

TUGAS AKHIR

**EVALUASI BANGUNAN GEDUNG KAMPUS I UNIVERSITAS BOSOWA
DENGAN METODE PENDEKATAN DESAIN BERBASIS KINERJA**



OLEH:

Muh. Panca Zainuddin Arif

45-18-041-055

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2023



LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP TUGAS AKHIR

**Judul : “EVALUASI BANGUNAN GEDUNG KAMPUS I UNIVERSITAS
BOSOWA DENGAN METODE PENDEKATAN DESAIN BERBASIS
KINERJA”**

Disusun dan diajukan oleh :

Nama Mahasiswa : **Muh. Panca Zainuddin Arif**

No. Stambuk : **45 18 041 055**

Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi
Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Telah Disetujui Komisi Pembimbing

Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abdu, M.Si (.....)

Pembimbing II : Ir. Arman Setiawan, ST. MT (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Dr. H. Nasrullah, ST., MT.
NIDN : 09 080773 01


Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT.
NIDN : 00 010565 02



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa

Nomor : A.174/FT/UNIBOS/III/2023 Tertanggal 14 Februari 2023, perihal

Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Jumat / 17 Februari 2023

Nama : MUH PANCA ZAINUDDIN ARIF

Nim : 4518041055

Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil

Judul : EVALUASI BANGUNAN GEDUNG KAMPUS I UNIVERSITAS
BOSOWA DENGAN METODE PENDEKATAN DESAIN
BERBASIS KINERJA

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua / Ex. Officio : Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si (.....)

Sekretaris / Ex. Officio: Ir. Arman Setiawan, ST. MT (.....)

Anggota : Ir. Fauzy Lebang, ST. MT (.....)

: Hj. Savitri Prasandi Mulyani, ST. MT (.....)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik


Dr. H. Nasrullah, ST., MT.
NIDN : 09 080773 01

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT.
NIDN : 00 010565 02

SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Muh. Panca Zainuddin Arif**
Nomor Stambuk : **4518041055**
Program Studi : **Teknik Sipil**
Judul Tugas Akhir : **EVALUASI BANGUNAN GEDUNG KAMPUS I
UNIVERSITAS BOSOWA DENGAN METODE
PENDEKATAN DESAIN BERBASIS KINERJA**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tugas Akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, megalith mediakan / mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkannya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia atau menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar 2023


Mun. Panca Zainuddin Arif
4518041055

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Muh. Panca Zainuddin Arif**

Nomor Stambuk : **4518041055**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul Tugas Akhir : **EVALUASI BANGUNAN GEDUNG KAMPUS I
UNIVERSITAS BOSOWA DENGAN METODE
PENDEKATAN DESAIN BERBASIS KINERJA**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan dari hasil karya saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan programming yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Bosowa.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Makassar,

2023



Muh. Panca Zainuddin Arif

4518041055

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut Nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Allah SWT Tuhan seru sekalian alam, Penulis memanjatkan puji syukur atas Rahmat dan Karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan susunan tugas akhir ini. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat akademis untuk mencapai derajat Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar. Tugas akhir ini berjudul **“EVALUASI BANGUNAN GEDUNG KAMPUS I UNIVERSITAS BOSOWA DENGAN METODE PENDEKATAN DESAIN BERBASIS KINERJA”** Walaupun jauh dari kata sempurna penulis sepenuhnya sadar akan keterbatasan penulisan ini, banyaknya hambatan dan kendala yang penulis hadapi, namun berkat tekad dan kerja keras serta dorongan dari beberapa pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan walaupun dalam bentuk yang sederhana. Untuk itu, segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa yang telah menyertai penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Dekan, Para Wakil Dekan dan Staf Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
3. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf., M.T sebagai Ketua Jurusan Sipil beserta staf dan dosen pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Bosowa.

4. Bapak Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si selaku dosen pembimbing 1 yang meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan selama mengerjakan tugas akhir saya.
5. Bapak Ir. Arman Setiawan, ST. MT selaku dosen pembimbing 2 yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan mengerjakan tugas akhir saya.
6. Kedua orang tua saya, Bapak Muh. Arif S dan Ibu Rasdinah Zainuddin, terimakasih banyak karena sudah memberikan support, semangat, dukungan moral dan materi yang tak terhitung jumlahnya, serta saudara dan keluarga saya terima kasih atas semangatnya sehingga tugas akhir ini dapat rampung seperti saat ini.
7. Teruntuk Nenek ku tercinta hj Anyarah dan kakek ku Alm. Zainuddin yang telah memberikan dorongan berupa spiritnya dan telah mengajarkan arti hidup yang sebenarnya kepada cucunya.
8. Saya mengucapkan Terima Kasih kepada Rahmi Said yang sudah support dan bantu saya ketika drop dalam mejalankan tugas akhir yang saya kerjakan, insyaallah selepas tugas akhir ini saya akan datang berkunjung kerumah untuk berniat baik. "Melamar"
9. Teman-teman Angkatan 2018 Teknik Sipil Universitas Bosowa terimakasih telah membagi suka dan duka dengan penulis selama perkuliahan.

10. Saya juga mengucapkan Terima Kasih kepada Sardi, Valem, Bambang, Rahmi, Vika, Rina, Dll yang telah membantu dalam penelitian saya.

11. Teruntuk Adik-adik ku yang tercinta dan tersayang Monica, Rezky, Mukbil, Alvin yang selalu memberikan motivasi serta dorongan penyemangat dan keceriaan hidup terhadap kakaknya.

Sebagai manusia biasa yang tak pernah luput dari kesalahan dan kehilafan, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Besar harapan penulis jika tugas akhir ini bermanfaat untuk kita semua. Amin.

Makassar, 2023



Muh. Panca Zainuddin Arif

4518041055

ABSTRAK

MUH. PANCA ZAINUDDIN ARIF

EVALUASI BANGUNAN GEDUNG KAMPUS I UNIVERSITAS BOSOWA DENGAN METODE PENDEKATAN DESAIN BERBASIS KINERJA

Kata kunci : Pushover Analysis, Sendi - Plastis, Displacement, Performance Level

Penelitian ini dilakukan dengan mengevaluasi kinerja tahanan gempa Gedung Kampus I Universitas Bosowa, untuk mengetahui level kinerja bangunan (performance level) berdasarkan analisis statik non-linier atau pushover sesuai prosedur dalam ATC-40 untuk mengetahui pola keruntuhan yang digambarkan sebagai kurva kapasitas sehingga tingkat kinerja dari struktur dapat diketahui berdasarkan FEMA 356. Serta mekanisme terbentuk sendi plastis pada balok kolom dan memprediksi perilaku keruntuhan. Metode penelitian menggunakan respons spektrum dengan program ETABSv19.

Berdasarkan Level kinerja saat terjadi gempa berdasarkan arah XZ metode Kurva kapasitas dan FEMA 356 menghasilkan Damage Control (DC) sedangkan Arah YZ metode Kurva kapasitas dan FEMA 356 menghasilkan Damage Control (DC). Dimana kondisi bangunan saat terjadi gempa

Nilai perpindahan berdasarkan analisis pushover, SNI 1726-2019, dan pengukuran secara langsung. Pengukuran langsung dan target perpindahan (δ_t), nilai arah X yang hampir sama yaitu 15 cm sedangkan nilai arah Y yaitu 11 cm. Dengan ketentuan berdasarkan SNI 1726-2019 yaitu 31 cm. Dapat disimpulkan pengukuran langsung dan target perpindahan (δ_t) < ketentuan berdasarkan SNI 1726-2019, oleh karna itu struktur gedung masih dalam **Keadaan Aman**

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGAJUAN UJIAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPS.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan masalah	I-3
1.3. Tujuan Penelitian	I-3
1.4. Batasan masalah	I-3
1.5. Manfaat Penelitian	I-4
1.6. Sistematika Penulisan	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Gempa Bumi	II-1
2.2 Struktur Gedung Bertingkat.....	II-2
2.3 Evaluasi Berbasis Kinerja	II-2
2.4 Perencanaan Tahan Gempa Berbasis Kinerja.....	II-3
2.5 Analisis Statik Non-Linier (Pushover).....	II-5

2.6	Kurva Kapasitas (Kurva Pushover)	II-7
2.7	Kinerja Stuktur	II-8
2.8	Tingkat Kinerja Struktur	II-8
2.9	Kinerja Struktur Metode ATC-40.....	II-10
2.10	Kinerja Struktur Metode FEMA 356	II-11
2.11	Pembebanan dan Perilaku Dinamik Model Struktur	II-16
2.11.1	Perencanaan Pembebanan	II-16
2.11.2	Beban Gravitasi	II-16
2.11.3	Beban Gempa.....	II-18
2.11.3.1	Ketentuan Beban Gempa (Data Gempa)	II-18
2.11.3.2	Gempa Dinamik Respons Spektrum (RSP)	II-31
2.11.4	Kombinasi Pembebanan	II-33
2.12	Kontrol Struktur	II-33
2.12.1	Gaya geser dasar (V)	II-33
2.12.2	Partisipasi massa	II-34
2.12.3	Partisipasi massa	II-34
2.12.3.1	Penentuan simpangan struktur (Δ).....	II-34
2.12.3.2	Batasan simpangan struktur (Δ_{α})	II-36
2.13	Pendekatan Desain Gedung	II-37
2.13.1	Kriteria Desain Struktur.....	II-37
2.13.2	Desain Elemen Struktur	II-38
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Jenis Penelitian.....	III-1
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	III-1
3.3	Sumber Data Gedung	III-2

3.3.1	Data Gedung Penelitian.....	III-2
3.3.2	Data Gedung Penelitian.....	III-3
3.4	Pemodelan struktur Gedung.....	III-3
3.5	Diagram Alir Analisis.....	III-4
3.6	Prosedur Perencanaan.....	III-5
3.7	Analisis pembebanan struktur gedung.....	III-6
3.7.1	Beban mati	III-6
3.7.2	Beban hidup.....	III-7
3.7.3	Beban gempa	III-7
3.7.4	Kombinasi pembebanan	III-7
3.8	Kontrol struktur gedung.....	III-8
3.9.1	Pushover	III-8
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Data Struktur Gedung.....	IV-1
4.1.1	Denah Struktur Gedung	IV-1
4.1.2	Data Koordinat Struktur Gedung.....	IV-4
4.1.3	Data Elemen Struktur Gedung.....	IV-5
4.1.4	Data Material Struktur Gedung	IV-5
4.1.4.1	Data Material Beton	IV-5
4.1.4.2	Data Material Baja.....	IV-6
4.2	Pemodelan Struktur Gedung	IV-6
4.3	Analisis Pembebanan Struktur Gedung	IV-8
4.3.1.1	Beban Mati Tambahan.....	IV-8
4.3.1.2	Beban Hidup.....	IV-10
4.3.1.3	Rekapitulasi Beban Gravitasi	IV-10

4.3.2	Analisis Beban Gempa	IV-10
4.3.2.1	Data Gempa	IV-10
4.3.2.2	Analisis beban gempa respons spektrum (RS).....	IV-12
4.3.3	Analisis kombinasi pembebanan	IV-16
4.4	Kontrol Struktur Gedung.....	IV-17
4.4.1	Kontrol gaya geser dasar (V)	IV-17
4.4.2	Kontrol partisipasi massa	IV-19
4.4.3	Simpangan antar lantai struktur gedung (Δ)	IV-19
4.5	Analisis Pushover.....	IV-23
4.5.2	<i>Kurva kapasitas</i>	IV-25
4.6	Evaluasi Tingkat Kinerja Struktur FEMA 356	IV-27
4.7	Skema distribusi sendi plastis	IV-31
4.7.1	Sendi plastis arah X.....	IV-31
4.7.2	Sendi plastis arah Y.....	IV-38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran.....	V-1
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN 1		
LAMPIRAN 2		
LAMPIRAN 3		

DAFTAR TABEL

Tabel : 2.1 Kondisi Bangunan Setelah Terjadi Gempa dan Kategorinya	II-9
Tabel : 2.2 Batasan Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur	II-11
Tabel : 2.3 Kategori Level Kinerja Struktur	II-12
Tabel : 2.4 Batas Simpangan Level Kinerja Struktur	II-13
Tabel : 2.5 Beban hidup	II-17
Tabel : 2.6 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban	II-18
Tabel : 2.7 Faktor Keutamaan Gempa	II-21
Tabel : 2.8 Klasifikasi situs	II-22
Tabel : 2.9 Koefisien Situs , F_a	II-24
Tabel : 2.10 Koefisien situs, F_v	II-24
Tabel : 2.11 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan	II-26
Tabel : 2.12 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan	II-27
Tabel : 2.13 Faktor R , C_d , dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (Sistem Rangka Pemikul Momen Beton Bertulang)	II-28
Tabel : 2.14 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung ...	II-29
Tabel : 2.15 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	II-30
Tabel : 2.16 Simpangan antar tingkat izin, $\Delta_{\alpha}^{a,b}$	II-36
Tabel : 2.17 Momen inersia dan luas penampang yang diizinkan untuk analisis elastis pada level beban terfaktor	II-38

Tabel : 2.18 Tinggi minimum balok nonprategang.....	II-39
Tabel : 3.1 Kombinasi Pembebanan	III-8
Tabel : 4.1 Koordinat arah X	IV-4
Tabel : 4.2 Koordinat arah Y	IV-4
Tabel : 4.3 Koordinat arah Z.....	IV-4
Tabel : 4.4 Data elemen gedung	IV-5
Tabel : 4.5 Jenis beban yang bekerja pada gedung.....	IV-9
Tabel : 4.6 Rekapitulasi beban gravitasi.....	IV-10
Tabel : 4.7 Rekapitulasi data gempa	IV-11
Tabel : 4.8 Scale factor respons spektrum	IV-13
Tabel : 4.9 Hasil hitungan gaya geser dasar masing-masing gempa ..	IV-17
Tabel : 4.10 Simpangan Antar Tingkat gedung	IV-21
Tabel : 4.11 Hasil dari pengukuran menggunakan alat Total station...	IV-22
Tabel : 4.12 Hasil Pushover PUSH-X.....	IV-25
Tabel : 4.13 Hasil Pushover PUSH-Y.....	IV-26
Tabel : 4.14 Hasil Performance Point Arah-X.....	IV-27
Tabel : 4.15 Hasil Performance Point Arah-Y.....	IV-28
Tabel : 4.16 Tabulasi data Pushover curve demand FEMA356	IV-29
Tabel : 4.17 Evaluasi Tingkat Kinerja Struktur.....	IV-30
Tabel : 4.18 Hasil Nilai Perpindahan	IV-43

DAFTAR GAMBAR

Gambar : 2.1 Kurva Kapasita	II-7
Gambar : 2.2 Model Kurva kapasitas	II-8
Gambar : 2.3 Tingkat Kinerja Struktur.....	II-13
Gambar : 2.4 Spektrum Respons Desain.....	II-26
Gambar : 2.5 Penentuan simpangan struktur (Δ).....	II-35
Gambar : 3.1 Pemodelan di ETABS V19	III-3
Gambar : 3.2 Flowchart / Diagram Alir Penelitian	III-4
Gambar : 4.1 Typikal struktur Kolom gedung lantai 1 - 4	IV-1
Gambar : 4.2 Typikal struktur kolom gedung lantai 5 - 9.....	IV-2
Gambar : 4.3 Typikal struktur balok gedung lantai 1 - 4.....	IV-2
Gambar : 4.4 Typikal struktur balok gedung lantai 5 - 9.....	IV-3
Gambar : 4.5 Typikal struktur Tampak gedung tiap lantai.....	IV-3
Gambar : 4.6 Gedung arah XY dan 3D	IV-7
Gambar : 4.7 Gedung arah YZ dan 3D	IV-7
Gambar : 4.8 Gedung arah XZ dan 3D	IV-8
Gambar : 4.9 Peta Gempa	IV-12
Gambar : 4.10 Kurva Respons Spektrum ASCE 7-16.....	IV-12
Gambar : 4.11 Load case data – response spectrum arah X.....	IV-13
Gambar : 4.12 Load case data – response spectrum arah Y.....	IV-14
Gambar : 4.13 Load case data – modal	IV-15
Gambar : 4.14 Mass source data.....	IV-15
Gambar : 4.15 Hasil input kombinasi pembebanan.....	IV-16

Gambar : 4.16 Hasil Base Reactions	IV-17
Gambar : 4.17 Modifikasi faktor skala gempa respons spektrum arah X (RSPx)	IV-18
Gambar : 4.18 Modifikasi faktor skala gempa respons spektrum arah Y (RSPy)	IV-18
Gambar : 4.19 Jumlah partisipasi massa pada 27 mode (lebih dari 90%)	IV-19
Gambar : 4.20 Simpangan gedung akibat EQx arah XZ pada lantai atap	IV-20
Gambar : 4.21 Simpangan EQy arah YZ pada lantai atap	IV-20
Gambar : 4.22 Hasil dari pengukuran menggunakan alat Total statio.	IV-22
Gambar : 4.23 Input pembebanan gravitasi	IV-23
Gambar : 4.24 Input pembebanan arah X.....	IV-24
Gambar : 4.25 Input pembebanan arah Y	IV-24
Gambar : 4.26 Hasil Pushover PUSH-X.....	IV-25
Gambar : 4.27 Hasil Pushover PUSH-Y.....	IV-26
Gambar : 4. 28 Performance Point Arah-X	IV-27
Gambar : 4.29 Performance Point Arah-Y	IV-28
Gambar : 4.30 Distribusi sendi plastis pada step-4 untuk pembebanan arah-X.....	IV-31
Gambar : 4.31 Pushover Arah X Step 0.....	IV-32
Gambar : 4.32 Pushover Arah X Step 1	IV-32
Gambar : 4.33 Pushover Arah X Step 2.....	IV-33

Gambar : 4.34 Pushover Arah X Step 3.....	IV-33
Gambar : 4.35 Pushover Arah X Step 4.....	IV-34
Gambar : 4.36 Pushover Arah X Step 5.....	IV-34
Gambar : 4.37 Pushover Arah X Step 6.....	IV-35
Gambar : 4.38 Pushover Arah X Step 7.....	IV-35
Gambar : 4.39 Pushover Arah X Step 8.....	IV-36
Gambar : 4.40 Pushover Arah X Step 9.....	IV-36
Gambar : 4.41 Pushover Arah X Step 10.....	IV-37
Gambar : 4.42 Pushover Arah X Step 11.....	IV-37
Gambar : 4.43 Distribusi sendi plastis pada step-14 untuk pembebanan arah-Y.....	IV-38
Gambar : 4.44 Pushover Arah Y Step 0.....	IV-39
Gambar : 4.45 Pushover Arah Y Step 1.....	IV-39
Gambar : 4.46 Pushover Arah Y Step 2.....	IV-40
Gambar : 4.47 Pushover Arah Y Step 3.....	IV-40
Gambar : 4.48 Pushover Arah Y Step 4.....	IV-41
Gambar : 4.49 Pushover Arah Y Step 5.....	IV-41
Gambar : 4.50 Pushover Arah Y Step 6.....	IV-42

DAFTAR NOTASI

- Δ : Simpangan
- Δ_{DI} : Profil perpindahan rencana
- Δ_a : Simpangan izin
- Δ_i : Perpindahan yang terjadi pada lantai i
- Δ_{roof} : Perpindahan Atap
- Δ_{yi} : Profil perpindahan leleh
- δ_t : Nilai target perpindahan
- δ_{max} : Nilai perpindahan maksimum
- Ω_0 : Faktor Kuat Lebih Sistem
- ρ : Faktor Redundansi
- A : Luas profil
- C_0 : Faktor modifikasi untuk perpindahan spectral menjadi perpindahan atap, ditentukan berdasarkan table 3-2 FEMA 356 dan.
- C_1 : Faktor modifikasi yang menghubungkan perpindahan inelastic maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon elastik linier.
- C_u : Koefisien batasan atas perioda
- C_d : Faktor Pembesaran Defleksi
- T_s : Waktu getar karakteristik yang diperoleh dari kurva respons spektrum pada titik dimana terdapat transisi bagian akselerasi konstan ke bagian kecepatan konstan.
- R : koefisien modifikasi respons
- S_a : Akselerasi respons spektrum yang berkesesuaian dengan waktu getar alami efektif pada arah yang ditinjau.

- V_y : Gaya geser dasar pada saat leleh, dari idealisasi kurva pushover menjadi bilinear.
- V : Gaya geser dasar
- V_s : Kecepatan rambat rata-rata gelombang geser
- V_t : Gaya geser dasar statik ekuivalen
- W : Total beban mati dan beban hidup yang dapat direduksi.
- C_m : Faktor massa efektif yang diambil dari tabel 3-1 dari FEMA 356.
- C_2 : Koefisien untuk memperhitungkan efek “pinching” dari hubungan beban deformasi akibat degradasi kekakuan dan kekuatan. Berdasarkan Tabel 3-3 dari FEMA 356.
- C_3 : Koefisien untuk memperhitungkan perbesaran lateral akibat adanya efek P delta. Koefisien diperoleh secara empiris dari studi statistik analisa riwayat waktu nonlinier dari SDOF dan diambil berdasarkan pertimbangan engineering judgement, dimana perilaku hubungan gaya geser dasar–lendutan pada kondisi pasca leleh kekakuannya positif (kurva meningkat) maka $C_3 = 1$
- α : Rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastik efektif, dimana hubungan gaya lendutan diidealisasikan sebagai kurva bilinear (lihat waktu getar efektif).
- T_a : Periode fundamental pendekatan
- g : Percepatan gravitasi $9,81 \text{ m/det}^2$
- I_e : Faktor keutamaan gempa
- I_g : Momen inersia
- A_g : Luas penampang
- H_e : Ketinggian gedung efektif
- T_e : Nilai periode efektif

- S_s : Parameter respon spektral percepatan gempa untuk perioda pendek
- S_1 : Parameter respon spektral percepatan gempa untuk perioda 1,0 detik
- SA : Kelas situs batuan keras
- SB : Kelas situs batuan
- SC : Kelas situs tanah keras, sangat padat dan batuan lunak
- SD : Kelas situs tanah sedang
- S_{D1} : Percepatan Desain Periode 1 Detik
- SE : Kelas situs tanah lunak
- SF : tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0
- Sd : Puncak perpindahan spectra elastis
- SS : Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs spesifik

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Makassar merupakan salah satu Kota di Provinsi Sulawesi Selatan yang merupakan salah satu wilayah rawan gempa. Hal ini bisa dilihat dari letak geologis Indonesia yang terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik besar yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, serta lempeng Pasifik. Indonesia termasuk jalur the pasific ring of fire (cincin api pasifik), yang merupakan jalur rangkaian gunung api aktif di dunia. Hal ini mengakibatkan Kota Makassar menjadi rawan terhadap gempa bumi. (Hutama 2021)

Gempa bumi adalah insiden alam yang tak bisa dicegah atau dihindari, serta mampu berdampak signifikan pada struktur. Khususnya struktur bertingkat tinggi di Indonesia, struktur bangunan tahan gempa sangat penting. Oleh sebab itu bangunan harus dirancang buat memberikan tingkat minimum jaminan keselamatan penghuni (keselamatan hayati), bangunan dibiarkan rusak namun tidak runtuh. Akibatnya, risiko kematian dan kerugian harta benda bisa dikurangi. (Pratama 2021)

Bangunan gedung kampus I Universitas Bosowa sudah berumur 37 tahun, diduga struktur bangunan gedung sudah mengalami perubahan kualitas dan perubahan kondisi struktur. Dapat dilihat dari hasil observasi yang dilakukan menggunakan alat Total station yang memperlihatkan hasil

kondisi struktur mengalami kemiringan sebesar 10 – 15 cm dan secara umum, umur maksimum bangunan ialah 30 tahun. Sebenarnya sebuah bangunan bisa saja tetap berdiri kokoh hingga 50 tahun, bahkan 100 tahun, tetapi perlu diperhatikan jika sudah menginjak usia diatas 30 tahun. Karena semakin tua bangunan maka tingkat ketahanan bangunan semakin berkurang. Oleh sebab itu pada penelitian ini bangunan lama yang sudah dibangun dan menggunakan peraturan sebelumnya dilakukan evaluasi untuk mengetahui kinerja bangunan gedung. Dibandingkan dengan peraturan terkini, memastikan struktur bangunan pada kondisi aman serta nyaman terhadap ketahanan gempa.

Studi kasus pada penelitian ini yaitu Gedung Kampus I Universitas Bosowa dengan mengevaluasi struktur gedung terhadap gaya gempa sesuai peraturan terkini, digunakan pendekatan desain berbasis kinerja atau lebih dikenal *performance-based design*. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam desain berbasis kinerja adalah menggunakan nilai perpindahan sebagai pendekatan untuk menentukan kekuatan gedung dalam menahan gempa (Tavio dan Wijaya, 2018). Selanjutnya, dilakukan *analisis statik non-linier* atau *pushover* sesuai prosedur dalam ATC-40 untuk mengetahui pola keruntuhan yang digambarkan sebagai kurva kapasitas sehingga tingkat kinerja dari struktur dapat diketahui berdasarkan FEMA 356. Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan bantuan *Software ETABS v19*.

1.2. Rumusan masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimanakah kriteria level kinerja setelah terjadi gempa pada bangunan gedung kampus I universitas bosowa?
2. Berapakah nilai perpindahan kinerja struktur gedung kampus I Universitas Bosowa berdasarkan dianalisis dengan pushover, SNI 1726-2019, dan pengukuran secara langsung?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kriteria level kinerja setelah terjadi gempa pada bangunan gedung kampus I universitas bosowa
2. Untuk mengetahui nilai perpindahan kinerja struktur gedung kampus I Universitas Bosowa berdasarkan dianalisis dengan pushover, SNI 1726-2019, dan pengukuran secara langsung.

1.4. Batasan masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu :

1. Struktur beton yang digunakan adalah struktur beton.
2. Bangunan yang ditinjau adalah bangunan bertingkat 9 lantai.
3. Tidak meninjau perancangan pondasi.
4. Jenis tanah menggunakan tanah sedang

5. Pembebanan mengacu Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2020) dan Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987).
6. Elemen-elemen struktur mengacu pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2019), Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 2052 - 2002) dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2019) dan (SNI 1727:2020).
7. mengevaluasi struktur gedung menggunakan pendekatan desain berbasis kinerja atau lebih dikenal *performance-based design*.
8. Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan *Software* ETABSv19
9. Kinerja struktur menggunakan metode *direct-displacement based design* dan *analisis statik non-linier* atau *pushover*

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini memberikan manfaat terhadap ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang teknik sipil.
2. Mengembangkan pengetahuan mengenai penggunaan *Software* ETABS v19 khususnya dalam desain struktur bangunan gedung

3. Memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai metode *direct-displacement based design* dan *analisis statik non-linier* atau *pushover* berdasarkan ATC-40 dan FEMA 356/440

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat teori-teori yang digunakan dalam analisis struktur sesuai dengan judul tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi uraian tentang data struktur gedung, metode yang digunakan serta tahapan analisis.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pembahasan hasil analisis.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab penutup berisi kesimpulan dan saran yang didapat dari penulisan BAB I, BAB II, BAB III, dan BAB IV.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang sudah tidak asing lagi bagi kita semua, karena seringkali diberitakan adanya suatu wilayah dilanda gempa bumi, baik yang ringan maupun yang sangat dahsyat, menelan banyak korban jiwa dan harta, meruntuhkan bangunan-bangunan dan fasilitas umum lainnya. Gempa bumi disebabkan oleh adanya pelepasan energi regangan elastis batuan pada litosfer. Semakin besar energi yang dilepas semakin kuat gempa yang terjadi. (Zebua, 2018)

Gempa bumi adalah kejadian yang menyebabkan bumi berguncang akibat pelepasan energi secara tiba-tiba di kerak bumi, yang ditandai dengan retaknya lapisan batuan. Pergerakan lempeng tektonik menghasilkan akumulasi energi yang menghasilkan gempa bumi. Energi yang dihasilkan dipancarkan ke segala arah sebagai gelombang seismik sehingga efeknya dapat dirasakan di permukaan bumi. (Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika)

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Energi yang dihasilkan dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi (Sinaga and Lesmana 2019)

2.2 Struktur Gedung Bertingkat

Menurut (Sudarman et al. 2014) Gedung bertingkat adalah bangunan dengan lantai lebih dari satu lantai secara vertikal. Gedung bertingkat dibangun karena keterbatasan lahan pada daerah perkotaan yang mahal. Gedung bertingkat dikelompokkan menjadi :

1. Gedung bertingkat rendah (low rise building) yaitu gedung dengan ketinggian ≤ 15 m atau dengan jumlah lantai 2 - 4 lantai.
2. Gedung bertingkat menengah (middle rise building) yaitu gedung dengan ketinggian $15 \leq 40$ m atau dengan jumlah lantai 5 – 10 lantai.
3. Gedung bertingkat tinggi (high rise building) yaitu gedung dengan ketinggian $40 \leq 150$ m atau dengan jumlah lantai 10 – 40 lantai.
4. Gedung pencakar langit (skyscraper) dengan ketinggian lebih dari 40 lantai.

2.3 Evaluasi Berbasis Kinerja

Hal penting dari perencanaan berbasis kinerja adalah sasaran kinerja bangunan terhadap gempa dinyatakan secara jelas, sehingga pemilik, penyewa, asuransi, pemerintahan atau penyandang dana mempunyai kesempatan untuk menetapkan kondisi apa yang dipilih. Sasaran kinerja terdiri dari kejadian gempa rencana yang ditentukan (earthquake hazard) , dan taraf kerusakan yang diijinkan atau level kinerja (performance level) dari bangunan terhadap kejadian gempa tersebut. (Wellyn and Anggen 2005)

Evaluasi kinerja bisa memberikan informasi sejauh mana gempa akan mempengaruhi struktur bangunan gedung. Hal ini penting buat evaluasi perilaku seismik struktur gedung pasca leleh. (Yosafat 2006)

2.4 Perencanaan Tahan Gempa Berbasis Kinerja

Konsep perencanaan tahan gempa berbasis kinerja yang dikenal menggunakan *Performanced Based Earthquake Engineering* (PBEE) ialah kombinasi dari aspek tahanan serta aspek layan. Konsep PBEE dapat digunakan buat mendesain bangunan baru (*Performanced Based Seismic Design*) juga penilaian bangunan yang telah terdapat (*Performanced Based Seismic Evaluation*).

Metodologi yang berdasarkan pada *performance based seismic design* ini adalah kriteria desain dan penilaian yang diekspresikan menjadi objektivitas dari daya guna struktur. Hal tersebut bisa menetapkan berbagai tingkatan kinerja struktur (*multiple performance objective level*), dimana tingkatan kinerja (*performance*) dari struktur bangunan artinya pilihan yang dapat direncanakan pada tahap awal dengan berbagai kondisi batas. kondisi batas ini bersifat fleksibel, karena merupakan kesepakatan dari pihak pemilik bangunan (*owner*) serta perencana. Tujuan utama dari *performance based seismic design* adalah membentuk bangunan tahan gempa yang daya gunanya bisa diperkirakan.

Performance based seismic design memiliki dua elemen utama dalam perencanaannya yaitu kapasitas struktur dan beban. Beban adalah

representasi dari gerakan tanah akibat gempa bumi, dimana yang akan digambarkan menjadi kurva respon spektrum. Kapasitas struktur ialah kemampuan dari struktur untuk menanggulangi gaya gempa tanpa mengalami kerusakan.

Proses perencanaan tahan gempa berbasis kinerja dimulai dengan membuat model rencana bangunan lalu melakukan simulasi kinerjanya terhadap berbagai peristiwa gempa. Setiap simulasi memberikan informasi tingkat kerusakan (level of damage), ketahanan struktur, sebagai akibatnya dapat memperkirakan berapa besar keselamatan (life), kesiapan pakai (occupancy) dan kerugian harta benda (economic loss) yang akan terjadi. Rencana selanjutnya bisa mengatur ulang resiko kerusakan yang bisa diterima sesuai dengan resiko biaya yang dikeluarkan.

Hal penting dari perencanaan berbasis kinerja merupakan target kinerja bangunan terhadap gempa dinyatakan secara jelas, sehingga pemilik, penyewa, asuransi, pemerintahan atau penyanggah dana memiliki kesempatan buat memutuskan kondisi apa yang dipilih, selanjutnya ketentuan tersebut digunakan insinyur perencana menjadi pedomannya. sasaran kinerja terdiri dari kejadian gempa rencana yang ditentukan (earthquake hazard), dan tingkat kerusakan yang diijinkan atau level kinerja (performance level) dari bangunan terhadap kejadian gempa tersebut.

2.5 Analisis Statik Non-Linier (Pushover)

Analisis statik non-linier atau analisis pushover merupakan analisis untuk mengetahui pola keruntuhan pada struktur sesuai dengan jumlah tulangan aktual sehingga diperoleh informasi bagian elemen struktur mana saja yang mengalami kondisi kritis. Analisis dilakukan dengan memberikan gaya pada titik pusat massa gedung pada tiap lantai, yang nilainya secara bertahap (incremental) bertambah hingga terbentuk sendi plastis pada elemen struktur, yang akan terus berlanjut dengan peningkatan beban hingga elemen struktur mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang besar hingga mencapai target perpindahan atau hingga mencapai kondisi ambang keruntuhan (kondisi plastis). Pada setiap tahap pembebanan, besar gaya geser dasar (V) dan perpindahan titik atap (Δ_{roof}) akan digambarkan kurva hubungan yang disebut dengan kurva kapasitas sehingga tingkat kinerja dari struktur dapat diketahui.

Prosedur analisis pushover, struktur didorong sampai leleh dan berperilaku nonlinear atau plastis. Kurva kapasitas akan memperlihatkan kondisi elastis sampai kondisi plastis. Tujuan analisis beban dorong (pushover) adalah untuk memperkirakan gaya deformasi maksimum yang terjadi akibat pembebanan lateral hingga diperoleh titik kritisnya. Selanjutnya dilihat bagian – bagian yang terjadi kerusakan dan memerlukan perhatian khusus. (Anisa Febriana, Wisnumurti 2015)

Adapun prosedur analisisnya akan menjelaskan bagaimana mengidentifikasi bagian-bagian dari bangunan yang akan mengalami

kegagalan terlebih dahulu. Seiring dengan penambahan beban akan ada elemen-elemen yang lain mengalami leleh dan mengalami deformasi inelastic. Hasil akhir dari analisis ini berupa nilai-nilai gaya-gaya geser dasar untuk membentuk perpindahan asal struktur tadi. Nilai-nilai tersebut akan digambarkan pada bentuk kurva kapasitas yang artinya gambaran perilaku struktur pada bentuk perpindahan lateral terhadap beban yang diberikan. Selain itu, analisis pushover bisa menampilkan secara visual elemen-elemen struktur yang mengalami kegagalan, sehingga dapat dilakukan pencegahan dengan melakukan pendetailan khusus pada elemen struktur tersebut.

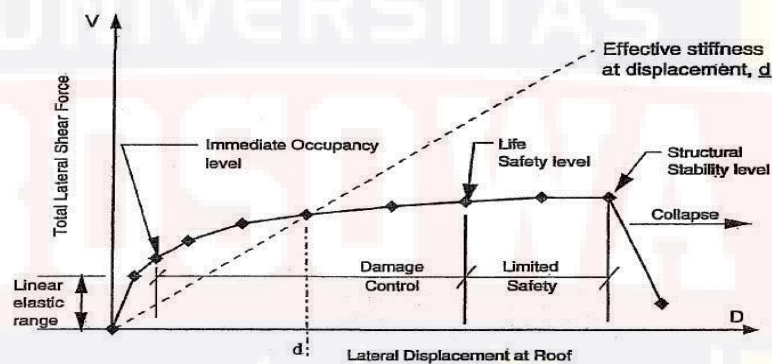
Analisa pushover dapat digunakan sebagai alat bantu untuk perencanaan tahan gempa, asalkan menyesuaikan dengan keterbatasan yang ada, yaitu :

- a) Pemilihan pola beban lateral yang digunakan dalam analisa adalah sangat penting.
- b) Keandalan analisa pushover menurun sejalan dengan bertambahnya pengaruh ragam yang lebih tinggi.
- c) Untuk membuat model analisa nonlinier akan lebih rumit dibanding model analisis linier. Model tersebut harus memperhitungkan karakteristik inelastik beban-deformasi dari elemen-elemen yang penting dan efek $P-\Delta$.
- d) Hasil analisis pushover masih berupa suatu pendekatan, karena bagaimanapun perilaku gempa yang sebenarnya adalah bersifat

bolak-balik melalui suatu siklus tertentu, sedangkan sifat pembebanan pada analisa pushover adalah statik monotonik.

2.6 Kurva Kapasitas (Kurva Pushover)

Kurva kapasitas hasil dari analisis statik beban dorong menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (base shear) dan perpindahan (displacement) atap akibat beban lateral yang diberikan pada struktur dengan pola pembebanan tertentu sampai pada kondisi ultimit atau target peralihan yang diharapkan. Kurva kapasitas bisa dilihat pada **Gambar : 2.2**



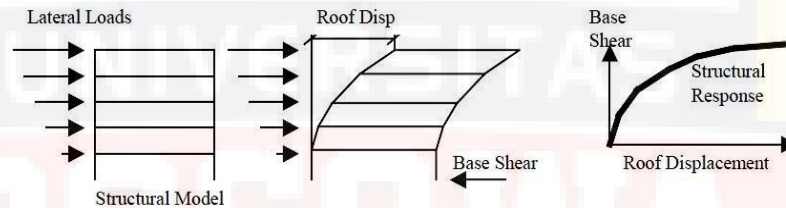
Gambar : 2.1 Kurva Kapasitas
Sumber : (Sumber : ATC-40, 1996)

Kurva kapasitas akan memperlihatkan suatu kondisi linier sebelum mencapai kondisi leleh dan selanjutnya berperilaku nonlinier. Perubahan perilaku struktur dari linier menjadi nonlinier berupa penurunan kekakuan yang diindikasikan dengan penurunan kemiringan kurva akibat terbentuknya sendi plastis pada balok dan kolom. Sendi plastis akibat momen lentur terjadi pada struktur jika beban yang bekerja melebihi kapasitas momen lentur yang ditinjau. Semakin banyak sendi plastis yang terjadi berarti kinerja struktur semakin bagus karena semakin banyak terjadi

pemancaran energi melalui terbentuknya sendi plastis sebelum kapasitas struktur terlampaui (Yosafat 2006)

Hasil analisis statis pushover nonlinier adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (base shear) dan simpangan atap (roof displacement). Hubungan tersebut kemudian dipetakan menjadi suatu kurva yang dinamakan kurva kapasitas struktur, seperti ditunjukkan pada

Gambar : 2.3.



Gambar : 2.2 Model Kurva kapasitas
Sumber : (Sumber : analisis statis pushover)

2.7 Kinerja Struktur

Kinerja struktur adalah tingkatan performa suatu struktur terhadap gempa rencana. Tingkatan performa struktur dapat diketahui dengan melihat kerusakan pada struktur saat terkena gempa rencana dengan periode ulang tertentu, oleh karenanya tingkat kinerja struktur akan selalu berhubungan dengan biaya perbaikan terhadap bangunan tersebut. (ASRIADI A. 2022)

2.8 Tingkat Kinerja Struktur

Dalam desain struktur berbasis kinerja, tingkat kinerja struktur ditetapkan berdasar beberapa standar yang umum digunakan, seperti ATC-

40, dan FEMA 356. Berdasarkan ATC-40, tingkat kinerja struktur dibagi menjadi 6 yang ditabelkan pada **Tabel : 2.2**

Tabel : 2.1 Kondisi Bangunan Setelah Terjadi Gempa dan Kategorinya

Level Kinerja	Kondisi Bangunan Setelah Terjadi Gempa	Kategori Bangunan
Immediate Occupancy (IO) SP-1	Bangunan prima saat terjadi gempa, hanya mengalami kerusakan ringan, tidak timbul korban jiwa, dan dapat difungsikan kembali	Bangunan yang didesain dengan faktor keamanan tinggi, seperti rumah sakit dan tempat penyimpanan barang berbahaya
Damage Control (DC) SP-2	Bangunan yang dapat menahan gempa yang terjadi meskipun timbul kerusakan pada bangunan. Ada resiko korban jiwa minimum.	Struktur yang difungsikan menyimpan barang berharga dan bangunan-bangunan bersejarah nasional.
Life Safety (LS) SP-3	Bangunan yang diperkenankan mengalami kerusakan akibat gempa, resiko korban jiwa minimum. Bangunan dapat digunakan kembali setelah dilakukan perbaikan arsitektural pada komponen bangunan	Bangunan dengan fungsi umum, seperti perkantoran maupun rumah tinggal.
SP-4 Limited Safety	Bangunan yang setelah terjadi gempa dan dilakukan perbaikan tidak memperhitungkan aspek ekonomis saat dilakukan perbaikan	-

Level Kinerja	Kondisi Bangunan Setelah Terjadi Gempa	Kategori Bangunan
Structural Stability (SS) SP-5	Bangunan yang terjadi kerusakan bersifat struktural yang cukup signifikan pasca terjadi gempa, namun bangunan masih mampu berdiri.	-
Not Considered SP-6	Sudah bukan merupakan level kinerja struktur karena gedung sudah mengalami kerusakan struktural sangat parah dan diambang keruntuhan.	-

(Sumber : FEMA 356)

2.9 Kinerja Struktur Metode ATC-40

Respon bangunan terhadap gerakan tanah akibat gempa menyebabkan perpindahan lateral dan deformasi pada setiap elemen struktur. Pada level respon rendah, deformasi elemen akan dalam rentang elastis (linier) dan tidak akan ada kerusakan yang timbul. Pada level respon tinggi, deformasi elemen akan melebihi kapasitas linier elastis dan bangunan akan mengalami kerusakan. Untuk memberikan kinerja seismic yang andal, bangunan harus memiliki sistem penahan gaya lateral yang lengkap, mampu membatasi perpindahan lateral akibat gempa pada level kerusakan yang berkelanjutan dan untuk tujuan kinerja yang diinginkan.

Faktor-faktor dasar yang mempengaruhi kemampuan sistem penahan gaya lateral untuk melakukan hal tersebut meliputi massa bangunan, kekakuan, redaman, dan konfigurasi : kapasitas deformasi pada elemen, kekuatan dan karakter gerakan tanah. (ATC-40, 1996)

Berdasarkan (Pangestu and Pratama 2021) setiap tingkat kinerja (performance level) pada ATC-40 memiliki batas deformasi. Batasan deformasi pada berbagai tingkat kinerja ditunjukkan pada **Tabel : 2.3**

Tabel : 2.2 Batasan Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur

Tingkat Kinerja Struktur				
	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Batasan simpangan maksimum	0,01	0,01 – 0,02	0,02	$0,33 V_i / P_i$
Batas simpangan non-elastis maksimum	0,005	0,005 – 0,015	-	-

Dimana: P_i adalah gaya gravitasi total pada lantai i .

V_i adalah gaya geser total pada lantai i .

2.10 Kinerja Struktur Metode FEMA 356

Berdasarkan FEMA 356 (2000) maka kinerja struktur bangunan saat terjadi gempa dibagi menjadi beberapa kategori. Tingkat kinerja pada FEMA 356 ini secara garis besar sama dengan tingkat kinerja dalam ATC 40. Menurut Federal Emergency Management Agency (FEMA 356), Kinerja bangunan didapat dari kombinasi antara level kinerja struktur dan nonstruktur. Sasaran kinerja bangunan terdiri dari kejadian gempa rencana

(hazard), dan taraf kerusakan yang diijinkan dari bangunan terhadap kejadian gempa tersebut. Kategori level kinerja struktur dijelaskan dalam **Tabel : 2.4** dan Batas simpangan untuk berbagai level kinerja struktur dijelaskan pada **Tabel : 2.5**.

Tabel : 2.3 Kategori Level Kinerja Struktur

Kategori	Tingkat Kinerja	Uraian
S-1	Immediate Occupancy Level (Ringan)	Bangunan menerima “tanda hijau” (aman untuk digunakan)
S-2	Damage Control Performance Range (Aman Untuk Dihuni)	Kontrol kerusakan struktur berada diantara S-1 dan S-3 atau kategori bangunan aman untuk dihuni
S-3	Life Safety Performance Level (Sedang)	Struktur tetap stabil dan mempunyai kapasitas pelayanan cukup, kerusakan bagian nonstruktural masih terkontrol.
S-4	Limited Safety Performance Range (Keamanan Terbatas)	Kontrol kerusakan struktur berada diantara S-3 dan S-5 atau kategori bangunan dengan keamanannya terbatas.
S-5	Collapse Prevention Level (Berat)	Bangunan tetap berdiri, hamper runtuh, kerusakan atau kehilangan lain masih diperkenankan.

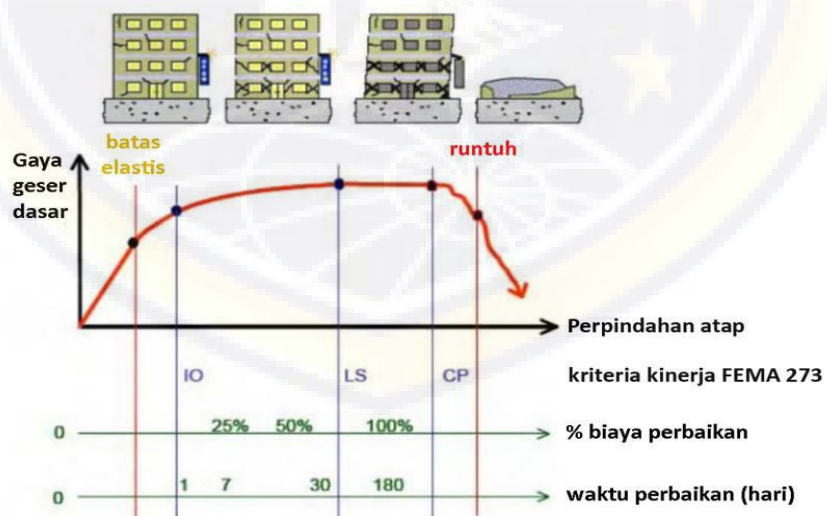
(Sumber : FEMA 356)

Tabel : 2.4 Batas Simpangan Level Kinerja Struktur

Level Kinerja Struktur	Drift (%)	Keterangan
Immediate Occupancy 1	1,0	Transient
Live Safety	1,0	Transient
	2,0	Permanent
Collapse Prevention	4,0	Transient atau permanent

(Sumber : FEMA 356)

Berdasarkan FEMA 356, tingkat kinerja struktur ditunjukkan pada **Gambar : 2.3** Secara keseluruhan tingkat kinerja FEMA tidak berbeda dengan ATC-40. Untuk menentukan tingkat kinerja pada metode FEMA 356, pendekatan dilakukan dengan memodifikasi respons elastis dari sistem berderajat kebebasan tunggal (SDOF) dengan faktor modifikasi C_0 , C_1 , C_2 , dan C_3 sehingga didapatkan nilai target perpindahan (δ_T). FEMA 440 merupakan perbaikan dari FEMA 356 dengan perubahan dalam menentukan faktor modifikasi C_1 dan C_2 .



Gambar : 2.3 Tingkat Kinerja Struktur
Sumber : (Surya and Pangestu 2017)

Jika diplotkan pada spektrum respons elastis akan menunjukkan percepatan gerakan tanah pada saat gempa yaitu akselerasi puncak, S_a , versus waktu getar, T . Redaman yang digunakan selalu 5% yang mewakili level yang diharapkan terjadi pada struktur yang mempunyai respons pada daerah elastis. Puncak perpindahan spectra elastis, S_d , berhubungan langsung dengan akselerasi spektra, S_a , dengan hubungan berikut :

$$S_d = \frac{T e^2}{4\pi^2} S_a \dots\dots\dots(1)$$

Selanjutnya target perpindahan pada titik kontrol (δt), ditentukan dari rumus berikut :

$$\delta T = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T e^2}{2\pi}\right)^2 g \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

T_e = waktu getar alami efektif yang memperhitungkan kondisi inelastic

C_0 = koefisien faktor bentuk, untuk merubah perpindahan spectral menjadi perpindahan atap, umumnya memakai faktor partisipasi ragam yang pertama (first mode participation factor) atau berdasarkan Tabel 3-2 dari FEMA 356.

C_1 = faktor modifikasi yang menghubungkan perpindahan inelastik maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon elastik linier.

$$= 1,0 \text{ untuk } T_e \geq T_s \dots\dots\dots(3)$$

$$= [1,0 + (R - 1)T_s/T_e] / R \text{ untuk } T_e < T_s \dots\dots\dots(4)$$

Ts = Waktu getar karakteristik yang diperoleh dari kurva respons spektrum pada titik dimana terdapat transisi bagian akselerasi konstan ke bagian kecepatan konstan.

R = Rasio “kuat elastik perlu” terhadap “ koefisien kuat leleh terhitung”.

Sa = Akselerasi respons spektrum yang berkesesuaian dengan waktu getar alami efektif pada arah yang ditinjau.

Vy = Gaya geser dasar pada saat leleh, dari idealisasi kurva pushover menjadi bilinear.

W = Total beban mati dan beban hidup yang dapat direduksi.

Cm = Faktor massa efektif yang diambil dari tabel 3-1 dari FEMA356 dan FEMA440.

C2 = Koefisien untuk memperhitungkan efek “pinching” dari hubungan beban deformasi akibat degradasi kekakuan dan kekuatan. Berdasarkan Tabel 3-3 dari FEMA 356.

C3 = Koefisien untuk memperhitungkan perbesaran lateral akibat adanya efek P delta. Koefisien diperoleh secara empiris dari studi statistik analisa riwayat waktu nonlinier dari SDOF dan diambil berdasarkan pertimbangan engineering judgement, dimana perilaku hubungan gaya geser dasar–lendutan pada kondisi pasca leleh kekakuannya positif (kurva meningkat) maka C3 = 1, sedangkan jika perilaku pasca lelehnya negatif (kurva menurun) maka :

$$C_3 = 1,0 + \frac{|\alpha|(R-1)^{3/2}}{T_e} \dots\dots\dots (5)$$

α = Rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastik efektif, dimana hubungan gaya lendutan diidealisasikan sebagai kurva bilinear (lihat waktu getar efektif).

g = Percepatan gravitasi 9,81 m/det²

2.11 Pembebanan dan Perilaku Dinamik Model Struktur

2.11.1 Perencanaan Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727-2019 Beban adalah gaya atau aksi lainnya akibat berat seluruh bahan bangunan, penghuni dan barang-barang yang dimilikinya, efek lingkungan, perbedaan pergerakan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Beban permanen adalah beban yang variasinya terhadap waktu sangat jarang atau kecil. Semua beban lainnya adalah beban variabel (lihat juga "beban nominal")

2.11.2 Beban Gravitasi

1. Beban Mati (Dead Load)

Beban mati ialah seluruh berat sendiri gedung dan segala unsur tambahan yang adalah bagian yang tidak terpisahkan dari gedung tersebut. Sesuai (SNI 1727:2019) mendefinisikan Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material.

2. Beban Hidup (Live Load)

Berdasarkan SNI 1727-2019 beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus merupakan beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam

Tabel : 2.6

Tabel : 2.5 Beban hidup

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	i
Atap yang digunakan penghuni	100 (4,70)	
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1.000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1.000 (4,45)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1.000 (4,45)
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1.000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1.000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1.000 (4,45)

Sumber : (SNI 1727:2019)

2.11.3 Beban Gempa

Beban gempa bisa dilakukan menggunakan 3 prosedur, yaitu analisis gaya lateral ekuivalen, analisis spektrum respons ragam, serta prosedur riwayat respons seismik.

2.11.3.1 Ketentuan Beban Gempa (Data Gempa)

1. Menentukan Kategori Resiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan

Sesuai (SNI 1726 : 2019), untuk berbagai resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel : 2.6. Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan dengan suatu faktor keutamaan I_e sesuai **Tabel : 2.8** dan **Tabel : 2.7** Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban

Tabel : 2.6 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban

JENIS PEMANFAATAN	KATEGORI RISIKO
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none">- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan- Fasilitas sementara- Gudang penyimpanan- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I

JENIS PEMANFAATAN	KATEGORI RISIKO
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat</p>	III

JENIS PEMANFAATAN	KATEGORI RISIKO
<p>sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat 	IV

JENIS PEMANFAATAN	KATEGORI RISIKO
<ul style="list-style-type: none"> - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk Menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	

(Sumber : SNI 1726-2019)

Tabel : 2.7 Faktor Keutamaan Gempa

KATEGORI RESIKO	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726-2019)

2. Menentukan Percepatan (Berdasarkan Peta Gempa 2019)

Berdasarkan percepatan terpetakan batuan dasar pada periode pendek (S_s) 0,2 detik dan periode 1 detik (S_1) dengan probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (Gempa 2500 Tahun). (MCER, 2 % 50 Tahun) Periode 0,2 hingga 1 detik mengandung energi gempa terbesar. Untuk lokasi Gedung Kampus I Universitas Bosowa berdasarkan peta gempa (2019) nilai :

$$S_s = 0.224 \text{ g} \dots\dots\dots (6)$$

$$S_1 = 0.108 \text{ g} \dots\dots\dots (7)$$

3. Menentukan klasifikasi situs untuk desain seismic

Klasifikasi situs digunakan untuk mengetahui V_s atau kecepatan rambat rata-rata gelombang geser. Untuk N/A adalah data tidak dapat dipakai.

Tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai dengan definisi dari **Tabel : 2.9** dan pasal-pasal berikut.

Tabel : 2.8 Klasifikasi situs

Kelas situs	V_s (m/detik)	N atau Nch	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	>100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

Kelas situs	Vs(m/detik)	N atau Nch	Su (kPa)
SE (tanah lunak)	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $Su < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1) Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah 2) Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) 3) Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plasitisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $Su < 50$ kPa		

(Sumber : SNI 1726-2019)

4) Menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v

Parameter spektrum respon percepatan pada perioda pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1) yang disesuaikan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a \times S_s \dots\dots\dots(8)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

S_s = Parameter respon spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda pendek

S_1 = Parameter respon spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda 1,0 detik

Dalam penentuan nilai F_a dan F_v dapat dilihat dari **Tabel : 2.10** dan

Tabel : 2.11 berikut :

Tabel : 2.9 Koefisien Situs , F_a

Kelas situs	Parameter Respon Spektra Percepatan Gempa (MCE_R) Terpetakan Pada Perioda Pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$	$S_s \geq 1,5$
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	$SS^{(a)}$					

(Sumber : SNI 1726-2019)

Tabel : 2.10 Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
SD	2.4	2.2	2.2	1.9	1.8	1.7
SE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
SF	$SS^{(a)}$					

(Sumber : SNI 1726-2019)

Catatan :

- a) Untuk nilai-nilai antara S_s dan S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
- b) S_s = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs spesifik

5) Menghitung Parameter Percepatan Spektral Desain

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

$$S_{DS} = 2/3 \times S_{MS} \dots\dots\dots (10)$$

$$S_{D1} = 2/3 \times S_{M1} \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan :

S_{DS} = Parameter respon spektral percepatan desain periode 0,2 detik

S_{D1} = Parameter respon spektral percepatan desain periode 1 detik

6) Menentukan Respon Spetrum Desain

Dalam tata cara ini diperlukan respon spektrum desain dengan cara S_a .

- a. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , Spektrum percepatan desain, S_a , harus diambil persamaan :

$$S_a = SDS (0,4 + 0,6 \times T/T_0) \dots\dots\dots (12)$$

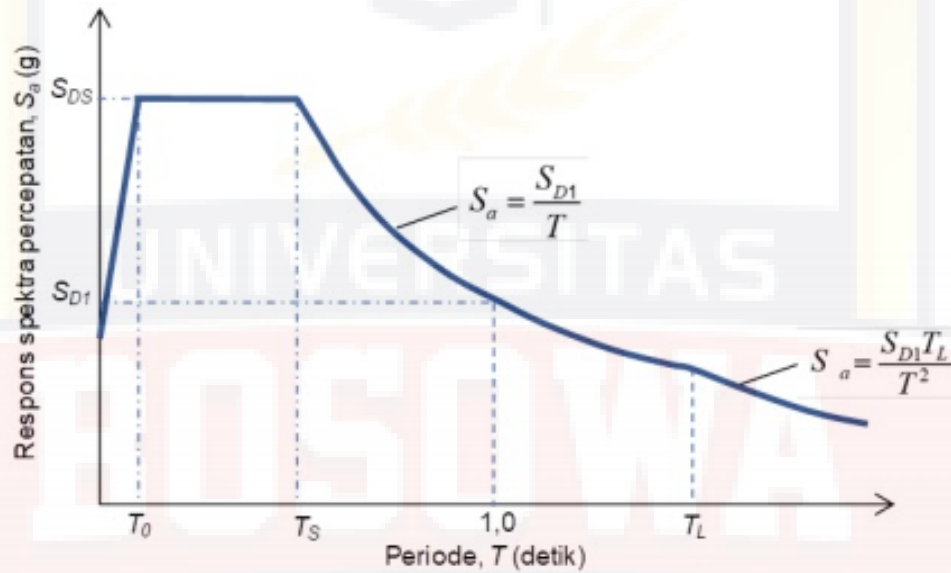
- b. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain.

$$S_a = S_{DS} \dots \dots \dots (13)$$

c. Untuk periode yang lebih besar dari T_0 , Spektrum percepatan desain,

S_a , harus diambil persamaan :

$$S_a = S_{D1}/T \dots \dots \dots (14)$$



Gambar : 2.4 Spektrum Respons Desain
(Sumber : SNI 1726-2019)

Keterangan :

T = Periode getar fundamental struktur

$T_0 = 0,2 \times S_{D1}/S_{DS}$ untuk periode 0.2 detik

$T_s = S_{D1}/S_{DS}$ untuk periode 1 detik

7. Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek bisa dilihat pada Tabel : 2.12

Tabel : 2.11 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 < S_{DS} < 0,55$	C	D
$0,55 < S_{DS}$	D	D

(Sumber : SNI 1726-2019)

Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 detik bisa dilihat pada Tabel : 2.13

Tabel : 2.12 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan

Nilai S_{D1}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,167 < S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 < S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 < S_{D1}$	D	D

(Sumber : SNI 1726-2019)

Keterangan :

Kategori resiko E = Struktur dengan kategori risiko I, II, dan III dengan S_1 lebih besar sama dengan 0,75.

Kategori resiko F = Struktur dengan kategori risiko IV dengan S_1 lebih besar sama dengan 0,75.

8. Menentukan Sistem Struktur dan Parameter Struktur

Sistem penahan gempa lateral dan vertikal dasar harus disesuaikan dengan Tabel : 2.14. Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal penahan gaya gempa lateral.

Tabel : 2.13 Faktor R, C_d , dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (Sistem Rangka Pemikul Momen Beton Bertulang)

No	Sistem Rangka Pemikul Momen	Koefisien Modifikasi Respons, (R)	Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0)	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)	Batasan Kategori Desain Seismik				
					B	C	D	E	F
1	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
2	Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah	5	3	4½	TB	TI	TI	TI	TI
3	Pemikul Momen Biasa	6	3	5 ½	TB	TB	TI	TI	TI

(Sumber : SNI 1726-2019)

Keterangan :

TB = tidak dibatasi

TI = tidak diijinkan

9. Batasan periode fundamental struktur (T)

Periode fundamental struktur, T, dalam arah yang ditinjau wajib diperoleh menggunakan properti struktur serta karakteristik deformasi elemen penahan pada analisis yang teruji. Periode fundamental struktur, T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dari SNI 1726-2019 serta perioda fundamental pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726-2019 Pasal 7.8.2.1. sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk memilih fundamental struktur, T, diizinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai SNI 1726-2019 Pasal 7.8.2.1, seperti pada persamaan berikut :

$$T_a = C_t \times h_n^x \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan :

H_n adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari SNI 1726-2019.

Tabel : 2.14 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber : SNI 1726-2019)

Tabel : 2.15 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

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

(Sumber : SNI 1726-2019)

Menjadi alternatif, diijinkan buat menentukan periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, dari persamaan berikut buat struktur menggunakan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan serta tinggi tingkat paling sedikit 3 m :

$$T_a = 0,1N \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan :

N = jumlah tingkat

Periode fundamental struktur (T) yang digunakan :

Jika $T_c > C_u T_a$ gunakan $T = C_u T_a \dots\dots\dots(17)$

Jika $T_a < T_c < C_u T_a$ gunakan $T = T_c \dots\dots\dots(18)$

Jika $T_c < T_a$ gunakan $T = T_a \dots\dots\dots(19)$

Keterangan :

T_c = perioda fundamental struktur yang diperoleh program analisis struktur.

2.11.3.2 Gempa Dinamik Respons Spektrum (RSP)

Desain gempa dinamik respons spektrum disusun berdasarkan respons terhadap percepatan tanah (ground acceleration) akibat rekaman gempa. Spektrum desain (design spectrum) artinya representasi gerakan tanah (ground motion) akibat getaran gempa yang pernah terjadi untuk suatu lokasi. Beberapa faktor pertimbangan untuk pemilihan design spectrum ialah besar skala gempa, jarak lokasi ke pusat gempa, mekanisme sesar, jalur rambatan gelombang gempa, dan kondisi tanah lokal.

Selanjutnya akan diuraikan ketentuan analisis beban gempa menggunakan metode respon spektrum sebagai berikut:

a. Kurva respons spektrum

Dari data wilayah gempa dan jenis tanah, selanjutnya bisa ditentukan grafik respons spektrum yang bersesuaian. menentukan kurva respons spektrum bisa didapatkan pada Peta Gempa dan Respon Spektra 2019 atau Aplikasi RSA 2019

b. Data kasus respons spektrum

Scale factor

$$\text{Faktor skala gempa} = (G \times I_e) / R \dots\dots\dots(20)$$

Keterangan :

G = gravitasi (9,81 m/s)

I_e = faktor keutamaan gempa

R = koefisien modifikasi respons

c. Data kasus modal (load case data – modal)

Analisis modal (modal analysis) digunakan buat menentukan ragam vibrasi struktur (vibration modes), yang bermanfaat buat memahami perilaku struktur. Jumlah ragam vibrasi (mode) yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam dari metoda ini wajib sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total (mass participation ratio) harus mencapai sekurang-kurangnya 90%.

d. Massa struktur (define mass source)

Pada analisis beban statik, maka pembebanan di struktur langsung berasal dari beban tersebut. Sedangkan pada analisis dinamik (dalam hal ini beban dinamik response spectrum), secara garis besar beban berasal dari percepatan gempa dikalikan dengan massa struktur.

Massa dari struktur akan ditentukan berasal dari :

- 1) Berat sendiri struktur seperti elemen balok, kolom, dan pelat
- 2) Beban mati tambahan seperti finishing/keramik, dinding, dst.
- 3) Beban hidup seperti perabotan yang besarnya bisa berkisar 25%-30% beban hidup total.

2.11.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan mengacu pada SNI 1726 - 2019 Pasal 4.2.2.1 dan 4.2.2.3 persamaan sebagai berikut :

A. Kombinasi dasar Pasal 4.2.2.1

$$1,4 D \dots\dots\dots(21)$$

$$1,2 D + 1,6 L \dots\dots\dots(22)$$

B. Kombinasi dasar dengan efek beban seismik Pasal 4.2.2.3

$$1,2D + E_v + E_h + L \dots\dots\dots(23)$$

$$0,9D + E_h - E_v \dots\dots\dots(24)$$

C. Nilai E_h dan E_v berdasarkan pasal 7.4.2.1

$$E_h = \rho \times Q_E \dots\dots\dots(25)$$

$$E_h = 0,2 \times S_{DS} \times D \dots\dots\dots(26)$$

2.12 Kontrol Struktur

2.12.1 Gaya geser dasar (V)

SNI Gempa 1726-2019 disebutkan apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) kurang dari 100% dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/V_t , dimana. V adalah gaya geser dasar statik ekuivalen yang dihitung, dan V_t adalah gaya geser dasar yang didapatkan dari hasil analisis kombinasi ragam.

2.12.2 Partisipasi massa

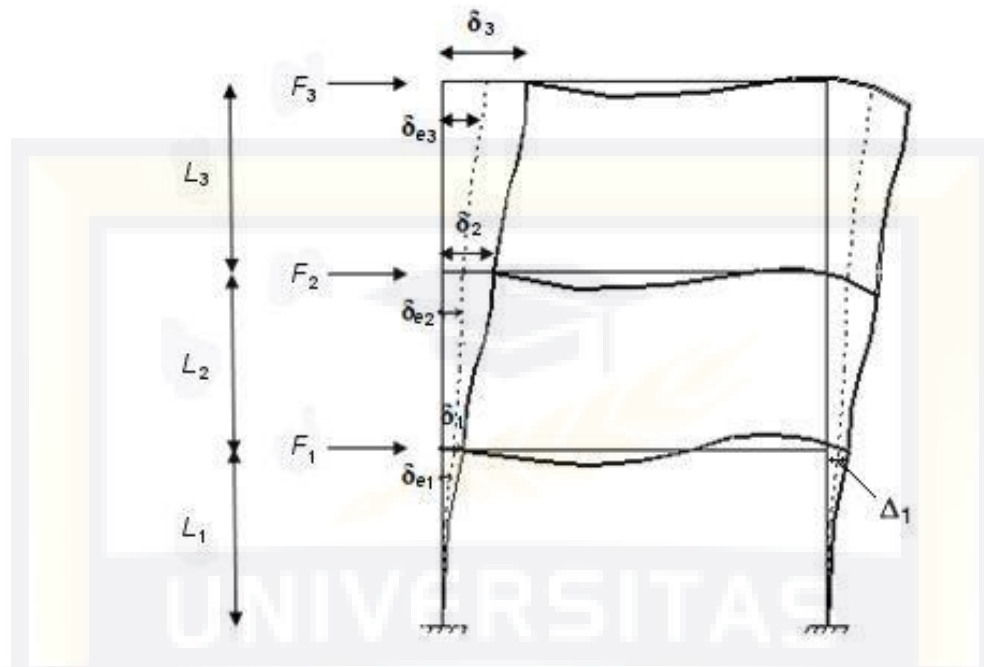
Pada SNI Gempa 1726-2019 disebutkan Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 % dari massa struktur. Untuk mencapai ketentuan ini, untuk ragam satu badan kaku (single rigid body) dengan periode 0,05 detik, diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan periode di bawah 0,05 detik.

Sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

2.12.3 Partisipasi massa

2.12.3.1 Penentuan simpangan struktur (Δ)

Penentuan simpangan antar tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak segaris dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung simpangan di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika desain tegangan izin digunakan, Δ harus dihitung menggunakan gaya seismik desain yang ditetapkan dalam 0 tanpa reduksi untuk desain tegangan izin. Simpangan antar lantai dapat ditentukan dengan menggunakan acuan SNI 1726-2019 Pasal 7.8.6 atau **Gambar : 2.5** dibawah ini.



Gambar : 2.5 Penentuan simpangan struktur (Δ)

Keterangan **Gambar : 2.5**

Tingkat 3

F_3 = Gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_{e3} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_3 = $C_d \cdot \delta_{e3} / I_e$ = perpindahan yang diperbesar

Δ_3 = $(\delta_{e3} - \delta_{e2}) C_d / I_e \leq \Delta_\alpha$ (Tabel 2.9)

Tingkat 2

F_2 = Gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_{e2} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_2 = $C_d \cdot \delta_{e2} / I_e$ = perpindahan yang diperbesar

Δ_1 = $(\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I_e \leq \Delta_\alpha$ (Tabel 2.9)

Tingkat 1

F_1 = Gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_{e1} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_1 = $C_d \cdot \delta_{e1} / I_e$ = perpindahan yang diperbesar

Δ_1 = $\delta_1 \leq \Delta_\alpha$ (Tabel 2.9)

Δ_i = simpangan antar lantai

Δ_i / L_i = rasio simpangan antar lantai

δ_3 = perpindahan total

2.12.3.2 Batasan simpangan struktur (Δ_α)

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) seperti ditentukan SNI 1726-2019 tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_α) seperti didapatkan dari SNI 1726-2019 untuk semua tingkat, seperti pada

Tabel : 2.17.

Tabel : 2.16 Simpangan antar tingkat izin, $\Delta_\alpha^{a,b}$

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010h_{sx}

(Sumber : SNI 1726-2019)

2.13 Pendekatan Desain Gedung

2.13.1 Kriteria Desain Struktur

1. Menentukan Mutu Beton

Pada mutu beton yang digunakan berdasarkan (Pengujian Pundit). Melakukan observasi dengan alat UPV Pundit test, pengujian yang tidak merusak beton untuk melakukan identifikasi kualitas/mutu beton dengan menggunakan ultrasonic pada beton.

UPV (Ultrasonic Pulse Velocity) Test dilakukan untuk mengetahui kedalaman retak dan menggambarkan mutu beton pada struktur aktual. Gelombang ultrasonic yang digunakan merupakan gelombang mekanis dengan frekuensi di atas 20 Hz. Pada umumnya, alat ini disebut sebagai *Portable Ultrasonic Non Destructive Indicating Tester*). Prinsip kerja dari alat PUNDIT adalah memancarkan gelombang dari transducer (pemancar) melalui lapisan inti beton dan gelombang berikutnya yang diterima oleh receiver (penerima). (SUCOFINDO 2022)

2. Menentukan Mutu Baja Tulangan

Pada mutu baja tulangan yang digunakan berdasarkan (Eksisting) sesuai peraturan (SNI 2052 - 2002). Perencanaan struktur Gedung Kampus I Universitas Bosowa akan digunakan kelas baja tulangan BjTP 24. Dengan mutu baja $f_{yt} = 240$ Mpa didapatkan dari wawancara langsung dengan pelaksana pada saat itu yaitu Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M. Si

Melakukan observasi dengan Rebar Scan test merupakan satu dari alat uji tanpa rusak / Non-Destructive Test yang bergerak dalam bidang Structural Engineering, yang dimanfaatkan untuk mengukur tebal selimut beton, jarak antar tulangan.

2.13.2 Desain Elemen Struktur

1. Menentukan Dimensi Pelat

Dalam menentukan ketebalan pelat lantai yang memiliki balok disemua sisinya, SNI 2847-2019 bisa dijadikan acuan.

Pada struktur Gedung ini akan diasumsikan nilai $\alpha_{fm} \leq 0,2$ dengan ketebalan minimum adalah 125 mm. Sehingga ditentukan ketebalan pelat lantai yang akan digunakan dari hasil pengukuran langsung adalah $h = 120$ mm, dan pelat atap 120 mm

Menentukan nilai momen inersia diturunkan untuk komponen struktur nonprategang. Untuk komponen struktur prategang, momen inersia bisa berbeda tergantung pada jumlah, lokasi, tipe penulangan dan derajat retak sebelum mencapai beban ultimit.

Tabel : 2.17 Momen inersia dan luas penampang yang diizinkan untuk analisis elastis pada level beban terfaktor

Bagian dan kondisi		Momen inersia	Luas penampang
Kolom		$0,70 I_g$	$1,0A_g$
Dinding	Tidak retak	$0,70 I_g$	
	Retak	$0,35 I_g$	
Balok		$0,35 I_g$	
Pelat datar dan slab datar		$0,25 I_g$	

(Sumber : SNI 2847-2019)

2. Menentukan Dimensi Balok

Dalam menentukan dimensi balok, SNI 2847-2019 sesuai tabel : 2.17 bisa dijadikan acuan. Dengan memilih parameter perletakan menerus dua sisi.

Tabel : 2.18 Tinggi minimum balok nonprategang

Kondisi perlekatan	Minimum h
Perlekatan sederhana	$l/16$
Menerus satu sisi	$l/18,5$
Menerus dua sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

(Sumber : SNI 2847-2019)

maka tinggi minimum balok dapat dihitung dengan persamaan $l/21$.

Sehingga:

$$h_{\min} = \frac{8000}{21} = 380.952 \text{ mm}$$

Karenakan struktur akan didesain Pemikul Momen Biasa, perlu diperhatikan syarat lebar minimum dari balok yang akan direncanakan. Menyebutkan bahwa minimum lebar balok 250 mm. Dalam perencanaan ini, akan ditentukan nilai $b = 350 \text{ mm} >$ dari lebar minimum (250 mm). Selanjutnya menentukan tinggi balok adalah dengan rumus pendekatan yang disarankan oleh Chu-Kia Wang & Salmon, bahwa rasio tinggi dan

lebar dari balok adalah $h/b = 1,5$ s/d 2 . Dalam perencanaan ini, rasio yang dipilih adalah 2 sehingga tinggi balok $h = 2 \times b = 2 \times 350 = 700$ mm.

Setelah dilakukan pengukuran, ukuran balok induk sama dengan menentukan dimensi balok berdasarkan SNI 2847-2019 yaitu lebar 350 mm dan tinggi 700 mm dan untuk balok anak, besaran b akan dipilih sebesar 250 mm dan h sebesar 500 mm.

3. Menentukan Dimensi Kolom

Dalam menentukan dimensi kolom, melakukan tinjauan langsung dengan cara pengukuran menggunakan meteran dan roll meter setiap lantai di Gedung Kampus I Universitas Bosowa sebagai bahan acuan, yang dimana hasil pengukuran penampang kolom dengan $K1 = 800 \times 800$ mm dan $K2 = 600 \times 600$ mm

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Judul pada penelitian ini Evaluasi Bangunan Gedung Kampus I Universitas Bosowa Dengan Metode Pendekatan Desain Berbasis Kinerja. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur gedung 9 lantai yang mana dalam kondisi eksisting didesain dari data sekunder dan primer. Gedung tersebut akan dievaluasi kinerjanya dalam menahan gempa sesuai dengan SNI 1726:2019. Struktur dianalisis menggunakan perangkat lunak ETABS v19 dengan struktur tangga tidak dimodelkan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

- Waktu Penelitian

Waktu yang digunakan peneliti untuk penelitian ini dilaksanakan 1 bulan pengumpulan data dan 1 bulan pengolahan data yang meliputi penyajian dalam bentuk tugas akhir dan proses bimbingan berlangsung.

- Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ini adalah Gedung I Universitas Bosowa yang lokasinya berada di Jl. Urip Sumoharjo No.Km.4, Sinrijala, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90232.

3.3 Sumber Data Gedung

3.3.1 Data Gedung Penelitian

Data – data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

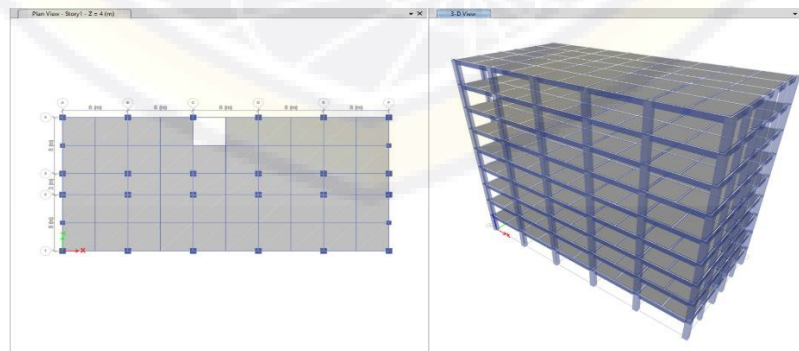
1. Nama Bangunan : Universitas Bosowa Makassar
2. Fungsi Bangunan : Kampus
3. Jumlah Lantai : 9 Lantai
4. Tinggi Gedung : 36 meter
5. Luas Gedung : 760 m²
6. Tinggi lantai 1 : 4 meter
7. Tinggi lantai diatasnya : 4 meter
8. Sistem Struktur : SRPMK (**Tabel : 2.14**)
9. Material : Beton Bertulang
10. Mutu (fc')
Kolom 1 : 22,65 MPa
Kolom 2 : 15,98 MPa
Balok : 55,20 MPa
11. Mutu Baja Utama (fy) : 240 MPa
Mutu Baja Geser (fy) : 240 MPa
12. Dimensi Balok : B1 = 700x350 mm
: B2 = 500x250 mm
13. Dimensi Kolom : K1 = 800x800 mm
K2 = 400x400 mm
14. Ketebalan Pelat Lantai : 120 mm
Pelat Atap : 120 mm

3.3.2 Data Gedung Penelitian

Pengumpulan data Gedung Kampus I Universitas Bosowa didapatkan dari dua jenis yaitu data skunder yaitu, Shop Drawing struktur gedung Universitas Bosowa berasal dari tugas akhir “Redesain Kampus Universitas Bosowa Makassar Dengan Penerapan Arsitektur Hemat Energi” dari Rizki Ismail dan pengukuran langsung yang dibuat ulang kemudian data ini digunakan untuk tahapan pemodelan struktur gedung 3D pada program ETABS v19. Data primer dari data-data struktur gedung yaitu, elemen dan material didapatkan dari pengukuran Langsung, pengujian UPV Pundit, dan Pengujian Rebar Scanner.

3.4 Pemodelan struktur Gedung

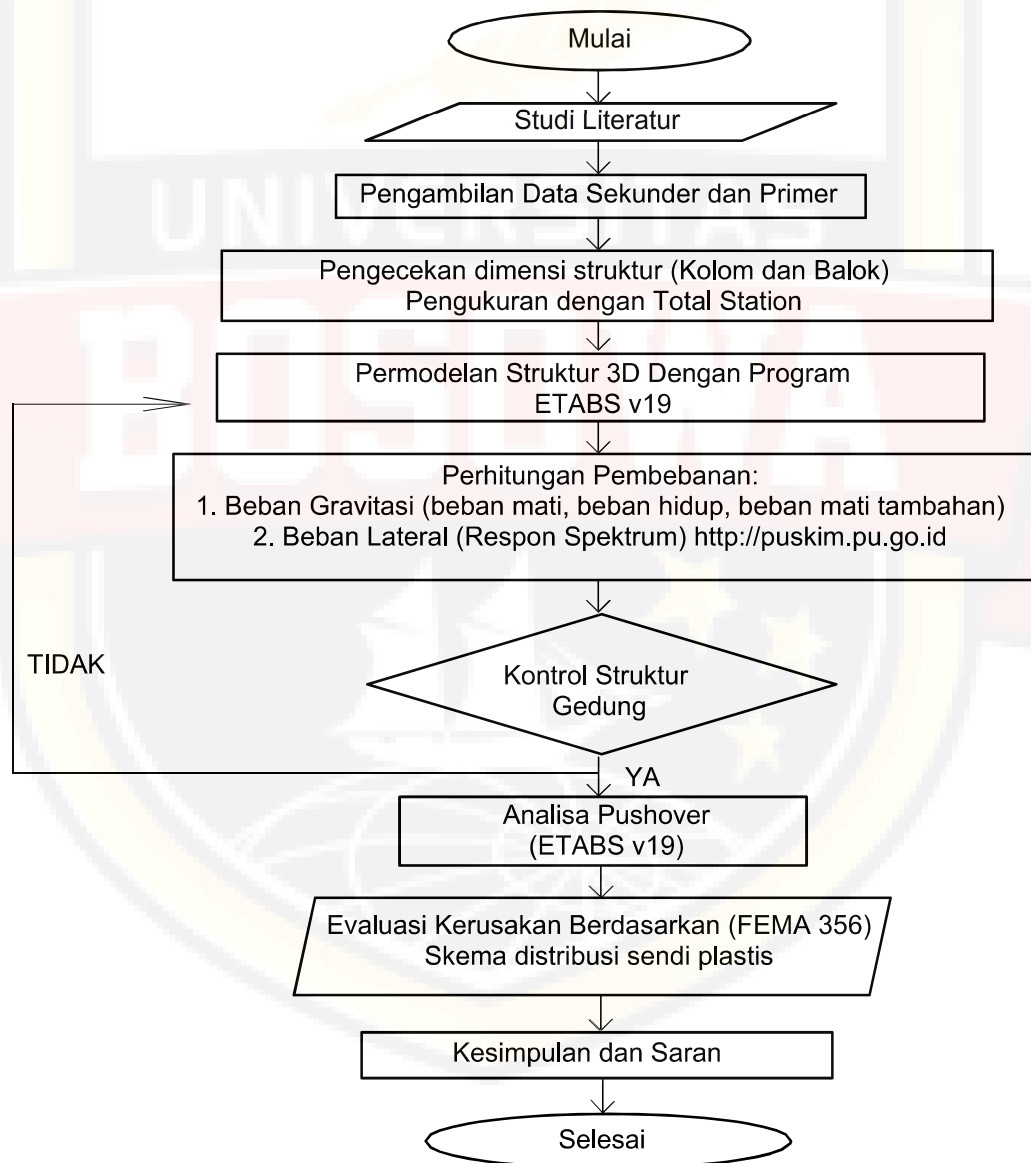
Dalam Pemodelan struktur ini perencana/penulis akan menggunakan program ETABSv19. Struktur akan ditinjau dalam model 3 dimensi, analisa pembebanan gempa yang digunakan adalah analisa respon spectrum pada program ETABSv19, dan analisa sistem strukturnya menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan kemudian akan di tinjau dengan menggunakan analisa pushover dengan bantuan program ETABSv19.



Gambar : 3.1 Pemodelan di ETABS V19
Sumber : (Hasil Pengolahan, 2022)

3.5 Diagram Alir Analisis

Untuk memudahkan proses penelitian dan mencapai hasil sesuai dengan yang diinginkan, perlu adanya diagram alir analisis penelitian agar proses penelitian lebih mudah dipahami dan terarah. Berikut tahap – tahap proses pengerjaan penelitian :



Gambar : 3.2 Flowchart / Diagram Alir Penelitian
Sumber : (Hasil Pengolahan, 2022)

3.6 Prosedur Perencanaan

Berikut merupakan prosedur dalam pengolahan data perencanaan sebagai berikut :

- a. Pengumpulan data-data seperti pembuatan ulang gambar struktur dari pengukuran langsung dan referensi, data bahan dari pengujian UPV Pundit, Rebar Scanner, wawancara dengan Prof. Dr. Ir M. Natsir Abduh, M. Si dan Ir Fauzy Lebang, ST. MT, data pembebanan dari SNI 1726-2019 dan PPURG 1987, data penampang dari pengukuran langsung dan wawancara dengan Prof. Dr. Ir M. Natsir Abduh, M. Si, dan data gempa dari PUSKIM PUPR 2019
- b. Pemodelan struktur seperti pendefinisian dimensi kolom, balok induk, balok anak, pelat serta memasukkan material yang digunakan
- c. Menginput hasil perhitungan pembebanan yakni beban mati, beban hidup, beban gempa serta kombinasi pembebanan di ETABS v19
- d. Kemudian menganalisis kontrol struktur penampang di ETABS v19 dan Microsoft Excel.
- e. Setelah menganalisis kontrol struktur penampang maka keluarlah hasil analisis jika penampang sudah dalam keadaan aman terhadap beban gravitasi dan beban lateral
- f. Selanjutnya hasil perencanaan kita uji dengan melakukan Pushover Analysis di ETABS v19
- g. Menampilkan kurva kapasitas hasil analisis Pushover, kemudian menentukan titik kinerja gedung dengan metode spectrum kapasitas

- h. Kemudian menetapkan level kinerja gedung berdasarkan hasil perencanaan
- i. Kemudian membuat sebuah kesimpulan berdasarkan hasil analisis sesuai dengan tujuan penelitian.

3.7 Analisis pembebanan struktur gedung

Beban-beban yang bekerja pada struktur berupa beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa.

3.7.1 Beban mati

a. Beban mati struktur/sendiri

Beban mati yang diperhitungkan pada struktur gedung bertingkat ini adalah berat sendiri elemen struktur bangunan yang terdiri dari kolom, balok, dan pelat.

Sesuai pada pemodelan yang ada dimana beban mati atau berat sendiri gedung telah dihitung secara otomatis oleh program ETABSv19 serta dimasukkan dalam load case DEAD yaitu 1.

b. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan yaitu beban yang ditambah pada berat sendiri struktur. Sedangkan, buat beban mati tambahan bebannya perlu dimasukkan secara manual menggunakan data yang ada serta dalam load case SIDL adalah 0.

3.7.2 Beban hidup

Besarnya beban hidup lantai bangunan tergantung dari fungsi bangunan atau ruang yang digunakan ditunjukkan pada **Tabel : 2.6**. Beban hidup yang dimasukkan pada program ETABSV19 dinotasikan dalam live. Beban hidup disesuaikan dengan peraturan yang ada. Besarnya beban hidup lantai bangunan tergantung dari fungsi bangunan atau ruang yang dipergunakan. Perhitungan beban hidup ini pada program ETABSV19 yang buat LIVE ialah 0, di mana beban hidup perlu dimasukkan secara manual sesuai dengan data yang ada.

3.7.3 Beban gempa

Pada perencanaan gedung ini, analisis beban gempa dilakukan dengan cara respons spektrum. Perhitungan analisis struktur gedung terhadap beban gempa mengacu pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2019) dan PUSKIM PUPR 2019. Analisis gempa dimulai dengan data gempa kemudian analisis gempa respons spektrum.

3.7.4 Kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan terdiri dari 6 kombinasi dimana bertujuan agar dapat mengetahui keamanan struktur dengan mengontrol struktur.

Tabel : 3.1 Kombinasi Pembebanan

Nama kombinasi	Kombinasi pembebanan
COMB 1	1,4D
COMB 2	1,2D + 1,6L
COMB 3	$(1,2 + 0,2S_{DS}) D + \rho \cdot RSP_x + L$
COMB 4	$(1,2 + 0,2S_{DS}) D + \rho \cdot RSP_y + L$
COMB 5	$(0,9 + 0,2S_{DS}) D + \rho \cdot RSP_x$
COMB 6	$(0,9 + 0,2S_{DS}) D + \rho \cdot RSP_y$

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.8 Kontrol struktur gedung

Kontrol struktur gedung dimaksud agar supaya struktur gedung tetap pada syarat aman terhadap efek beban gempa. Kontrol struktur gedung antara lain gaya geser dasar (V), partisipasi massa, serta simpangan antar struktur pada program ETABSv19 dan Microsoft Excel.

3.9 Evaluasi Struktur

3.9.1 Pushover

Pada static pushover case dibuat dua macam pembebanan, dimana yang pertama adalah pembebanan akibat beban gravitasi yang diberi nama GRAV dan pembebanan lateral yang diberi nama PUSH.

Untuk beban lateral pola pembebanan yang diberikan secara berangsur-angsur adalah sesuai dengan mode pertama struktur. Keadaan awal untuk kondisi pembebanan ini diambil dari kondisi pushover sebelumnya yaitu pushover case GRAV.

3.9.2 Input parameter FEMA 356

Input parameter FEMA 356 ada data yang didapatkan dari SNI Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 – 2019) ataupun PUSKIM.

3.9.3 Hasil Evaluasi Tingkat Kinerja Struktur

Tingkat kinerja struktur dapat diketahui melalui pendekatan metode FEMA 356 dengan memanfaatkan fitur di dalam perangkat lunak ETABS, menampilkan hasil performance point yang diperoleh melalui metode FEMA 356 untuk arah X dan Y secara berturut – turut

3.9.4 Pembahasan hasil analisis pushover

Pada program ETABS hasil analisis didapat kurva kapasitas, target perpindahan dan sendi plastis yang dianalisis secara otomatis. Berdasarkan hasil analisis (kurva kapasitas dan target perpindahan), maka dibuat evaluasi komponen elemen struktur (distribusi sendi plastis), untuk diambil kesimpulan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

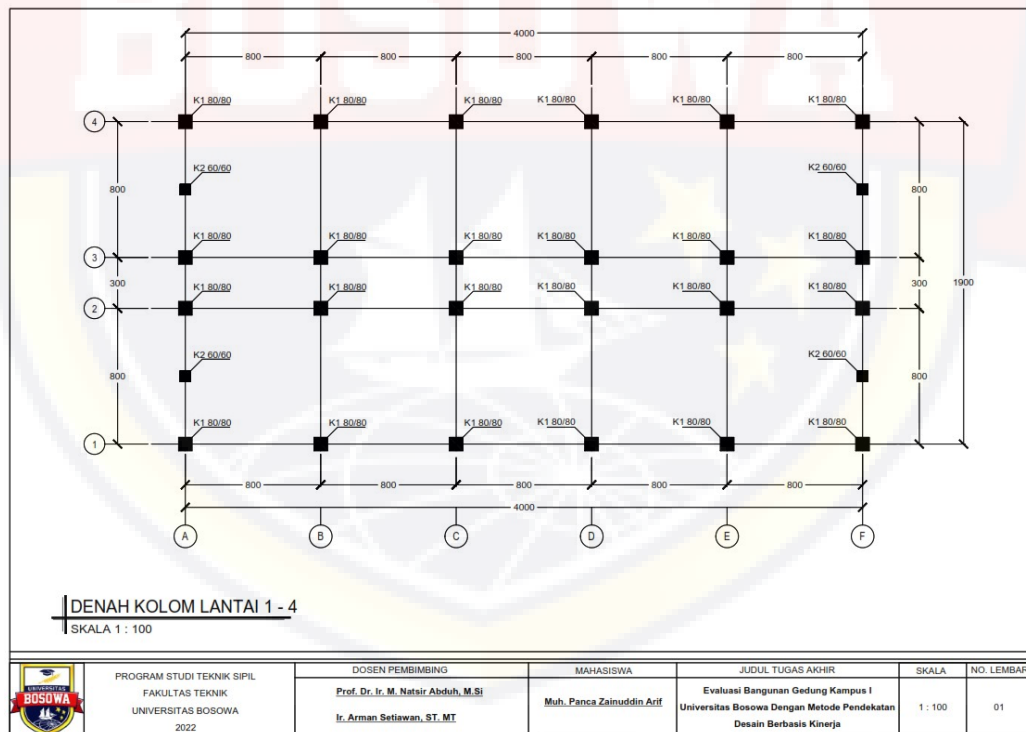
4.1 Data Struktur Gedung

Data gedung mencakup tipikal gedung tiap lantai, data koordinat gedung, data elemen gedung.

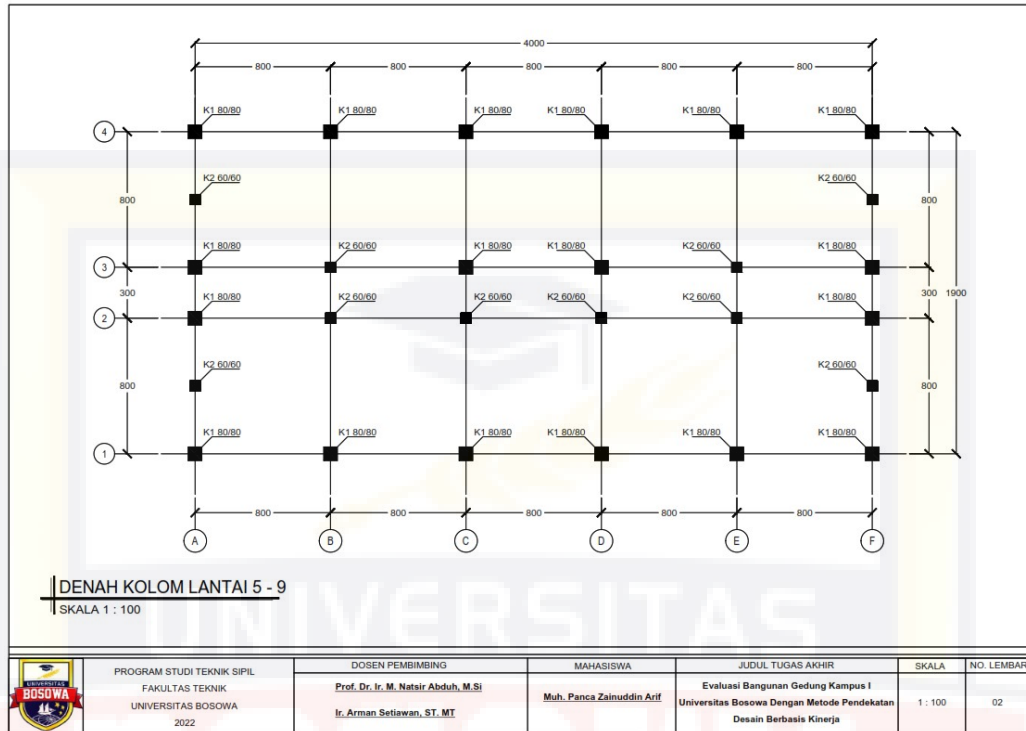
4.1.1 Denah Struktur Gedung

Denah gedung ini adalah denah lantai struktur yang dibuat ulang dan hanya ditampilkan berupa typical struktur saja yaitu hanya menampilkan garis besar saja. Typical gedung struktur bisa dilihat pada **Gambar 4.1** s/d

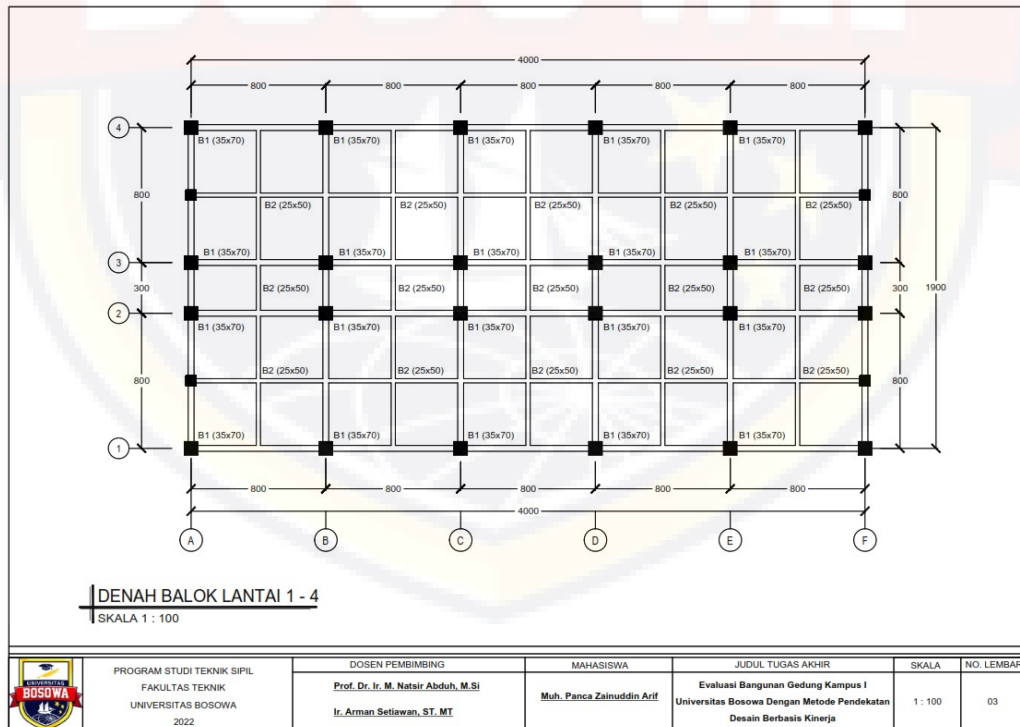
Gambar 4.3 berikut ini.



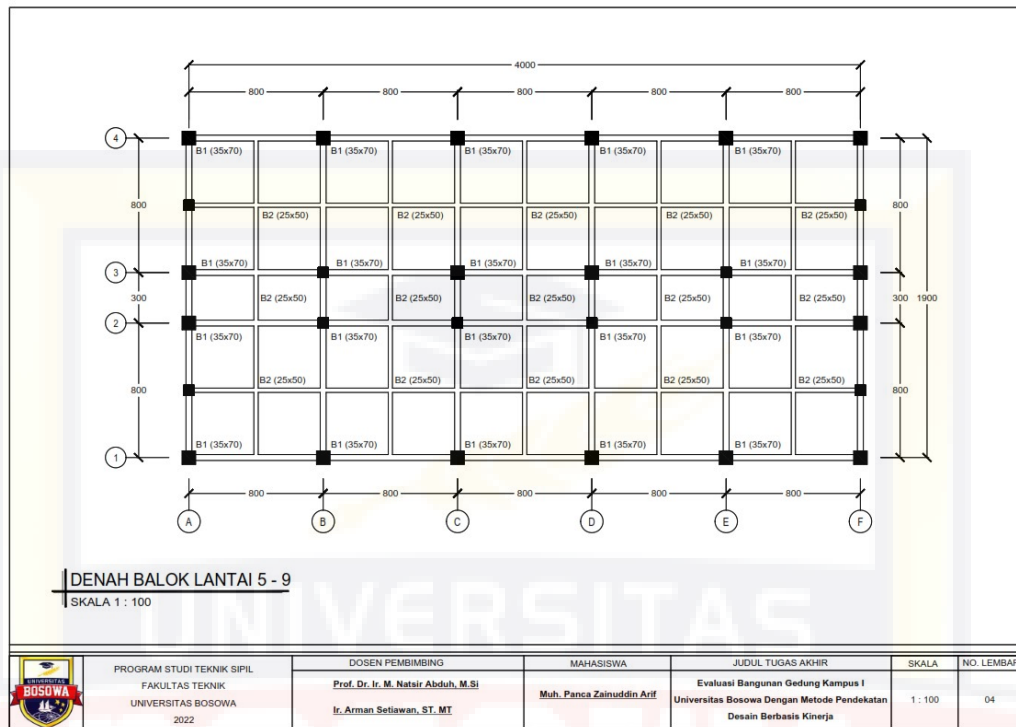
Gambar : 4.1 Typical struktur Kolom gedung lantai 1 - 4
Sumber : (Hasil Gambaran Ulang, 2022)



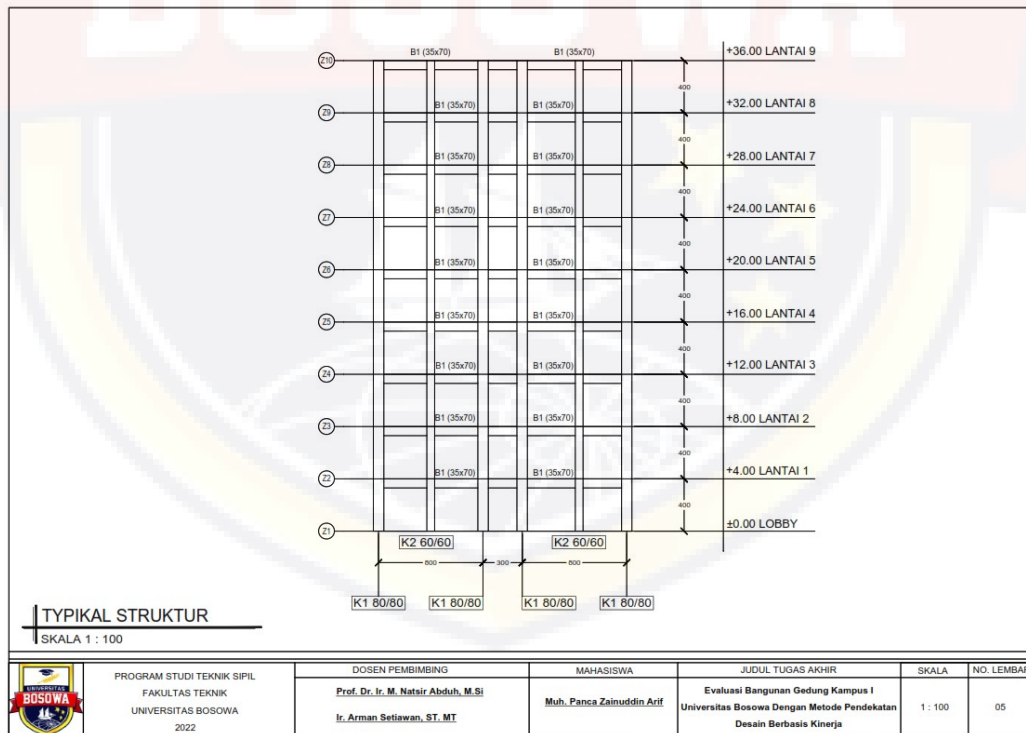
Gambar : 4.2 *Typikal struktur kolom gedung lantai 5 - 9*
 Sumber : (Hasil Gambaran Ulang, 2022)



Gambar : 4.3 *Typikal struktur balok gedung lantai 1 - 4*
 Sumber : (Hasil Gambaran Ulang, 2022)



Gambar : 4.4 *Typikal struktur balok gedung lantai 5 - 9*
 Sumber : (Hasil Gambaran Ulang, 2022)



Gambar : 4.5 *Typikal struktur Tampak gedung tiap lantai*
 Sumber : (Hasil Gambaran Ulang, 2022)

4.1.2 Data Koordinat Struktur Gedung

Tabel : 4.1 Koordinat arah X

No	Label	Jarak (mm)	Koordinat (mm)
1	A	8000	0
2	B	8000	8000
3	C	8000	16000
4	D	8000	24000
5	E	8000	32000
6	F	0	40000

Sumber : (Hasil Pengolahan, 2022)

Tabel : 4.2 Koordinat arah Y

No	Label	Jarak (mm)	Koordinat (mm)
1	1	8000	0
2	2	3000	8000
3	3	8000	11000
4	4	0	19000

Sumber : (Hasil Pengolahan, 2022)

Tabel : 4.3 Koordinat arah Z

No	Label	Lantai	Jarak (mm)	Koordinat (mm)
1	Base	Lobby / 1	4000	0
2	Z1	2	4000	4000
3	Z2	3	4000	8000
4	Z3	4	4000	12000
5	Z4	5	4000	16000
6	Z5	6	4000	20000
7	Z6	7	4000	24000
8	Z7	8	4000	28000
9	Z8	9	4000	32000
10	Z9	Atap	0	36000

Sumber : (Hasil Pengolahan, 2022)

4.1.3 Data Elemen Struktur Gedung

Data elemen gedung terdiri dari pelat atap, pelat lantai 1 – lantai 9, balok, kolom, dan dinding geser. Untuk lebih jelas data elemen gedung dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel : 4.4 Data elemen gedung

No	Elemen	Dimensi (mm)
1	Pelat Atap	120
2	Pelat Lantai 1 – Lantai 9	120
3	Balok Induk Balok Anak	700 x 350 500 x 250
4	Kolom	800 x 800 600 x 600

Sumber : (Hasil Survey Data, 2022)

4.1.4 Data Material Struktur Gedung

Gedung Kampus I Universitas Bosowa memakai bahan beton bertulang yang berarti menggunakan dua bahan yaitu beton dan baja tulangan, sehingga data spesifikasi material gedung ada dua yaitu data spesifikasi beton dan data spesifikasi baja tulangan.

4.1.4.1 Data Material Beton

a) Kolom 1 (Pengujian UPV Pundit)

Berat jenis beton (BJc) : 2400 kg/m³

Modulus elastisitas beton (Ec) : $4700 \sqrt{f'c} = 22368,2475844667$ MPa

Angka poison beton (u) : 0,15

Kuat tekan beton (f'c) : 22,65 MPa

b) Kolom 2 (Pengujian UPV Pundit)

Berat jenis beton (BJc)	: 2400 kg/m ³
Modulus elastisitas beton (Ec)	: $4700 \sqrt{f'c} = 18788,246325$ MPa
Angka poison beton (u)	: 0,15
Kuat tekan beton (f'c)	: 15,98 MPa

c) Balok (Pengujian UPV Pundit)

Berat jenis beton (BJc)	: 2400 kg/m ³
Modulus elastisitas beton (Ec)	: $4700 \sqrt{f'c} = 34919,45016$ MPa
Angka poison beton (u)	: 0,15
Kuat tekan beton (f'c)	: 55,20 MPa

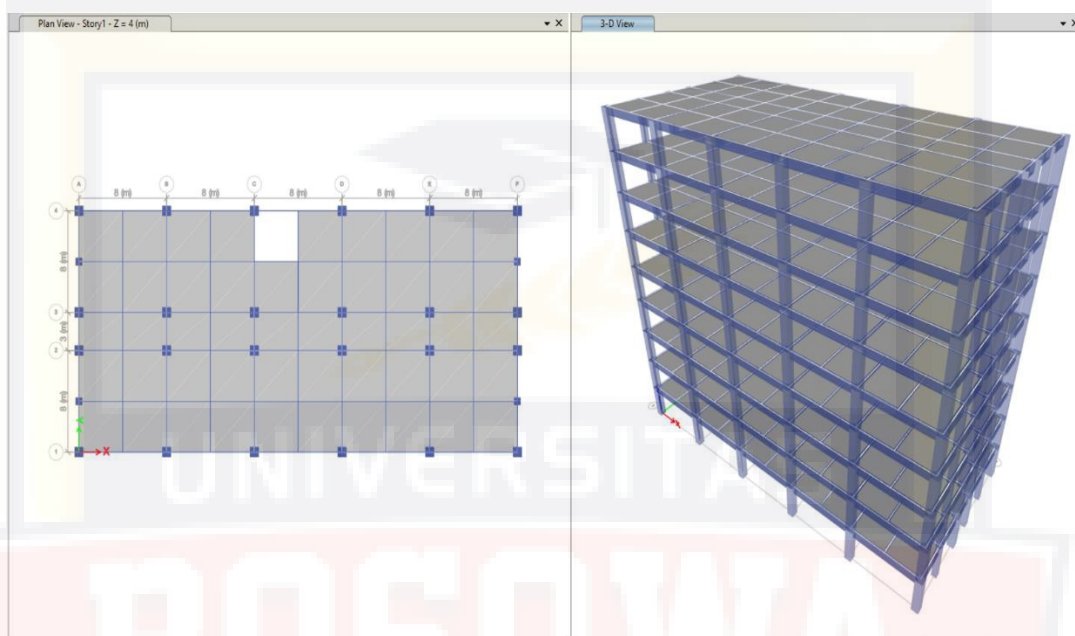
4.1.4.2 Data Material Baja

Berat jenis baja (BJs)	: $7,698 \cdot 10^{-5}$ MPa = 7850 kg/m ³
Modulus elastisitas baja (Es)	: 200000 MPa
Angka poison baja (u)	: 0,3
Tegangan leleh tulangan utama (fy)	: 240 MPa
Tegangan putus tulangan utama (fu)	: 383 MPa
Tegangan leleh tulangan sengkang (fys)	: 240 MPa
Tegangan putus tulangan sengkang (fus)	: 383 MPa

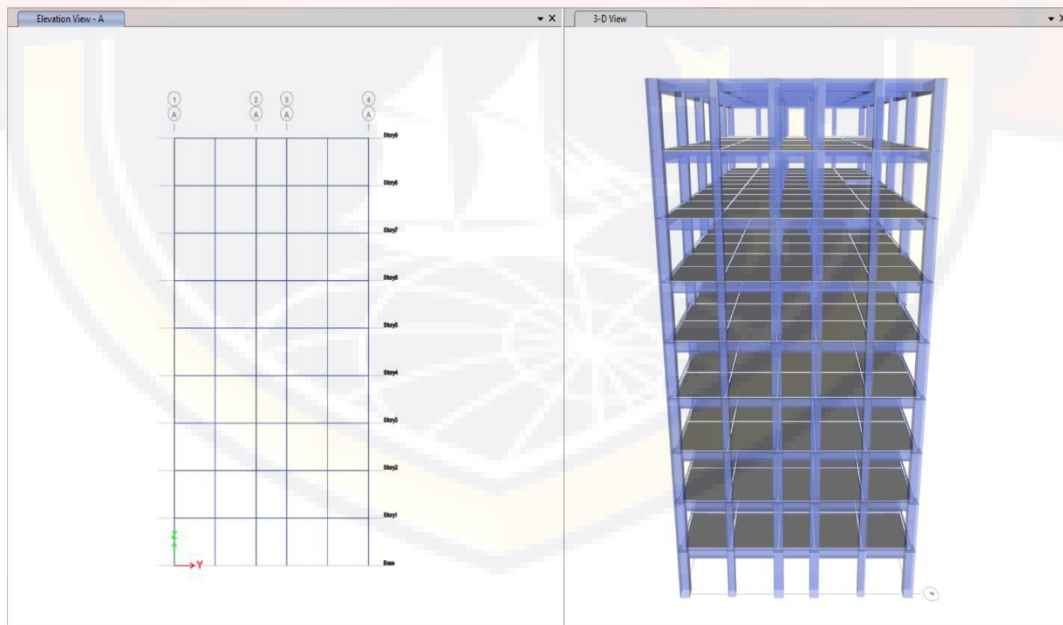
4.2 Pemodelan Struktur Gedung

Pemodelan gedung 3D pada program ETABSv19 dibuat setelah data-data gedung telah lengkap, karena pemodelan gedung yang dirancang

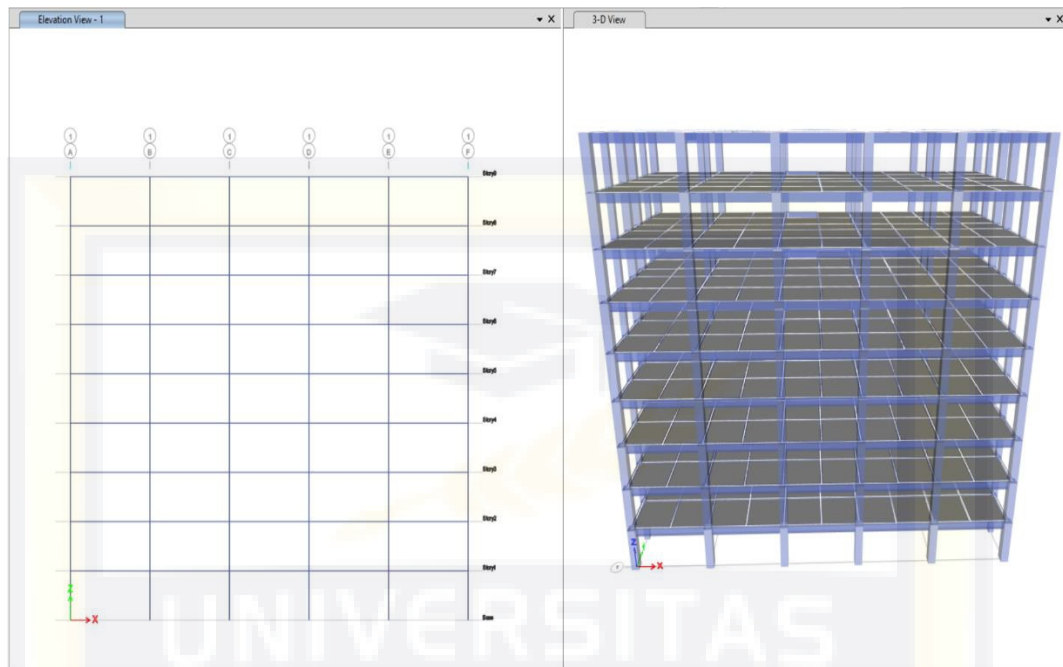
sesuai data-data tersebut. Pemodelan gedung yang lebih jelas bisa dilihat pada **Gambar 4.6 s/d Gambar 4.8.**



Gambar : 4.6 Gedung arah XY dan 3D
Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



Gambar : 4.7 Gedung arah YZ dan 3D
Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



Gambar : 4.8 Gedung arah XZ dan 3D
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

4.3 Analisis Pembebanan Struktur Gedung

Analisis pembebanan bertujuan agar diinput pada struktur yang sudah dirancang pemodelan 3D di program ETABSv19 yang sesuai dengan data-data gedung, yang mencakup analisa beban gravitasi dan analisa beban gempa.

4.3.1.1 Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan yang dianalisis yaitu beban yang selain berat sendiri struktur yang bekerja pada elemen-elemen bangunan contohnya balok, pelat atap, serta pelat lantai. buat lebih lebih jelasnya terkait beban mati tambahan dapat dilihat pada bawah ini.

Tabel : 4.5 Jenis beban yang bekerja pada gedung

No	Jenis Beban Mati Pada Gedung	Beban	Satuan
1	Beton	22	kN/m ³
2	Mortar, spesi	22	kN/m ³
3	Beton Bertulang	24	kN/m ³
4	Pasir	16	kN/m
5	Beban plafon dan penggantung	0,2	kN/m ²
6	Finishing Lantai (Tegel atau Keramik)	22	kN/m ³
7	Instalasi Plumbing (ME)	0,25	kN/m ²
8	Dinding batako setebal 15 cm	3,0	kN/m ²

Sumber : (PPURG 1987)

- Beban mati tambahan

Beban mati tambahan pada pelat atap

$$\begin{aligned}
 \text{Beban plafon dan penggantung} &= 0,2 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Beban instalasi ME} &= 0,25 \text{ kN/m}^2 + \\
 &\underline{\hspace{1.5cm}} \\
 &0,45 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban mati tambahan pada pelat lantai 1 s/d 9

$$\begin{aligned}
 \text{Beban pasir setebal 0,01 m} &= 0,16 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Beban spesi setebal 0,03 m} &= 0,66 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Beban teraso setebal 0,01 m} &= 0,22 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Beban plafon dan penggantung} &= 0,2 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Beban instalasi ME} &= 0,25 \text{ kN/m}^2 + \\
 &\underline{\hspace{1.5cm}} \\
 &1,49 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban mati tambahan pada balok

$$\text{Beban dinding dengan tinggi 4 m} = 12 \text{ kN/m}^2$$

4.3.1.2 Beban Hidup

Beban Hidup yang dianalisis yaitu sesuai SNI 1726-2019 pada **Tabel : 2.6.**

- Beban hidup pada pelat lantai atap = 0,96 kN/m²
- Beban hidup pada pelat lantai 1 s/d 9
 - Ruang kelas = 1,92 kN/m²
 - Koridor di atas lantai pertama = 3,83 kN/m²

4.3.1.3 Rekapitulasi Beban Gravitasi

Rekapitulasi beban gravitasi dapat dilihat pada **Tabel : 4.6.**

Selanjutnya hasil beban gravitasi yang direkap diinput pada pemodelan 3D pada program ETABSv19

Tabel : 4.6 Rekapitulasi beban gravitasi

No	Label	Beban Mati Tambahan (kN/m ²)	Beban Berat Sendiri Struktur	Beban Hidup (kN/m ²)
1	Balok	12	Otomatis program	-
2	Pelat atap	0,45		0,96
3	Pelat lantai 1 - 9	1,49		1,92 3,83

Sumber : (Hasil Pengolahan, 2022)

4.3.2 Analisis Beban Gempa

Analisis beban gempa pada penelitian ini menggunakan analisis beban gempa respons spektrum (RSP).

4.3.2.1 Data Gempa

Data gempa hanya menampilkan rekapitulasi hasil dari pencarian data, baik dari SNI 1726–2019 tata cara perencanaan ketahanan gempa

buat struktur bangunan gedung serta non gedung maupun dari puskim.
 hasil rekapitulasi dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

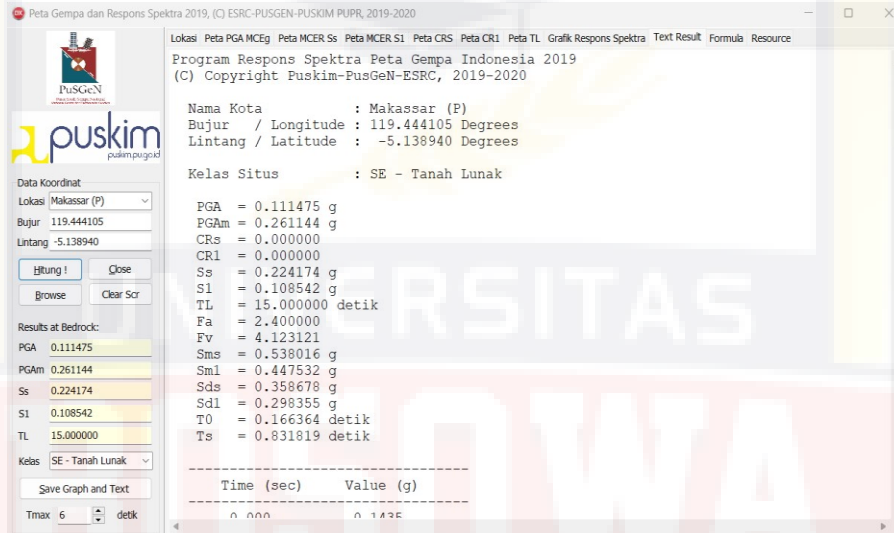
Tabel : 4.7 Rekapitulasi data gempa

No	Label	Hasil	Keterangan
1	Fungsi bangunan	Bangunan Pendidikan	-
2	Lokasi	Universitas Bosowa Makassar	-
3	Kategori resiko bangunan	IV	Tabel : 2.7
4	Faktor keutamaan (I_e)	1,50	Tabel : 2.8
5	Tanah dasar	Tanah Lunak (E)	Ir. Fauzy Lebang, ST. MT
6	Nilai C_a	0,111475	SNI / Puskim
7	Nilai C_v	0,261144	SNI / Puskim
8	Faktor modifikasi respons (R)	8	Tabel : 2.14
9	Nilai C_t	0,0466	Tabel : 2.16
10	Faktor pembesaran defleksi (C_d)	5,5	Tabel : 2.14
11	Simpangan antar lantai izin (Δ_{α})	0,010 h_{sx}	Tabel : 2.17
12	Nilai S_s	0,224174	SNI / Puskim
13	Nilai S_{D1}	0,108542	SNI / Puskim
14	Nilai S_{DS}	0,3587	SNI / Puskim

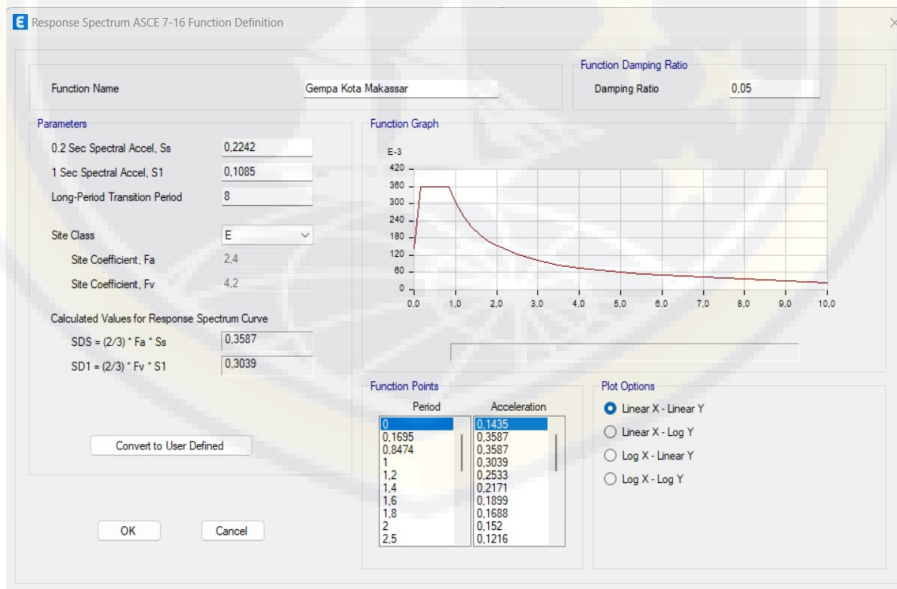
Sumber : (Hasil Tinjauan, 2022)

4.3.2.2 Analisis beban gempa respons spektrum (RS)

Kurva respons spektrum yang didapatkan dari rekaman peta gempa diinput pada program ETABsv19 dipilih ASCE 7-16 karena sesuai dengan SNI 1726-2019 seperti pada **Gambar : 4.9** dan **Gambar : 4.10** berikut ini.



Gambar : 4.9 Peta Gempa
Sumber : (Puskim, 2019)



Gambar : 4.10 Kurva Respons Spektrum ASCE 7-16
Sumber : (Hasil Pengolahan ETABsv19, 2022)

Setelah kurva respons spektrum dibuat, selanjutnya memuat data kasus (respons spektrum) seperti pada **Gambar : 4.11** dan **Gambar : 4.12** dengan data-data sebagai berikut.

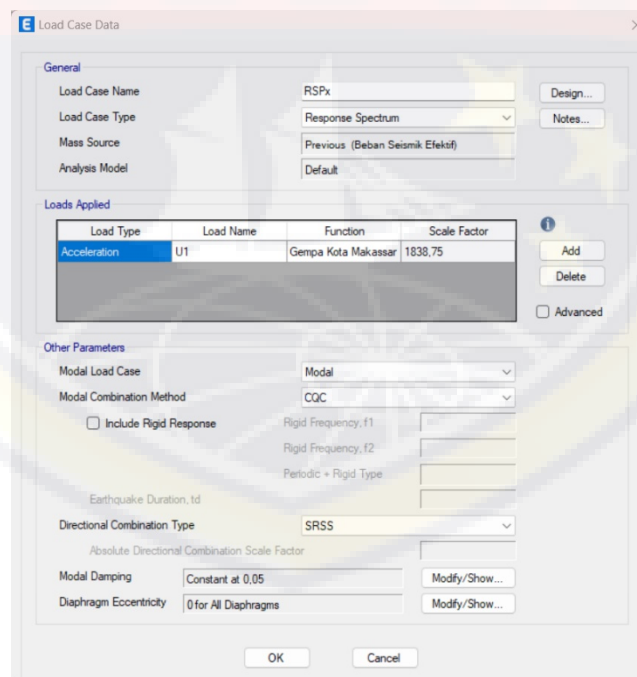
Scale factor

Scale factor yang dibuat berdasarkan teori pada BAB II dengan data-data pada **Tabel : 4.7** didapatkan hasil yang direkap pada **Tabel : 4.8** sebagai berikut.

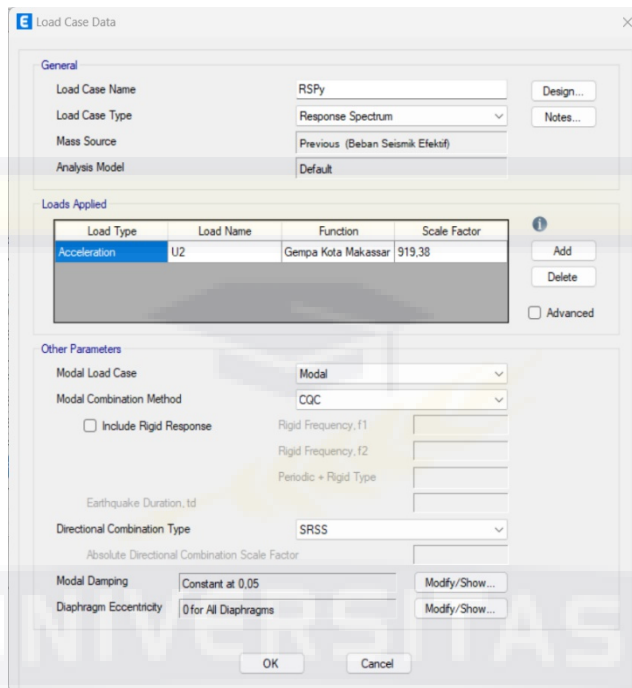
Tabel : 4.8 Scale factor respons spektrum

Label	Hasil
RSPx = U1	1838,75
RSPy = U2 = ½ U1	919,38

Sumber : (Hasil Perhitungan, 2022)



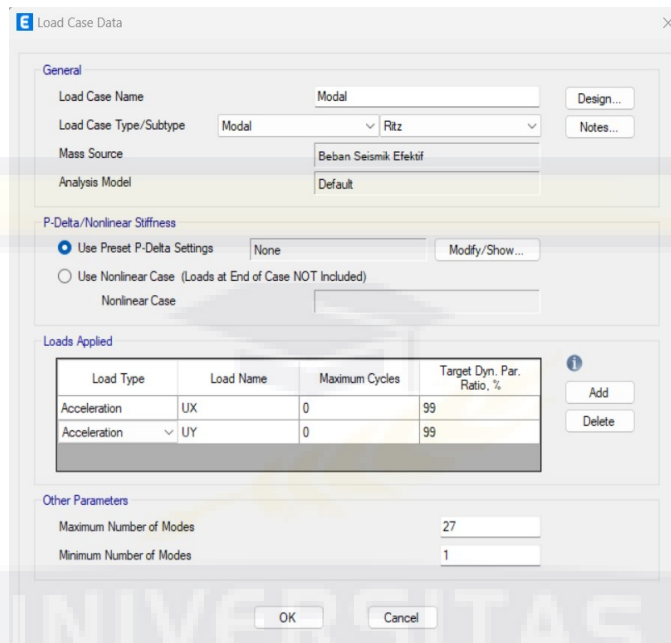
Gambar : 4.11 Load case data – response spectrum arah X
Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



Gambar : 4.12 Load case data – response spectrum arah Y
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

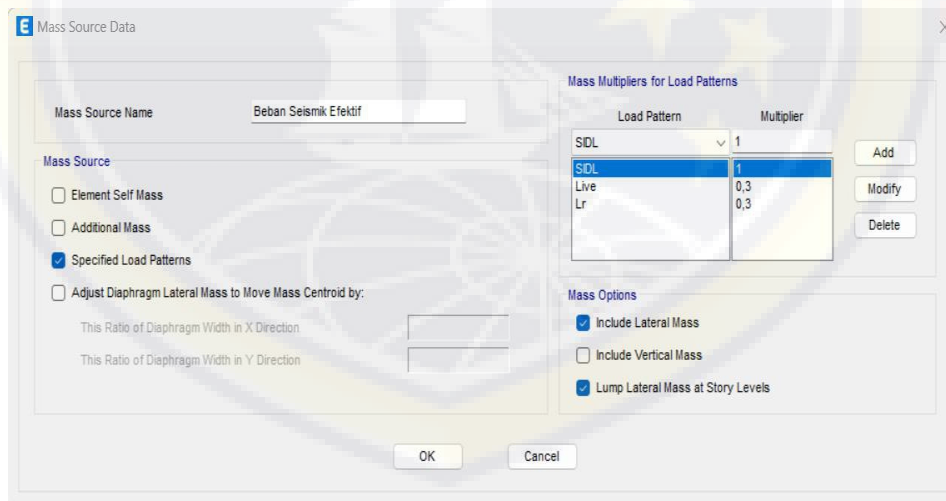
Setelah memuat data kasus (respons spektrum) dibuat, selanjutnya memuat data kasus (modal) seperti pada **Gambar : 4.13** dengan data sebagai berikut.

Setiap struktur bangunan ini memiliki 3 DOF yaitu translasi arah X, translasi arah Y, dan rotasi memutar sumbu Z. Sedangkan struktur terdiri atas 9 tingkat sehingga didapat jumlah perkalian $3 \times 9 = 27$, maka untuk jumlah mode (maximum number of modes) sebanyak 27.



Gambar : 4.13 Load case data – modal
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

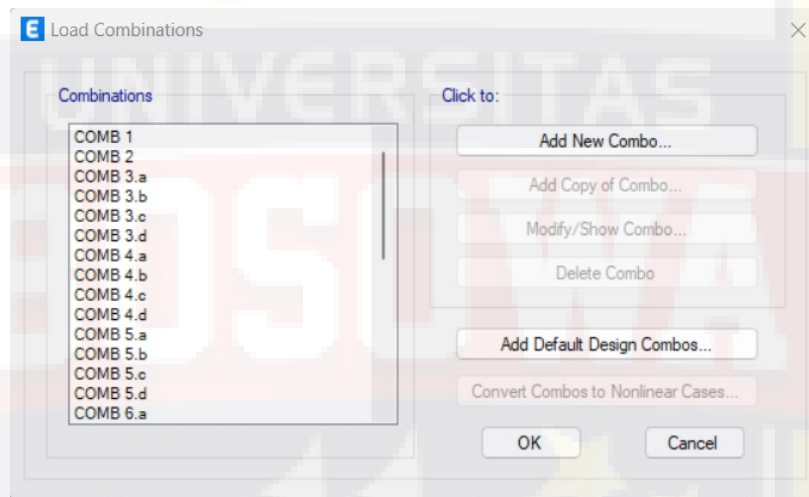
Setelah memuat data kasus (modal) dibuat, selanjutnya penentuan massa struktur (define mass source) seperti pada **Gambar : 4.14** berikut ini.



Gambar : 4.14 Mass source data
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

4.3.3 Analisis kombinasi pembebanan

Analisis kombinasi pembebanan diinput ke pemodelan 3D pada acara ETABSv19 agar bisa membebani bangunan secara bersamaan baik beban mati tambahan, berat sendiri struktur, beban hidup, dan beban gempa. hasil input kombinasi pembebanan sebagai bisa ditinjau pada **Gambar : 4.15**, sedangkan buat kombinasi selanjutnya juga sama dalam proses analisis.



Gambar : 4.15 Hasil input kombinasi pembebanan
Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

Kombinasi Pembebanan

Nama kombinasi	Kombinasi pembebanan
COMB 1	1,4D
COMB 2	1,2D + 1,6L
COMB 3	$(1,2 + 0,2S_{DS}) D + \rho \cdot RSP_x + L$
COMB 4	$(1,2 + 0,2S_{DS}) D + \rho \cdot RSP_y + L$
COMB 5	$(0,9 + 0,2S_{DS}) D + \rho \cdot RSP_x$
COMB 6	$(0,9 + 0,2S_{DS}) D + \rho \cdot RSP_y$

Sumber : (**Tabel : 3.1**)

4.4 Kontrol Struktur Gedung

4.4.1 Kontrol gaya geser dasar (V)

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
Static Ex	LinStatic	Step By Step	1	-1491,8165	0	0	0	-38253,7628	13974,5682
Static Ex	LinStatic	Step By Step	2	-1491,8165	0	0	0	-38253,7628	15391,7939
Static Ex	LinStatic	Step By Step	3	-1491,8165	0	0	0	-38253,7628	12557,3426
Static Ey	LinStatic	Step By Step	1	0	-2044,5073	0	51129,3914	0	-40922,8592
Static Ey	LinStatic	Step By Step	2	0	-2044,5073	0	51129,3914	0	-45011,8738
Static Ey	LinStatic	Step By Step	3	0	-2044,5073	0	51129,3914	0	-36833,8447
RSPx	LinRespSpec	Max		1215,8992	0,7846	0	18,0258	28097,6563	11271,4207
RSPy	LinRespSpec	Max		0,3923	837,9059	0	19525,619	8,6222	16763,3068

Gambar : 4.16 Hasil Base Reactions
Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

Tabel : 4.9 Hasil hitungan gaya geser dasar masing-masing gempa

Tipe beban gempa		FX	FY
Statik	Static Ex	1491,816	-
	Static Ey	-	2044,507
Dinamik	RSPx	1215,899	0,784
	RSPy	0,392	837,906

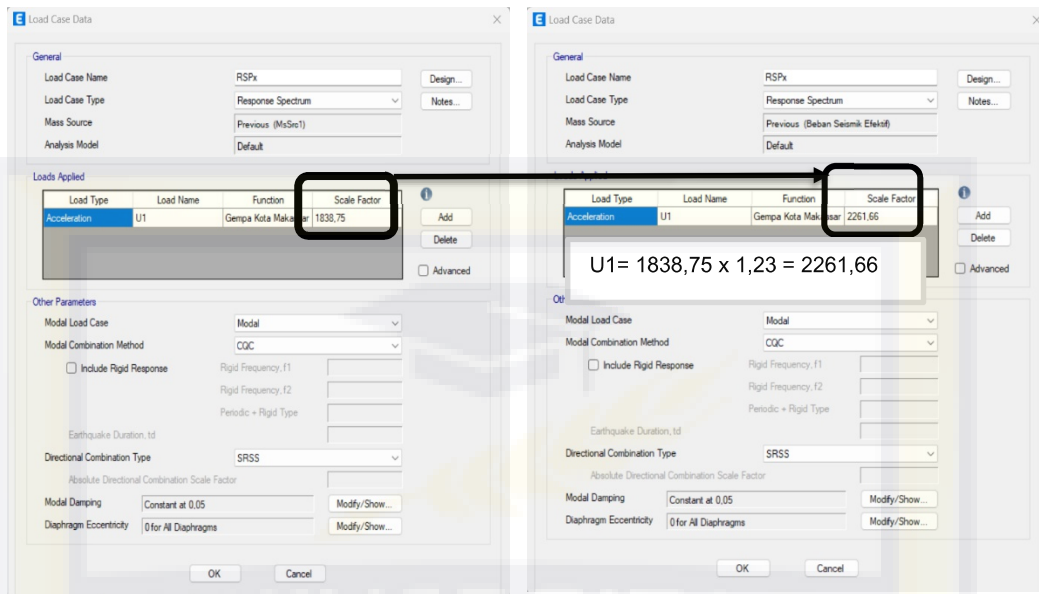
Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

Dari **Tabel : 4.9** berdasarkan SNI 1726–2019 dapat disimpulkan persyaratan gaya geser gempa dinamik belum terpenuhi dimana $V_{dinamik} < V_{statik}$, maka besarnya $V_{dinamik}$ harus dikalikan nilainya dengan faktor skala. $V_{statik} / V_{dinamik}$.

Faktor skala dinamik respons spektrum :

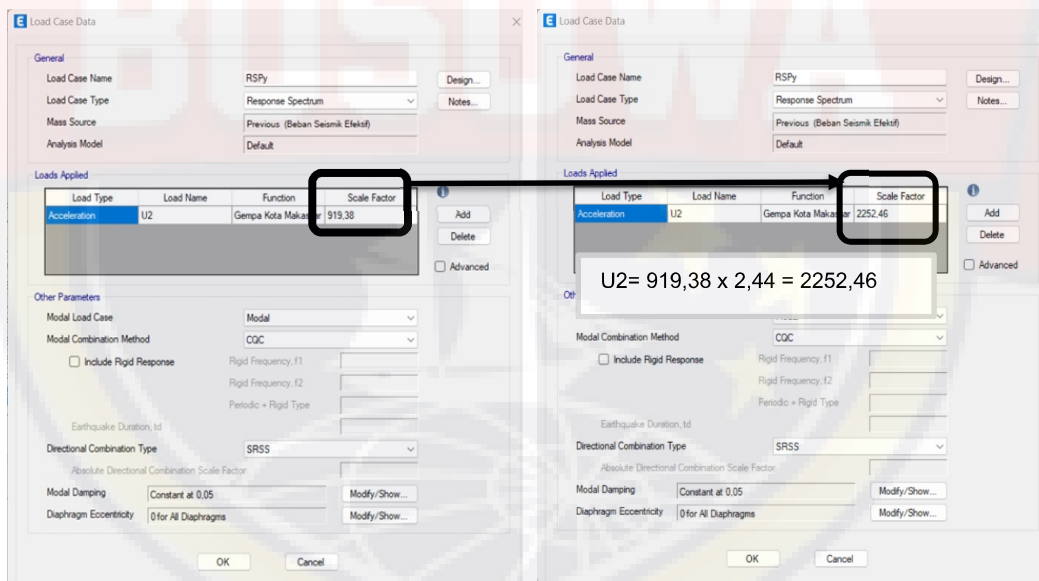
$$\text{Arah X} = \frac{1491,816}{1215,899} = 1,23$$

$$\text{Arah Y} = \frac{2044,507}{837,906} = 2,44$$



Gambar : 4.17 Modifikasi faktor skala gempa respons spektrum arah X (RSPx)

Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



Gambar : 4.18 Modifikasi faktor skala gempa respons spektrum arah Y (RSPy)

Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

4.4.2 Kontrol partisipasi massa

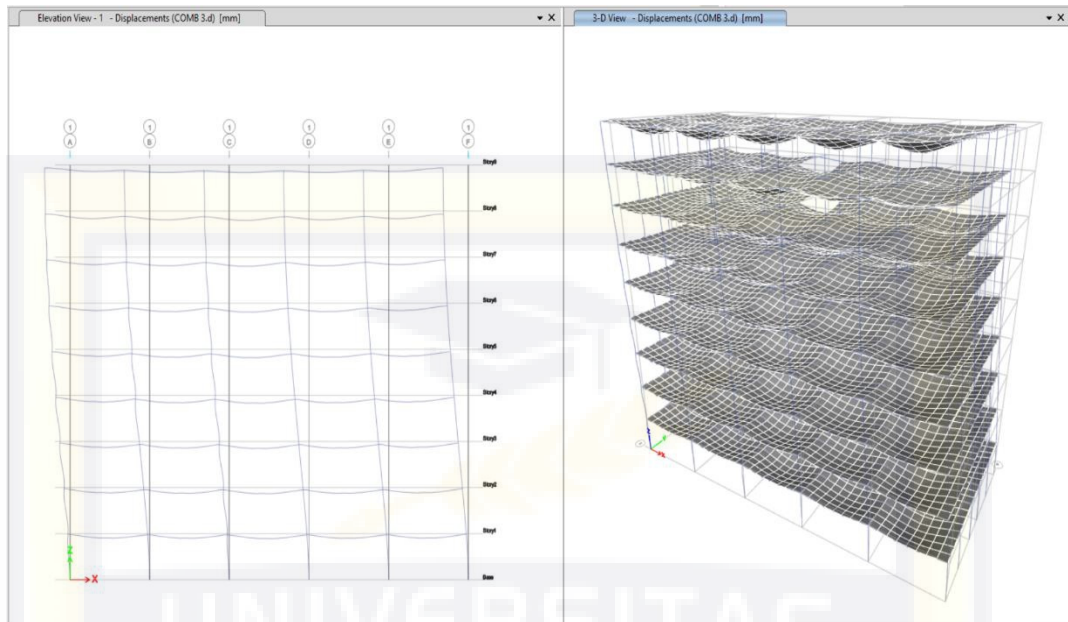
Berdasarkan hasil modifikasi peningkatan jumlah mode, telah dihasilkan jumlah partisipasi massa minimum lebih dari 90%. Hal ini sudah sesuai dengan SNI Gempa 1726-2019

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	1.512	0.7808	0	0	0.7808	0	0	0	0.2138	4.397E-05	0	0.2138	4.397E-05
Modal	2	1.103	0	0.7971	0	0.7908	0.7971	0	0.1979	0	1.957E-05	0.1979	0.2138	4.593E-05
Modal	3	1.016	4.163E-05	2.862E-06	0	0.7808	0.7971	0	0	2.255E-05	0.801	0.1979	0.2139	0.801
Modal	4	0.472	0.1073	0	0	0.8881	0.7971	0	0	0.4966	4.668E-06	0.1979	0.7104	0.801
Modal	5	0.36	0	0.1087	0	0.8881	0.9058	0	0.5411	0	1.119E-05	0.739	0.7104	0.801
Modal	6	0.328	3.515E-06	9.026E-06	0	0.8881	0.9058	0	0.0001	2.313E-05	0.1038	0.739	0.7105	0.9048
Modal	7	0.251	0.0446	0	0	0.9327	0.9058	0	0	0.0762	5.824E-07	0.739	0.7866	0.9048
Modal	8	0.2	0	0.0392	0	0.9327	0.9449	0	0.0718	0	6.078E-06	0.8108	0.7866	0.9048
Modal	9	0.183	0	6.315E-06	0	0.9327	0.9449	0	1.277E-05	0	0.0394	0.8108	0.7866	0.9442
Modal	10	0.158	0.0282	0	0	0.9589	0.9449	0	0	0.0943	0	0.8108	0.550	0.9442
Modal	11	0.133	0	0.0227	0	0.9589	0.9676	0	0.0924	0	5.684E-06	0.903	0.890	0.9442
Modal	12	0.121	0	4.753E-06	0	0.9589	0.9676	0	1.767E-05	0	0.0224	0.903	0.890	0.9665
Modal	13	0.11	0.0163	0	0	0.9752	0.9676	0	0	0.0489	0	0.903	0.921	0.9665
Modal	14	0.097	0	0.0131	0	0.9752	0.9807	0	0.0325	0	5.167E-06	0.935	0.921	0.9665
Modal	15	0.088	0	5.14E-06	0	0.9752	0.9807	0	1.37E-05	0	0.0138	0.935	0.921	0.9803
Modal	16	0.081	0.0112	0	0	0.9864	0.9807	0	0	0.0372	0	0.935	0.959	0.9803
Modal	17	0.075	0	0.0086	0	0.9864	0.9893	0	0.0316	0	3.96E-06	0.967	0.959	0.9803
Modal	18	0.067	0	4.583E-06	0	0.9864	0.9893	0	1.544E-05	9.375E-07	0.0092	0.967	0.959	0.9896
Modal	19	0.065	0.0076	0	0	0.994	0.9893	0	0.0217	1.3E-06	0	0.967	0.980	0.9896
Modal	20	0.062	0	0.0059	0	0.994	0.9952	0	0.0164	0	5.822E-06	0.963	0.980	0.9896
Modal	21	0.055	6.464E-06	5.219E-06	0	0.994	0.9952	0	1.669E-05	2.267E-05	0.009	0.963	0.980	0.9955
Modal	22	0.054	0.0032	0	0	0.9972	0.9952	0	0	0.0104	2.224E-05	0.963	0.991	0.9955
Modal	23	0.053	0	0.0023	0	0.9972	0.9975	0	0.008	0	7.138E-06	0.991	0.991	0.9956
Modal	24	0.048	0.0028	0	0	1	0.9975	0	0	0.0088	1.936E-06	0.991	0.991	0.9956
Modal	25	0.047	0	0.0025	0	1	1	0	0.0081	0	1.364E-05			0.9956
Modal	26	0.047	5.638E-06	1.144E-05	0	1	1	0	3.624E-05	1.788E-05	0.0029			0.9985
Modal	27	0.042	9.85E-07	0	0	1	1	0	0	3.047E-06	0.0015			1

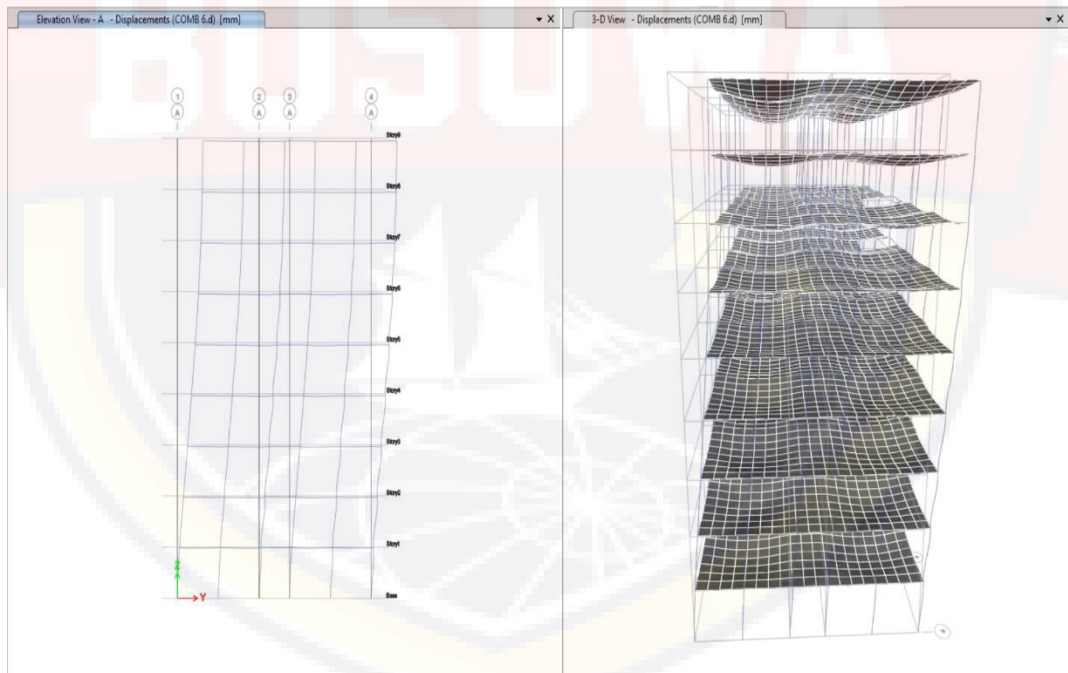
Gambar : 4.19 Jumlah partisipasi massa pada 27 mode (lebih dari 90%)
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

4.4.3 Simpangan antar lantai struktur gedung (Δ)

Kontrol simpangan gedung dilakukan dengan dua arah yaitu arah XZ serta YZ, dimana arah XZ disebabkan oleh kombinasi pembebanan 3 s/d 4 (COMB 3 s/d COMB 4), sedangkan arah YZ disebabkan oleh kombinasi pembebanan 5 s/d 6 (COMB 5 s/d COMB 6). Simpangan gedung diambil pada bagian yang mempunyai simpangan yang lebih besar dari pada bagian-bagian yang lain. buat detail dapat dilihat pada **Gambar : 4.20** serta **Gambar : 4.21**.



Gambar : 4.20 Simpangan gedung akibat EQx arah XZ pada lantai atap
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



Gambar : 4.21 Simpangan EQy arah YZ pada lantai atap
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

Simpangan gedung untuk lantai 4 s/d base dicek sama dengan lantai atap, selanjutnya hasil dan pembahasan direkap pada **Tabel : 4.10**.

Berdasarkan SNI 1726–2019 didapatkan hasil simpangan antar tingkat gedung sesuai pada **Tabel : 4.10**.

Simpangan Antar Tingkat Izin (Tabel)	$\Delta_a = 0,01 h$
Faktor Redundansi	$\rho = 1,3$
Story Drift Inelastik Izin	$\Delta_{max} = \Delta / \rho$ *untuk KDS E $= 0,0077 h$
Faktor Pembesaran Defleksi	$C_d = 5,5$
Faktor Keutamaan Gempa	$I_e = 1,50$
Story Drift Inelastik	$\Delta = \delta * C_d / I_e$

Tabel : 4.10 Simpangan Antar Tingkat gedung

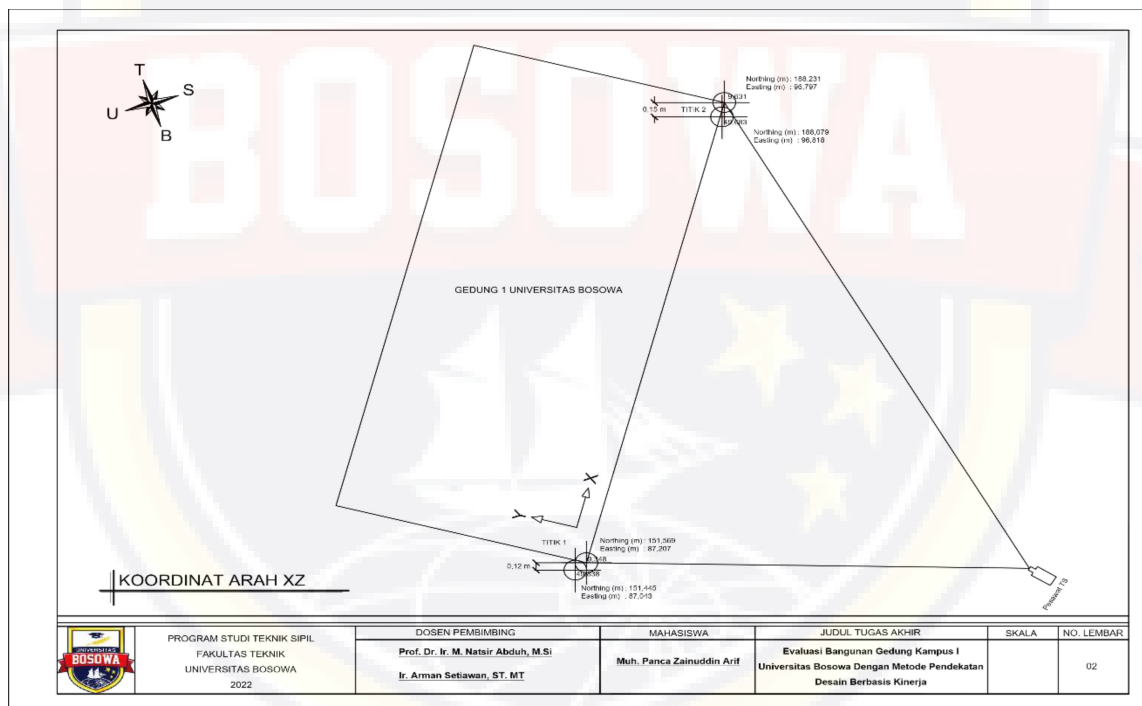
Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δ_{ex}	δ_{ey}	δ_{ex}	δ_{ey}		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		
9	35.07	25.534	1.292	0.864	4000	4.737	3.168	30.769	OK
8	33.78	24.670	2.232	1.575	4000	8.184	5.775	30.769	OK
7	31.55	23.095	3.319	2.367	4000	12.170	8.679	30.769	OK
6	28.23	20.728	4.331	3.082	4000	15.880	11.301	30.769	OK
5	23.90	17.646	5.141	3.631	4000	18.850	13.314	30.769	OK
4	18.76	14.015	5.481	3.778	4000	20.097	13.853	30.769	OK
3	13.27	10.237	5.641	4.001	4000	20.684	14.670	30.769	OK
2	7.63	6.236	5.057	3.866	4000	18.542	14.175	30.769	OK
1	2.58	2.370	2.576	2.370	4000	9.445	8.690	30.769	OK

Sumber : (Hasil Perhitungan, 2022)

Dapat dilihat dari hasil observasi yang dilakukan menggunakan alat Total station yang memperlihatkan hasil kondisi struktur mengalami kemiringan sebesar 10 – 15 cm, hasil dari pengukuran menggunakan alat Total station dapat dilihat pada **Tabel : 4.11**

Tabel : 4.11 Hasil dari pengukuran menggunakan alat Total station

NAME	Easting (m)	Northing (m)	Elevasi (m)	Code	Deformasi Plot AutoCad (mm)
Titik 1	87.207	151.569	9.348	T1	0.12
Titik 2	87.043	151.445	49.838	T2	
Titik 1	96.818	188.231	9.631	T1	0.15
Titik 2	96.797	188.079	49.683	T2	



Gambar : 4.22 Hasil dari pengukuran menggunakan alat Total station
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

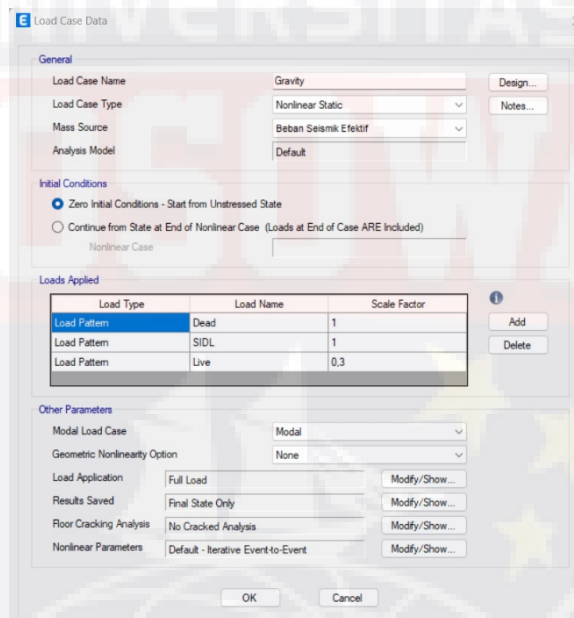
Dari hasil simpangan antar tingkat gedung Berdasarkan SNI 1726–2019 dan hasil observasi yang dilakukan menggunakan alat Total station dapat disimpulkan jika struktur gedung masih dalam keadaan **Aman**

4.5 Analisis Pushover

4.5.1 Analisis pembebanan Pushover

Analisis pushover dilakukan dalam dua tahap pembebanan, yaitu :

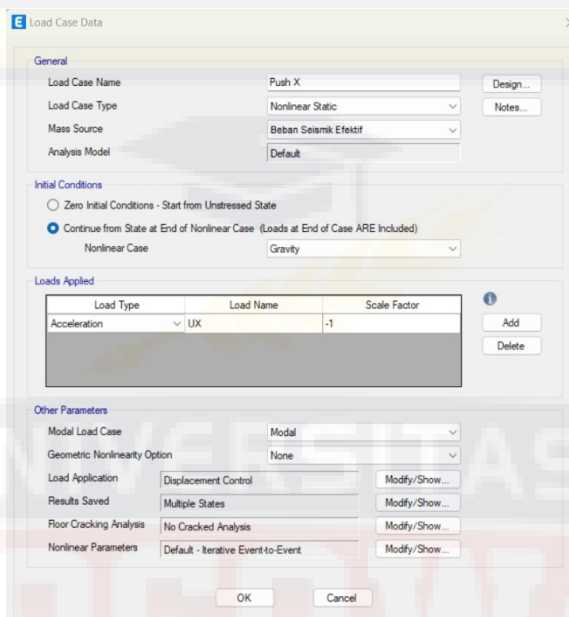
Tahap pertama, struktur gedung dibebani oleh beban gravitasi, yaitu kombinasi beban mati menggunakan koefisien pembebanan 1,0 serta beban hidup menggunakan koefisien pembebanan 0,3. pada tahap ini sudah diperhitungkan kondisi nonlinier. Untuk lebih jelas hasil input beban gravitasi bisa dilihat pada **Gambar : 4.23**.



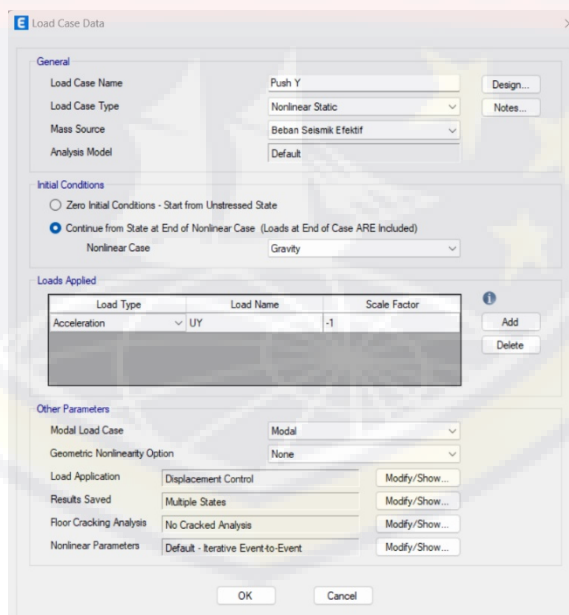
Gambar : 4.23 Input pembebanan gravitasi
Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

Tahap kedua, analisis selanjutnya dengan memberikan pola beban lateral pada struktur, dengan masing-masing arah yaitu arah X dan arah Y. Karena tahap kedua baru dilakukan setelah tahap pertama selesai, maka opsi Continue from State at End of Nonlinier Case diaktifkan, dengan akhir dari awal analisis GRAV sebagai permulaan dari analisis tahap kedua.

Untuk lebih jelas hasil input beban lateral dapat dilihat pada **Gambar : 4.24** dan **Gambar : 4.25**.



Gambar : 4.24 Input pembebanan arah X
Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSV19, 2022)



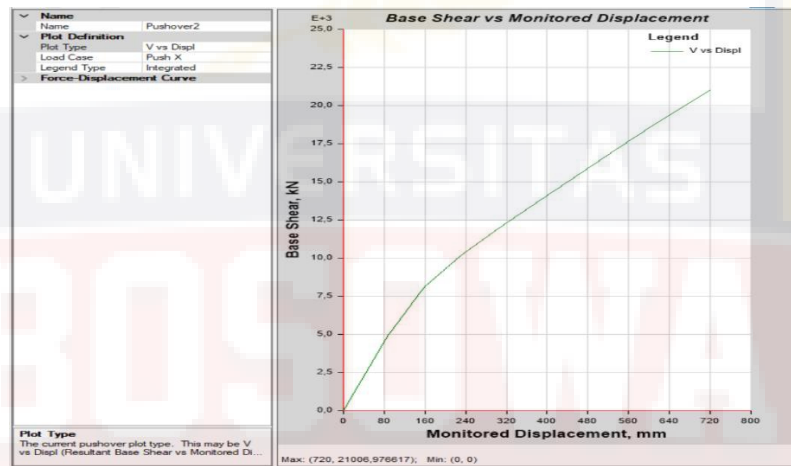
Gambar : 4.25 Input pembebanan arah Y
Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSV19, 2022)

4.5.2 Kurva kapasitas

Kurva kapasitas (capacity curve) merupakan kurva hubungan antara perpindahan lateral lantai teratas/atap (displacement) dengan gaya geser dasar (base shear) sebagai hasil dari pushover yang disajikan pada

Gambar : 4.26 dan **Tabel : 4.11** yaitu untuk arah X sedangkan arah Y pada

Gambar : 4.27 dan **Tabel : 4.12**.



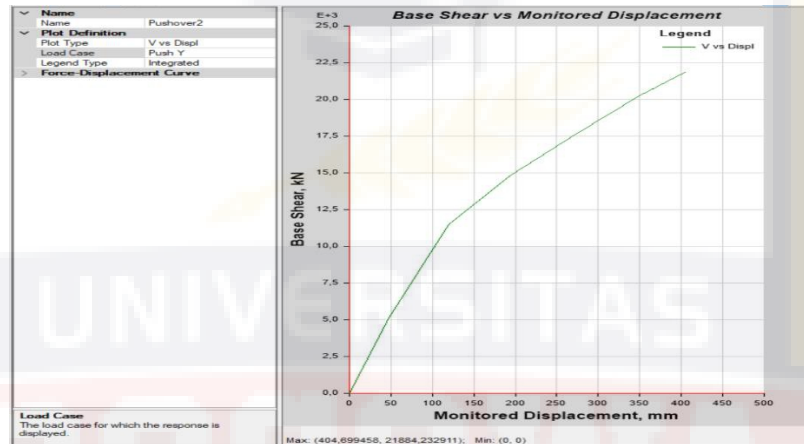
Gambar : 4.26 Hasil Pushover PUSH-X
Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

Tabel : 4.12 Hasil Pushover PUSH-X

Step	Displacement (mm)	Base Force (kN)
0	0	0
1	72,00	4084,838
2	85,923	4874,7184
3	158,518	8102,3229
4	230,89	10187,6676
5	304,572	11931,7389
6	388,404	13858,3334
7	464,625	15542,0581
8	537,573	17147,9955
9	609,628	18709,0503
10	681,628	20220,5257
11	720,000	21006,9766

Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

Dari kurva kapasitas yang dihasilkan untuk PUSH-X, diperoleh bahwa analisis pushover berhenti dilangkah (step) 11, yaitu pada saat perpindahan yang diharapkan tercapai yaitu 720,000 mm dan gaya geser dasar sebesar 21006,9766 kN.



Gambar : 4.27 Hasil Pushover PUSH-Y
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

Tabel : 4.13 Hasil Pushover PUSH-Y

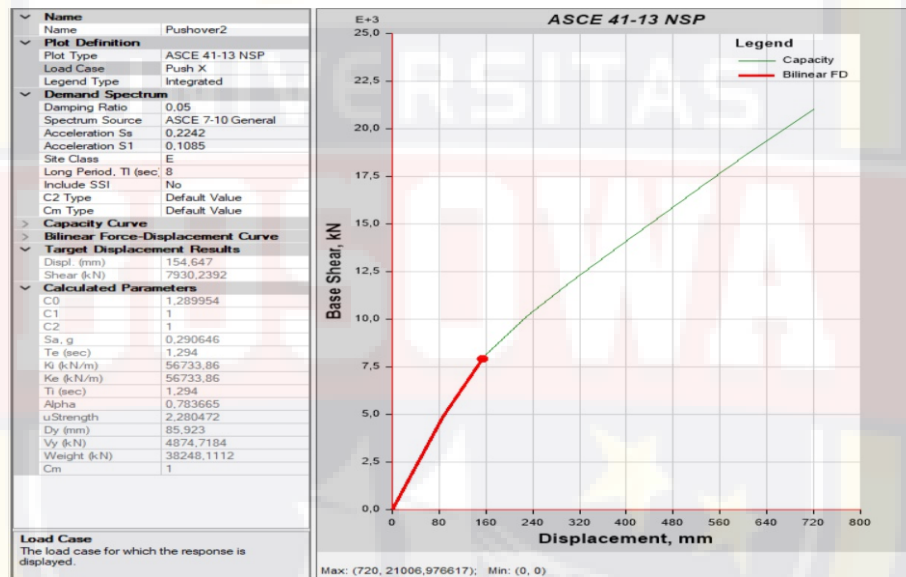
Step	Displacement (mm)	Base Force (kN)
0	0	0
1	47,096	5114,9926
2	120,039	11498,5639
3	194,632	14826,9101
4	273,828	17690,5012
5	349,539	20233,3715
6	404,699	21884,2329

Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

Dari kurva kapasitas yang dihasilkan untuk PUSH-Y, diperoleh bahwa analisis pushover berhenti dilangkah (step) 6, yaitu pada saat perpindahan yang diharapkan tercapai yaitu 404,699 mm dan gaya geser dasar sebesar 21884,2329 kN.

4.6 Evaluasi Tingkat Kinerja Struktur FEMA 356

Tingkat kinerja struktur dapat diketahui melalui pendekatan metode FEMA 356 dengan memanfaatkan fitur di dalam perangkat lunak ETABS, hasilnya kemudian akan dibandingkan dengan desain kinerja struktur hasil perhitungan direct *displacement-based design*. Pada **Gambar : 4.28** dan **Tabel : 4.13** serta **Gambar : 4.29** dan **Tabel : 4.14** menampilkan hasil performance point metode FEMA 356 untuk masing-masing arah.



Gambar : 4. 28 Performance Point Arah-X
Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSV19, 2022)

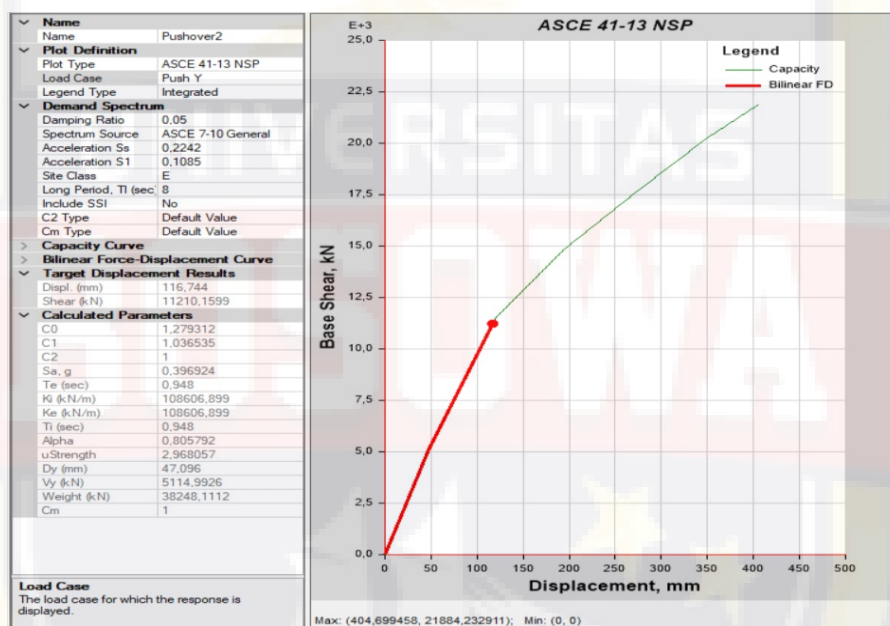
Tabel : 4.14 Hasil Performance Point Arah-X

Step	Displacement (mm)	Base Force (kN)
0	0	0
1	72,00	4084,838
2	85,923	4874,7184
3	158,518	8102,3229
4	230,89	10187,6676
5	304,572	11931,7389
6	388,404	13858,3334
7	464,625	15542,0581
8	537,573	17147,9955
9	609,628	18709,0503

Step	Displacement (mm)	Base Force (kN)
10	681,628	20220,5257
11	720,000	21006,9766

Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

menunjukkan bahwa perpindahan maksimum arah X yang dihasilkan oleh struktur adalah sebesar 720,000 mm dengan gaya geser dasar (V) = 21006,9766 kN.



Gambar : 4.29 Performance Point Arah-Y
Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

Tabel : 4.15 Hasil Performance Point Arah-Y

Step	Displacement (mm)	Base Force (kN)
0	0	0
1	47,096	5114,9926
2	120,039	11498,5639
3	194,632	14826,9101
4	273,828	17690,5012
5	349,539	20233,3715
6	404,699	21884,2329

Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

menunjukkan bahwa perpindahan maksimum arah Y yang dihasilkan oleh struktur adalah sebesar 404,699 mm dengan gaya geser dasar (V) = 21884,2329 kN.

Parameter untuk kebutuhan analisis target perpindahan dapat diketahui di dalam perangkat lunak ETABS, dapat dilihat pada **Tabel : 4.15**.

Tabel : 4.16 Tabulasi data Pushover curve demand FEMA356

Label	Hasil Pushover, δ_{max} (mm)	Target Perpindahan, δ_t (mm)
PUSH X	720,000	154,647
PUSH Y	404,699	116,744

Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSV19, 2022)

Pushover curve demand FEMA356 menunjukkan bahwa pada PUSH X dan PUSH Y hasil pushover (perpindahan maksimum) lebih besar dari target perpindahan (δ_t). Hal ini dikarenakan dilihat dari hasil observasi yang dilakukan menggunakan alat Total station yang memperlihatkan hasil kondisi struktur sudah mengalami kemiringan sebesar 10 - 15 cm dan secara umum, umur maksimum bangunan ialah 30 tahun. Sebenarnya sebuah bangunan bisa saja tetap berdiri kokoh hingga 50 tahun, bahkan 100 tahun, tetapi perlu diperhatikan jika sudah menginjak usia diatas 30 tahun. Karena semakin tua bangunan maka tingkat ketahanan bangunan semakin berkurang.

Performance point dan penentuan tingkat kinerja dari metode di atas dapat dilihat pada **Tabel : 4.16**.

Tabel : 4.17 Evaluasi Tingkat Kinerja Struktur

Sumbu	Indikator	Hasil Analisis Pushover	
		Kurva kapasitas	FEMA 356
X	Rencana Perpindahan, Δm (m)	0,720	0,720
	Drift aktual ($\Delta m/T_{tot}$)	0.020	0.020
	Tingkat Kinerja	DC	DC
Y	Rencana Perpindahan, Δm (m)	0,405	0,405
	Drift aktual ($\Delta m/T_{tot}$)	0.011	0.011
	Tingkat Kinerja	DC	DC

Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

Arah XZ metode FEMA 356 menghasilkan Damage Control (DC) yakni struktur bangunan yang dapat menahan gempa yang terjadi meskipun timbul kerusakan pada bangunan dan resiko korban jiwa minimum,

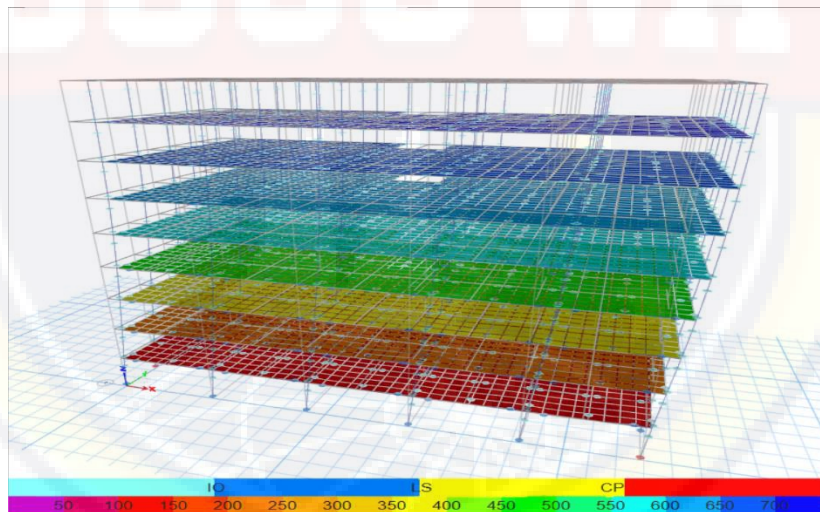
Arah YZ metode FEMA 356, dan FEMA 440 menghasilkan Damage Control (DC).

4.7 Skema distribusi sendi plastis

Analisa pushover menunjukkan terjadinya sendi plastis pada setiap peningkatan beban. Struktur diberikan gaya gempa statik secara bertahap (incremental) pada proses pushover maka akan terbentuk sendi plastis pada elemen struktur. Sendi plastis merupakan bentuk ketidakmampuan struktur menahan gaya dalam.

Skema distribusi sendi plastis disajikan dengan gambar yang lebih banyak dan lebih tinggi tingkatan sendi plastis. Warna pada sendi plastis menunjukkan secara grafis posisi dan tingkatan kerusakan yang terjadi pada sendi plastis.

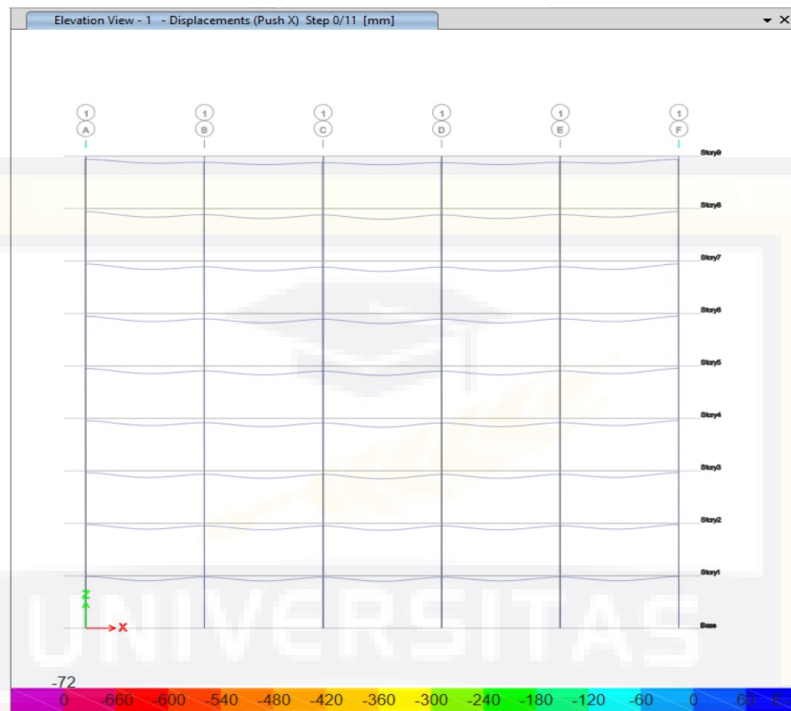
4.7.1 Sendi plastis arah X



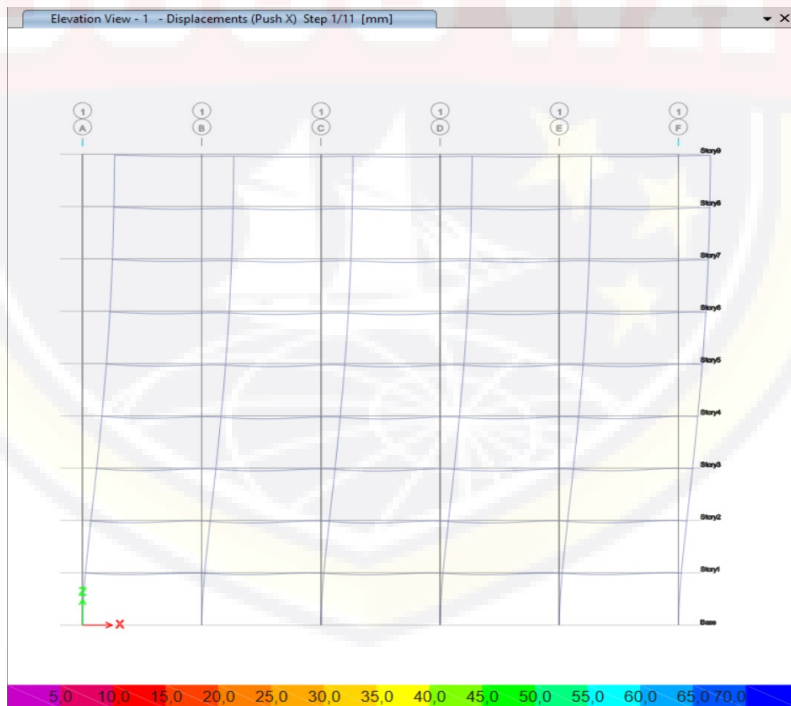
Gambar : 4.30 Distribusi sendi plastis pada step-4 untuk pembebanan arah-X

Sumber : (Hasil Pengolahan ETABsv19, 2022)

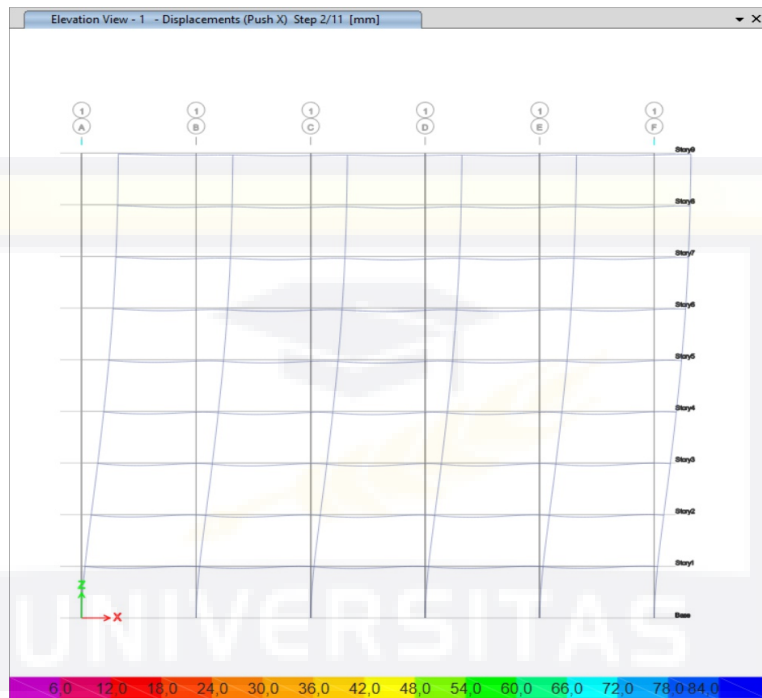
Distribusi sendi plastis arah XZ pada tiap tahapan peningkatan beban lateral hingga titik kinerja tercapai yang terjadi pada komponen struktur ditampilkan pada **Gambar : 4.31** sampai **Gambar : 4.42** berikut ini.



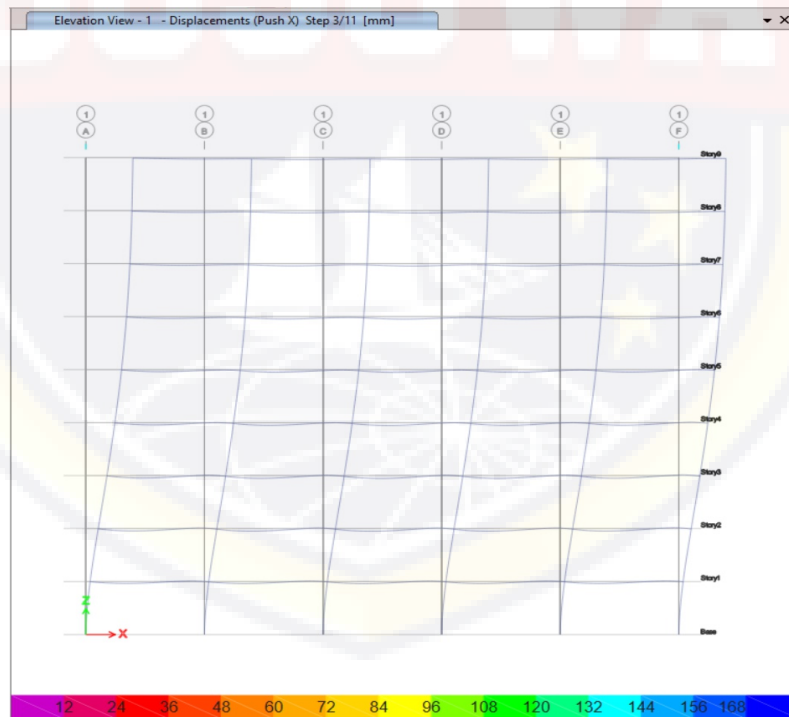
Gambar : 4.31 Pushover Arah X Step 0
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



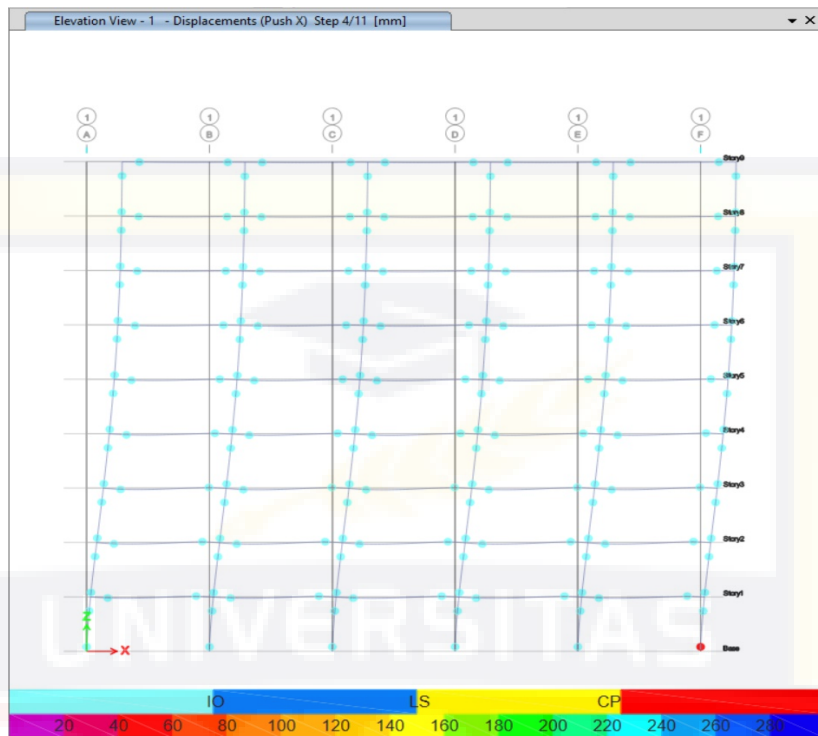
Gambar : 4.32 Pushover Arah X Step 1
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



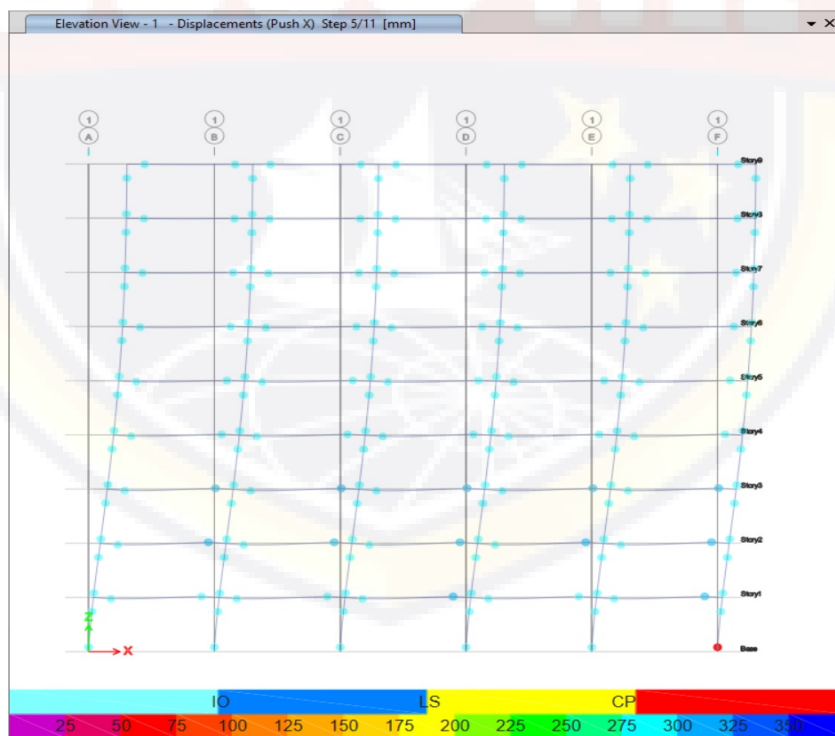
Gambar : 4.33 Pushover Arah X Step 2
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



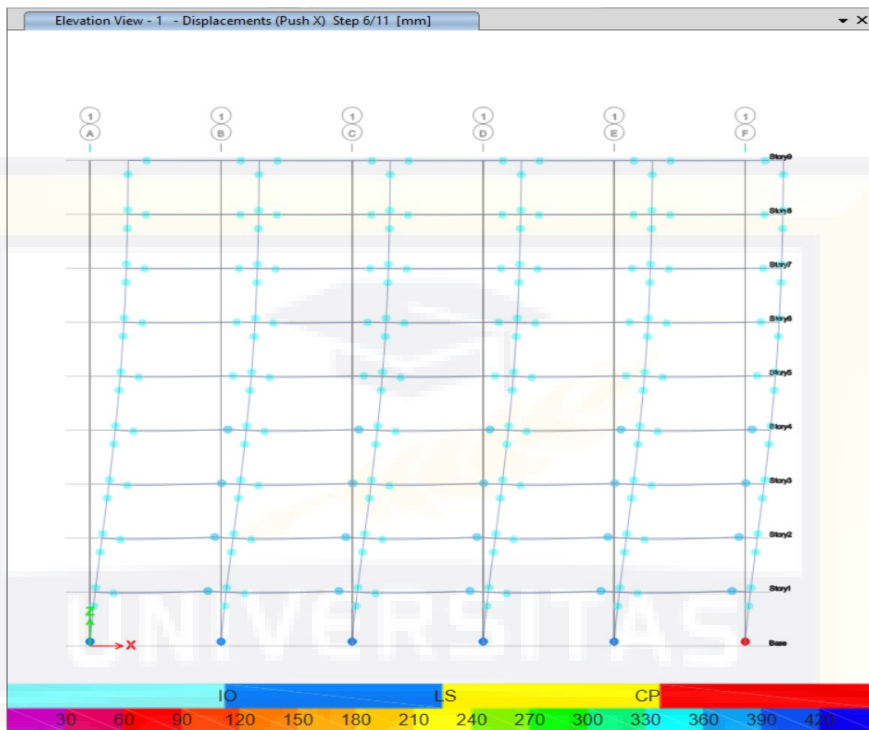
Gambar : 4.34 Pushover Arah X Step 3
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



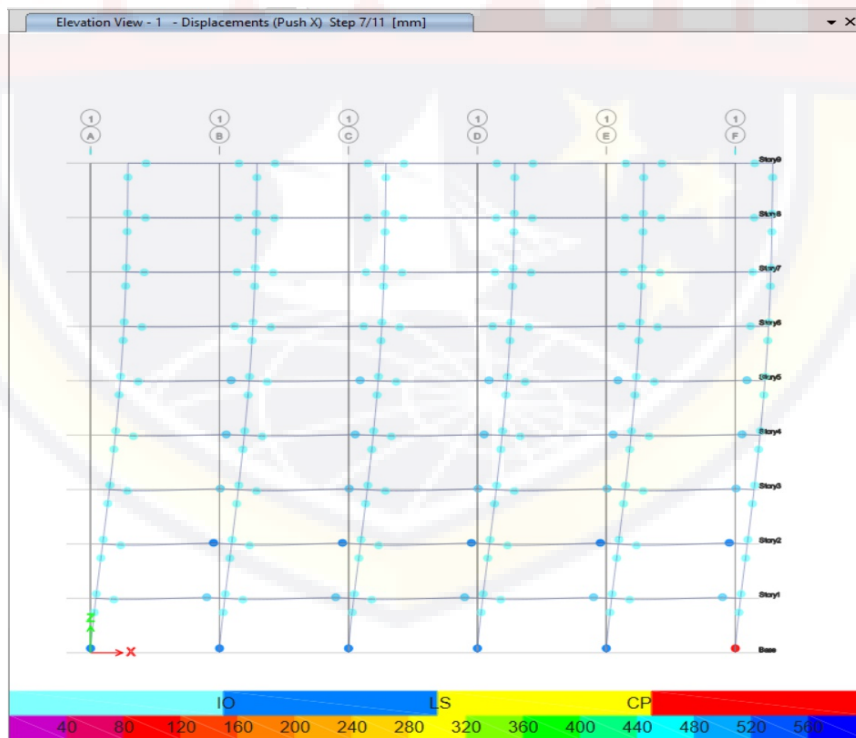
Gambar : 4.35 Pushover Arah X Step 4
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



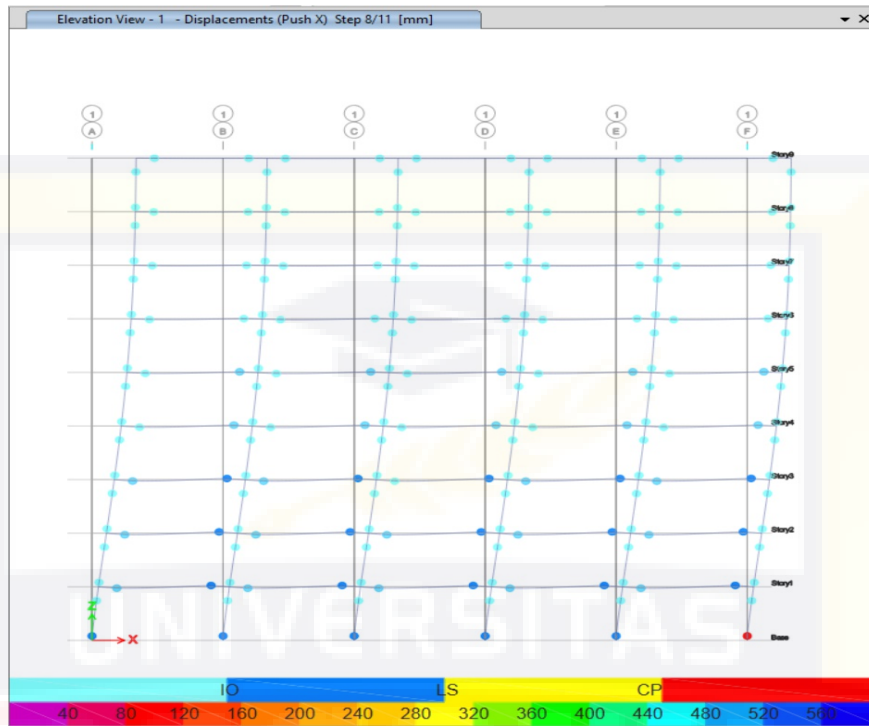
Gambar : 4.36 Pushover Arah X Step 5
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



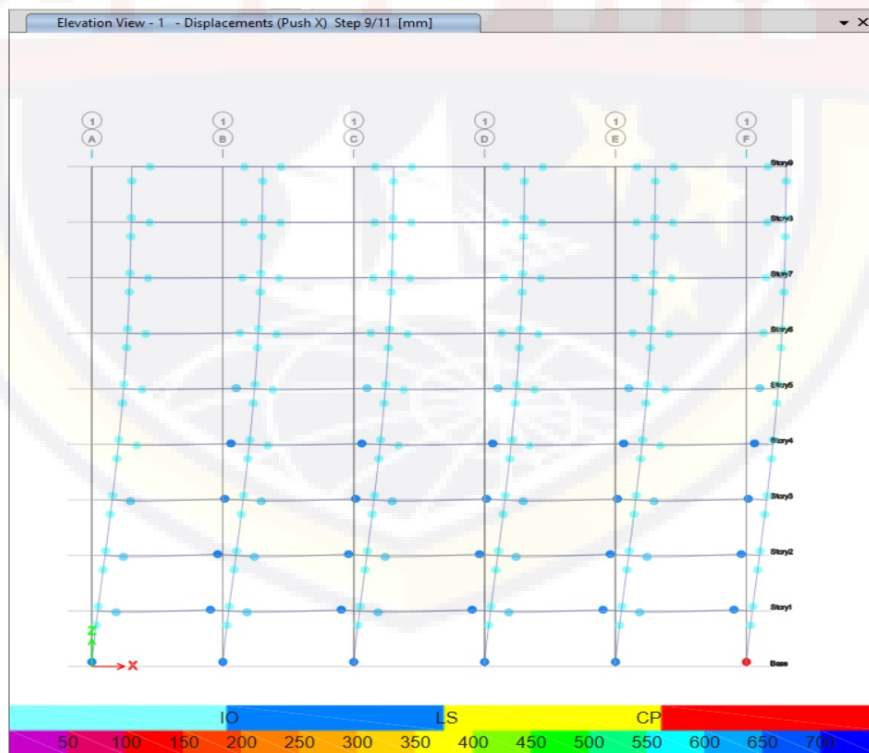
Gambar : 4.37 Pushover Arah X Step 6
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



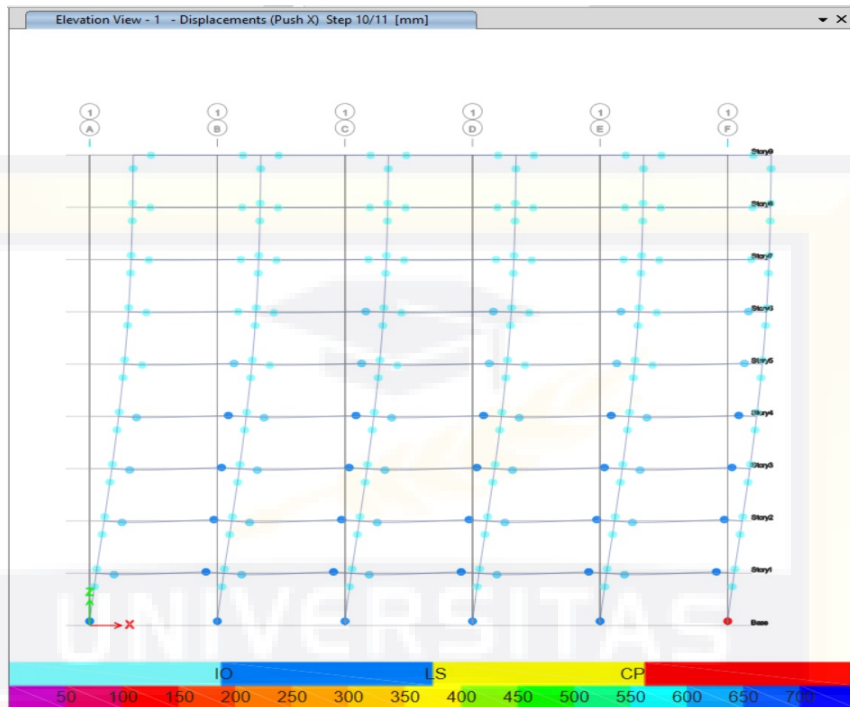
Gambar : 4.38 Pushover Arah X Step 7
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



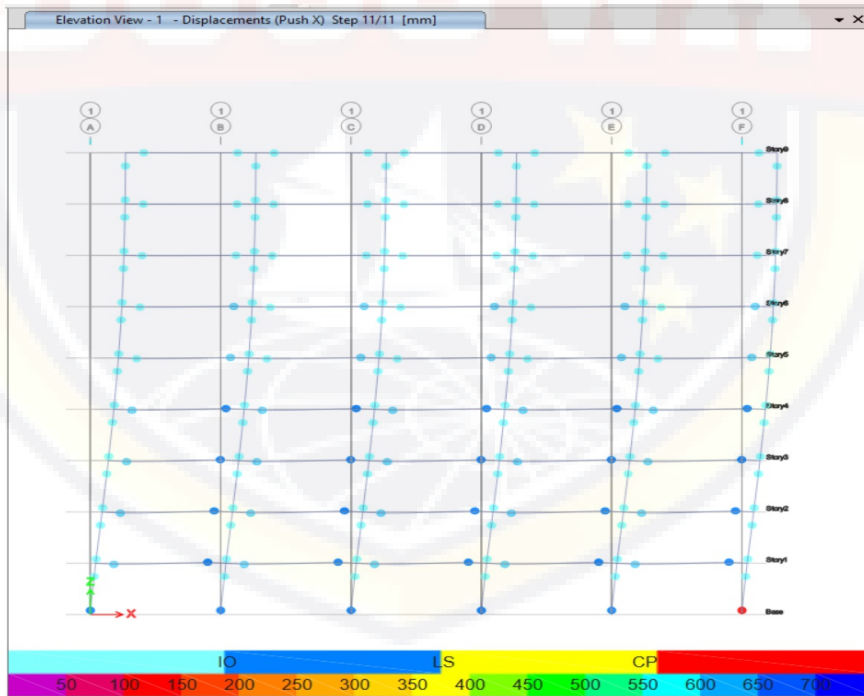
Gambar : 4.39 Pushover Arah X Step 8
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



Gambar : 4.40 Pushover Arah X Step 9
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



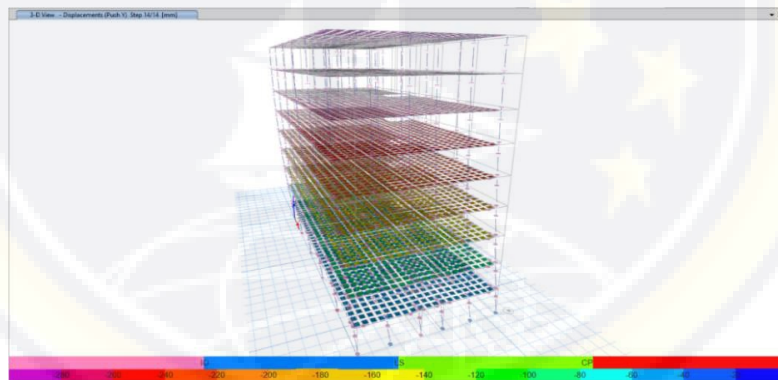
Gambar : 4.41 Pushover Arah X Step 10
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABsv19, 2022)



Gambar : 4.42 Pushover Arah X Step 11
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABsv19, 2022)

Target perpindahan (δt) struktur untuk pembebanan arah XZ gedung adalah 154,647 mm berada diantara step-3, sehingga evaluasi komponen struktur dilakukan step-11 dengan displacement yang terjadi 720,000 mm > 154,647 mm (δt). Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa lokasi awal terjadinya sendi plastis akan berada pada balok lantai terendah dan akan secara bertahap naik seiring dengan pertambahan beban dorong yang diberikan pada struktur. Distribusi sendi plastis yang terjadi pada step-10 dan step-11, ada komponen struktur (kolom) yang memperlihatkan melewati kinerja Immediate Occupany (IO) dan satu komponen struktur (kolom) melewati kinerja Collapse Prevention (CP) yaitu tetap berdiri hamper runtuh, sementara ada beberapa komponen struktur (balok) yang belum melewati batas kinerja Immediate Occupany (IO).

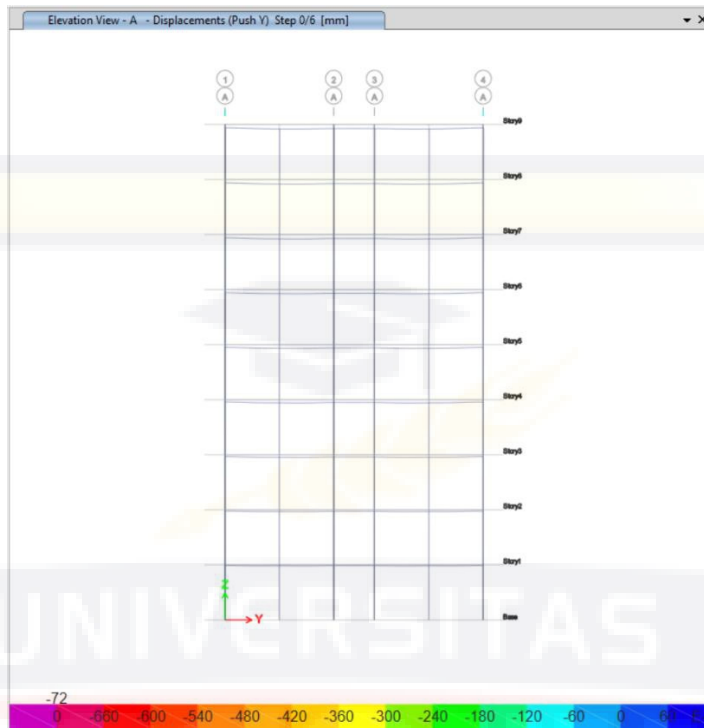
4.7.2 Sendi plastis arah Y



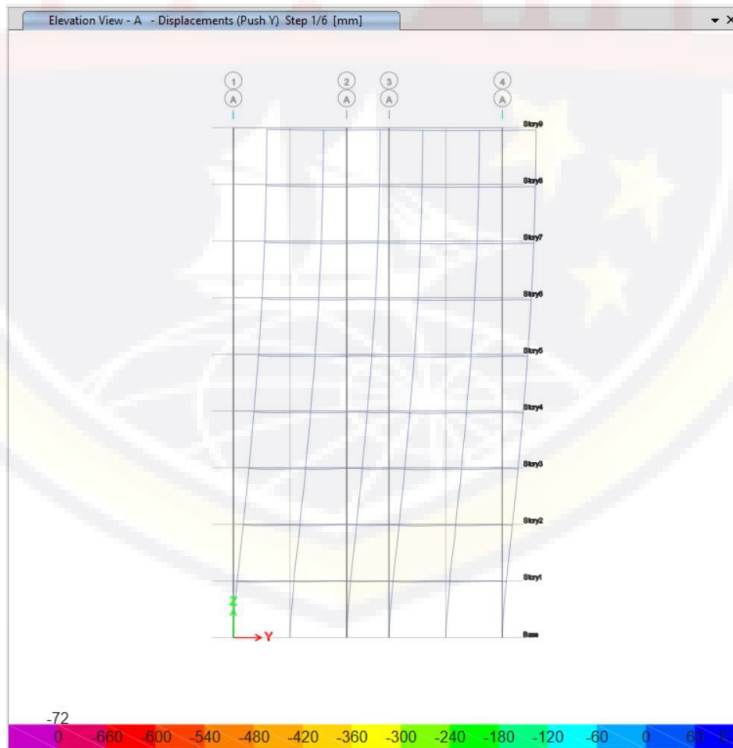
Gambar : 4.43 Distribusi sendi plastis pada step-14 untuk pembebanan arah-Y

Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSV19, 2022)

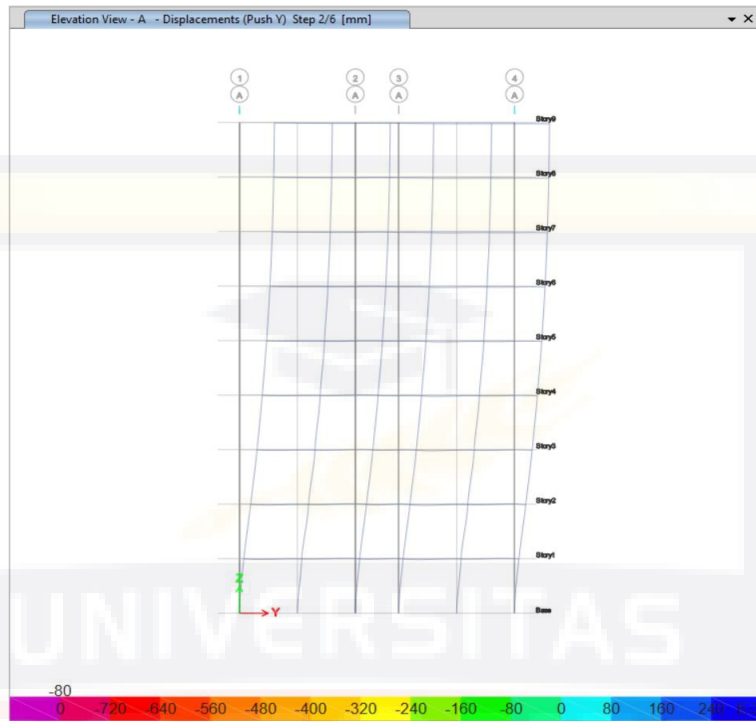
Distribusi sendi plastis arah YZ pada tiap tahapan peningkatan beban lateral hingga titik kinerja tercapai yang terjadi pada komponen struktur ditampilkan pada **Gambar : 4.44** sampai **Gambar : 4.50** berikut ini.



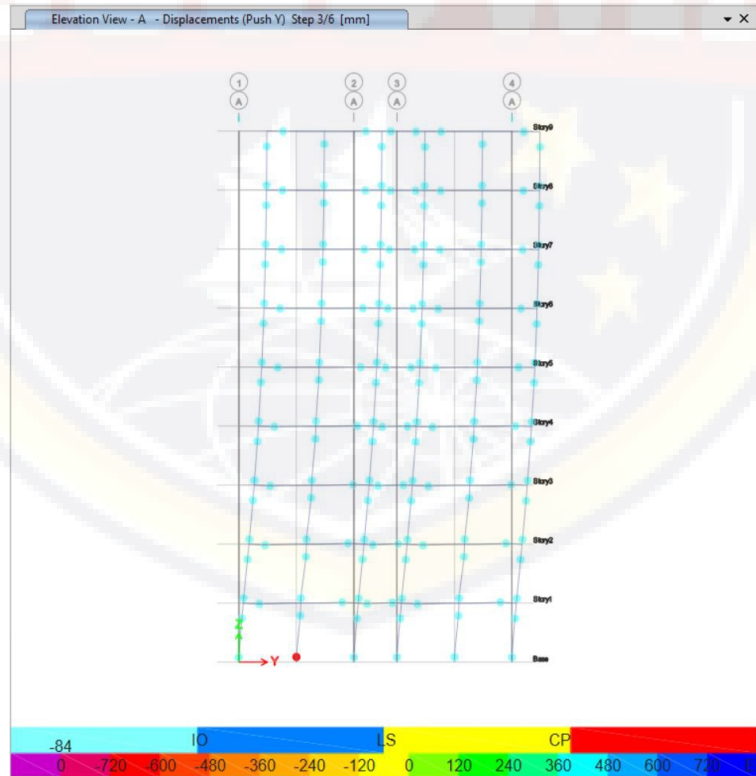
Gambar : 4.44 Pushover Arah Y Step 0
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



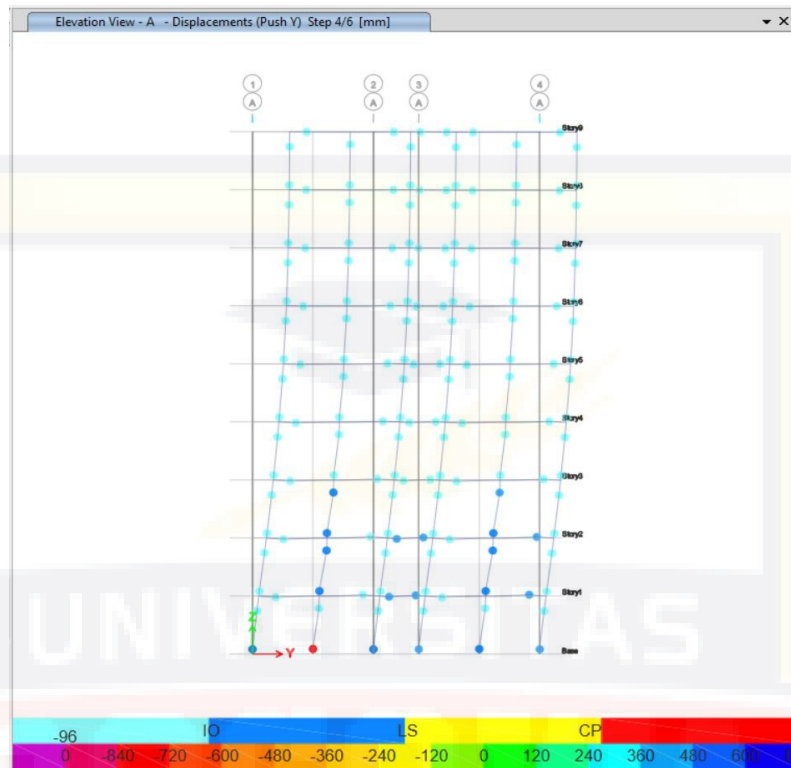
Gambar : 4.45 Pushover Arah Y Step 1
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



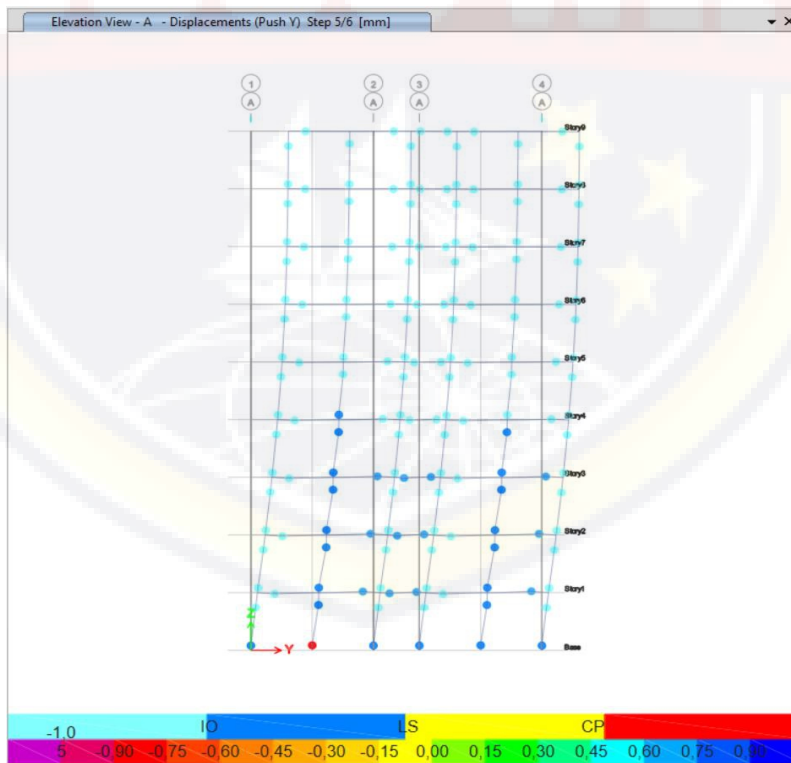
Gambar : 4.46 Pushover Arah Y Step 2
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



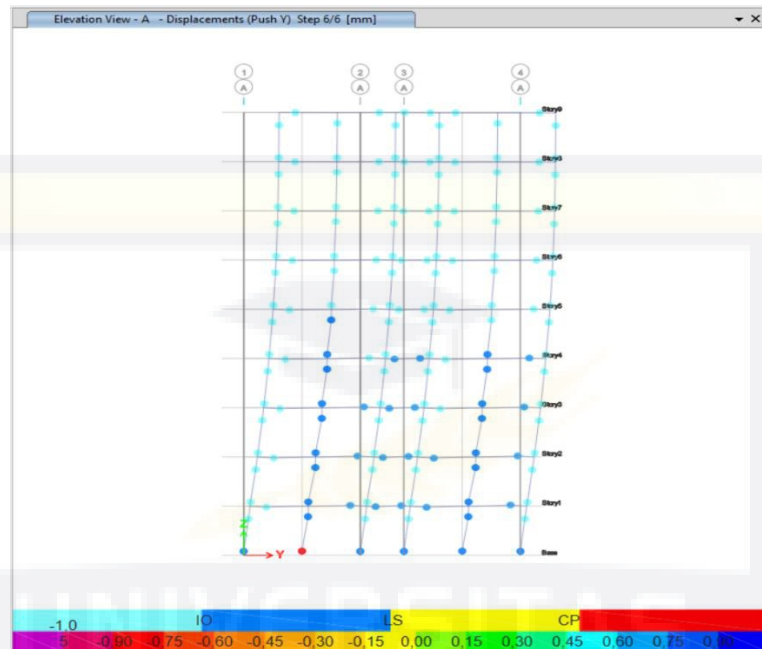
Gambar : 4.47 Pushover Arah Y Step 3
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



Gambar : 4.48 Pushover Arah Y Step 4
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



Gambar : 4.49 Pushover Arah Y Step 5
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)



Gambar : 4.50 Pushover Arah Y Step 6
 Sumber : (Hasil Pengolahan ETABSv19, 2022)

Target perpindahan (δ_t) struktur untuk pembebanan arah YZ gedung adalah 116,744 mm berada diantara step-2 dan step-3, sehingga evaluasi komponen struktur dilakukan pada step-5 dan step-6 dengan displacement yang terjadi 349,539 mm dan 404,699 > 116,744 mm (δ_t). Distribusi sendi plastis yang terjadi pada step-5 dan step-6 memperlihatkan ada komponen struktur yang tidak melewati batas kinerja Immediate Occupany (IO) sehingga dapat dikatakan kinerja komponen struktur masih dalam keadaan aman. Tapi ada komponen struktur (kolom) yang memperlihatkan melewati kinerja Immediate Occupany (IO) dan satu komponen struktur (kolom) melewati kinerja Collapse Prevention (CP) yaitu tetap berdiri hamper runtuh, sementara ada beberapa komponen struktur (balok) yang belum melewati batas kinerja Immediate Occupany (IO) sehingga ada terjadi kolom lemah-balok kuat.

Hasil perpindahan berdasarkan analisis pushover, SNI 1726-2019, dan pengukuran secara langsung dilihat pada **Tabel : 4.17**.

Tabel : 4.18 Hasil Nilai Perpindahan

Sumbu	Hasil Analisis Pushover		SNI 1726–2019		Pengukuran Langsung (mm)
	Hasil Pushover, δ_{max} (mm)	Target perpindahan (δ_t) (mm)	Inelastic Drift (mm)	Drift Limit (mm)	
X	0,720	0,154	0,138	30,769	0,11 – 0,15
Y	0,404	0,116	0,100	30,769	0,11 – 0,15

Sumber : (Hasil Pengolahan, 2022)

Dari hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan analisis pushover, SNI 1726-2019, dan pengukuran secara langsung. Dimana dilihat pada pengukuran langsung dan target perpindahan (δ_t), mendapatkan nilai yang hampir sama yaitu 11 cm sampai 15 cm. Dengan ketentuan berdasarkan SNI 1726-2019 yaitu 31 cm, adapun batas maksimum (δ_{max}) hasil analisis pushover untuk arah X yaitu 72 cm dan arah Y yaitu 40 cm. Dari hasil yang diperoleh berdasarkan Analisis Pushover, SNI 1726–2019, dan hasil observasi yang dilakukan menggunakan alat Total station dapat disimpulkan jika struktur gedung masih dalam **Keadaan Aman**

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Level kinerja saat terjadi gempa berdasarkan arah XZ metode Kurva kapasitas dan FEMA 356 menghasilkan Damage Control (DC) sedangkan Arah YZ metode Kurva kapasitas dan FEMA 356 menghasilkan Damage Control (DC). Dimana kondisi bangunan saat terjadi gempa
2. Nilai perpindahan berdasarkan analisis pushover, SNI 1726-2019, dan pengukuran secara langsung. Pengukuran langsung dan target perpindahan (δ_t), nilai arah X yang hampir sama yaitu 15 cm sedangkan nilai arah Y yaitu 11 cm. Dengan ketentuan berdasarkan SNI 1726-2019 yaitu 31 cm. Dapat disimpulkan pengukuran langsung dan target perpindahan (δ_t) < ketentuan berdasarkan SNI 1726-2019, oleh karena itu struktur gedung masih dalam **Keadaan Aman**

5.2 Saran

1. Analisis pushover untuk mengevaluasi bangunan perlu dicoba pada gedung-gedung tinggi lainnya untuk mendalami perilaku seismik gedung bertingkat banyak.
2. Dalam melakukan evaluasi terhadap bangunan gedung harus mengikuti standar SNI yang berlaku agar memudahkan dalam melakukan desain.

DAFTAR PUSTAKA

- Febriana a, wisnumurti, ari w. (2015). "analisis pushover untuk performance based design (studi kasus gedung b program teknologi informasi dan ilmu komputer universitas brawijaya) anisa." *Encyclopedia of volcanoes*. 3: 662.
- Asriadi a. (2022). "perhitungan super struktur rencana gedung fakultas kedokteran universitas bosowa dengan metode berbasis kinerja." (8.5.2017): 2003–5.
- Bowles, bobby k, joseph r murphey, kenneth d totty, and bill m young. (1977). "united states patent (19)." (19).
- Fema 356. (2000). "American Society Of Civil Engineers, Fema 356 Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Building." *Rehabilitation* (november).
- Hutama, bima priya. (2021). "Evaluasi Kinerja Bangunan Rumah Sakit Santa Maria Pemalang Dengan Non-Linier Static Pushover Analysis Metode Atc-40 Dan Fema 440." *Inersia Informasi dan ekspose hasil riset teknik sipil dan arsitektur* 17(2): 118–29.
- Pangestu, saifulloh fatah, and m mirza abdillah pratama. (2021). "Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Pendekatan Desain Berbasis Kinerja." *Cantilever: jurnal penelitian dan kajian bidang teknik sipil* 10(2): 91–100.
- Ppurg. (1987). "Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung." : 1–39.
- Sinaga, rofika, and cindrawaty lesmana. (2019). "Kajian Evaluasi Kinerja Bangunan Terhadap Siaga Bencana Gempa." *Jurnal teknik sipil* 14(1): 77–103.
- Sni 1726 (2019). "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (8): 254.
- Sni 1727 (2020). "beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain." *Sni 1727:2020* (8): 1–336.
- Sni 2847 (2019). "sni 2847:2019 persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung." *Standar nasional indonesia (sni)* (8): 720. [Www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id).

Sucofindo. (2022). "laporan assesment muh. Panca zainuddin arif gedung kampus 1 universitas bosowa makassar sulawesi selatan." (04076): 13.

Sudarman, h. Manalip, reky s. Windah, and servie o. Dapas. (2014). "Analisis Pushover Pada Struktur Gedung Bertingkat Tipe Podium." *Jurnal sipil statik* 2(4): 201–13.

Surjandari, n s, b setiawan, and j i s gea. (2017). "Analisis Kapasitas Dukung Dan Penurunan Pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba Dengan Perkuatan Geotextile Woven Pada Tanah" *Matriks teknik sipil* (2009): 555–59.

<https://103.23.224.239/matriks/article/view/36869>.

Surya, i made, and wisnu pangestu. (2017). "Analisis Statik Non-Liner Pushover Pada Optimalisasi Desain Gedung Pendidikan Bersama Fkub Dengan I Made Surya Wisnu Pangestu."

Verdiyanti, nuria eka, elsa tri mukti, and r m rustamaji. (2022). "Hubungan Batas Cair Dan Indeks Plastisitas Terhadap Nilai Kohesi Tanah Pada Uji Direct Shear Tanah Lempung Pada Kabupaten Mempawah." *Jelast: jurnal pwk, laut, sipil, tambang* 9(1): 1–5.

Wellyn, subandi, and wandri anggen. (2005). "Seminar Soegijapranata - Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa Dengan Analisa Pushover - Wiryanto Dewobro." *Jurusan teknik sipil - universitas pelita harapan*.

Yosafat, aji pranata. (2006). "Evaluas Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Dengan Pushover Analysis." *Jurnal teknik sipil* 3(1): 41–52.

Zebua, alfian wiranata. (2018). "Analisis Gaya Gempa Bangunan Rumah Tinggal Di Wilayah Gempa Tinggi." *Siklus: jurnal teknik sipil* 4(1): 23–35.

LAMPIRAN 1



**KEGIATAN
OBSERVASI DAN
TINJAUAN
PENELITIAN**



Foto : Pengukuran Kolom Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Pengukuran Jarak Antar Kolom Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Pengukuran Lebar Balok Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Pengukuran Tinggi Balok Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Pengenalan Alat UPV Pundit di Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Pegujian UPV Pundit Titik Balok Beton Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Pengujian Rebar Scanner Titik Balok Beton Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Pengukuran Jarak Tulangan Titik Balok Beton Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Pegujian UPV Pundit Titik Kolom Beton Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Pengujian Rebar Scanner Titik Balok Beton Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Pengukuran Jarak Tulangan Titik Balok Beton Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Wawancara dengan Prof. Dr. Ir. M Natsir Abduh, M.Si Mengenai Gedung I Universitas Bosowa



Foto : Penggunaan Alat Total Station Untuk Mengukur Elevasi Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Pemasangan Titik (Bawah) Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Pemasangan Titik (Atas) Gedung Kampus I Universitas Bosowa

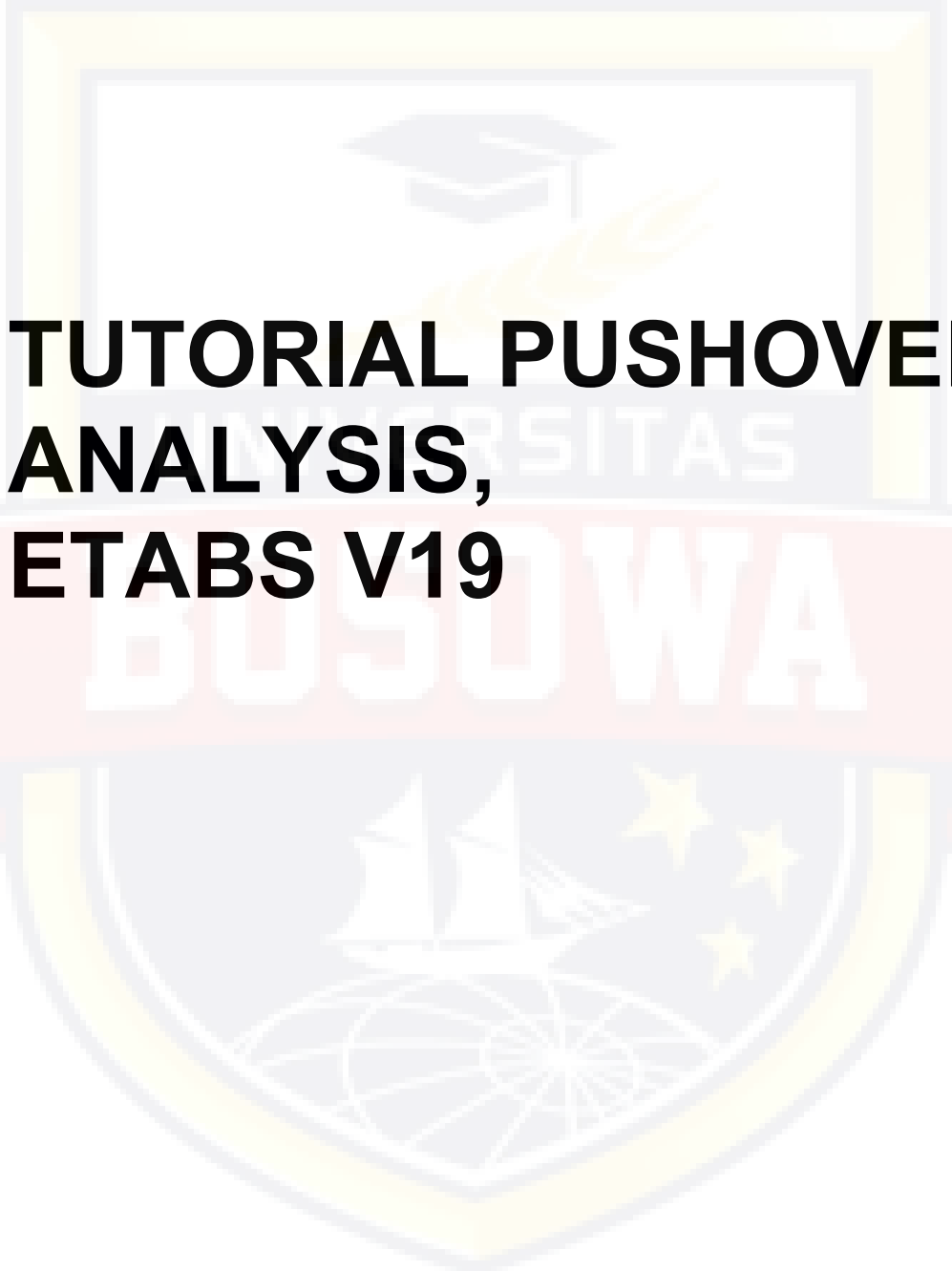


Foto : Penggunaan Alat Total Station Untuk Mengetahui Sudut Kemiringan Gedung Kampus I Universitas Bosowa



Foto : Penentuan Sudut Kemiringan Gedung Kampus I Universitas Bosowa

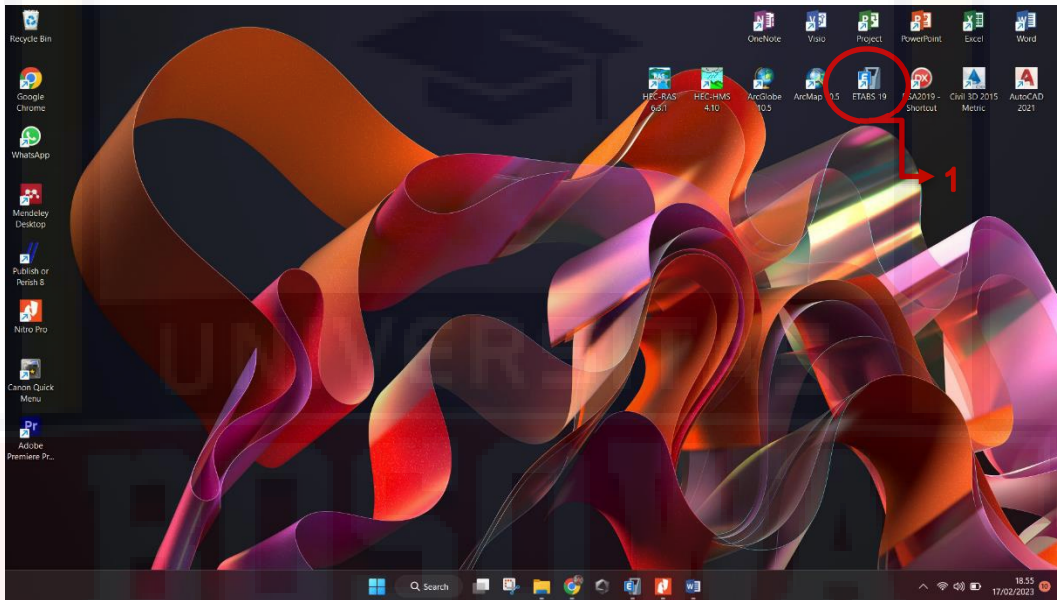
LAMPIRAN 2



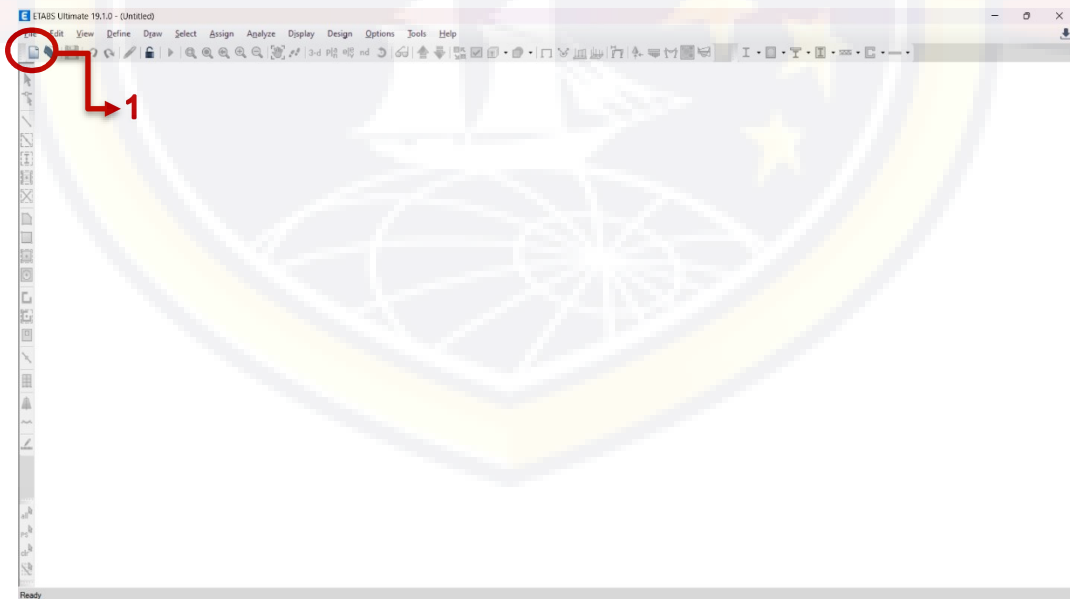
**TUTORIAL PUSHOVER
ANALYSIS,
ETABS V19**

➤ PEMODELAN STRUKTUR GEDUNG KAMPUS I UNIVERSITAS BOSOWA

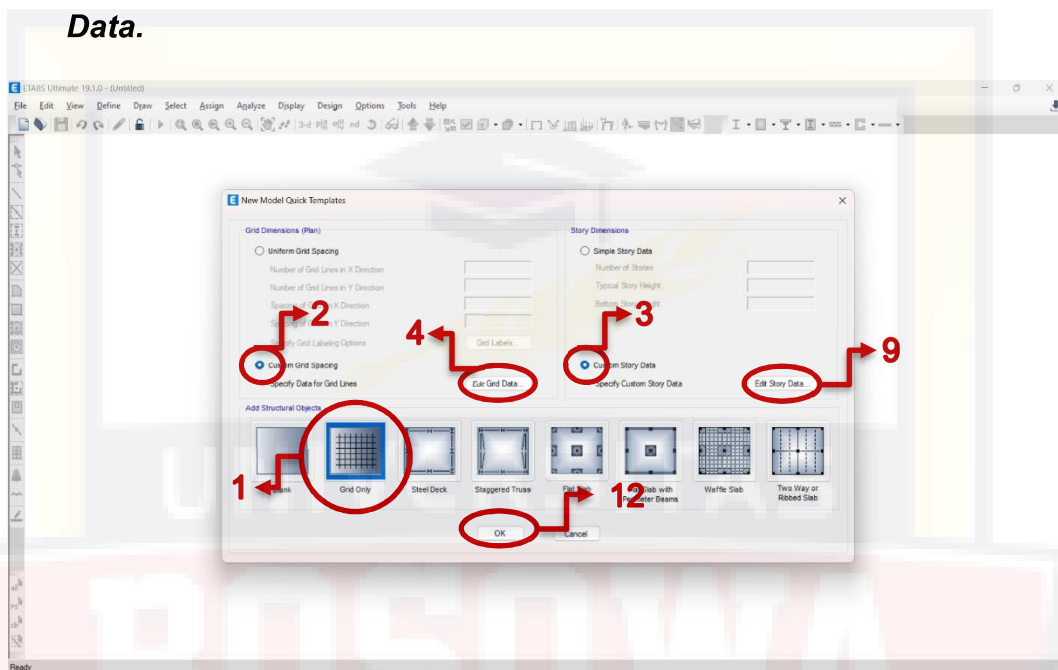
1. Bukalah program ETABS dengan cara klik Ikon ETABS 19



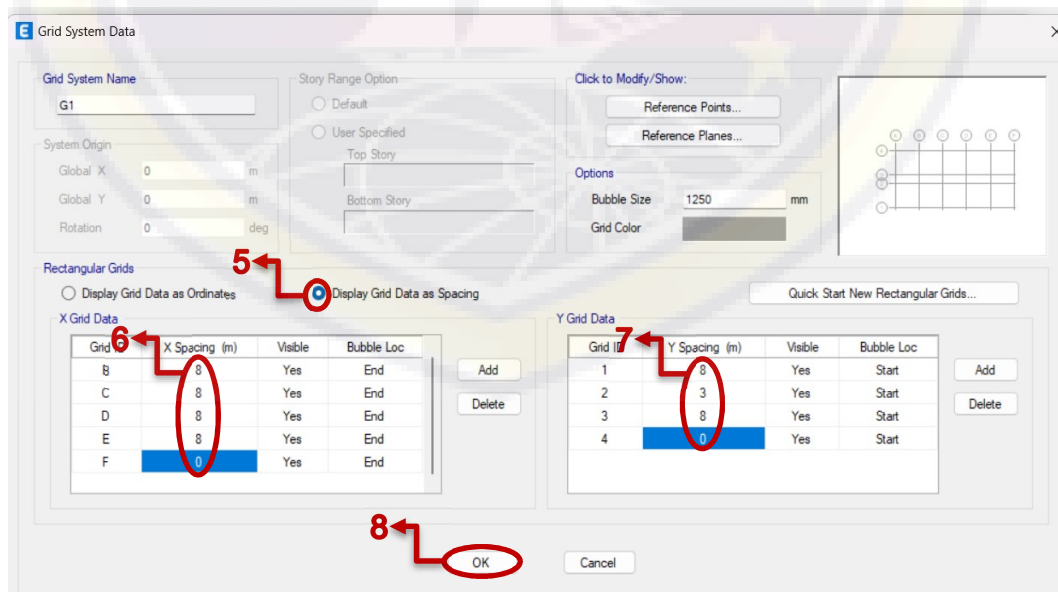
2. Maka akan muncul tampilan utama dari ETABS V19 sebagai berikut:

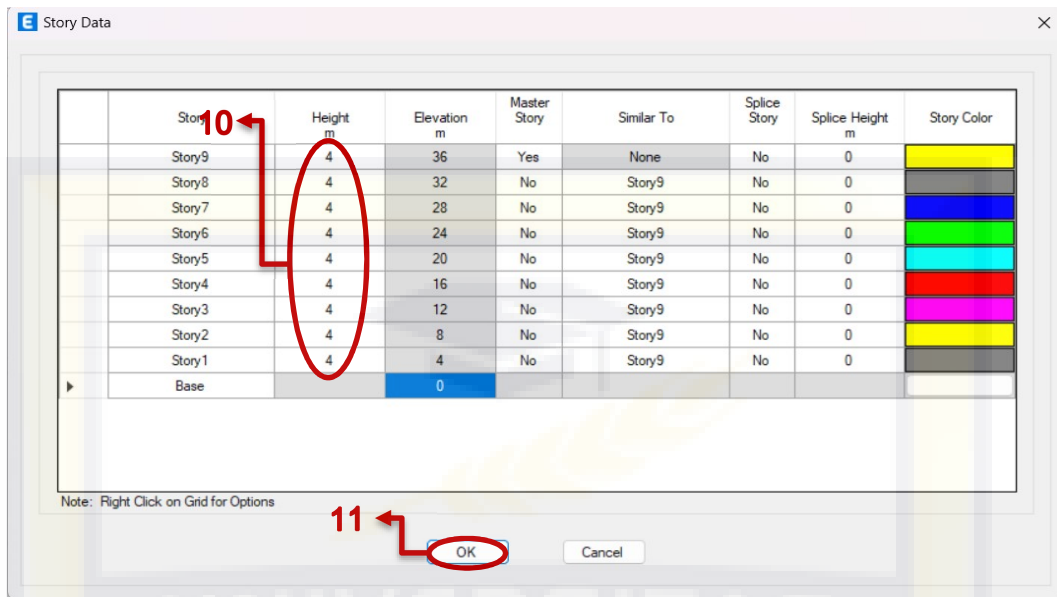


3. Lalu klik **File – New Model**, maka akan muncul kotak dialog
4. Pilih Grid Only, lalu klik **Custom Grid Spacing** dan **Custom Story Data**

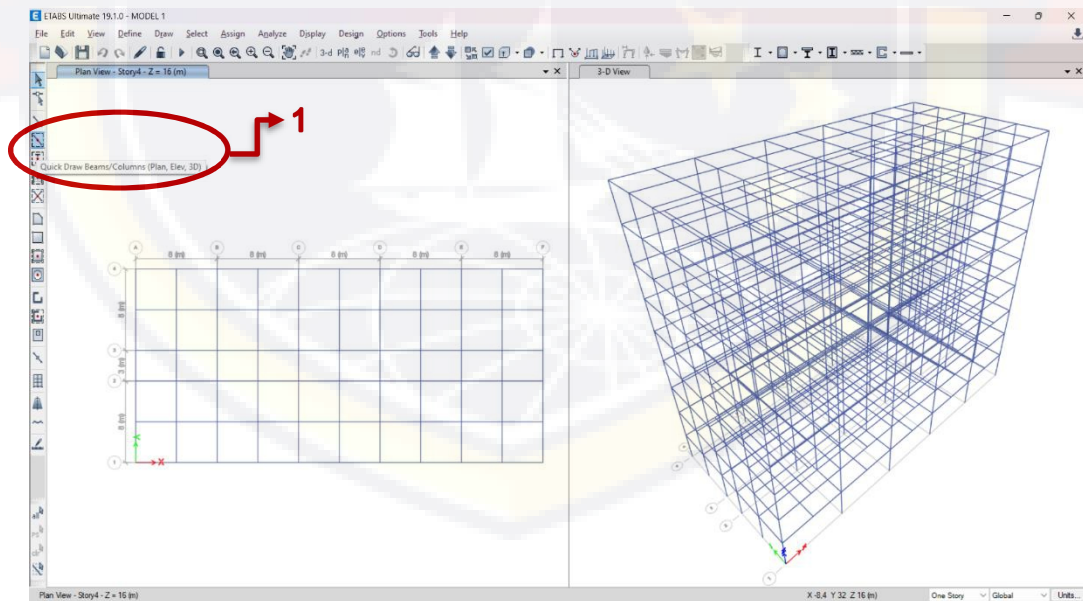


5. Setelah itu edit grid data masukkan nilai x dan y pada **Custom Grid Spacing** dan edit story data menunjukkan jumlah lantai yang akan dibuat.

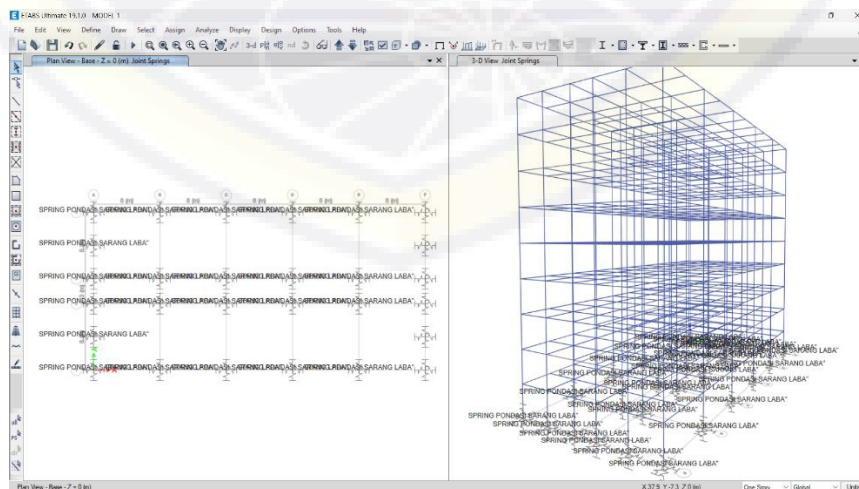
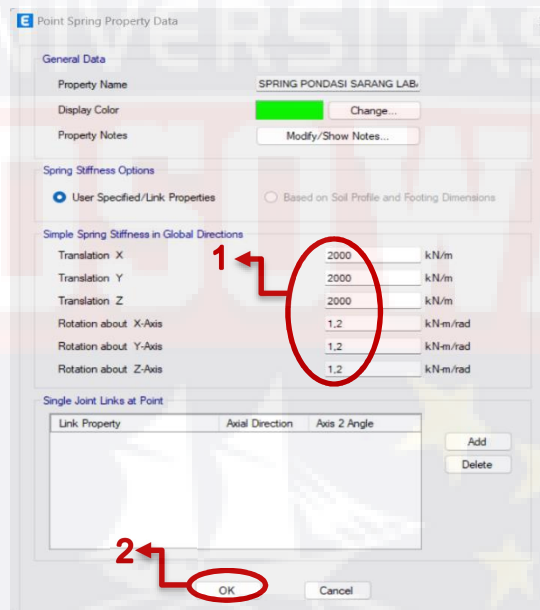




6. Setelah jarak grid dan antar lantai diatur, maka saatnya untuk menggambar **Frame** pada grid-grid tersebut. Klik pada menu **Draw > Draw frame/cable/tendon**. Dan gambar **elemen frame**, maka akan tampil seperti gambar dibawah ini.



7. Draw semua frame pada grid arah x, arah y, arah z. sehingga setelah semua diberikan frame, maka berikan perletakan pada joint dasar. Adapun pada pemberian joint berdasarkan jenis KSSL (Konstruksi Sarang Laba – Laba) maka menggunakan **Joint Springs**. Lalu blok titik yang akan diberikan perletakan. Setelah itu menu **Assign > Joint > Springs > Add New Property**. Kemudian masukkan nilai sesuai ketentuan jenis **tanah lempung lanau** (Ir. Fauzy Lebang, ST., MT). Beri perletakan pegas pada masing – masing joint dasar, lalu klik **OK**.



Hubungan nilai Indeks Plastisitas dengan jenis tanah menurut Atterberg

IP	Jenis Tanah	Plastisitas	Kohesi
0	Pasir	Non Plastis	Non Kohesif
< 7	Lanau	Rendah	Agak Kohesif
7- 17	Lempung berlanau	Sedang	Kohesif
> 17	Lempung murni	Tinggi	Kohesif

Sumber : (Verdiyanti, Mukti, and Rustamaji 2022)

Nilai perkiraan Modulus Elastisitas tanah (Bowles, 1977)

Jenis Tanah	Es (kN/m ²)
Lempung	
Sangat lunak	300 – 3000
Lunak	2000 – 4000
Sedang	4500 – 9000
Keras	7000 – 20000
Berpasir	30000 – 42500
Pasir	
Berlanau	5000 – 20000
Tidak padat	10000 – 25000
Padat	50000 – 100000
Pasir dan Kerikil	
Padat	80000 – 200000
Tidak padat	50000 – 140000
Lanau	2000 – 20000
Loses	15000 – 60000
Cadas	140000 – 1400000

Sumber : (Bowles et al. 1977)

Hubungan antara jenis tanah dan *Poisson's Ratio*

Jenis Tanah	<i>Poisson's Ratio</i> (μ)
Lempung jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1- 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0innik
Pasir padat	0,2 – 0,4
Pasir kasar (e= 0,4 – 0,7)	0,15
Pasir halus (e=0,4 – 0,7)	0,25
Batu	0,1 – 0,4
Loses	0,1 – 0,3

Sumber : (Bowles et al. 1977)

Batas Penurunan Maksimum

Jenis Pondasi	Batas Penurunan Maksimum (mm)
Pondasi terpisah pada tanah lempung	65
Pondasi terpisah pada tanah pasir	40
Pondasi rakit pada tanah lempung	65-100
Pondasi rakit pada tanah pasir	40-65

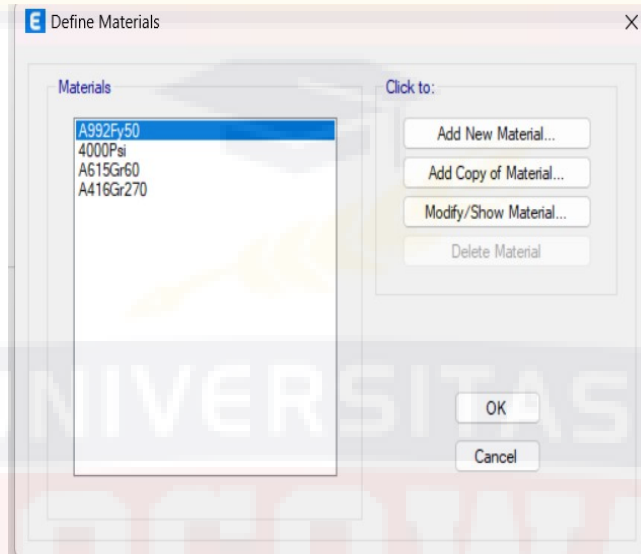
Sumber : (Surjandari, Setiawan, and Gea 2017)

Faktor Pengaruh Yang Tergantung Dari Bentuk dan Kekakuan Pondasi

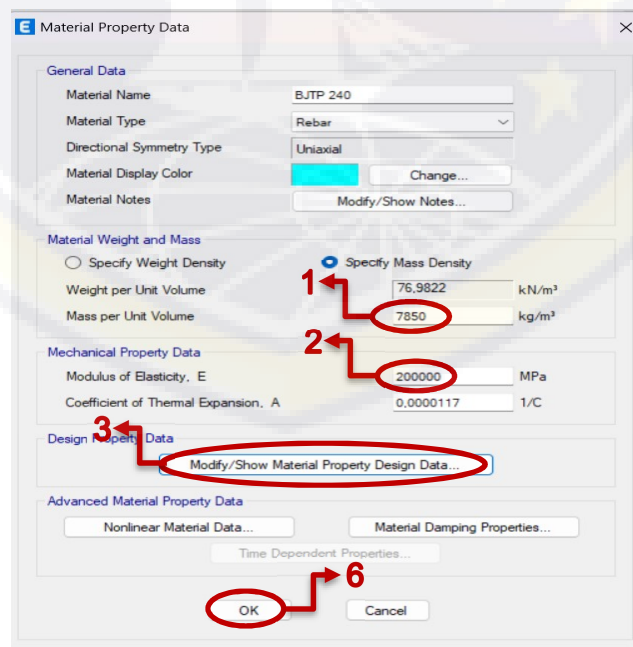
	Flexible			Rigid	
	Shape	Center	Average	Iw	Id
Circle	1.0	0.04	0.85	0.88	6.0
Square	1.12	0.56	0.95	0.82	3.7
Rectangle L/B = 0.2	-	-	-	-	2.29
0.5	-	-	-	-	3.53
1.5	1.36	0.66	1.15	1.06	4.12
2.0	1.53	0.77	1.30	1.20	4.38
5.0	2.10	1.05	1.83	1.70	4.82
10.0	2.54	1.27	2.25	2.10	4.93
100.0	4.01	2.00	3.69	3.40	5.00

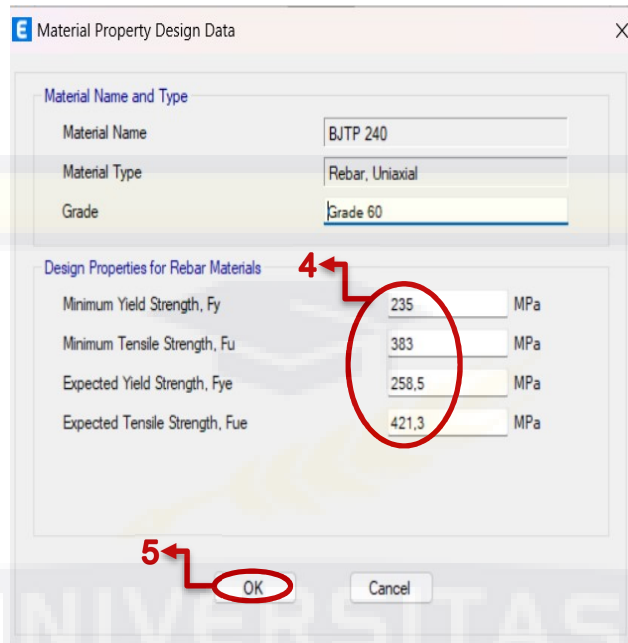
Sumber : (Surjandari, Setiawan, and Gea 2017)

8. Langkah selanjutnya adalah mendefinisikan penampang untuk material yang akan digunakan. Pilih menu **Define > Materials** maka akan tampil seperti gambar dibawah ini:

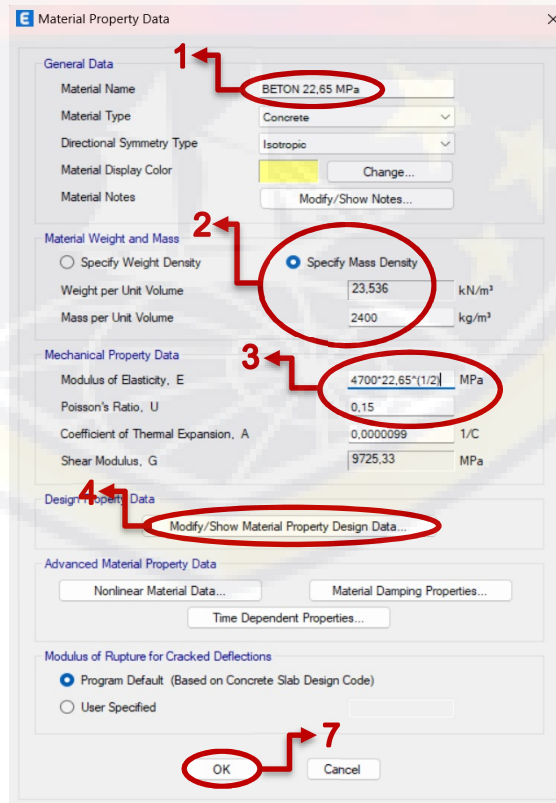


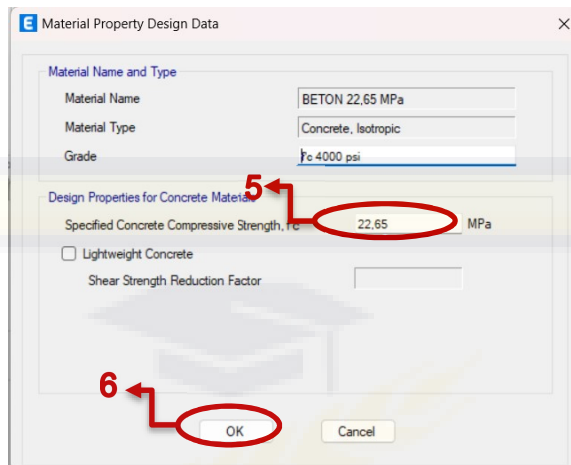
9. Pilih Add **New Materials**, lalu pilih material **Rebar** karena material yang digunakan adalah tulangan baja. Isi data baja sesuai dengan data material baja (BJTP 240) pada kolom dan balok yang tersedia – Klik **OK**





10. Kemudian Add **New Materials** lagi, pilih **Concrete** digunakan untuk pelat, balok, dan kolom. Isi data material beton sesuai pengujian **Pundit UPV** yang telah dilakukan – Klik **OK**

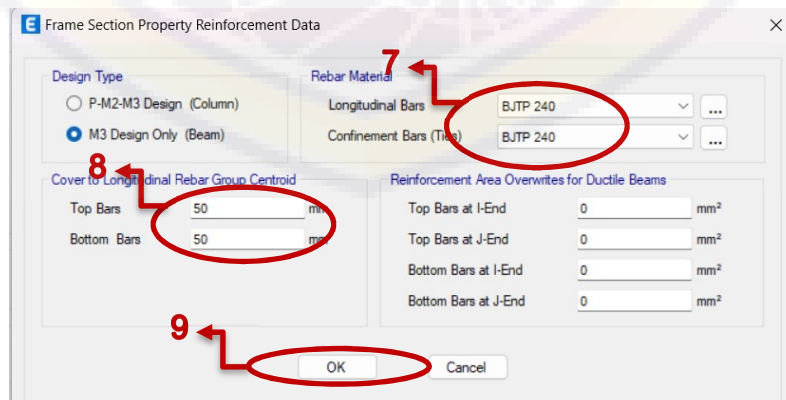
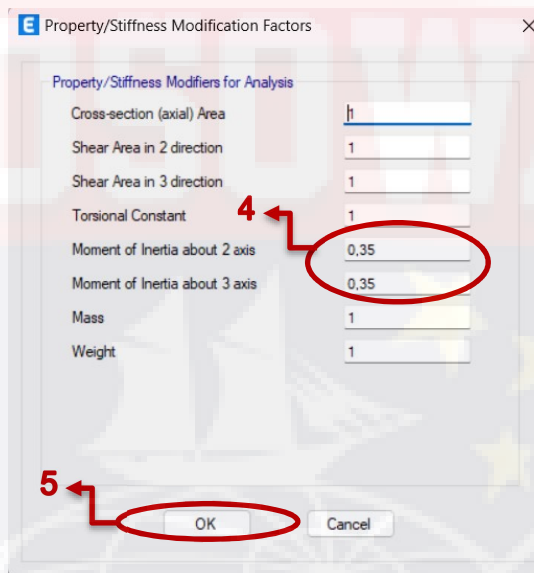


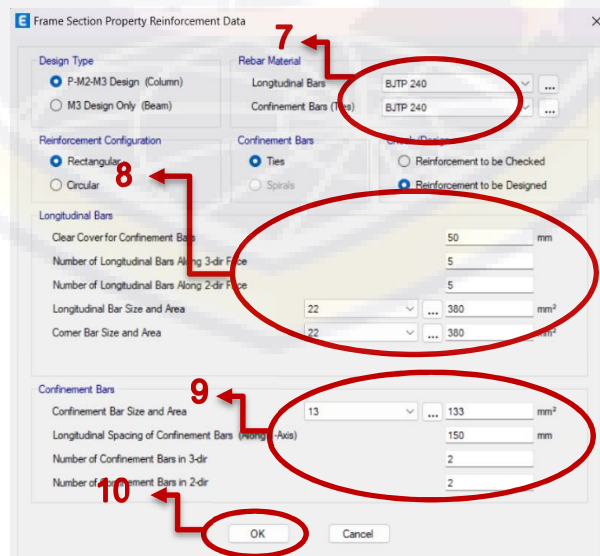


11. Setelah material baja dan beton telah didefinisikan, maka langkah selanjutnya adalah mendefinisikan properties dimensi penampang balok maupun kolom yang akan digunakan, pilih menu **Define > Section Properties > Frame Sections > Add New Property**, Pilih **Concrete** lalu **Rectangular Section**.

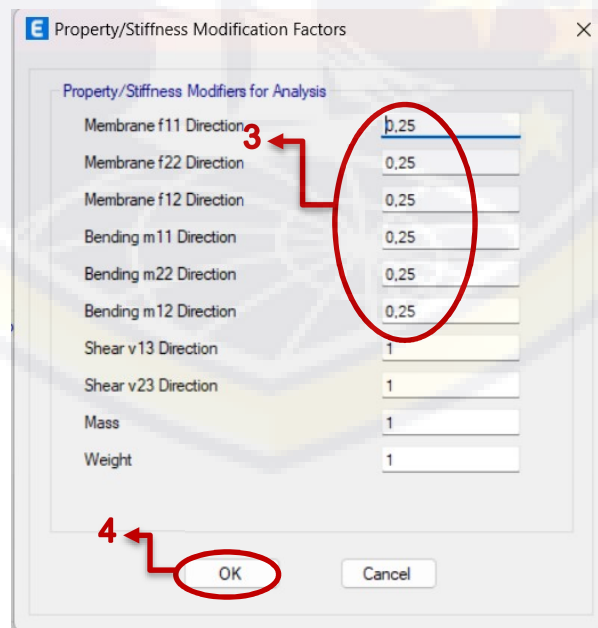


Kemudian ubah Section Name menjadi Nama penampang Kolom/Balok isi data pada kolom sesuai dengan data pengukuran dilapangan, Rebar Scan test, dan momen inersial balok/kolom. Setelah itu Klik **OK**





12. Setelah pendefinisian balok dan kolom selesai selanjutnya pendefinisian pelat. Pilih menu **Define > Section Properties > Slab Section**, selanjutnya pilih **Add New Property** lalu definisikan tebal pelat yang digunakan.

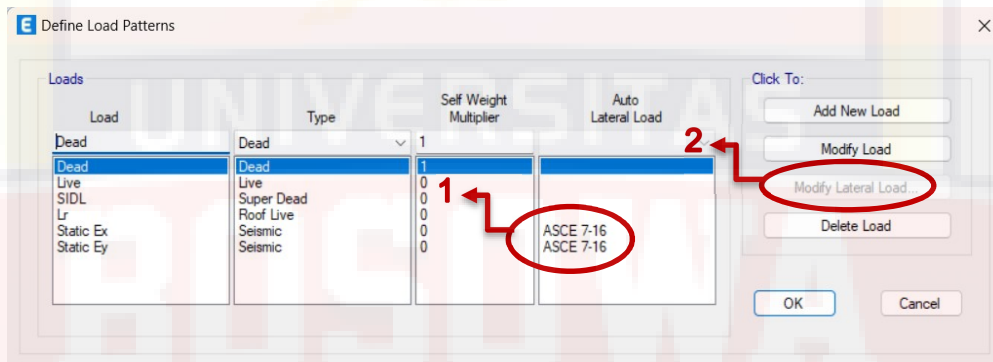


13. Selanjutnya adalah assign frame-frame tadi. Klik semua balok atau kolom pada gambar rencana, lalu pilih **Assign > Frame > Sections Property**. Pilih dimensi balok atau kolom yang digunakan. Klik **OK**
14. Untuk pelat pilih **Assign > Shell > Slab Sections**. Pilih dimensi pelat yang digunakan. Klik **OK** sehingga tampilan struktur seperti berikut :

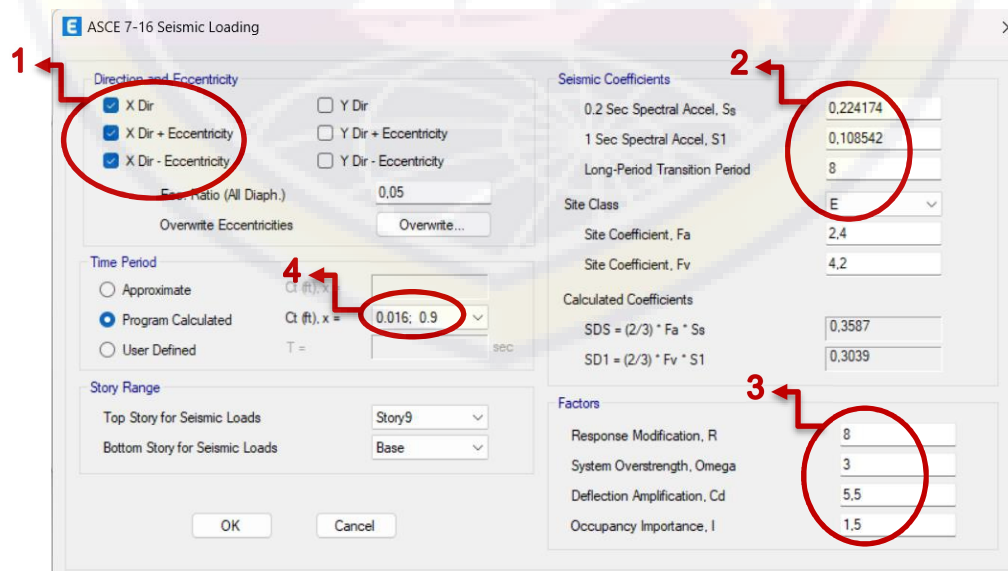


➤ PEMODELAN STRUKTUR GEDUNG KAMPUS I UNIVERSITAS BOSOWA

15. Selanjutnya memberikan beban-beban pada komponen struktur yang digunakan adalah Beban mati, Beban Hidup, Beban Mati Tambahan, Gempa Statik Arah X dan Arah Y serta mendefinisikan beban hidup atap. Kemudian pilih **Define > Load Pattern**. Setelah kotak dialog muncul masukkan jenis beban seperti pada gambar berikut :



Gempa Statik Arah X dan Arah Y pada **Auto Lateral Load** dipilih **ASCE 7-16** (SNI 1726-2019), kemudian **Modify Lateral Load**. Masukkan data sesuai rekapulasi gempa.



16. Untuk beban mati tambahan dan beban hidup, pilih semua elemen pelat lalu pilih **Assign > Shell Load > Uniform**. Untuk beban mati tambahan pada Load Pattern Name pilih SIDL (Super Imposed Dead Load) sedangkan untuk beban hidup pilih Live. Input nilai beban pada **Uniform Load > Load**. Sedangkan untuk beban mati tambahan pada balok pilih **Assign > Frame Load > Distributed**. Untuk beban mati tambahan pada Load Pattern Name pilih. Input nilai beban pada **Uniform Load > Load**.

Shell Load Assignment - Uniform

Load Pattern Name: Live

Uniform Load

Load: 0.96 kN/m²

Direction: Gravity

Options

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

OK Close Apply

Shell Load Assignment - Uniform

Load Pattern Name: SIDL

Uniform Load

Load: 0.45 kN/m²

Direction: Gravity

Options

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

OK Close Apply

Frame Load Assignment - Distributed

Load Pattern Name: SIDL

Load Type and Direction

- Forces
- Moments

Direction of Load Application: Gravity

Options

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.	
Distance	0	0	0	0	m
Load	0	0	0	0	kN/m

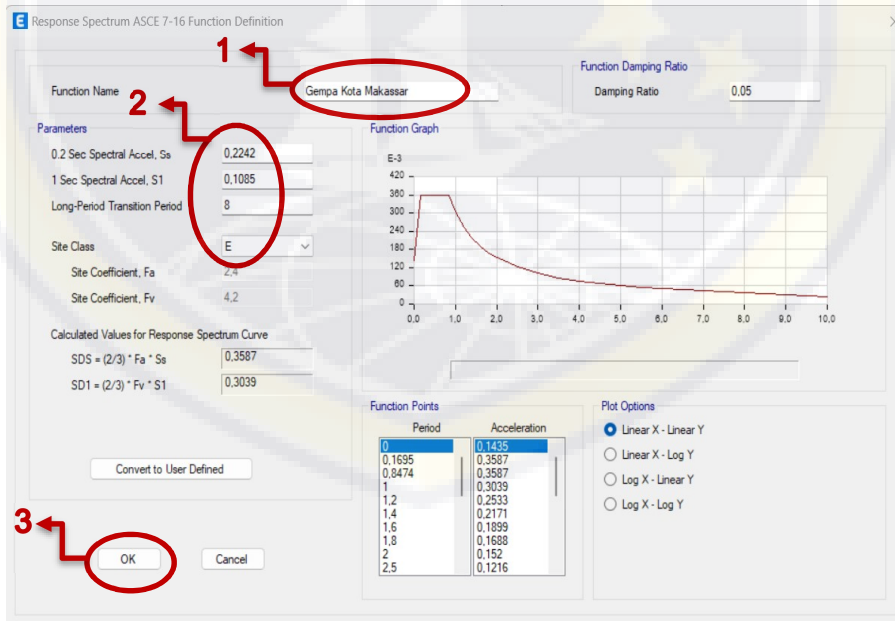
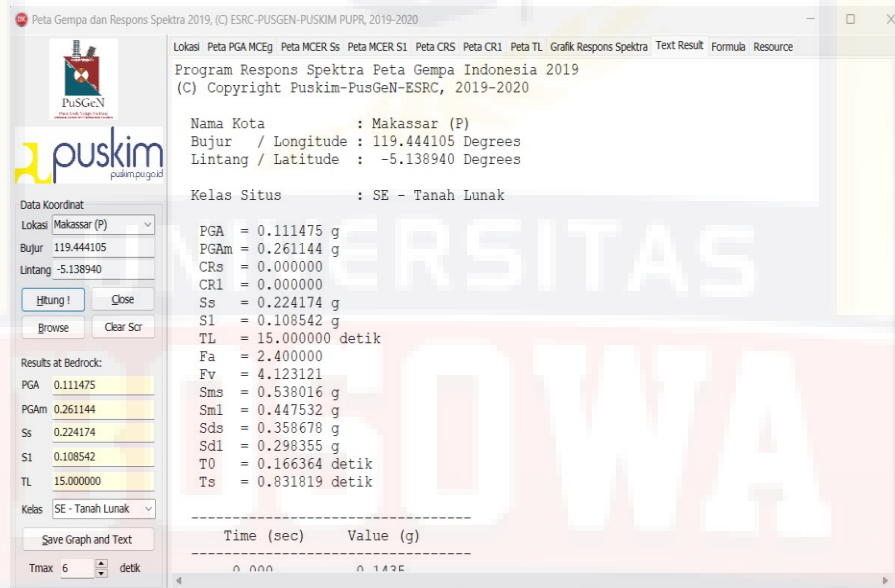
Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

Uniform Load

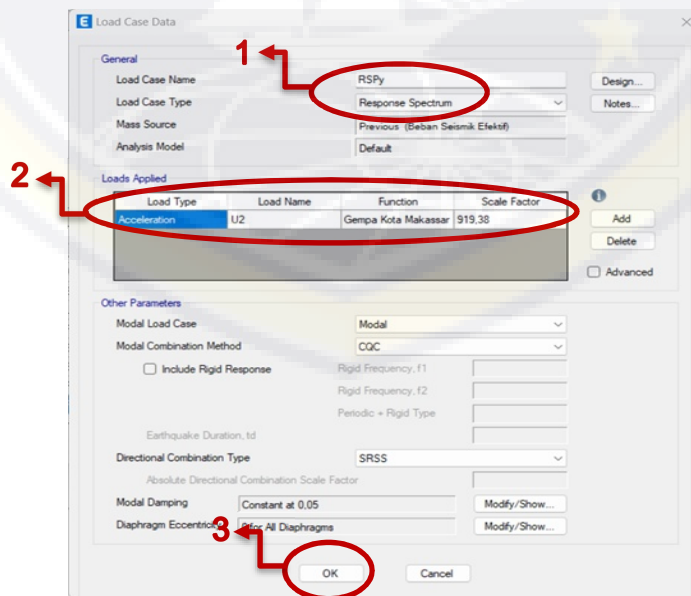
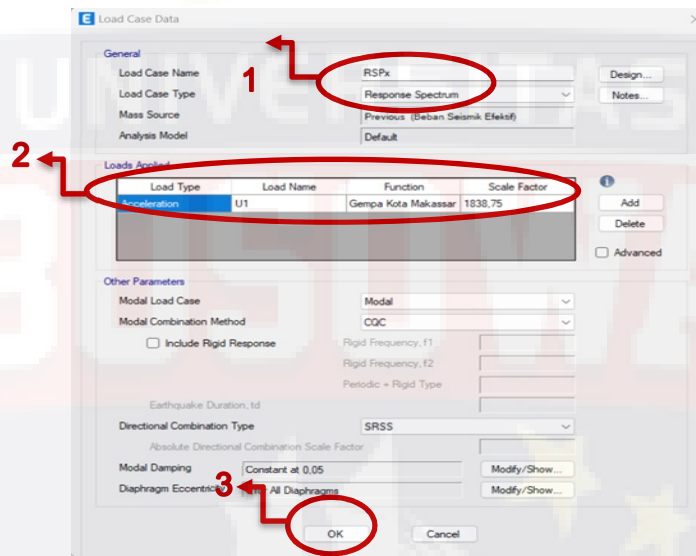
Load: 12 kN/m

OK Close Apply

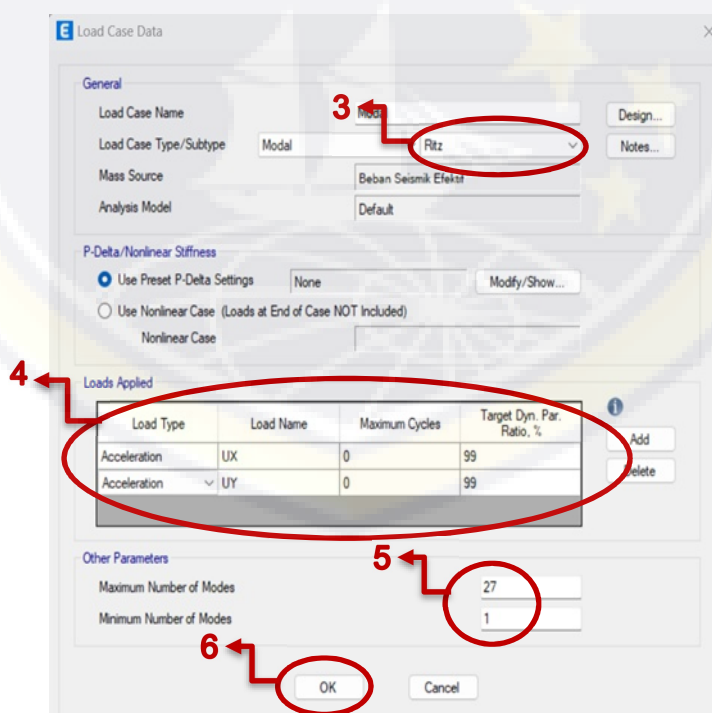
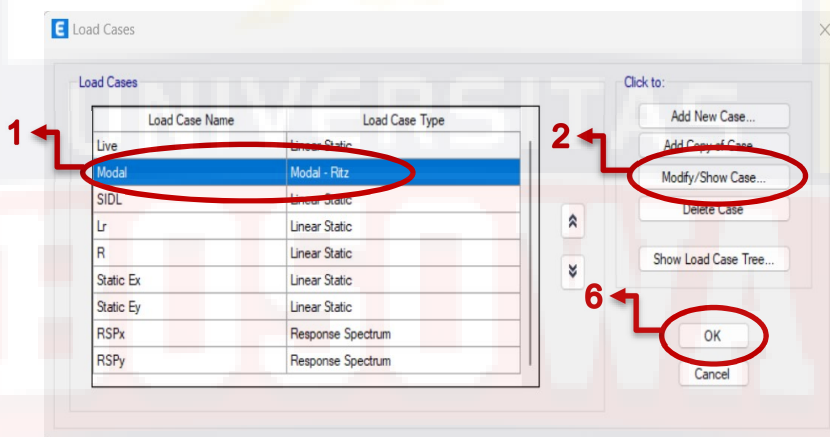
17. Untuk beban gempa dinamik, pilih **Define > Function > Respon Spectrum > Add New Function**. Kurva respons spektrum yang didapatkan dari rekaman peta gempa diinput pada program dipilih ASCE 7-16 karena sesuai dengan SNI 1726-2019 seperti. Kemudian masukkan nilai lalu **OK**.



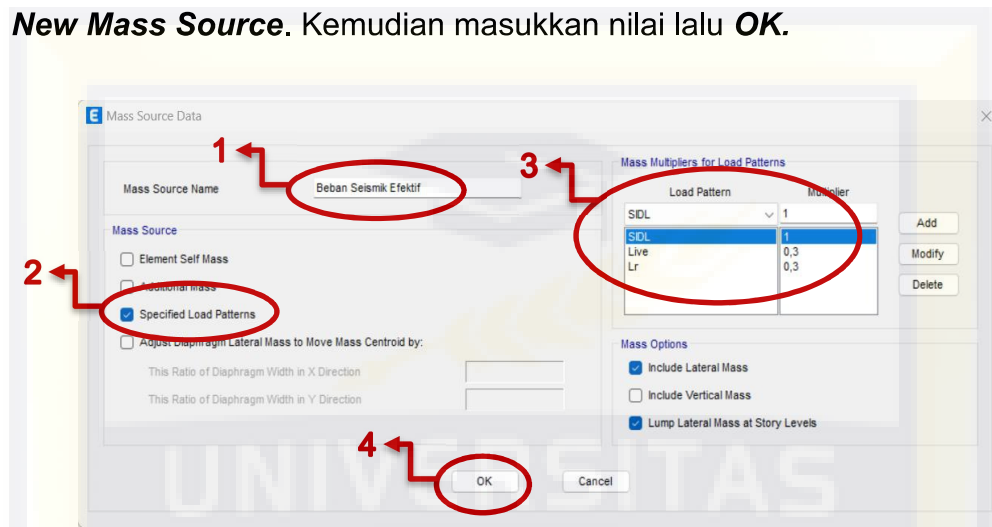
18. Setelah kurva respons spektrum dibuat, selanjutnya memuat data kasus (respons spektrum). Membuat **Scale factor** yang dibuat berdasarkan **Koefisien Respons Seismik**, Isi parameter-parameter, sesuai SNI 1726-2019 input respon spektrum diberikan nilai pengali sebesar $g \times I / R$ maka didapatkan $U1 = 1838,75$ dan $U2 = \frac{1}{2} U1 = 919,38$. pilih **Define > Load Case > Add New Case**. Kemudian masukkan nilai lalu **OK**.



19. Setelah memuat data kasus **Respons Spektrum** dibuat, selanjutnya memuat data kasus **Modal** dengan data setiap struktur bangunan ini memiliki 3 DOF yaitu translasi arah X, translasi arah Y, dan rotasi memutar sumbu Z. Sedangkan struktur terdiri atas 9 tingkat sehingga didapat jumlah perkalian $3 \times 9 = 27$, maka untuk jumlah mode (maximum number of modes) sebanyak 27. Pilih **Define > Load Case**. Kemudian masukkan nilai lalu **OK**.

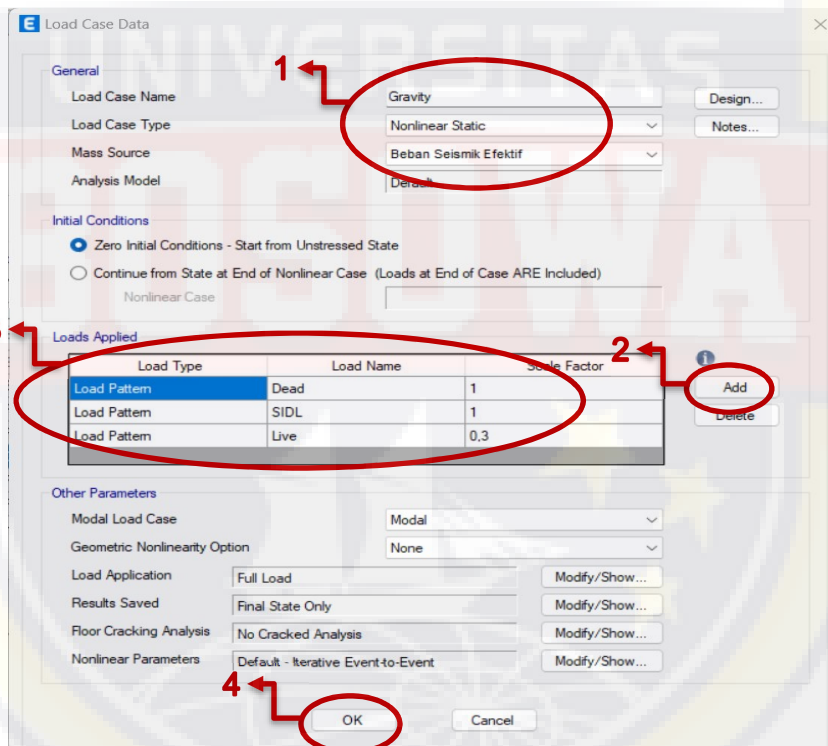


Setelah memuat data kasus **Modal** dibuat, selanjutnya penentuan **Massa Struktur Define Mass Source**. Pilih **Define > Mass Source > Add New Mass Source**. Kemudian masukkan nilai lalu **OK**.

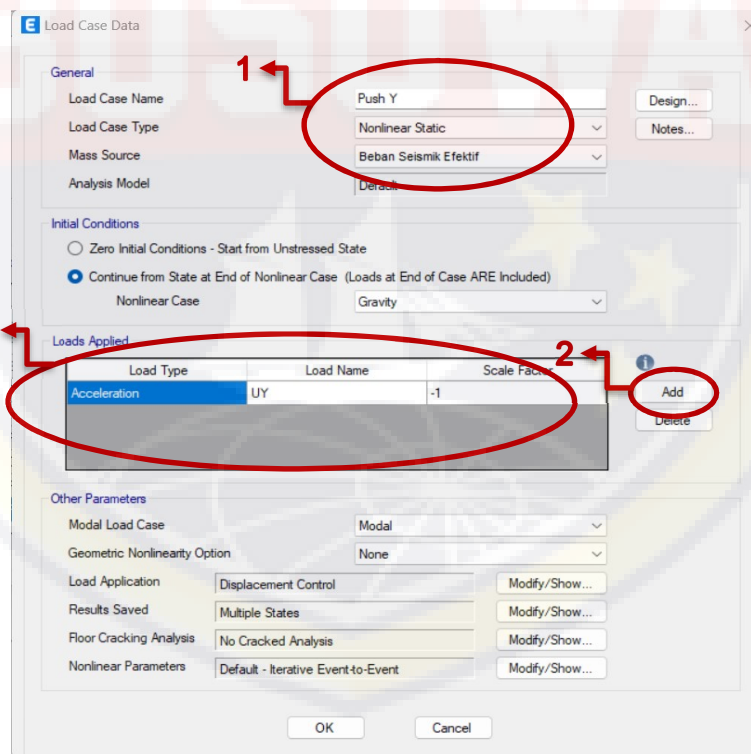
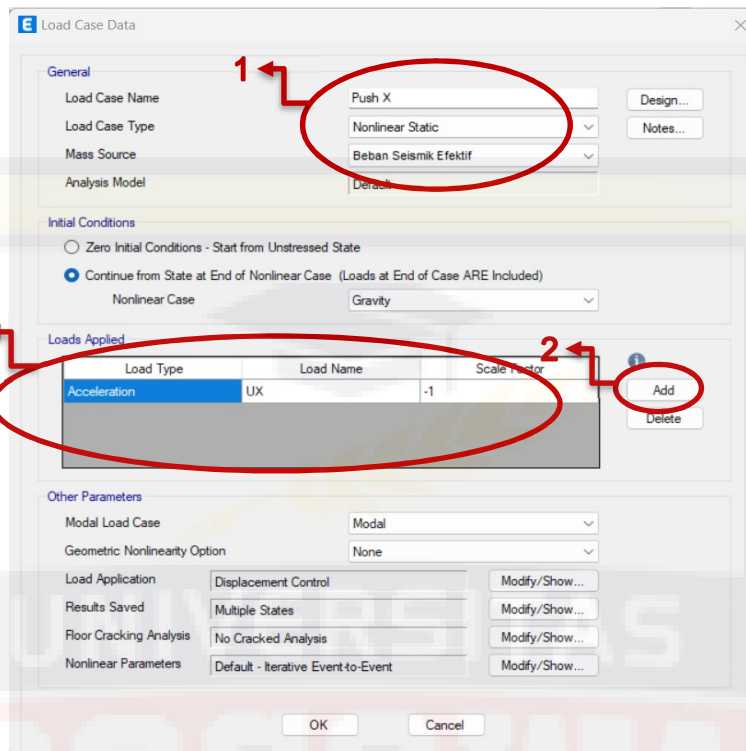


➤ **PEMODELAN STRUKTUR GEDUNG KAMPUS I UNIVERSITAS BOSOWA ANALISA BEBAN DORONG STATIK (PUSHOVER ANALYSIS)**

20. Pembebanan diberikan dalam dua tahapan, yakni yang pertama adalah pembebanan akibat beban gravitasi, yaitu kombinasi beban mati, beban mati tambahan dan beban hidup. Pilih **Define > Load Case > Add New Load Case**. Pada tahap ini sudah diperhitungkan kondisi nonlinier.

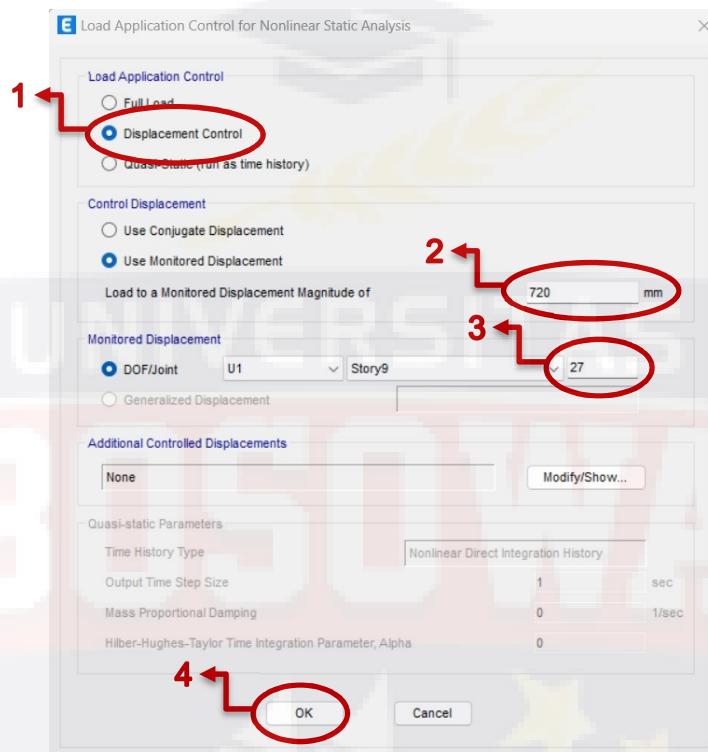


21. Selanjutnya pendefinisian beban lateral pada struktur yaitu Push X dan Push Y. Pendefinisian tahap kedua melalui **Define > Load Case > Add New Load Case**.

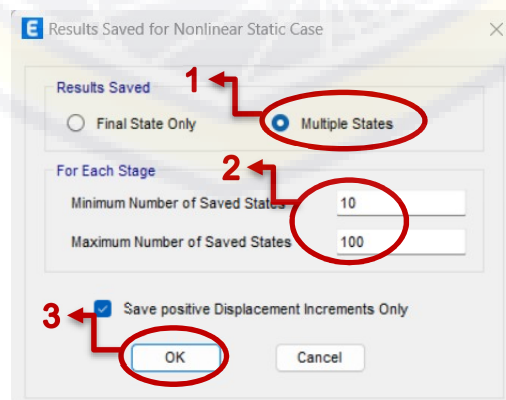


Kemudian pilih pada Other **Parameter** > **Load Application** > **Modify/Show**. Kemudian pada **Load Application Control** pilih

Displacement Control, pada **Control Displacement** pilih **Use Conjugate Displacement**, **Load to a Monitored Displacement Magnitude of** nilainya didapatkan dari $0,02H_n = 0,02 \times 36 = 0,72 \text{ m} = 720 \text{ mm}$, pada **Monitored Displacement DOF U1 at joint 27** lalu klik **OK**.



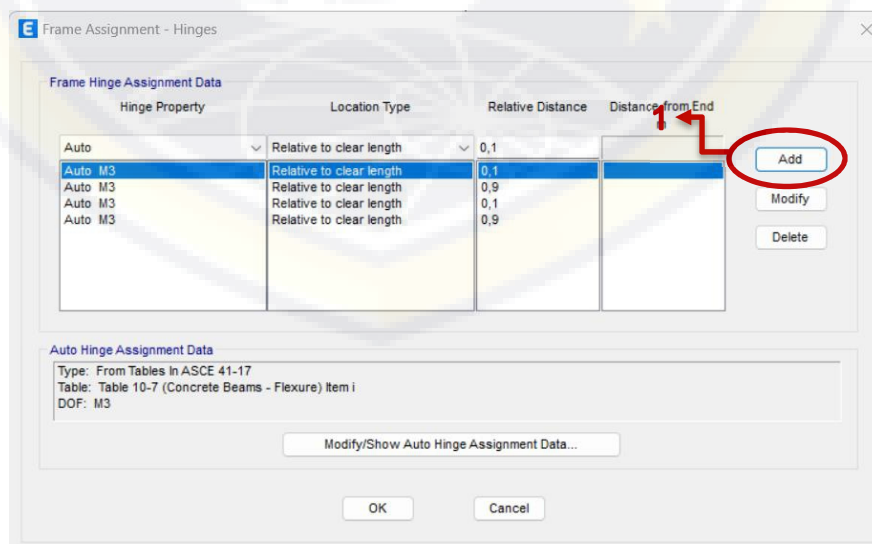
Pada **Other Parameter > Results Saved > Modify/Show**. Hasil disimpan secara **Multiple States** dengan jumlah minimum 10 dan maksimum 100 steps.

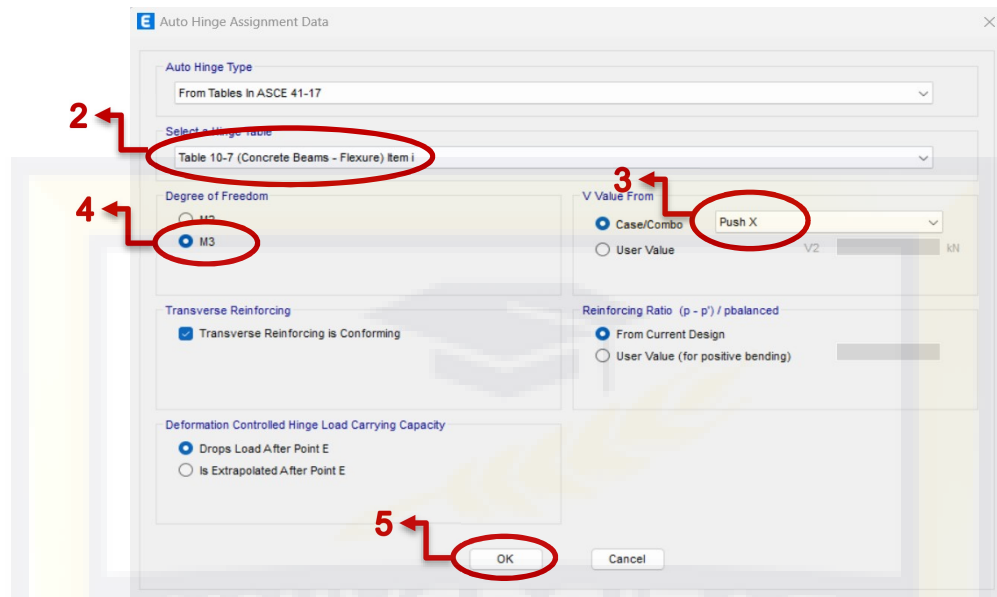


22. Perilaku leleh dan pasca leleh pada elemen struktur dapat dimodelkan dalam **Hinge Properties** hanya dapat dipakai dalam elemen rangka. Pushover memberikan pilihan perhitungan yield moment dan yield rotation dari sendi plastis elemen rangka dilakukan secara otomatis oleh program ini atau bisa diinputkan nilainya. Untuk penelitian ini dilakukan secara otomatis pada program ETABS yang mengacu pada Tabel 10-7, 10-8, dan 10-9 ASCE 41-17.

- Pendefinisian **Hinge Properties** balok

Pilih semua elemen balok, lalu pilih **Assign > Frame > Hinges**. Pada **Relative Distance** masukkan nilai 0,1 dan 0,9 untuk Push X dan 0,1 dan 0,9 Untuk Push Y yang menyatakan panjang bersih balok, lalu klik **Add**, sehingga muncul kotak dialog berikut :

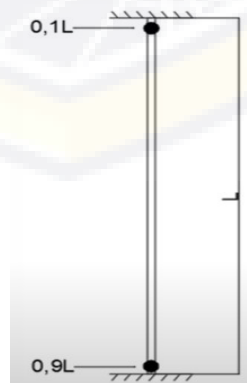


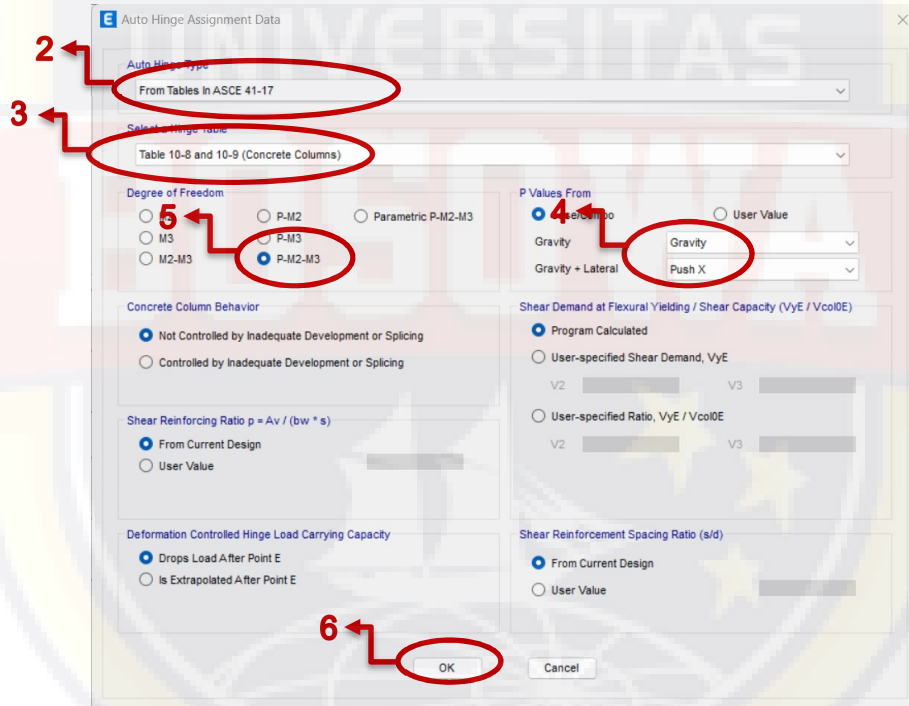
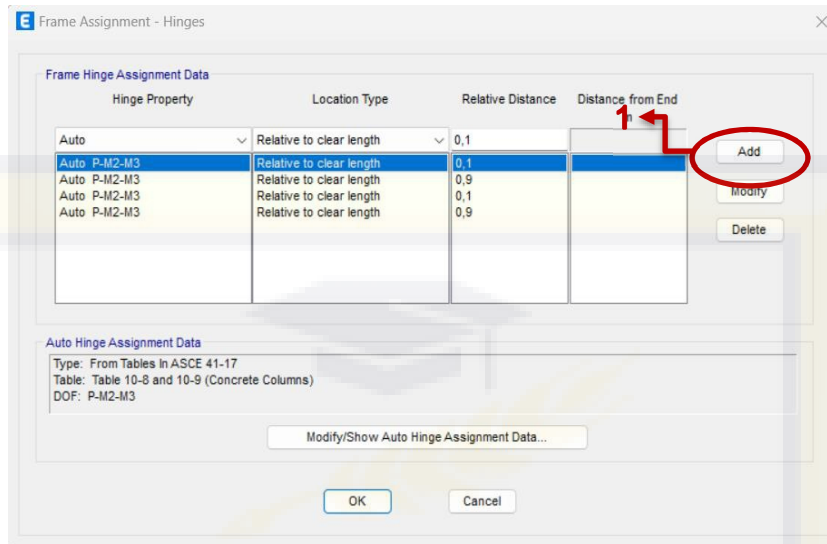


Pada kotak **Auto Hinge Type** pilih **From Tables ASCE 41-17**, lalu pilih **Table 10-7 (Concrete Beam – Flexure)**. Untuk elemen balok untuk Degree of Freedom pilih **M3** yang berarti sendi plastis hanya terjadi karena momen searah sumbu lokal 3.

- Pendefinisian **Hinge Properties** Kolom

Pilih semua elemen kolom, lalu pilih **Assign > Frame > Hinges**. Pada **Relative Distance** masukkan nilai 0,1 dan 0,9 untuk Push X dan 0,1 dan 0,9 Untuk Push Y yang menyatakan panjang bersih balok, lalu klik **Add**, sehingga muncul kotak dialog berikut :

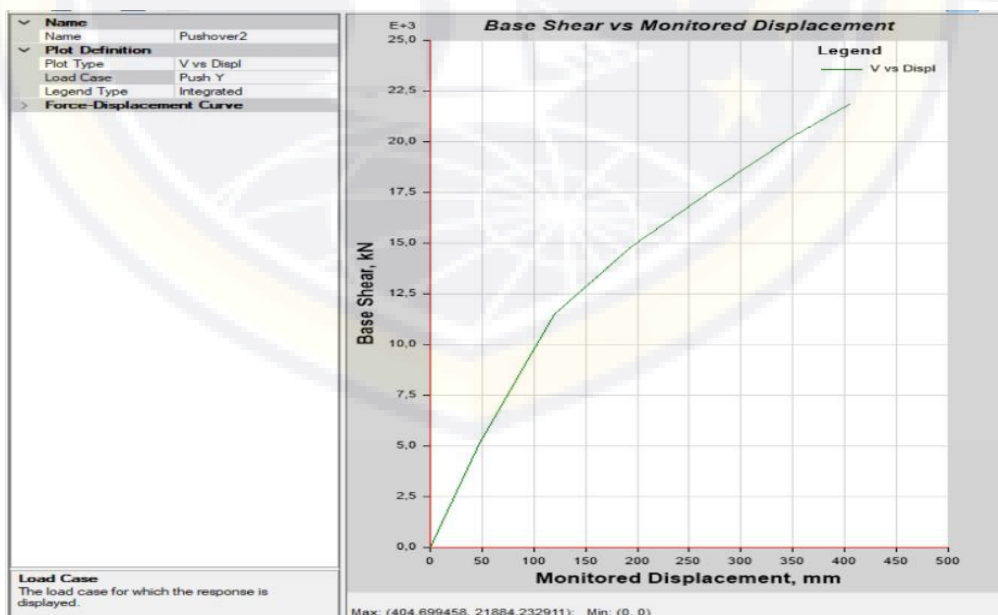
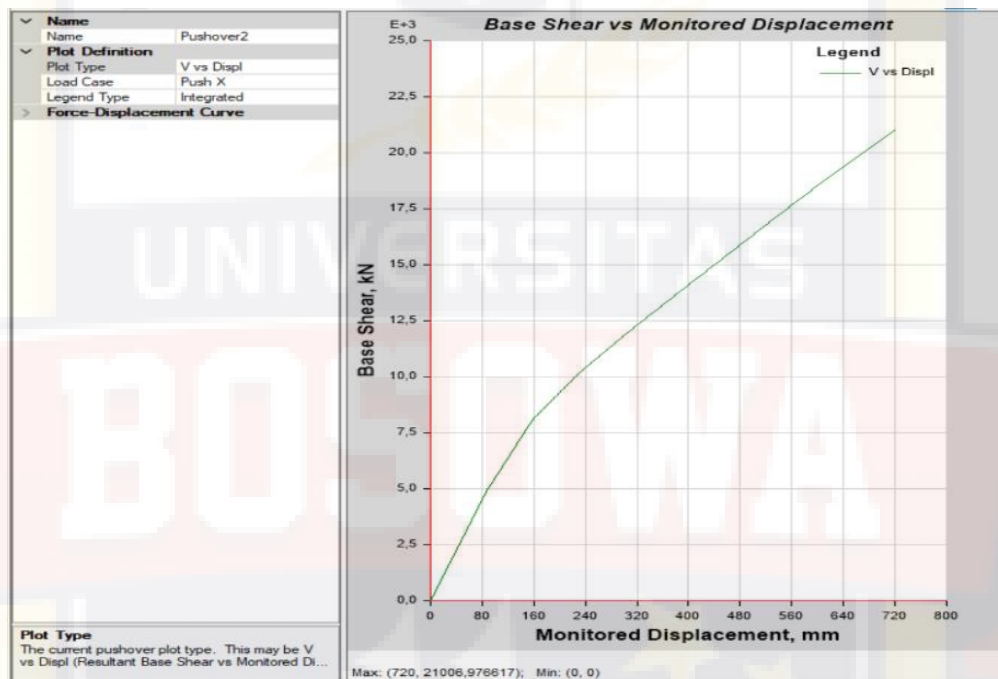




Pada kotak **Auto Hinge Type** pilih **From Tables ASCE 41-17**, lalu pilih **Table 10-8 and 10-9 (Concrete Column)**. Untuk elemen kolom untuk **Degree of Freedom** pilih **P-M2-M3** yang berarti sendi plastis karena interaksi gaya aksial (P) dan momen (M) sumbu lokal 2 dan sumbu lokal 3.

23. Klik **Run Analysis** untuk menampilkan **Set Load Cases to Run**, pada form ini pastikan beban **Gravity, Push X, dan Push Y** pada kondisi **Run** di action. Klik **Run Now** untuk menjalankan analisis.

24. Untuk menampilkan kurva pushover, pilih **Display > Show Static Pushover Curve**



Pilih **Show Table > Formatted** untuk menampilkan perpindahan titik kontrol vs gaya geser dasar yang terjadi pada setiap step.

Step	Monitored Displ mm	Base Force kN	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	3828	0	0	0	0	3828	0	0	0	3828
1	72	4084,838	3828	0	0	0	0	3828	0	0	0	3828
2	85,923	4874,7184	3824	4	0	0	0	3828	0	0	0	3828
3	158,518	8102,3229	3530	298	0	0	0	3828	0	0	0	3828
4	230,89	10187,66...	3330	498	0	0	0	3822	0	0	6	3828
5	304,572	11931,73...	3308	520	0	0	0	3776	40	0	12	3828
6	388,404	13858,33...	3232	596	0	0	0	3699	117	0	12	3828
7	464,625	15542,05...	3204	624	0	0	0	3678	138	0	12	3828
8	537,573	17147,99...	3164	664	0	0	0	3599	215	2	12	3828
9	609,628	18709,05...	3054	774	0	0	0	3557	255	4	12	3828
10	681,628	20220,52...	2898	930	0	0	0	3515	295	4	14	3828
11	720	21006,97...	2848	980	0	0	0	3512	296	4	16	3828

Step	Monitored Displ mm	Base Force kN	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	3828	0	0	0	0	3828	0	0	0	3828
1	47,096	5114,9926	3822	6	0	0	0	3828	0	0	0	3828
2	120,039	11498,56...	3468	360	0	0	0	3828	0	0	0	3828
3	194,632	14826,91...	3224	604	0	0	0	3782	36	0	10	3828
4	273,828	17690,50...	3104	724	0	0	0	3640	164	0	24	3828
5	349,539	20233,37...	2970	858	0	0	0	3548	248	0	32	3828
6	404,699	21884,23...	2862	966	0	0	0	3505	277	0	46	3828

Pilih **Display > Show Deformed Shape** untuk menampilkan pelelehan sendi plastis akibat pushover arah x dan y

LAMPIRAN 3

The background features a large, faint watermark of the Universitas Poso Jawa logo. The logo is a shield-shaped emblem with a yellow border. Inside the shield, there is a graduation cap at the top, a banner with the word 'UNIVERSITAS' in the middle, and a sailboat on the water at the bottom. To the right of the sailboat are three yellow stars. The shield is flanked by two red banners with white text that reads 'UNIVERSITAS POSO JAWA'.

**REKAPAN TABEL DAN
GAMBAR,
ETABS V19
DAN
MICROSOFT EXCEL**

Tabel Rekapitulasi MICROSOFT EXCEL & ETABS

Tabel Simpangan Antar Tingkat gedung

Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δ_{ex}	δ_{ey}	δ_{ex}	δ_{ey}		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		
9	34.34	24.965	1.265	0.844	4000	4.638	3.095	30.769	OK
8	33.07	24.121	2.186	1.540	4000	8.015	5.647	30.769	OK
7	30.88	22.581	3.249	2.314	4000	11.913	8.485	30.769	OK
6	27.64	20.267	4.240	3.014	4000	15.547	11.051	30.769	OK
5	23.40	17.253	5.034	3.550	4000	18.458	13.017	30.769	OK
4	18.36	13.703	5.365	3.694	4000	19.672	13.545	30.769	OK
3	13.00	10.009	5.523	3.912	4000	20.251	14.344	30.769	OK
2	7.47	6.097	4.951	3.780	4000	18.154	13.860	30.769	OK
1	2.52	2.317	2.522	2.317	4000	9.247	8.496	30.769	OK

Hasil dari pengukuran menggunakan alat Total station

NAME	Easting (m)	Northing (m)	Elevasi (m)	Code	Deformasi Plot AutoCad (m)
Titik 1	87.207	151.569	9.348	T1	0.12
Titik 2	87.043	151.445	49.838	T2	
Titik 1	96.818	188.231	9.631	T1	0.15
Titik 2	96.797	188.079	49.683	T2	

Tabel Pushover Base Shear vs Monitored Displacement Push X

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement

Step	Monitored Displ	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	kN										
0	0	0	3828	0	0	0	0	3828	0	0	0	3828
1	72	4084.838	3828	0	0	0	0	3828	0	0	0	3828
2	85.923	4874.7184	3824	4	0	0	0	3828	0	0	0	3828
3	158.518	8102.3229	3530	298	0	0	0	3828	0	0	0	3828
4	230.89	10187.6676	3330	498	0	0	0	3822	0	0	6	3828
5	304.572	11931.7389	3308	520	0	0	0	3776	40	0	12	3828
6	388.404	13858.3334	3232	596	0	0	0	3699	117	0	12	3828

7	464.625	15542.0581	3204	624	0	0	0	3678	138	0	12	3828
8	537.573	17147.9955	3164	664	0	0	0	3599	215	2	12	3828
9	609.628	18709.0503	3054	774	0	0	0	3557	255	4	12	3828
10	681.628	20220.5257	2898	930	0	0	0	3515	295	4	14	3828
11	720	21006.9766	2848	980	0	0	0	3512	296	4	16	3828

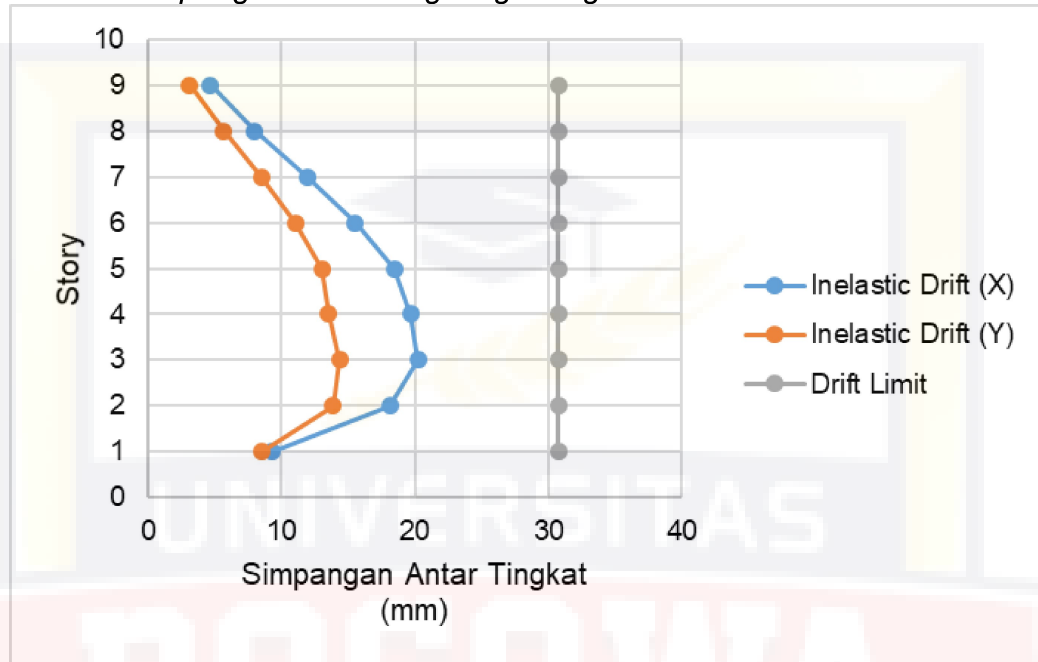
Tabel Pushover Base Shear vs Monitored Displacement Push Y

TABLE: Base Shear vs Monitored Displacement

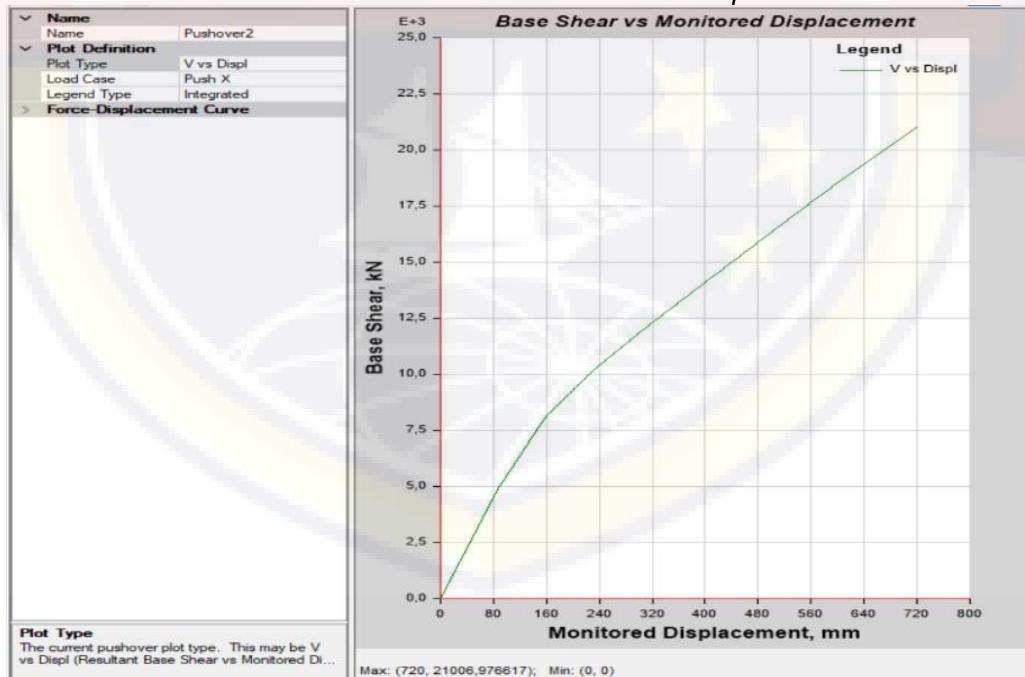
Step	Monitored Displ	Base Force	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	kN										
0	0	0	3828	0	0	0	0	3828	0	0	0	3828
1	47.096	5114.9926	3822	6	0	0	0	3828	0	0	0	3828
2	120.039	11498.5639	3468	360	0	0	0	3828	0	0	0	3828
3	194.632	14826.9101	3224	604	0	0	0	3782	36	0	10	3828
4	273.828	17690.5012	3104	724	0	0	0	3640	164	0	24	3828
5	349.539	20233.3715	2970	858	0	0	0	3548	248	0	32	3828
6	404.699	21884.2329	2862	966	0	0	0	3505	277	0	46	3828

Gambar Rekapitulasi MICROSOFT EXCEL & ETABS

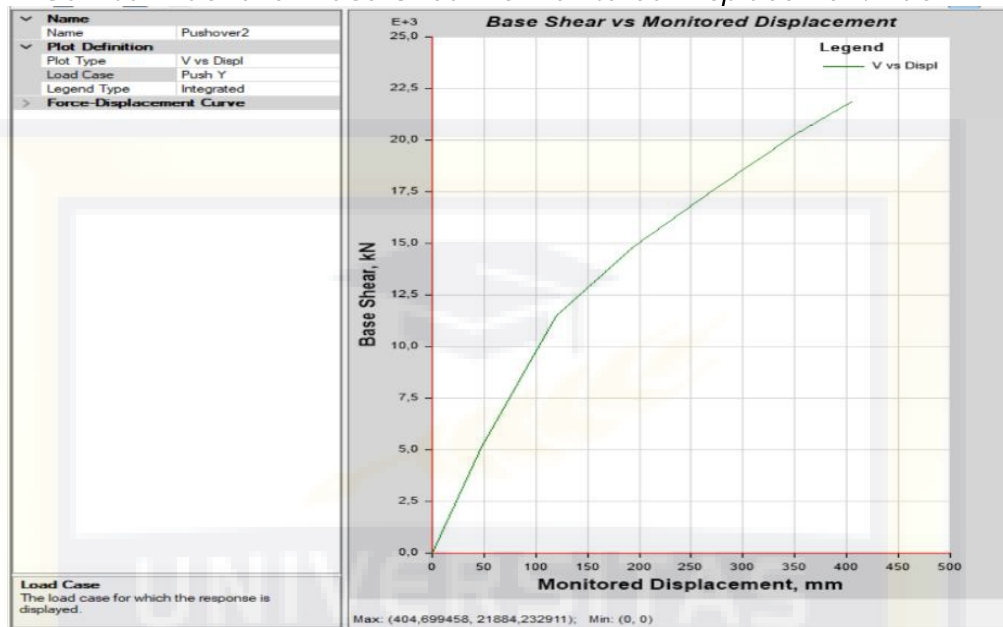
Gambar Simpangan Antar Tingkat gedung

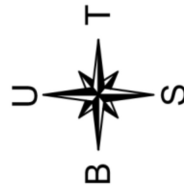
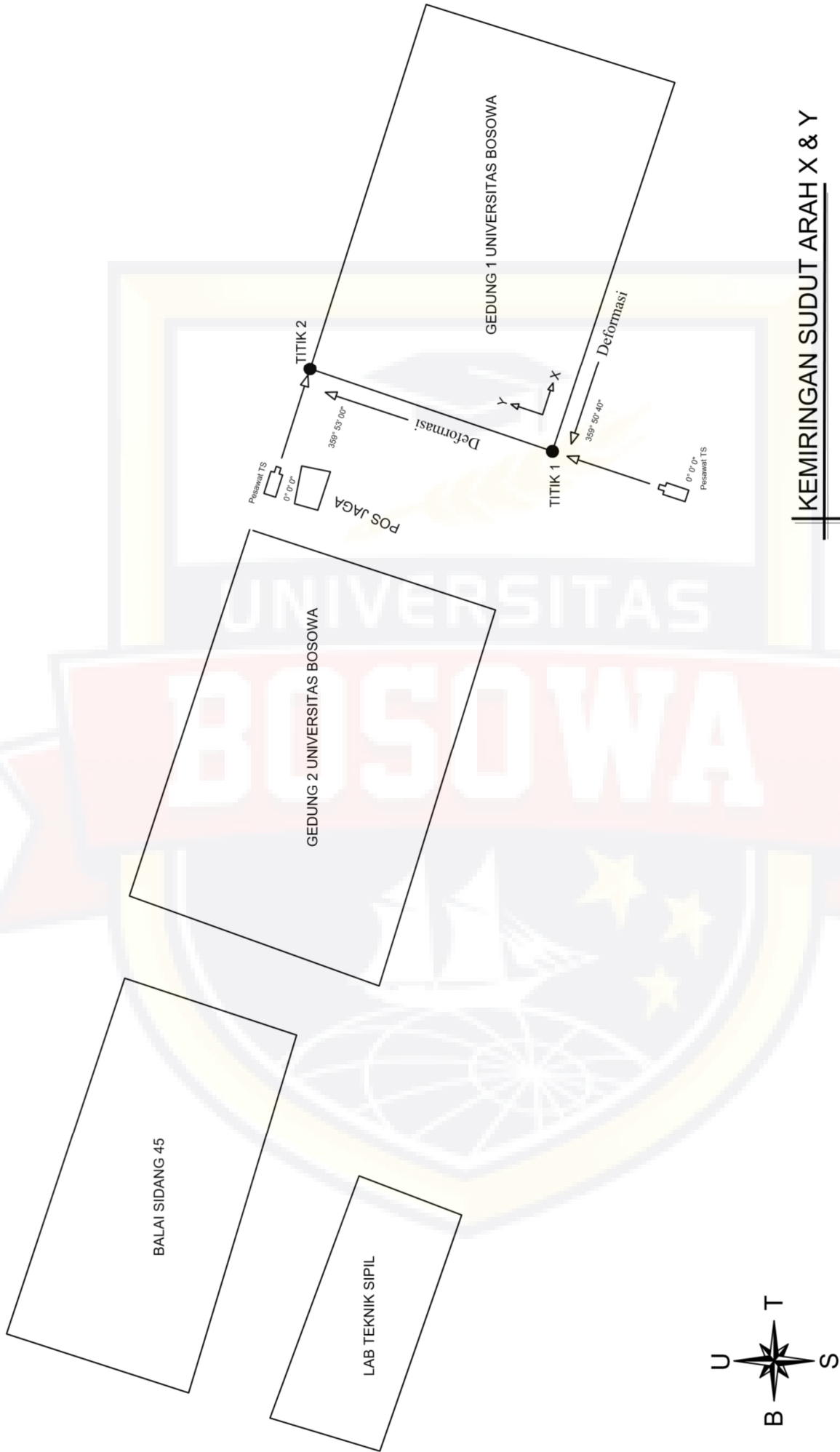


Gambar Pushover Base Shear vs Monitored Displacement Push X




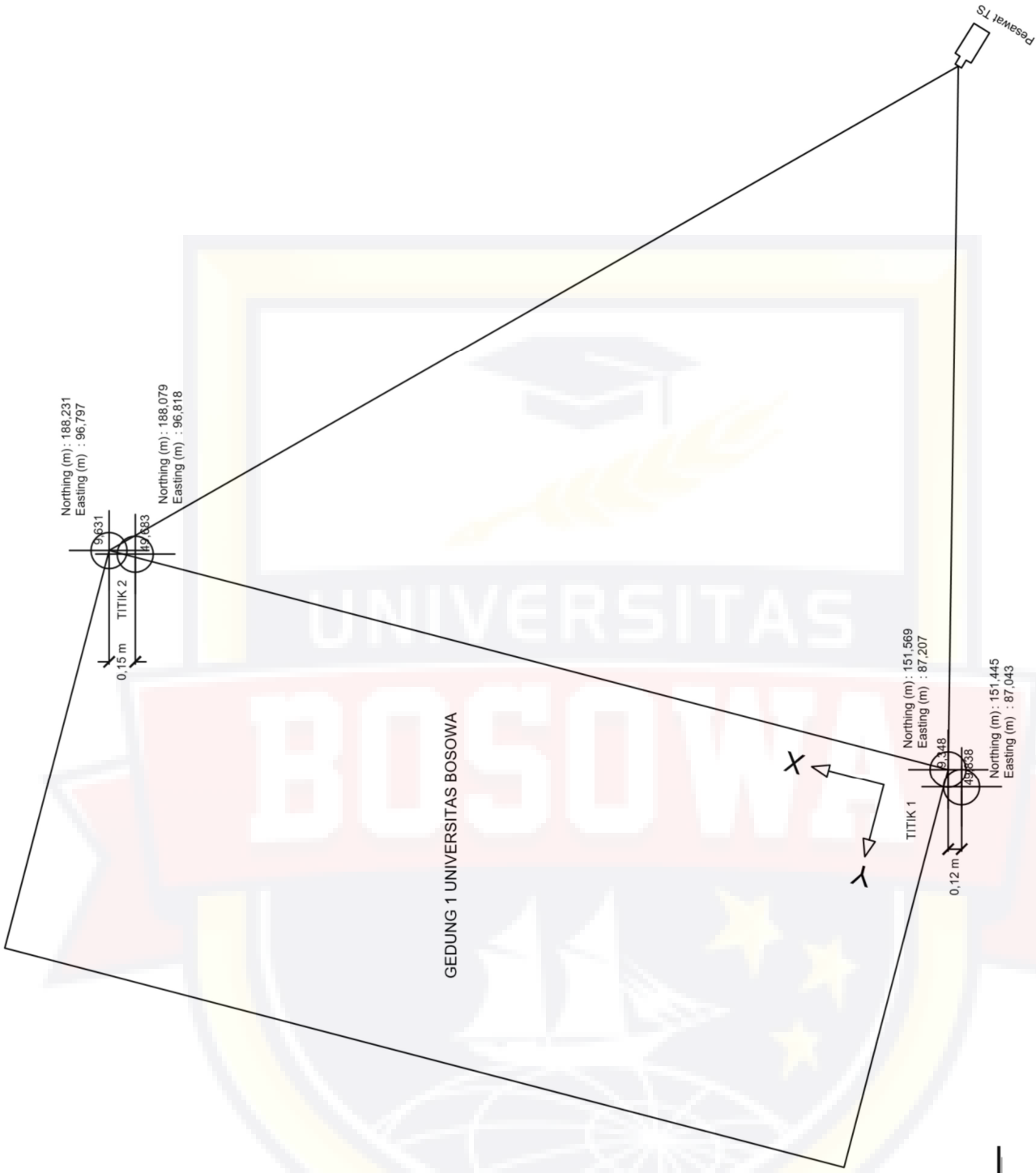
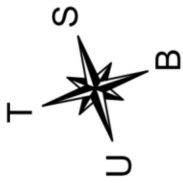
Gambar Pushover Base Shear vs Monitored Displacement Push Y






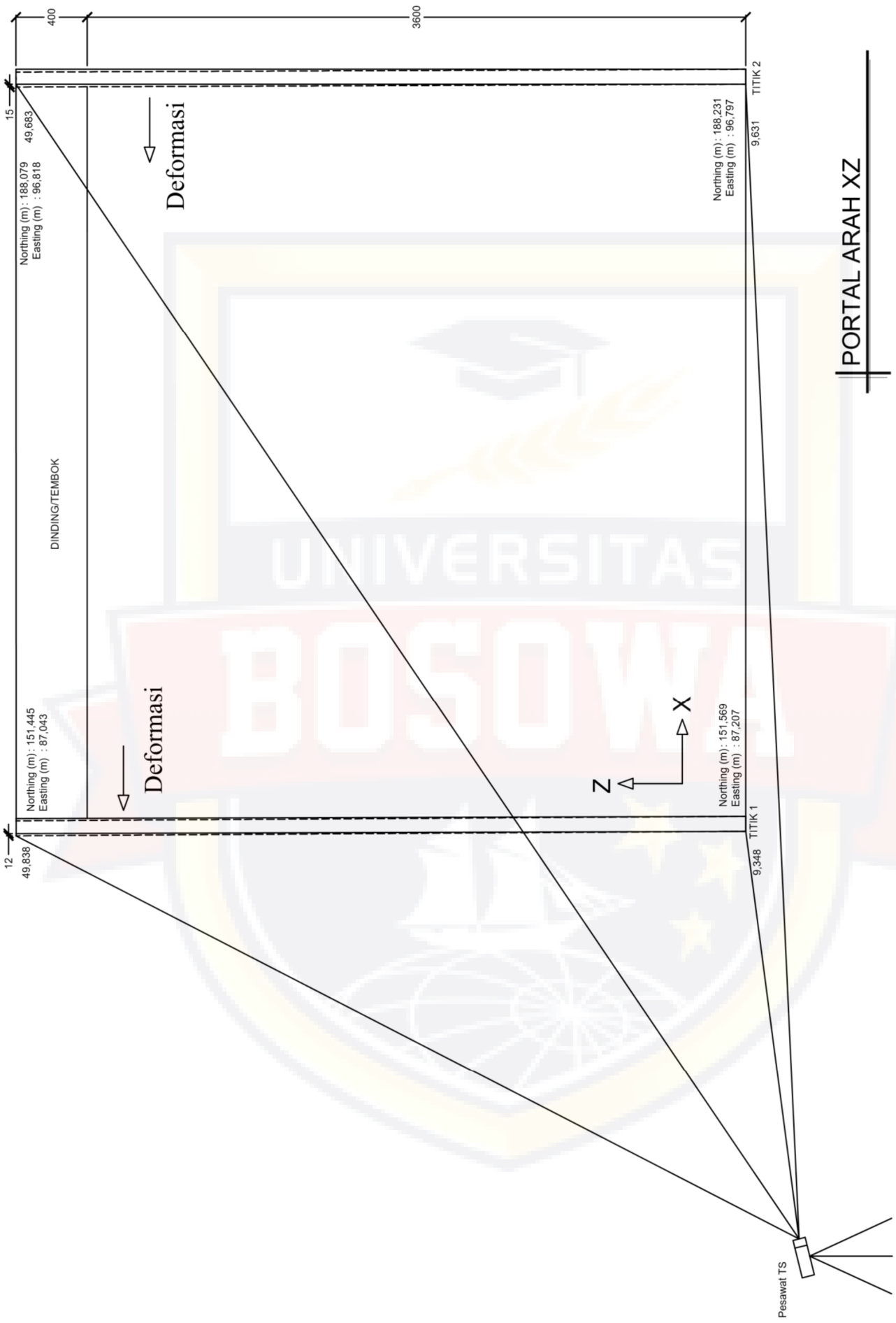
KEMIRINGAN SUDUT ARAH X & Y


	PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA 2022	DOSEN PEMBIMBING Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si Ir. Arman Setiawan, ST., MT	MAHASISWA Muh. Panca Zainuddin Arif	JUDUL TUGAS AKHIR Evaluasi Bangunan Gedung Kampus I Universitas Bosowa Dengan Metode Pendekatan Desain Berbasis Kinerja	SKALA 	NO. LEMBAR 01
---	---	--	---	---	---------------	----------------------

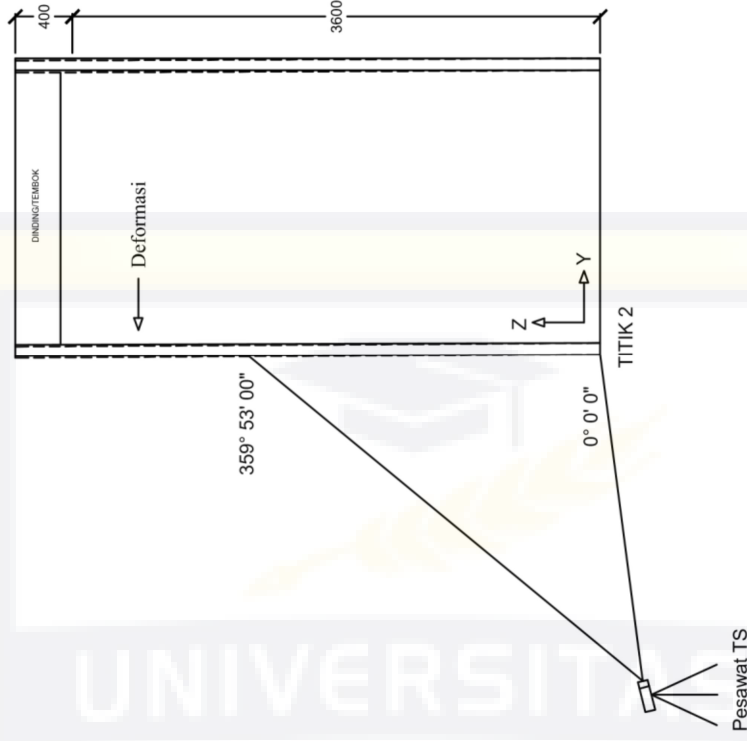
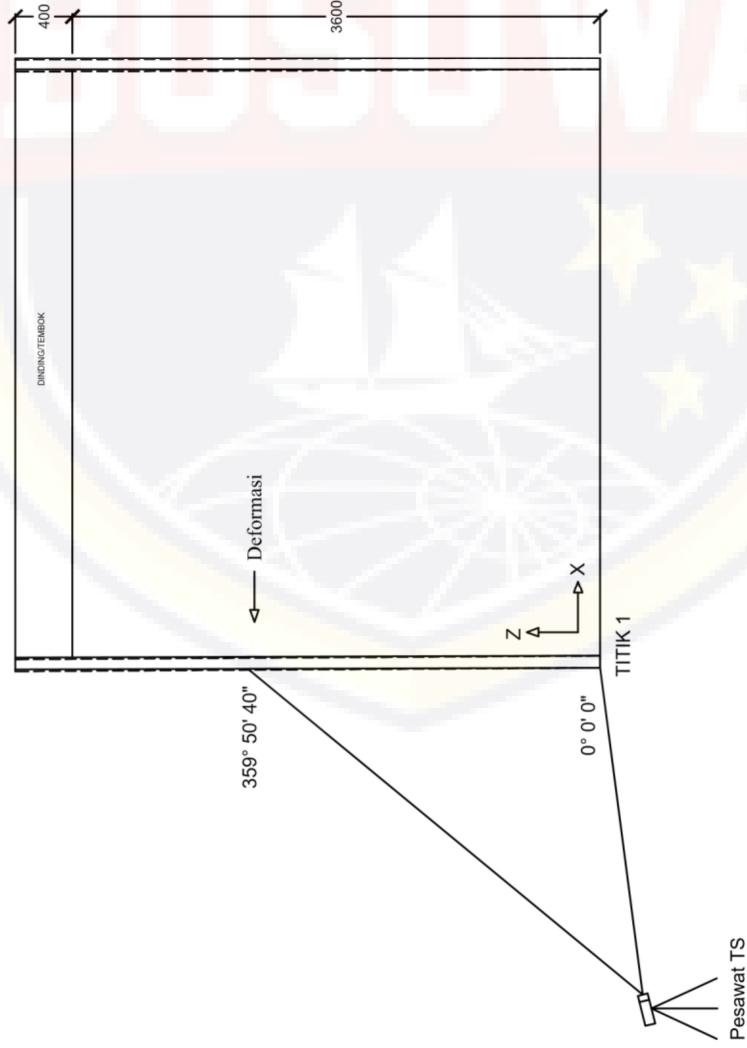


COORDINAT ARAH XZ

	PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA 2022		DOSEN PEMBIMBING Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si Ir. Arman Setiawan, ST., MT	MAHASISWA Muh. Panca Zainuddin Arif	JUDUL TUGAS AKHIR Evaluasi Bangunan Gedung Kampus I Universitas Bosowa Dengan Metode Pendekatan Desain Berbasis Kinerja	SKALA	NO. LEMBAR
							02



	PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA 2022		DOSEN PEMBIMBING Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abdulh, M.Si Ir. Arman Setiawan, ST. MT	MAHASISWA Muh. Panca Zainuddin Arif	JUDUL TUGAS AKHIR Evaluasi Bangunan Gedung Kampus I Universitas Bosowa Dengan Metode Pendekatan Desain Berbasis Kinerja	SKALA	NO. LEMBAR 03
	PORTAL ARAH XZ						



PORTAL KEMIRINGAN SUDUT ARAH X & Y



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS BOSOWA
 2022

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si
Ir. Arman Setiawan, ST., MT

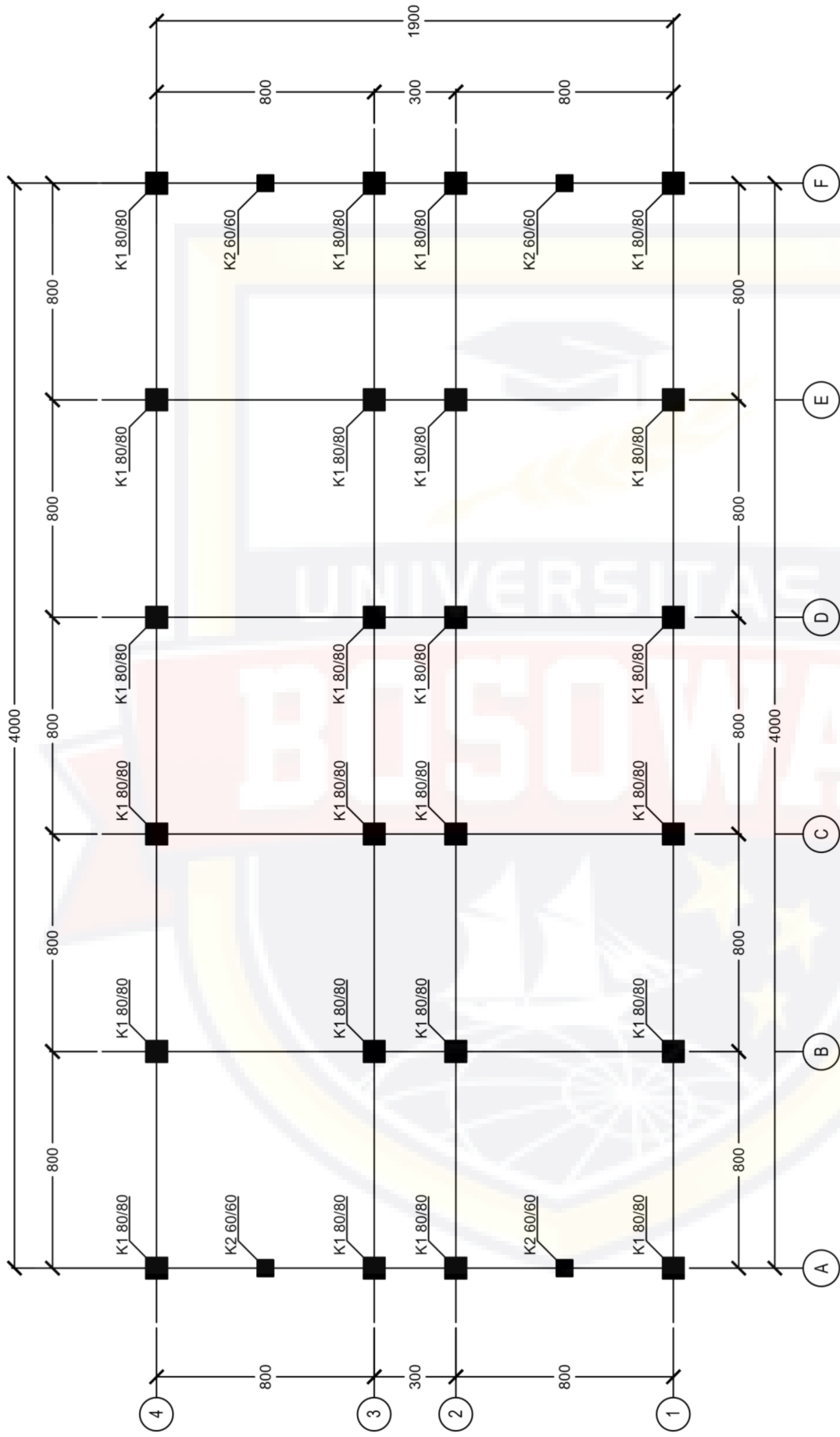
MAHASISWA
Muh. Panca Zainuddin Arif

JUDUL TUGAS AKHIR
**Evaluasi Bangunan Gedung Kampus I
 Universitas Bosowa Dengan Metode Pendekatan
 Desain Berbasis Kinerja**

SKALA

NO. LEMBAR

04



DENAH KOLOM LANTAI 1 - 4

SKALA 1 : 100



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA
2022

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si

Ir. Arman Setiawan, ST., MT

MAHASISWA

Muh. Panca Zainuddin Arif

JUDUL TUGAS AKHIR

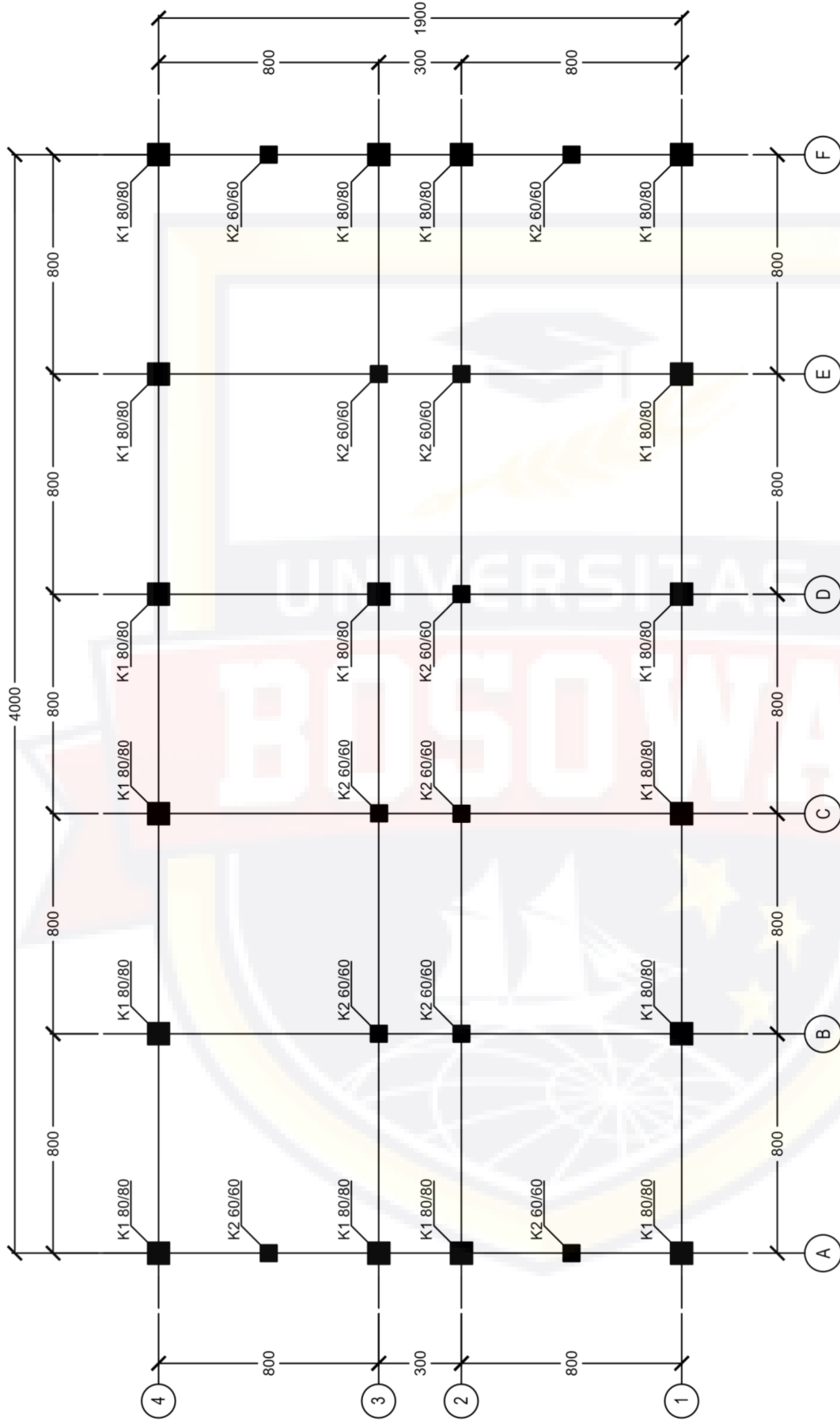
Evaluasi Bangunan Gedung Kampus I
Universitas Bosowa Dengan Metode Pendekatan
Desain Berbasis Kinerja

SKALA


1 : 100

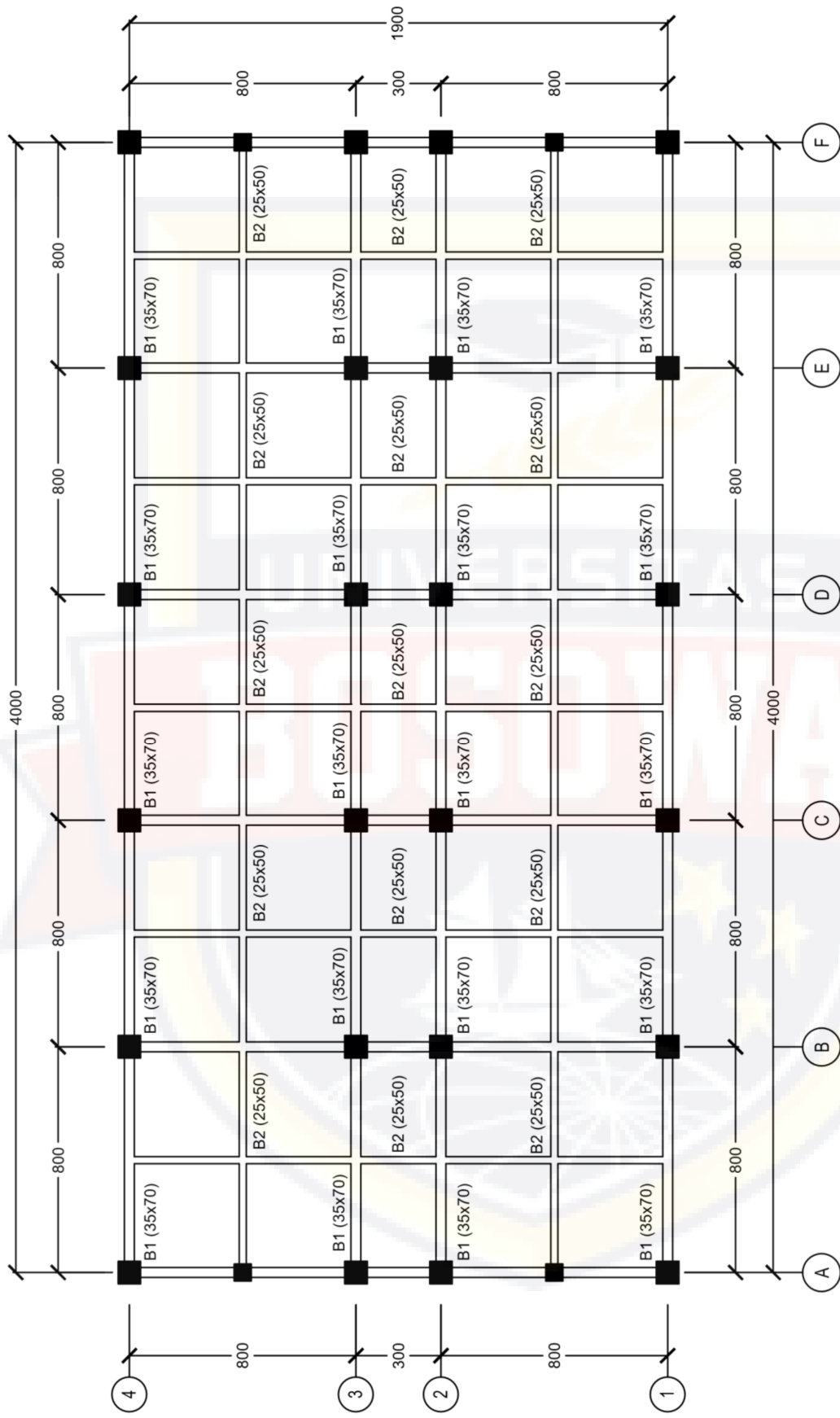
NO. LEMBAR

01




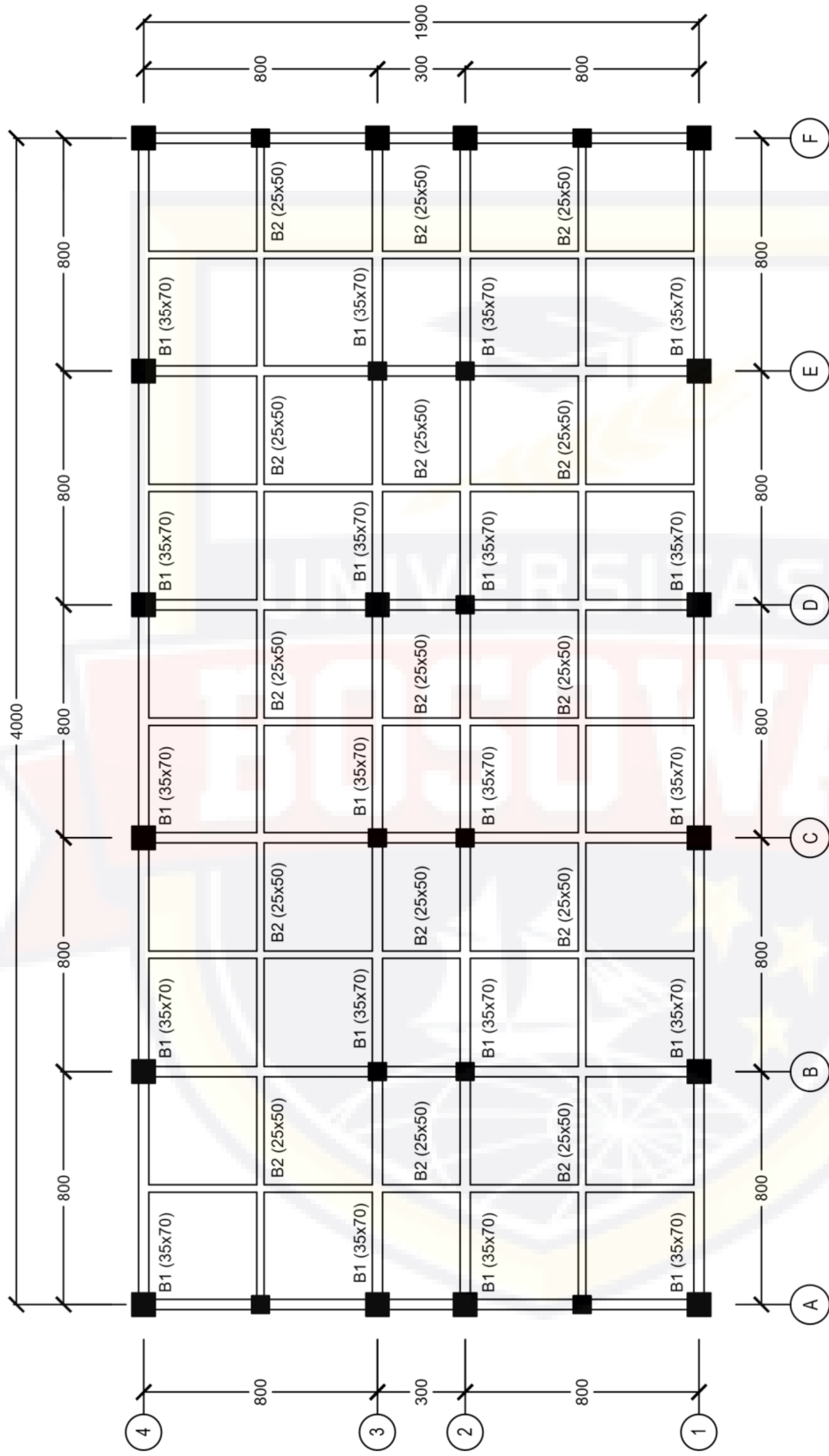
DENAH KOLOM LANTAI 5 - 9
 SKALA 1 : 100

	PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA 2022	DOSEN PEMBIMBING Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si Ir. Arman Setiawan, ST., MT	MAHASISWA Muh. Panca Zainuddin Arif	JUDUL TUGAS AKHIR Evaluasi Bangunan Gedung Kampus I Universitas Bosowa Dengan Metode Pendekatan Desain Berbasis Kinerja	SKALA 1 : 100	NO. LEMBAR 02
---	---	--	---	---	------------------	------------------




DENAH BALOK LANTAI 1 - 4
 SKALA 1 : 100

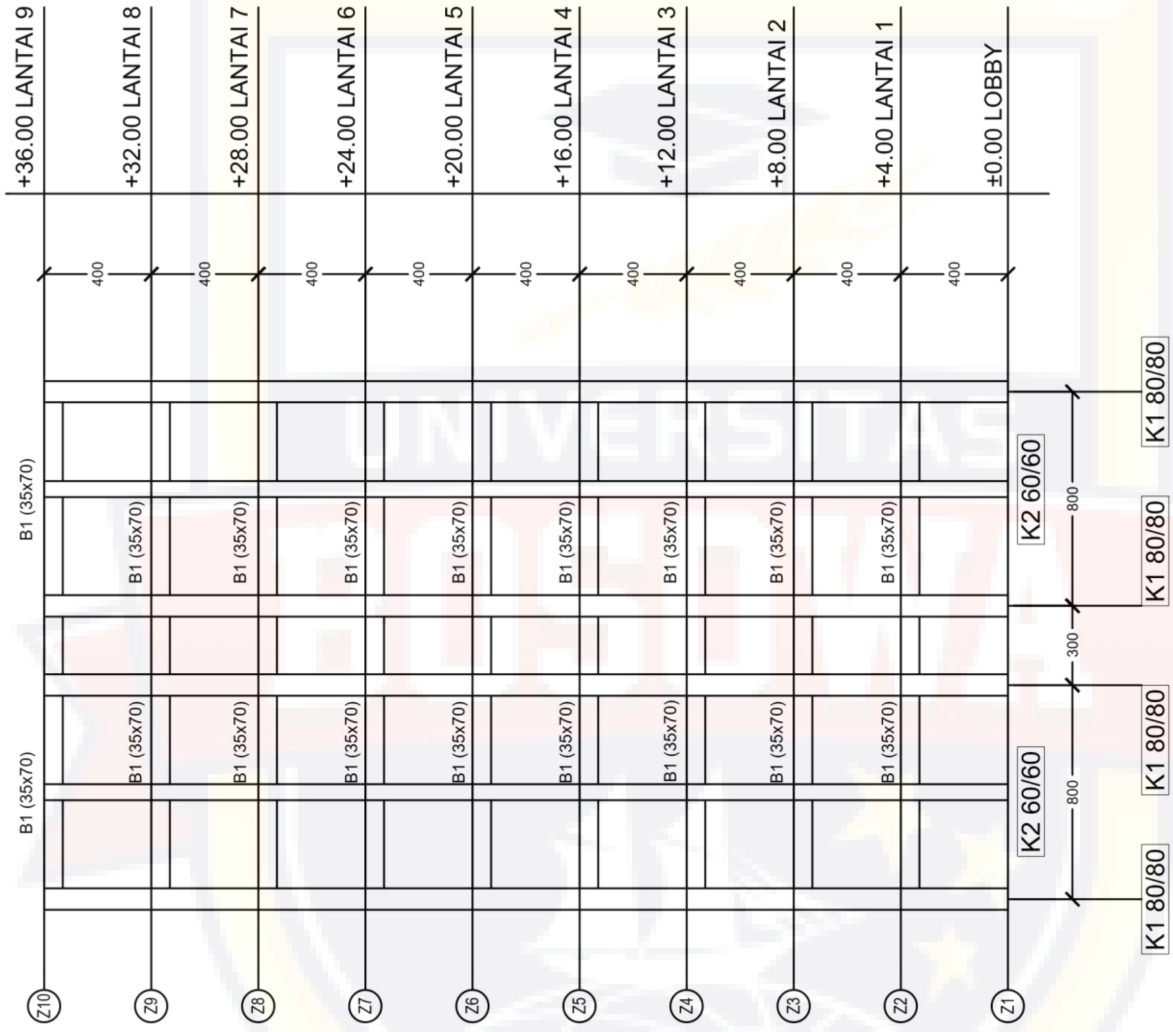
	PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA 2022	DOSEN PEMBIMBING Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si Ir. Arman Setiawan, ST., MT	MAHASISWA Muh. Panca Zainuddin Arif	JUDUL TUGAS AKHIR Evaluasi Bangunan Gedung Kampus I Universitas Bosowa Dengan Metode Pendekatan Desain Berbasis Kinerja	SKALA 1 : 100	NO. LEMBAR 03
---	---	--	--	--	------------------	------------------



DENAH BALOK LANTAI 5 - 9


SKALA 1 : 100

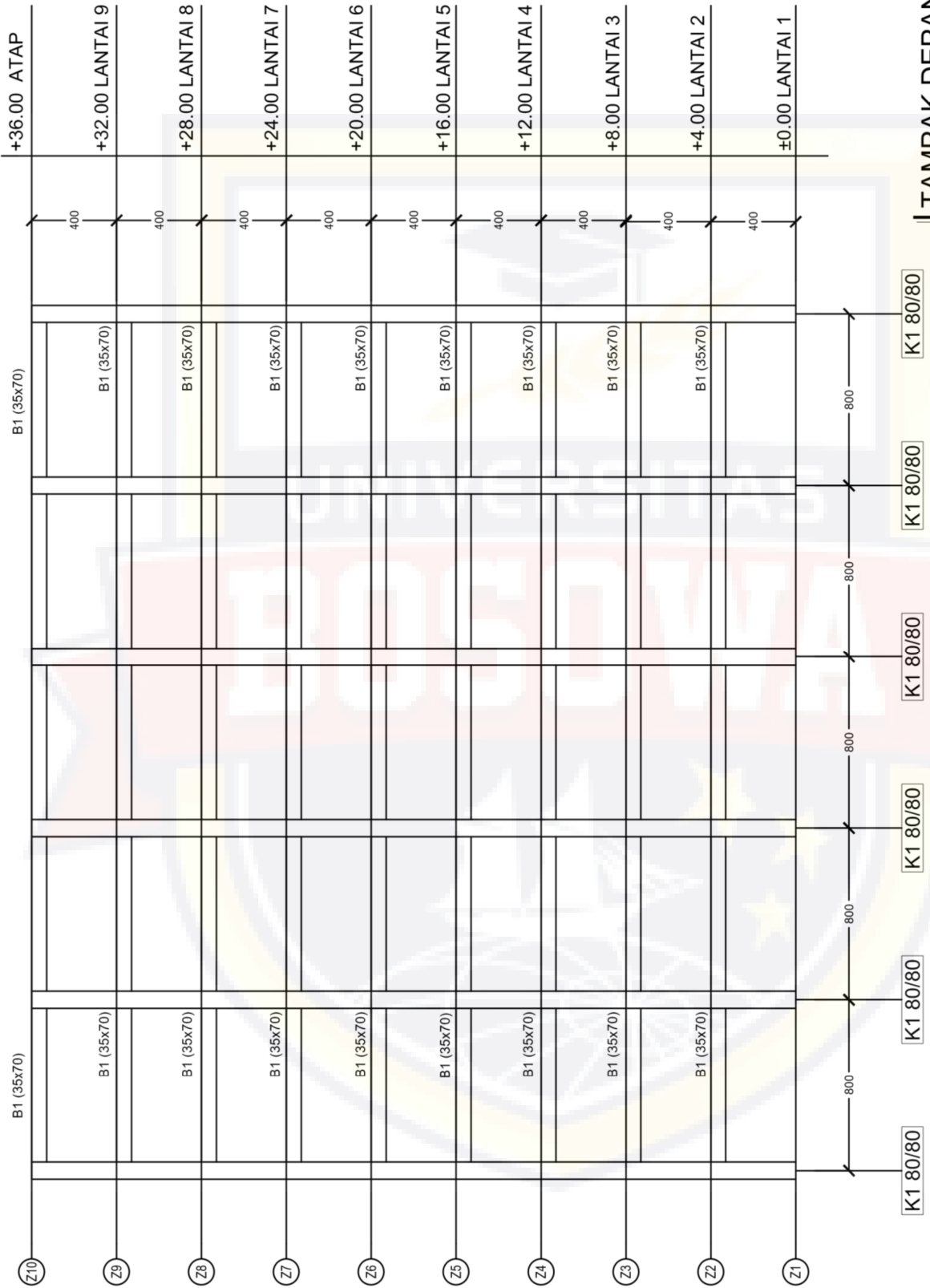
	<p>PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA 2022</p>	<p>DOSEN PEMBIMBING Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si Ir. Arman Setiawan, ST., MT</p>	<p>MAHASISWA Muh. Panca Zainuddin Arif</p>	<p>JUDUL TUGAS AKHIR Evaluasi Bangunan Gedung Kampus I Universitas Bosowa Dengan Metode Pendekatan Desain Berbasis Kinerja</p>	<p>SKALA 1 : 100</p>	<p>NO. LEMBAR 04</p>
---	---	---	---	---	--------------------------	--------------------------




TIPIKAL STRUKTUR

SKALA 1 : 100

	<p>PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA 2022</p>	<p>DOSEN PEMBIMBING Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si Ir. Arman Setiawan, ST., MT</p>	<p>MAHASISWA Muh. Panca Zainuddin Arif</p>	<p>JUDUL TUGAS AKHIR Evaluasi Bangunan Gedung Kampus I Universitas Bosowa Dengan Metode Pendekatan Desain Berbasis Kinerja</p>	<p>SKALA 1 : 100</p>	<p>NO. LEMBAR 05</p>
---	---	---	---	---	--------------------------	--------------------------



TAMPAK DEPAN STRUKTUR
 SKALA 1 : 100

	PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA 2022	DOSEN PEMBIMBING Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si Ir. Arman Setiawan, ST., MT	MAHASISWA Muh. Panca Zainuddin Arif	JUDUL TUGAS AKHIR Evaluasi Bangunan Gedung Kampus I Universitas Bosowa Dengan Metode Pendekatan Desain Berbasis Kinerja	SKALA 1 : 100	NO. LEMBAR 06
---	---	---	---	---	------------------	------------------