

ANALISA RESPON SPEKTRUM STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT

SKRIPSI

OLEH :

**ABDUL FARHAN HAKIM NASUTION
168110037**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

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 23/6/25

Access From (repository.uma.ac.id)23/6/25

ANALISA RESPON SPEKTRUM STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT

SKRIPSI

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

Oleh:

**ABDUL FARHAN HAKIM NASUTION
168110037**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisa Respon Spectrum Struktur Gedung Bertingkat
Nama : Abdul Farhan Hakim Nasution
NPM : 168110037
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing



Irwan, M.T.
Pembimbing I



Suranto, S.T., M.T.
Pembimbing II



Farhan, S.Kom., M.Kom
Dekan



Bika Ermita Wulandari, S.T., M.T
K.Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 29 Juli 2023

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, 29 Juli 2023



Abdul Farhan Hakim Nasution
168110037

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Abdul Farhan Hakim Nasution
NPM : 168110037
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 : Redesain Struktur Gedung Fakultas Teknik Universitas Medan Area Menggunakan Metode Flat Slab. 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 : 29 Juli 2023
Yang menyatakan

(Abdul Farhan Hakim Nasution)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan Pada tanggal 14 Juli 1999 dari Ayah Zulkifli Nasution dan Ibu Iriani, Penulis merupakan putra ke 3 dari 3 bersudara/I, Tahun 2016 Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Sunggal dan pada tahun 2016 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Yayasan Pendidikan Shafiyyatul Amaliyyah (YPSA) dan selesai pada tanggal 25 Juni 2020, Selanjutnya Penulis

Berikut Riwayat Hidup Penulis Untuk Sekedar Diketahui.



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 dengan judul Analisa Respon Spektrum Struktur Gedung Bertingkat. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. Irwan, M.T. dan bapak Suranto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Orang tua dan teman-teman kejuruan yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis

(Abdul Farhan Hakim Nasution)

ABSTRAK

Gempa merupakan fenomena alam yang tidak dapat di prediksi besar dan waktu terjadinya . Ditinjau dari segi intensitasnya, gempa bervariasi dari gempa kecil, sedang, bahkan gempa besar, untuk merancang bangunan tinggi, gempa bumi merupakan salah satu factor yang sangat diperhitungkan, mengingat gempa akan mengakibatkan guncangan dan goyangan yang dapat merusak struktur bangunan, Gempa adalah suatu bencana yang kerap sekali terjadi yang dapat menyebabkan beberapa masalah kerusakan pada bangunan, karna dapat menyebabkan penurunan kekuatan dan kekakuan dari bangunan tersebut,. Gedung Asrama BBPPMPV Medan yang terletak di jalan Setia Budi Medan Helvetia, oleh karena itu perlu dilakukan analisis Kembali evaluasi ketahanan bangunan Gedung tersebut yang sesuai dengan standar yang berlaku. Dari penjelasan di atas, maka pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis kinerja struktur dengan menggunakan analisis dinamik respon spektrum pada bangunan Gedung Asrama BBPPMPV Medan menggunakan software SAP2000. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan skunder, data primer di dapat dari Gedung yang di tinjau sedangkan data skunder merupakan data yang diperlukan untuk melengkapi penelitian. Kegiatan analisis dibantu dengan menggunakan program SAP2000. Langkah analaisis dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah di tetapkan. Bentuk data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah gambar bestek bangunan, yang di pergunakan untuk pemodelan struktur 3d di dalam program SAP2000. Level kinerja bangunan Asrama BBPPMPV Medan menurut metode ATC-40 adalah *immediate Occupancy*, yaitu apabila terjadi gempa , hanya sedikit kerusakan structural terjadi , sehingga bangunan aman dan dapat langsung di pakai. Terjadinya sendi plastis pada balok kolom, pushover arah X terjadi pada balok lantai 2 dan 3, mulai dari step 2 dan seterusnya, hanya saja ada beberapa kondisi Dimana sendi plastis mencapai keterangan LS. Sama halnya dengan arah X, pushover arah Y hampir sama yang terjadi Pada arah X yang mencapai keterangan LS Dimana jika terjadi kerusakan mulai dari kecil hingga Tingkat sedang, kekuatan struktur berkurang tetapi masih memiliki kekuatan yang cukup besar terhadap keruntuhan.

Kata Kunci : Analisa Struktur Gedung, Kinerja Structural, SAP2000.V20

ABSTRACT

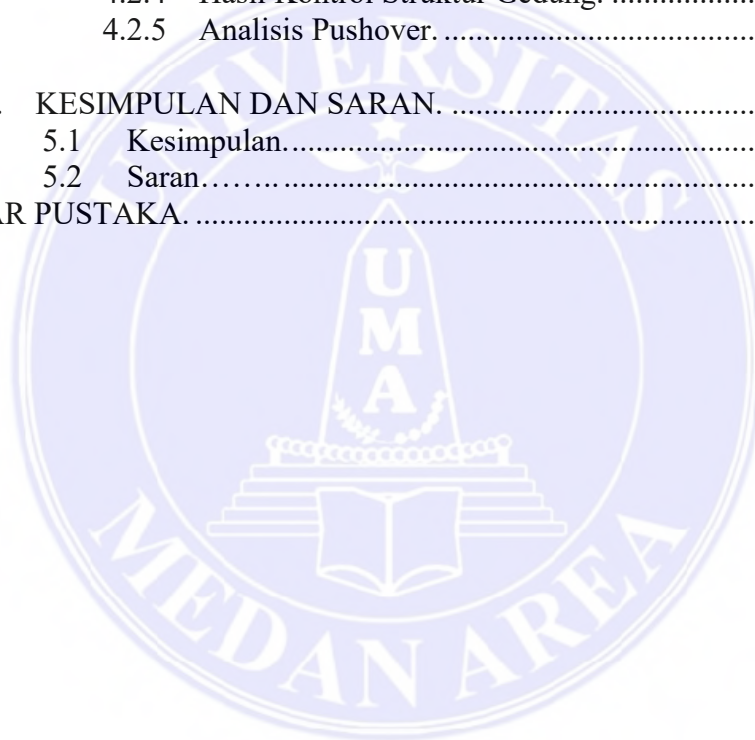
Earthquakes are natural phenomena that cannot be predicted, the magnitude and time of occurrence. In terms of intensity, earthquakes vary from small, medium, even large earthquakes, for designing tall buildings, earthquakes are one of the factors that are taken into account, considering that earthquakes will cause shocks and shaking that can damage building structures. Earthquakes are a disaster that This often happens which can cause several damage problems to the building, because it can cause a decrease in the strength and stiffness of the building. The BBPMPPV Medan Dormitory Building is located on Jalan Setia Budi Medan Helvetia, therefore it is necessary to re-evaluate the building's durability in accordance with applicable standards. From the explanation above, in this final project a structural performance analysis will be carried out using dynamic response spectrum analysis in the BBPMPPV Medan Dormitory Building using SAP2000 software. This research was carried out by collecting primary and secondary data, primary data was obtained from the building being reviewed while secondary data was the data needed to complete the research. Analysis activities are assisted using the SAP2000 program. The analysis steps were carried out in accordance with established procedures. The form of data collected in this research is bestek building drawings, which are used for 3D structural modeling in the SAP2000 program. The performance level of the BBPMPPV Medan Dormitory building according to the ATC-40 method is immediate occupancy, that is, if an earthquake occurs, only minimal structural damage occurs, so the building is safe and can be used immediately. Plastic joints occur in column beams, pushover in the X direction occurs in floor beams 2 and 3, starting from step 2 onwards, but there are several conditions where the plastic joints reach the LS description. Similar to the X direction, almost the same pushover in the Y direction occurs in the

Keywords: Building Structure Analysis, Structural Performance, SAP2000.V20

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
RIWAYAT HIDUP.	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABLE	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
 BAB I. PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud Dan Tujuan	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metode Penelitian	3
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	 4
2.1 Konsep Gempa	4
2.2 Filosofi Bangunan Tahan Gempa	8
2.3 Penentuan Gempa Rencana Dan Kategori Gedung.....	9
2.4 Respon Spectrum	12
2.4.1 Fungsi Respon Sctrum.....	14
2.5 Analisa Gaya Gravitasi.....	18
2.5.1 Beban Mati.....	18
2.5.2 Beban Hidup	21
2.5.3 Beban Angin.	23
2.6 Analisa Respon Struktur.....	23
2.7 Sendi Plastis Pada Struktur Gedung	24
2.8 Performance Based Earthquake Engineering (PBEE).....	27
2.9 Analisis <i>pushover</i> mengacu pada prosedur ATC-40	28
2.9.1 <i>Performance</i> Struktur	29
 BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.	 36
3.1 Metode Penelitian	36
3.2 Pengumpulan Data.....	37
3.3 Peralatan Dan Software	37
3.4 Lokasi Penelitian	38
3.5 Jadwal Penelitian	39
3.6 Langkah penelitian.	39

3.6.1	Survei Pendahuluan.....	39
3.6.2	Pengumpulan Data Lapangan	39
3.7	Pengumpulan Data Lapangan	40
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1	Hasil.....	42
4.1.1	Denah dan Tampak.....	42
4.1.2	Spesifikasi Material.....	43
4.1.3	Pemodelan Dan Pembebanan Pada Struktur.....	45
4.2	Pembahasan.....	51
4.2.1	Penginputan Data Gempa.....	52
4.2.2	Faktor reduksi gempa.....	59
4.2.3	Hasil Analisis Displacement Dan Base Shear Akibat Beban Kombinasi.....	61
4.2.4	Hasil Kontrol Struktur Gedung.....	62
4.2.5	Analisis Pushover.....	64
BAB V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	85
5.1	Kesimpulan.....	85
5.2	Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA.		37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Wilayah gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan periode ulang 500 tahun.....	4
Gambar 2.2 Penyebab terjadinya gempa melalui peristiwa tektonik.....	6
Gambar 2.3. Respon spektrum untuk beberapa gempa.....	15
Gambar 2.4 Pengaruh redaman terhadap respon spectrum.....	16
Gambar 2.5 Koefisien Angin Untuk Jenis Gedung Tertutup.....	23
Gambar 2.6 Respon Struktur Akibat Gempa	24
Gambar 2.7 Sendi Plastis Yang Terjadi Pada Struktur	25
Gambar 2.8 Posisi Sumbu Lokal Balok Struktur.....	25
Gambar 2.9 Posisi Sumbu Lokal Kolom Struktur.	26
Gambar 2.10 Sendi Plastis Yang Terjadi Pada Balok Dan Kolom.....	27
Gambar 2.11 Penentuan Performance Point	30
Gambar 2.12 Kurva Kriteria Kinerja	34
Gambar 2.13 Ilustrasi Keruntuhan Gedung	35
Gambar 3.1 Lokasi penelitian	38
Gambar 3.2 Bentuk Tampak Gedung	38
Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian	41

Gambar 4.1 Denah	42
Gambar 4.2 Tampak Potongan.....	42
Gambar 4.3. Pemodelan Struktur Menggunakan Software SAP2000.	46
Gambar 4.4 Lokasi Koordinat Gedung	53
Gambar 4.5. Penginputan Data Statik.....	56
Gambar 4.6. Penginputan Data Dinamik.....	57
Gambar 4.7. Grafik Spektral Percepatan Tanah.....	58
Gambar 4.8 Pendefinisian Hinge.....	65
Gambar 4.9. Hasil <i>hinge</i> pada Balok.....	66
Gambar 4.10. Hasil <i>hinge</i> pada kolom.....	67
Gambar 4.11 <i>P-M2-M3 Interaction Surface</i> pada kolo.....	68
Gambar 4.12 Pengaturan <i>analysis case</i> beban gravitasi.....	69
Gambar 4.13 Load case data – nonlinear static.....	70
Gambar 4.14 Pengaturan <i>analysis case</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-x.....	71
Gambar 4.15 Pengaturan <i>load application control</i> beban lateral arah-x.....	72
Gambar 4.16 Pengaturan <i>analysis case</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-x.....	72
Gambar 4.17 Pengaturan <i>nonlinear parameters</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-x...	73
Gambar 4.18 Pengaturan <i>analysis Case</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-y.....	74

Gambar 4.19 Pengaturan <i>load application control</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-y	74
Gambar 4.20 Pengaturan <i>analysis case</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-y.	75
Gambar 4.21 Pengaturan <i>nonlinear parameters</i> beban lateral <i>pushover</i> arah-y...	75
Gambar 4.22. Kurva Base Shear Arah-x.....	77
Gambar 4.23 Kurva Base Shear Arah-y	78
Gambar 4.24 Performance Point Arah-x.....	79
Gambar 4.25 Performance Point Arah-y.....	79
Gambar 4.26 Sendi Plastis Pada balok Lantai 2 Arah-x	82
Gambar 4.27 Sendi Plastis Pada balok Lantai 3 Arah-y	83
Gambar 4.28 Sendi Plastis Pada Kolom Arah-x	83
Gambar 4.29 Sendi plastis pada balok arah-y	84
Gambar 4.30 Sendi plastis pada kolom arah-y	84

DAFTAR TABLE

Table 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung Untuk Beban Gempa	10
Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa.....	12
Tabel 2.3 Koefisien Situs Fa.....	17
Tabel 2.4 Koefisien Situs Fv.....	18
Tabel 2.5 Berat sendiri bahan bangunan.....	19
Table 2.6 Berat Komponen Gedung.....	20
Tabel 2.7 Beban hidup pada lantai Gedung.....	21
Tabel 2.8 Batasan Rasio drift atap menurut ATC-40.....	31
Tabel 2.9 Batasan tipe bangunan pada <i>capacity Spectrum Method</i>	31
Tabel 2.10 Level Kinerja Bangunan.....	32
Tabel 4.1 Data Elevasi Gedung.....	43
Table 4.2 Mutu beton.....	43
Table 4.3 Elemen struktur balok dan kolom.....	45
Tabel 4.4 Beban mati (berat sendiri) bahan bangunan dan komponen Gedung .	46
Tabel 4.5 Berat Struktur Per lantai.....	47
Table 4.6 Rekapitulasi beban total per lantai.....	49

Table 4.7 Massa bangunan.....	50
Tabel 4.8 Perhitungan inersia tiap lantai bangunan.	51
Tabel 4.9 Data tanah yang di gunakan untuk desain.....	52
Table 4.10. Data Percepatan Tanah.	54
Tabel 4.11. Faktor Skala Spektrum Respon Gempa Rencana.	59
Tabel 4.12. Parameter Sistem Struktur Beton Umum.....	60
Tabel 4.13. Table Analisis Displacement.	61
Tabel 4.14. Base Shear Terbesar.....	61
Tabel 4.15. Evaluasi Beban Gempa Arah X dan Arah Y.	63
Table 4.17. Data pushover curve arah X dan Y.	76
Table 4.18 Performance Point hasil analisis Pushover.	80
Table 4.19. Keterangan Tanda Titik Pada Lokasi Terjadinya Sendi Plastis.....	81

DAFTAR NOTASI

Cr_I	Koefisien resiko terpetakan perioda respon spektral 1 detik
Cr_s	Koefisien resiko terpetakan perioda respon spektral 0.2 detik
C_s	Koefisien respons seismik yang ditentukan
C_{vx}	Faktor distribusi vertikal (%)
E_D	Energi yang didisipasi oleh damping
E_{SO}	Energi regangan maksimum
F_a	Fungsi <i>site class</i> dan <i>mapped short-period spectral acceleration</i>
F_i	Nilai distribusi beban lateral yang terjadi pada lantai tingkat i
F_v	Fungsi <i>site class</i> dan <i>mapped short-period spectral acceleration</i>
F_x	<i>Lateral force</i> arah x
F_y	<i>Lateral force</i> arah y
g	percepatan gravitasi (dt)
H_i	Tinggi tiap lantai
I_e	Faktor keutamaan gempa
K	Eksponen yang terkait dengan perioda struktur, Halaman 24
K	Faktor modifikasi redaman, Halaman 39
R	Faktor modifikasi respons
PFI	<i>Modal participation</i> untuk modal pertama
S_I	Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik
S_a	<i>Spectral acceleration</i>
S_{ai}	<i>Spectral acceleration</i> pada periode ke- i
S_d	<i>Spectral displacement</i>
S_{di}	<i>Spectral displacement</i> pada periode ke- i
S_{DI}	Spektrum respon percepatan pada periode 1 detik pertama (g)
S_{Ds}	Spektrum respon percepatan pada periode pendek 0.2 detik (g)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gempa merupakan fenomena alam yang tidak dapat diprediksi besar dan waktu terjadinya. Ditinjau dari segi intensitasnya, gempa bervariasi dari gempa kecil, sedang, bahkan gempa besar. Terlepas dari besar kecilnya gempa, suatu struktur bangunan perlu dirancang dengan baik untuk menahan beban gempa yang bekerja padanya, Indonesia termasuk dalam kategori negara dengan tingkat kerawanan gempa yang tinggi. Hal ini merupakan dampak dari kepulauan Indonesia yang terletak di tengah daerah cincin api pasifik, pertemuan antar lempeng tektonik dan terdapat banyaknya gunung berapi aktif, Oleh karena itu, kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat menerbitkan peta zona gempa di Indonesia agar dapat digunakan untuk kebutuhan pembangunan dan kewaspadaan bagi masyarakat.

Untuk merancang bangunan tinggi, gempa bumi merupakan salah satu faktor yang sangat diperhitungkan, mengingat gempa akan mengakibatkan guncangan dan goyangan yang dapat merusak struktur bangunan, Gempa adalah suatu bencana yang kerap kali terjadi yang dapat menyebabkan beberapa masalah kerusakan pada bangunan, karena dapat menyebabkan penurunan kekuatan dan kekakuan dari bangunan “Gedung Arama BBPPMPV Medan” yang terletak di jalan Setia Budi Medan Helvetia, Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis kembali evaluasi ketahanan bangunan gedung tersebut yang sesuai dengan standar yang berlaku, Dari penjelasan diatas, maka pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis

kinerja struktur dengan menggunakan analisis dinamik respon spektrum pada Bangunan Gedung asrama BBPPMPV medan menggunakan software SAP2000V20.

1.2. Maksud Dan Tujuan

1. Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa respon spectrum. “Gedung Asrama BBPPMPV Medan” yang terletak di jalan Setia Budi Medan Helvetia, dimana getaran yang terjadi pada gedung tersebut dapat mengakibatkan dampak buruk bagi gedung tersebut.

2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui level kinerja struktur dan letak posisi terjadinya sendi plastis pada “Gedung Asrama BBPPMPV” Medan.

1.3 Rumusan Masalah

1. Seberapa besarkah pengaruh getaran pada struktur bangunan “Gedung Asrama BBPPMPV medan” setelah diberi getaran dengan nilai getaran tertentu ?
2. Dimana posisi terjadinya sendi plastis pada Gedung asrama BBPPMPV medan?

1.4 Batasan Masalah

1. bagian yang di tinjau adalah “Gedung asrama BBPPMPV medan”
2. analisis berfokus pada level kinerja struktur terhadap bahaya bencana gempa bumi yaitu *drift ratio* dan *level performance* bangunan.
3. peraturan yang digunakan adalah SNI 1726-2019 “tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
4. ATC-40 Digunakan sebagai peraturan dalam analisis pushover.

1.5 Metode Penelitian

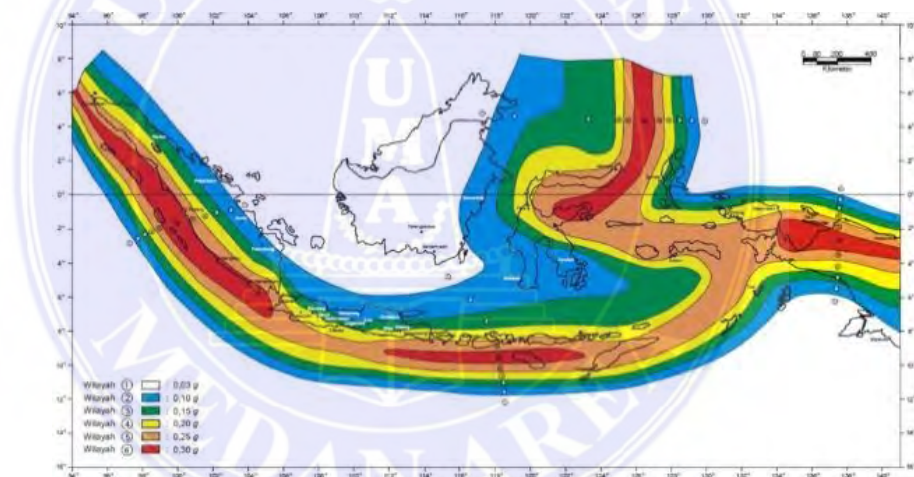
Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan skunder, data primer di dapat dari gedung yang di tinjau sedangkan data sekunder merupakan data yang diperlukan untuk melengkapi penelitian. Kegiatan analisis dibantu dengan menggunakan program SAP2000. Langkah analisis dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Bentuk data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah gambar bestek bangunan, yang dipergunakan untuk pemodelan struktur 3D di dalam program SAP2000V20.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Gempa

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa Bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng Bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa Bumi yang dialami selama periode waktu.



Gambar 2.1 Wilayah gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan periode ulang 500 tahun

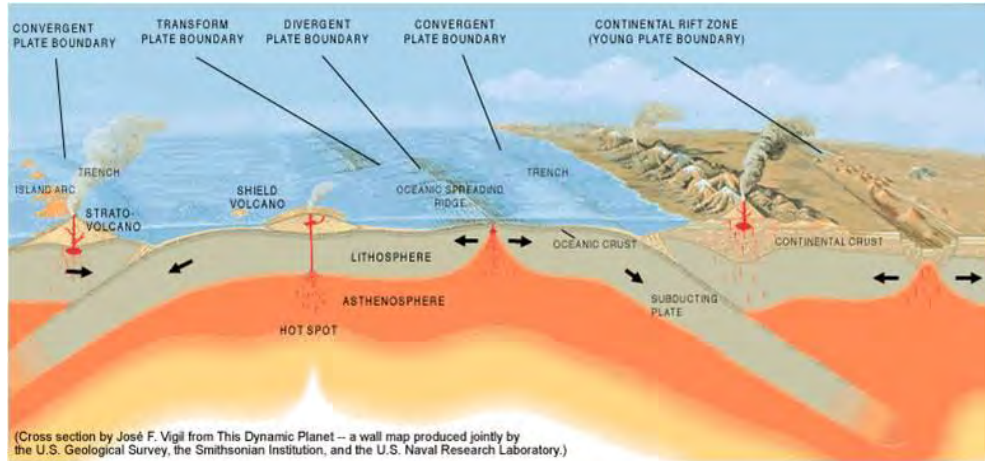
Sumber : www.achmadsya.wordpress.com

Semakin tinggi bangunan semakin rawan bangunan tersebut dalam menahan gaya lateral, terutama gaya gempa. Gaya lateral ini dapat menyebabkan simpangan horisontal. Jika nilai simpangan ini melebihi batas aman, tentu saja bangunan dapat runtuh. Oleh karena itu pada daerah rawan gempa seperti Indonesia

perlu dilakukan perencanaan yang menyeluruh terhadap desain bangunan tahan gempa, Untuk mengurangi akibat bencana gempa tersebut perlu direncanakan struktur tahan gempa. Berdasarkan survei, Kota medan telah diklasifikasikan kedalam daerah yang memiliki resiko gempa yang tinggi (zona yang berwarna merah) yang memiliki percepatan gempa 0.30 gravitasi (0.30 g), Standar ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Akibat pengaruh gempa rencana, struktur gedung secara keseluruhan harus masih berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan. Gempa rencana yang ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 10% selama umur gedung 50 tahun.

Sebab-sebab terjadinya gempa adalah:

- a) Akibat terjadinya tanah runtuh di dalam gua maka terjadi getaran di permukaan tanah di sekitar gua tersebut.
- b) Pada saat ada meteor yang jatuh ke bumi maka terjadilah tumbukan yang sangat keras antara meteor dan permukaan tanah sehingga tanah disekitar tempat jatuhnya meteor tersebut bergetar.
- c) Peristiwa vulkanik, yaitu kegiatan gunung api yang meletus. Pada waktu terjadi gunung meletus biasanya terjadi getaran tanah di sekitar gunung tersebut.
- d) Peristiwa tektonik, yaitu gerakan lempeng atau kerak bumi.



Gambar 2.2 Penyebab terjadinya gempa melalui peristiwa tektonik

Sumber :www.porosilmu.com

Menurut SNI 1726-2019, dilakukannya perencanaan ketahanan gempa untuk standar struktur gedung yang bertujuan untuk :

- Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat.
- Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki.
- Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang.

Pada dasarnya setiap sistem struktur pada suatu bangunan merupakan penggabungan berbagai elemen struktur secara tiga dimensi yang cukup rumit. Fungsi utama dari sistem struktur adalah memikul secara aman dan efektif beban yang bekerja pada bangunan serta menyalurkannya ke tanah melalui fondasi. Beban yang bekerja pada bangunan terdiri dari beban vertikal, horisontal, dan beban lain. Hal yang penting pada struktur bangunan tinggi adalah stabilitas dan

kemampuannya untuk menahan gaya lateral, baik yang disebabkan oleh angin dan gempa bumi. Beban angin lebih terkait pada dimensi ketinggian bangunan, sedangkan beban gempa lebih terkait pada masa bangunan (Juwana, 2005), Beban - beban lateral yang bekerja pada suatu struktur gedung, misalnya beban gempa, akan menimbulkan lendutan arah horisontal. Untuk menghindari lendutan yang berlebihan pada struktur gedung yang mengalami beban lateral maka efek torsional harus diminimalkan, dengan cara memperkecil eksentrisitas antara pusat masa dan pusat rotasi (Paulay dan Priestly, 1992).

Dalam perhitungan struktur bangunan tinggi tidak sama seperti menghitung bangunan yang tidak tinggi. Hal penting pada struktur bangunan tinggi adalah stabilitas dan kemampuannya untuk menahan gaya lateral, baik yang disebabkan oleh angin atau gempa bumi (Juwana, 2005). Beban angin lebih terkait pada dimensi ketinggian bangunan, sedangkan beban gempa lebih terkait pada masa bangunan. Kolom pada bangunan tinggi perlu diperkokoh dengan sistem pangaku untuk dapat menahan gaya lateral, agar deformasi yang terjadi akibat gaya horisontal tidak melampaui ketentuan yang disyaratkan. Pengaku gaya lateral yang lazim digunakan adalah portal penahan momen, dinding geser *shear wall* atau rangka pengaku.

Menurut SNI 1726-2019 analisis struktur terhadap beban gempa dibagi menjadi beberapa macam, yaitu :

- a) Analisis beban dorong statik *static push over analysis* pada struktur gedung.
- b) Analisis beban gempa statik ekuivalen pada struktur gedung beraturan
- c) Analisis beban gempa statik ekuivalen pada struktur gedung tidak

beraturan

- d) Analisis perambatan gelombang
- e) Analisis ragam spektrum respons
- f) Analisis respon dinamik riwayat waktu linier
- g) Analisis respon dinamik riwayat waktu non- linier
- h) Analisis dinamik untuk perancangan tahan gempa dilakukan untuk evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Pada struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur.

2.2. Filosofi Bangunan Tahan Gempa

Struktur bangunan tahan gempa adalah struktur yang apabila terjadi gempa. Bangunan yang kuat terhadap gempa bukan berarti mencegah semua kerusakan bangunan bila terjadi gempa yang dahsyat, bangunan seperti ini sulit dilaksanakan karena memerlukan biaya yang sangat mahal. Tujuan utama dalam merencanakan bangunan tahan gempa adalah menyelamatkan nyawa manusia, mengurangi semaksimal mungkin biaya yang harus dikeluarkan bila harus melakukan perbaikan bangunan yang rusak akibat gempa

Adapun prinsip-prinsip disain filosofi bangunan tahan gempa adalah (Pawirodikromo Widodo, 2012) :

1. pada gempa kecil (light, atau minor earthquake) yang sering terjadi, maka struktur utama bangunan harus tidak rusak dan berfungsi dengan baik.

Kerusakan kecil yang masih dapat ditoleransi pada elemen non struktur masih dibolehkan,

2. pada gempa menengah (moderate earthquake) yang relative jarang terjadi, maka struktur utama bangunan boleh rusak/retak ringan tetapi masih dapat diperbaiki. Elemen non struktur dapat saja rusak tetapi masih dapat diganti dengan yang baru.
3. pada gempa kuat (strong earthquake) yang jarang terjadi, maka bangunan boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total (totally collapse).

2.3. Penentuan Gempa Rencana dan Kategori Gedung

Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewat besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%. Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Nilai faktor keutamaan ditentukan berdasarkan kategori risiko bangunan. Berikut kategori risiko gedung dan faktor keutamaan gempa dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan 2.2 berdasarkan SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : 1. bioskop, 2. gedung pertemuan, 3. stadion, 4. fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat, 5. fasilitas penitipan anak, 6. penjara, 7. bangunan untuk orang jompo,	I
Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan misal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : 1. pusat pembangkit listrik biasa, 2. fasilitas penanganan air, 3. fasilitas penanganan limbah,	II

4. pusat telekomunikasi,

Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.

Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :

1. bangunan-bangunan monumental,
2. gedung sekolah dan fasilitas pendidikan,
3. rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat,
4. fasilitas pemadaman kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat, tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya,
5. fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat
6. pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat,

IV

7. struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.

IV

Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko I

Sumber : (SNI 03-1726-2019)

Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : (SNI 03-1726-2019)

2.4 Respon spectrum

Respon Spektrum adalah plot suatu spectrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antar periode getar struktur T , lawan respons-respons maksimumnya untuk suatu rasio redaman dan beban gempa tertentu, Respon-respon maksimum dapat berupa simpangan maksimum *spectral displacement* (SD), kecepatan maksimum *spectral velocity* (SV), atau percepatan maksimum *spectral acceleration* (SA), suatu massa struktur dengan derajat kebebasan tunggal *single*

degree of freedom (SDOF), (Widodo, 2001). Terdapat dua macam respons spektrum yaitu respons spektrum elastik dan respons spektrum inelastik, Spektrum elastik adalah suatu spektrum respons spektrum yang didasarkan atas respon elastik suatu struktur dengan (SDOF), berdasarkan rasio redaman dan beban gempa tertentu, Sedangkan spektrum inelastik juga disebut desain respons spektrum yaitu spektrum diturunkan dari spektrum elastik dengan tingkat daktilitas tertentu.

Menurut teori dinamika struktur (structural dynamics) salah satu cara untuk menghitung /menentukan simpangan, gaya-gaya dinamik dll pada struktur derajat kebebasan banyak *Multi Degree of Freedom* (MDOF) adalah dengan memakai metode Respons Spektrums. Penentuan/hitungan dengan memakai metode Respons Spektrum merupakan metode yang lebih sederhana dan cepat dibanding dengan analisis riwayat waktu. Walaupun memakai prinsip dinamik, tetapi metode ini tidak merupakan analisis riwayat waktu sebagaimana metode modal-analisis, tetapi hanya mencari respons maksimum. Dengan memakai Respons Spektrum yang telah ada pada tiap-tiap daerah gempa, maka respons-respons maksimum dapat dicari dengan waktu yang jauh relatif singkat dibanding dengan cara analisis riwayat waktu *Time History Analysis* (THA), Namun demikian cara ini hanya bersifat pendekatan, karena respons struktur yang diperoleh bukan nyata-nyata oleh beban gempa tertentu, melainkan berdasar pada respons spektrum yang merupakan produk akhir dari beberapa gempa.

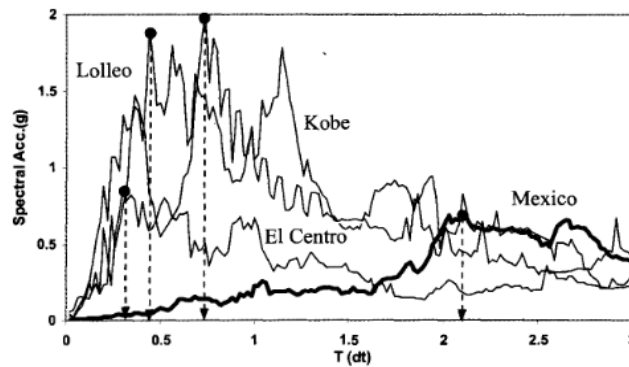
2.4.1. Fungsi Respons Spektrum

Respons spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T , Sebagaimana dikatakan sebelumnya, terdapat dua macam respons spektrum yang ada yaitu Respons Spektrum elastik dan Respons Spektrum inelastik. Respons Spektrum elastik adalah suatu spektrum yang didasarkan atas respons elastik struktur dengan derajat kebebasan tunggal (SDOF) berdasarkan rasio redaman dan beban gempa tertentu. Inelastik Respons Spektrum juga disebut disain Respons Spektrum, yaitu spektrum yang diturunkan berdasarkan elastik respons spektrum dengan tingkat daktilitas elemen tertentu. Dengan demikian suatu spektrum maksimum suatu gempa tertentu kadang-kadang dinyatakan dalam fungsi : $SD(\sim, T, \mu, S)$ $SV(\sim, T, \mu, S)$ $SA(\sim, T, \mu, S)$ dengan $\sim$ adalah rasio redaman, T adalah periode getar dan μ adalah daktilitas struktur dan S adalah jenis tanah.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Bentuk/Nilai Spektrum Kandungan :

1. Kandungan frekuensi

Frekuensi Terdapat beberapa hal/faktor yang akan mempengaruhi bentuk/nilai spektrum. Faktor yang pertama adalah kandungan frekuensi getaran gempa. Kandungan frekuensi yang berbeda ini sekaligus berarti bentuk spektrum akan berbeda-beda untuk gempa yang berbeda. Spektrum-spektrum yang disajikan adalah spektrum akibat gempa El Centro yang mempunyai kandungan frekuensi menengah. Untuk gempa bumi dengan kandungan frekuensi tinggi maupun rendah akan mempunyai bentuk/nilai yang sangat berbeda dengan gempa yang mempunyai kandungan frekuensi menengah.



Gambar 2.3. Respon spektrum untuk beberapa gempa

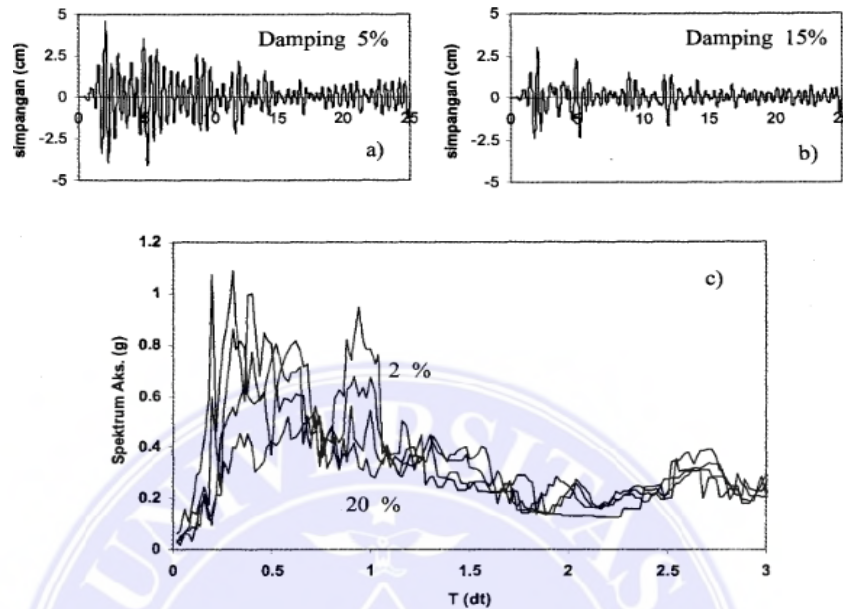
Sumber : www.docplayer.com

Respons Spektrum untuk beberapa gempa Tampak pada Gambar di atas bahwa gempa yang mempunyai kandungan frekuensi relatif tinggi seperti gempa Lolleo, puncak spektrumnya berada pada periode getar T yang relatif kecil. Semakin rendah kandungan frekuensi suatu gempa maka puncak spektrumnya akan bergeser kekanan yaitu pada periode getar T yang semakin besar. Contoh ekstrim adalah spektrum gempa Mexico seperti yang dicetak dengan garis tebal pada Gambar di atas, puncak sepektrumnya berada pada periode getar $T > 2$ dt. Oleh karenanya gempa Mexico dikategorikan sebagai gempa dengan frekuensi sangat rendah.

2. Pengaruh Rasio redaman

Selain dipengaruhi oleh kandungan frekuensi maka sebenarnya respons struktur juga dipengaruhi oleh rasio redaman. Semakin besar redaman struktur maka respons struktur akan semakin kecil, sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 2.3 adalah respons striktur (SDOF) akibat beban gempa El Centro dengan rasio redaman 5 %, sedangkan Gambar 2.4 adalah struktur yang sama

yang diredam sebesar 15 %. Tampak secara jelas bahwa pengaruh redaman terhadap respons struktur cukup signifikan.



Gambar 2.4 Pengaruh redaman terhadap respon spectrum

Sumber : www.docplayer.com

3. Pengaruh redaman terhadap respon spektrum

Pengaruh Redaman Terhadap Respons Spektrum Pengaruh redaman terhadap bentuk/nilai spektrum adalah seperti yang disajikan pada Gambar di atas. Pada gambar tersebut disajikan spektrum akselerasi struktur SDOF yang diredam 2 %, 5 %, 0 % dan 20 %. Tampak bahwa semakin besar redaman maka nilai spektrum akan semakin mengecil. Secara umum bentuk spektrum relatif sebangun, walaupun pada daerah puncak spektrum bentuk spektrumnya dapat sangat berbeda. Gambar di atas sekaligus dapat membuktikan bahwa bentuk responsnya mirip spektrum, oleh karenanya disebut respons spektrum. Pengaruh-pengaruh yang lain akan lebih rinci dibahas di depan.

Penentuan respons spektral percepatan gempa *MCER* 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 spektrum respons percepatan pada periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SMI) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut.

$$SMS = F_a \cdot S_S$$

$$SMI = F_v \cdot SI$$

Keterangan :

S_S = parameter respons spektral percepatan gempa $MCER$ terpetakan untuk periode pendek SI = parameter respons spektral percepatan gempa $MCER$ terpetakan untuk periode 1,0 detik

Koefisien situs F_a dan F_v dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 2.3 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 0.2 detik, S_S				
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.5$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.0$	$S_S \geq 1.25$
SA (batuan keras)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB (batuan)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
SD (tanah sedang)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
SE (tanah lunak)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF (tanah khusus)	SSb				

Sumber : (SNI 03-1726-2012)

Catatan :

1. Untuk nilai-nilai antara S_I dapat dilakukan interpolasi linier
2. SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis responssitus spesifik

Tabel 2.4 Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 1$ detik, S_I				
	$S_I \leq 0.1$	$S_I = 0.2$	$S_I = 0.3$	$S_I = 0.4$	$S_I \geq 0.5$
SA (batuan keras)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB (batuan)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
SD (tanah sedang)	2.4	2	1.8	1.6	1.5
SE (tanah lunak)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF (tanah khusus)	SS ^b				

Sumber : (SNI 03-1726-2012)

2.5 Analisa Gaya Gravitasi

2.5.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan-peralatan tetap yang merupakan bagian dari gedung. Adapun beban mati tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.5 dan Tabel 2.6.

Tabel 2.5 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 tumpuk)	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	2200	Kg/m ³
8	Beton bertulang	2400	Kg/m ³
9	Kayu (kelas I)	1000	Kg/m ³
10	Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650	Kg/m ³
11	Pasangan bata merah	1700	Kg/m ³
12	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	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 lembab)	1850	Kg/m ³
18	Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700	Kg/m ³
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000	Kg/m ³
20	Timah hitam	11400	Kg/m ³

Sumber : (PPURG, 1987 hal 5)

Table 2.6 Berat Komponen Gedung

No	Komponen Gedung	Beban	Satuan
	Adukan, per cm tebal :		
1	> Dari semen	21	Kg/m ²
	> Dari kapur, semen merah atau tras	17	Kg/m ²
2	Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14	Kg/m ²
	Dinding pasangan bata merah :		
3	> Satu batu	450	Kg/m ²
	> Setengah batu	250	Kg/m ²
4	Dinding pasangan batako		
	> Berlubang :		
	-- Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200	Kg/m ²
	-- Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120	Kg/m ²
	> Tanpa lubang :	300	Kg/m ²
	-- Tebal dinding 15 cm	200	Kg/m ²
	-- Tebal dinding 10 cm		
	Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya), tanpapenggantung langit-langit atau pengaku, terpadu dari :		
5	> Semen asbes (<i>eternity</i> dan bahan lain sejenis), dengantebal maksimum 4mm	11	Kg/m ²
	> Kaca, dengan tebal 3-4 mm	10	Kg/m ²
	Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan		
6	bentangmaksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,8 m	40	Kg/m ²
	Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ²		
7	bidang atap	50	Kg/m ²

8	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40	Kg/m ²
9	Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gording	10	Kg/m ²
10	Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24	Kg/m ²
11	Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11	Kg/m ²

Sumber : (PPURG, 1987 hal 5)

2.5.2 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 sehingga dapat mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap. Beban hidup tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Beban hidup pada lantai gedung

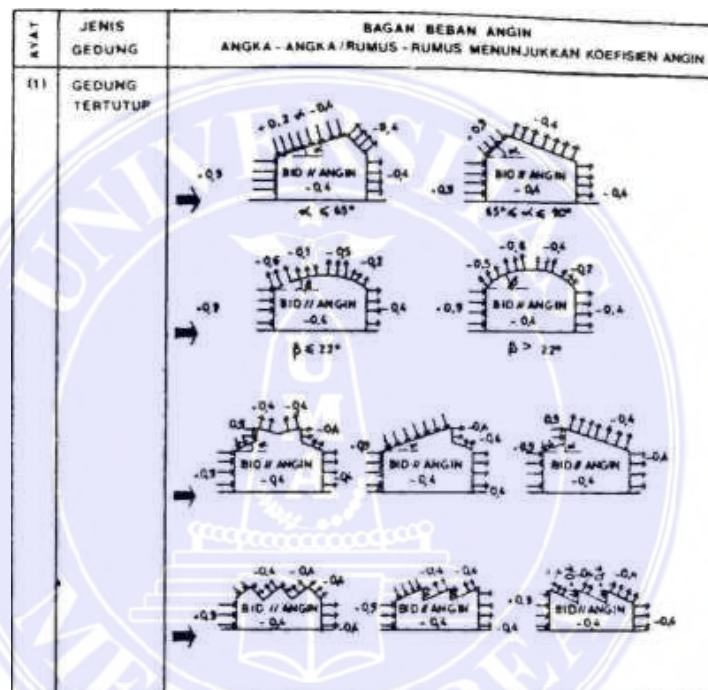
No	Lantai Gedung	Beban	Satuan
1	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam no 2	200	Kg/m ²
2	lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125	Kg/m ²
3	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250	Kg/m ²
4	Lantai ruang olahraga	400	Kg/m ²
5	Lantai ruang dansa	500	Kg/m ²

	Lantai dan balkon dalam ruang-ruang untuk pertemuan yang lain daripada yang disebut dalam 1 s/d 5, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran,		
6	ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400	Kg/m ²
7	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500	Kg/m ²
8	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam no 3	300	Kg/m ²
9	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam no 4, 5, 6, 7	500	Kg/m ²
10	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam no 3, 4, 5, 6, 7	250	Kg/m ²
	Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko		
11	buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri dengan minimum	400	Kg/m ²
	Lantai gedung parkir bertingkat :		
12	> Untuk lantai bawah	800	Kg/m ²
	Untuk lantai tingkat lainnya	400	Kg/m ²
	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap		
13	terhadap beban hidup dari lantai yang berbatasan dengan minimum	300	Kg/m ²

Sumber : (PPURG, 1987 hal 5)

2.5.3 Beban Angin

Bebang angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan negati atau angin tekan dan hisap. Besarnya tekanan tekan dan hisap ini ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup dan koefisien angin. Salah satu koefisien angin dapat dilihat pada Gambar 2.5. tentang koefisien untuk jeniss gedung tertutup..

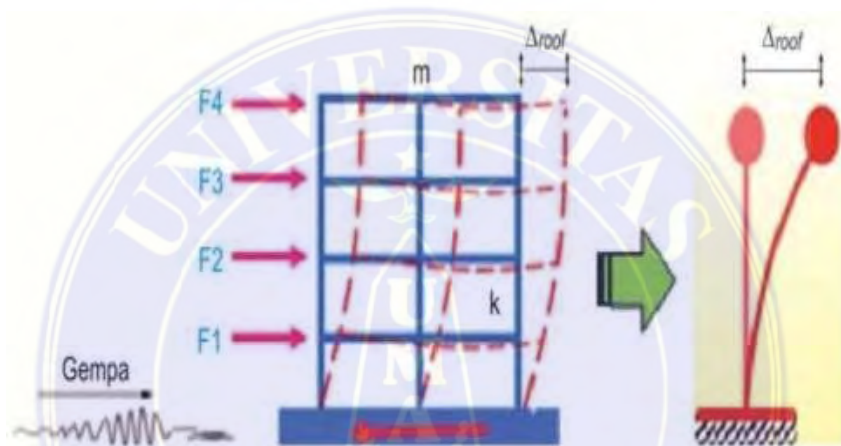


Gambar 2.5 Koefisien Angin Untuk Jenis Gedung Tertutup
Sumber : (PPURG, 1987 hal 26)

2.6. Analisa Respon Struktur

Analisa respon struktur adalah *Base shear* tiap lantai, merupakan fungsi dari massa (m) dan kekakuan (k) dari tiap lantai tersebut, dapat dilihat pada Gambar 2.5. *Base shear* mengakibatkan tiap lantai bergeser/*displacement* dari kedudukan semula. Apabila sifat geometri struktur simetris maka simpangan yang terjadi hanya pada satu bidang (2-dimensi) yaitu simpangan suatu massa pada pada setiap saat

hanya mempunyai posisi/ordinat tunggal sehingga dapat dianggap sebagai satu kesatuan *Single Degree of Freedom* (SDOF) dengan parameter *displacement* yang diukur adalah pada atap. Saat gaya gempa bekerja, gedung akan merespon beban gempa tersebut dengan memberikan gaya-gaya dalam. Apabila gaya-gaya luar tersebut melebihi kemampuan / kapasitas gedung, gedung akan berperilaku in-elastis apabila sifat struktur cukup duktail tetapi langsung hancur apabila kurang duktail

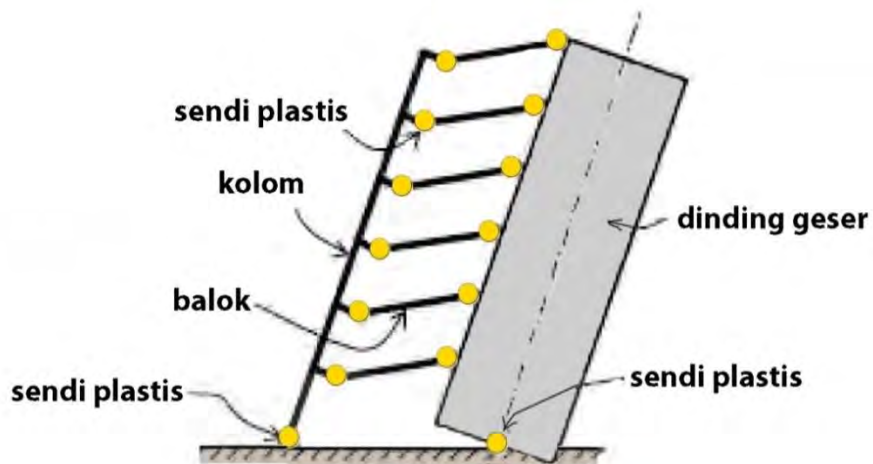


Gambar 2.6 Respon Struktur Akibat Gempa

Sumber : (Muntafi, 2012)

2.7. Sendi Plastis Pada Struktur Gedung

Struktur gedung apabila menerima beban gempa pada tingkatan / kondisi tertentu, akan terjadi sendi plastis (*hinge*) di balok dan kolom pada gedung tersebut (Gambar 3.8). Sendi plastis merupakan bentuk ketidak mampuan elemen struktur (balok dan kolom) menahan gaya dalam. Perencanaan suatu bangunan harus sesuai dengan konsep desain “*kolom kuat dan balok lemah*”. Apabila terjadi suatu keruntuhan struktur, maka yang runtuh adalah baloknya dahulu. Apabila kolomnya runtuh dahulu, maka struktur langsung hancur

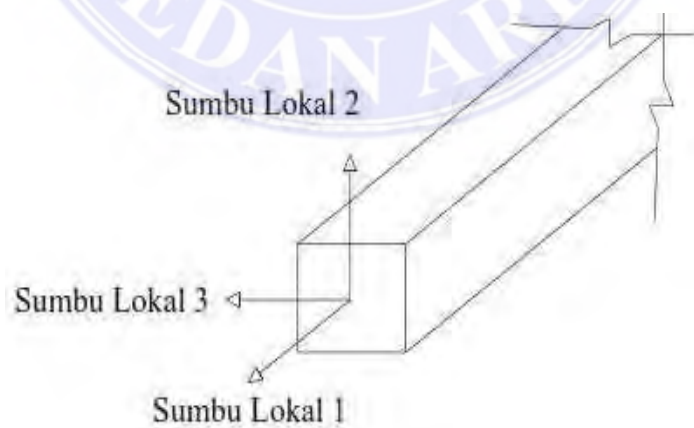


Gambar 2.7. Sendi Plastis Yang Terjadi Pada Struktur

Sumber : www.hesa.co.id

1. *Hinge* Propertis balok

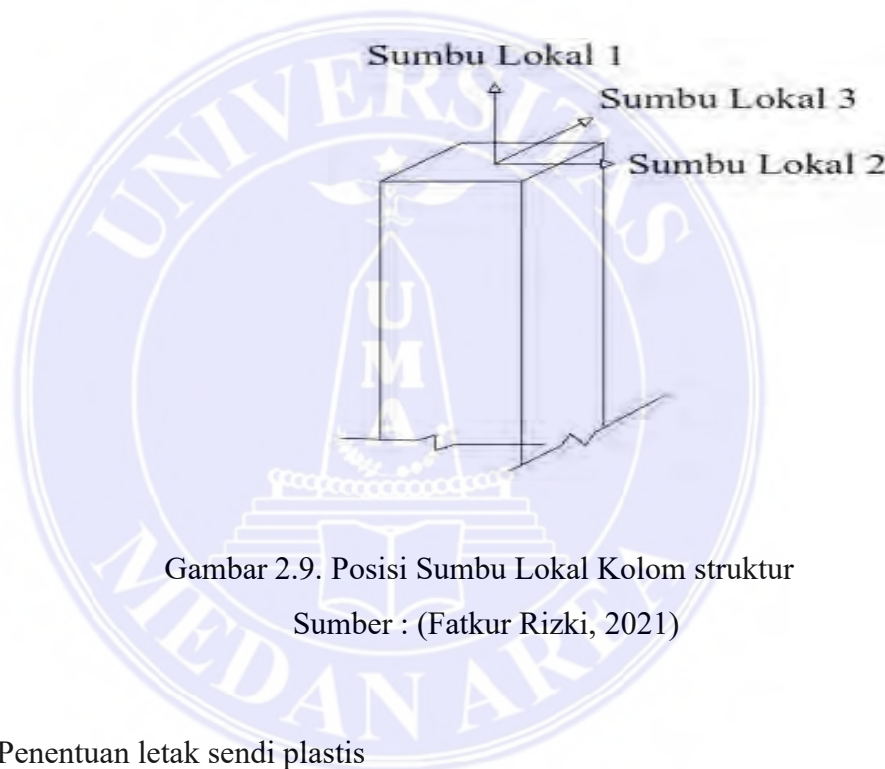
Data *hinge* properties dimasukkan pada penampang daerah balok yaitu lokasi sendi plastis diharapkan terjadi. Masing-masing penampang balok dimodelkan dengan pilihan model moment M3, yang artinya sendi plastis hanya terjadi karena momen searah sumbu lokal 3. Posisi sumbu lokal 3 dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.8. Posisi Sumbu Lokal Balok struktur

Sumber : (Fatkur Rizki, 2021)

2. *Hinge* Propertis Kolom Dalam *hinge* properties untuk kolom adalah Model P-M2-M3, yang mempunyai arti bahwa sendi plastis terjadi karena interaksi gaya aksial (P) dan momen (M) sumbu lokal 2 dan sumbu lokal 3, hal ini disebabkan karena dimensi kolom berbentuk persegi dan tulangan kolom yang ada tersebar pada keempat sisinya secara merata. Posisi sumbu lokal 2 dan sumbu lokal 3 pada kolom struktur dapat dilihat pada Gambar 2.9



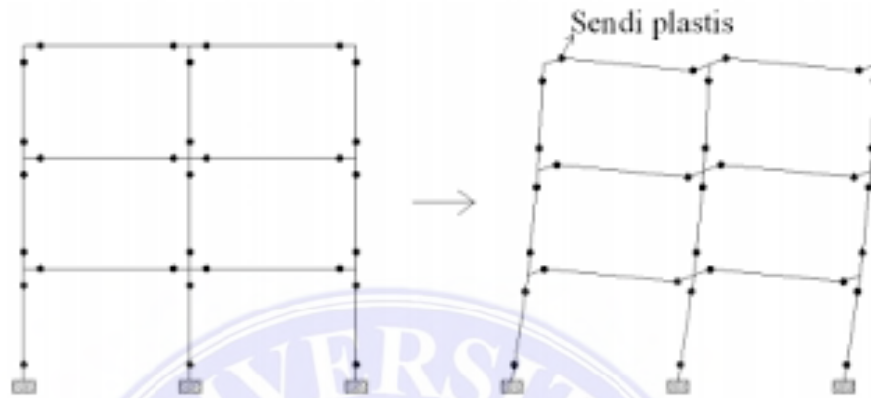
Gambar 2.9. Posisi Sumbu Lokal Kolom struktur

Sumber : (Fatkur Rizki, 2021)

3. Penentuan letak sendi plastis

Setelah mendefinisikan data *hinge* properties balok dan kolom adalah penentuan letak terjadinya sendi plastis yang diinginkan, dapat dilihat pada gambar. Posisi 0 menyatakan posisi awal dari panjang bersih balok, sedangkan posisi 1 menyatakan posisi akhir dari panjang bersih balok, kedua ini terletak dimuka kolom. Sama halnya dengan kolom, posisi 0 menyatakan posisi awal dari panjang bersih kolom, sedangkan posisi 1 menyatakan posisi akhir dari

panjang bersih kolom, kedua posisi ini terletak pada tepi muka balok dan dapat dilihat pada Gambar 2.10



Gambar 2.10. Sendi Plastis yang terjadi pada balok dan kolom
Sumber : (Fatkur Rizki, 2021)

2.8. Performance Based Earthquake Engineering (PBEE)

ATC 40 (1996) menawarkan suatu pendekatan baru dalam perencanaan gempa terhadap struktur bangunan tahan gempa yaitu konsep *Performance Based Earthquake Engineering (PBEE)* adalah suatu metode untuk mendesain, mengevaluasi, merancang dan memonitor fungsi dan *maintance* fasilitas-fasilitas *engineering* yang kinerjanya dibawah target dan respon bebannya ekstrim untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan *owner dan* masyarakat sekitar. Metode PBEE memungkinkan seorang *engineer* untuk dapat lebih dahulu menetapkan sasaran kinerja struktur dari beberapa magnitudo beban gempa. Respon yang terjadi diharapkan tidak melebihi batas ketentuan penerimaan maksimum. Pada PBEE, batas yang dimaksud adalah kategori level kinerja *life safety (LS)*.

Metode PBEE terdiri atas dua konsep yaitu *Performance Based Seismic Design (PBSD)* dan *Performance Based Seismic Evaluation (PBSE)*. *Performance*

Based Seismic Design adalah suatu konsep yang menetapkan tingkat kinerja (*performance level*) yang diharapkan dapat dicapai saat struktur dilanda gempa dengan intensitas tertentu, sedangkan *Performance Based Seismic Evaluation* adalah suatu konsep yang digunakan untuk mengevaluasi struktur bangunan yang sudah ada, apakah memenuhi level kinerja yang telah direncanakan pada desain awal sehingga dapat diketahui tindakan apa yang hendaknya dilakukan, seperti perkuatan ataupun rehabilitasi. Konsep *Performance Based Earthquake Engineering (PBEE)* menggunakan perbandingan dasar antara kurva *pushover* dengan kurva *demand* pada suatu bagian, kelompok, atau struktur secara keseluruhan.

2.9. Analisis *pushover* mengacu pada prosedur ATC-40

Analisis statik nonlinear merupakan analisis untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan terhadap gempa. Analisa nonlinear sangat tepat digunakan karena ketika terjadi gempa yang cukup besar pada struktur terjadi plastifikasi di beberapa tempat, sehingga bangunan tidak lagi berperilaku linear, akan tetapi berperilaku nonlinear. Analisis statik nonlinear dikenal pula analisis *Pushover*, digunakan sebagai metode alternatif dalam melaksanakan *performance based earthquake engineering*.

Kebutuhan (*demand*) dan kapasitas (*capacity*) adalah dua hal yang perlu dipahami untuk dapat menggunakan prosedur berbasis kinerja (*performance*) dengan baik. Kebutuhan (*demand*) adalah representasi dari pergerakan tanah dasar akibat gempa bumi sedangkan kapasitas adalah mewakili kemampuan struktur dalam memikul beban gempa. Jadi kinerja (*performance*) adalah kemampuan

kapasitas struktur untuk memikul kebutuhan (*demand*). Dengan kata lain, struktur bangunan harus memikul kapasitas yang cukup sehingga kinerjanya sebanding dengan tujuan desain yang salah satunya adalah mampu memikul beban gempa rencana

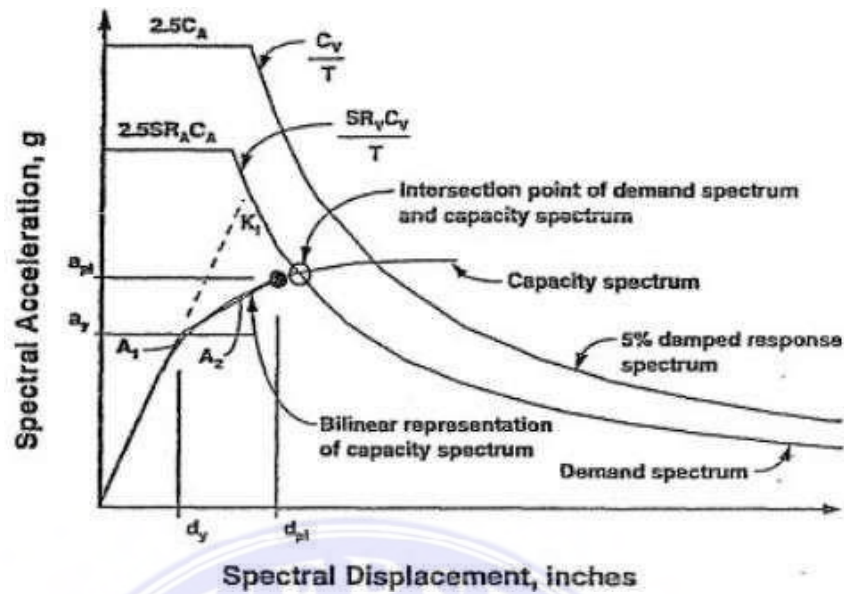
Metode Spektrum kapasitas (ATC-40) menggunakan kurva kapasitas (*capacity curve*) dengan kurva kebutuhan (*demand spectrum*). Hasil analisis statik non linear adalah kurva kapasitas yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan simpangan atap (*roof displacement*).

2.9.1. Performance Struktur

1. Perhitungan Performance Point

Performance point adalah titik dimana *capacity curve* berpotongan dengan *response spectrum curve* seperti yang dipergunakan dalam *capacity spectrum method* (ATC-40, 1996). Dalam melakukan analisis *pushover* dengan program SAP 2000V20 secara otomatis akan menentukan titik kinerja dari struktur yang ditinjau. Pada perhitungan manual, *performance point* tidak dapat diperoleh secara langsung tapi melalui iterasi.

Pada *Performance point* yang ditunjukkan pada Gambar 2.11 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.



Gambar 2.11. Penentuan Performance Point

Sumber : (ATC-40, 1996)

2. Batasan *Drift Ratio* Menurut ATC-40

ATC 40 (1996) memberikan batasan rasio *drift* atap dan batasan tipe bangunan yang dievaluasi pada *performance point* (PP) dalam rangka mengevaluasi kinerja struktur daktail dengan analisis statik nonlinear. Parameter yang digunakan adalah maksimum total drift dan maksimum inelastik *drift*. Batasan rasio *drift* atap dan batasan tipe bangunn sesuai ATC-40 disajikan dalam Tabel 2.8. dan Tabel 2.9.

Tabel 2.8 Batasan Rasio *drift* atap menurut ATC-40

Parameter	Performance Level			
	IO	Damage Control	LS	Structural Stability
Maksimum Total Drift	0.01	0.01 s.d 0.02		$0.33 \frac{V_i}{P_i}$
Maksimum Inelastik Drift	0.005	0.005 s.d 0.015	no limit	no limit

Sumber : (ATC-40, 1996)

Dimana V_i adalah gaya geser total pada lantai i dan P_i adalah gaya gravitasi total pada lantai i .

Tabel 2.9 Batasan tipe bangunan pada *capacity spectrum method*

Shaking duration	Essentially new building	Average exiting building	Poor exiting building
Short	A	B	C
Long	B	C	C

Sumber : (ATC-40, 1996)

3. Kriteria Struktur Tahan Gempa

Kinerja pada dokumen ATC 40 memasukkan beberapa pertimbangan kondisi kerusakan (*damage sates*) untuk beberapa level gerakan tanah. Dokumen ATC 40 dapat digunakan sebagai acuan, baik dalam melakukan desain atau perencanaan struktur maupun untuk mengevaluasi struktur yang sudah ada. Kinerja bangunan pada ATC 40 dibagi menjadi 6 kategori level

kinerja struktur dan dalam bentuk kurva yang dapat dilihat pada Gambar 2.9, sedangkan pembagian level kinerja bangunan ATC 40 disajikan pada Tabel 2.10

Tabel 2.10 Level Kinerja Bangunan

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

Sumber : (ATC-40, 1996)

Penjelasan lebih lanjut kriteria kinerja struktur menurut ATC 40 sebagai berikut :

1. *Immediate Occupancy*, SP-1 :

bila terjadi gempa, hanya sedikit kerusakan struktural yang terjadi. Karakteristik dan kapasitas sistem penahan gaya vertikal dan lateral pada struktur masih masih sama dengan kondisi dimana gempa belum terjadi, sehingga bangunan aman dan dapat langsung dipakai.

2. *Damage Control*, SP-2 :

Dalam kategori ini, pemodelan bangunan baru dengan beban gempa rencana dengan nilai beban gempa yang peluang dilampauinya dalam rentang masa laya gedung 50 tahun adalah 10%.

3. *Life Safety*, SP-3 :

Bila terjadi gempa, mulai muncul kerusakan yang signifikan pada struktur, akan tetapi struktur masih dapat menahan gempa. Komponen-komponen struktur utama tidak runtuh. Bangunan dapat dipakai kembali jika sudah dilakukan perbaikan, walaupun kerusakan yang terjadi kadangkala membutuhkan biaya yang tidak sedikit.

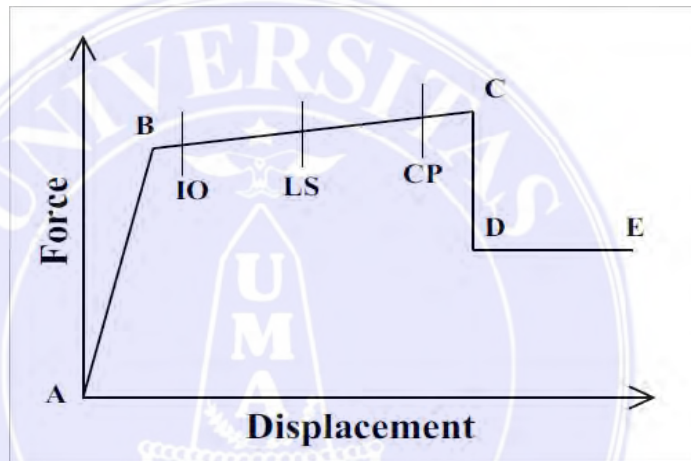
4. *Limited Safety*, SP-4 :

Kondisi bangunan tidak sebagai level *life safety* dan tidak seburuk level *structural stability*, termasuk ketika level *life safety* tidak efektif atau ketika hanya beberapa kerusakan struktur kritis yang dapat dikurangi.

5. *Structural Stability*, SP-5 :

Level ini merupakan batas dimana struktur sudah mengalami kerusakan yang parah. Terjadi kerusakan pada struktur dan nonstruktur. Struktur tidak lagi mampu menahan gaya lateral karena penurunan.

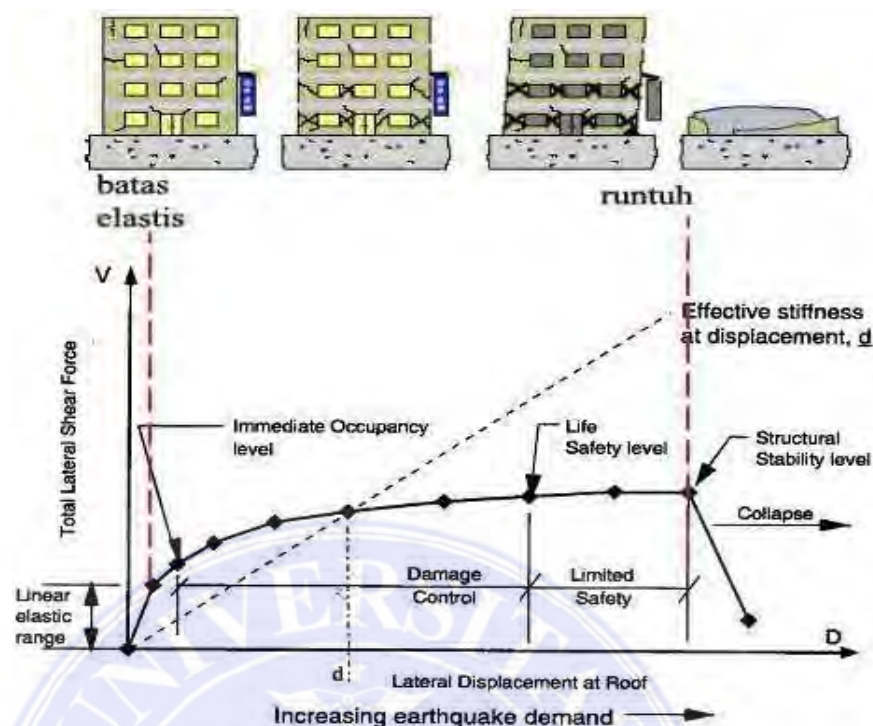
6. *Not Considered*, SP-6 : Pada kategori ini, struktur sudah dalam kondisi runtuh, sehingga hanya dapat dilakukan evaluasi seismik dan tidak dapat dipakai lagi.



Gambar 2.12 Kurva kriteria kinerja

Sumber : (ATC-40, 1996)

Bila struktur mengalami gempa atau gaya geser dasar (V_b), dengan kondisi gempa tersebut kurang dari gempa rencana (V_n), maka komponen struktur masih dalam keadaan elastik (A-B). Titik B menunjukkan keadaan leleh pertama. Ketika $V_b > V_y$, struktur dalam keadaan plastis (B-C). Titik C merupakan batasan maksimum struktur dalam menahan gempa (V_b). V terus meningkat, maka terjadi degradasi pada struktur (C-D). Titik D menandakan bahwa struktur tidak mampu menahan gempa (V_b), tetapi masih mampu menahan beban gravitasi. Bila beban ditingkatkan, struktur akan runtuh



Gambar 2.13 Ilustrasi keruntuhan Gedung

Sumber : (ATC-40, 1996)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode penelitian

Pada penelitian ini, perencanaan gedung bertingkat dilakukan ketika mendapat desain gambar dari perencana, analisa dan perhitungan, dilakukan komputerasi model secara 3D menggunakan software SAP 2000.20 dengan memasukkan data *material properties* dan *parameter propertie*. Menghitung dan menginput beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Menghitung respon spektrum bangunan dengan menggambarkan kurva respon spektrum gempa rencana untuk selanjutnya di input ke dalam pemodelan. Melakukan analisis untuk mendapatkan nilai displacement, drift dan base shear. Pada tahap terakhir peneliti melakukan kontrol kinerja struktur bangunan untuk mengambil kesimpulan dari hasil analisis yang berhubungan dengan tujuan penelitian, tujuan penelitian merupakan usaha yang dilakukan untuk mengetahui satu hal. Pengetahuan yang diperoleh dari jenis penelitian seperti ini tidak dapat dimanfaatkan secara langsung atau secara praktis. Sehingga nama lain dari penelitian seperti ini disebut sebagai basic research.

3.2 Pengumpulan data

Data-data pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah data premier dan data sekunder yang bertujuan untuk analisa.

1. Data premier

Data premier diperoleh dengan cara observasi langsung ke lokasi penelitian, data premier terbagi 2 yaitu :

- a) Observasi awal, yaitu pengamatan secara visual terhadap bangunan gedung yang akan diteliti.
 - b) Observasi akhir, yaitu mengumpulkan data-data lapangan seperti denah, dan detail-detail lain yang menyangkut dalam proses penelitian, setelah itu menginput data-data tersebut ke software SAP200 untuk mengetahui respon spectrum dari bangunan tersebut.
- #### 2. Data skunder diperoleh dengan cara meminta langsung ke perusahaan yang terkait

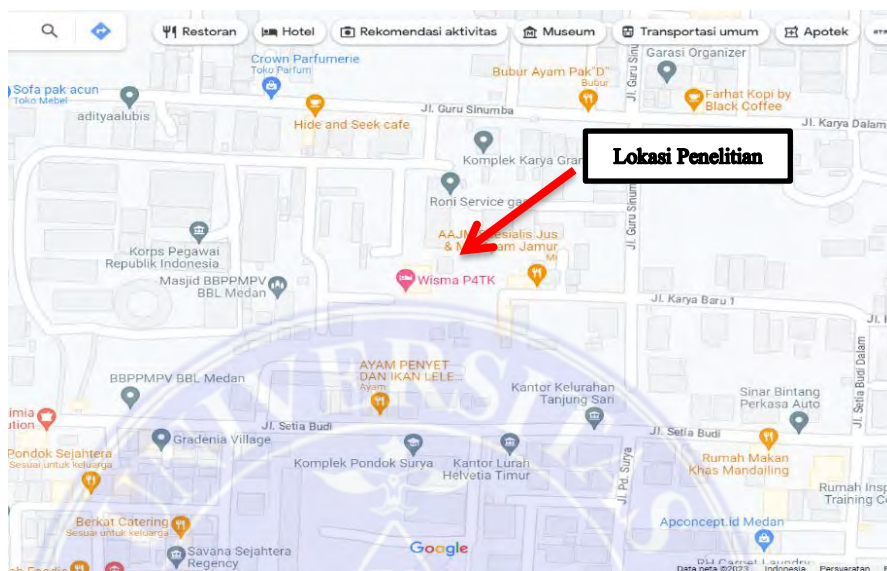
3.3 Peralatan Dan Software

Penelitian tugas akhir ini dibantu dengan peralatan dan software penunjang agar tugas akhir berjalan dengan baik, berikut peralatan dan software yang digunakan.

1. Program SAP 2000 V.20 digunakan untuk modeling dan analisis struktur
2. Microsoft excel 2021 untuk analisis data
3. Peralatan tulis
4. Laptop

3.4 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di “Gedung Asrama BBPPMPV Medan” yang terletak di jalan Setia Budi Medan Helvetia.



Gambar 3.1 Lokasi penelitian
Sumber : www.googlemap.com



Gambar 3.2 Bentuk Tampak Gedung
Sumber : (Foto Pribadi)

3.5 Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada hari-hari kerja.

3.6 Langkah penelitian

3.6.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan bertujuan untuk memudahkan pengamat menganalisa dan jam efektif dilakukanya penelitian.

- a) penempatan tempat penelitian untuk titik hasil survei.
- b) Melakukan pengamatan di sekitar gedung dan menanyakan ke penanggung jawab proyek terkait masalah detail bangunan.
- c) Memahami kesulitan yang akan terjadi ketika melakukan penelitian dan melakukan revisi sesuai dengan keadaan yang terjadi di lokasi penelitian.

3.6.2 Pengumpulan Data Lapangan

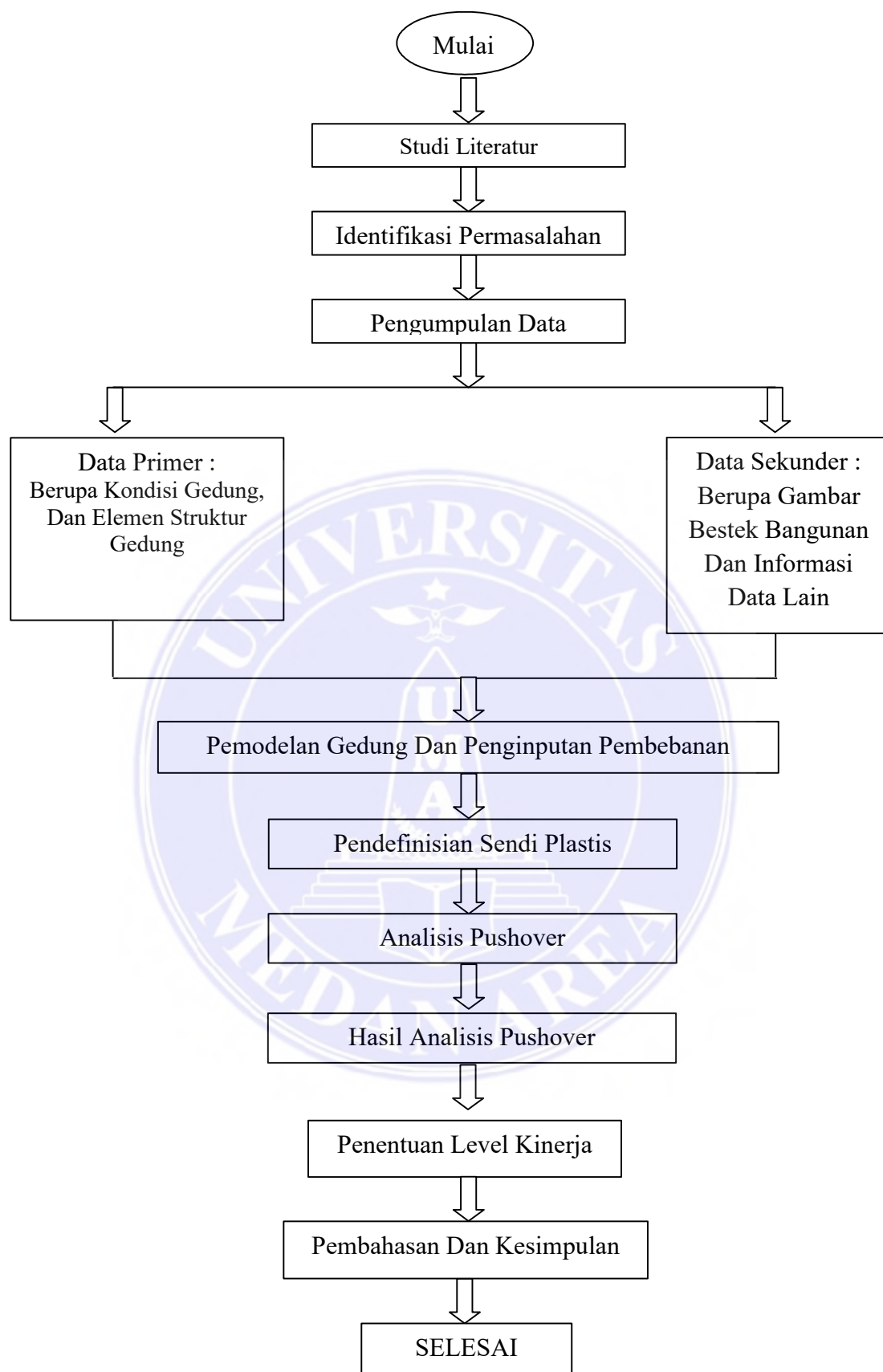
Untuk memperoleh tujuan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya makadilakukan pengumpulan data. Pengumpulan data tersebut digolongkan menjadidua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil dari lapangan meliputi kondisi gedung yang ditinjau, dan kondisi struktur dalam hal ini strutur pelat lantai. Untuk data sekunder adalah data yang didapat dari sumber lain, sumber ini didapat dari instansi kampus yang bersangkutan antara lain dapat berupa laporan penelitian, gambar bestek bangunan, peta, dan foto.

3.7 Metode Analisis Data

Data yang dikumpulkan akan diolah sesuai dengan keperluan analisis data yang terdapat pada SNI (Standar Nasional Indonesia) sebagai pembanding, antara lain:

- a) ATC-40 Digunakan sebagai peraturan dalam analisis pushover.
- b) Kontrol struktur bangunan terhadap gempa menggunakan peraturan menurut SNI 1726-2019 dengan metode analisis ragam spektrum respons.





Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan terhadap kinerja struktur “gedung Asrama BBPPMPV Medan” dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Level kinerja struktur “asrama BBPPMPV medan” menurut ATC-40 adalah *Immediate Occupancy*, yaitu bila terjadi gempa, hanya sedikit kerusakan struktural yang terjadi, sehingga bangunan aman dan dapat langsung dipakai.
2. Terjadinya sendi plastis pada balok dan kolom.
 - a) Sendi plastis Pushover arah X terjadi pada balok lantai 2 dan 3, mulai dari step 1 dan seterusnya, hanya saja ada beberapa kondisi dimana sendi plastis mencapai keterangan LS.
 - b) Sama halnya dengan Arah X, Pushover arah Y hampir sama yang terjadi dengan arah X yang mencapai keterangan LS, dimana jika terjadi kerusakan mulai dari kecil hingga tingkat sedang, kekakuan struktur berkurang tetapi masih memiliki kekuatan yang cukup besar terhadap keruntuhan.

5.2 SARAN

Untuk pengembangan penelitian mengenai evaluasi kerja pada struktur Gedung “asrama BBPPMPV medan” maka diberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Untuk running Pushover perlu menggunakan computer dengan hardware

yang bagus, dikarenakan dalam running test membutuhkan waktu yang cukup lama.

2. Sebaiknya digunakan beberapa peraturan dalam analisis pushover sebagai perbandingan antara analisis ATC-40, contohnya seperti FEMA440.



DAFTAR PUSTAKA

Arifien Nursandah, Bambang Kiswono, Satriadi. 2018. *Pengaruh rencana gempa metode “respon spectrum analysis” pada perencanaan struktur gedung rumah sakit 6 lantai di Palembang*. 3(1): 1-8.

Googlemaps.com

Hady Suntoko, Ary Marwanto, Anton MP, Eko Rudi Iswanto. 2019. *Analisis Spectrum Respon Desain Gedung RDE Menggunakan SAP2000*. 21(1):1-7.

Novi Prismanto. 2019. *Metode analisis ragam spectrum respon pada struktur gedung bertingkat (studi kasus hotel tosan, solo baru)*. 1(1): 1-10.

Penerbit Yayasan PU, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum.

Sangga P.W. 2010. *Sistem penulangan Pelat*. [Internet]. Tersedia di : <https://sanggapramana.wordpress.com/2010/08/03/sistem-penulangan-pelat/>.

Veronika Susanto. 2018. *Bab IX Respons Spektrum*. [Internet]. Tersedia di : <https://docplayer.info/68643935-Bab-ix-respons-spektrum.html>.

Widodo, 2001, *Respons Dinamik Struktur*, UII Press, Yogyakarta.

Yunus, 2015, *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Apartemen Dan Hotel Mataram City, Thesis*, (Tidak Dipublikasikan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta