C$ )
3. Faktor pembesaran defleksi ( $\Omega_d$ )
4. Faktor batasan tinggi sistem struktur

Tabel 1 Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem pemikul gaya seismik

Tabel 2. Sistem struktur penahan gaya seismik SNI 1726:2019

Sistem pemikul gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_{dc}$	Batasan sistem struktur dan Batasan tinggi struktur, $h_n m^d$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>e</sup>	E <sup>e</sup>	F <sup>f</sup>
Dinding geser beton bertulang khusus	5	$2 \frac{1}{2}$	5	TB	TB	48	48	30

## 2.9 Kekakuan Struktur

Kekakuan struktur adalah gaya yang diperlukan struktur bila mengalami deformasi sebesar satu satuan. Nilai kekakuan struktur tergantung dari material yang digunakan, dimensi elemen struktur, penulangan, modulus elastisitas, modulus elastisitas geser dan momen inersia polar. Selain itu, kekakuan struktur juga terkait dengan nilai dari periode struktur tersebut.

## 2.10 Respons Spektrum Desain

Definisi respons spektra adalah respon maksimum dari suatu sistem struktur *Single Degree of Freedom* (SDOF) baik percepatan (a), kecepatan (v) dan perpindahan (d) dengan struktur tersebut dibebani oleh gaya luar tertentu. Absis dari respons spectra adalah periode alami sistem struktur dan ordinat dari respons spektra adalah respons maksimum. Kurva respons spektra akan memperlihatkan simpangan relatif maksimum ( $S_d$ ), kecepatan relatif maksimum ( $S_v$ ) dan percepatan relatif maksimum ( $S_a$ ).

Berdasarkan SNI 1726;2019 pasal 6.1, respons spektra desain harus ditentukan dan dimuat terlebih dahulu berdasarkan data-data yang ada. Data-data yang dibutuhkan dan prosedur untuk pembuatan respons spektra berdasarkan SNI 1726;2019 pasal 6.1 adalah:

a. Parameter Percepatan Terpetakan

Parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada Pasal 15 dengan kemungkinan 2 % terlampaui dalam 50 tahun (MCER 2 % dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila  $S_1 \leq 0,04 g$  dan  $S_s \leq 0,15 g$  maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A.

b. Kelas situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF yang mengikuti 5.3. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs-nya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs lainnya.

Jika penyelidikan tanah yang dilakukan sesuai dengan Pasal 5 menunjukkan adanya kondisi batuan yang konsisten dengan kelas situs *SB*, tetapi tidak dilakukan pengukuran kecepatan gelombang geser situs-spesifik, maka koefisien situs  $F_a$ ,  $F_v$ , dan  $F_{FGA}$  harus diambil sebesar 1,0.

Tabel 2. Klasifikasi Situs (SNI 1726:2019)

Kelas situs	$V_s$ (m/det)	$\tilde{N}$ atau $\tilde{N}ch$	$\tilde{S}u$ (kPa)
<i>SA</i> (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
<i>SB</i> (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
<i>SC</i> (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
<i>SD</i> (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
<i>SE</i> (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
<i>SF</i> (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20\%</math></li> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40\%</math>,</li> <li>3. Kuat geser niralirs <math>PI &gt; 20</math>, <math>\tilde{S}u &lt; 25</math> kPa</li> </ol> Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math></li> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan indeks plasitisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> </ul> Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ dengan $\tilde{S}u < 50$ kPa		

- c. Koefisien-koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget  $MCE_R$

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik



( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \dots \dots \dots (2.10)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

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

$S_1$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode 1,0 detik.

d. Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, ( $S_{DS}$ ) dan pada periode 1 detik, ( $S_{D1}$ ) harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana:

$S_{DS}$  = Respon spektra percepatan desain untuk perioda pendek

$S_{D1}$  = Respon spektra percepatan desain untuk perioda 1,0 detik

e. Prosedur pembuatan respons spektra desain berdasarkan SNI 1726;2019

Selanjutnya, untuk mendapatkan kurva spektrum desain harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 2.18 dan mengikuti ketentuan di bawah ini:

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

$$S_a = S_{DS}(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \dots \dots \dots (2.14)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$ , dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$ :

3. Untuk periode lebih besar dari  $T_s$  tetapi lebih kecil dari atau sama dengan  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots \dots \dots (2.15)$$

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

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \dots \dots \dots (2.16)$$

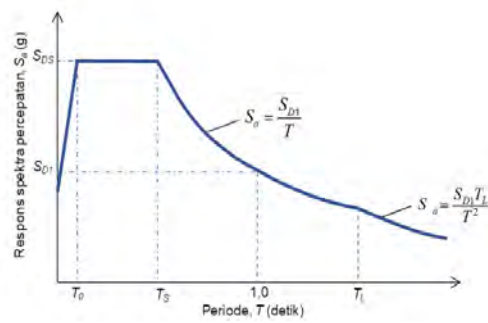
Keterangan:

$T$  = periode getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots \dots \dots (2.17)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots \dots \dots (2.18)$$

$T_L$  = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada gambar dibawah



Gambar 5. spektrum desain (SNI 1726;2019)

Setiap bangunan pasti memiliki faktor prioritas yang tergantung pada penting atau tidaknya suatu bangunan. Bangunan yang sangat penting diharapkan lebih awet dan memiliki umur yang lebih lama dari bangunan biasa. Banyak hal yang berkaitan dengan hal tersebut, antara lain dapat dikelompokkan sesuai dengan kekuatan gempa atau berkaitan dengan periode ulang dan rendahnya tingkat bangunan serta fungsi bangunan dalam rangka melindungi manusia. Pengelompokan ini berada dalam filosofi desain (*earthquake design philosophy*) suatu bangunan akibat beban gempa. Filosofi desain yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Pada gempa kecil (*light*, atau *minor earthquake*), maka struktur utama bangunan tidak boleh rusak dan berfungsi dengan baik. Kerusakan kecil yang dapat ditoleransi pada elemen non-struktur masih dibolehkan.
2. Pada gempa menengah (*moderate earthquake*) yang relatif jarang terjadi, maka struktur utama bangunan boleh rusak/ retak ringan tetapi masih dapat diperbaiki. Elemen non-struktur boleh rusak tetapi masih dapat diganti dengan yang baru.
3. Pada gempa kuat (*strong earthquake*) yang jarang terjadi, maka struktur bangunan boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total (*totally collapse*).

Kondisi seperti ini juga diharapkan pada gempa besar (*great earthquake*), yang tujuannya adalah melindungi penghuni bangunan secara maksimum.

Perilaku bahan, elemen struktur maupun struktur juga yang mendukung pengembangan konsep bangunan tahan gempa. Perilaku bahan akibat beban dapat berupa linier dan non-linier, sedangkan intensitas beban dapat mengakibatkan respons elastik maupun inelastik. Dengan demikian, akan terdapat 4 kombinasi yaitu antara lain sebagai berikut :

1. Linier elastik

Adalah suatu respons bahan/ elemen struktur yang mana hubungan antara beban-simpangan bersifat lurus, proporsional/ linier dan apabila beban dihilangkan maka deformasi bahan akan sama dengan nol (kembali ke posisi semula). Bahan metal khususnya baja mempunyai sifat/ respons linier apabila intensitas bebannya masih kecil.

2. Non-linier elastik

Adalah apabila hubungan antara beban-simpangan dari awal sudah tidak lurus/linier tetapi non-linier walaupun intensitas bebannya masih relatif kecil. Apabila beban ditiadakan maka deformasi bahan akan sama dengan nol (kembali ke posisi semula, tidak ada deformasi permanen). Tanah dan beton pada umumnya mempunyai sifat non-linier sejak intensitas beban masih kecil.

3. Linier inelastik

Adalah suatu kondisi yang mana intensitas beban sudah besar, tegangan yang terjadi sudah tidak lagi tegangan elastik tetapi sudah inelastik. Apabila beban ditiadakan maka benda tidak dapat lagi kembali ke posisi semula



tetapi Kembali secara linier/ lurus ditempat yang lain (ada deformasi permanen). Walaupun beban sudah besar tetapi perilaku bahan dimodel secara linier. Struktur beton yang dibebani dengan beban siklik dengan intensitas yang besar pada hakekatnya akan berperilaku non-linier inelastik, tetapi pada umumnya dimodel sebagai linierinelastik.

#### 4. Non-linier inelastik

Adalah suatu kondisi pembebanan siklik yang intensitasnya besar yang diterapkan pada struktur tanah maupun beton. Hubungan antara beban dan deformasi tidak lagi bersifat lurus/ linier dan apabila beban siklik ditiadakan maka akan terdapat deformasi permanen.

### 2.11 Analisis Gaya Lateral Ekivalen

#### 2.11.1 Periode Alami Struktur

Periode fundamental struktur  $T$ , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul dalam analisis yang teruji. Juga tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dan periode fundamental pendekatan  $T_a$ , yang ditentukan.

Tabel 3. Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode (SNI 1726:2019)

No.	Parameter percepatan respons spektral desain Pada 1 detik $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
1.	$\geq 0,4$	1,4
2.	0,3	1,4
3.	0,2	1,5
4.	0,15	1,6
5.	$\leq 0,1$	1,7

Sebagai alternatif dalam melakukan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur,  $T$  diizinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan,  $T_a$ , yang dihitung sesuai dengan rumus dibawah ini:

$$T_a = C_t h_n^x \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

$h_n$  = ketinggian struktur (m)

### 2.11.2 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 1726;2012 pasal 7.8.3, gaya gempa Lateral ( $F_i$ ) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_i = C_{vx} \cdot V \dots \dots \dots (2.20)$$

$$C_{vx} = \frac{w_i h_i^k}{\sum_{n=1}^i w_i h_i^k} \dots \dots \dots (2.21)$$

Dimana :

$C_{vx}$  = factor distribusi vertical

$V$  = Gaya geser atau laeral desain total

$W_i$  = Bagian berat seismik efektif total struktur ( $W$ ) yang dikenakan atau ditempatkan pada tingkat- $i$

$K$  = eksponen yang terkait dengan periode struktur dengan nilai untuk struktur dengan  $T \leq 0,5$  detik,  $= 1$  ; untuk struktur dengan  $T \geq 2,5$  detik,  $= 2$  ; untuk struktur dengan  $0,5 < T < 2,5$  detik,  $k = 2$  atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

### 2.11.3 Distribusi Horizontal Gaya Gempa

Gaya horizontal adalah gaya yang terjadi pada arah horizontal struktur. Gaya bekerja horizontal dalam arah tegak lurus terhadap bidang vertikal. Beban horizontal dapat berupa beban angin dan beban gempa. Dengan gaya horizontal ini dapat menyebabkan bangunan membengkok ke arah gaya lateral sehingga menyebabkan simpangan. Jika penyimpangan yang terjadi melebihi batas beban, struktur akan rusak dan tidak akan dapat memenuhi umur layanannya. Gaya horizontal yang merupakan beban seismik pada dasarnya bukanlah beban yang secara fisik bekerja pada bangunan, tetapi menciptakan beban inersia dengan massanya sendiri dikalikan dengan gaya seismik. Karena percepatan gempa adalah dinamis dan bolak-balik, sehingga kekuatan portal dapat mengatasi situasi tersebut.

Berdasarkan SNI 1726;2019 pasal 7.8.4, geser tingkat di semua ( $V_x$ ) harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^n Fi \dots\dots\dots(2.22)$$

$F_i$  = bagian dari geser dasar seismik ( $V$ ) pada tingkat ke- $i$  (Kn)

### 2.11.4 Analisis Ragam Spektrum Respons

Metode analisis ragam respon spektrum adalah penyimpangan struktur yang terjadi merupakan penjumlahan dari penyimpangan masing-masing ragam getaran. Menurut parameter respons gabungan, respons masing-masing ragam adalah ditentukan melalui spektrum respon gempa rencana maksimum. Secara umum respon setiap ragam mencapai suatu nilai maksimum pada waktu yang berbeda sehingga respon maksimum ragam-ragam tersebut tidak bisa ditambahkan. Berdasarkan SNI 1726; 2019 pasal 7.9.1.1, nilai akhir respon dinamik struktur

bangunan terhadap beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 90 % dari nilai respon ragam pertama.

### 2.11.5 Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan

Beban yang bekerja pada struktur berupa beban mati, beban hidup dan beban gempa selain itu ada pula beban dari lift dan tangga.

#### a. Beban Hidup

Beban hidup berasal dari beban penghuni dan fasilitas lainnyayang dapat di dipindahkan. Beban hidup pada atap juga merupakan beban yang berasal dari beban pada saat pemeliharaan, beban yang ditimbulkan oleh taman yang di buat di atap.

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari barang – barang yang dapat berpindah, mesin – mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap kedalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air (PPIUG, 1983).

#### b. Beban Mati

Beban mati merupakan beban yang berasal dari struktur tersebut yang meliputi balok,kolom,lantaidan struktur pendukung lainnya yang posisiya tidak dapat diubah atau di pindahkan.Beban mati dipengaruhi oleh:

##### 1. Berat bahan konstruksi



2. Berat peralatan layan tetap
3. Beban Gempa

Beban mati pada balok akibat berat dinding yang di pikul dapat dicari dengan rumus berikut:

$$DL = h \times \text{berat jenis material} \dots \dots \dots (2.23)$$

Berat jenis dari material dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini yang bisa digunakan dalam desain pembebanan.

Tabel 4. Berat Jenis Material (SNI 1726:2019)

Material	kN/m2
Plafon + penggantung plafon	0,18
MEP yang digantung di langit-langit	0,25
Spesi lantai	0,21
Keramik lantai	0,24
Kaca	0,0257
Sheet baja	0,20
ACP	0,07
Beton precast (10 cm)	2,40
Dinding pasangan bata	2,50
Dinding pasangan hebel (bata ringan)	1,50

Beban gempa terjadi akibat pergerakan lapisan bumi sehingga dapat mempengaruhi ketahanan struktur. Pembebanan struktur beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019. Analisis beban gempa terdapat 3 cara analisis, yaitu analisis gaya lateral ekuivalen, analisis spektrum respons ragam dan prosedur riwayat respons seismik. Berdasarkan SNI 2847;2019 pasal 5.3.1, faktor-faktor dan kombinasi beban adalah:

1. 1,4 DL
2. 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R)
3. 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (1,0L atau 0,5W)

4.  $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
5.  $1,2D + 1,0E + 1,0L$
6.  $0,9D + 1,0W$
7.  $0,9D + 1,0E$

## 2.12 *Pushover Analisis*

Analisis beban dorong statis atau statis analisis *pushover* adalah cara digunakan untuk menganalisis perilaku runtuhnya bangunan akibat gempa. Kurva *pushover* dipengaruhi oleh pola distribusi gaya lateral yang digunakan sebagai beban dorong. Kurva kapasitas akan menunjukkan kondisi linier sebelum mencapai keadaan leleh dan kemudian berperilaku nonlinier. Hasil dari kurva tersebut kemudian diolah dengan metode *Displacement Coeficient Method (DCM)* [FEMA 356]. Dalam mengevaluasi kinerja terdapat 2 metode yang beracuan pada ATC-40 dan FEMA 356, yaitu:

### 2.12.1 Metode spektrum kapasitas, yang mengacu pada ATC-40.

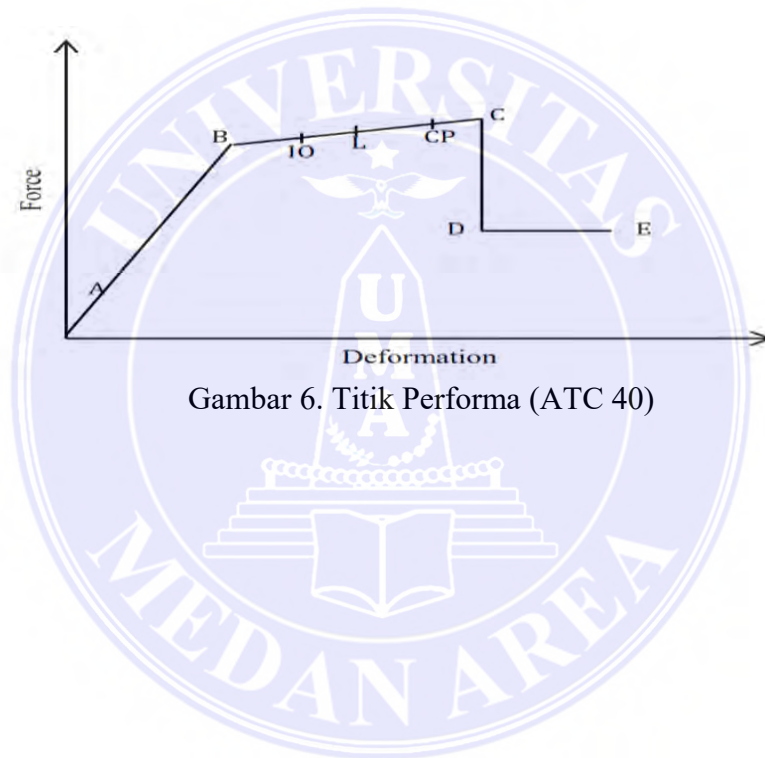
Metode Spektrum Kapasitas atau *Capacity Spectrum Method (CSM)* adalah salah satunya cara mengetahui kinerja suatu struktur. Konsep dasar analisis statis *pushover* nonlinier adalah untuk memberikan pola pemuatan statis tertentu dalam arah lateral yang ditingkatkan secara bertahap. Kinerja bangunan berdasarkan metode spektrum kapasitas, ATC-40 mengatur dengan melihat batas deformasi. Nilai *drift* digunakan sebagai indikator kinerja struktur, dengan menggunakan persamaan:

$$\text{maximum total } Drift = \frac{Dt}{h} \dots\dots\dots(2.23)$$

**2.12.2 Metode Koefisien Perpindahan yang mengacu pada FEMA 356**

Metode Koefisien Perpindahan atau *Displacement Coefficient Method* (DCM) adalah metode yang terdapat dalam FEMA 273/356 untuk prosedur statis nonlinier. Penyelesaian dilakukan dengan memodifikasi respons elastis linier dari sistem SDOF yang setara dengan faktor koefisien C0,C1,C2 dan C3 sehigga bisa dihitung target perpindahan

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 \left(\frac{T_e}{2\pi}\right)^2 g \dots\dots\dots(2.2)$$



Gambar 6. Titik Performa (ATC 40)

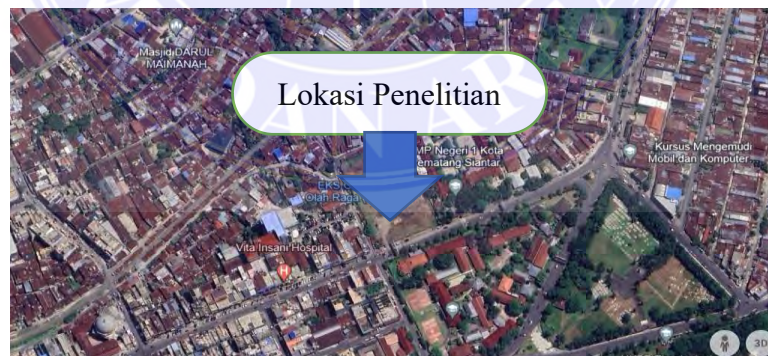
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Deskripsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Proyek Pembangunan Gedung Suzuya, Pematangsiantar, yang tidak terlepas dari kemajuan teknologi. Karena itu dalam menganalisis struktur bangunan digunakan *Software* SAP2000 untuk mempermudah pengolahan data dengan menggunakan metode analisis statik non-linear yang akan menghasilkan kurva kapasitas dimana kurva ini menyatakan hubungan antara gaya geser dasar terhadap peralihan atap struktur bangunan gedung.

### 3.2 Lokasi Penelitian

Proyek Pembangunan Gedung Suzuya Pematangsiantar berlokasi Jl. Merdeka No.45, Pardomuan, Kec. Siantar Bar, Kota Pematangsiantar, Sumatera Utara.

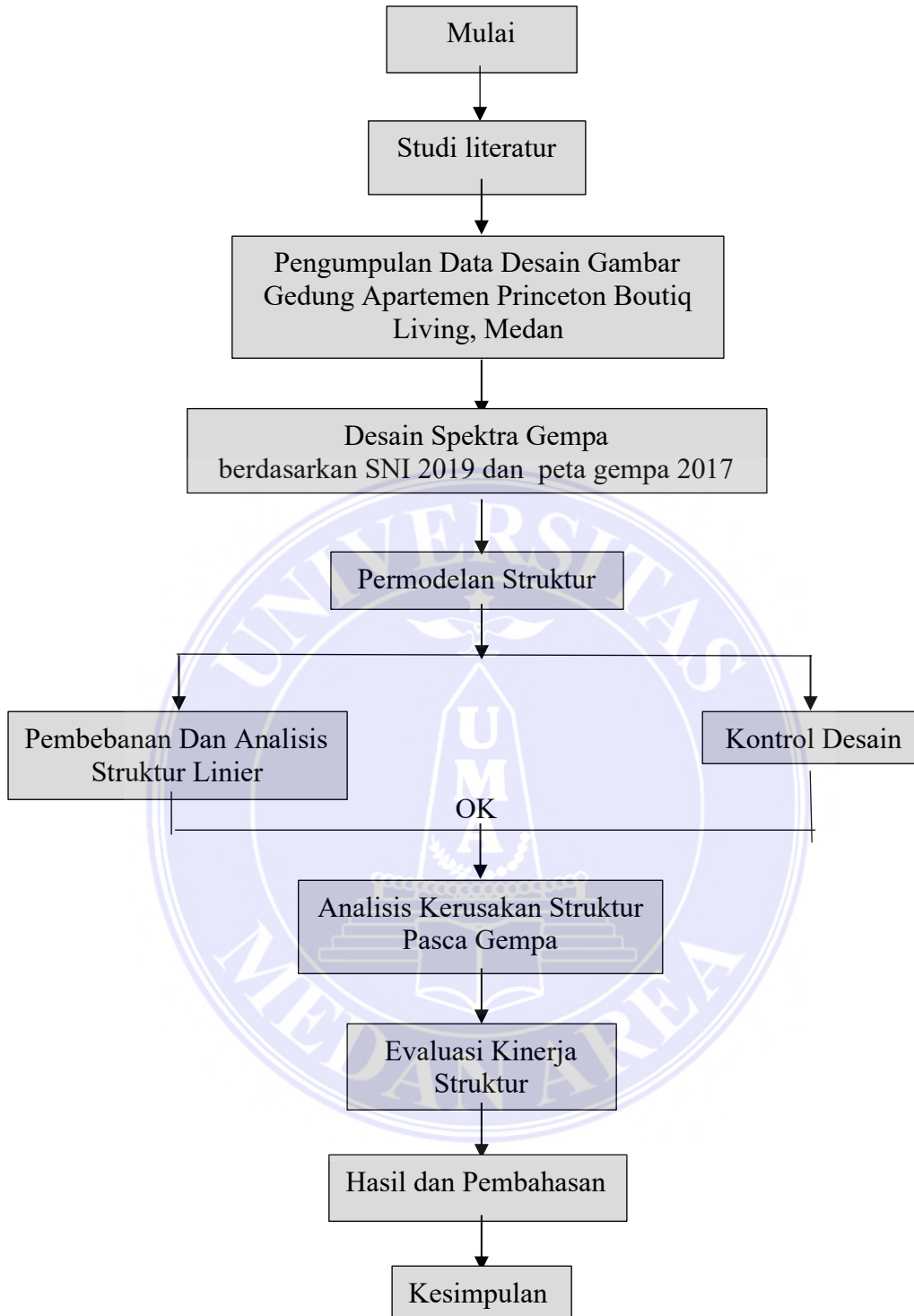


Gambar 7. Lokasi Penelitian (*Google Map*, 2024)

### 3.3 Tahapan Penelitian

Berikut adalah beberapa tahapan pemodelan struktur dan analisis struktur dengan SAP2000 yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:





Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa perilaku struktur gedung bersifat non-linier, terutama terjadi dalam kondisi beban yang lebih tinggi atau deformaasi yang signifikan. Pada arah X, displacement maksimum mencapai 0,014410 m dengan base shear sebesar 64.746,662 kN, dan terjadi collapse pada step ke-7. Sementara pada arah Y, displacement adalah 0,15 m dengan base shear 58.897,495 kN. Kedua arah menunjukkan bahwa struktur dapat mempertahankan fungsi tanpa kerusakan signifikan, masuk dalam kategori "Immediate Occupancy" sesuai ATC-40. Dalam kondisi ini, struktur dianggap aman dan memenuhi kriteria "*Collapse Prevention (CP)*". Kesimpulan ini diperoleh dari analisis pushover baik untuk arah X maupun Y.

### 5.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

1. Untuk melihat hasil yang lebih baik, maka evaluasi dapat dilanjutkan dengan analisa *time history*.
2. Sebaiknya memperhatikan parameter yang akan digunakan dalam proses analisis *pushover* dengan bantuan program *software*, agar hasil sesuai dengan kondisi yang terjadi akibat gempa.
3. Penelitian selanjutnya juga dapat dilakukan pertimbangan besaran pengaruh elemen non struktural kondisi bangunan pasca gempa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Firdha, R. A., Isneini, M., Husni, H. R., & Widyawati, R. (2021). Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Terhadap Beban Gempa Dengan Metode *Pushover Analysis* (Studi Kasus: Gedung Rawat Inap Non–Bedah Rumah Sakit Umum Daerah Dr. H. Abdul Moeloek). *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 9(4), 829-840.
- Gunawan, L. Y., & Idris, Y. (2018). Evaluasi Kinerja Seismik Gedung Hotel Harper Palembang Dengan *Pushover Analysis* Menggunakan Program Sap2000 (Doctoral Dissertation, Sriwijaya University).
- Habibi, I. (2019). *Analisa Pushover Pada Bangunan Gedung Telkomsel Di Kota Pematang Siantar (Studi Kasus)* (Doctoral Dissertation).
- Istiono, H., & Ramadhan, A. Y. (2020). Analisis Pengaruh *P-Delta Effect* Terhadap Perbedaan Ketinggian Struktur Gedung Tahan Gempa (Studi Kasus: *Non-Highrise Building*). *Rekayasa Sipil*, 14(3), 218-226.
- Nurjaman, H. N. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung. Bsn.
- Nurjaman, H. N. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan. Bsn.
- (MASRIL, Analisis Srtuktur Atas Empat Lantai Dengan Analisis Pushover Menggunakan Program SAP2000 Studi Kasus : Gedung Kantor Bersama Sijunjung, 2019)
- Potalangi, J. G., Manalip, H., & Wallah, S. E. (2020). Analisis Keruntuhan Gedung Bertingkat Akibat Beban Gempa Dan Beban Angin Dengan Metode *Pushover*. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 10(1).
- Pramudhita, G., & Buwono, H. K. (2019). Analisis Nonlinier Static *Pushover* Struktur Gedung Bertingkat Soft Story Dengan Menggunakan Material Beton Bertulang Dan Beton Prategang Pada Balok Bentang Panjang. *Konstruksia*, 10(2), 95-106.
- Septian, N., Turuallo, G., & Sulendra, I. K. (2022). Kinerja Portal Struktur Gedung Tahan Gempa Dengan Sistem Ganda Menggunakan Metode *Pushover Analysis*. *Rekonstruksi Tadulako: Civil Engineering Journal On Research And Development*, 35-42.
- Siswanto, A. B. (2018). Kriteria dasar perencanaan struktur bangunan tahan gempa. *Jurnal Teknik Sipil*, 11, 59-72.

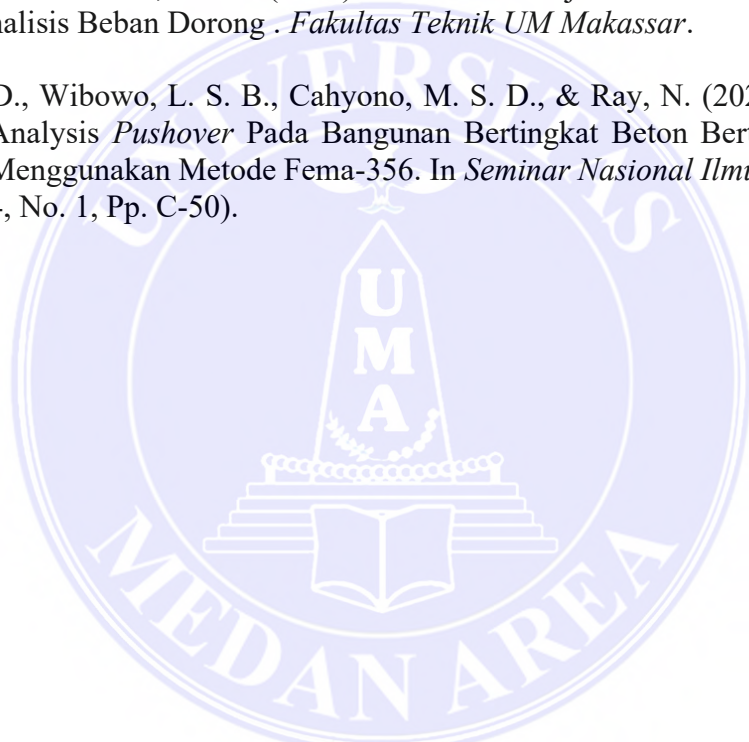
Sriwahyuningsih, Y. Analisis Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang Terhadap Beban Gempa Dengan Metode Beban Dorong (Pushover)(Studi Kasus: Hotel Santika Banyuwangi).

Sodik, A. S. N., & Andayani, R. (2021). Pengaruh Penerapan Sni 1726: 2019 Terhadap Desain Struktur Rangka Momen Beton Bertulang Di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 17(1), 1-12.

Tampubolon, S. P., Sarasantika, I. P. E., & Suarjana, I. W. G. (2022). Analisis Kerusakan Struktur Bangunan Dan Manajemen Bencana Akibat Gempa Bumi, Tsunami, Dan Likuifaksi Di Palu. *Bentang: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 10(2), 169-186.

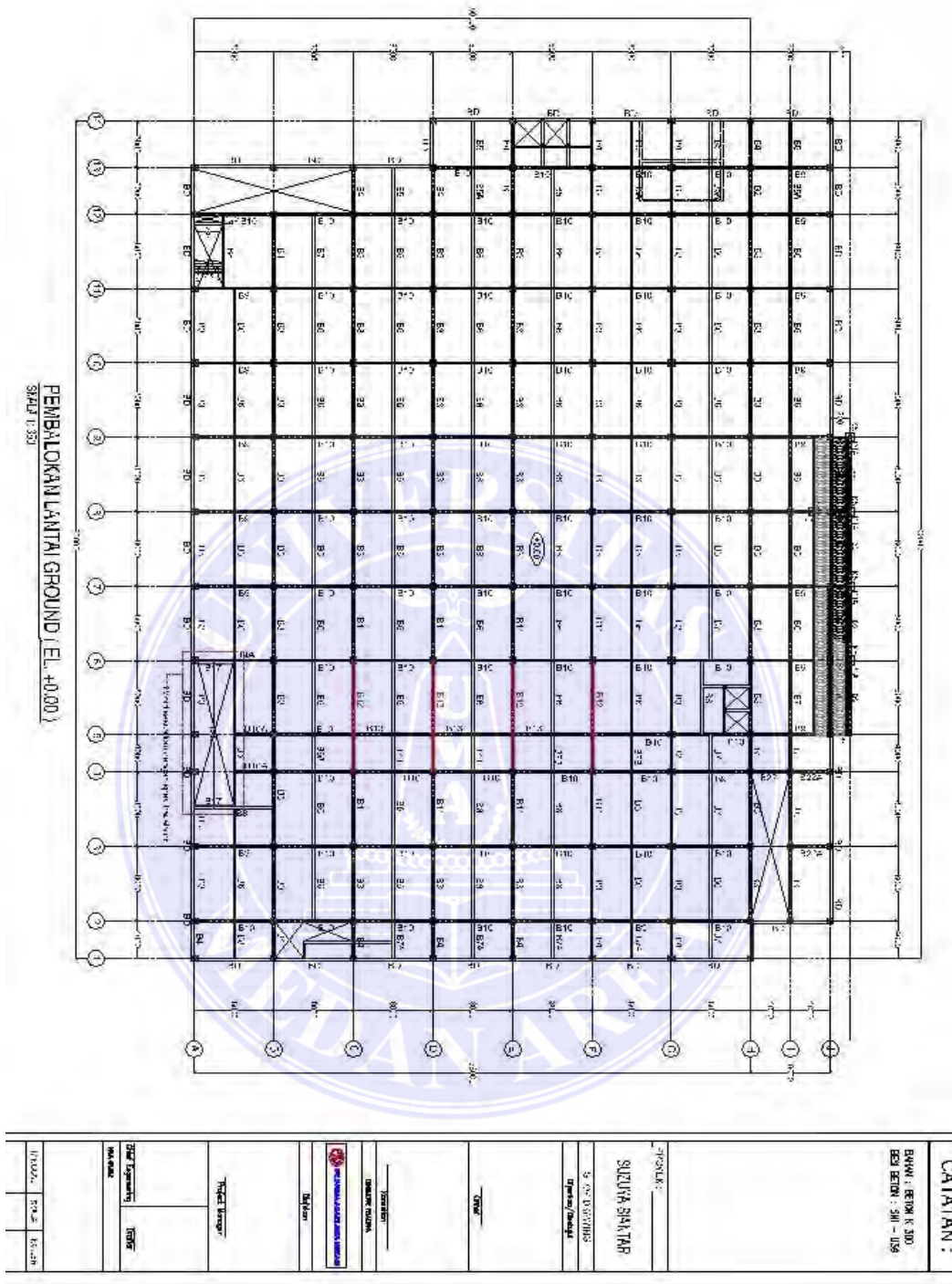
Yenny Nurchasanah, W. A. (2020). Evaluasi Kinerja Seismik Gedung Terhadap nalisis Beban Dorong . *Fakultas Teknik UM Makassar*.

Zebua, D., Wibowo, L. S. B., Cahyono, M. S. D., & Ray, N. (2020, November). Analysis *Pushover* Pada Bangunan Bertingkat Beton Bertulang 7 Lantai Menggunakan Metode Fema-356. In *Seminar Nasional Ilmu Terapan* (Vol. 4, No. 1, Pp. C-50).

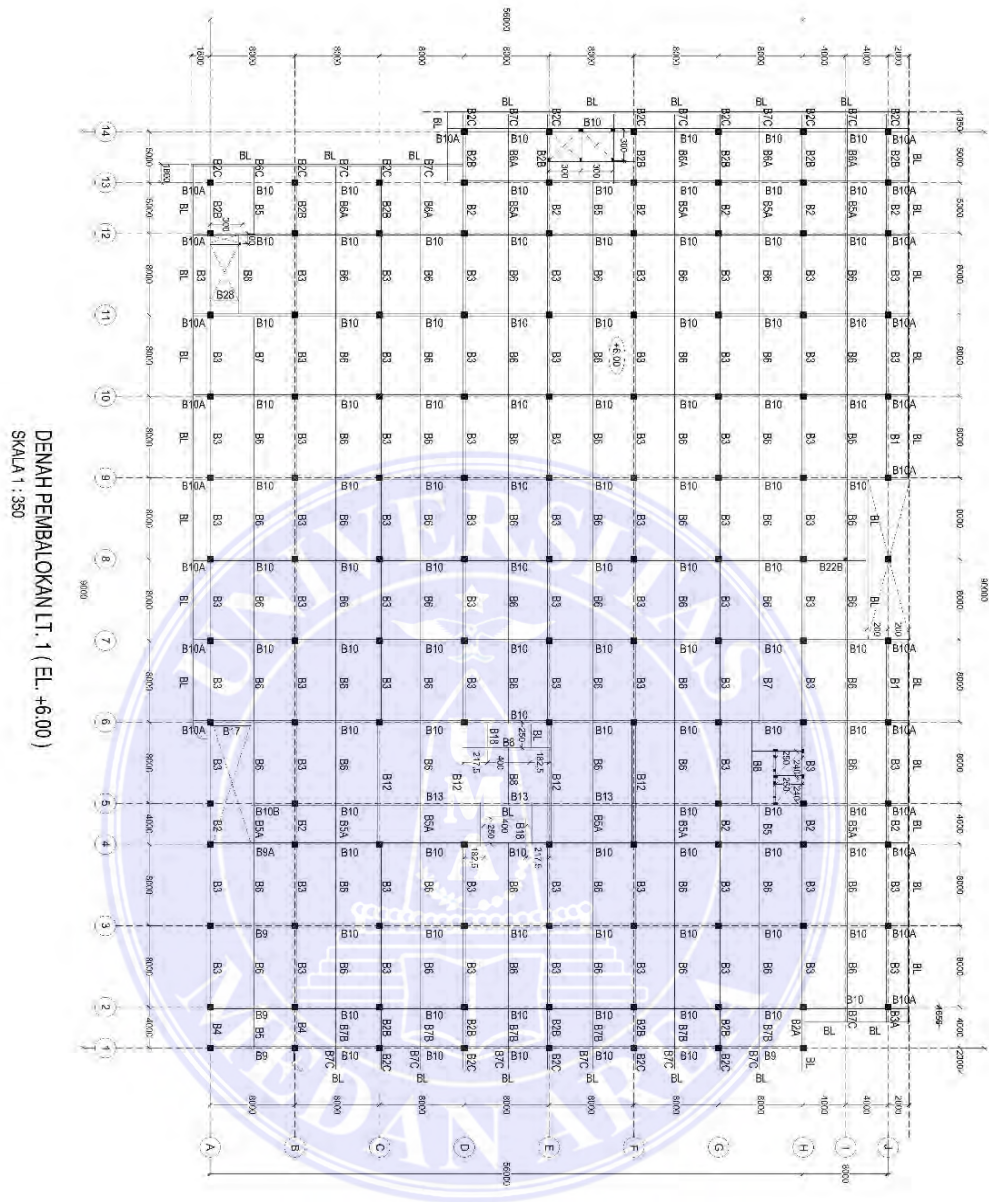






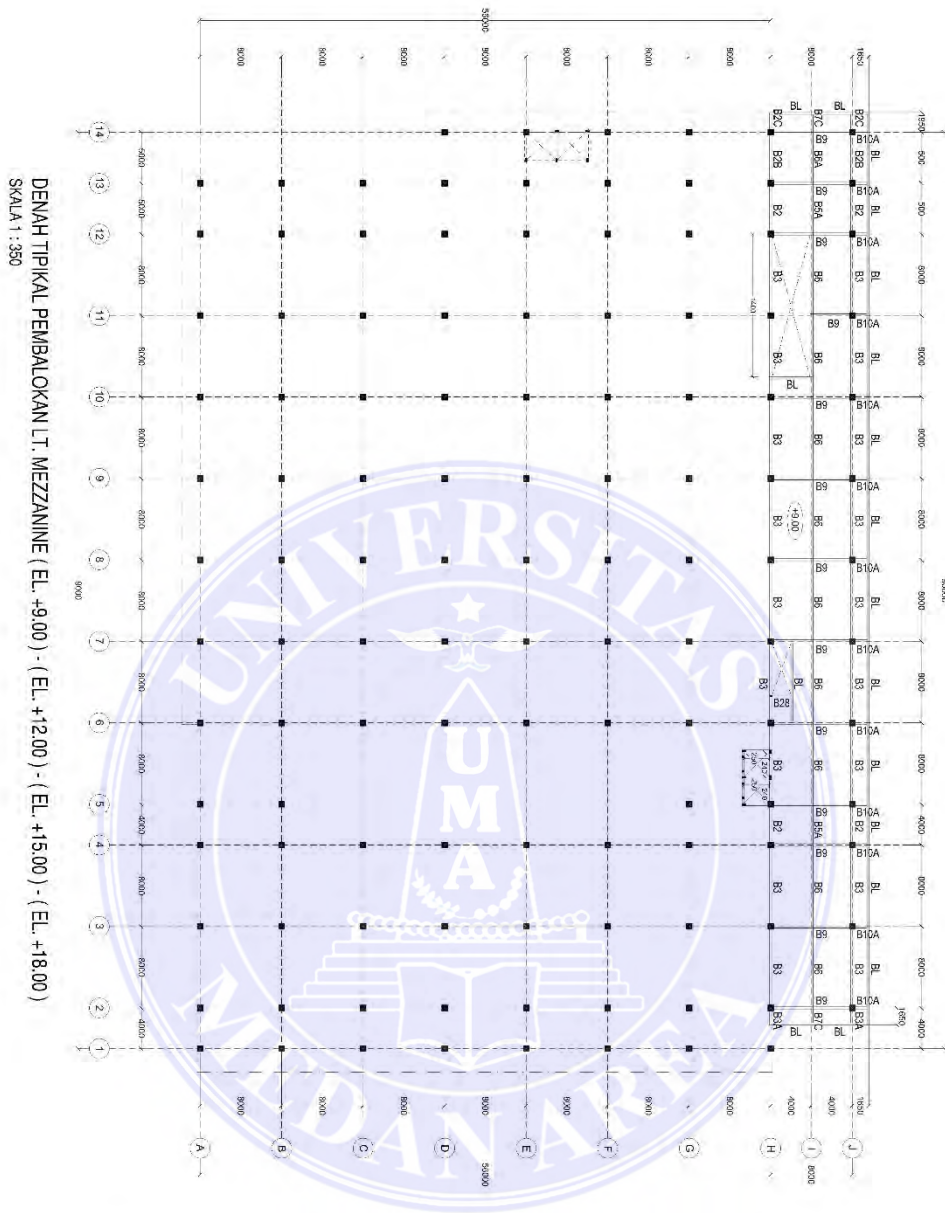


Lampiran 2. Gambar Pembalokan Lantai Ground



<b>CATATAN :</b>	1. BAHAN BETON K-200 2. BAHAN BAJA S 240
<b>PROJEK :</b>	<b>SUZUYA SIANTAR</b>
<b>SHOP DRAWING :</b>	STRUKTUR
<b>TANGGAL :</b>	SKALA   NO. LEMBAR

Lampiran 3. Gambar Pembalokan Lantai 1



CATATAN :	
1.	SEMI-FINISH
2.	FINISH
PROJEK :	
SUZUYA SIANTAR	
SHOPDRAWING	
PT. PERUSAHAAN ANANDA MANAJEMEN	
Jl. ... ..	
Medan	
TANGGAL : 12/12/2018	

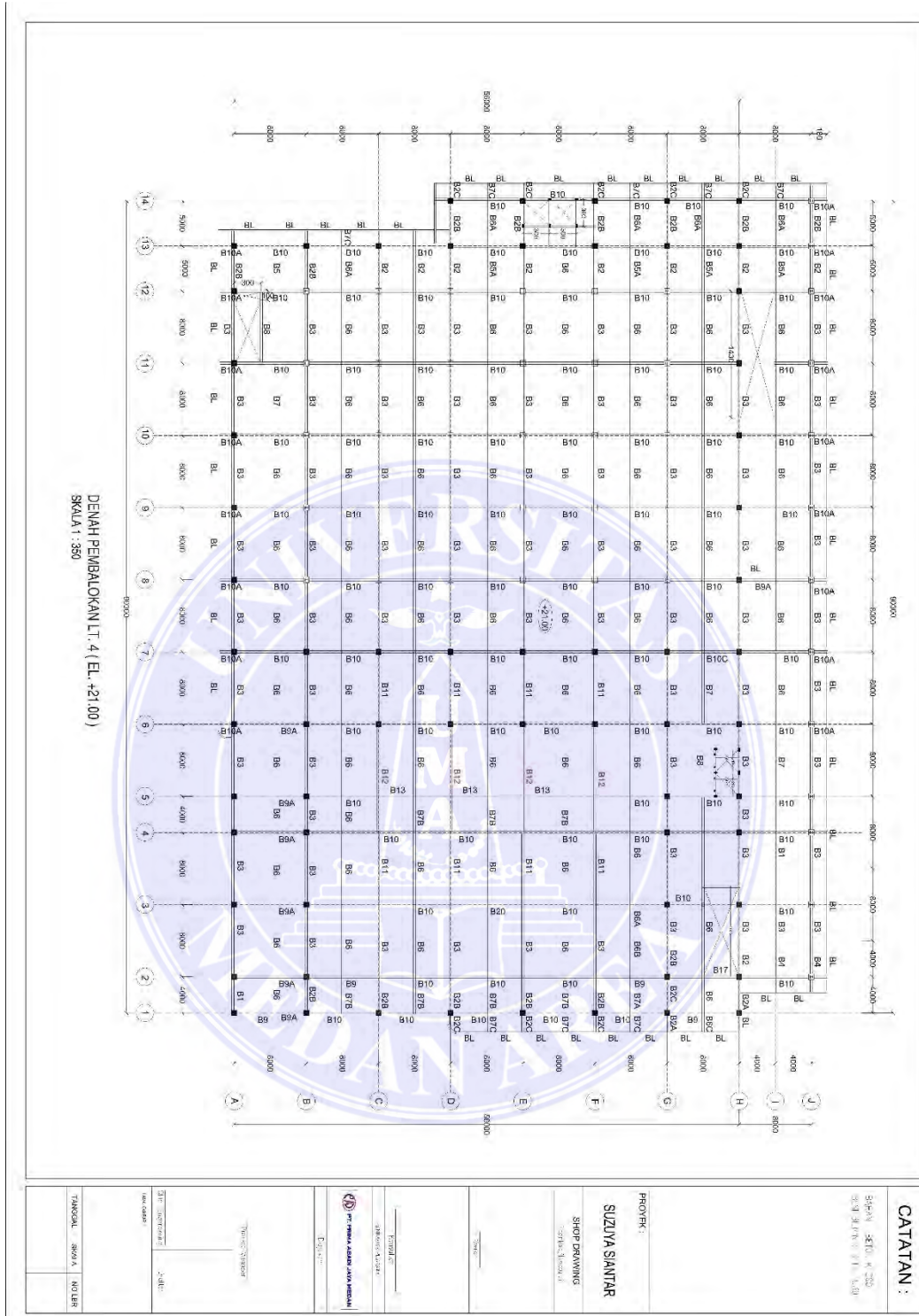
Lampiran 4. Gambar Pembalokan Lantai Mezzanine











Lampiran 7. Gambar Pembalokan Lantai 4

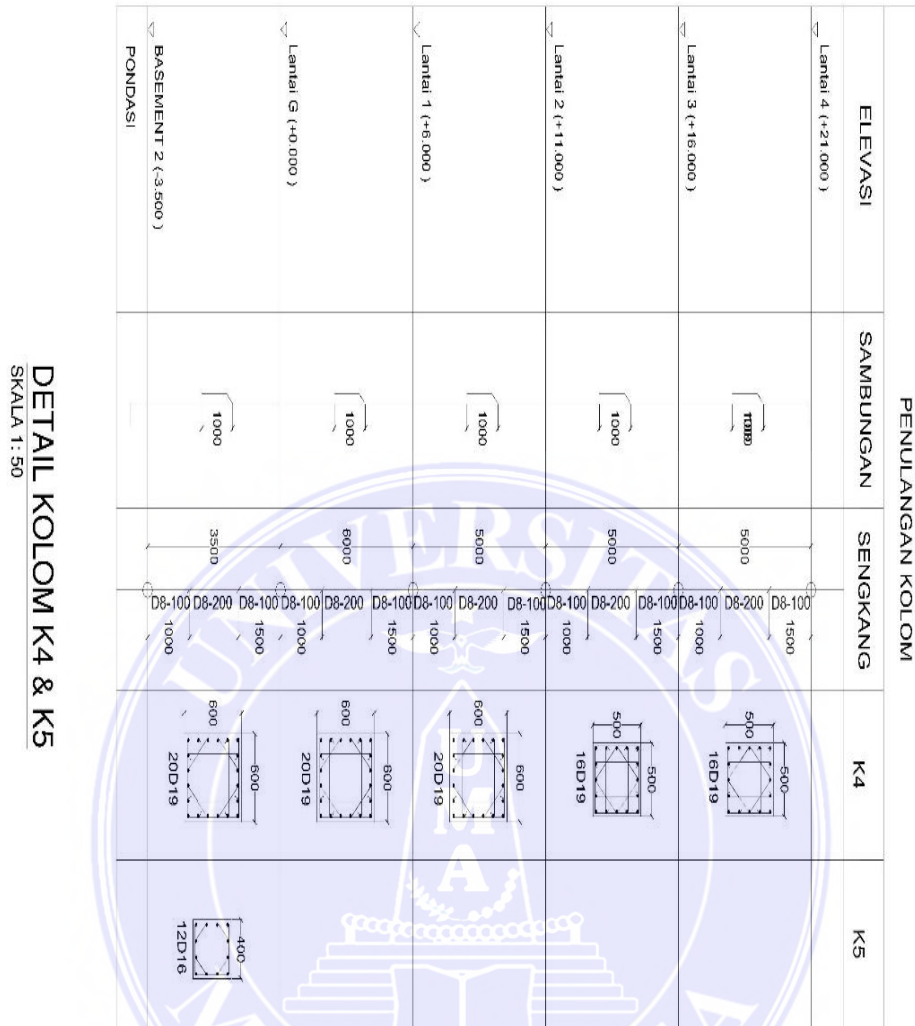
PENULANGAN KOLOM				
ELEVASI	SAMBUNGAN	SENGKANG	K1	K3
Asap / Tump. Tangga (+20.000)				
Lantai Atap (+26.000)				
Lantai 4 (+21.000)				
Lantai 3 (+16.000)				
Lantai 2 (+11.000)				
Lantai 1 (+6.000)				
Lantai GF (+0.000)				
BASEMENT (-3.500)				
PONDASI				

DETAIL KOLOM K1 & K3  
SKALA 1:50

PENULANGAN KOLOM				
ELEVASI	SAMBUNGAN	SENGKANG	K2	K2A
Lantai Atap (+26.000)				
Lantai 4 (+21.000)				
Mazzanine 4 (+18.000)				
Mazzanine 3 (+15.000)				
Mazzanine 2 (+12.000)				
Mazzanine 1 (+9.000)				
Lantai 1 (+6.000)				
Lantai GF (+0.000)				
BASEMENT 2 (-3.500)				
PONDASI				

DETAIL KOLOM K2 & K2A  
SKALA 1:50

Lampiran 8. Gambar Detail Kolom



Lampiran 9. Gambar Detail Kolom

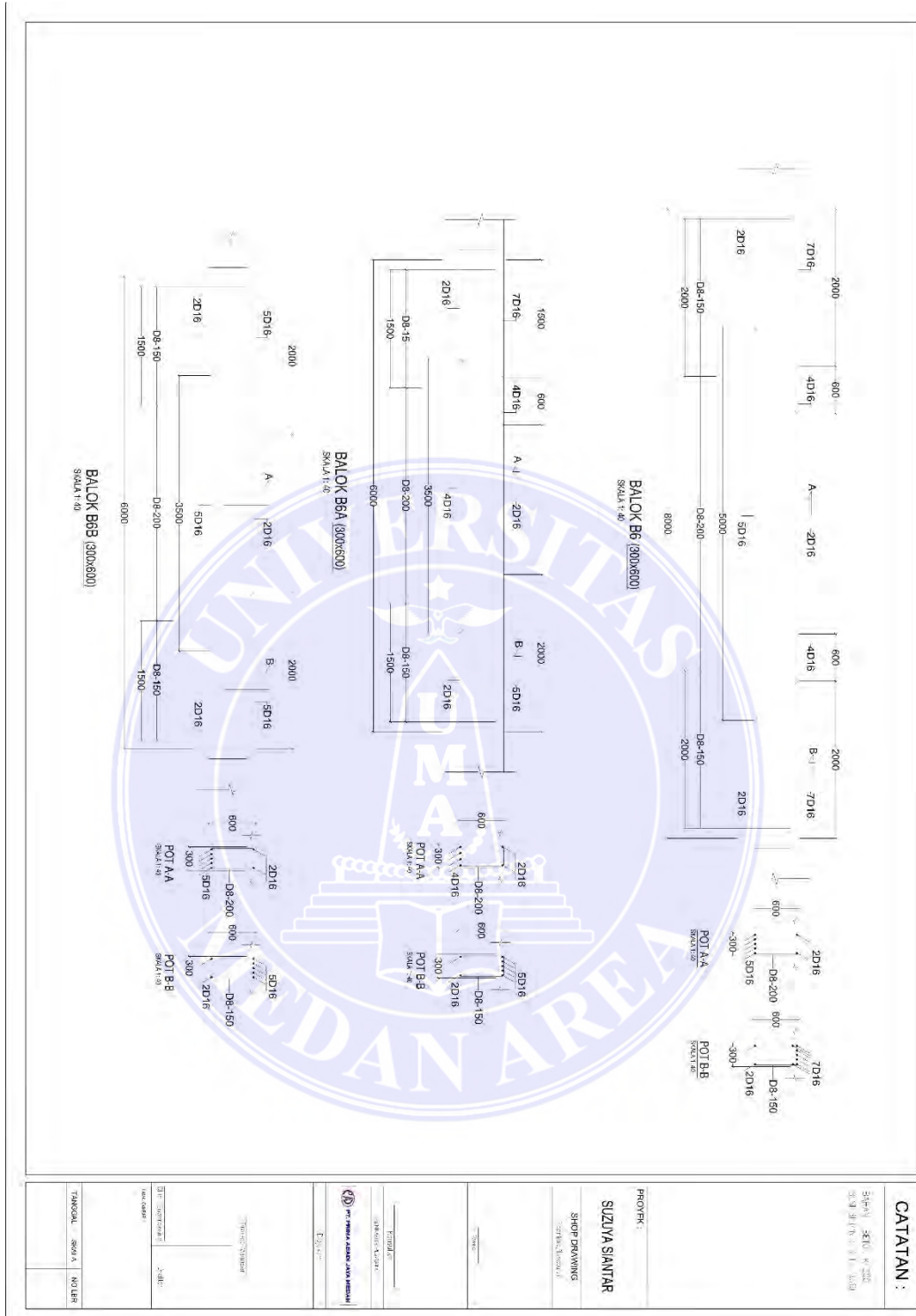






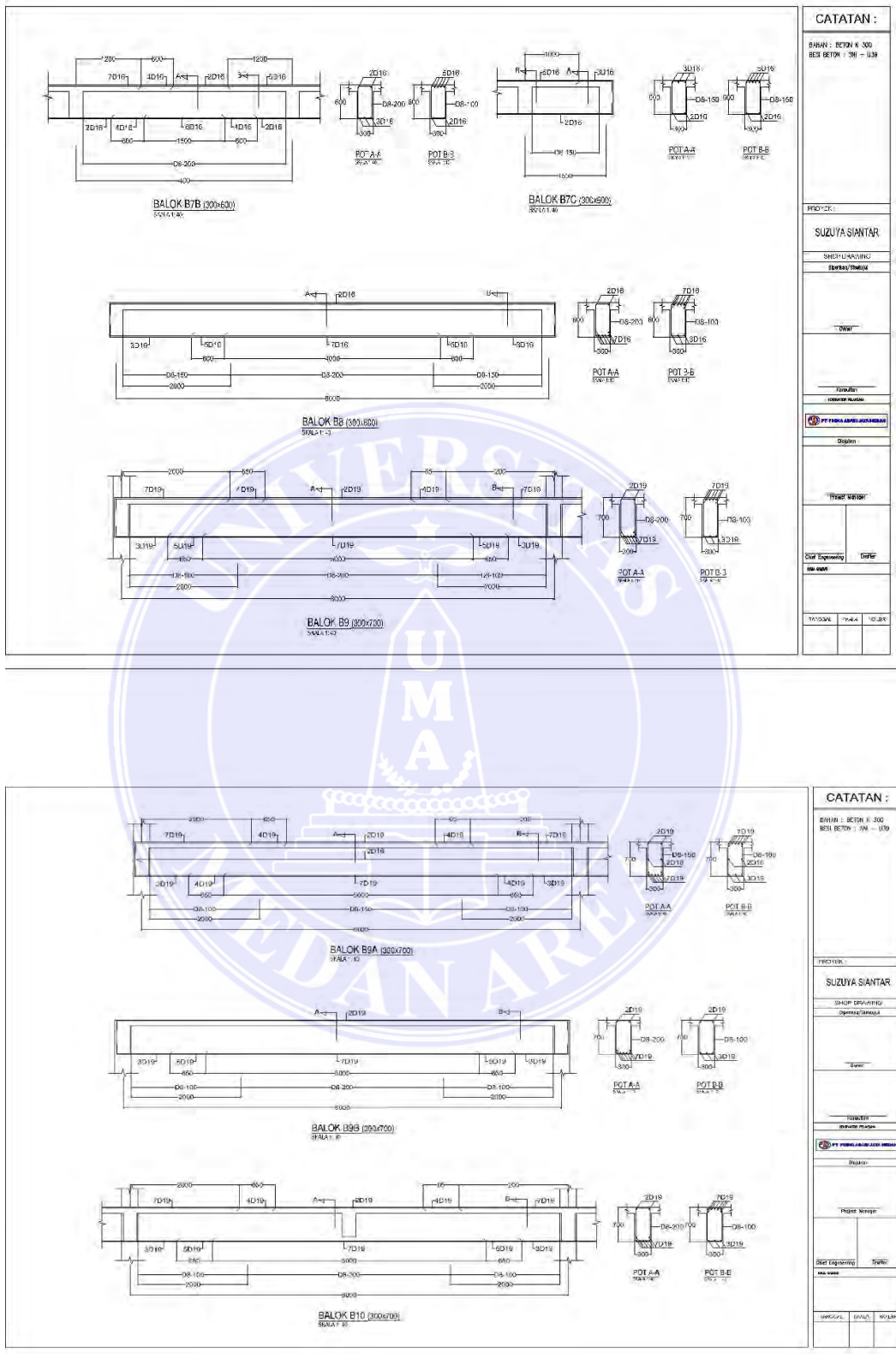






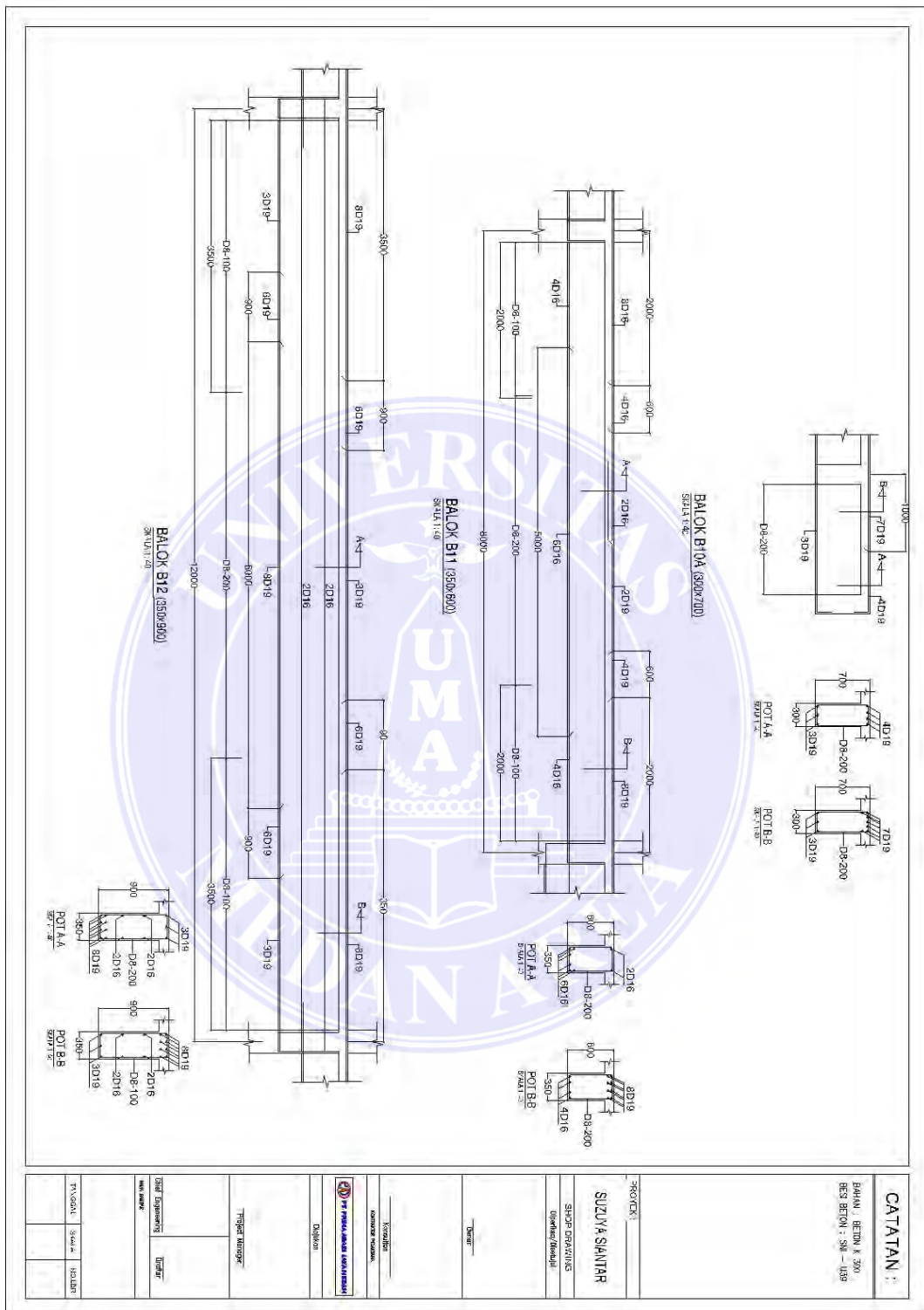
Lampiran 13. Gambar Detail Balok





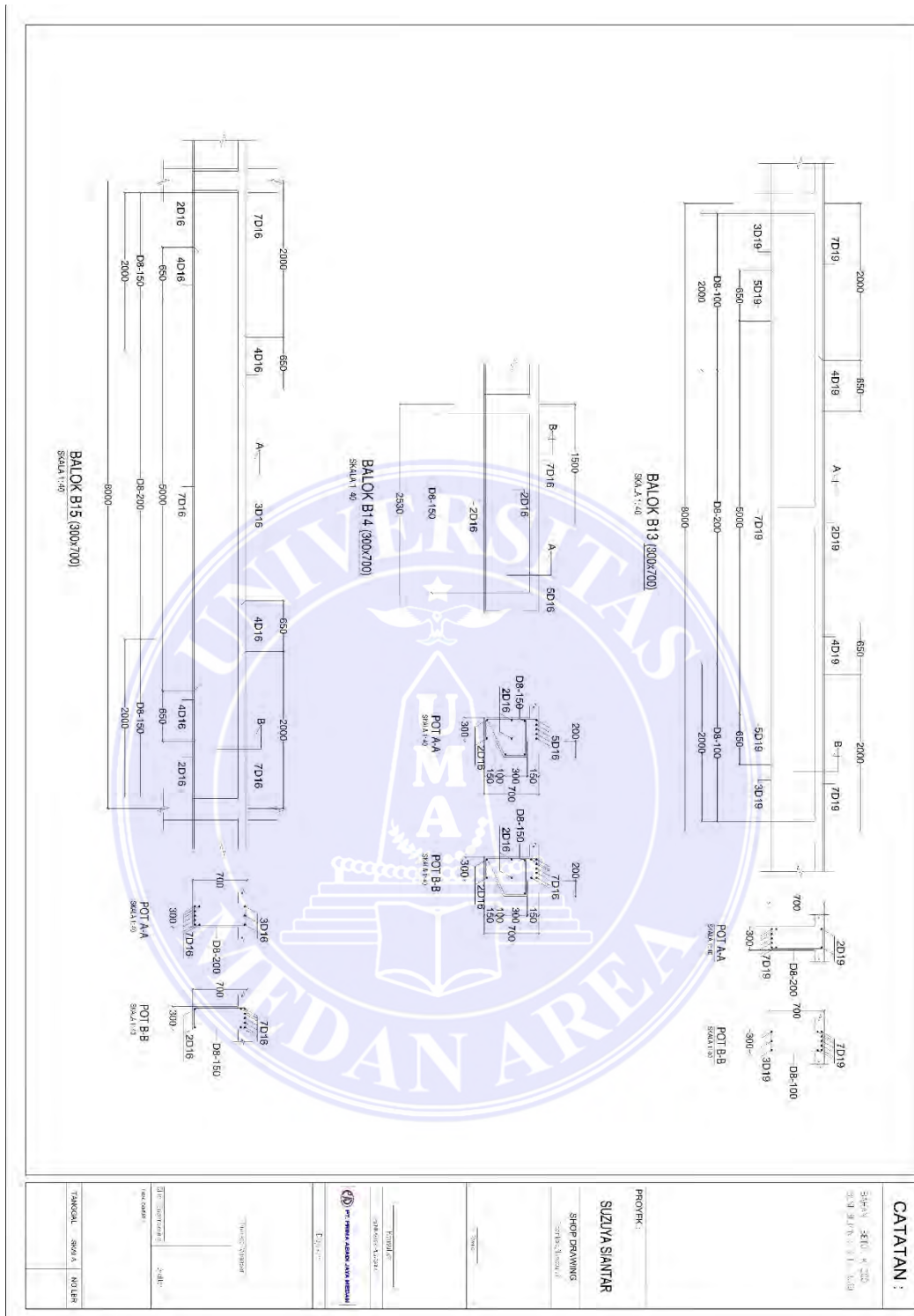
Lampiran 15. Gambar Detail Balok



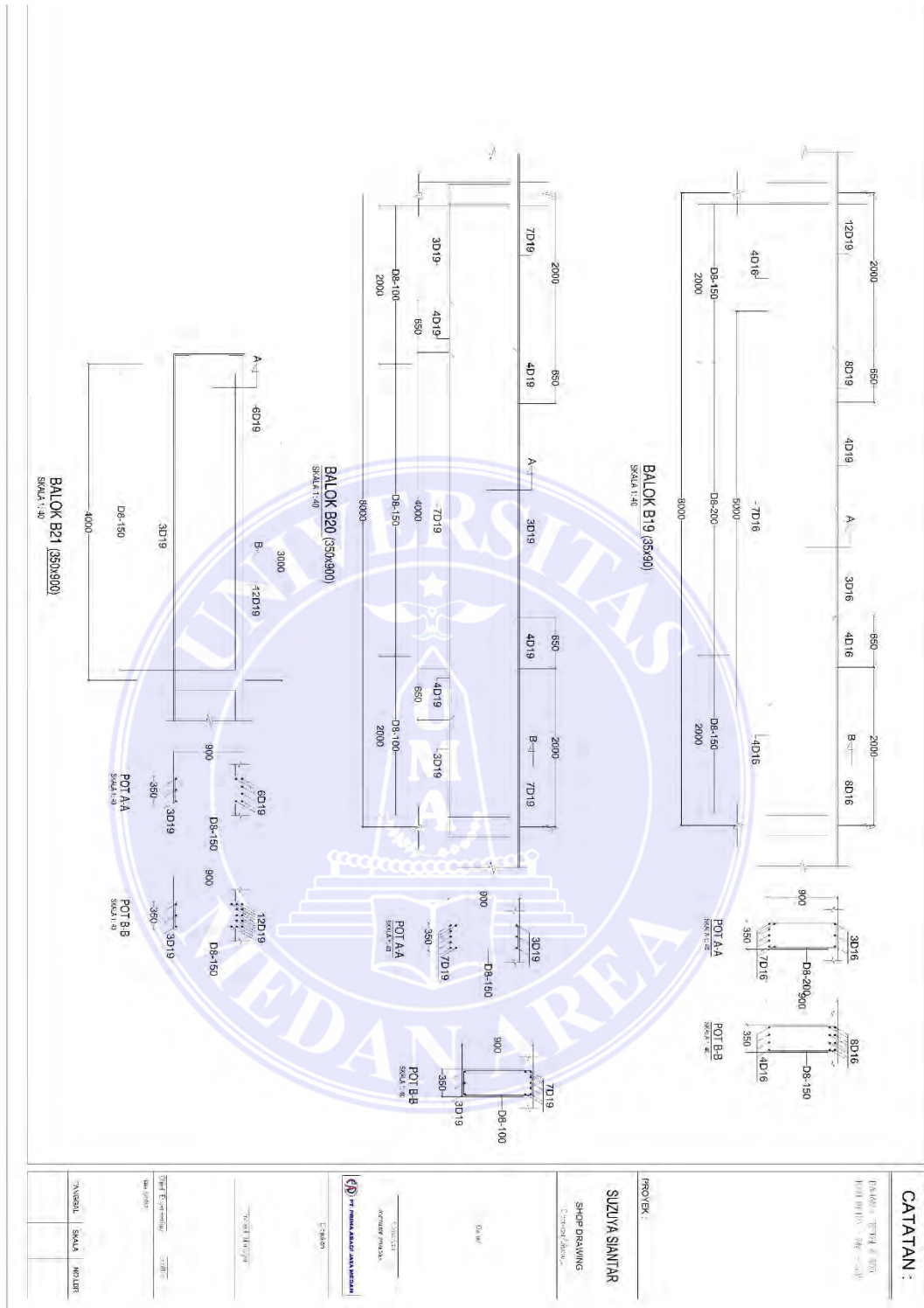


Lampiran 16. Gambar Detail Balok

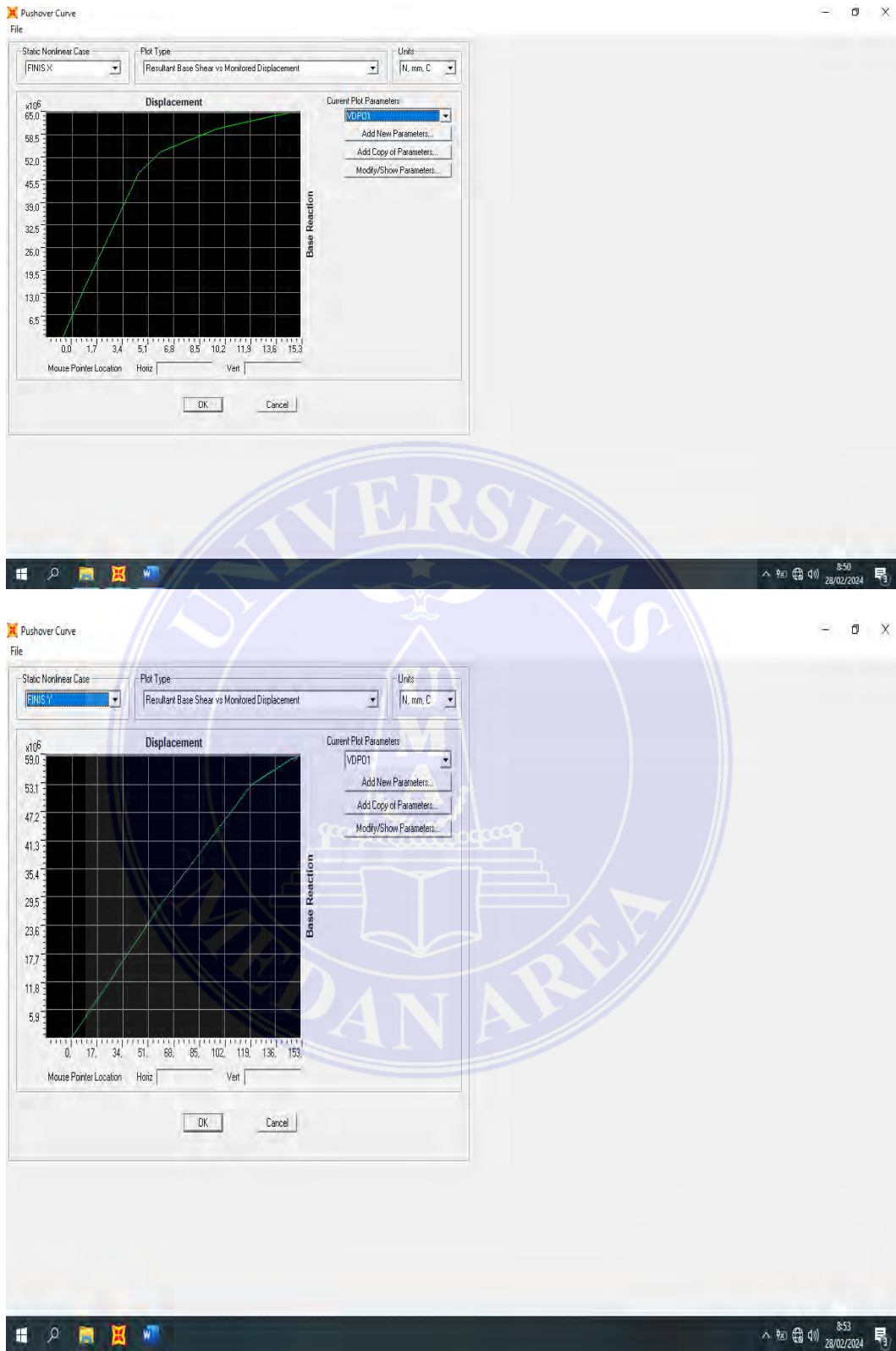




Lampiran 17. Gambar Detail Kolom



Lampiran 18. Gambar Detail Balok



Lampiran 19. Gambar Kurva Kapasitas Arah X dan Y