

**PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG
SEKOLAH MAITREYA WIRA DENGAN MENGGUNAKAN
SOFTWARE SAP2000 DAN ETABS**

SKRIPSI

OLEH:

**DESI SYAHFITRI
208110053**



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

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 26/12/24

Access From (repository.uma.ac.id)26/12/24

**PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG
SEKOLAH MAITREYA WIRA DENGAN MENGGUNAKAN
SOFTWARE SAP2000 DAN ETABS**

SKRIPSI

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



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

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Sekolah Maitreya
Wira Dengan Menggunakan Software Sap2000 dan Etabs
Nama : Desi Syahfitri
NPM : 208110053
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing

Mudala

UNIVERSITAS
MEDAN AREA



Tanggal Lulus :

HALAMAN PERNYATAAN

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



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Desi Syahfitri
NPM : 208110053
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Sekolah Maitreya Wira Dengan Menggunakan Software Sap2000 dan Etabs. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal :
Yang menyatakan

2024



(Desi Syahfitri)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Perbaungan Pada tanggal 16 Desember 2001 dari Ayah Indra Wahyudi dan Ibu Rama Yulis. Penulis merupakan Putri Kedua dari 3 bersudara. Tahun 2020 Penulis lulus dari SMAN 1 Perbaungan, Kecamatan Perbaungan, kabupaten Serdang Bedagai, Provinsi Sumatera Utara dan pada tahun 2020 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2023 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Maitreya Wira Cemara Asri, Medan , Sumatera Utara.



KATA PENGHANTAR

Puji dan Syukur penulis Ucapkan kepada Allah SWT, atas Berkat dan Rahmatnya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan Judul “Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Sekolah Maitreya Wira Dengan Menggunakan Software Sap2000 Dan Etabs”. Penulisan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bimbingan, nasehat serta petunjuk dari berbagai pihak. Untuk itu, perkenankanlah saya sebagai penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada : Kedua Orang Tua saya yang senantiasa memberikan dukungan dan do’a yang tiada henti serta materi kepada saya. Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T,M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area. Ibu Ir. Nurmaidah, M.T. selaku Dosen Pembimbing. Para member Bangtan Sonyeondan (BTS) yaitu Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jung Hoseok, Park Jimin, Kim Taehyung, dan Jeon Jungkook yang telah berkontribusi dalam memberi semangat buat saya. Teman – teman dekat saya yang telah memberi semangat kepada saya. Disamping itu saya sebagai penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangannya, baik dari segi materi, penyajian maupun pemilihan kata-kata. Maka dari itu saya memohon maaf dan akan sangat menghargai serta menerima masukan, baik berupa koreksi juga kritikan yang pada akhirnya dapat penulis jadikan bahan pertimbangan bagi penyempurnaan laporan ini. Terlepas dari kekurangan yang ada, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya,Akhir kata saya ucapkan terima kasih.

Medan, 2024



Desi Syahfitri
(208110053)

ABSTRAK

Pertumbuhan suatu negara meningkat terhadap bidang pembelajaran menyebabkan suatu sarana dan prasarana konstruksi gedung akan semakin kompleks dan permintaan untuk bangunan bertambah, sementara lahan yang tersedia semakin kecil. Adapun cara mengatasinya yaitu dengan dilakukannya pembangunan vertikal atau pembangunan gedung-gedung bertingkat. Tujuan penelitian adalah Untuk mengetahui hasil dari Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Sekolah Maitreya Wira Cemara dengan menggunakan metode analisis pushover dan menghasilkan grafik pushover sumbu x dan y akibat beban lateral. Metode analisis statik nonlinear *pushover* dengan bantuan software SAP2000 dan ETABS. Hasil penelitian yang diperoleh mendapatkan nilai dari gaya gempa pada software ETABS sebesar *displacement* 45.183 mm dengan *base force* 10197.1815 kn untuk arah x dan *displacement* 0.639972 mm dengan *base force* 10.926 kn. Sedangkan pada software SAP2000 sebesar *displacement* 45.213 mm dengan *base force* 12352.071 kn untuk arah x dan *displacement* 0.6840 mm dengan *base force* 12.567 kn. Kesimpulan bahwa nilai yang didapat menunjukkan Struktur Bangunan Gedung Sekolah Maitreya Wira mampu menahan beban yang telah diberikan dan aman sehingga bangunan struktur ini masuk ke dalam jenis “*Immediate Occupancy (IO)*” serta untuk tingkat kinerjanya dapat dikategorikan ke dalam “*Collapse Prevention (MCP)*” yang dimana struktur bangunan mengalami kerusakan namun tidak terjadi keruntuhan pada bangunan struktur tersebut.

Kata Kunci : *pushover nonlinear*, kinerja struktur, *displacement*

ABSTRACT

A country's increasing growth in the field of learning causes building construction facilities and infrastructure to become more complex and demand for buildings to increase. The aimed of the research was to determine the results of the Structural Performance Comparison of the Maitreya Wira Cemara School Building using the pushover analysis method and producing x and y axis pushover graphs due to lateral loads. Nonlinear pushover static analysis method with the help of SAP2000 and ETABS software. The research results obtained a value of earthquake force in the ETABS software of displacement 45,183 mm with a base force of 10197.1815 kn for the x direction and displacement of 0.639972 mm with a base force of 10,926 kn. In the SAP2000 software, the displacement is 45,213 mm with a base force of 12,352,071 kn in the x direction and a displacement of 0.6840 mm with a base force of 12,567 kn. The conclusion of this research showed that the Maitreya Wira School Building Structure is included in the "Immediate Occupancy (IO)" type and its performance level can be categorized into "Collapse Prevention (MCP)" where the building structure experiences damage but no collapse occurs in the building structure.

Keywords : *nonlinear pushover, structural performance, displacement*



DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud Dan Tujuan	3
1.2.1 Maksud Penelitian	3
1.2.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Gempa Bumi	5
2.3 Peneliti Terdahulu	7
2.4 Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu	9
2.5 Beton Bertulang.....	10
2.6 Kolom.....	11
2.7 Balok	12
2.8 Pelat.....	13
2.9 Pondasi	14
2.10 Konsep Bangunan Tahan Gempa	15
2.10.1 Daktilitas	16
2.10.2 Stabilitas	16
2.10.3 Daktilitas	16
2.11 Kolom Kuat Balok Lemah	17
2.12 Prosedur Analisis Struktur	18
2.13 Struktur Penahan Gaya Seismik	20
2.14 Pembebanan	21
2.14.1 Beban Mati	21
2.14.2 Beban Hidup	23

2.14.3 Beban Gempa	24
2.14.4 Beban Angin	27
2.14.4 Beban Khusus	27
2.15 Kombinasi Pembebanan	28
2.16 Respons Spektrum Desain	29
2.17 Program Analisis Struktur	33
2.17.1 SAP2000	33
2.17.2 ETABS	37
2.17.3 Peraturan SNI Tentang ETABS	37
2.18 Metode <i>Pushover Analysis</i>	29
2.18.1 Metode Spektrum Acuan ATC-40	41
2.18.2 Metode Koefisien Perpindahan FEMA 365	41
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1 Deskripsi Penelitian.....	44
3.2 Lokasi Penelitian	44
3.3 Diagram Alir Penelitian	45
3.4 Data Struktur Gedung.....	46
3.4.1 Data Gedung Penelitian	46
3.4.2 Dimensi Struktur	46
3.5 Metode Analisis Data	50
3.5.1 Penetapan Beban Hidup	50
3.5.2 Perhitungan Beban Mati tambahan	50
3.5.3 Perhitungan Beban Mati Tambahan Pada Balok.....	51
3.6 Koefisien Respons Seismik	52
3.7 Gaya Lateral Dasar Seismik	53
3.8 Langkah – Langkah Pemodelan Struktur	53
3.8.1 Langkah – Langkah Pemodelan Struktur Etabs	53
3.8.2 Langkah – Langkah Pemodelan Struktur Sap2000	62
3.8.3 Pemodelan Send Plastis.....	71
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	73
4.1 Hasil Pemodelan SAP200 dan ETABS	73
4.2 Kurva Kapasitas Arah-X (Kurva Pushover).....	78
4.2.1 Hasil Analisis Pushover Kurva Arah X Pada ETABS	78
4.2.2 Hasil Analisis Pushover Kurva Arah Y Pada ETABS	81
4.2.3 Hasil Analisis Pushover Kurva Arah X Pada SAP2000.....	83
4.2.4 Hasil Analisis Pushover Kurva Arah Y Pada SAP2000.....	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	88
5.1 Kesimpulan.....	88
5.2 Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	90

LAMPIRAN 92

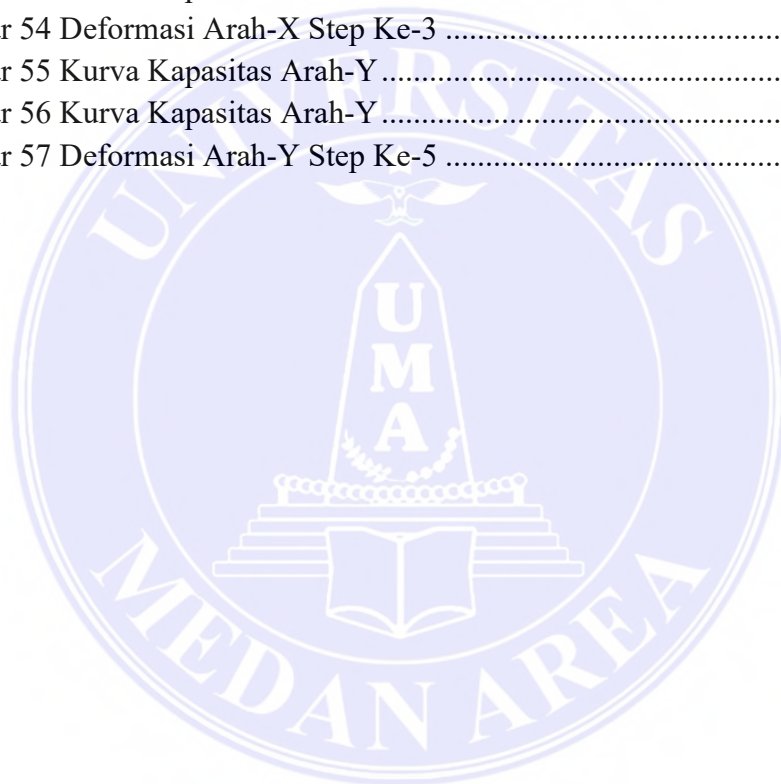
DAFTAR TABEL

Tabel 1 Pedoman Syarat – Syarat Dan Ketentuan 4
Tabel 2 Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu 7
Tabel 3 Berat Sendiri Bahan Bangunan 16
Tabel 4 Berat Sendiri Komponen Gedung 17
Tabel 5 Beban Hidup Pada Lantai Gedung 18
Tabel 6 Kladisfikasi Situs Pada Periode Pendek 22
Tabel 7 Klasifikasi Situs Pada Periode 1 Detik 23
Tabel 8 Dimensi Kolom 35
Tabel 9 Dimensi Balok 36
Tabel 10 Lanjutan Dimensi Struktur Balok 37
Tabel 11 Penetapan Beban Hidup 38
Tabel 12 Beban Mati Pada Lantai 38
Tabel 13 Beban Mati Pada Lantai Atap 39
Tabel 14 Beban Mati Tambahan Pada Balok 39
Tabel 15 Step Analisis Pushover Arah X Pada Etabs 62
Tabel 16 Step Analisis Pushover Arah Y Pada Etabs 64
Tabel 17 Step Analisis Pushover Arah X Pada Sap2000 66
Tabel 18 Step Analisis Pushover Arah Y Pada Sap2000 68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Jenis – Jenis Kolom.....	12
Gambar 2 Diagram Tegangan Balok Beton.....	13
Gambar 3 Ketidakberaturan Horizontal	18
Gambar 4 Ketidakberaturan Vertikal	20
Gambar 5 Peta Zonasi Gempa (Mcer,S1)	26
Gambar 6 Peta Zonasi Gempa (Mcer,Ss)	26
Gambar 7 Grafik Respon Spektrum Daerah Medan	27
Gambar 8 Lokasi Penelitian.....	44
Gambar 9 Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 10 Membuka Program Software Etabs	54
Gambar 11 Penggambaran Grid Pada Etabs	54
Gambar 12 Menentukan Model Sebuah Bangunan Pada Etabs.....	54
Gambar 13 Memasukkan Data Material Pada Software Etabs	56
Gambar 14 Penginputan Penampang Struktur Pada Software Etabs.....	56
Gambar 15 Menentukan Penampang Struktur Pada Software Etabs.....	57
Gambar 16 Memasukkan Pembebanan Pada Software Etabs.....	58
Gambar 17 Memasukkan Beban Gempa Pada Software Etabs	58
Gambar 18 Kombinasi Pembebanan Pada Software Etabs.....	59
Gambar 19 Penginputan Beban Lateral Nonlinear Pada Arah-X	60
Gambar 20 Penginputan Beban Lateral Nonlinear Pada Arah-Y	60
Gambar 21 Membuat Diafragma Pada Struktur Bangunan Gedung.....	61
Gambar 22 Menginput Nilai Hinges Pada Struktur Balok	61
Gambar 23 Menginput Nilai <i>Hinges</i> Pada Struktur Kolom.....	62
Gambar 24 Membuka Program Software	63
Gambar 25 Penggambaran Grid Pada Sap2000	63
Gambar 26 Menentukan Model Sebuah Bangunan	64
Gambar 27 Memasukkan Data Material Pada Software Etabs	64
Gambar 28 Penginputan Penampang Struktur Pada Software Sap2000.....	65
Gambar 29 Menentukan Penampang Struktur Pada Software Sap2000.....	65
Gambar 30 Memasukkan Pembebanan Pada Software Sap2000	66
Gambar 31 Memasukkan Beban Gempa Pada Software Sap2000	67
Gambar 32 Kombinasi Pembebanan Pada Software Sap2000	67
Gambar 33 Penginputan Beban Lateral Nonlinear Pada Arah-X	68
Gambar 34 Penginputan Beban Lateral Nonlinear Pada Arah-Y	68
Gambar 35 Membuat Diafragma Pada Struktur Bangunan Gedung.....	69
Gambar 36 Menginput Nilai Hinges Pada Struktur Balok	70
Gambar 37 Menginput Nilai Hinges Pada Struktur Kolom.....	70
Gambar 38 Input Nilai Hinges Pada Struktur Kolom Dan Balok.....	71
Gambar 39 Input Nilai Hinges Pada Struktur Kolom Dan Balok.....	72
Gambar 40 Pemodelan Gedung Sekolah Maitreya Wira Cemara	75
Gambar 41 Pemodelan Gedung Sekolah Maitreya Wira Cemara	75

Gambar 42 Periode Getar Alami Struktur Mode 1	76
Gambar 43 Periode Getar Alami Struktur Mode 2	76
Gambar 44 Periode Getar Alami Struktur Mode 1	77
Gambar 45 Periode Getar Alami Struktur Mode 2	77
Gambar 46 Kurva Kapasitas Arah-X	79
Gambar 47 Kurva Kapasitas Arah-X	79
Gambar 48 Deformasi Arah-X Step Ke-1	80
Gambar 49 Kurva Kapasitas Arah-Y	81
Gambar 50 Kurva Kapasitas Arah-Y	82
Gambar 51 Deformasi Arah-Y Step Ke-9	82
Gambar 52 Kurva Kapasitas Arah-X	84
Gambar 53 Kurva Kapasitas Arah-X	84
Gambar 54 Deformasi Arah-X Step Ke-3	85
Gambar 55 Kurva Kapasitas Arah-Y	86
Gambar 56 Kurva Kapasitas Arah-Y	86
Gambar 57 Deformasi Arah-Y Step Ke-5	87



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Layout Pondasi	92
Lampiran 2 Gambar Layout Kolom	93
Lampiran 3 Gambar Dimensi Kolom	94
Lampiran 4 Gambar Layout Sloof	96
Lampiran 5 Gambar Layout Balok Lantai 2	97
Lampiran 6 Gambar Layout Balok Lantai 3	98
Lampiran 7 Gambar Layout Balok Lantai 4	99
Lampiran 8 Gambar Dimensi Balok	99
Lampiran 9 Tabel 1 Pedoman Syarat – Syarat Dan Ketentuan.....	100
Lampiran 10 Tabel 3 Berat Sendiri Bahan Bangunan	100
Lampiran 11 Tabel 4 Berat Sendiri bahan komponen gedung	101
Lampiran 12 Tabel 5 beban hidup pada lantai gedung	101
Lampiran 13 tabel 6 klasifikasi situs, Fa pada periode pendek (SNI 1726:2019)	102
Lampiran 14 Tabel 7 Klaisfikasi situs, Fa Pada Periode 1 detik (SNI 1726:2019)	103
Lampiran 15 Tabel 8 Dimensi Kolom	104
Lampiran 16 Tabel 9 Dimensi balok.....	105
Lampiran 17 Tabel 11 Penetapan beban hidup	107
Lampiran 18 Tabel 12 Beban Mati Pada Lantai (Data Lapangan)	107
Lampiran 19 Tabel 13 Beban Mati Pada Lantai Atap (Data Lapangan).....	107
Lampiran 20 Tabel 14 Beban mati tambahan pada balok 4 m.....	107
Lampiran 21 Tabel 15 Step Analisis Pushover Arah X pada software etabs... 108	
Lampiran 22 Tabel 16 Step Analisis Pushover Arah Y pada software etabs... 108	
Lampiran 23 Tabel 17 Step Analisis Pushover Arah X pada software SAP2000	108
Lampiran 24 Tabel 18 Step Analisis Pushover Arah Y pada software SAP2000	109

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan suatu negara meningkat terhadap bidang pembelajaran menyebabkan suatu saran dan prasarana konstruksi gedung akan semakin kompleks dan permintaan untuk bangunan bertambah, sementara lahan yang tersedia semakin kecil. Adapun cara mengatasinya yaitu dengan dilakukannya pembangunan vertikal atau pembangunan gedung-gedung bertingkat.

Perhitungan untuk bangunan bertingkat memerlukan pertimbangan beberapa faktor penting, antara lain fungsionalitas, kekuatan, keamanan, stabilitas, estetika, ekonomi, dan kemudahan dalam penerapan konstruksi. Oleh karena itu, saat merencanakan sebuah bangunan harus dilakukan dengan teliti.

Semakin rumit strukturnya maka semakin banyak hasil yang didapat dan saat diperhitungkan secara manual maka akan memerlukan waktu yang cukup lama serta hasil yang didapat tidak efisien. Oleh karena itu dengan adanya teknologi yang dapat digunakan untuk mempermudah dalam proses menganalisis suatu struktur yaitu dengan menggunakan software SAP2000 dan ETABS.

Namun perlu diperhatikan bahwa aturan perencanaan dalam membangun sebuah bangunan gedung juga mampu menopang beban – beban yang ada termasuk beban gempa. Dapat didefinisikan bahwa tidak berpengaruh terjadinya keretakan berat dalam sebuah struktur dan saat

terjadinya gempa maka bangunan yang memiliki prinsip tahan gempa yaitu boleh terjadi kerusakan pada bangunan tersebut namun tidak dengan elemen struktur yang ada. Oleh Karena terdapatnya pengaruh gaya lateral yang terjadi akibat adanya gempa dan terjadi penurunan kinerja pada struktur. Evaluasi terhadap kinerja seismik merupakan sangat penting saat memastikan bahwa bangunan gedung yang tinggi mampu bertahan dan berperilaku dengan baik ketika terjadinya gempa. Dan dapat diketahui wilayah medan merupakan kota yang berpotensi risiko gempa, maka penulis tertarik untuk dapat memastikan bahwa bangunan yang akan dibangun mampu melindungi penghuninya serta masyarakat sekitarnya.

Analisis perbandingan kinerja struktur pada penelitian ini dilakukan dengan pemodelan struktur 3D menggunakan program SAP2000 dan ETABS untuk memodelkan struktur bangunan yang akurat dan efisien dengan memasukkan sifat material serta geometri bangunan dan mengevaluasi kinerja struktur dalam menahan beban – beban lateral juga beban gravitasi juga mengidentifikasi potensi dari gedung yang akan dibangun dengan memperhatikan keamanan struktur secara keseluruhan. Metode yang akan digunakan sendiri merupakan metode pushover yang dimana metode tersebut berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik struktur. Metode ini termasuk salah satu teknik canggih untuk menganalisis respons struktur terhadap gempa bumi. Umumnya, metode ini digunakan untuk mengidentifikasi pola keruntuhan yang mungkin terjadi pada struktur dan untuk menentukan kapasitas struktur sebelum terjadi kerusakan yang kompleks.

Melalui penelitian ini akan diharapkan dapat memberikan wawasan yang sangat baik dalam menganalisis serta mengoptimalkan desain struktur bangunan gedung bertingkat yang sangat kompleks terkhususnya pada bangunan gedung sekolah maitreya wira di medan. Hasil dari penelitian ini diharapkan akan memberikan dampak yang positif untuk industri konstruksi ketika membangun sebuah gedung akan diperhatikan keamanannya dan juga efisien.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.2.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah membandingkan kinerja struktur bangunan gedung maitreya wira dengan menggunakan metode analisis pushover dan akan menghasilkan grafik pushover sumbu x dan y akibat beban lateral.

1.2.2 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui hasil dari perbandingan kinerja struktur gedung sekolah maitreya wira dengan menggunakan metode analisis pushover dan menghasilkan grafik pushover sumbu x dan y akibat beban lateral.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah seberapa besar nilai dari perbandingan kinerja struktur gedung maitreya wira saat terkena gempa dengan menggunakan 2 software yaitu SAP2000 dan ETABS.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu :

1. Menganalisis komponen struktur gedung setelah mendapatkan beban gempa dengan menggunakan *software* SAP2000 dan ETABS menurut peraturan pembebanan gempa SNI 1726 – 2019.
2. Pembebanan yang akan diterima gedung yaitu meliputi :
 - a. Beban mati (berat sendiri struktur)
 - b. Beban lateral (beban gempa)
 - c. Beban hidup
 - d. Struktur gedung akan direncanakan sesuai dengan peraturan SNI 2874 – 2019.
3. Memahami perbandingan kinerja struktur dengan menggunakan *software* SAP2000 dan ETABS.
4. Peta bahaya serta sumber gempa yang akan digunakan merupakan peta gempa tahun 2019.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Memahami kinerja struktur gedung setelah menerima beban gempa.
2. Memahami pengolahan data serta pembebanan dengan menggunakan *software* SAP2000 dan ETABS.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Untuk merencanakan sebuah bangunan, diperlukan analisis yang cermat dan detail untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan sesuai dengan dimensi dan spesifikasi yang dibutuhkan sebelum konstruksi dimulai. Analisis perencanaan mencakup dua aspek utama : pondasi atau struktur bagian bawah bangunan serta struktur bagian atas yang dapat dilihat secara fisik. Dalam proses perencanaan ini, data yang lengkap diperlukan sebagai input untuk analisis perencanaan.

Perencanaan struktur gedung bertingkat harus mematuhi persyaratan dan ketentuan yang berlaku. Untuk proyek yang dilakukan di Indonesia, ini termasuk Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai acuan utama.

Tabel 1 Pedoman Syarat – Syarat Dan Ketentuan

Peraturan	Tentang
SNI 2847-2019	Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
SNI 1727-2020	Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
SNI 1726-2019	Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
PPIUG 1983	Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung
SK SNI T-15-1991-03	Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang

Sumber: Penulis, 2023

2.2 Gempa Bumi

Gempa bumi adalah fenomena yang terjadi di permukaan bumi karena pelepasan energi secara tiba – tiba dari dalam bumi, yang

menghasilkan gelombang seismik. Biasanya, gempa bumi disebabkan oleh pergerakan lempeng bumi. Adapun jenis dari gempa bumi dapat dibedakan sebagai berikut :

a. Tektonik

Pergeseran mendadak lempeng tektonik menyebabkan gempa tektonik, yang bisa bervariasi dari sangat lemah hingga sangat kuat. Biasanya, gempa ini mengakibatkan kerusakan alam yang signifikan, dengan getarannya merambat ke seluruh bagian bumi. Proses ini terjadi karena pelepasan energi yang mirip dengan karet gelang yang ditarik dan tiba – tiba dilepaskan.

b. Vulkanik

Gempa vulkanik biasanya disebabkan dengan aktivitas magma yang mendahului letusan gunung berapi dapat memicu keluarnya gas beracun dan apabila gunung api tersebut aktif dengan kecepatan sangat tinggi maka akan menyebabkan timbulnya ledakan dan terjadilah gempa bumi dan gempa bumi vulkanik ini biasanya akan terjadi pada daerah pegunungan.

c. Seismik

Gempa bumi seismik akan terjadi karena pelepasan energi yang menghasilkan gelombang seismik dan energi yang telah dihasilkan akan menyebar ke berbagai arah sehingga efeknya sampai ke permukaan bumi. Gempa bumi seismik ini biasanya akan terjadi dengan adanya gaya gerakan didalam bumi dan menekan kerak bumi yang bersifat rapuh sehingga bumi tidak dapat lagi menahannya.

2.3. Peneliti Terdahulu

Penelitian terdahulu ini dilakukan untuk mendapatkan hasil perbandingan serta acuan. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, oleh karena itu dilakukan peninjauan terhadap pustaka penelitian terdahulu yang berkaitan dengan “Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Sekolah Maitreya Wira Dengan Menggunakan Software Sap2000 Dan Etabs”.

Adapun lima penelitian yang telah diteliti oleh peneliti sebelumnya dan dijelaskan sebagai berikut :

1. Rudi Alfianto. 2018. Dengan judul penelitian Analisa Perhitungan Bangunan Dengan Metode Etabs Versi 9.7.2. tujuan penelitian tersebut adalah memperoleh perencanaan yang lebih ekonomis,cepat dan tepat,serta membandingkan dengan konsultan perencana. Hasil dari penelitian ini yaitu Dalam perancangan gedung ini digunakan pelat dua arah untuk plat atap maupun plat tiap lantai dengan ukuran tebal plat 120 mm dan 200 mm untuk Pelat lantai Landasan Helipad. Dalam perencanaan balok, digunakan dimensi balok sebesar 300 mm x 500 mm untuk balok sloff,400 x 600 untuk balok lantai 2 dan 3,dan 500 x 800 untuk balok landasan helipad. Dalam perencanaan Balok - balok tersebut diambil jumlah tulangan lentur dan geser yang paling besar dari tiap Balok-balok. Dalam perencanaan kolom, dimensi yang digunakan untuk kolom sebesar 500 x 500 mm dan 250 x 400 mm. untuk tulangan lentur dan geser diambil yang terbesar dari tiap Kolom-kolom

2. Bectiar Natalia Sihotang. 2023. Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Gedung *Apartemen Princeton Boutique Living* Medan Menggunakan Metode Pushover. Dengan tujuan penelitian untuk mengetahui perilaku non-linear dan kinerja struktur gedung *apartemen princeton boutique living* medan. Hasil penelitian yang didapat yaitu perilaku struktur gedung non-linear nilai arah x displacement maksimum sebesar 164 mm dan arah y sebesar 25,5 mm.
3. Yudi Pranoto. 2019. Dengan judul penelitian Evaluasi Kekuatan Struktur Bangunan Gedung (Studi Kasus : Bangunan Gedung SMPN 19 Samarinda, Kalimantan Timur). dengan tujuan penelitian untuk mendapatkan hasil kekuatan struktur gedung dengan software etabs. Hasil yang didapatkan adalah diketahui ada beberapa bagian yang mengalami keretakan pada sambungan antara kolom dan balok sloof. Akan tetapi keretakan tersebut tidak mempengaruhi kekuatan struktur.
4. Nabhilla. 2020. Analisis perilaku struktur perkantoran tahan gempa menggunakan metode *pushover analysis*. Dengan tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui tingkat kinerja struktur dengan mengacu pada ATC-40. Hasil dari penelitian ini yaitu merupakan target perpindahan sebesar 0,015 m pada arah X dan Y serta akan mendapatkan nilai maksimum *drift* sebesar 0,0066 m pada arah X dan 0,0066 m lalu pada arah X dan 0,00273 m dan pada arah Y.

berdasarkan tingkat kinerja yang ada yaitu *immediately occupancy* (IO).

5. Ngudi Hari Crista. 2022. Perbandingan analisis struktur pelat lantai beton konvensional dan pelat lantai hasil perhitungan software SAP2000 (menara USM). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui analisis pelat yang digunakan sesuai dengan hasil perhitungan software SAP2000 dengan konvensional. Hasil dari perhitungan ini adalah momen plat yang didapat dengan analisis manual lebih besar daripada menggunakan analisis SAP2000 dengan diameter yang digunakan sesuai dengan kondisi lapangan.

2.4. Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu

Perbedaan hasil dari peneliti terdahulu dengan penelitian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2 Perbedaan Dengan Peneliti Terdahulu

No	Pencipta jurnal	Judul artikel	perbedaan
1.	Rudi Alfianto, 2018	Analisa Perhitungan Bangunan Dengan Metode Etabs Versi 9.7.2.	Objek yang diteliti adalah gedung kantor dengan ketinggian 3 lantai sedakan penulis meneliti gedung sekolah dengan ketinggian 4 lantai.
2.	Bectiar Natalia Sihotang. 2023.	Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Gedung <i>Apartemen Princeton Boutique Living</i> Medan Menggunakan Metode Pushover.	Objek yang diteliti adalah gedung apartemen dengan ketinggian 28 lantai sedangkan penulis meneliti gedung sekolah dengan ketinggian 4 lantai.

3. Yudi Pranoto, 2019 Evaluasi Kekuatan Struktur Bangunan Gedung (Studi Kasus : Bangunan Gedung SMPN 19 Samarinda, Kalimantan Timur). Objek yang diteliti adalah bangunan gedung sekolah dengan ketinggian 3 lantai sedangkan penulis meneliti gedung sekolah dengan ketinggian 4 lantai.
 4. Nabhilla, 2020. Analisis perilaku struktur perkantoran tahan gempa menggunakan metode *pushover analysis*. Objek yang diteliti adalah gedung dengan ketinggian 8 lantai sedangkan penulis meneliti gedung sekolah dengan ketinggian 4 lantai.
 5. Ngudi Hari Crista, 2022. Perbandingan analisis struktur pelat lantai beton konvensional dan pelat lantai hasil perhitungan software SAP2000 (menara USM). Objek yang diteliti adalah gedung dengan ketinggian 4 lantai sedangkan penulis meneliti gedung sekolah dengan ketinggian 4 lantai.
-

2.5. Beton Bertulang

SNI 2847:2019 mendefinisikan beton bertulang sebagai beton struktural yang diperkuat dengan baja tulangan, baik prategang maupun non-prategang, dengan jumlah minimal yang ditentukan dalam standar tersebut.

Beton mempunyai keterbatasan pada menahan gaya tarik di atas nilai tertentu tanpa mengalami retak. oleh sebab itu, supaya beton dapat berfungsi secara efektif dalam sistem struktur, dibutuhkan penguatan penulangan yang bertugas terutama untuk menanggung gaya tarik yang akan ada dalam sistem tadi.

Kualitas beton sangat ditentukan oleh kuat tekan yang dimilikinya semakin besar kuat tekan, semakin baik kualitas beton tersebut. Kuat tekan

beton ($f'c$) menunjukkan kekuatan tekan dari luas bidang bagian atas yang diperlukan (diukur dalam Mpa). Beton bertulang dalam bangunan atau gedung umumnya memanfaatkan kuat tekan beton yang berbeda, tergantung pada rencana struktur masing-masing. Semakin besar beban yang harus ditopang oleh beton bertulang, sebaiknya digunakan kuat tekan beton yang lebih tinggi.

Sederhananya, beton didesain saat adonan semen, air, (pasir) agregat halus, serta batu pecah atau kerikil (agregat kasar) mengeras. Untuk mengerjakan sifat beton, berbagai bahan (admixture) juga ditambahkan. Beton memiliki ketahanan gaya tarik yang sangat rendah dibandingkan menggunakan ketahanan gaya tekannya yang tinggi.

2.6. Kolom

Sesuai SNI 2847:2019, kolom (*coloum*) adalah elemen struktural; tegak yang biasanya dipergunakan untuk menahan beban tekan aksial, namun juga dapat menahan momen, geser atau torsi. Dalam sistem rangka pemikul gaya lateral, kolom ini bertugas untuk menahan kombinasi beban aksial, momen dan geser.

Adapun jenis – jenis kolom menurut Wang (1986) ada tiga yaitu sebagai berikut :

1 Kolom ikat (*tie coloum*)

Kolom ikat (*tie column*) adalah kolom beton menggunakan batang tulangan utama yang memanjang dan diikat dengan pengikat sengkang lateral pada jarak spasi tertentu. Fungsi tulangan ini adalah

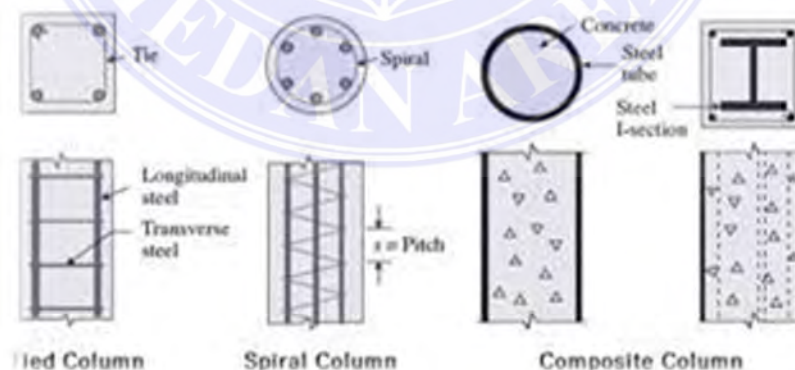
untuk memastikan tulangan utama memanjang tetap kokoh pada tempatnya.

2 Kolom komposit (*composite coloum*)

Kolom komposit (*composite column*) adalah bagian dari struktur yang mengalami tekanan dan diperkuat dalam arah longitudinal menggunakan balok baja berprofil atau pipa, kadang – kadang dengan penambahan batang tulangan utama.

3 Kolom spiral (*spiral coloum*)

Kolom spiral (*spiral column*) adalah jenis kolom yang memakai tulangan spiral yang dililitkan keliling membuat heliks menerus pada sepanjang kolom. Fungsi berasal tulangan spiral artinya memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, sehingga bisa mencegah terjadinya kehancuran semua struktur sebelum proses redistribusi momen dan tegangan terwujud.



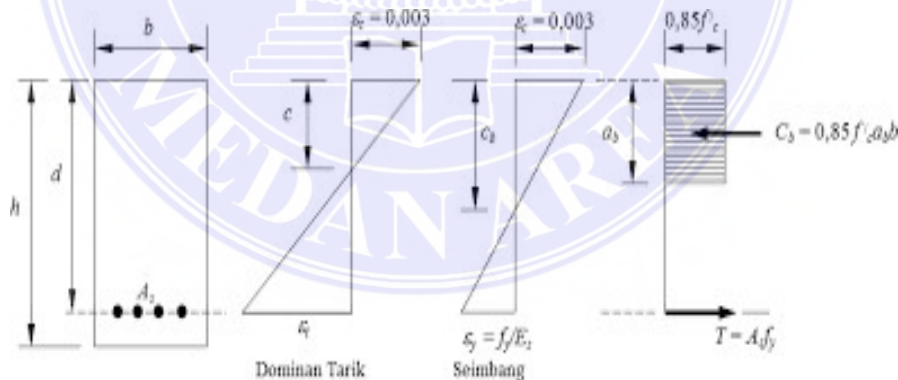
Gambar 1 Jenis – Jenis Kolom

2.7 Balok

Menurut SNI 2847:2019 Balok (*beam*) merupakan komponen struktur yang utamanya menahan lentur serta geser menggunakan atau tanpa

gaya aksial atau torsi; balok dalam rangka momen yang merupakan bagian dari sistem penahan gaya lateral umumnya komponen horizontal atau gelagar.

Jika suatu gelagar balok bentangan sederhana menahan beban yang menyebabkan timbulnya momen lentur akan terjadi deformasi (regangan) lentur di dalam balok tersebut. Regangan-regangan balok tersebut menyebabkan timbulnya tegangan yang wajib ditahan oleh balok, tegangan tekan di sebelah atas serta tegangan tarik dibagian bawah. Agar stabilitas terjamin, batang balok menjadi bagian asal sistem yang menunda lentur wajib bertenaga buat menahan tegangan tekan serta tarik tadi karena tegangan baja dipasang di daerah tegangan tarik bekerja, pada dekat serat terbawah, maka secara teoritis balok disebut menjadi bertulangan baja tarik saja (Dipohusodo,1996).



Gambar 2 Diagram Tegangan Balok Beton

2.8 Pelat

Pelat merupakan bidang tipis yang menahan beban transversal dengan aksi lentur ke masing-masing tumpuan/balok. Bentuk plat berupa panel segiempat serta panel tidak beraturan. Perhitungan plat di

kembangkan dari metode numerik untuk menghitung berbagai macam bentuk plat.

Jenis / Tipe-Tipe Pelat :

1. Pelat Slab

Pelat dengan penebalan di ketua kolom caitaal. Pelat tanpa balok. menumpu beban yang ringan serta bentang yg pendek. Pelat dipergunakan Apartement, hotel dengan tebal 12-25 cm, bentang 4,5 – 7 m.

2. Flat Plate

Pelat menggunakan ketebalan sama tanpa drop panel serta tanpa cavital. Pelat mampu dipergunakan menjadi plafond langsung buat keperluan keindahan. Tebal pelat 12-25 centimeter dengan bentang 4,lima – 7m.

3. Pelat Lantai Grid 2 Arah

Pelat dengan balok grid/bersilang rapat pada dua arah dengan plat tipis, mengurangi berat sendiri pelat. Bentang 9 – 12 m. (ngudi hari, 2022 :1-2).

2.9 Pondasi

Pondasi merupakan Bagian paling bawah dari suatu konstruksi. Fungsi dari pondasi ini adalah meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi. Bentuk pondasi ini bermacam-macam. Bentuknya biasanya dipilih sesuai dengan jenis bangunan dan tanah yang akan dibangun suatu kontruksi. (Braja M. Das, 1993:115).

Adapun jenis dari pondasi berdasarkan kedalaman letaknya yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) yang dimana pondasi tersebut

merupakan pondasi yang terletak tidak terlalu dalam dari permukaan tanah dan pondasi ini biasanya digunakan pada bangunan rumah tinggal dan gedung bertingkat biasa yang mempunyai berat relatif tidak besar untuk jenis pondasi dangkal tersebut dibagi menjadi 4 jenis yaitu pondasi menerus, pondasi telapak, pondasi gabungandan pondasi plat.

Adapun jenis dari pondasi yang kedua yaitu pondasi dalam (deep foundations) yang merupakan jenis pondasi dengan kedalaman lebih dari 6,00 m dari permukaan tanah.pondasi ini dibagi menjadi dua macam yaitu sumur bor dan pondasi tiang pancang.

Pondasi Tiang Pancang dipergunakan untuk suatu bangunan dimana tanah dasar dibawah bangunan tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya. Pondasi tiang pancang berfungsi untuk memindahkan beban – beban dari kontruksi kelapisan tanah yang lebih dalam.(Sari Utama, M. Iqbal, 2018:186).

2.10 Konsep Bangunan Tahan Gempa

Kontruksi atau bangunan tahan gempa merupakan bangunan yang dapat merespon gempa dengan cara bertahan dari keruntuhan yang bersifat fleksibel untuk meredam getaran gempa. Bangunan atau kontruksi tahan gempa sendiri merupakan bangunan yang dirancang dengan perhitungan secara analisis baik kombinasi beban, penggunaan material serta massa sebuah strutkur yang akan digunakan pada bangunan. Konsep perencanaan bangunan kontruksi juga akan didasarkan pada analisa kekuatan batas yang memiliki daktilitas dan digunakan untuk menyerap energi gempa yang sesuai dengan peraturan yang berlaku.

2.10.1 Daktilitas

Daktilitas adalah kemampuan sebuah struktur yang berdeformasi pasca-elastik yang secara terus menerus dan diakibatkan oleh beban gempa yang mengakibatkan terjadinya pelelehan pertama, dengan mempertahankan kekakuan serta kekuatan yang cukup sehingga struktur gedung tetap berdiri meskipun kondisi mengalami keruntuhan. Faktor daktilitas sendiri yaitu rasio antar simpangan maksimum struktur pada saat mencapai kondisi menuju keruntuhan.

2.10.2 Stabilitas

Stabilitas sebuah gedung atau bangunan akan ditentukan dengan tujuan untuk membuat batasan terhadap keamanan sebuah struktur yang disebabkan melebihi batasan yang sudah ditentukan. Faktor yang sangat penting bagi sebuah gedung serta mengurangi pengaruh yang terjadi pada puntir yaitu terdapatnya eksentrisitas yang berada di pusat massa dan kekuatan bangunan. Jika terjadi momen yang tak terduga maka momen torsi tersebut ditambah 5% dimensi struktur yang akan dibangun. Stabilitas sendiri berfungsi untuk mengurangi kejadian puntir tersebut.

2.10.3 Integritas

Berdasarkan SNI 284:2019, pada pendetailan tulangan ataupun sambungan komponen sebuah struktur bangunan harus diikat secara baik guna untuk meningkatkan integritas struktur secara keseluruhan. Adapun persyaratan minimum pengecoran kontruksi di tempat sebagai berikut :

- a) Tulangan transversal sangat wajib diangkur seperti yang telah ditetapkan oleh tulangan torsi dan tidak perlu diteruskan ke kolom.

Tulangan tersebut paling sedikit $\frac{1}{4}$ dari tulangan momen positif dan diperlukan di tengah bentang dan tidak kurang dari dua batang tulangan.

- b) Lalu pada tulangan yang disambung dengan tengah bentang dan tulangan yang berada di bawah harus disambung dekat dengan tumpuannya.
- c) Plat dua arah non-prategang untuk batang tulangan dan juga kawat bawah pada kolom arahnya harus menerus dan melewati daerah yang dibatasi oleh tulangan memanjang kolom dan harus diangkur.
- d) Balok untuk tulangan tariknya paling sedikit diperlukan $\frac{1}{6}$ untuk tulangan negatif di tumpuan dan $\frac{1}{4}$ untuk momen positif tidak kurang dari dua batang tulangan.

2.11 Kolom Kuat Balok Lemah

Perencanaan bangunan struktur yang tahan terhadap gempa sering sekali memakai konsep desain yang dimana pengendalian keruntuhan struktur yang dilakukan melalui sifat daktilitas struktur secara maksimal. Konsep desain ini juga dapat disebut juga dengan *strength based design* yang dimana setiap struktur dapat serta mampu menahan beban geser yang diakibatkan oleh gempa dalam perencanaan struktur. Konsep ini juga sering sekali dikatakan desain kapasitas yang saat struktur gedung memikul pengaruh gempa rencana. Didalam struktur bangunan gedung dan hanya terjadi pada ujung – ujung balok dan kolom saja. Berikut merupakan dua batasan struktur dengan konsep desain kolom kuat balok lemah yaitu :

- a) *Survival Limit State*

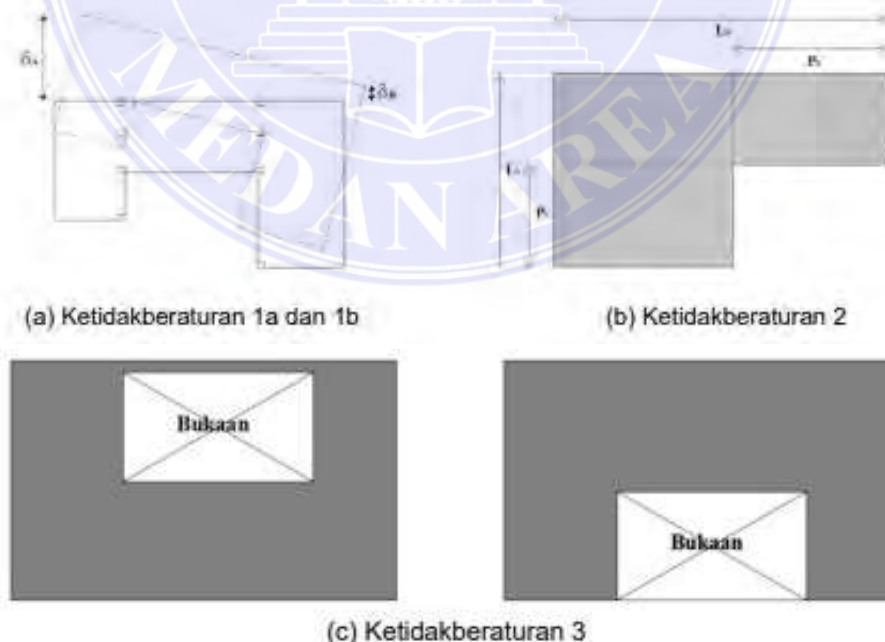
Yang dimana saat sebuah struktur mengalami perpindahan lateral yang sangat besar serta kehilangan daya tahan atau kekuatan untuk menahan gaya lateral yang dapat menahan beban gravitasi masih harus tetap dipertahankan.

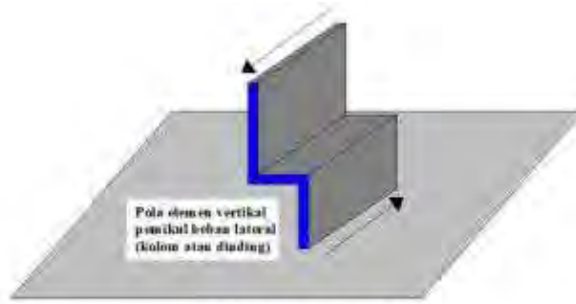
b) Serviceability State

Merupakan titik berat dari kinerja yang pengontrolan dan pembatasan displacement terjadi selama gempa berlangsung. Kekuatan juga harus diperhatikan tersedia pada semua komponen struktur dan bersifat elastis agar dapat menahan gempa.

2.12 Prosedur Analisis Struktur

Menurut SNI 1726:2019 pasal 7.3.3.4 tentang ketidakberaturan dibedakan menjadi 2 yaitu ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal yang dapat dilihat pada gambar 3.





(d) Ketidakberaturan 4



(e) Ketidakberaturan 5

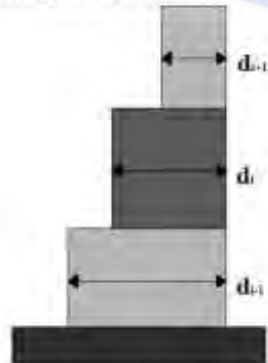
Gambar 5 – Ketidakberaturan horizontal

Gambar 3 ketidakberaturan horizontal
(Sumber : SNI 1726:2019)

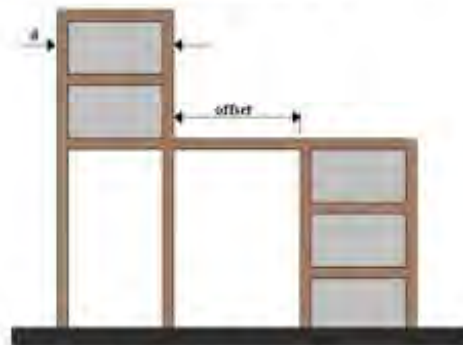


(a) Ketidakberaturan 1a dan 1b

(b) Ketidakberaturan 2



(c) Ketidakberaturan 3



(d) Ketidakberaturan 4



(e) Ketidakberaturan 5a dan 5b

Gambar 6 – Ketidakberaturan vertikal

Gambar 4 ketidakberaturan vertikal

(Sumber : SNI 1726:2019)

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.6 prosedur analisis yang digunakan terkait erat dengan parameter struktur bangunan yaitu :

1. Parameter keutamaan bangunan gempa berdasarkan SNI 1726:2019
2. Parameter faktor keutamaan gempa berdasarkan SNI 1726:2019
3. Kategori desain seismik berdasarkan parameter percepatan respons spektra periode 1 detik (S) dan parameter respons spektra periode pendek (S_s) berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 6.5.

Dapat disimpulkan, prosedur analisis struktu harus terdiri dari tipe struktur yang diizinkan yang berdasarkan kategori desain seismik struktur, serta sistem struktur.

2.13 Struktur Penahan Gaya Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.2 yang dimana sistem struktur gaya seismik dapat ditentukan oleh parameter dibawah ini :

1. Faktor kuat lebih sistem (C)
2. Faktor pembesaran defleksi
3. Faktor koefisien modifikasi respons (r)

4. Faktor batasan tinggi sistem struktur

2.14 Pembebanan

Beban merupakan gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Menentukan besarnya pembebanan terhadap struktur secara sempurna, bukan hal yang mudah. Oleh karena itu, umumnya perhitungan pembebanan hanya perkiraan saja. ketika merencanakan struktur bangunan khususnya pada perhitungan mekanika ada 2 macam pembebanan yaitu beban p dan beban q, dimana :

- Beban P adalah beban terpusat seperti berat kendaraan atau berat struktur terpusat di atasnya.
- Beban q adalah beban merata seperti berat sendiri struktur atau berat suatu benda yang membebani seluruh bagian struktur secara merata.

Dalam menghitung besarnya beban yang bekerja di struktur, kita bisa mengacu pada standar yang ditetapkan di Indonesia, Peraturan Pembebanan Indonesia buat Gedung 1983 (PPIUG 1983).

2.14.1 Beban Mati (DL)

Menurut PPIUG PASAL 1.0, Beban mati merupakan berat dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap. Beban mati sendiri gedung (Dead Load) akan dihitung otomatis dengan ETABS berdasarkan input data material dan dimensi yang akan digunakan.

Selain beban mati sendiri adapun beban mati tambahan (super dead load) dimana beban dinding pasangan $\frac{1}{2}$ bata, waterproofing, spesi keramik, keramik, plafon, dan juga penggantung.

Tabel 3 Berat Sendiri Bahan Bangunan

BAHAN BANGUNAN	
Baja	7.850 kg/m ³
Batu alam	2.600 kg/m ³
Batu Belah, Batu ulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Batu pecah	1.450 kg/m ³
Batu tuang	7.250 kg/m ³
Beton	2.200 kg/m ³
Beton bertulang	2.400 kg/m ³
Kayu (kelas 1)	1.000 kg/m ³
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m ³
Pasangan batu merah	1.700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1.450 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m ³
Timah Hitam (Timbel)	11.400 kg/m ³

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983

Menurut PPIUG pasal 2.2, apabila beban mati memberikan pengaruh yang menguntungkan terhadap kekuatan suatu struktur gedung, maka beban mati tersebut diambil dari tabel 2.4 dengan mengalikannya dengan koefisien reduksi 0,9.

Tabel 4 Berat Sendiri Komponen Gedung

Adukan per cm tebal:	
dari semen	21 kg/m ²
dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah:	
satu batu	450 kg/m ²
setengah batu	250 kg/m ²
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 berlubang:	
tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
tebal dinding 10 cm (HB 10)	200 kg/m ²
Langit - langit & dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri:	
semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), tebal maks. 4 mm	11 kg/m ²
kaca, dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan beban maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,8 m	7 kg/m ²
Penutup atap genteng dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa	24 kg/m ²
Adukan per cm tebal:	
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983

2.14.2 Beban Hidup (LL)

Menurut SNI 1727:2020 pasal 4.1, Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk oleh beban konstruksi dan beban lingkungan, contohnya seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Tabel 5 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

A. Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b.	200 kg/m ²
B. Lantai dan tangga rumah sederhana dan gudang - gudang tidak Penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125 kg/m ²
C. Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran,	250 kg/m ²

Hotel, asrama, dan rumah sakit	
D. lantai ruang olahraga	400 kg/m ²
E. Lantai ruang dansa	500 kg/m ²
F. Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan	
Yang lain dari pada yang disebut dalam a s/d e, seperti masjid, Gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton	400 kg/m ²
G. Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk	
H. Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam c	500 kg/m ²
I. Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam d, e, f dan g	500 kg/m ²
J. Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g	250 kg/m ²
Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip	
Toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, arsip, toko	
K. Buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus	400 kg/m ²
Direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri	
Dengan minimum	
L. Lantai gedung parkir bertingkat:	
Untuk lantai bawah	800 kg/m ²
Untuk lantai tingkat lainnya	400 kg/m ²
M. Balkon - balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan	
terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan dengan minimum	300 kg/m ²

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983

2.14.3 Beban Gempa

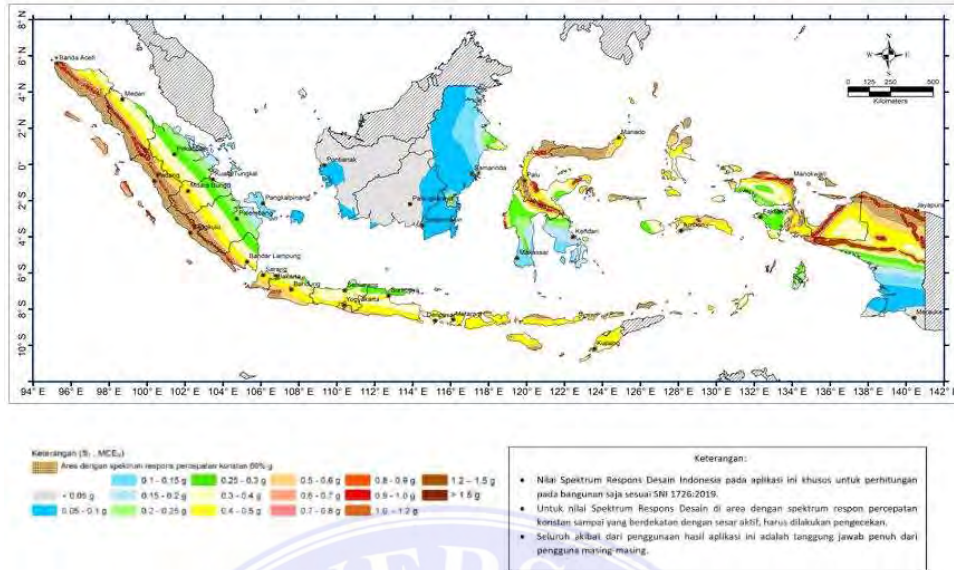
Menurut PPIUG pasal 1.0.4, Beban gempa adalah beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung yang menirukan pengaruh dari getaran tanah akibat gempa. Pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan dengan suatu analisa dinamik, maka dapat diartikan beban gempa disini adalah gaya – gaya yang terjadi akibat gerakan atau getaran tanah dari gempa tersebut.

Pada waktu bangunan bergetar akibat adanya gempa, adanya gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa

bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan, gaya yang timbul ini dianggap inersia. Besar gaya-gaya tersebut bergantung di beberapa faktor. Massa bangunan ialah faktor lain yang bagaimana massa tersebut terdistribusi, kekakuan stuktur, kekakuan tanah, jenis pondasi, adanya mekanisme redaman pada bangunan serta tentu saja perilaku serta besar getaran itu sendiri.

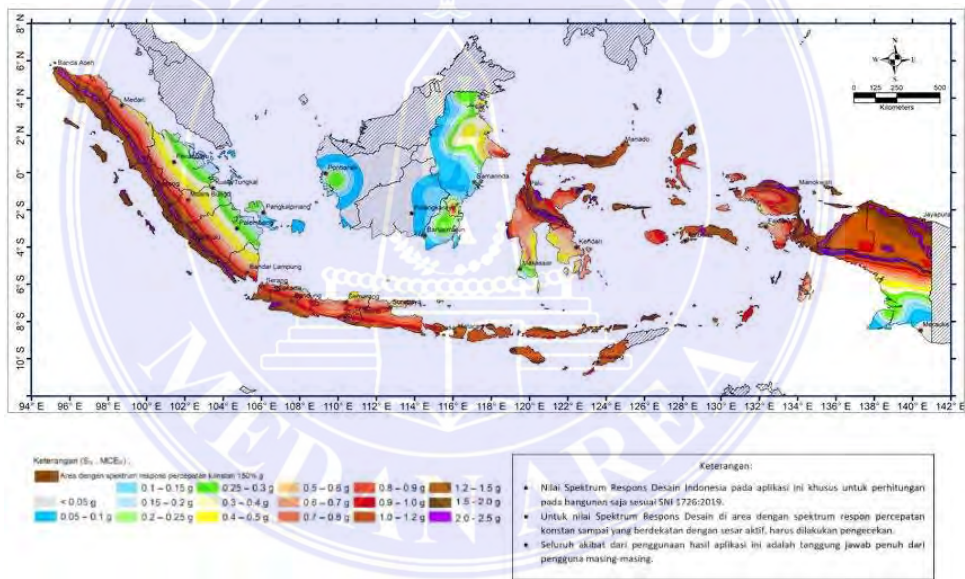
Walaupun konsep yang telah dijelaskan diatas pada awal telah membentuk dasar – dasar untuk desain terhadap gempa bumi, namun model diatas hanya merupakan penyerdehanaan. Apabila fleksibilitas aktual yang dimiliki struktur diperhitungkan maka akan diperlukan model yang rumit untuk mengetahui gaya yang ditimbulkan didalam struktur kibat percepatan.

Dalam perhitungan gedung hunian tempat tinggal 2 tingkat ini, beban gempa dihitung menggunakan analisa respons spektrum berdasarkan SNI gempa 1726:2019. Indonesia terbagi dalam 6 wilayah gempa dimana wilayah 1 dan 2 termasuk dengan tingkat terjadinya gempa rendah, wilayah 3 dan 4 wilayah dengan tingkat terjadinya gempa menengah dan untuk wilayah 5 dan 6 dengan tingkat terjadinya gempa tinggi. Namun bangunan yang akan ditinjau termasuk pada wilayah gempa 2 yang dimana tingkat terjadinya gempa menengah.



Gambar 5 Peta Zonasi Gempe (MCER,S1)

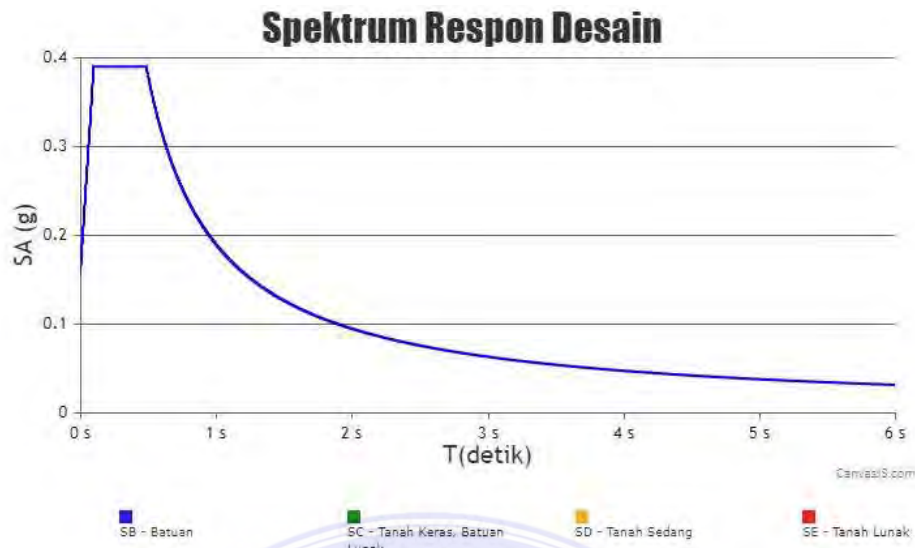
Sumber : Puskim 2019



Gambar 6 Peta Zonasi Gempa (MCER,Ss)

Sumber : Puskim 2019

Parameter SS (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S1 (percepatan batuan dasar periode 1 detik) harus ditetapkan masing – masing dari respon spectra percepatan 0.2 detik dan juga 1 detik dalam peta gempa dengan kemungkinan 1% yang terlampaui dalam 50 tahun kedepan dan dinyatakan dalam bilangan desimal dengan kecepatan gravitasi.



Gambar 7 Grafik Respon Spektrum Daerah Medan
Sumber : Puskim 2019

2.14.4 Beban Angin

Menurut PPIUG tahun 1987 pasal 1.0.3, Beban angin merupakan beban yang bekerja pada gedung yang disebabkan oleh tekanan udara. Beban angin (*wind load*) juga merupakan semua beban yang bekerja pada gedung serta bagian gedung yang akan disebabkan oleh selisih yang terjadi dalam tekanan udara dimana tekanan tersebut ada yang mengangap tekanan positif (angin tekan) atau tekanan negatif (angin hisap) yang bekerja pada bidang – bidang yang akan ditinjau.

2.14.5 Beban Khusus

Menurut PPIUG pasal 1.0.5, Beban Khusus adalah beban yang bekerja pada gedung yang terjadi diakibatkan oleh selisih suhu, pengangkatan dan

pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya – gaya tambahan yang berasal dari beban hidup.

2.15 Kombinasi Pembebanan

Struktur perlu diperhitungkan terhadap adanya kombinasi pembebanan dari beberapa masalah pembebanan yg mungkin terjadi selama umur rencana. Kombinasi pembebanan tetap dianggap beban bekerja secara terus – menerus pada struktur selama umur rencana. Kombinasi pembebanan tetap ditimbulkan oleh bekerjanya beban mati serta beban hidup. Sedangkan kombinasi pembebanan sementara tidak bekerja secara terus – menerus pada stuktur, namun pengaruhnya tetap diperhitungkan dalam analisis struktur.

Menurut SNI 2847-2019 pasal 5.3.1, kombinasi pembebanan adalah sebagai berikut :

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0.5 (Lr \text{ atau } R)$
5. $1,2 D + 1,0 E + 1,0 L$
6. $0,9 D + 1,0 W$
7. $0,9 D + 1,0 E$

Keterangan :

D = Beban Mati

L = Beban Hdiup

E = Beban Gempa

Lr = Beban Hidup Atap

R = Beban Hujan

Pada penelitian ini, kombinasi pembebanan pada software yang akan digunakan yaitu ETABS akan ditambahkan kombinasi pembebanan COMBMAX. Fungsi dari kombinasi tersebut yaitu untuk melihat gaya – gaya dalam terbesar yang terjadi pada seluruh pembebanan sehingga tidak perlu meninjau satu persatu dari kombinasi yang tertera diatas.

2.16 Respons Spektrum Desain

Respons spektrum dalam sistem struktur single of freedom (SDOF) atau percepatan (a), kecepatan (v) serta perpindahan (d) dengan sebuah struktur yang dibebani oleh gaya luar tertentu. Jarak respons spektra yaitu periode alami dari sebuah struktur serta ordinat dari respons maksimum.

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 6.1, respons spektra desain ditentukan berdasarkan data – data yang telah ada. Adapun data – data yang dibutuhkan saat pembuatan respons spektra menurut SNI 1726:2019 pasal 6.1 yaitu :

a Nilai S_s dan S_1

Parameter percepatan bantuan dasar pada periode pendek (S_s) serta pada periode 1 detik (S_1) dan masing – masing nilai parameter percepatan gempa dapat ditentukan berdasarkan gambar pada peta gempa lokasi MCEr.

b Kelas situs

Menurut sifat – sifat tanah pada situs yang telah diklasifikasi yaitu ada 5 (lima) jenis kelas situs yaitu SA (batuan keras), SB (batuan), SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak), SD (tanah sedang), SE, atau SF (tanah lunak).

Tabel 6. Klaisfikasi situs, Fa Pada Periode Pendek (SNI 1726:2019)
Kelas Situs Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko – tertarget (MCEr) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s

	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS(a)					

Catatan :

SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik serta analisis respons situs – spesifik.

Tabel 7 Klaisfikasi situs, Fa Pada Periode 1 detik (SNI 1726:2019)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko – tertarget (MCE _R) terpetakan pada periode pendek, T = 1 detik, S ₁					
	S ₁ ≤0,1	S ₁ =0,2	S ₁ =0,3	S ₁ =0,4	S ₁ =0,5	S ₁ ≥0,6
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS(a)					

Catatan :

SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik serta analisis respons situs – spesifik.

c Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desai untuk periode pendek, S_{DS} dan juga untuk periode 1 detik, S_{DI} ditentukan melalui rumus yang sudah tertera dibawah ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

Keterangan :

S_{DS} = respons spektra percepatan desain untuk periode pendek

S_{DI} = respons spektra percepatan desain untuk periode 1,0 detik

d Koefisien – koefisien situs dan parameter gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko – tertarget MCE_R

Parameter respon percepatan periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan pada pengaruh klasifikasi situs dan ditentukan dengan sebuah rumus yaitu :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1$$

keterangan :

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MC_{ER} terpetakan untuk periode pendek

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MC_{ER} terpetakan untuk periode pendek

e Prosedur pembuatan respons spektra desain menurut SNI 1726:2019 Adapun ketentuan untuk mendapatkan kurva spektrum desain dengan ketentuan sebagai berikut :

- Pada periode yang lebih kecil dari (T_0), spektrum respon percepatan desain diambil dengan persamaan :

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

- Pada periode yang lebih besar sama dengan (T_0) dan lebih kecil sama dengan (T_s).

Adapun perilaku struktur akibat beban yang terdiri dari beberapa kombinasi yaitu sebagai berikut :

1. Linear elastik

Merupakan elemen struktur yang dimana hubungan beban-simpangan bersifat lurus dan jika beban dihilangkan maka deformasi beban kembali ketempat awal (seperti semula).

Contohnya baja yang mempunyai sifat linear jika bebannya masih kecil.

2. Non – linear elastik

Terjadi apabila hubungan antara beban-simpangan dari awal yang tidak linear akan tetapi non-linear maka bebannya akan relatif kecil. Jika beban tidak ada maka deformasi sama dengan nol. Misalnya tanah dan beton yang memang pada umumnya mempunyai sifat yang non-linear.

3. Linear inelastik

Akan terjadi jika kondisi intensitas beban sudah besar serta tegangan yang terjadi sudah tidak elastik akan tetapi sudah inelastik. Saat beban ditiadakan maka beban tidak bisa kembali ke semula tetapi kembali secara linear atau terjadinya deformasi.

4. Non – linear inelastik

Merupakan sebuah kondisi yang dimana pembebanan siklik yang besar akan diterapkan pada struktur tanah ataupun beton. Hubungan antara beban dan juga deformasi tidak bersifat lurus dan jika ditiadakan akan terjadi deformasi.

2.17 Program Analisis Struktur

2.17.1 SAP2000

SAP 2000 adalah sebuah software yang digunakan untuk menganalisis struktur dengan bahan material beton bertulang, baja, aluminium dan juga bahan lainnya. Adapun keistimewaan yang terdapat

pada software tersebut yaitu mampu menganalisis struktur ruang dengan membedakan struktur konvensional dan struktur bidang saja. Software SAP 2000 juga sangat mudah digunakan dan tidak memakan waktu yang lama bahkan banyak sekali jenis satuan yang dapat di ubah dengan sesuai kebutuhan yang digunakan pada sebuah struktur baik bangunan gedung, jembatan dan lainnya.

Adapun langkah – langkah dalam menganalisis desain struktur pada software SAP2000 adalah sebagai berikut :

- Membuat dokumen baru
Klik file > *new model* > pilih model struktur
- Menetapkan satuan
Pilihlah salah satu satuan yang akan digunakan pada pojok atas model struktur (contoh ; kn-m, kn-mm).
- Membuka dokumen
Klik file > *open* > pilih nama file
- Menyimpan file
Klik file > pilih *save / save as* > ketik nama file > ok
- Mendefinisikan material
Klik define > *frame section* > *add new property* > pilih *frame section type* > input dimensi penampang > ok
- Mendefinisikan pemanampang frame
Klik define > *frame section* > *add new property* > pilih *frame section property type* > input dimensi penampang > ok > ok
- Mendefinisikan penampang *shell*

Klik *define* > *area section* > pilih *shell* > pilih *add new section* > ketik nama *shell* > input data *shell*

- Mendefinisikan jenis beban

Klik *define* > *load case* > ketik nama beban pada *load name*, pilih *type*, pada *selfweight multiplier* ketik 1 (berat sendiri dihitung) ketik 0 (berat sendiri tidak dihitung) > klik *add new load* untuk menambah, klik *modify load* untuk modifikasi > ok

- Mendefinisikan jenis analisis

Klik *define* > *analisis case* > klik *add new case* atau *modify/show case* > ketik nama jenis analisis pada *analisis case name*, pilih *analysis type*, pilih *load applied* > ok

- Mendefinisikan kombinasi beban

Klik *define* > *combinations* > klik *add new combo* > ketik nama kombinasi pada *response combination name*, pilih *case name*, ketik *scale factor*, klik *add* > ok

- Membuat grid struktur

Klik kanan mouse > *edit grid* > pada sistem pilih global > pilih *modify/show system* > ketik koordinat sumbu X, Y, Z pada ordinate > ok.

- Assign penampang dan beban elemen struktur

- a) Assign penampang frame

Pilih elemen frame > klik *assign* > pilih frame > pilih *frame section* > pilih penampang > ok

- b) Assign penampang shell

Pilih elemen frame > klik *assign* > klik area > pilih *scetion* > pilih nama *shell* pada *section* > ok

c) Assign beban frame

Pilih elemen frame > klik *assign* > pilih *frame load* > ok

d) Assign beban *shell*

Pilih *elemen frame* > klik *assign* > pilih *area load* > pilih *uniform (shell)* > pilih beban, ketik nilai beban > ok

- Memberi pondasi atau perletakan pada joint elemen struktur

Pilih *joint* struktur > klik *assign* > pilih *joint* > pilih *restraint* > pilih jensi perletakan > ok

- Menampilakn penampang, nomor, *localaxes joint/frame/shell/solid* klik *view* > pilih *set display options* > pilih item yang diinginkan > ok.

- *Analysis*

a. *Set analysis option*

Klik *analyze* > pilih set analysis options DOF (*degree of freedom*) dari struktur 3D >ok

b. *Analysis*

Klik *analysis* > pilih *run analysis* atau tekan f5 > pilih *analysis case* > *run now*

- Menampilkan deformasi

Klik *display* / pilih *show deformed shape* . pilih *case/combo name* > ok

- Menampilkan gaya – gaya dalam frame

Klik *display* > pilih *show force/stresses* > pilih *frame/cables* > pilih *case/combo name* > pilih *component, scaling, options* > ok

- Menampilkan reaksi perletakan

Klik *display* > pilih *show force/stresses* > pilih *joint* > pilih *case/combo name* > ok.

2.17.2 ETABS

ETABS merupakan perangkat lunak untuk melakukan perhitungan struktur gedung. software tersebut sangat membantu pada proses untuk melakukan analisis pada bangunan gedung. dengan menggunakan perangkat lunak tersebut maka proses perhitungan struktur menjadi lebih cepat dengan tingkat ketelitian yang tinggi. untuk mendefinisikan bangunan gedung ke dalam model maka model harus bisa mendefinisikan dari syarat bangunan gedung yang ada, sehingga contoh akan merepresentasikan berasal bangunan gedung yang sebenarnya. model yang telah di running akan menyampaikan hasil dari model bangunan gedung dan dapat dipergunakan untuk penggambaran detail dari elemen struktur gedung. (Dr. Ir. Koespiadi, M.T, 2016).

2.17.3 Peraturan SNI Tentang ETABS

Pada pasal 4.8.1 unsur-unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi seperti balkon, kanopi dan balok kantilever berbentuk panjang, balok transfer pada struktur gedung tinggi yang memikul beban gravitasi dari dua atau lebih tingkat di atasnya serta balok beton pratekan berbentuk panjang, harus diperhitungkan terhadap komponen vertikal gerakan tanah akibat pengaruh Gempa

Rencana, berupa beban gempa vertikal nominal statik ekuivalen yang harus ditinjau bekerja ke atas atau ke bawah yang besarnya harus dihitung sebagai perkalian faktor respons gempa vertical C_v dan beban gravitasi, termasuk beban hidup yang sesuai.

Adapun langkah – langkah dalam menganalisis desain struktur pada software ETABS adalah sebagai berikut :

- Membuat dokumen baru

Klik file > *new model* > pilih model struktur

- Menetapkan satuan

Pilihlah salah satu satuan yang akan digunakan pada pojok atas model struktur (contoh ; kn-m, kn-mm).

- Membuka dokumen

Klik file > *open* > pilih nama file

- Menyimpan file

Klik file > pilih *save / save as* > ketik nama file > ok

- Mendefinisikan material

Klik define > *frame section* > *add new property* > pilih *frame section type* > input dimensi penampang > ok

- Mendefinisikan pemanampang frame

Klik define > *frame section* > *add new property* > pilih *frame section property type* > input dimensi penampang > ok > ok

- Mendefinisikan penampang *shell*

Klik define > *area section* > pilih *shell* > pilih *add new section* > ketik nama *shell* > input data *shell*

- Mendefinisikan jenis beban

Klik *define* > *load case* > ketik nama beban pada *load name*, pilih *type*, pada *self weight multiplier* ketik 1 (berat sendiri dihitung) ketik 0 (berat sendiri tidak dihitung) > klik *add new load* untuk menambah, klik *modify load* untuk modifikasi > ok

- Mendefinisikan jenis analisis

Klik *define* > *analisis case* > klik *add new case* atau *modify/show case* > ketik nama jenis analisis pada *analisis case name*, pilih *analysis type*, pilih *load applied* > ok

- Mendefinisikan kombinasi beban

Klik *define* > *combinations* > klik *add new combo* > ketik nama kombinasi pada *response combination name*, pilih *case name*, ketik *scale factor*, klik *add* > ok

- Membuat grid struktur

Klik kanan mouse > *edit grid* > pada sistem pilih global > pilih *modify/show system* > ketik koordinat sumbu X, Y, Z pada ordinate > ok.

- *Assign* penampang dan beban elemen struktur

e) *Assign* penampang frame

Pilih elemen frame > klik *assign* > pilih frame > pilih *frame section* > pilih penampang > ok

f) *Assign* penampang shell

Pilih elemen frame > klik *assign* > klik area > pilih *scetion* > pilih nama *shell* pada *section* > ok

g) Assign beban frame

Pilih elemen frame > klik *assign* > pilih *frame load* > ok

h) Assign beban *shell*

Pilih *elemen frame* > klik *assign* > pilih *area load* > pilih *uniform (shell)* > pilih beban, ketik nilai beban > ok

- Memberi pondasi atau perletakan pada joint elemen struktur

Pilih *joint* struktur > klik *assign* > pilih *joint* > pilih *restraint* > pilih jensi perletakan > ok

- Menampilakn penampang, nomor, *localaxes joint/frame/shell/solid* klik *view* > pilih *set display options* > pilih item yang diinginkan > ok.

- *Analysis*

c. *Set analysis option*

Klik *analyze* > pilih set analysis options DOF (*degree of freedom*) dari struktur 3D >ok

d. *Analysis*

Klik *analysis* > pilih *run analysis* atau tekan f5 > pilih *analysis case* > *run now*

- Menampilkan deformasi

Klik *display* / pilih *show deformed shape* . pilih *case/combo name* > ok

- Menampilkan gaya – gaya dalam frame

Klik *display* > pilih *show force/stresses* > pilih *frame/cables* > pilih *case/combo name* > pilih *component, scaling, options* > ok

- Menampilkan reaksi perletakan

Klik *display* > pilih *show force/stresses* > pilih *joint* > pilih *case/combo name* > ok.

2.18 Metode *Pushover Analysis*

Analisis Statik (Non-Linear) atau Pushover analisis merupakan cara menganalisis statik non-linear untuk mengetahui pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dan akan dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada suatu pusat massa dari masing – masing lantai, yang dimana nilainya akan ditingkatkan secara berangsur – angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan pelelehan pada struktur bangunan gedung.

Analisis akan dilakukan dengan memberikan pola beban lateral statik pada struktur secara bertahap dengan faktor pengali sampai satu target perpindahan lateral. Proses pushover pada suatu struktur yang didorong sampai dengan mengalami leleh pada lokasi struktur. Hasil kurva yang didapat pada kurva kapasitas yang menunjukkan kondisi pada proses pushover akan diolah dengan menggunakan metode Displacement Coefficient Method (DCM). Adapun 2 metode yang digunakan dalam mengevaluasi kinerja yaitu : Metode ATC-49 dan FEMA 356, yaitu :

2.18.1 Metode Spektrum Kapasitas Dengan Acuan Pada ATC-40

Metode spektrum kapasitas atau capacity spectrum method (CSM) adalah salah satu metode kerja untuk mengetahui sebuah kinerja struktur non-linear yang dimana hasilnya berupa kurva kapasitas dan diolah dengan

metode spektrum kapasitas (ATC-40). Metode ini sangat sederhana digunakan namun untuk informasi yang akan dihasilkan sangat berguna karena mampu menggambarkan respon inelastik bangunan.

2.18.2 Metode Koefisien Perpindahan Dengan Acuan Pada FEMA 365

Displacement coefficient method (DCM) merupakan metode yang terdapat pada FEMA 273/365 untuk prosedur statis non-linear. Penyelesaian akan dilakukan dengan cara memodifikasi respons linier dari sistem SDOF ekuivalen pada cara faktor koefisien C_0 , C_1 , C_2 dan C_3 dan dapat dihitung dengan target perpindahan (δ).

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a \cdot \left(\frac{T_e}{2n}\right)^2 \cdot g$$

Dimana :

δ_t = target perpindahan

C_0 = koefisien faktor bentuk, dimana untuk merubah perpindahan spektral menjadi perpindahan atap.

C_1 = faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan inelastic maksimum dengan perpindahan respons elastic linear

C_2 = Koefisien yang digunakan untuk memperhitungkan efek “pinching” dari hubungan beban deformasi akibat degradasi kekakuan

C_3 = Koefisien untuk memperhitungkan pembesaran lateral efek dari $p - \delta$. Untuk gedung nilai kekakuan bernilai 1,0 sedangkan pasca leleh

negatif.

$$C_3 = 1,0 + \frac{|\alpha|(R-1)^{3/2}}{T_e}$$

S_a = Akselerasi respon spektrum yang harus berkesuaian pada waktu getar

alami efektif.

T_e = Waktu getar alami

α = Rasio kekakuan pasca leleh

R = rasio kuat elastis perlu terhadap koefisien kuat leleh.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deskripsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di proyek pembangunan gedung sekolah Maitreya Wira Cemara kota medan yang mengikuti seiring perkembangan teknologi. Oleh karena itu, dalam menganalisis struktur bangunan akan digunakan software ETABS dan SAP 2000 untuk mempermudah dalam menganalisis serta pengolahan data dengan menggunakan metode pushover serta adapun hasil yang akan didapatkan kurva kapasitas yang menyatakan kurva antara gaya geser pada struktur bangunan gedung.

3.2 Lokasi Penelitian

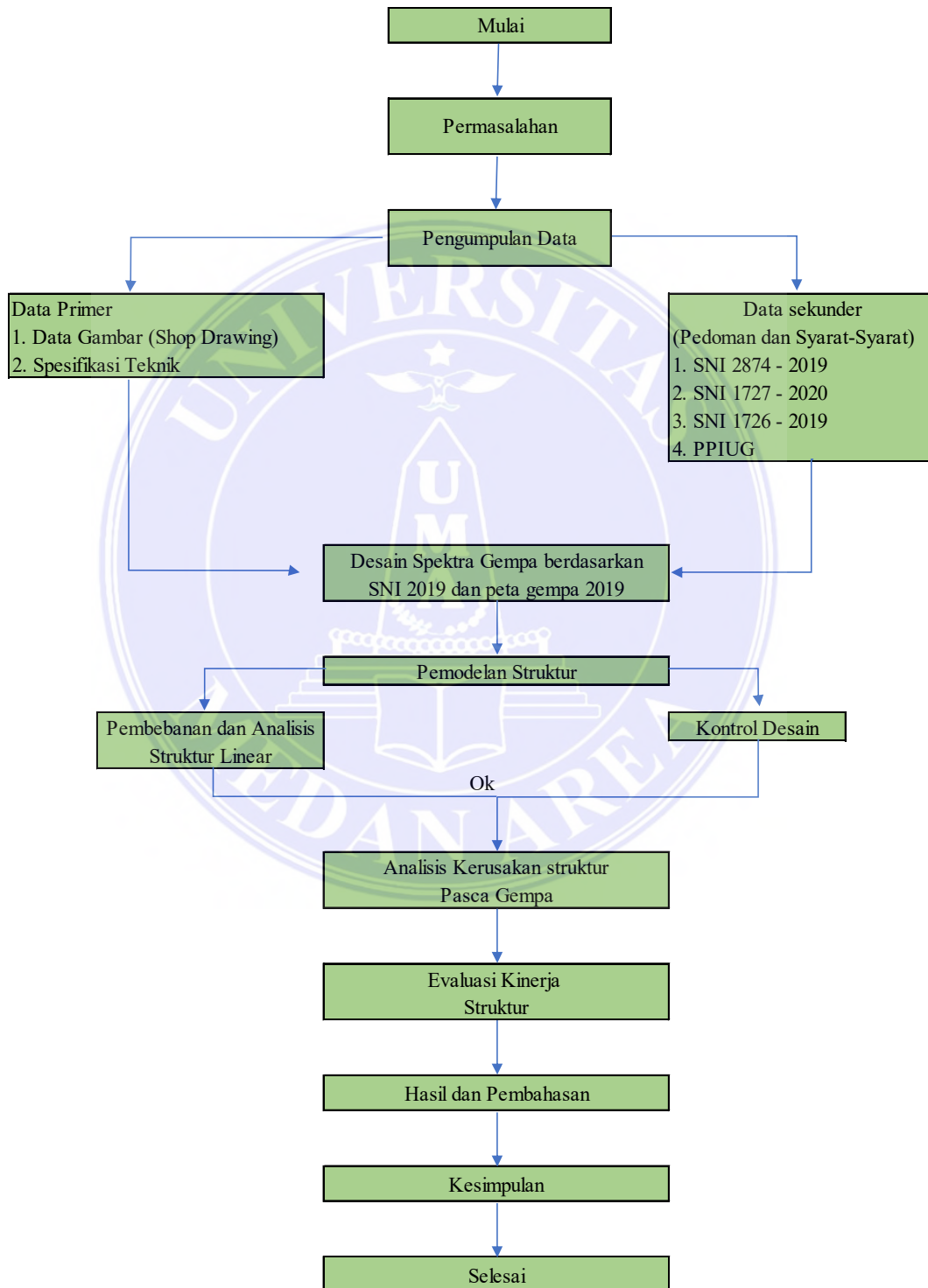
Pembangunan Sekolah Maitreya Wira ini berlokasi di Komplek CEMARA ASRI, Jl. Cemara Boulevard Barat Komplek Cemara Asri Kel. Sampali Kec. Percut Sei Tuan Kab. Deli Serdang, Medan, Sumatera Utara.



Gambar 8 Lokasi Penelitian
Sumber : Google Maps

3.3. Diagram Alir Penelitian

Secara sistematis rencana penyusunan (diagram alir penelitian) dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 9 Diagram Alir Penelitian

3.4 Data Struktur Gedung

Penelitian ini dilakukan pada salah satu bangunan gedung sekolah maitreya wira yang berlokasi di kota medan dengan struktur gedung beton bertulang dengan ketinggian 4 lantai dan lokasi berada pada kategori risiko gempa II (SNI 1726 – 2019) dengan kondisi tanah sedang (SD).

3.4.1 Data Gedung Penelitian

Dara struktur bangunan gedung yang akan direncanakan yaitu sebagai berikut :

Nama Bangunan	:	Gedung Sekolah Maitreya Wia Cemara
Posisi/Leta Bangunan	:	Komplek Cemara Barat Medan
Mutu Beton (F'C)	:	25 mpa (setara K – 300)
Jumlah Tingkat	:	4 lantai
Material Struktur	:	Struktur Beton Bertulang
Kontraktor Pelaksana	:	PT. Prima Abadi Jaya

3.4.2 Dimensi Struktur

a Kolom

Kolom adalah struktur yang paling utama saat memikul beban bangunan serta beban yang lainnya. Kolom juga mempunyai peranan penting untuk mencegah keruntuhan bangunan dan setiap beban yang diterima pada kolom akan didistribusikan ke permukaan tanah pada bagian bawah bangunan. Untuk dimensi kolom yang terdapat pada bangunan gedung sekolah maitreya wira yaitu sebagai berikut :

Tabel 8 Dimensi Kolom

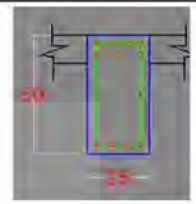
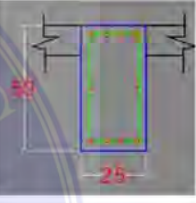
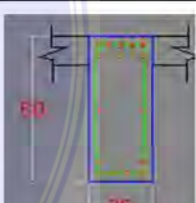
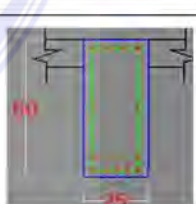
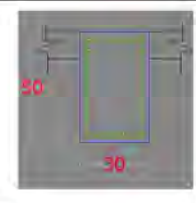
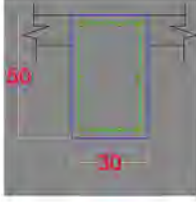
LANTAI	KODE KOLOM	DIMENSI KOLOM	DIAMETER TULANGAN	JARAK TULANGAN	GAMBAR
LT 2 LT 3 LT 4	K1	60 X 60	26D25	2D13 - 100	
	K2	45 X 45	18D25	D13 - 100	
	K2A	50 X 50	20D25	1,5D13 - 100	
	K3	Ø50	18D25	D13 - 100	
	K3A	Ø50	22D25	1,5D13 - 100	
LT ROOFTOP	K2A	50 X 50	8D25	1,5D13 - 100	

Sumber : Data Lapangan(2023)

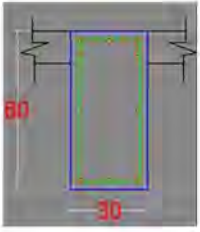
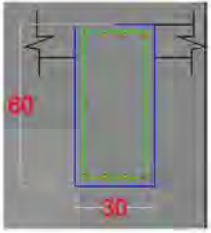
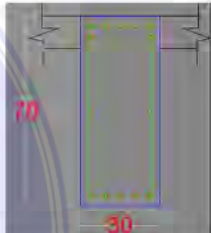
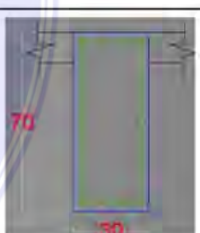
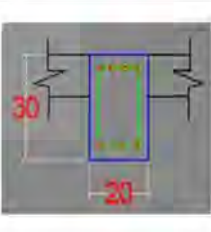
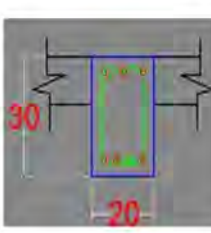
b Balok

Adapun beberapa ukuran dimensi balok yang akan digunakan dalam pembangunan gedung sekolah maitreya wira dengan ketinggian 4 lantai tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 9 Dimensi Balok

KODE BALOK	DIMENSI BALOK	DIAMTER TULANGAN	JARAK TULANGAN	GAMBAR
BALOK TUMPUAN	25 X 50	8D19 (ATAS) 2D13 (TENGAH) 4D19 (BA WAH)	D13 - 100	
BALOK LAPANGAN	25 X 50	4D19 (ATAS) 2D13 (TENGAH) 4D19 (BA WAH)	D13 - 100	
BALOK TUMPUAN	25 X 60	8D16 (ATAS) 2D13 (TENGAH) 6D16 (BA WAH)	D10 - 150	
BALOK LAPANGAN	25 X 60	4D196(ATAS) 2D13 (TENGAH) 8D16 (BA WAH)	D10 -200	
BALOK TUMPUAN	30 X 50	7D22 ATAS) 2D13 (TENGAH) 4D22 (BA WAH)	D13 - 100	
BALOK LAPANGAN	30 X 50	4D22 (ATAS) 2D13 (TENGAH) 4D22 (BA WAH)	D13 - 150	

Tabel 10 Lanjutan Dimensi Struktur Balok

KODE BALOK	DIMENSI BALOK	DIAMTER TULANGAN	JARAK TULANGAN	GAMBAR
BALOK TUMPUAN	30 x 60	7D22 (ATAS) 2D13 (TENGAH) 3D22 (BAWAH)	D13 - 100	
BALOK LAPANGAN	30 x 60	4D22 (ATAS) 2D13 (TENGAH) 4D22 (BAWAH)	D13 - 150	
BALOK TUMPUAN	30 X 70	7D22 ATAS) 2D16 (TENGAH) 5D25 (BAWAH)	D13 - 100	
BALOK LAPANGAN	30 X 70	4D25 (ATAS) 2D16 (TENGAH) 4D25 (BAWAH)	D13 - 150	
BALOK TUMPUAN	20 X 30	4D16 (ATAS) 3D16 (BAWAH)	D10 - 100	
BALOK LAPANGAN	20 X 30	3D16 (ATAS) 4D16 (BAWAH)	D10 - 200	

Sumber : Data Lapangan(2023)

c Pelat Lantai dan Atap

Pada penelitian ini ada dua jenis pelat yang digunakan yaitu pelat lantai dengan ketebalan 120 mm dan tebal atap sebesar 100 mm dengan mutu Beton Fc 25 Mpa.

3.5 Metode Analisis Data

3.5.1 Penetapan Beban Hidup

Beban hidup yang akan digunakan yaitu sesuai dengan SNI 1727 – 2020 pasal 4.7.2. Dan dapat diubah sesuai dengan kegunaan dari bangunan pada sebuah proyek. Untuk berat beban hidup pada proyek pembangunan gedung sekolah maitreya wira cemara sebagai berikut.

Tabel 11 Penetapan Beban Hidup

No	Nama	Berat
1	LL lantai 1 - 4	0.48 kn/m²
2	LL Lantai atap / <i>rootroof</i>	0.96 kn/m²

Sumber : SNI 1727 – 2020

3.5.2 Perhitungan Beban Mati Tambahan (*Super Dead Load*)

Pembebanan pada struktur ini yang diperhitungkan adalah beban gravitasi dan lateral. Beban mati yang digunakan juga harus sesuai dengan SNI 1726 – 2019. Dan pada proyek pembangunan gedung sekolah ini diperoleh dengan data sebagai berikut:

Tabel 12 Beban Mati Pada Lantai (Data Lapangan)

Beban	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m ³)	Total (kN/m ²)
Pelat lantai	0.12	24	2.88
Spesi	0.02	21	0.42
Pasir	0.03	16	0.48
Keramik	0.01	22	0.22
Plafon dan penggantung		0.2	0.2
Me		0.25	0.25
	QDL		4.45

Tabel 13 Beban Mati Pada Lantai Atap (Data Lapangan)

Beban	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m ³)	Total (kN/m ²)
Plat atap dak	0.10	24	2.40
Plafon dan penggantung		0.2	0.2
Me		0.25	0.25
Lapis kedap air	0.002	19	0.04
	QDL		2.89

3.5.3 Perhitungan Beban Mati Tambahan Pada Balok (*Super Dead Load*)

Beban tembok harus disesuaikan dengan dengan gedung dan juga tergantung dengan letak dinding yang menumpu pada balok. Berat jenis dinding sesuai dengan SNI 1727 – 2020 yaitu 2 KN.m² dan untuk tinggi dinding perlintai yaitu 4m. Adapun tabel beban mati tambahan pada balok berdasarkan tinggi dinding yang akan digunakan yaitu :

Tabel 14 Beban mati tambahan pada balok 4 m

Beban	Tinggi Balok	Tinggi Dinding	Total
	(m)	(m)	(kN/m)
Pada Balok 500	0.5	3.5	6.00
Pada Balok 600	0.6	3.4	5.60
Pada Balok 700	0.7	3.3	10.40
Pada Balok 300	0.3	3.7	6.80

3.6 Koefisien Respons Seismik

Koefisien seismik pada periode struktur tidak boleh melebihi hasil perkalian batas atas pada periode yang telah dihitung dengan periode fundamental pendekatan. Untuk perhitungan periode fundamental dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

Untuk arah X.

$$T_a = C_t \times h_n \quad C_u T_a = 1,4 \times 0,57$$

$$T_a = 0.0466 \times 16^{0,9} \quad C_u T_a = 0,79$$

$$T_a = 0,57 \text{ sec}$$

Untuk arah Y.

$$T_a = C_t \times h_n \quad C_u T_a = 1,4 \times 0,57$$

$$T_a = 0.0466 \times 16^{0,9} \quad C_u T_a = 0,79$$

$$T_a = 0,57 \text{ sec}$$

Tpakai untuk arah X dan Y adalah 0,79

Menentukan Nilai Koefisien Resopn Seismik (C_s) Dengan 3 cara dan digunakan nilai terbesar

C_s ditentukan dengan persamaan :

$$C_s = S D_s / (R/I) = 0.098$$

Syarat 1 : apabila $T \leq T_L$, maka C_s tidak perlu melebihi :

$$C_s \text{ max} = S d_1 / (T * R/I) = 0.245$$

Syarat 2 : apabila $T > T_L$, maka C_s tidak perlu melebihi :

$$C_s \max = (SD1 * TL) / (T^2) * (R/I) = 13.731$$

Syarat 3 : apabila $S1 \geq 0,6$ g, maka C_s tidak perlu melebihi :

$$C_s \min = (0,5 * S1) / (R/I) = 0.033$$

C_s harus lebih dari:

$$C_s \min = 0,044 * SDS * I = 0.034$$

$$\text{Maka } C_s \text{ pakai} = 0.098$$

3.7 Gaya Lateral Dasar Seismik

Besaran suatu gaya lateral atau gaya geser dasar seismik (V) dapat ditentukan pada Sni 1726 – 2019 yang dimana hasil dari suatu perkalian koefisien seismik efektif. Namun apabila respon ragam yang digunakan dalam sebuah desain gaya lateral perlukan diskala 100%. Nilai gaya geser pada setiap lantai akan didapatkan dari hasil pemodelan suatu struktur dengan program analisis struktur dan dalam penelitian ini nilai dari gaya lateral diperoleh sebagai berikut :

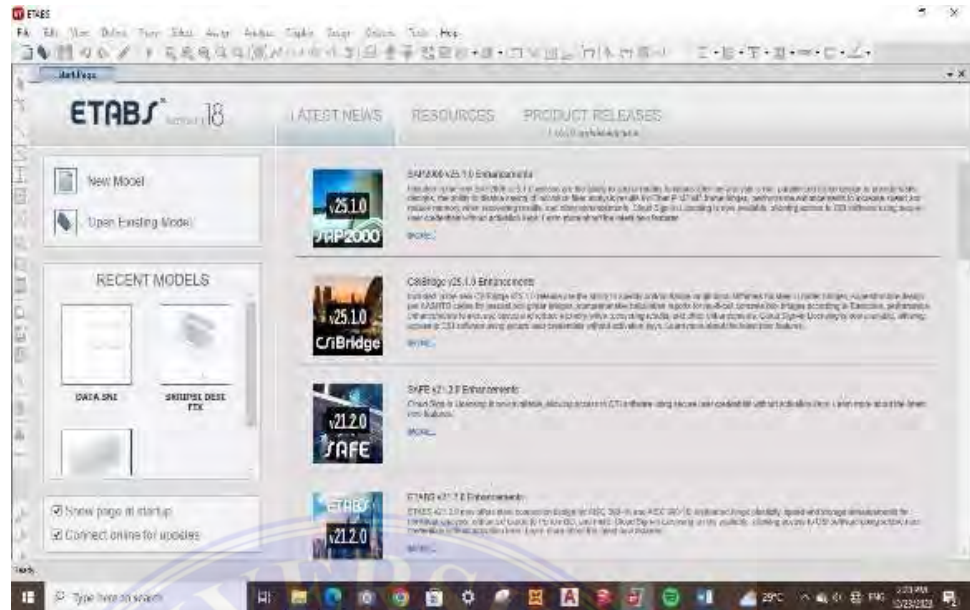
$$V = 59879.57 \text{ kN}$$

3.8 Langkah – Langkah Pemodelan Struktur

3.8.1 Langkah – Langkah Pemodelan Struktur Etabs

Berikut langkah – langkah pemodelan struktur pada ETABS sebagai berikut:

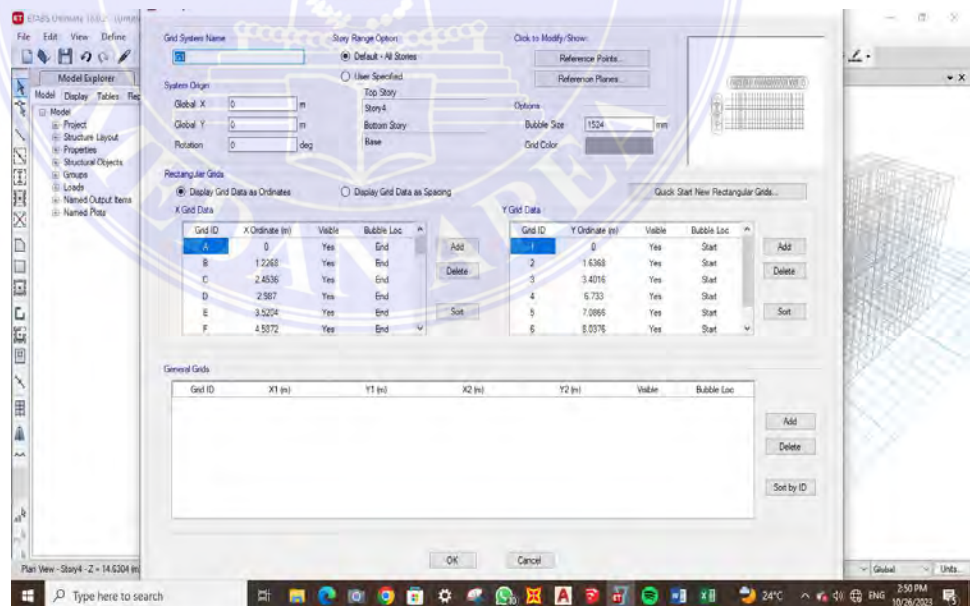
1. Membuka program dengan mengklik icon atau klik start program.



Gambar 10 Membuka Program Software Etabs

Sumber : ETABS V18

2. Lalu membuat grid serta jarak grid pada ETABS sesuai dengan ukuran bangunan yang akan diinginkan sehingga mempermudah dalam penggambaran struktur pada bangunan.

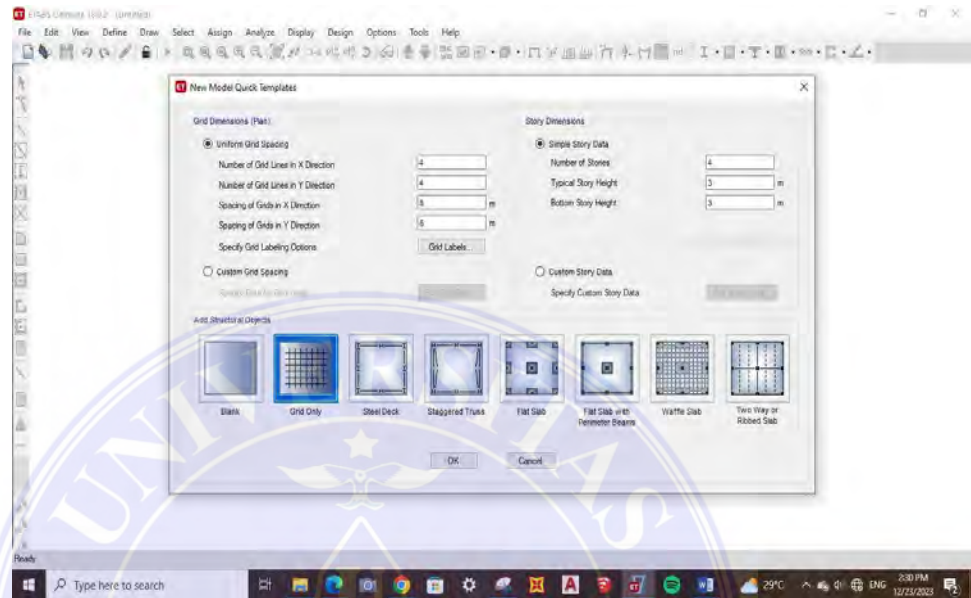


Gambar 11 Penggambaran Grid Pada Etabs

Sumber : ETABS V18

3 Memilih model seperti apa yang diinginkan

Setelah membuat grid tentukan model bangunan seperti apa yang akan dibangun pada struktur dibawah ini.

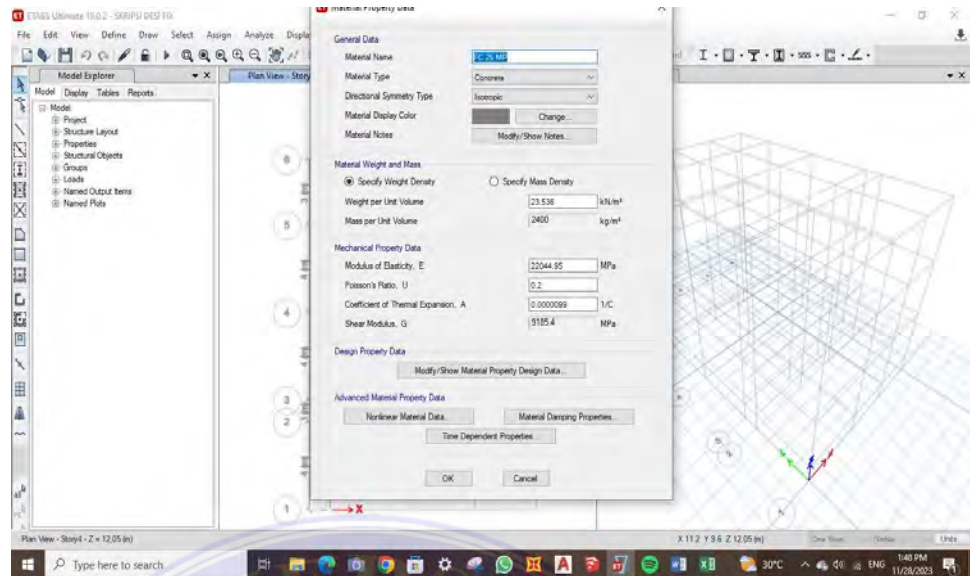


Gambar 12 Menentukan Model Sebuah Bangunan pada Etabs

Sumber : ETABS V18

4 Memasukkan data material yang digunakan pada bangunan tersebut.

Pembuatan grid dan memilih model yang digunakan selesai kemudian memasukkan atau mendefinisikan jenis material yang digunakan pada proyek tersebut.

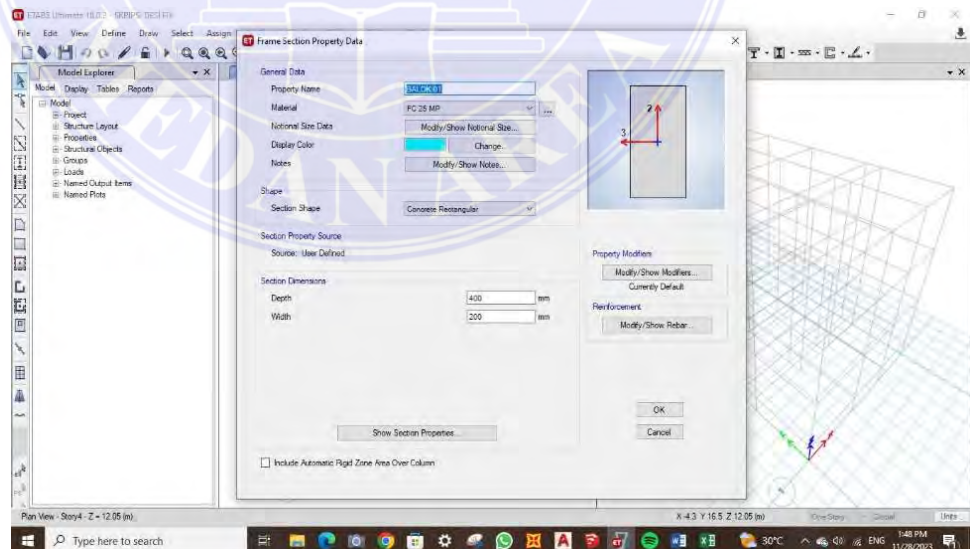


Gambar 13 Memasukkan Data Material Pada Software Etabs

Sumber : ETABS V18

5 Mendefinisikan penampang struktur.

Setelah selesai mendefinisikan material kemudian akan mendefinisikan dimensi penampang struktur dan jumlah tulangan pada balok dan kolom yang digunakan pada proyek bangunan tersebut. Dibawah ini adalah gambar dari mendefinisikan penampang struktur.

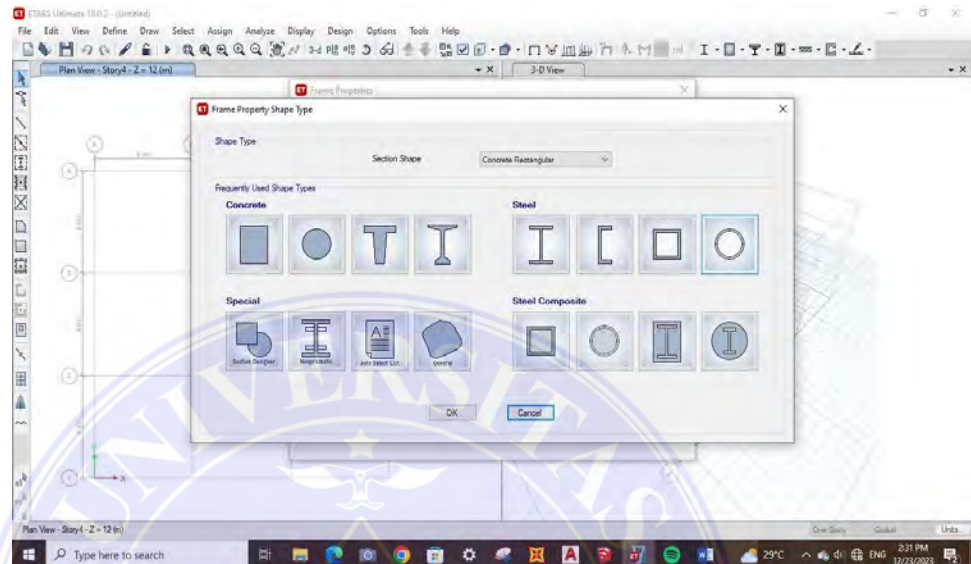


Gambar 14 Penginputan Penampang Struktur Pada Software Etabs

Sumber : ETABS V18

- 6 Serta memilih bentuk penampang struktur yang diinginkan.

Bentuk penampang dari balok maupun kolom harus ditentukan sesuai dengan standar SNI.

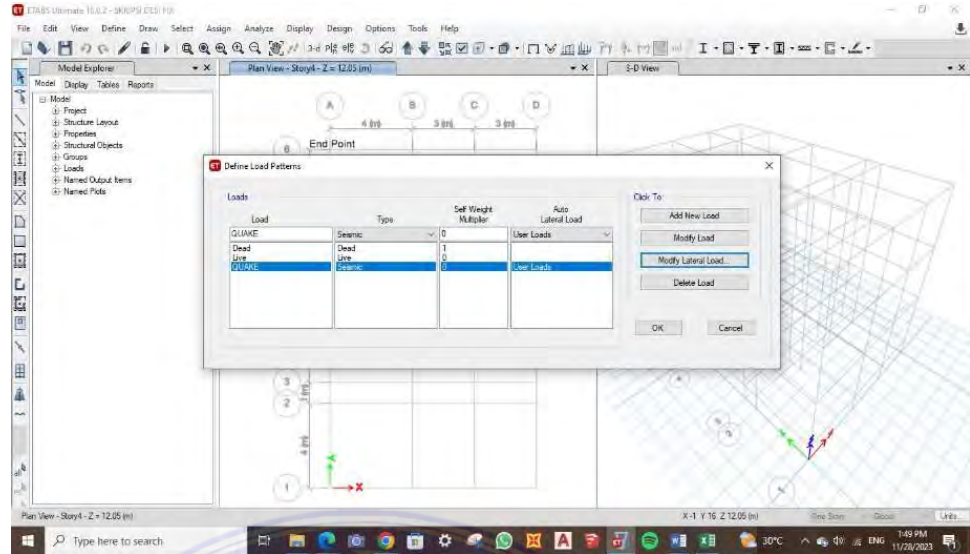


Gambar 15 Menentukan Penampang Struktur Pada Software Etabs

Sumber : ETABS V18

- 7 Memasukkan beban mati tambahan dan beban hidup

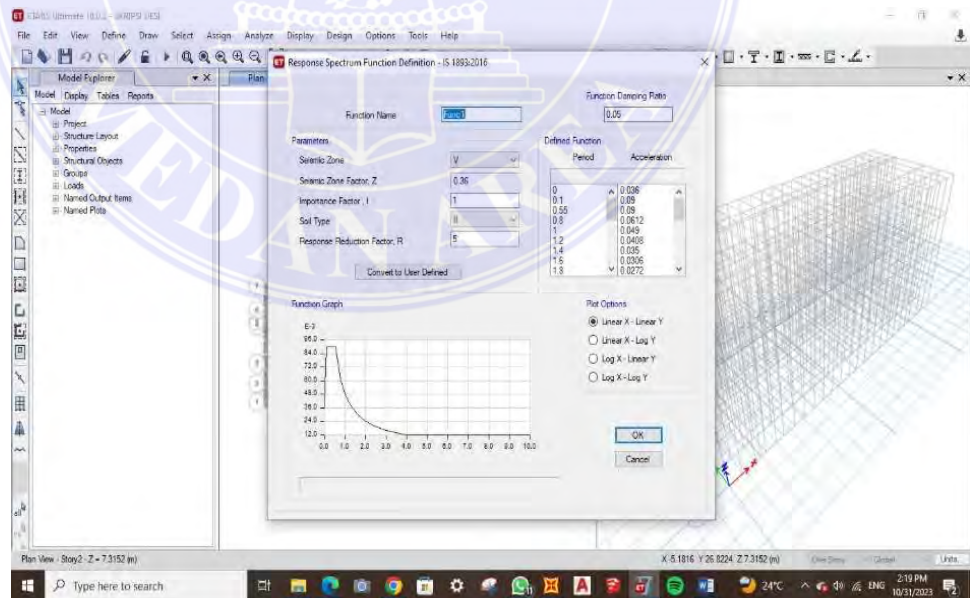
Setelah memasukkan semua jenis data bangunan kemudian masukkan data pembebanan baik beban mati, beban mati tambahan ataupun beban hidup pada struktur bangunan yang telah ditentukan dan dihitung oleh pihak proyek.



Gambar 16 Memasukkan Pembebanan Pada Software Etabs
Sumber : ETABS V18

8 Mendefinisikan beban gempa

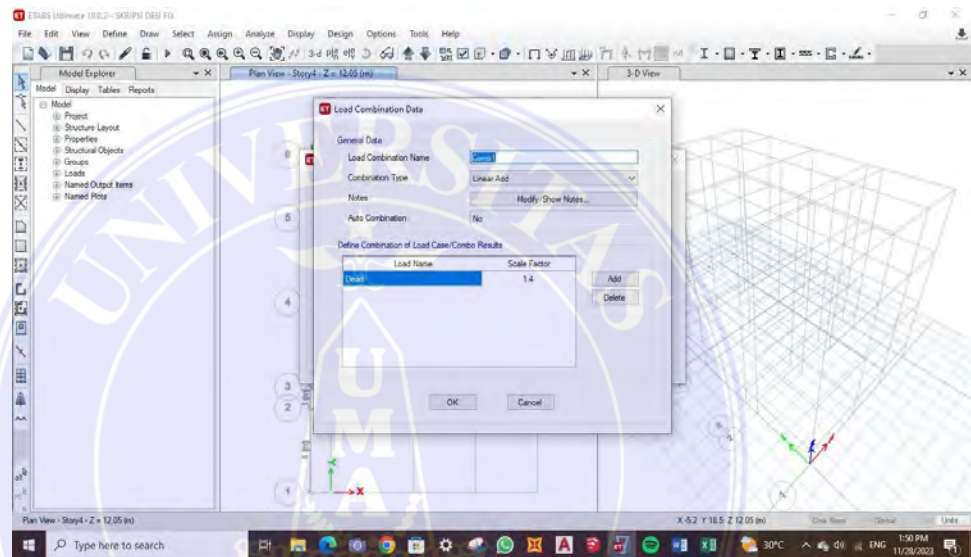
Selanjutnya akan memasukkan data beban gempa yang telah ditentukan oleh proyek dan sesuai dengan standar SNI yang digunakan pada struktur bangunan yang akan ditinjau.



Gambar 17 Memasukkan Beban Gempa Pada Software Etabs
Sumber : ETABS V18

9 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sangat penting setelah memasukkan atau mendefinisikan jenis material, dimensi struktur, data beban mati, beban mati sendiri, beban hidup dan juga beban gempa dan perlu diperhatikan bahwa kombinasi pembebanan harus sesuai dengan SNI yang diberlakukan atau dipakai oleh proyek yang ditinjau.



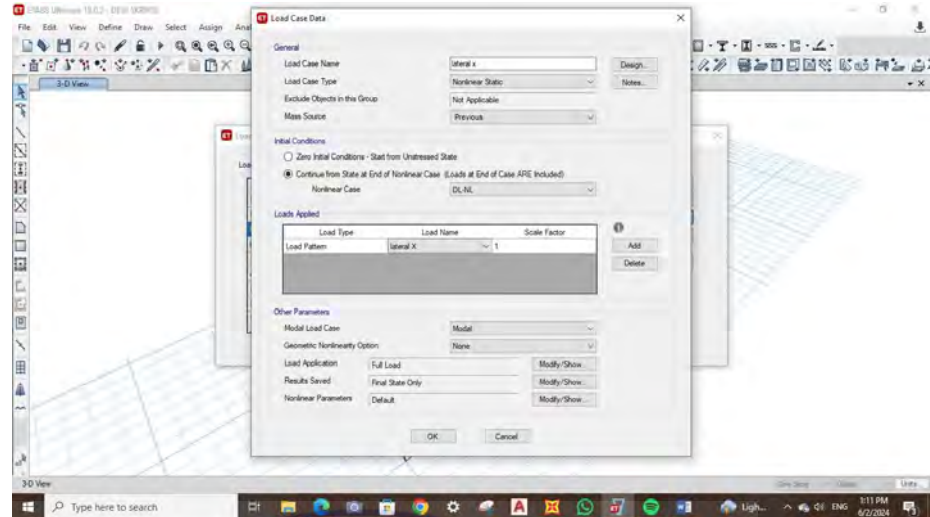
Gambar 18 Kombinasi Pembebanan Pada Software Etabs

Sumber : ETABS V18

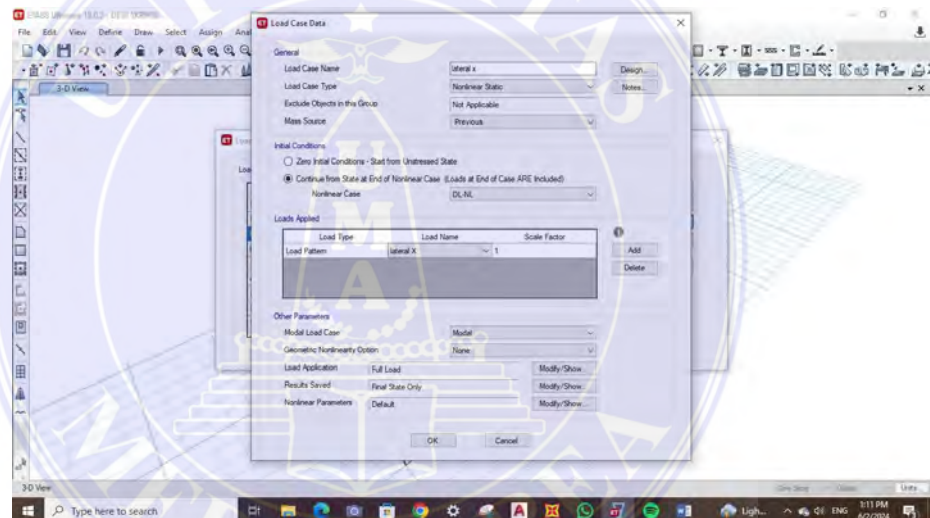
10 Penginputan beban lateral nonlinear pada arah-X dan arah-Y

Adapun beban lateral yang akan diinput pada dua arah yaitu arah X dan arah Y dan diketahui nilainya pada proyek gedung bangunan tersebut.

Berikut tampilan penginputan beban lateral pada arah x dan arah y.



Gambar 19 Pengimputan Beban Lateral Nonlinear Pada Arah-X Etabs
Sumber : ETABS V18

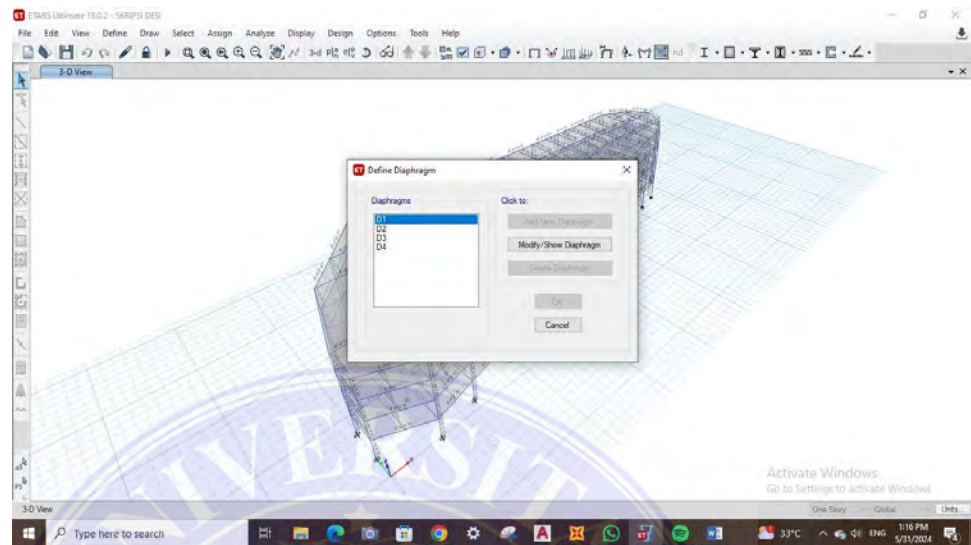


Gambar 20 Pengimputan Beban Lateral Nonlinear Pada Arah-Y Etabs
Sumber : ETABS V18

11 Membuat diafragma pada struktur bangunan gedung

Telah diketahui bahwa total diafragma merupakan total dari jumlah lantai bangunan tersebut dan pada penelitian ini total lantai bangunan yaitu 4 lantai yang dimana memiliki 4 diafragma. Adapun caranya yaitu dengan mengklik join – join pada tiap struktur yang menghubungkan antara kolom, balok serta pelat lantai dan akan membentuk diafragma

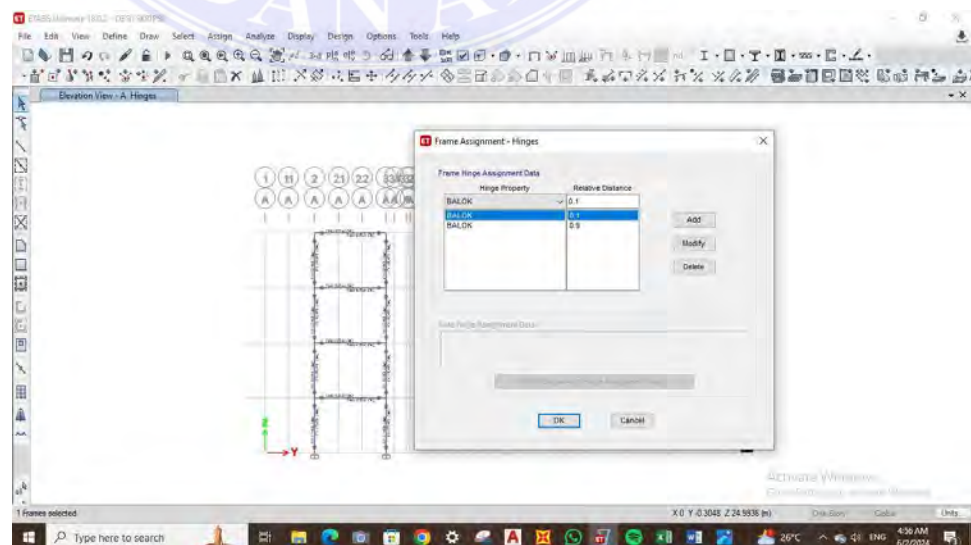
dengan assign-join-constraints. Hasil diafragma akan ditampilkan pada gambar dibawah ini.



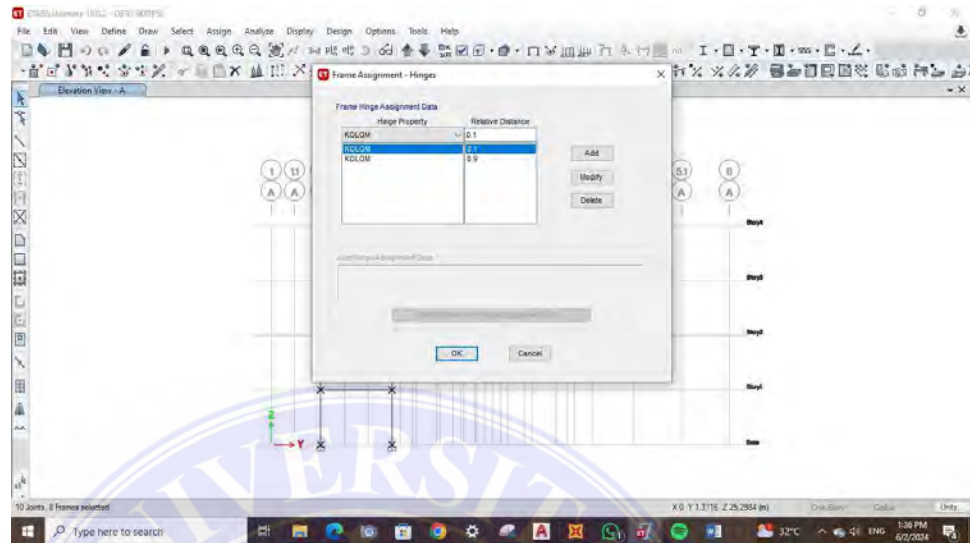
Gambar 21 Membuat Diafragma Pada Struktur Bangunan Gedung Etabs
Sumber : ETABS V18

12 Menginput nilai hinges pada struktur

Penginputan pada nilai ginges yaitu klik semua balok dan juga kolom pada setiap lantai secara bertahap kemudian masukkan nilai hinges yang diperoleh, maka untuk tampilannya akan terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 22 Menginput Nilai Hinges Pada Struktur Balok Etabs
Sumber : ETABS V18



Gambar 23 Menginput Nilai Hinges Pada Struktur Kolom Etabs
Sumber : ETABS V18

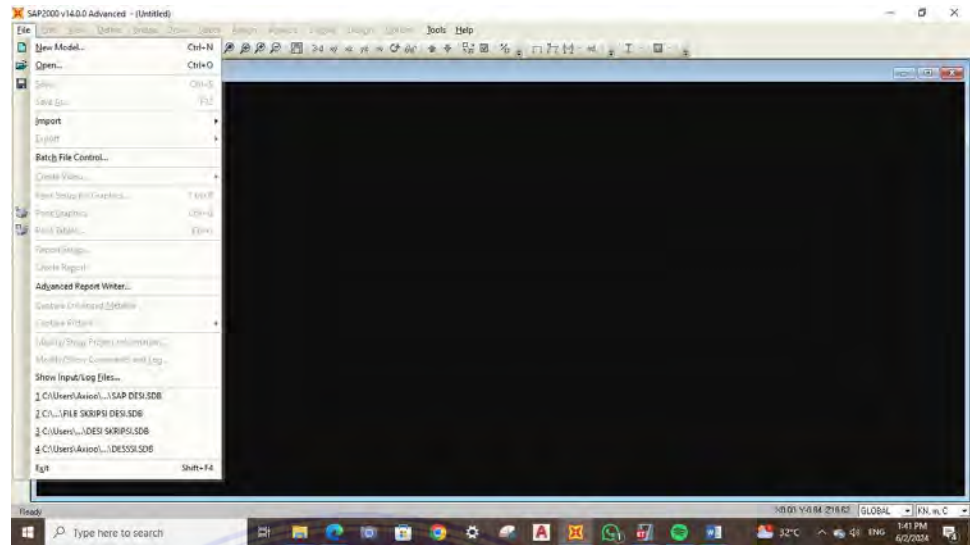
13 *Menganalisis Program/ Running Program*

Setelah menginput serta mendefinisikan semua beban material dan data lainnya. maka akan dilakukan menganalisa program yang dimana prosesnya akan membutuhkan waktu ± 3 jam hingga prosesnya selesai.

3.8.2 Langkah – Langkah Pemodelan Struktur SAP2000

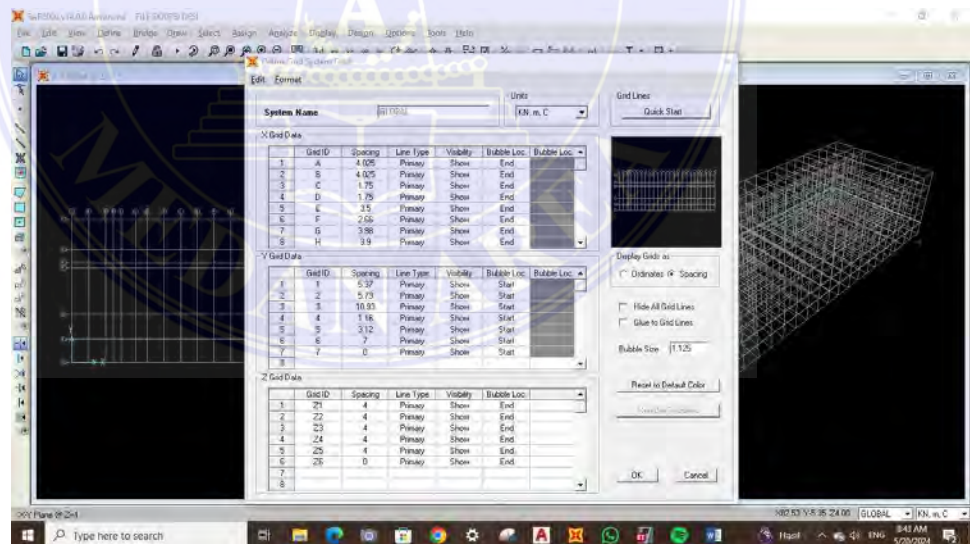
Berikut langkah – langkah pemodelan struktur pada SAP2000 sebagai berikut:

- 1 Membuka program dengan mengklik *icon* atau klik *New Model*.



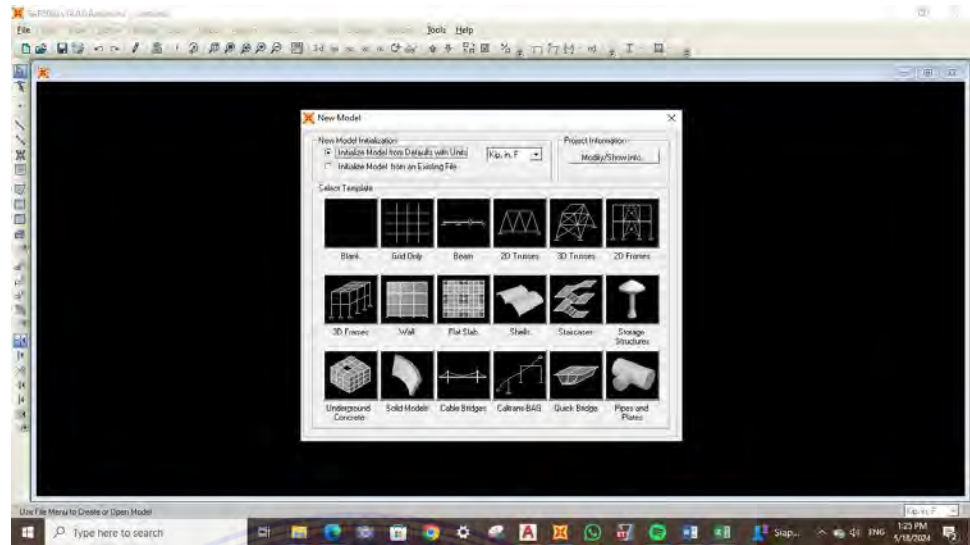
Gambar 24 Membuka Program Software Sap2000
Sumber : SAP2000 V14

2. Lalu membuat grid serta jarak grid pada SAP2000 sesuai dengan ukuran bangunan yang akan diinginkan sehingga mempermudah dalam penggambaran struktur pada bangunan.



Gambar 25 Penggambaran Grid Pada Sap2000
Sumber : SAP2000 V14

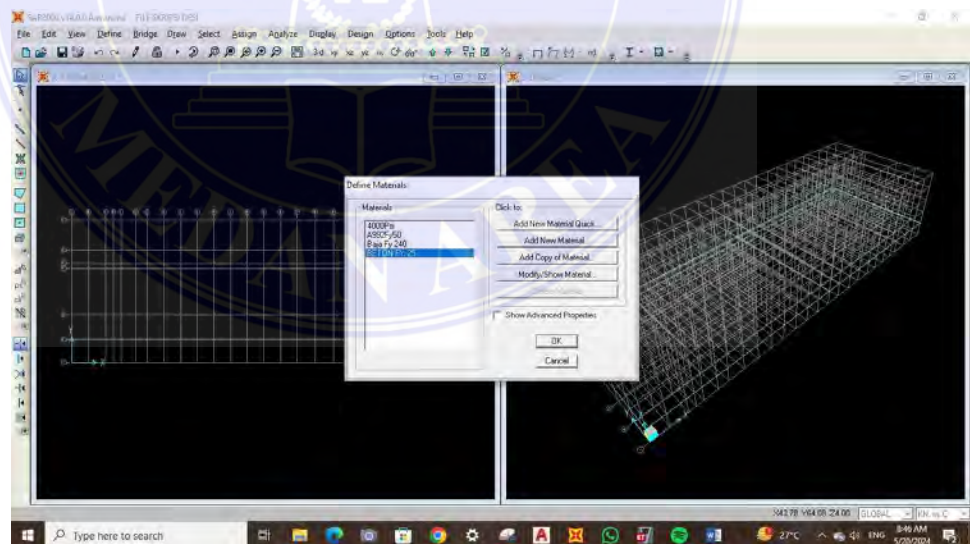
3. Memilih model seperti apa yang diinginkan
Setelah membuat grid tentukan model bangunan seperti apa yang akan dibangun pada struktur dibawah ini.



Gambar 26 Menentukan Model Sebuah Bangunan Sap2000

Sumber : SAP2000 V14

- 4 Memasukkan data material yang digunakan pada bangunan tersebut.
- Pembuatan grid dan memilih model yang digunakan selesai kemudian memasukkan atau mendefinisikan jenis material yang digunakan pada proyek tersebut.

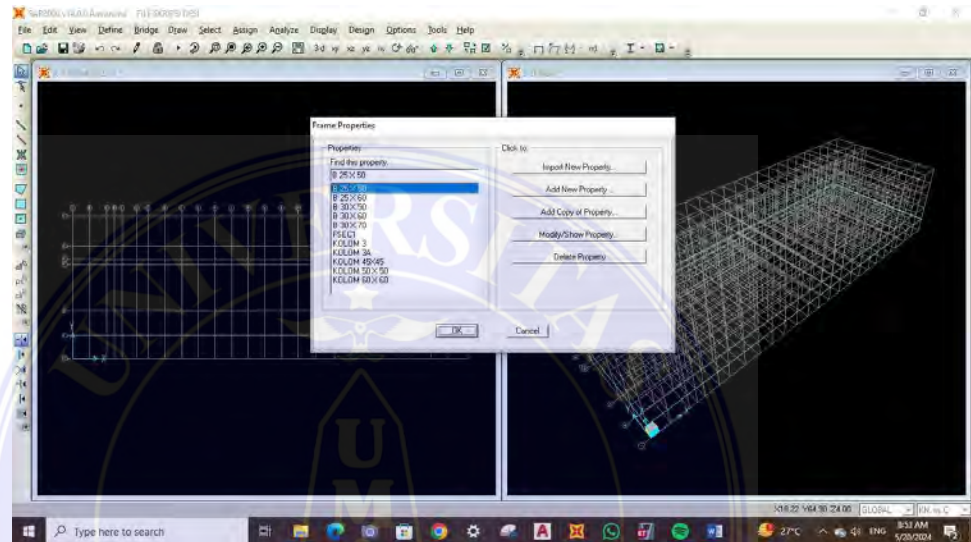


Gambar 27 Memasukkan Data Material Pada Software Sap2000

Sumber : SAP2000 V14

5 Mendefinisikan penampang struktur.

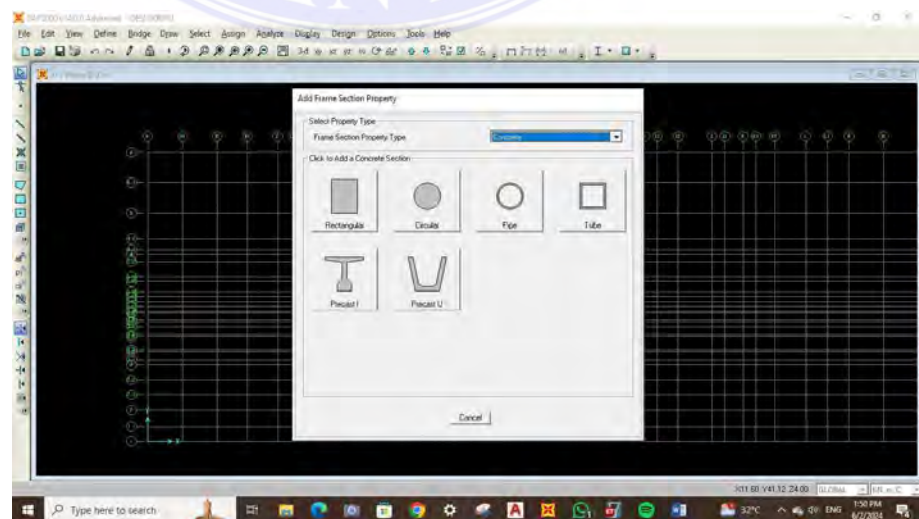
Setelah selesai mendefinisikan material kemudian akan mendefinisikan dimensi penampang struktur dan jumlah tulangan pada balok dan kolom yang digunakan pada proyek bangunan tersebut. Dibawah ini adalah gambar dari mendefinisikan penampang struktur.



Gambar 28 Penginputan Penampang Struktur Pada Software Sap2000
Sumber : SAP2000 V14

6 Serta memilih bentuk penampang struktur yang diinginkan.

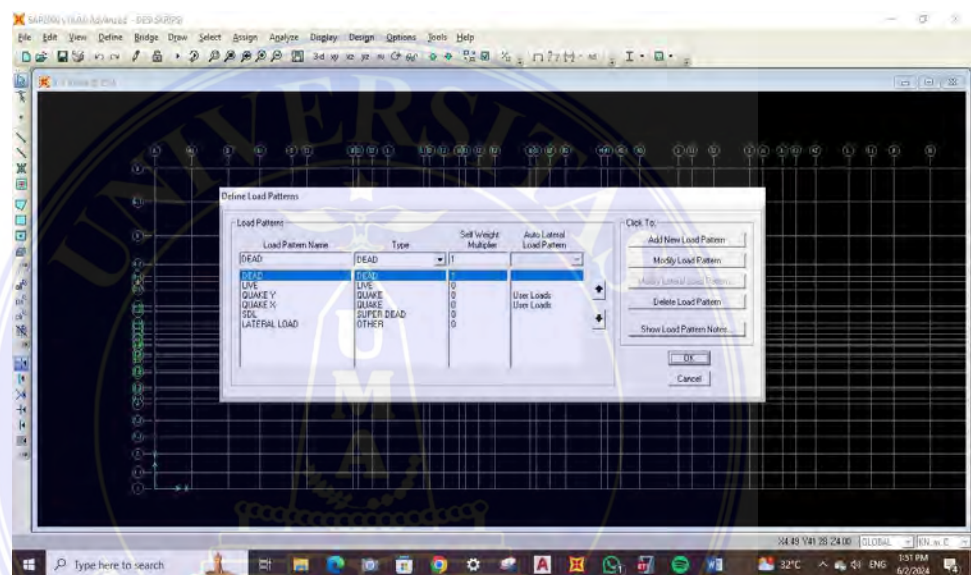
Bentuk penampang dari balok maupun kolom harus ditentukan sesuai dengan standar SNI.



Gambar 29 Menentukan Penampang Struktur Pada Software Sap2000
Sumber : SAP2000 V14

7 Memasukkan beban mati tambahan dan beban hidup

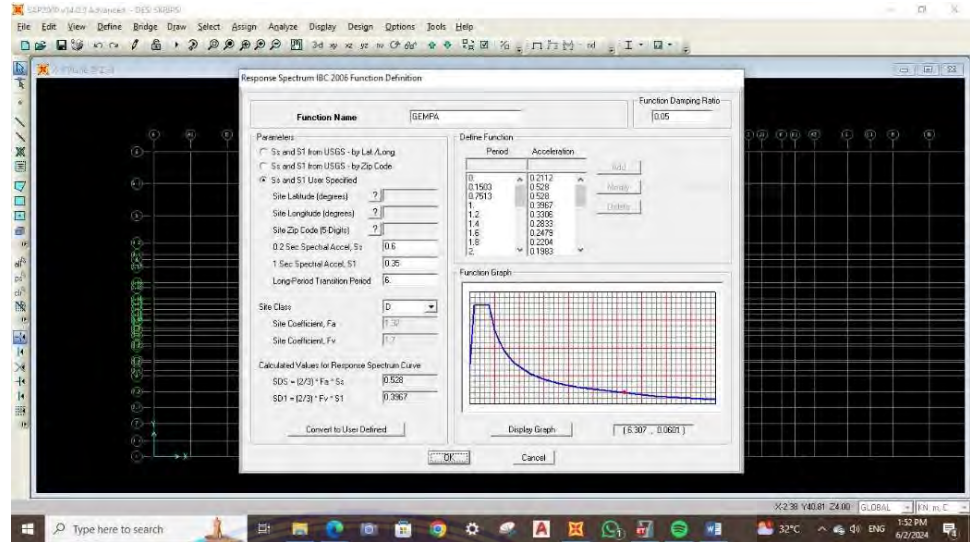
Setelah memasukkan semua jenis data bangunan kemudian masukkan data pembebanan baik beban mati, beban mati tambahan ataupun beban hidup pada struktur bangunan yang telah ditentukan dan dihitung oleh pihak proyek.



Gambar 30 Memasukkan Pembebanan Pada Software Sap2000
Sumber : SAP2000 V14

8 Mendefinisikan beban gempa

Selanjutnya akan memasukkan data beban gempa yang telah ditentukan oleh proyek dan sesuai dengan standar SNI yang digunakan pada struktur bangunan yang akan ditinjau.

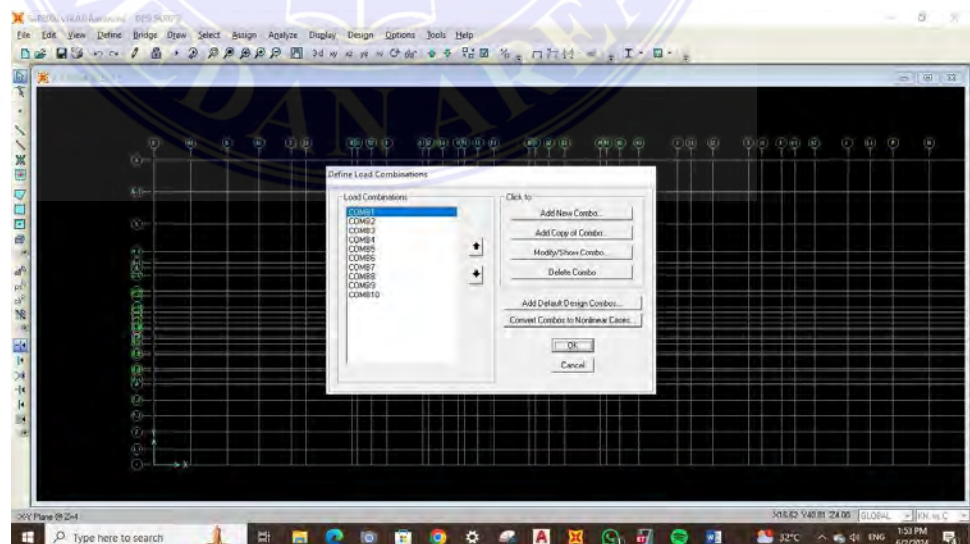


Gambar 31 Memasukkan Beban Gempa Pada Software Sap2000

Sumber : SAP2000 V14

9 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sangat penting setelah memasukkan atau mendefinisikan jenis material, dimensi struktur, data beban mati, beban mati sendiri, beban hidup dan juga beban gempa dan perlu diperhatikan bahwa kombinasi pembebanan harus sesuai dengan SNI yang diberlakukan atau dipakai oleh proyek yang ditinjau.



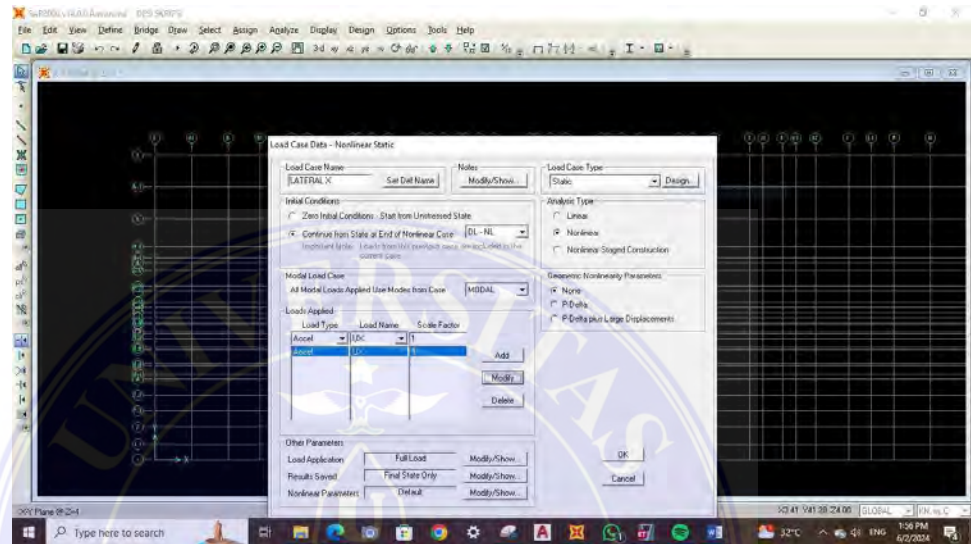
Gambar 32 Kombinasi Pembebanan Pada Software Sap2000

Sumber : SAP2000 V14

10 Pengimputan beban lateral nonlinear pada arah-X dan arah-Y

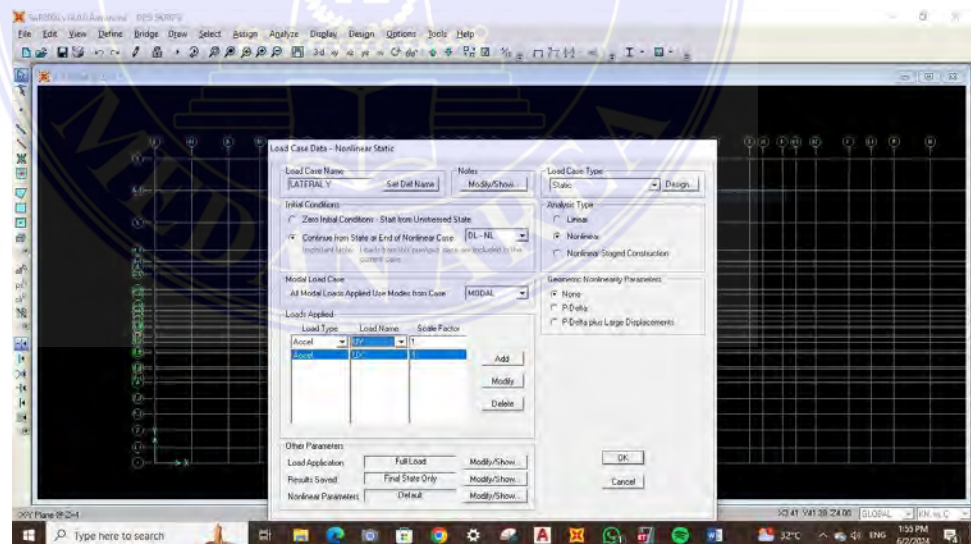
Adapun beban lateral yang akan diinput pada dua arah yaitu arah X dan arah Y dan diketahui nilainya pada proyek gedung bangunan tersebut.

Berikut tampilan penginputan beban lateral pada arah x dan arah y.



Gambar 33 Pengimputan Beban Lateral Nonlinear Pada Arah-X Sap2000

Sumber : SAP2000 V14

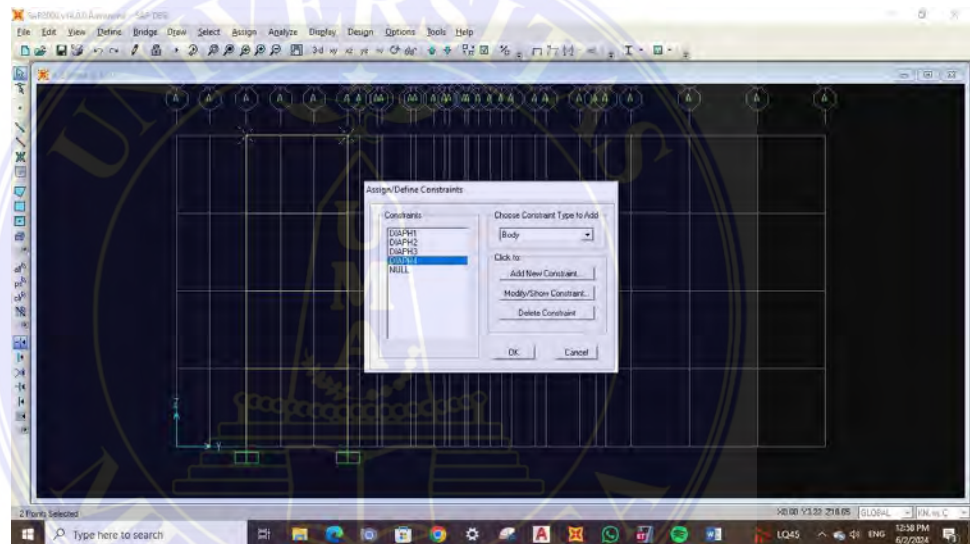


Gambar 34 Pengimputan Beban Lateral Nonlinear Pada Arah-Y Sap2000

Sumber : SAP2000 V14

11 Membuat diafragma pada struktur bangunan gedung

Telah diketahui bahwa total diafragma merupakan total dari jumlah lantai bangunan tersebut dan pada penelitian ini total lantai bangunan yaitu 4 lantai yang dimana memiliki 4 diafragma. Adapun caranya yaitu dengan mengklik join – join pada tiap struktur yang menghubungkan antara kolom, balok serta pelat lantai dan akan membentuk diafragma dengan assign-join-constraints. Hasil diafragma akan ditampilkan pada gambar dibawah ini.

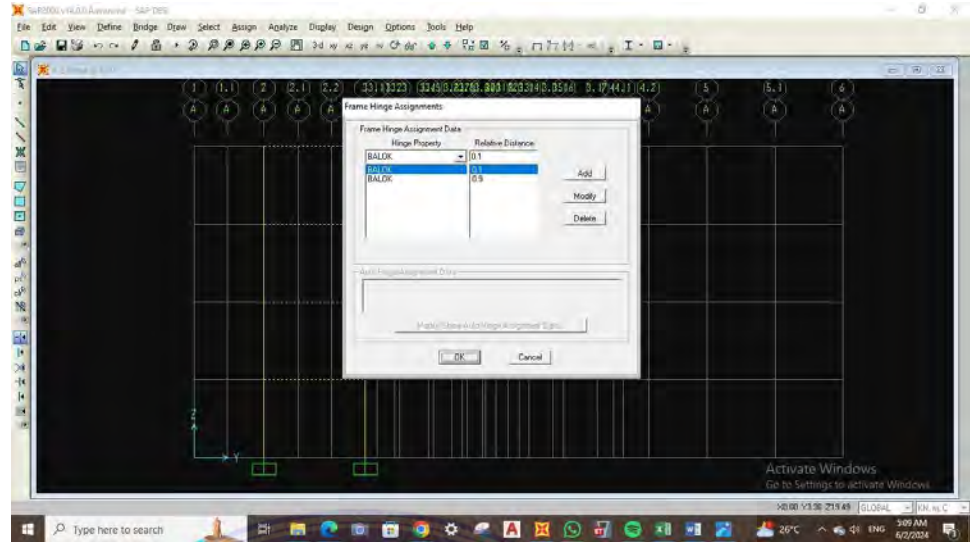


Gambar 35 Membuat Diafragma Pada Struktur Bangunan Gedung Sap2000

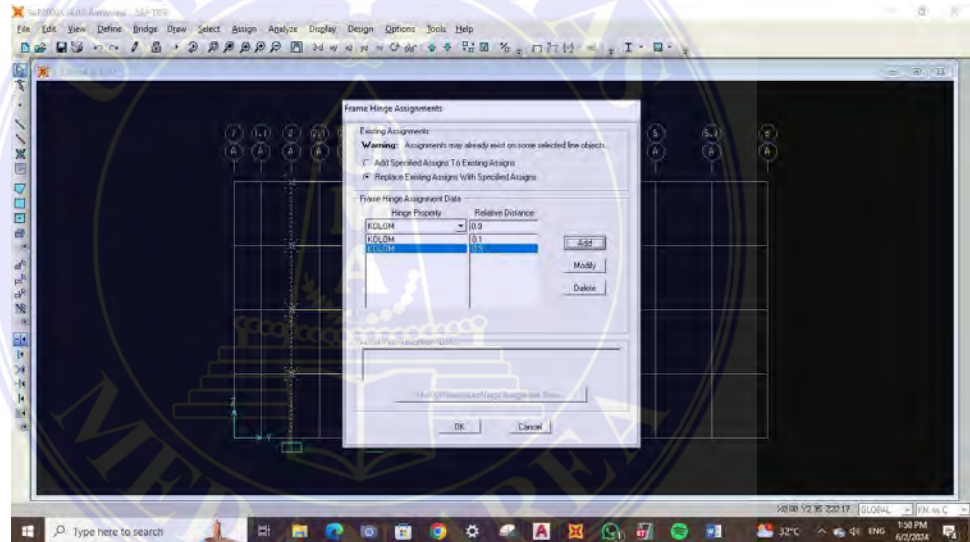
Sumber : SAP2000 V14

12 Menginput nilai hinges pada struktur

Penginputan pada nilai hinges yaitu klik semua balok dan juga kolom pada setiap lantai secara bertahap kemudian masukkan nilai hinges yang diperoleh, maka untuk tampilannya akan terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 36 Menginput Nilai Hinges Pada Struktur Balok Sap2000
Sumber : SAP2000 V14



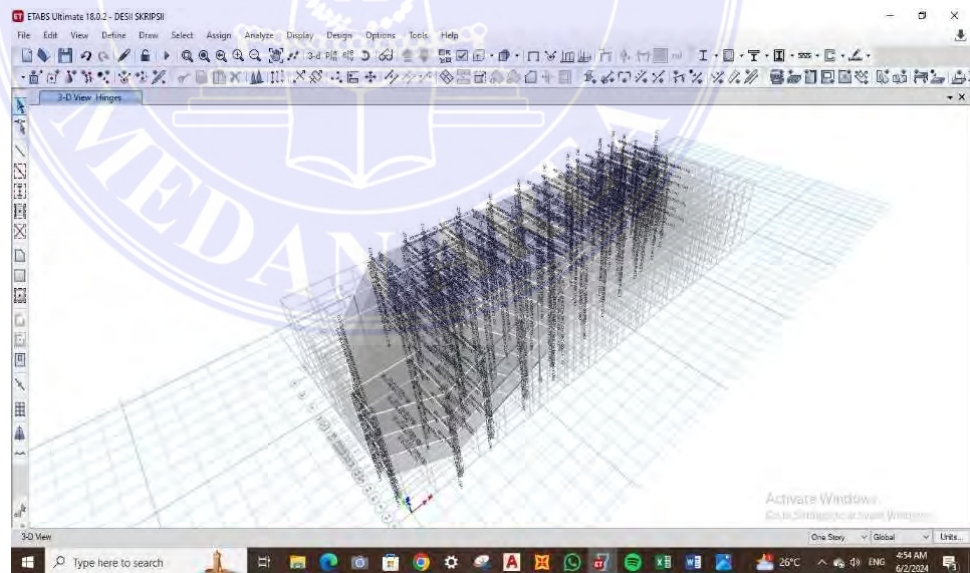
Gambar 37 Menginput Nilai Hinges Pada Struktur Kolom Sap2000
Sumber : SAP2000 V14

13 *Menganalisis Program/ Running Program*

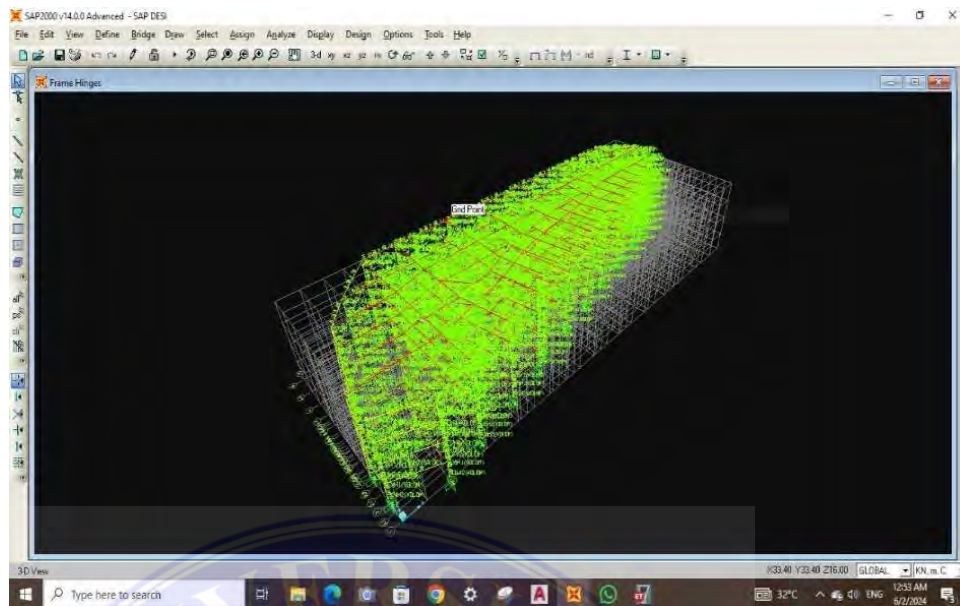
Setelah menginput serta mendefinisikan semua beban material dan data lainnya. maka akan dilakukan menganalisa program yang dimana prosesnya akan membutuhkan waktu ± 3 jam hingga prosesnya selesai.

3.8.3 Pemodelan Sendi Plastis

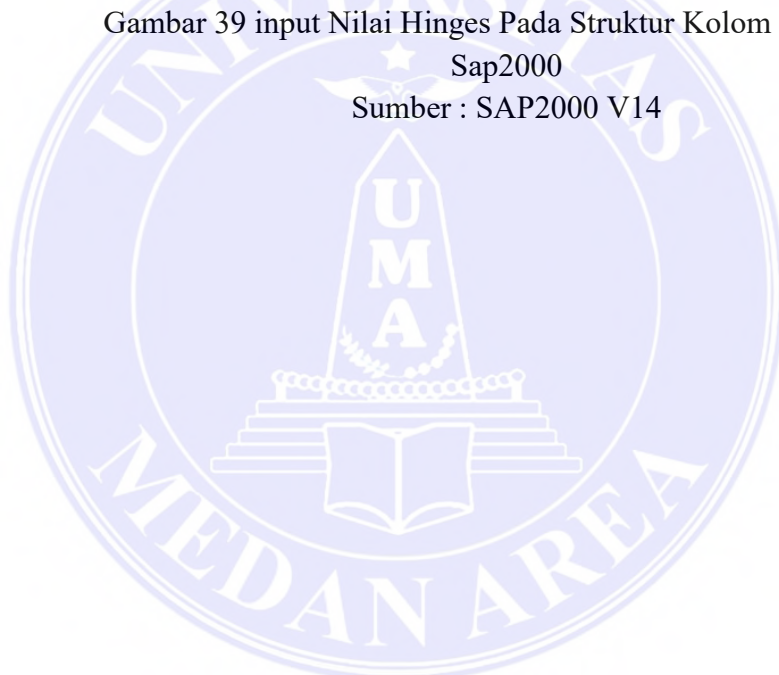
Analisis pushover juga harus mempertimbangkan model atau definisi sambungan plastisitas bagian struktural yang diproduksi. Definisi dari engsel plastis yang didasarkan pada perilaku struktural yang dirancang. Perilaku ini sangat mempunyai dampak yang signifikan terhadap jenis struktur yang akan dimodelkan. Maka dari itu, perilaku struktur seperti mekanisme gergaji balok atau *beam sawy mechanism*. Artinya, bila struktur terdapat beban lateral maka balok yang akan terlebih dahulu patah pada bagian ujungnya. kemudian balok tersebut akan luluh pada bagian atas kolom serta bagian atas dinding geser. Berikut penginputan nilai hinges pada struktur kolom dan balok dengan menggunakan perangkat lunak ETABS dan SAP2000 dan dapat dilihat pada tampilan gambar 37 untuk ETABS dan 38 untuk SAP2000.



Gambar 38 input Nilai Hinges Pada Struktur Kolom dan Balok Etabs
Sumber : ETABS V18



Gambar 39 input Nilai Hinges Pada Struktur Kolom dan Balok
Sap2000
Sumber : SAP2000 V14



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan yaitu kinerja struktur pada bangunan gedung bercirikan non-linear yang dimana struktur merespon secara tidak proposional pada beban yang telah diberikan. Sehingga metode analisa pushover yang digunakan hanya mempunyai fungsi untuk mengevaluasi kekuatan struktur pada beban yang diberikan seperti beban lateral nonlinear.

Pada perangkat lunak ETABS adapun nilai kurva kapasitas yang didapatkan dengan nilai *displacement maksimum* 45.183 mm dengan *base force* 10197.1815 kn. Untuk arah y nilai *displacement maksimum* 0.639972 mm dengan *base force* 10.926 kn.

Seperti yang telah diketahui bahwa nilai yang didapat menunjukkan Struktur Bangunan Gedung Sekolah Maitreya Wira mampu menahan beban yang telah diberikan dan aman sehingga bangunan struktur ini masuk ke dalam jenis “*Immediate Occupancy (IO)*” serta untuk tingkat kinerjanya dapat dikategorikan ke dalam “*Collapse Prevention (MCP)*” yang dimana struktur bangunan mengalami kerusakan namun tidak terjadi keruntuhan pada bangunan struktur tersebut.

Pada perangkat lunak SAP2000 adapun nilai kurva kapasitas yang didapatkan dengan nilai *displacement maksimum* 45.213 m dengan *base force* 12352.071 kn. Untuk arah y nilai *displacement maksimum* 0.6840 m dengan *base force* 12.567 kn. Percobaan pada perangkat lunak SAP2000 hampir memiliki nilai yang sama dengan ETABS sehingga struktur

bangunan gedung yang diteliti ini dapat dikatakan memiliki tingkat kinerja yang aman serta mampu menahan beban yang telah diberikan.

5.2 Saran

Saran yang dapat penulis sampaikan kepada pembaca sebagai hasil persiapan dari penelitian akhir ini antara lain :

1. Sebelum memulai perencanaan struktur sebaiknya dibuat perkiraan awal ukuran bagian – bagian struktur untuk menghindari pengukuran berulang-ulang.
2. Untuk dimensi setiap struktur baik pelat, kolom, dan juga balok digunakan dimensi yang sama.
3. Untuk memudahkan pelaksanaan kerja lapangan sebaiknya untuk melakukan entri data secara hati – hati.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni Ali. 2010. Kolom, Fondasi dan Balok Beton Bertulang, Graha Ilmu Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2020. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain (SNI 1727:2020). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 1726:2019). Jakarta.
- Dani Marpaung Anwar. 2023. Analisis Struktur Bangunan Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (Bri) Medan Menggunakan Aplikasi Etbas V.20. Medan.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah Dan Gedung (PPPURG 1987). Jakarta : Yayasan Badan Pekerjaan Umum.
- Junaidin Aswa, Fery Hendi Jaya¹, Farida Juwita², Surya Agung DP³. 2020. Permodelan Desain Gedung Perkuliahan Fakultas Teknik Menggunakan Program Etabs Dan Lumion Pada Kampus Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai.
- Kabul Budi Asmara¹, Mohd. Isneini², C.Niken D.W.S.B.U³. 2021. Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Tinggi Dengan Analisis Pushover Menggunakan Aplikasi Pemodelan Struktur (Studi Kasus : *The Venetian Tower*). Vol. 9 No. 1.

- Kurniawati Sri Panjaitan. 2021. Analisis Struktur Bangunan Bertingkat Menggunakan Etabs (Studi Kasus Rs. Regina Maris Medan). Medan.
- Kusuma, Gideon dan W.C. Vis. 1993. Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang SK SNI T-15-1991-03, Seri Beton 1. Jakarta Erlangga.
- Kusuma., Gideon dan W.C. Vis. 1993. Grafik Dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03, Seri Beton 4. Jakarta:Erlangga.
- Masril, M. 2019. Analisis Struktur Atas Empat Lantai Dengan *Analisis Pushover* Menggunakan Program Sap2000 Studi Kasus : Gedung Kantor Bersama Kabupaten Sijunjung. Vol.2 No. 1
- Mohammad Khoirun. 2023. Metode Pelaksanaan Pekerjaan Struktur Kolom Pada Proyek Pembangunan Passenger Terminal Building Bandara Internasional Dhoho Kediri. Vol.1 No. 3
- Peraturan Pembebanan Indonesia. 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983. (PPIUG 1983). Jakarta.
- Sari Utama Dewi Dan Iqbal M. 2018. Analisa Perencanaan Struktur Beton Gedung Kuliah Kampus 2 IAIN Kota Metro Menggunakan Program Etabs.Vo. 7 No. 2.
- Sayyed Feroz Sikandar¹, Shaikh Zameeroddin², Prof. Agrawal³. 2019. *Analysis And Design Of Multistory Building Using Etabs* 2017.
- Spektrum Respons Desain Indonesia. 2021.
- Yohanes Trian Dady. 2019. Pengaruh Kuat Tekan Terhadap Lentur Balok Beton Bertulang. Vol. 3 No. 5.

Tabel 1 Pedoman Syarat – Syarat Dan Ketentuan

Peraturan	Tentang
SNI 2847-2019	Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
SNI 1727-2020	Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
SNI 1726-2019	Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
PPIUG 1983	Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung
SK SNI T-15-1991-03	Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang

Tabel 3 Berat Sendiri Bahan Bangunan

BAHAN BANGUNAN	
Baja	7.850 kg/m ³
Batu alam	2.600 kg/m ³
Batu Belah, Batu ulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Batu pecah	1.450 kg/m ³
Batu tuang	7.250 kg/m ³
Beton	2.200 kg/m ³
Beton bertulang	2.400 kg/m ³
Kayu (kelas 1)	1.000 kg/m ³
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m ³
Pasangan batu merah	1.700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1.450 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m ³
Timah Hitam (Timbel)	11.400 kg/m ³

Tabel 4 Berat Sendiri Komponen Gedung

Adukan per cm tebal:	
dari semen	21 kg/m ²
dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah:	
satu batu	450 kg/m ²
setengah batu	250 kg/m ²
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 berlubang:	
tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
tebal dinding 10 cm (HB 10)	200 kg/m ²
Langit - langit & dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri: semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), tebal maks. 4 mm	11 kg/m ²
kaca, dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan beban maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,8 m	7 kg/m ²
Penutup atap genteng dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa	24 kg/m ²
Adukan per cm tebal:	
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

Tabel 5 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

A. Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b.	200 kg/m ²
B. Lantai dan tangga rumah sederhana dan gudang - gudang tidak Penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125 kg/m ²
C. Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, Hotel, asrama, dan rumah sakit	250 kg/m ²
D.lantai ruang olahraga	400 kg/m ²
E. Lantai ruang dansa	500 kg/m ²

F. Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan Yang lain dari pada yang disebut dalam a s/d e, seperti masjid, Gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton	400	kg/m ²
G. Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk	500	kg/m ²
H. Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam c		
I. Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam d, e, f dan g	500	kg/m ²
J. Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g	250	kg/m ²
Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip		
Toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, arsip, toko		
K. Buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus Direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri	400	kg/m ²
Dengan minimum		
L. Lantai gedung parkir bertingkat:		
Untuk lantai bawah	800	kg/m ²
Untuk lantai tingkat lainnya	400	kg/m ²
M. Balkon - balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan dengan minimum	300	kg/m ²

Tabel 6. Klaisfikasi situs, Fa Pada Periode Pendek (SNI 1726:2019)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko – tertarget (MCEr) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik,					
	S _s					
	S _s ≤0,25	S _s =0,5	S _s =0,75	S _s =1,0	S _s =1,25	S _s ≥1,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS(a)					

Catatan :

SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik serta analisis respons situs – spesifik.

Tabel 7 Klaisfikasi situs, Fa Pada Periode 1 detik (SNI 1726:2019)

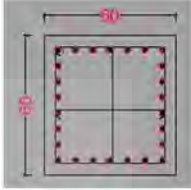
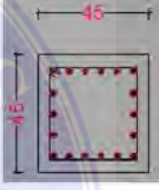
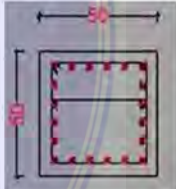
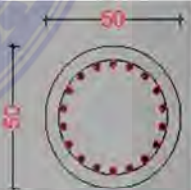
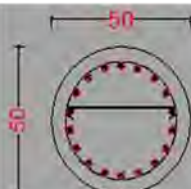

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko – tertarget (MCEr) terpetakan pada periode pendek, T = 1 detik, S ₁					
	S ₁ ≤0,1	S ₁ =0,2	S ₁ =0,3	S ₁ =0,4	S ₁ =0,5	S ₁ ≥0,6
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS(a)					

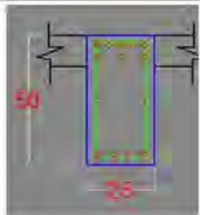
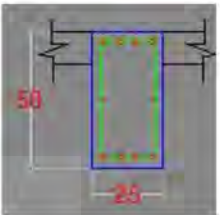
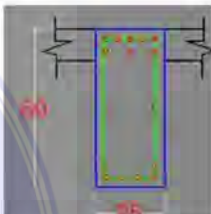
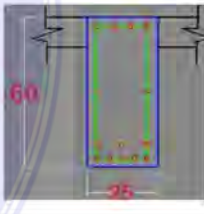
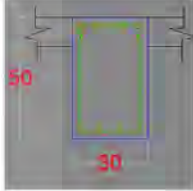
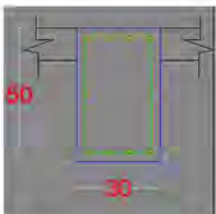
Catatan :

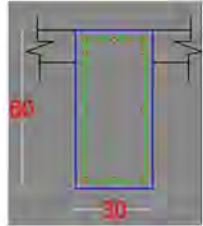
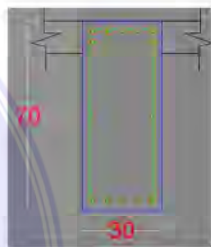
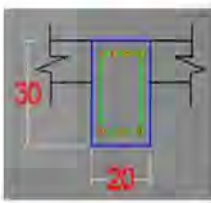
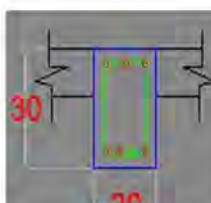
SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik serta analisis respons situs – spesifik.

Tabel 8 Dimensi Kolom

LANTAI	KODE KOLOM	DIMENSI KOLOM	DIAMETER TULANGAN	JARAK TULANGAN	GAMBAR
LT 2 LT 3 LT 4	K1	60 X 60	26D25	2D13 - 100	
	K2	45 X 45	18D25	D13 - 100	
	K2A	50 X 50	20D25	1,5D13 - 100	
	K3	Ø50	18D25	D13 - 100	
	K3A	Ø50	22D25	1,5D13 - 100	
LT ROOFTOP	K2A	50 X 50	8D25	1,5D13 - 100	

Tabel 9 Dimensi Balok

KODE BALOK	DIMENSI BALOK	DIAMETER TULANGAN	JARAK TULANGAN	GAMBAR
BALOK TUMPUAN	25 X 50	8D19 (ATAS) 2D13 (TENGAH) 4D19 (BAWAH)	D13 - 100	
BALOK LAPANGAN	25 X 50	4D19 (ATAS) 2D13 (TENGAH) 4D19 (BAWAH)	D13 - 100	
BALOK TUMPUAN	25 X 60	8D16 (ATAS) 2D13 (TENGAH) 6D16 (BAWAH)	D10 - 150	
BALOK LAPANGAN	25 X 60	4D196(ATAS) 2D13 (TENGAH) 8D16 (BAWAH)	D10 - 200	
BALOK TUMPUAN	30 X 50	7D22 ATAS) 2D13 (TENGAH) 4D22 (BAWAH)	D13 - 100	
BALOK LAPANGAN	30 X 50	4D22 (ATAS) 2D13 (TENGAH) 4D22 (BAWAH)	D13 - 150	

KODE BALOK	DIMENSI BALOK	DIAMTER TULANGAN	JARAK TULANGAN	GAMBAR
BALOK TUMPUAN	30 x 60	7D22 (ATAS) 2D13 (TENGAH) 3D22 (BAWAH)	D13 - 100	
BALOK LAPANGAN	30 x 60	4D22 (ATAS) 2D13 (TENGAH) 4D22 (BAWAH)	D13 - 150	
BALOK TUMPUAN	30 X 70	7D22 ATAS) 2D16 (TENGAH) 5D25 (BAWAH)	D13 - 100	
BALOK LAPANGAN	30 X 70	4D25 (ATAS) 2D16 (TENGAH) 4D25 (BAWAH)	D13 - 150	
BALOK TUMPUAN	20 X 30	4D16 (ATAS) 3D16 (BAWAH)	D10 - 100	
BALOK LAPANGAN	20 X 30	3D16 (ATAS) 4D16 (BAWAH)	D10 - 200	

Tabel 11 Penetapan Beban Hidup

No	Nama	Berat
1	LL lantai 1 - 4	0.48 kn/m ²
2	LL Lantai atap / <i>rootroof</i>	0.96 kn/m ²

Tabel 12 Beban Mati Pada Lantai (Data Lapangan)

Beban	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m ³)	Total (kN/m ²)
Pelat lantai	0.12	24	2.88
Spesi	0.02	21	0.42
Pasir	0.03	16	0.48
Keramik	0.01	22	0.22
Plafon dan penggantung		0.2	0.2
Me		0.25	0.25
	QDL		4.45

Tabel 13 Beban Mati Pada Lantai Atap (Data Lapangan)

Beban	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m ³)	Total (kN/m ²)
Plat atap dak	0.10	24	2.40
Plafon dan penggantung		0.2	0.2
Me		0.25	0.25
Lapis kedap air	0.002	19	0.04
	QDL		2.89

Tabel 14 Beban mati tambahan pada balok 4 m

Beban	Tinggi Balok	Tinggi Dinding	Total (kN/m)
	(m)	(m)	
Pada Balok 500	0.5	3.5	6.00
Pada Balok 600	0.6	3.4	5.60
Pada Balok 700	0.7	3.3	10.40
Pada Balok 300	0.3	3.7	6.80

Tabel 15 Step Analisis Pushover Arah X

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement Arah X											
Step	Displacement mm	Base Force kN	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-ICO-L	L-S-C	>CP	Total
0	0.784	227.2035	855	7	0	0	0	862	0	0	1198
1	33.172	7686.6661	704	158	0	0	0	813	48	0	1198
2	37.408	8406.5958	688	174	0	0	0	804	57	0	1198
3	37.424	8404.8487	688	174	0	0	0	804	57	0	1198
4	41.381	9048.0257	670	192	0	0	0	791	67	3	1198
5	41.388	9044.8029	670	192	0	0	0	791	67	3	1198
6	45.181	9635.7272	651	211	0	0	0	773	80	6	1198
7	45.183	9631.2646	651	211	0	0	0	773	80	6	1198
8	44.025	10197.1815	635	227	0	0	0	766	86	6	1198
9	44.025	10197.1815	635	227	0	0	0	766	86	6	1198

Tabel 16 Step Analisis Pushover Arah Y

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement Arah Y											
Step	Displacement mm	Base Force kN	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IOIO-L	LS-CF	>CP	Total
0	0.063972	0	854	6	0	0	0	862	0	0	1198
1	0.127972	1.232	893	154	0	0	0	706	36	0	1198
2	0.191972	2.465	736	160	0	0	0	694	45	0	1198
3	0.255972	3.697	736	152	0	0	0	694	45	0	1198
4	0.319972	4.93	710	152	0	0	0	689	49	3	1198
5	0.383972	6.162	653	205	0	0	0	689	56	3	1198
6	0.447972	7.395	653	254	0	0	0	674	62	6	1198
7	0.511972	8.627	624	254	0	0	0	674	69	6	1198
8	0.575972	9.86	624	263	0	0	0	674	69	6	1198
9	0.639972	11.092	624	263	0	0	0	674	69	6	1198
10	0.639972	11.092	653	263	0	0	0	663	65	8	1198
11	0.632649	10.926	658	246	0	0	0	652	69	8	1198

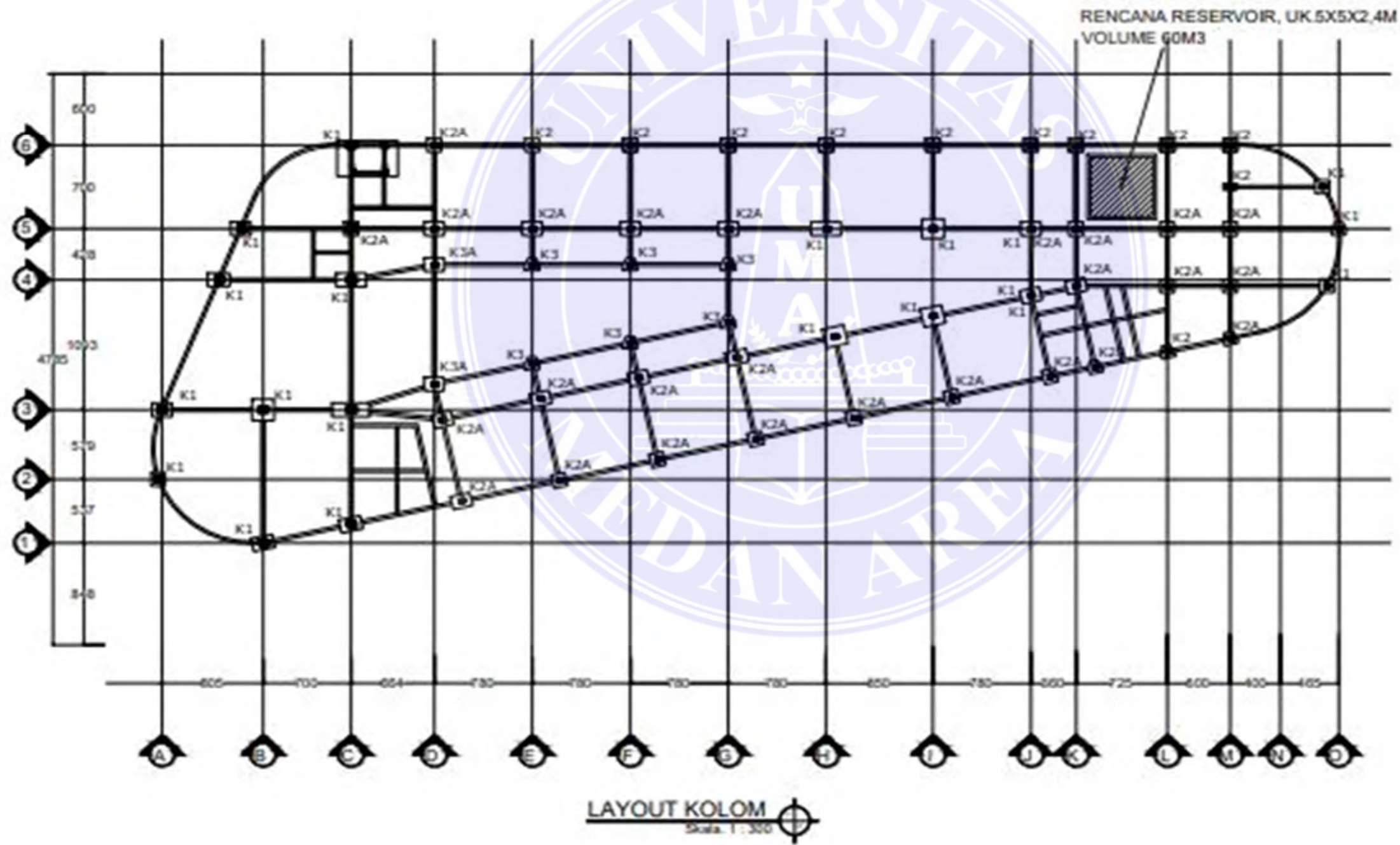
Tabel 17 Step Analisis Pushover Arah X

TABLE: Pushover Curve - FINAL POA Arah X											
Step	placem m	BaseForce KN	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CtoC	CtoD	DtoE	BeyondI	Total
0	0.773	226.9035	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
1	33.754	7786.6661	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
2	36.953	8426.5958	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
3	37.024	8404.9534	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
4	40.921	9343.8342	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
5	40.921	9343.8342	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
6	45.213	9602.9064	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
7	45.213	9602.9064	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
8	45.213	12352.071	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
9	44.052	12253.052	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198

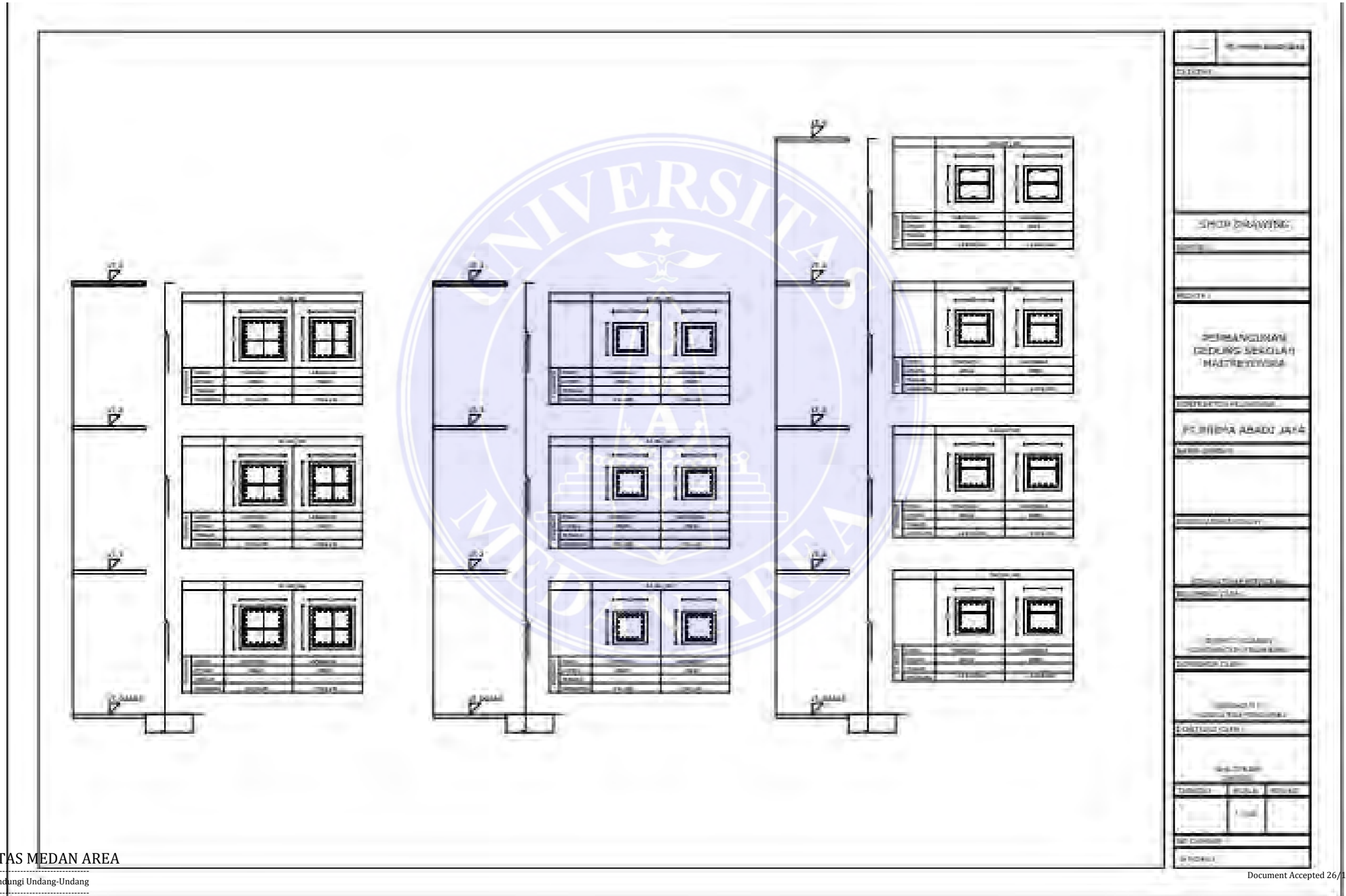
Tabel 18 Step *Analisis Pushover* Arah Y

TABLE: Pushover Curve - FINAL POA Arah y											
Step	Displacemen m	BaseForce KN	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondI	Total
0	0.063972	1.232	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
1	0.127972	2.465	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
2	0.191972	3.697	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
3	0.255972	4.93	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
4	0.319972	6.21	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
5	0.383972	7.356	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
6	0.447972	8.642	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
7	0.511972	9.8	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
8	0.575972	11.102	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
9	0.639972	12.33	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
10	0.639972	12.33	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
11	0.684	12.567	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198
12	0.636	12.437	1198	0	0	0	0	0	0	0	1198





	PT. PRIMA ABADI JAYA	
CATATAN :		
SHOP DRAWING		
NO. PROJEK :		
PROJEK :		
PEMBANGUNAN GEDUNG SEKOLAH MAITREYAWIRA		
KONTRAKTOR PELAKSANA :		
PT. PRIMA ABADI JAYA		
NAMA GORONGAN :		
DESAINING/ARHIT. GORONGAN :		
KONSTRUKSI PERENCANA DRAFTER GORONGAN :		
BIMBING / SELAMAT KONTRAKTOR PELAKSANA DEPEROKA GORONGAN :		
DUNUNG KTR KONSULTAN PENGAWAS DESKRIPSI GORONGAN :		
By: TEKNIK CORNER		
TANGGAL	SKALA	REV. KR
NO. GAMBAR :		
S-PCB-01		



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

