

ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS KEPERAWATAN DAN ASRAMA PUTRI RUMAH SAKIT GRAND MEDISTRA

SKRIPSI

**OLEH:
JAHOT SINAGA
218110075**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 4/3/26

Access From (repositori.uma.ac.id)4/3/26

ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS KEPERAWATAN DAN ASRAMA PUTRI RUMAH SAKIT GRAND MEDISTRA

SKRIPSI

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



Oleh:

**JAHOT SINAGA
218110075**

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

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Kinerja Struktur Gedung Fakultas Keperawatan dan Asrama Putri Rumah Sakit Grand Medistra
Nama : Jahot Sinaga
NPM : 218110075
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing



Hermansyah, S.T., M.T
Pembimbing



Dr. Eng. Supriatno, ST, MT
Dekan



Dr. Eng. Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 01 September 2025

HALAMAN PERNYATAAN

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



Medan, 01 September 2025

Jahot Sinaga
218110075

ABSTRAK

Medan merupakan wilayah dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi, sehingga analisis kinerja struktur bangunan menjadi aspek penting dalam menjamin keselamatan dan kelayakan bangunan terhadap gempa. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja seismik struktur Gedung Fakultas Keperawatan dan Asrama Putri Rumah Sakit Grand Medistra di Lubuk Pakam, Medan, menggunakan metode analisis pushover berbasis perangkat lunak SAP2000. Metode ini digunakan untuk menilai kapasitas struktur dalam menahan beban lateral akibat gempa serta mengidentifikasi elemen-elemen kritis yang rentan terhadap keruntuhan. Analisis dilakukan berdasarkan pendekatan kuantitatif dengan mengacu pada standar SNI 1726:2019, ATC-40, dan FEMA 440. Model struktur disimulasikan untuk menghasilkan kurva kapasitas, pola pembentukan sendi plastis, simpangan antar lantai (story drift), serta titik kinerja (performance point). Hasil analisis arah $X = 0,009509664$ dan $Y = 0,002071013$ menunjukkan bahwa struktur yang dianalisis memenuhi kriteria kinerja yang diharapkan, dengan sebagian besar elemen struktur menunjukkan perilaku daktail dan deformasi yang masih dalam batas aman. Studi ini merekomendasikan strategi perkuatan pada zona kritis untuk meningkatkan ketahanan gempa secara menyeluruh. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa di wilayah Medan dan sekitarnya.

Kata Kunci: Struktur, Metode Pushover, SAP2000, SNI 1726:2019, Gempa

ABSTRACT

Medan is a region with a high level of seismic activity, so the analysis of building structural performance is an important aspect in ensuring the safety and feasibility of buildings against earthquakes. This research aims to evaluate the seismic performance of the Nursing Faculty Building and the Female Dormitory of Grand Medistra Hospital in Lubuk Pakam, Medan, using the pushover analysis method based on SAP2000 software. This method was used to assess the capacity of the structure in resisting lateral loads due to earthquakes and to identify critical elements that were vulnerable to collapse. The analysis was conducted with reference to SNI 1726:2019, ATC-40, and FEMA 440. The structural model was simulated to produce capacity curves, plastic hinge formation patterns, story drift, and performance points. The results of the analysis in direction $X=0.009509664$ and $Y=0.002071013$ showed that the analyzed structure met the expected performance criteria or was in the Immediate Occupancy (IO) performance category, with most structural elements showing ductile behavior and deformations that were still within safe limits. This study recommends strengthening strategies in critical zones to improve overall earthquake resistance. This research is expected to serve as a reference in the planning of earthquake-resistant building structures in Medan and its surroundings.

Keywords: Structure, Pushover Method, SAP2000, SNI 1726:2019, Earthquake

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Jahot Sinaga
NPM : 218110075
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 Kinerja Struktur Gedung Fakultas Keperawatan dan Asrama Putri Rumah Sakit Grand Medistra. 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 : 01 September 2025
Yang menyatakan


(Jahot Sinaga)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sitoras Pada tanggal 01-04-2001 dari Ayah Kiston Sinaga dan Ibu Risda Situmorang Penulis merupakan putra ke 2 dari 3 bersudara. Tahun 2019 Penulis lulus dari Smk Swasta Cinta Rakyat Pematang Siantar dan pada tahun 2021 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Revitalisasi Kawasan Lapangan Merdeka Medan.



KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Struktur dengan judul Analisis Kinerja Struktur Gedung Fakultas Keperawatan Dan Asrama Putri Rumah Sakit Grand Medistra Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Hermansyah, S.T., M.T selaku dosen pembimbing dan Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada teman-teman teknik sipil 21 yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, krtitik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.



Penulis

(Jahot Sinaga)

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGHANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xi
 BAB I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	 4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Konsep Dasar Kinerja Evaluasi Seismic	5
2.3 Prosedur Metode Beban Gempa	6
2.3.1 Menentukan Kategori Resiko Struktur Gedung	6
2.3.2 Menentukan Parameter Percepatan Gempa Terpetakan (S_s , S_1)	9
2.3.3 Menentukan Kelas Situs ($S_A - S_F$)	10
2.3.4 Menentukan Koefisien Koefisien Situs Dan Parameter-Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa Maksimum Yang Di Pertimbangkan Resiko Target (MCFR)	11
2.3.5 Menentukan Parameter Percepatan Spektral Desain	13
2.3.6 Menghitung Periode Getar Fundamental Struktur.....	14
2.3.7 Menentukan Spektrum <i>Respons</i> Desain	14
2.3.8 Menentukan Kategori Desain <i>Seismik</i> (KDS)	15
2.3.9 Pemelihan Sistem Struktur Dan Parameter Sistem (R , C_d , Ω_0)	17
2.4 Gaya-gaya yang Bekerja Pada Struktur Bangunan	18

2.4.1	Beban Mati	18
2.4.2	Beban Hidup	20
2.5	Prosedur Metode Gaya Lateral Pada Struktur Bangunan	21
2.5.1	Gaya Geser Dasar <i>Seismik</i>	21
2.5.2	Periode Funda Mental	22
2.6	Distribusi Gaya Gempa	24
2.6.1	Distribusi Gaya Gempa Vertikal	24
2.6.2	Distribusi Gaya Gempa Horizontal	24
2.7	Metode Pushover dengan Metode Kapasitas	25
2.7.1	Target Perpindahan	27
2.7.2	Metode <i>Capacity Spektrum</i>	28
2.7.3	Kurva Kapasitas	31
2.7.4	<i>Performance Point</i>	31
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN		33
3.1	Deskripsi Penelitian	33
3.2	Lokasi Penelitian	33
3.3	Data Umum Proyek	34
3.4	Spesifikasi Bangunan	34
3.4.1	Mutu Beton	34
3.4.2	Mutu Baja (<i>fy</i>)	35
3.4.3	Data Dimensi Kolom	35
3.4.4	Balok	36
3.4.5	Plat Lantai	36
3.4.6	Data Elevasi Gedung	37
3.5	Kerangka Berfikir	38
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Hasil	39
4.1.1	Pemodelan Struktur Gedung 4 Lantai SAP 2000	39
4.1.2	Perhitungan Pembebanan	39
4.2	Hasil Simulasi <i>Analisis Pushover</i> Menggunakan Sap2000 ..	51
4.2.1	Kurva Kapasitas (<i>Pushover Curve</i>)	51
4.2.2	Perkembangan Pembentukan Sendi Plastis	55
4.2.3	<i>Story Displacement</i>	61
4.2.4	<i>Story Drift</i>	63
4.2.5	<i>Story Drift Ratio</i>	66
4.3	Pembahasan	68
4.3.1	<i>Analisis Tingkat Kinerja Struktur</i> Berdasarkan ATC-40	68
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		70
5.1	Kesimpulan	70
5.2	Saran	70
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Tingkat Kinerja Seismik	7
Tabel 2 Kategori resiko bangunan gedung dan nongedung	8
Tabel 3 Kategori resiko bangunan gedung dan nongedung	8
Tabel 4 Faktor keutamaan gempa	11
Tabel 5 Klasifikasi situs	12
Tabel 6 Koefisien situs F_a	13
Tabel 7 Koefisien situs F_v	17
Tabel 8 Kategori desain seismik percepatan perioda pendek	17
Tabel 9 Kategori desain seismik percepatan perioda 1 detik	18
Tabel 10 Faktor R , C_d , dan Ω_0 , untuk sistem pemikul gaya seismic	19
Tabel 11 Berat sendiri bahan bangunan	19
Tabel 12 Berat sendiri komponen gedung	20
Tabel 13 Beban hidup pada lantai gedung	21
Tabel 14 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	22
Tabel 15 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung	23
Tabel 16 Mutu Beton (Data Proyek)	35
Tabel 17 Mutu Baja F_y (Data Proyek)	35
Tabel 18 Tipe kolom (Data Proyek)	35
Tabel 19 Tipe Balok (Data Proyek)	36
Tabel 20 Elevasi Ketinggian Gedung (data Proyek)	37
Tabel 21 Dimensi Struktur Bangunan Penelitian	39
Tabel 22 Beban Mati Q_{dl} lantai 1- 4	41
Tabel 23 Beban Mati Tambahan Atap	42
Tabel 24 Beban Mati Tambahan Dinding Balok	42
Tabel 25 Percepatan Gempa (PGA) dan Magnitudo	50
Tabel 26 Pushover Curve- Final POA X	56
Tabel 27 Pushover Curve- Final POA Y	59
Tabel 28 Nilai Story displacement arah X dan Y	63
Tabel 29 Nilai Story Drift arah X dan Y	65
Tabel 30 Nilai Story Drift Ratio Arah X dan Y	67
Tabel 31 Hasil Penentuan Kinerja Struktur	69

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Kurva Kapasitas Struktur	9
Gambar 2 Contoh peta parameter S_s	10
Gambar 3 Contoh peta parameter S_1	14
Gambar 4 Desain Spektrum respon	30
Gambar 5 Titik Kinerja menurut Metode Spektrum Kapasitas	32
Gambar 6 Penentuan Performance Point.	33
Gambar 7 Lokasi Penelitian	38
Gambar 8 Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 9 Pemodelan SAP2000.....	48
Gambar 10 Grafik Respon Spektrum Rencana	53
Gambar 11 Kurva Kapasitas (Pushover Curve) Final POA X.....	55
Gambar 12 Kurva Kapasitas (Pushover Curve) Final POA Y	63
Gambar 13 Grafik Story Displacement Arah X.....	63
Gambar 14 Grafik Story Displacement Arah Y.....	65
Gambar 15 Grafik Story Drift Arah X.....	65
Gambar 16 Grafik Story Drift Arah Y.....	68
Gambar 17 Grafik Story Drift Ratio Arah X	68
Gambar 18 Grafik Story Drift Rasio Arah Y	68

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi menimbulkan dampak negatif terhadap manusia dan lingkungan di daerah tersebut, seperti adanya korban jiwa, kerusakan pada bangunan, dan menghancurkan fasilitas umum. Komponen struktural bangunan harus dirancang untuk menahan beban gempa terlebih dahulu dari dampak gempa. Nilai kekakuan struktur menunjukkan bahwa bangunan bertingkat tinggi harus memiliki kekuatan, daya tahan, dan kenyamanan. Kecenderungan struktur untuk menyimpang secara horizontal atau lateral dipengaruhi oleh nilai kekakuan. Bangunan bertingkat tinggi dirancang untuk mengantisipasi perpindahan lateral akibat beban gempa guna mencapai struktur yang nyaman dan aman.

Sumatera merupakan suatu pulau yang memiliki tingkat kegempaan tinggi karena aktivitas zona penujaman (subduction) lempeng Indo-Australia menyusup ke bawah lempeng Eurasia sehingga aktivitas zona penujaman membentuk jalur-jalur gempa bumi. Jalur-jalur gempa bumi menimbulkan terjadi patahan besar kerak bumi yang membelah sepanjang pulau Sumatera yang kemudian dikenal sebagai patahan besar Sumatera (Great Fault Sumatera). Kedalaman sumber gempa di Sumatera bisa mencapai 300 km di bawah permukaan bumi dan di Jawa bisa mencapai 700 km, sesuai dengan kedalaman lempeng Indo-Australia menyusup dibawah lempeng Eurasia. Di daratan Sumatera mempunyai sumber-sumber gempa dangkal yang disebabkan aktivitas patahan Sumatera.

Penelitian ini menjadi penting sebagai dasar untuk mengetahui sejauh mana struktur gedung Fakultas Keperawatan dan Asrama Putri RS Grand Medistra

dapat memenuhi standar kinerja seismik yang disyaratkan. Hasil evaluasi diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengambilan keputusan teknis, baik untuk keperluan retrofit maupun perencanaan bangunan serupa di masa mendatang. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi nyata terhadap upaya mitigasi risiko bencana gempa dan peningkatan ketahanan infrastruktur di wilayah rawan gempa.

Penelitian ini memiliki kebaruan dalam penerapan analisis pushover terhadap struktur bangunan eksisting di wilayah Medan, khususnya pada Gedung Fakultas Keperawatan dan Asrama Putri RS Grand Medistra yang berfungsi sebagai fasilitas kesehatan dan pendidikan. Dengan menggunakan data lokal dan parameter gempa berdasarkan SNI 1726:2019, serta mengevaluasi tingkat kinerja struktur berdasarkan kriteria ATC-40, penelitian ini memberikan gambaran kinerja seismik bangunan secara kuantitatif. Hasilnya dapat menjadi acuan teknis dalam penilaian keamanan bangunan terhadap gempa dan belum banyak diaplikasikan secara spesifik di bangunan serupa di daerah rawan gempa seperti Medan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana tingkat kinerja seismik struktur gedung dikategorikan berdasarkan hasil evaluasi analisis pushover?

1.3 Tujuan Penelitian

Mengetahui level kinerja seismik struktur bangunan gedung fakultas keperawatan dan asrama putri rumah sakit grand medistra.

1.4 Batasan Masalah

1. Struktur gedung yang dimodelkan adalah struktur gedung dengan denah disesuaikan dengan denah gedung fakultas keperawatan dan asrama putri rumah sakit grand medistra. Di jalan Medan, KM .25, No.66 Lubuk Pakam, Kab. Deli Serdang, Sumatra Utara.
2. Struktur dianalisa menggunakan metode *pushover*.
3. Perilaku struktur gedung dimodelkan 3 dimensi dan dimetode dengan bantuan SAP2000 V.14

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah pemahaman tentang metode *pushover*.
2. Dapat mengetahui tahapan terjadinya keruntuhan terhadap struktur bangunan yang di tinjau.
3. Dapat mengetahui besar gaya gempa lateral yang mampu diterima oleh struktur gedung dengan penyajian kurva *pushover*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Muntafi (2008) melakukan analisis kinerja seismik pada gedung simetri empat lantai menggunakan metode *capacity spectrum* ATC-40. Dari hasil penelitian, diketahui bahwa gaya lateral maksimum sebesar 594,07 ton terjadi pada step-8 analisis pushover, dengan performance point yang masih berada dalam batas *Life Safety* (LS). Dengan demikian, gedung ini masuk dalam kategori *Immediate Occupancy* (IO), yang berarti dapat beroperasi normal setelah gempa tanpa mengalami kerusakan struktural yang berarti.

Firdha dkk. (2021) mengevaluasi struktur gedung bertingkat berdasarkan standar terbaru, yakni SNI 1726:2019 dan ATC-40. Hasil analisis menunjukkan *displacement* sebesar 63,939 mm pada arah x dan 85,299 mm pada arah y. Selain itu, pola keruntuhan yang teridentifikasi menunjukkan karakteristik strong column – weak beam, yang menandakan elemen kolom memiliki ketahanan lebih baik dibanding elemen balok, sehingga mengurangi risiko kegagalan struktur secara keseluruhan. Dengan level kinerja *Immediate Occupancy* (IO), bangunan ini dianggap cukup tahan terhadap gempa dan tetap berada dalam batas aman.

Aswar et al. (2020) mengevaluasi kinerja struktur gedung beton bertulang menggunakan analisis *pushover* sesuai FEMA 356. Analisis non-linear dilakukan dengan SAP2000 berdasarkan SNI 03-1726-2012. Hasil penelitian menunjukkan struktur gedung memenuhi kriteria kinerja dan mampu menahan beban

Dewobroto (2007) telah melakukan evaluasi bangunan baja tahan gempa dengan metode *pushover* dengan bantuan software SAP2000 yang menunjukkan perilaku struktur bangunan baja 6 (enam) tingkat, dimana didapatkan bahwa titik evaluasi kinerja atau target *displacement* (δT), merupakan hal yang penting untuk mengevaluasi kinerja struktur terhadap suatu gempa rencana, menjadi indikasi sejauh mana kondisi struktur bila ada gempa tertentu. Ternyata beberapa metode yang digunakan untuk menentukan δT tersebut memberikan hasil yang berbeda satu sama lain. Metode yang sudah built-in di program SAP 2000 yaitu metode spektrum kapasitas, memberi nilai δT yang paling kecil dibanding tiga metode lain yang ditinjau. Kebetulan ketiga metode tersebut belum tersedia secara built-in dalam program SAP2000 dan harus dihitung secara manual.

2.2 Konsep Dasar Evaluasi Kinerja Seismic

Evaluasi kinerja seismik adalah proses penilaian terhadap kemampuan suatu struktur dalam menahan dan merespons gempa bumi. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa bangunan tetap aman dan fungsional setelah terjadi gempa sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Dalam konteks ketahanan gempa, evaluasi ini mempertimbangkan berbagai faktor seperti kapasitas struktural, pergeseran antar lantai, dan potensi kegagalan elemen struktural maupun non-struktural.

Dalam evaluasi kinerja seismik, terdapat beberapa tingkat kinerja yang digunakan sebagai tolok ukur. Tingkat kinerja ini meliputi operasional (OP), di mana bangunan tetap berfungsi tanpa gangguan berarti; kelayakan hunian (IO), yang memungkinkan penghuni tetap tinggal meskipun ada kerusakan kecil; keselamatan jiwa (LS), di mana bangunan mengalami kerusakan signifikan tetapi

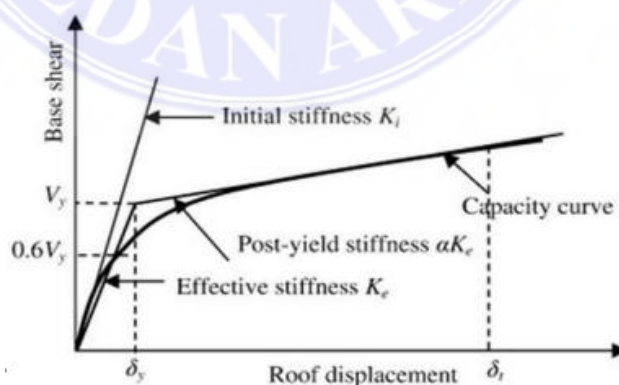
masih memungkinkan evakuasi aman; dan pencegahan keruntuhan (CP), yang menunjukkan bahwa bangunan hampir runtuh tetapi tetap berdiri. Setiap tingkat kinerja ini digunakan untuk menilai apakah bangunan memenuhi persyaratan keselamatan yang diinginkan berdasarkan tingkat risiko gempa yang diperkirakan.

Metode yang digunakan dalam evaluasi kinerja seismik dapat dibedakan menjadi analisis linier dan non-linier. Analisis linier, seperti metode gaya lateral statik ekuivalen, memberikan pendekatan sederhana untuk menilai respons struktur terhadap beban gempa. Sementara itu, analisis non-linier, seperti analisis pushover dan analisis dinamis riwayat waktu, memberikan gambaran yang lebih akurat tentang bagaimana struktur akan berperilaku setelah memasuki kondisi plastis. Pemilihan metode evaluasi bergantung pada kompleksitas struktur, tingkat ketelitian yang dibutuhkan, serta tujuan dari evaluasi tersebut.

Selain metode analisis, evaluasi kinerja seismik juga memanfaatkan berbagai standar dan pedoman yang telah dikembangkan oleh lembaga internasional maupun nasional. Beberapa standar yang umum digunakan antara lain ASCE 41 (*Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*), FEMA 356, dan SNI 1726 di Indonesia. Standar-standar ini memberikan panduan tentang bagaimana melakukan evaluasi, menentukan tingkat kinerja yang sesuai. Melalui kombinasi metode analisis yang tepat dan penerapan standar yang relevan, evaluasi ini membantu menciptakan lingkungan binaan yang lebih tahan gempa dan berkelanjutan di masa depan. Tabel 2 menampilkan tingkat kinerja struktur menurut ATC-40 dan FEMA 356. Gambar 1 menunjukkan kurva kapasitas struktur

Tabel 1. Tingkat Kinerja Seismik (ATC-40, FEMA 356, ASCE 41-17)

Tingkat Kinerja Seismik	Deskripsi	KoNdisi Struktur
Operasional (Operational)	Bangunan tetap dapat berfungsi normal setelah gempa kecil hingga sedang	Struktur dalam kondisi sangat baik, hanya kerusakan minor pada elemen non-struktural. Tidak ada retak pada elemen structural.
Segera dihuni (immediate occupancy)	Bangunan aman dihuni segera setelah gempa. Layanan penting tetap berfungsi.	Kerusakan ringan pada elemen structural (retak kecil pada balok dan kolom) tidak mengurangi kapasitas struktur
Keselamatan Jiwa (life safety)	Memberikan waktu yang cukup untuk evakuasi penghuni. Struktur tidak runtuh tetapi mengalami kerusakan signifikan	Kerusakan moderat pada elemen structural, seperti retak besar pada balok dan kolom. Beberapa deformasi permanen mungkin terjadi.
Pencegahan Runtuh (Collapse Prevention)	Struktur mendekati kegagalan total, tetapi masih mampu menahan beban gravitasi.	Kerusakan pada elemen structural utama.
Kegagalan Runtuh (Not Considered)	Struktur tidak memenuhi kriteria keselamatan apapun. Risiko tinggi terhadap keselamatan jiwa.	Runtuh total, elemen structural tidak lagi mampu mendukung beban. seluruh bangunan.



Gambar 1. Kurva Kapasitas Struktur (Pushover Curve) FEMA 356

Dari Gambar 1 persamaan yang dapat diperoleh:

1. Persamaan Kekakuan Awal (K_i)

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

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

Dengan:

K_i = Kekakuan awal (*initial stiffness*)

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

δ_y = Perpindahan leleh (*yield displacement*)

2. Persamaan Kekakuan Efektif (K_e)

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

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

Dengan:

K_e = Kekakuan efektif (*effective stiffness*)

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

δ_y = Perpindahan leleh (*yield displacement*)

3. Persamaan Kekakuan Pasca Leleh (αK_e)

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

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

Dengan:

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

α = Rasio kekakuan pasca-leleh terhadap kekakuan efektif

K_e = kekakuan efektif (*effective stiffness*)

4. Persamaan Kapasitas Struktur (Kurva Kapasitas)

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

$$V = K_i \delta, \text{ Untuk } \delta \leq \delta_y \quad (4)$$

Dengan:

V = Gaya geser dasar (*base shear*)

K_i = Kekakuan awal (*initial stiffness*)

δ = Perpindahan atap (*roof displacement*)

δ_y = Perpindahan leleh (*yield displacement*)

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

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

Dengan :

V = Gaya geser dasar (*base shear*)

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

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

δ = Perpindahan atap (*roof displacement*)

δ_y = Perpindahan leleh (*yield displacement*)

2.3 Prosedur Metode Beban Gempa

Struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Berikut ini penjelasan langkah-langkah metode beban seismik berdasarkan SNI-1726-2019 untuk bangunan gedung.

2.3.1 Menentukan kategori resiko struktur gedung.

Dalam metode struktur gedung memiliki faktor keutamaan gempa dan kategori risiko struktur gedung. Kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung di tentukan dalam tabel 2 kategori risiko bangunan gedung dan untuk faktor keutamaan gempa dapat di lihat pada tabel 4 Faktor keutamaan gempa.

Tabel 2. Kategori resiko bangunan gedung dan nongedung

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:	
- Fasilitas perkebunan, perkebunan, peternakan, dan perikanan. - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	
- Perumahan - Rumah ruko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan induatri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II

Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	
- Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi	III

Tabel lanjutan 3. Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung

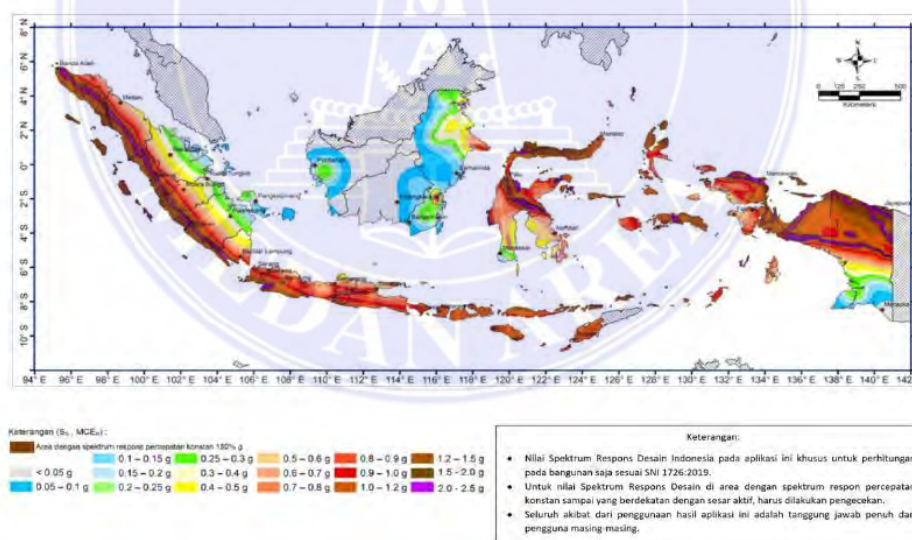
Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:	
- Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor - polisi, serta garasi kendaraan darurat Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya. - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat. - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.	IV

Tabel 4. Faktor keutamaan gempa

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

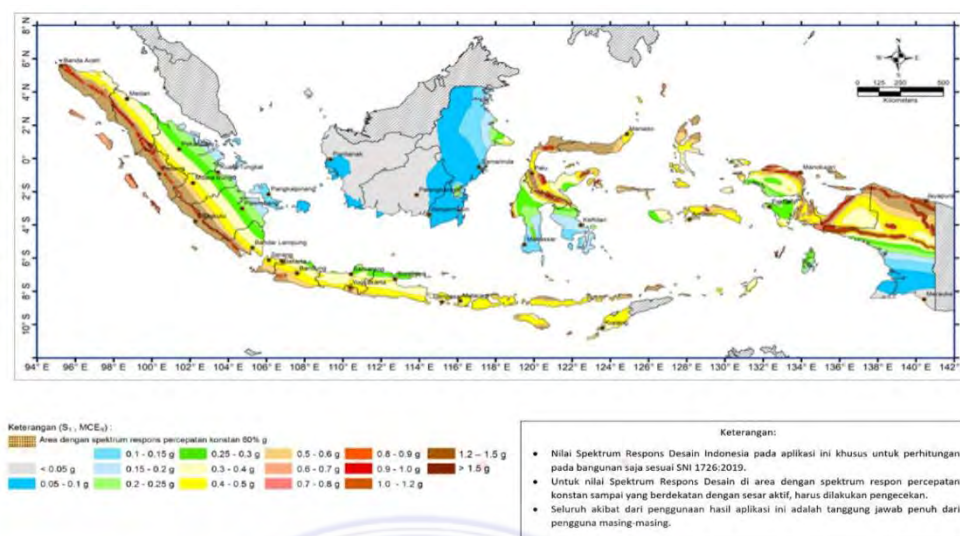
2.3.2 Menentukan parameter percepatan gempa terpetakan (S_s , S_1)

Parameter-parameter dasar pergerakan tanah dalam SNI Gempa adalah S_s dan S_1 , S_s adalah parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek (0,2 detik) dan S_1 adalah percepatan batuan dasar pada periode 1 detik. Penentuan nilai S_s dan S_1 dapat diperoleh berdasarkan peta gempa pada gambar 2 dan gambar 3 dalam SNI 1726:2019 atau melalui website www.rsapuskim2019.litbang.pu.go.id. Contoh peta parameter S_s pada gambar 2, dan Contoh peta parameter S_1 pada gambar 3.



Gambar 2 Contoh peta parameter S_s

(SNI Gempa 1726-2019)



Gambar 3 Contoh peta parameter S1
(SNI Gempa 1726:2019)

2.3.3 Menentukan kelas situs (SA – SF)

Lapisan tanah pada lokasi suatu proyek dapat dikategorikan menjadi beberapa kelas situs dari kelas A hingga F. Klasifikasi kelas situs dilakukan berdasarkan pada hasil pengujian yaitu, kecepatan rata-rata gelombang geser, tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata, atau tahanan penetrasi standar rata-rata untuk lapisan tanah non kohesif, dan kuat geser niralir rata-rata. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 5, berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas. Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, dengan minimal mengukur secara independen dua dari tiga parameter tanah yang tercantum dalam Tabel 5. Dalam hal ini, kelas situs dengan kondisi yang lebih buruk harus diberlakukan. Apabila tidak tersedia data tanah yang spesifik pada situs sampai kedalaman 30m, maka sifat-sifat tanah harus diestimasi oleh seorang ahli geoteknik yang memiliki sertifikat/ijin keahlian.

Tabel 5 Klasifikasi situs (SNI-1726:2019)

Kelas situs	Vs (m/dt)	N atau Nch	Su (kpa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 s/d 1500	N/A	N/A

SC(tanah keras,sangat padat dan batuan lunak)	350 s/d 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
	< 175	<15	<50
SE (tanah lunak)	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan metode respon spesifik)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: 1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh 2. Lempung sangat organik dan/atau gambut ($H > 3m$) 3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) 4. Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa)		

2.3.4 Menentukan koefisien-koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER)

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (SMS) dapat di tentukan dengan persamaan 2.1 dan perioda 1 detik ($SM1$) dapat di tentukan dengan persamaan 2.2 yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs.

$$SM_s = F_a \times S_s \dots\dots\dots \text{Persamaan}$$

2.1

$$SM1 = Fv \times S1 \dots\dots\dots \text{Persamaan}$$

2.2

dengan:

S_s = Parameter respons spektral untuk perioda pendek.

S_1 = Parameter respons spektral untuk perioda 1,0 detik

(penentuan koefisien F_a mengikuti tabel 2.4, dan koefisien F_v tabel

2.5)

Tabel 6. Koefisien situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	S_{sb}				

(a) Untuk nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

(b) S_{sb} = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan metode respons situs-spesifik,

Tabel 7. Koefisien situs F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 1,0$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	S_{sb}				

(c) Untuk nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

(d) SSb = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan metode respons situs-spesifik,

1.3.5 Menentukan parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} ditentukan dengan persamaan 2.3 dan pada perioda 1 detik S_{D1} ditentukan dengan persamaan 2.4 perumusannya berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots \dots \dots \text{Persamaan 2.3}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots \dots \dots \text{Persamaan 2.4}$$

Dengan:

S_{DS} = Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek

S_{D1} = Parameter respons spektral untuk perioda 1,0 detik.

1.3.6 Menghitung periode getar fundamental struktur

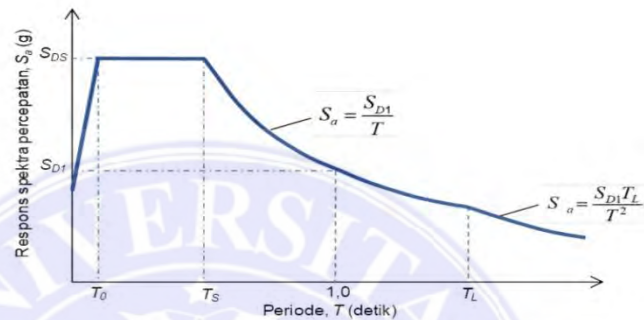
Dalam perhitungan periode getar fundamental sesuai dengan SNI 1726:2019 mengikuti persamaan 2.4 dan persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$T_O = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots \dots \dots \text{Persamaan 2.5}$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots \dots \dots \text{Persamaan 2.6}$$

1.3.7 Menentukan spektrum respons desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 4 dan mengikuti ketentuan di bawah ini:



Gambar 3 – Spektrum respons desain

Gambar 4 Desain Spektrum respon

(SNI-1726-2019)

Untuk $T < T_0$, spektrum respons percepatan desain S_a , mengikuti persamaan 2.7

$$S_a = S_{DS} \left[0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right] \dots \dots \dots \text{Persamaan 2.7}$$

Untuk $T < T_0 < T_s$, spektrum respons percepatan desain S_a sama dengan S_{DS} , dan Untuk $T > T_s$, spektrum respons percepatan desain S_a , mengikuti persamaan 2.8

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots \dots \dots \text{Persamaan 2.8}$$

Untuk $T > T_L$, spektrum respons percepatan desain S_a , maka mengikuti persamaan 2.9

$$S_a = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \dots \dots \dots \text{Persamaan 2.9}$$

Dengan:

S_{DA} = parameter respon spektra percepatan desain pada periode pendek;

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

T = periode getar fundamental struktur.

1.3.8 Menentukan kategori desain seismik (KDS)

Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spectral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1 lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{Ds} dan S_{D1} . Masing-masing bangunan dan 19 struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada tabel 8 Kategori desain seismik percepatan perioda pendek atau tabel 9 Kategori desain seismik percepatan perioda 1 detik, terlepas dari nilai perioda fundamental getaran struktur, T .

Apabila S_1 lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diijinkan untuk ditentukan sesuai tabel 8 saja, di mana berlaku semua ketentuan di bawah:

- a. Pada masing-masing dua arah ortogonal, perkiraan perioda fundamental struktur, T_a adalah kurang dari 0,8 T_s .

- b. Pada masing-masing dua arah ortogonal, perioda fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar lantai adalah kurang dari T_s .
- c. Persamaan 2.9 digunakan untuk menentukan koefisien respons seismik, C_s .
- d. Diafragma struktural adalah kaku, untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen-elemen vertikal penahan gaya gempa tidak melebihi 12 m.

Tabel 8. Kategori desain seismik percepatan perioda pendek

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

Sumber: SNI-1726-2019

Tabel 9. Kategori desain seismik percepatan perioda 1 detik

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

Sumber: SNI-1726-2019

1.3.9 Pemilihan sistem struktur dan parameter sistem (R , C_d , Ω_0)

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi sesuai dengan SNI-1726:2019 salah satu tipe yang ditunjukkan dalam Tabel 10. Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan

batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam Tabel 10. Faktor R , C_d , dan Ω_0 , untuk sistem pemikul gaya seismic modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 10 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain.

Tabel 10. Faktor R , C_d , dan Ω_0 , untuk sistem pemikul gaya seismic

Sistem pemikul gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, H_s (m) ^d				
				Kategori desain seismic				
				B	C	D*	E*	F*
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5%	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10*	TI*	TI*
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI*	TI*	TI*
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^e	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5%	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembuatan ^f	3½	3 ^g	3%	10	10	10	10	10

1.4 Gaya-gaya yang Bekerja Pada Struktur Bangunan

Sebuah struktur di rancang untuk mampu menahan beban-beban yang bekerja, untuk dapat menentukan beban mati, beban hidup untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang sudah ditetapkan sesuai dengan peraturan- pembebanan-indonesia SNI 03-1727-1989.

2.4.1 Beban mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, serta peralatan-peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. Berat sendiri bahan bangunan di sesuaikan tabel 11 dan tabel 12, yang dijadikan landasan dalam menghitung beban mati.

Tabel 11 Berat sendiri bahan bangunan

No	Bahan Bangunan	Beban	Satuan
1	Baja	7850	Kg/m ³
2	Batu alam	2600	Kg/m ³
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat	1500	Kg/m ³
4	Batu karang (berat tumpuk)	700	Kg/m ³
5	Batu pecah	1450	Kg/m ³
6	Besi tuang	7250	Kg/m ³
7	Beton (1)	2200	Kg/m ³
8	Beton bertulang (2)	2400	Kg/m ³
9	Kayu (kelas 1) (3)	1000	Kg/m ³
10	Kerikil, koral (kering udara-lembab, tanpa	1650	Kg/m ³
11	Pasangan bata merah	1700	Kg/m ³
12	Pasangan batu belah, batu bulat, batu	2200	Kg/m ³
13	Pasangan batu cetak	2200	Kg/m ³
14	Pasangan batu karang	1450	Kg/m ³
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600	Kg/m ³
16	Pasir (jenuh air)	1800	Kg/m ³
17	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai	1850	Kg/m ³
18	Tanah, lempung,lanau (kering udara -	1700	Kg/m ³
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000	Kg/m ³
20	Timah hitam (timbel)	11400	Kg/m ³

Tabel 12 Berat sendiri komponen gedung

No	Komponen Gedung	Beban	Satuan
1	Adukan, per cm tebal :		Kg/m ²
2	Aspal, termasuk bahan-bahan mineral	14	Kg/m ²
3	Dinding pasangan bata merah :		Kg/m ²
4	Batu karang (berat tumpuk) Dinding		
5	Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-		
6	Penggantung langit-langit (dari kayu),		
7	Penutup atap genting dengan reng dan usuk	50	Kg/m ²
8	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk /	40	Kg/m ²
9	Penutup atap seng gelombang (BWG 24)	10	Kg/m ²
10	Penutup lantai dari ubin semen Portland,	24	

11	Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11	Kg/m ²
----	------------------------------------	----	-------------------

SNI 03-1727-1989

2.4.2 Beban hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung dan di dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah. Perhitungan beban hidup pada lantai gedung dapat disesuaikan dengan berat persatuan panjang sesuai dengan tabel 13.

Tabel 13. Beban hidup pada lantai gedung

No	Lantai gedung	Beban	Satuan
1	Baja lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam no 2.	200	Kg/m ³
2	Lantai tangga rumah tinggal sederhana dan gudang- gudang tidak penting yang bukan untuk took, pabrik atau bengkel.	125	Kg/m ³
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk) Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, took, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit.	250	Kg/m ³
4	Lantai ruang olah raga.	400	Kg/m ³
5	Lantai dansa	500	Kg/m ³
6	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari yang disebut dalam no 1 s/d 5, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung dengan tempat	400	Kg/m ³
7	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton berdiri.	500	Kg/m ³
8	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam no 3.	300	Kg/m ³
9	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam no 4,5,6 dan 7.	500	Kg/m ³
10	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam no 3,4,5,6 dan 7.	250	Kg/m ³
11	Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang,		

Tabel lanjutan 13 Beban hidup pada lantai gedung

No	Lantai gedung	Beban	Satuan
	perpustakaan, ruang arsip, took buku, took besi, ruang alat-alat dan ruang mesin harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri dengan minimum	400	Kg/m ³
12	Lantai gedung parkir bertingkat : ➤ Untuk lantai bawah ➤ Untuk lantai lainnya	800	Kg/m ³
13	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai yang berbatasan dengan minimum.	300	Kg/m ³

1.5 Prosedur Metode Gaya Lateral Pada Struktur Bangunan

2.5.1 Gaya geser dasar seismik

Geser dasar seismik V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan 2.10.

$$V = C_s \times W_t \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.10}$$

Untuk perhitungan koefisien respons seismik (C_s), ditentukan sesuai dengan persamaan 2.11.

$$C_s = \frac{S_{Ds} \times I_e}{R} \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.11}$$

Untuk perhitungan koefisien respons seismik maksimum dengan ketentuan, jika $T \leq T_L$ maka koefisien respons seismik (C_s) menggunakan persamaan 2.12, dan jika $T \geq T_L$, maka koefisien respons seismik (C_s) menggunakan persamaan 2.13.

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.12}$$

$$C_s = \frac{S_{Ds} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e} \right)} \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.13}$$

dengan:

S_{DS} = Parameter percepatan spektrum respons

desain perioda pendek.

I_e = Faktor keutamaan gempa.

R = Faktor modifikasi respons.

2.5.2 Periode fundamental

Periode fundamental T struktur, dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam metode yang teruji. Periode fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dan perioda fundamental pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai dengan persamaan 2-15. Sebagai alternatif pada pelaksanaan metode untuk menentukan perioda fundamental struktur, T , diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a . Penentuan perioda fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan 2.14.

$$T_a = \dots \times h_n^x \dots \text{Persamaan 2.14}$$

Dengan:

h_n = Ketinggian struktur

C_t, x = Koefisien perioda ditentukan dalam tabel 2.15, dan (C_u ditentukan dalam tabel 2.16 koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung).

Tabel 14. Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangkamenikul 100 persen gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekangterhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Tabel 15 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respon spektra desain pada 1 detik, $SD1$	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Dalam menentukan periode fundamental (T) dalam SNI 1726:2019 yang akan di gunakan jika T_c lebih dari (C_u), maka menggunakan persamaan 2.15 sebagai berikut:

$$T = C_u \times T_a \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.15}$$

Jika perioda fundamental pendekatan (T_a) kurang dari periode fundamental struktur yang diperoleh dari program metode struktur (T_c) kurang dari ($C_u \times T_a$), maka gunakan persamaan gunakan persamaan 2.16 sebagai berikut:

$$T = T_c \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.16}$$

Jika periode fundamental struktur yang diperoleh dari program metode struktur (T_c) kurang dari periode minimum (T_a), maka gunakan persamaan 2.17.

$$T = T_a \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.17}$$

2.6 Distribusi Gaya Gempa

2.6.1 Distribusi gaya gempa vertikal

Gaya gempa lateral (F_x) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan 2.18 dan faktor distribusi vertikal pada persamaan 2.19.

$$F_x = C_{vx} \times V \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.18}$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum W_i \times h_i^k} \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.19}$$

Dengan:

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal.

V = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur.

W_i, W_x = Bagian berat efektif total struktur yang ditempatkan di tingkat i atau x .

h_i, h_x = Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x .

k = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur.

Penentuan nilai k berdasarkan pada perioda (T) dari sistem struktur tersebut.

- Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$.
- Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
- Untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

2.6.2 Distribusi gaya gempa horizontal

Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x), harus ditentukan dari persamaan 2.20.

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.20}$$

Dengan:

V_x = Geser tingkat desain gempa di semua tingkat.

F_i = Bagian dari geser dasar seismik.

2.7 Metode Pushover dengan Metode Kapasitas

Metode statik nonlinier merupakan prosedur metode untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan terhadap gempa, dikenal pula sebagai metode pushover (metode beban dorong statik). Kecuali untuk suatu struktur yang sederhana, maka metode ini memerlukan komputer program untuk dapat merealisasikannya pada bangunan nyata, salah satunya yaitu dengan SAP 2000.

Metode dilakukan dengan memberikan suatu pola beban lateral statik pada struktur, yang kemudian secara bertahap ditingkatkan dengan faktor pengali sampai

satu target perpindahan lateral dari suatu titik acuan tercapai. Biasanya titik tersebut adalah titik pada atap, atau lebih tepat lagi adalah pusat massa atap. Metode pushover menghasilkan kurva pushover, kurva yang menggambarkan (Afandi R.N, 2010).

Pada proses pushover, struktur didorong sampai mengalami leleh disatu atau lebih lokasi di struktur tersebut. Kurva kapasitas akan memperlihatkan suatu kondisi linier sebelum mencapai kondisi leleh dan selanjutnya berperilaku non- linier. Kurva pushover dipengaruhi oleh pola distribusi gaya lateral yang digunakan sebagai beban dorong.

Tujuan metode pushover adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta untuk memperoleh informasi bagian mana saja yang kritis. Selanjutnya dapat diidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk pendetailan atau stabilitasnya. Cukup banyak studi menunjukkan bahwa metode statik *pushover* dapat memberikan hasil mencukupi (ketika dibandingkan dengan hasil metode *dinamik nonlinier*) untuk bangunan regular dan tidak tinggi.

Metode pushover dapat digunakan sebagai alat bantu untuk perencanaan tahan gempa, asalkan menyesuaikan dengan keterbatasan yang ada, yaitu:

1. Hasil metode *pushover* masih berupa suatu pendekatan, karena bagaimanapun perilaku gempa yang sebenarnya adalah bersifat bolak-balik melalui suatu siklus tertentu, sedangkan sifat pembebanan pada metode *pushover* adalah statik monotonik.
2. Hasil metode *pushover* masih berupa suatu pendekatan, karena bagaimanapun perilaku gempa yang sebenarnya adalah bersifat bolak-

balik melalui suatu siklus tertentu, sedangkan sifat pembebanan pada metode *pushover* adalah statik monotonik.

3. Untuk membuat model metode non linear dan lebih rumit dibanding model metode linear. Model tersebut harus memperhitungkan karakteristik inelastik beban-deformasi dari elemen-elemen yang penting dan efek $P-\Delta$.

2.7.1 Target perpindahan

Gaya dan deformasi setiap komponen/elemen dihitung terhadap perpindahan tertentu di titik kontrol yang disebut sebagai target perpindahan dengan notasi δ_t dan dianggap sebagai perpindahan maksimum yang terjadi saat bangunan mengalami gempa rencana.

Untuk mendapatkan perilaku struktur pasca keruntuhan maka perlu dibuat metode *pushover* untuk membuat kurva hubungan gaya geser dasar dan perpindahan lateral titik kontrol sampai minimal 150% dari target perpindahan, δ_t .

Permintaan membuat kurva *pushover* sampai minimal 150% target perpindahan adalah agar dapat dilihat perilaku bangunan yang melebihi kondisi rencananya. Perencana harus memahami bahwa target perpindahan hanya merupakan rata-rata nilai dari beban gempa rencana. Perkiraan target perpindahan menjadi kurang benar untuk bangunan yang mempunyai kekuatan lebih rendah dari spektrum elastis rencana. Diharapkan bahwa 150% target perpindahan adalah perkiraan nilai rata-rata ditambah satu standar deviasi perpindahan dari bangunan dengan kekuatan lateral lebih 25% dari kekuatan spektrum elastis.

Metode *pushover* dilakukan dengan memberikan beban lateral pada pola

tertentu sebagai simulasi beban gempa, dan harus diberikan bersama- sama dengan pengaruh kombinasi beban mati dan tidak kurang dari 25% dari beban hidup yang disyaratkan. Beban lateral harus diberikan pada pusat massa untuk setiap tingkat.

Disyaratkan minimal harus diberikan dua pola beban yang berbeda sebagai simulasi beban gempa yang bersifat random, sehingga dapat memberikan gambaran pola mana yang pengaruhnya paling jelek. Selanjutnya beban tersebut harus diberikan secara bertahap dalam satu arah (monotonik) (Afandi R.N, 2010).

Kriteria evaluasi level kinerja kondisi bangunan didasarkan pada gaya dan deformasi yang terjadi ketika perpindahan titik kontrol sama dengan target perpindahan δ_t . Jadi parameter target perpindahan sangat penting peranannya bagi perencanaan berbasis kinerja.

Ada beberapa cara menentukan target perpindahan, dua yang cukup terkenal adalah *Displacement Coefficient Method* (metode koefisien perpindahan) berdasarkan FEMA 273/274, FEMA 356/440 dan ATC 40 dan *Capacity Spectrum Method* (metode spektrum kapasitas) berdasarkan FEMA 274/440, ATC 40. Selain itu ada persyaratan perpindahan dari SNI 1726-2019 yang dapat dijadikan sebagai kriteria kinerja.

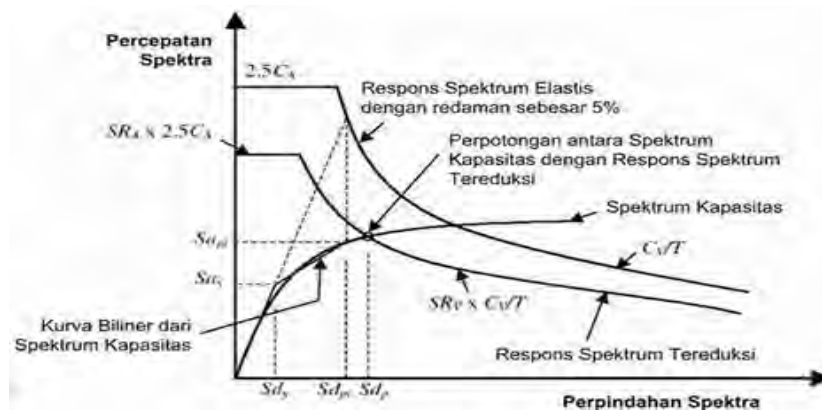
2.7.2 Metode *capacity spektrum*

Merupakan metode utama ATC-40, meskipun dimaksudkan untuk konstruksi beton bertulang, tetapi ternyata banyak juga diaplikasikan pada konstruksi lain. Dalam Metode Spektrum Kapasitas proses dimulai dengan menghasilkan kurva hubungan gaya perpindahan yang memperhitungkan kondisi inelastis struktur. Proses tersebut sama dengan Metode Koefisien Perpindahan,

kecuali bahwa hasilnya diplot-kan dalam format ADRS, *Acceleration Displacement Response Spectrum* (spektrum respon perpindahan percepatan) (Deli S, 2009).

Format tersebut adalah konversi sederhana dari kurva hubungan gaya geser dasar dengan perpindahan lateral titik kontrol dengan menggunakan properti dinamis sistem dan hasilnya disebut sebagai kurva kapasitas struktur. Gerakan tanah gempa juga dikonversi keformat ADRS. Hal itu menyebabkan kurva kapasitas dapat di-plot-kan pada sumbu yang sama sebagai gaya gempa perlu. Pada format tersebut waktu getar ditunjukkan sebagai garis radial dari titik pusat sumbu. Waktu getar ekuivalen, T_e , dianggap sebagai secant waktu getar tepat dimana gerakan tanah gempa perlu yang direduksi karena adanya efek redaman ekuivalen bertemu pada kurva kapasitas. Karena waktu getar ekuivalen dan redaman merupakan fungsi dari perpindahan maka penyelesaian untuk mendapatkan perpindahan in-elastik maksimum (titik kinerja) adalah bersifat iteratif. ATC-40 menetapkan batas redaman ekuivalen untuk mengantisipasi adanya penurunan kekuatan dan kekakuan yang bersifat gradual (Deli S, 2009).

Metode ini secara khusus telah built-in dalam program SAP2000, proses konversi kurva *pushover* ke format ADRS dan kurva respon spektrum yang direduksi dikerjakan otomatis dalam program. Adapun titik kinerja menurut metode spektrum kapasitas disajikan pada gambar 5, data yang perlu dimasukkan cukup memberikan kurva respons spektrum rencana.



Gambar 5. Titik Kinerja menurut Metode Spektrum Kapasitas

(Applied Technology Council, ATC-40, 1996)

Capacity Spectrum method (metode spektrum kapasitas), merupakan salah satu cara untuk mengetahui kinerja suatu struktur. Konsep dasar dari metode statis *pushover nonlinier* adalah memberikan pola pembebanan statis tertentu dalam arah lateral yang ditingkatkan secara bertahap (*incremental*). Penambahan beban statis ini dihentikan sampai struktur tersebut mencapai simpangan target atau beban tertentu. Dari metode statis *pushover nonlinier* ini didapatkan kurva kapasitas yang kemudian diolah lebih lanjut dengan metode tertentu, salah satunya adalah *Capacity Spectrum Method* (ATC- 40,1996).

2.7.3 Kurva kapasitas

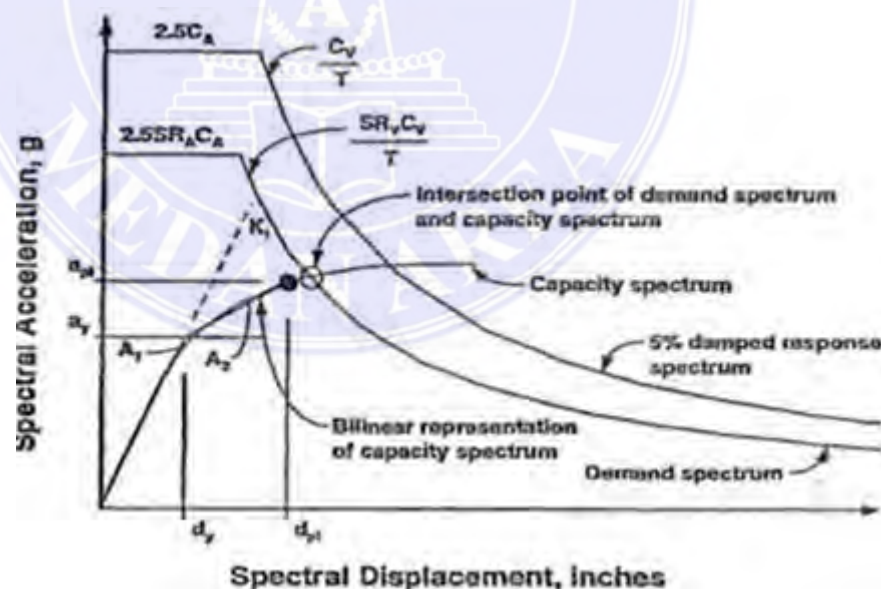
Hasil metode statis *pushover nonlinier* adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara gaya *base shear* (geser dasar) dan *roof displacement* (simpangan atap) seperti ditunjukkan pada gambar 5. Hubungan tersebut kemudian dipetakan menjadi suatu kurva yang dinamakan Kurva Kapasitas struktur.

Metode ini sederhana namun informasi yang dihasilkan sangat berguna karena mampu menggambarkan respons inelastic bangunan. Metode ini memang

bukan cara yang terbaik untuk mendapatkan jawaban terhadap masalah metode dan desain, tetapi relative sederhana untuk mendapatkan respons nonlinier struktur (Deli S, 2009).

2.2 Performance point

Performance point (poin kinerja) adalah titik dimana capacity curve (kurva kapasitas) berpotongan dengan *response spectrum curve* (kurva spektrum respons) seperti yang dipergunakan dalam *Capacity Spectrum Method* (CSM). Untuk memperoleh gambaran lebih jelas, dapat dilihat pada gambar 6. Pada performance point (poin kinerja) dapat diperoleh informasi mengenai periode bangunan dan redaman efektif akibat perubahan kekakuan struktur setelah terjadi sendi plastis. Berdasarkan informasi tersebut respons- respons struktur lainnya seperti nilai simpangan tingkat dan posisi sendi plastis dapat diketahui (Deli S, 2009).



Gambar 6 Penentuan Performance Point.
(Applied Technology Council, ATC-40, 1996)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deskripsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Keperawatan dan Asrama Putri Rumah Sakit Grand Medistra Lubuk Pakam, 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 Fakultas Keperawatan dan Asrama Putri Rumah Sakit Grand Medistra berlokasi Jl. Medan, Km.25, No.66 Lubuk Pakam, Kab. Deli Serdang Sumatera Utara.



Gambar 7. Lokasi Penelitian

3.3 Data Umum Proyek

		Proyek Pembangunan Fakultas
1	Kegiatan	: Keperawatan dan Asrama Putri Rumah Sakit Grand Medistra
		Konstruksi Fisik Pembangunan
2	Pekerjaan	: Gedung Fakultas Keperawatan dan Asrama Putri RS.Grand Medistra
3	Tahun Anggaran	: 2024
4	Sumber Dana	: Yayasan Inkes Medistra
5	Tanggal Dimulai	: Januari 2024
6	Nilai Kontrak	: Rp.50.000.000.000
7	Tanggal Kontrak	: Juli 2024
8	Luas Bangunan	: 104 x 37 m
9	Kontraktor Perencana	: PT.Maximtama Konsultant

3.2 Spesifikasi Bangunan

3.4.1 Mutu Beton

Mutu Beton menjadi hal yang sangat di utamakan dan sesuai yang dibutuhkan dalam Strutkur bangunan, mulai dari mutu beton pondasi, kolom, balok, plat atap dan plat lantai. Kekuatan karakteristik silinder beton (f'_c) yang didasarkan atas kekuatan beton pada umur 28 hari sebagai berikut :

Tabel 16 Mutu Beton (Data Proyek)

FUNGSI	MUTU BETON	
	f'c	Ec
	Mpa	Mpa
Pondasi	25	23500
Kolom	25	23500
Balok	25	23500
Pelat Lantai	25	23500
Tangga	25	23500

3.4.2 Mutu Baja (Fy)

Berdasarkan data perencanaan proyek didapati bahwa tulangan baja yang digunakan pada struktur terdiri dari satu jenis tulangan, yaitu tulangan baja ulir. Berikut spesifikasi mutu baja tulangan tersebut adalah:

Tabel 17. Mutu Baja Fy (Data Proyek)

Jenis Tulangan Baja	Mutu baja (Fy) MPa
Tulangan Baja Ulir	420

3.4.3 Data Dimensi Kolom

Berikut adalah Tipe Kolom yang digunakan pada proyek Gedung Pembangunan Fakultas Keperawatan dan Asrama Putri Rumah Sakit Grand Medistra

Tabel 18 Tipe kolom (Data Proyek)

Keterangan: Gambar Dimensi Penulangan Kolom Terlampir Pada Halaman 75.

No	Jenis kolom	Dimensi (mm)
1	Kolom K1 (Lt 1)	600 x 600
2	Kolom K1 (Lt 2,3 dan 4)	500 x 500
3	Kolom K2	500 x 500
4	Kolom K5a	500 x 500
5	Kolom K5	500 x 500
6	Kolom K6	500x 500

3.4.4 Balok

Balok adalah elemen struktur horizontal pada bangunan yang berfungsi untuk menopang beban dari atas seperti lantai, dinding, dan atap, kemudian menyalurkannya ke kolom atau dinding struktur di bawahnya. Balok merupakan komponen penting dalam sistem rangka bangunan dan sangat berperan dalam stabilitas dan kekuatan struktur.

Tabel 19 Tipe Balok (Data Proyek)

Keterangan: Gambar Dimensi Penulangan Balok Terlampir Pada Halaman 80.

No	Tipe Balok	Dimensi Balok (mm)
1	Balok B1	250 x 500
2	Balok B2	250 x 500
3	Balok B3	250 x 500
4	Balok B4	300 x 600
5	Balok B6	300 x 600
6	Balok B7	250 x 600
7	Balok B9	250 x 500
8	Balok 10	250 x 500
9	Balok B11	250 x 600
10	Balok B13	300 x 500

3.4.5 Plat Lantai

Pada Gedung Fakultas Keperawatan dan Asrama Putri Rumah Sakit Grand Medistra memiliki tebal pelat lantai sebesar 125 mm.

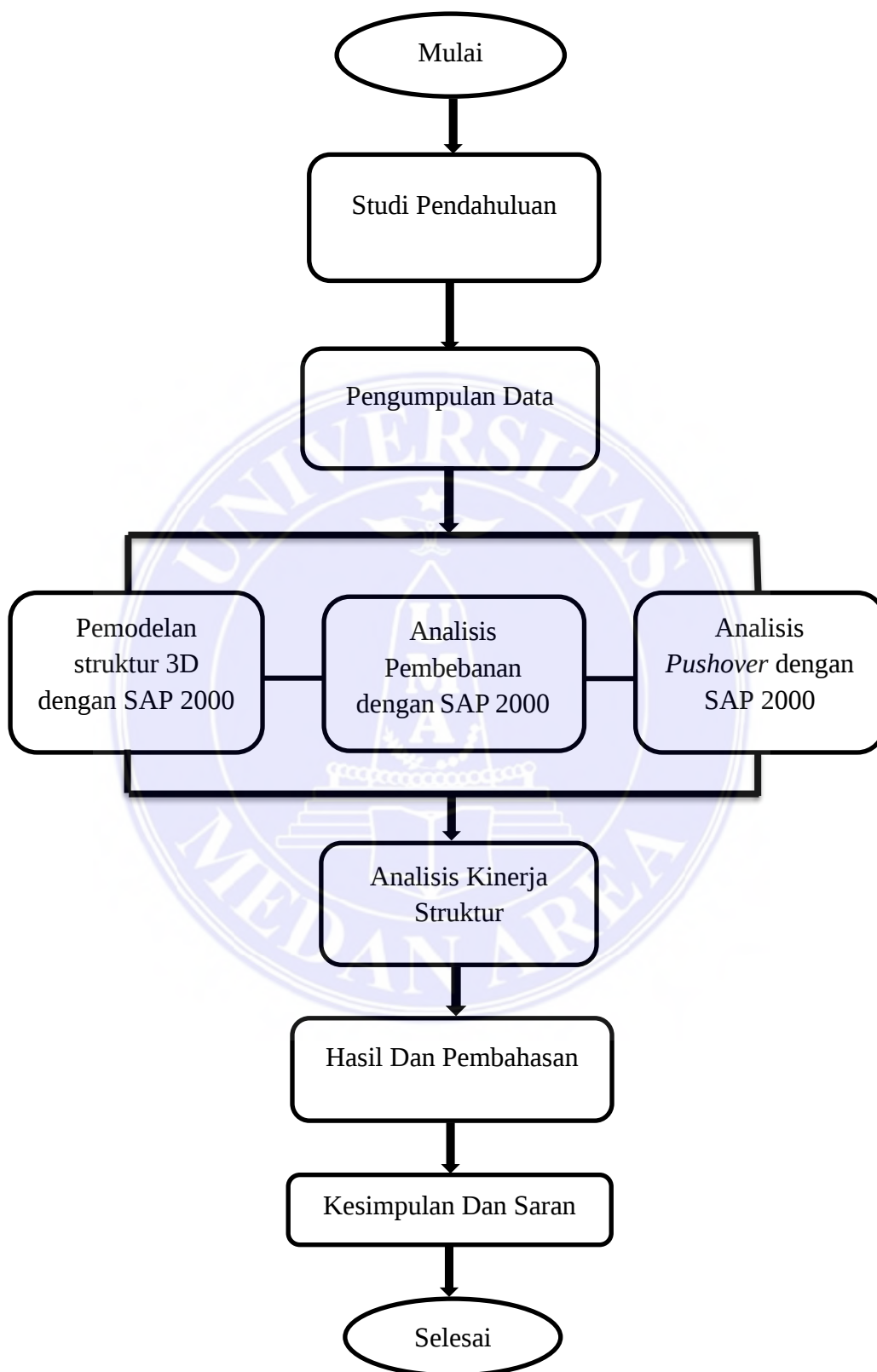
3.4.6 Data Elevasi Gedung

Data elevasi gedung diperoleh dari data yang telah diperoleh, yaitu berupa shop drawing. Elevasi tiap lantai dan total tinggi bangunan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 20. Elevasi Ketinggian Gedung (data Proyek)

No	Lantai	Elevasi Tiap Lantai (m)	Tinggi Bangunan (m)
1	Lantai 1	5,5	5,5
2	Lantai 2	4	9,5
3	Lantai 3	4	13,5
4	Lantai 4	4	17,5

3.5 Kerangka Berpikir



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pushover terhadap struktur Gedung Fakultas Keperawatan dan Asrama Putri RS Grand Medistra, dapat disimpulkan bahwa struktur menunjukkan perilaku non-linear yang sesuai dengan karakteristik *respons* struktur terhadap beban gempa. Nilai *story drift* yang diperoleh dari analisis masih berada dalam batas yang diperbolehkan menurut standar ATC-40 dengan nilai arah $X = 0,009509664$ dan $Y = 0,002071013$. Dengan demikian, struktur dikategorikan memiliki tingkat kinerja *Immediate Occupancy (IO)*, yang berarti bangunan tetap aman, stabil, dan dapat langsung digunakan setelah terjadinya gempa tanpa memerlukan perbaikan struktural yang signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa struktur telah memenuhi kriteria kinerja seismik yang diharapkan dan memberikan bukti bahwa analisis pushover merupakan metode yang efektif dalam mengevaluasi kelayakan bangunan terhadap beban gempa.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian evaluasi kinerja seismik struktur gedung Bertingkat dengan metode *pushover* menggunakan *software* SAP 2000 didapatkan saran yang bermanfaat bagi penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Melakukan evaluasi lebih lanjut terhadap perilaku *non-linier* struktur menggunakan analisis *time history* untuk memahami respons dinamis secara lebih detail.
2. Mempertimbangkan penggunaan sistem peredam energi untuk meningkatkan ketahanan struktur terhadap beban gempa berulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, R. N. (2010). *Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton dengan Metode Pushover*. Skripsi. Universitas Islam Indonesia.
- ATC-40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. Applied Technology Council, Redwood City, California.
- Bozorgnia, Y., & Bertero, V. V. (2004). *Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering*. CRC Press.
- Chopra, A. K. (2012). *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering* (4th ed.). Pearson Education.
- Deli, S. (2009). *Metode Struktur Beton Gedung Bertingkat dengan Metode Pushover*. Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara.
- Dewobroto, W. (2007). *Evaluasi Bangunan Baja Tahan Gempa dengan Metode Pushover*. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.
- ETABS & SAP2000 Manual. (2020). *Structural Analysis Software Documentation*. Computers and Structures, Inc. (CSI), Berkeley, CA.
- FEMA 273. (1997). *NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Federal Emergency Management Agency.
- FEMA 356. (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. FEMA, Washington, D.C.
- FEMA 440. (2005). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. FEMA, Washington, D.C.
- Irsyam, M., et al. (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. PUSGEN, Kementerian PUPR.
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice-Hall, New Jersey.
- Moehle, J. P. (2015). *Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings*. McGraw-Hill Education.
- Paulay, T., & Priestley, M. J. N. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. John Wiley & Sons.
- SNI 1726:2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1727-1989. *Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.

Suharjanto. (2013). *Teknik Gempa untuk Bangunan Gedung*. Penerbit Andi, Yogyakarta.

Utami, P., & Warastuti, D. (2019). *Analisis Kekuatan Struktur terhadap Gaya Gempa Menggunakan Metode Pushover*. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang.

Widodo, S. (2012). *Dasar-Dasar Teknik Gempa dan Aplikasinya*. ITS Press, Surabaya.

Wilson, E. L. (2002). *Three Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures*. Computers and Structures, Inc.

Clough, R. W., & Penzien, J. (2003). *Dynamics of Structures* (3rd ed.). Computers and Structures, Inc.

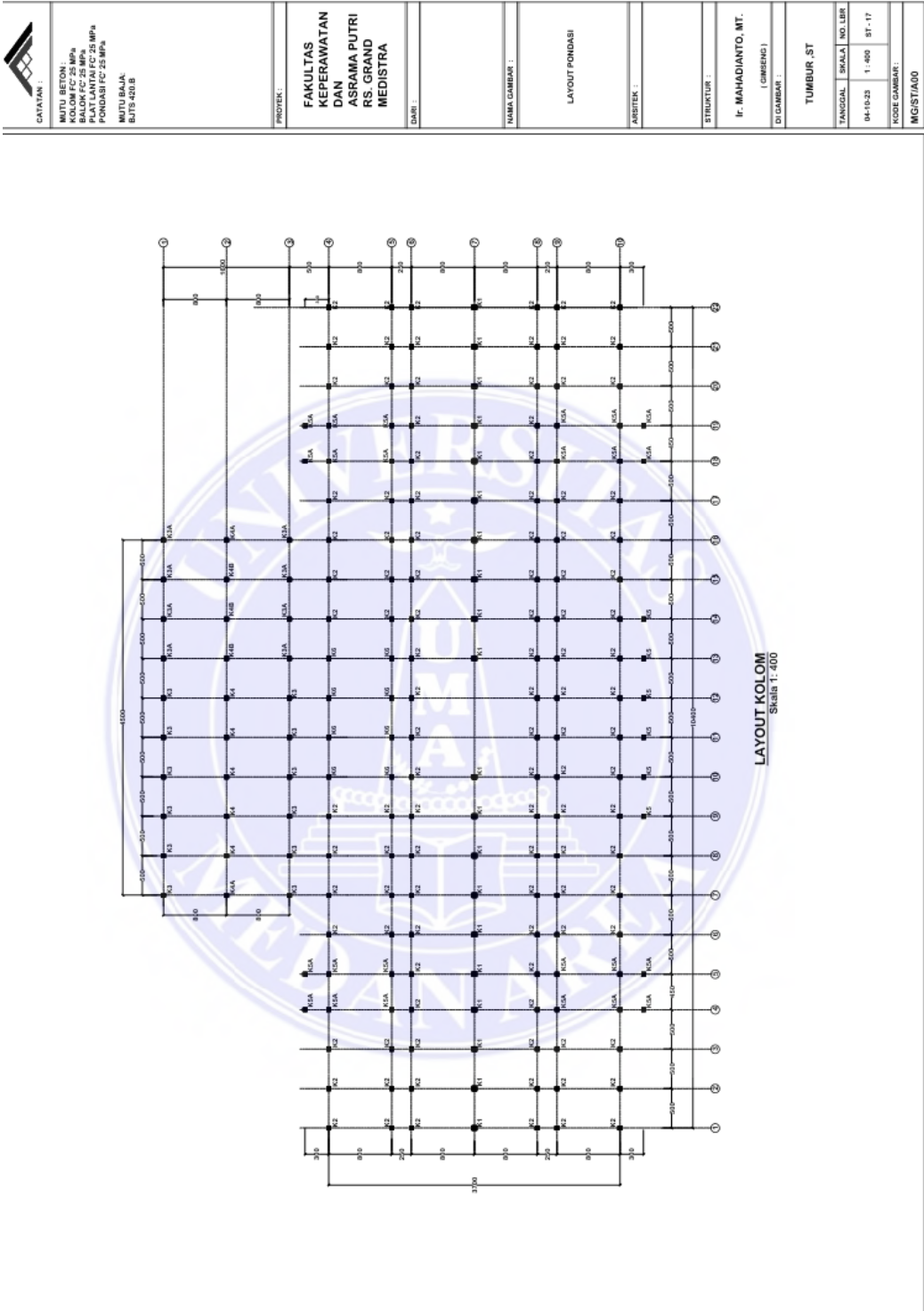
Aschheim, M., & Black, E. (2000). *Yield Point Spectra for Seismic Design and Rehabilitation*. Earthquake Spectra, 16(2), 317–335.

CSI. (2020). *SAP2000 v22 – Structural Analysis and Design Software Manual*. Computers and Structures, Inc.

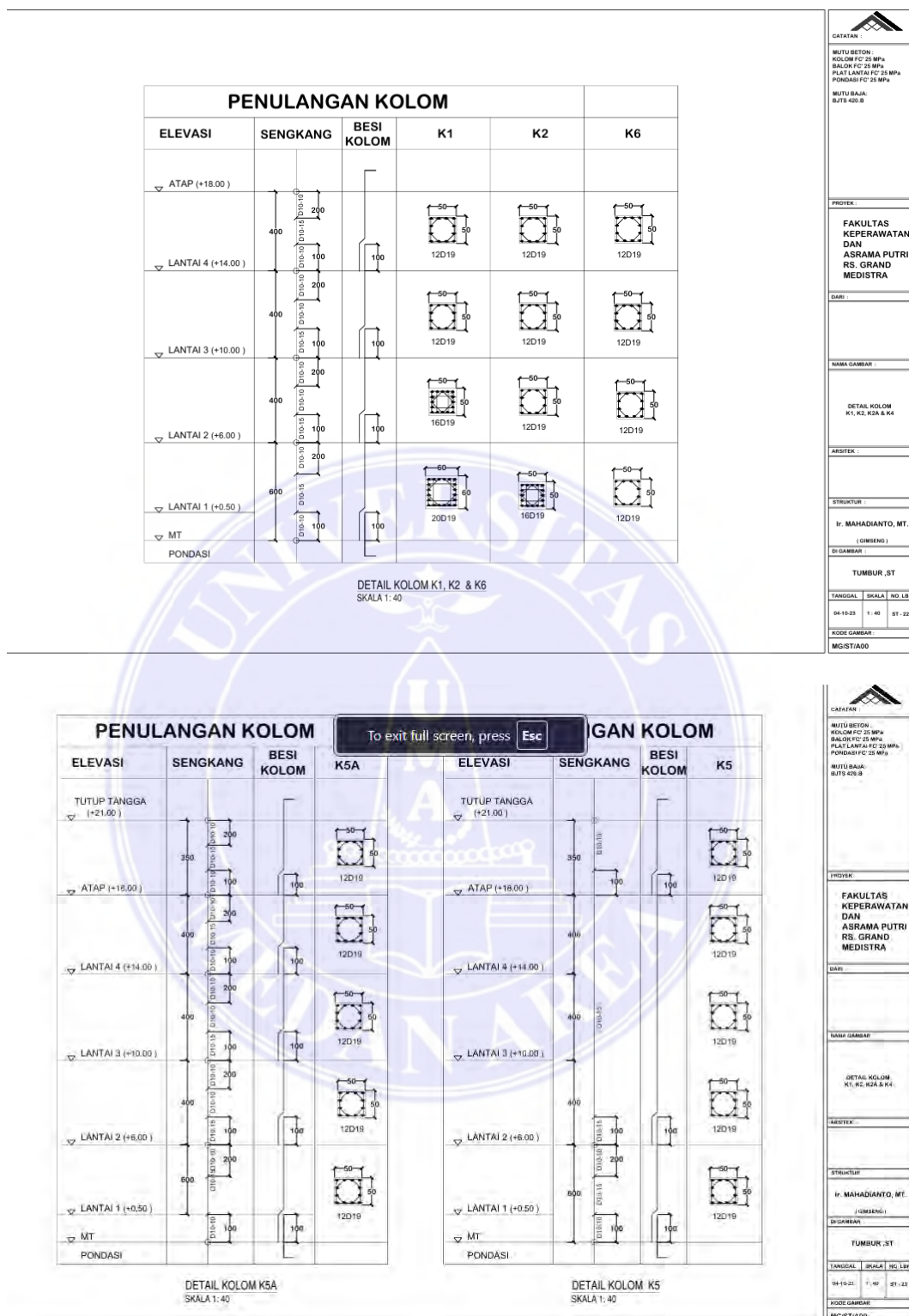
Priestley, M. J. N., Calvi, G. M., & Kowalsky, M. J. (2007). *Displacement-Based Seismic Design of Structures*. IUSS Press.

Kunnath, S. K. (2000). *Push-over Analysis for Performance-Based Seismic Design*. Proceedings of the SEAOC Convention, San Diego.

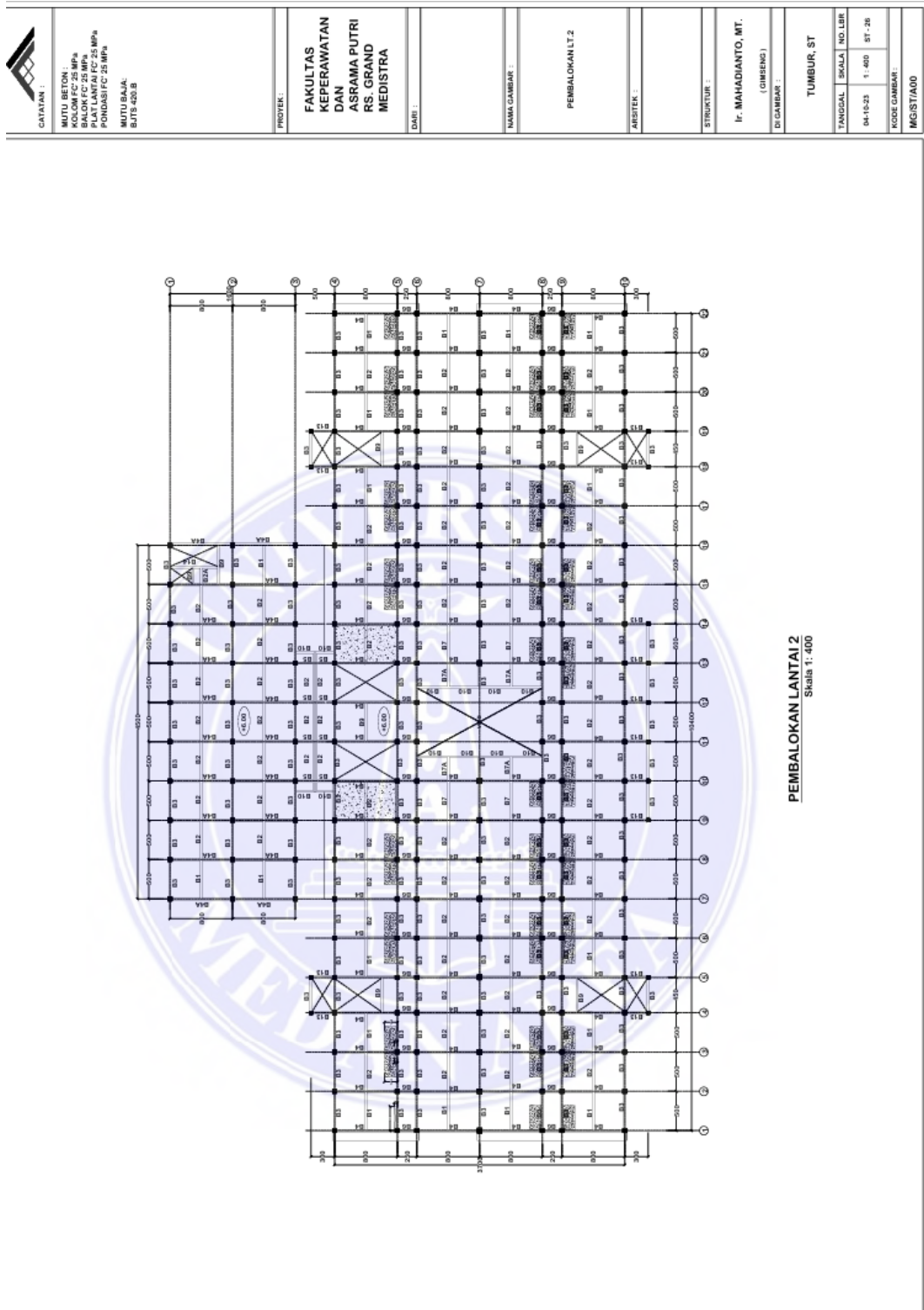
LAMPIRAN



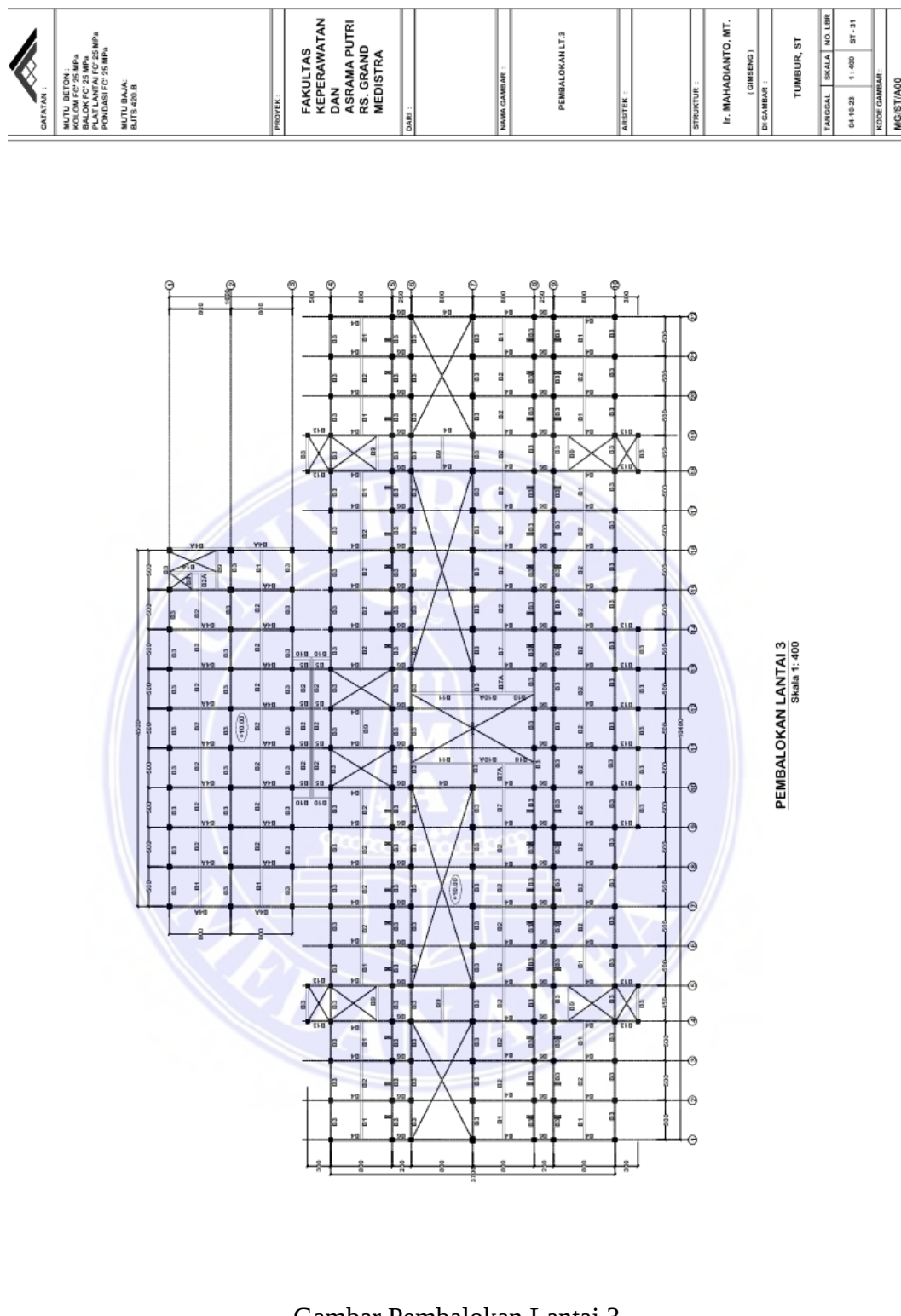
Gambar Rencana Kolom



Gambar Detai Penulangan Kolom

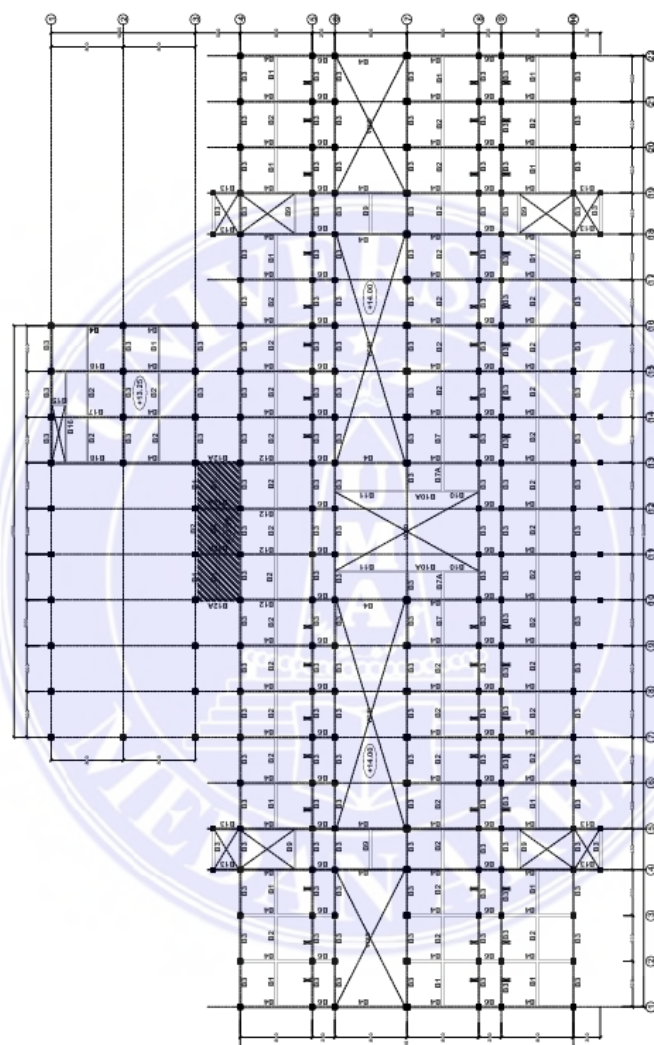


Gambar Pembalokan Lantai 2



Gambar Pembalokan Lantai 3

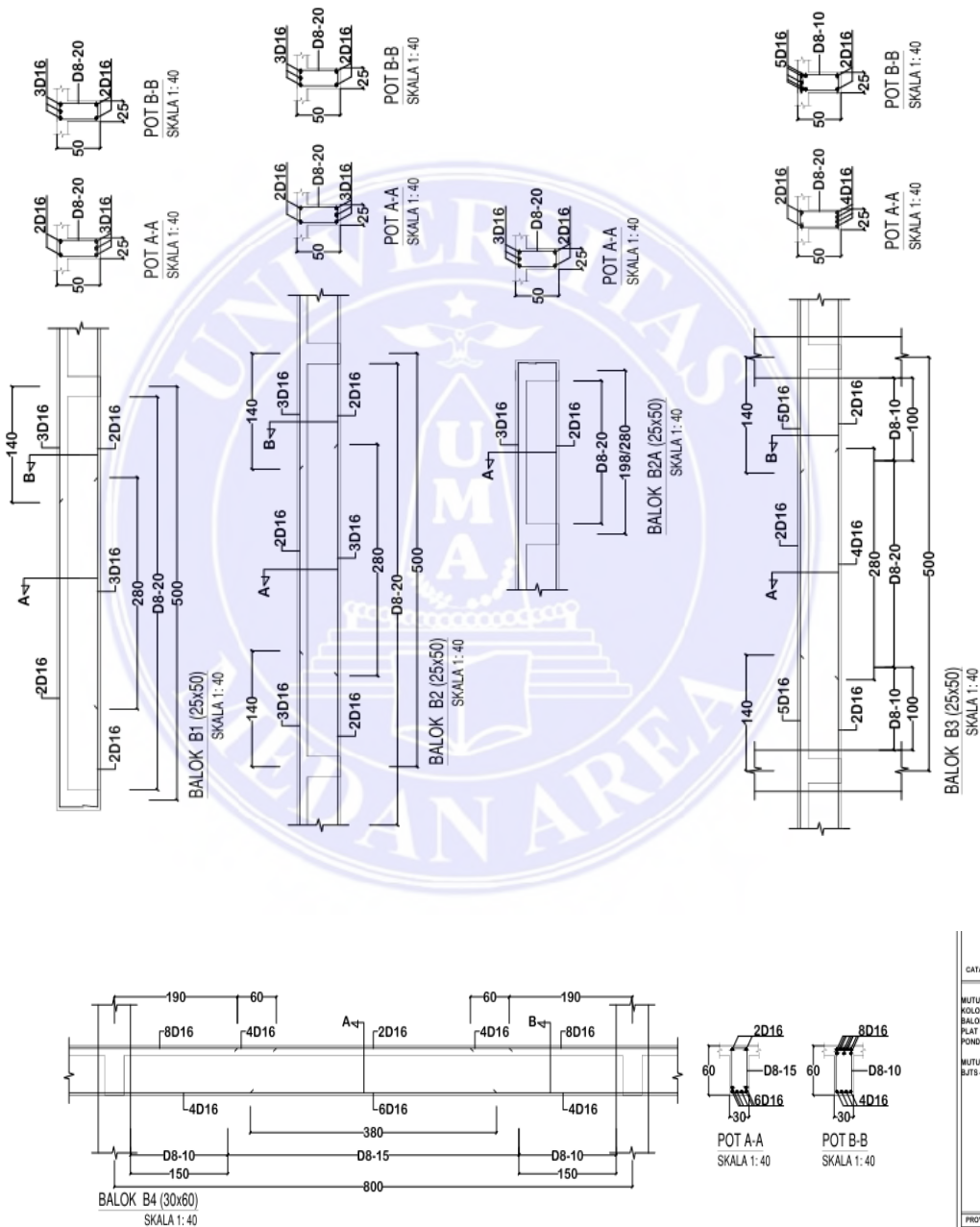
	CATATAN : MUTU BETON : KOLON FC 25 MPa BALOK FC 25 MPa PLAT LANTAI FC 25 MPa FONDASI FC 25 MPa MUTU BAJA : BJTS 420 B							
	PROYEK : FAKULTAS KEPERAWATAN DAN ASRAMA PUTRI RS. GRAND MEDISTRA							
				DAFTAR :				
				NAMA GAMBAR : PEMBALOKAN LT.4				
				ARSITEK :				
				STRUKTUR : Ir. MAHADJANTO, MT. (GIMENSI)				
				DIGAMBAR : TUMBUR, ST				
<table><tr><th>TANGGAL</th><th>SKALA</th><th>NO. LEMBAR</th></tr><tr><td>04-10-23</td><td>1:400</td><td>ST - 36</td></tr></table>			TANGGAL	SKALA	NO. LEMBAR	04-10-23	1:400	ST - 36
TANGGAL	SKALA	NO. LEMBAR						
04-10-23	1:400	ST - 36						
KODE GAMBAR : MGST/A00								



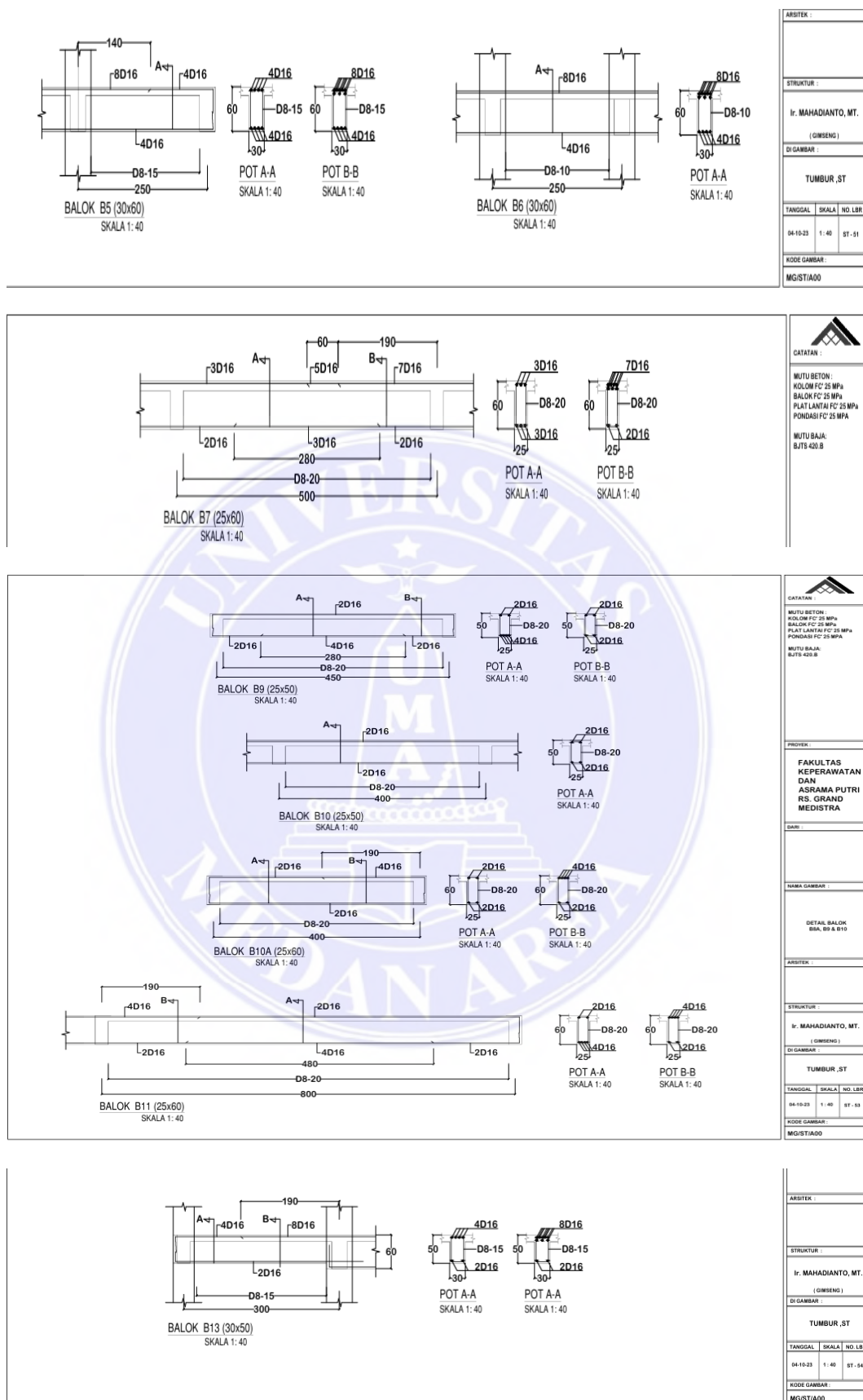
PEMBALOKAN LANTAI 4
Skala 1:400

Gambar Pembalokan Lantai 4

 CATATAN : MUTU BETON : KOLON FC 25 MPa BALOK FC 25 MPa PLAT LANTAI FC 25 MPa PONDASI FC 25 MPa MUTU BAJA : BUTS 420 B	PROYEK :	FAKULTAS KEPERAWATAN DAN ASRAMA PUTRI RS. GRAND MEDISTRA	DARI :	NAMA GAMBAR :	DETAIL BALOK B1, B2, B3A & B3	ARISTEK :	STRUKTUR :	I. MAHADANTO, MT. (GIBRENG)	DI GAMBAR :	TUMBUK ST	TANGGAL : 04-10-23	SKALA : 1 : 40	NO. LEM. ST-50	NO. GAMBAR : MG/ST/A00



Gambar Detail Penulangan Balok



Gambar Detail Penulangan Balok

