

**SKRIPSI**

**EVALUASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL PARAI  
KOTA SAWAHLUNTO DENGAN MENGGUNAKAN  
*ANALYSIS NON-LINIER***

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil



**Oleh**

**FIRDAUS VIRGO**

**21180048**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT  
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL PARAI  
KOTA SAWAHLUNTO DENGAN MENGGUNAKAN  
*ANALYSIS NON-LINIER*

Oleh

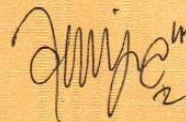
FIRDAUS VIRGO  
21180048

Dosen Pembimbing I,



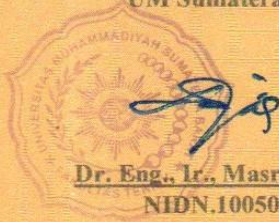
Dr. Eng., Ir., Masril, S.T., M.T  
NIDN.1005057407

Dosen Pembimbing II,



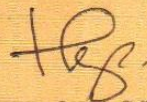
Asiya Nurhasanah H, S.ST., M.Eng  
NIDN. 1022119101

Dekan Fakultas Teknik  
UM Sumatera Barat,



Dr. Eng., Ir., Masril, S.T., M.T  
NIDN.1005057407

Ketua Program Studi  
Teknik Sipil,



Helga Yermadona, S.Pd., M.T  
NIDN.1013098502

## LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi tim penguji pada ujian tertutup tanggal 27 Agustus 2024 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 27 Agustus 2024

Mahasiswa,

Firdaus Virgo

21180048

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 27 Agustus 2024:

1. Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng.

1. 

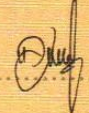
2. Dr. Eng., Ir., Masril, S.T., M.T.

2. 

3. Ir. Zuheldi, S.T., M.T.

3. 

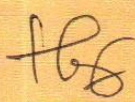
4. Ir. Deddy Kurniawan, S.T., M.T.

4. 

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Teknik Sipil



Helga Yermadona, S.Pd., M.T

NIDN. 1013098502

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Firdaus Virgo  
Tempat dan tanggal lahir : Bukittinggi, 4 September 1997  
NIM : 21180048  
Judul Skripsi : Evaluasi struktur gedung hotel parai Kota  
Sawahlunto dengan menggunakan *analysis non-  
linier*.

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabil 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 UM Sumatera Barat.

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

Bukittinggi, 22 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



**Firdaus Virgo**

**21180048**

## ABSTRAK

Resiko gempa yang tinggi di Indonesia menyebabkan sering terjadi kerusakan pada struktur bangunan. Maka perlu direncanakan dan diperhitungkan beban gempa terhadap struktur bangunan tersebut. Bangunan yang jadi bahan penelitian ini adalah hotel Parai Kota Sawahlunto yang telah berdiri 13 tahun yang lalu dan sampai saat ini bangunan tersebut masih berdiri. Dimana selama ini analisa gempa menggunakan *Force Based Design* atau berbasis kinerja, *Force Based Design* perhitungan gaya gempa dilakukan dengan analisa linier (elastis). Analisa statis nonlinier (*Pushover*) dalam pengecekan perilaku struktur yang dianalisa dengan cara memberikan beban statis yang ditingkatkan secara bertahap hingga mencapai titik kerusakan pada struktur. Analisa statis nonlinier (*Pushover*) merupakan salah satu komponen *Performance Based Design* yang menjadi sarana dalam mencari kapasitas suatu struktur, dasar dari analisis *Pushover*. Yaitu memberikan beban statis tertentu arah lateral yang ditingkatkan secara bertahap pada suatu struktur sehingga mencapai target kerusakan. Analisis *Pushover* juga dapat memperlihatkan secara visual perilaku struktur pada saat kondisi elastis, plastis, dan sampai terjadinya keruntuhan pada elemen struktur. Hasil dari penelitian struktur gedung ini adalah secara teknis gedung ini tidak aman untuk digunakan setelah pengecekan perilaku struktur karena telah mencapai titik dimana elemen struktur telah rusak. Status kerusakan gedung pada beban dorong ke 10 sudah hampir mengalami keruntuhan yaitu pada titik C merupakan kapasitas ultimit dari elemen struktur gedung tersebut. Sedangkan batas aman bangunan yang diizinkan dalam status *Life Safety*, yaitu pada gedung telah mengalami kerusakan akan tetapi masih aman untuk digunakan. Penentuan taraf kinerja struktur mengikuti dokumen ATC - 40. Analisa *Pushover* simpangan total maksimum arah x 0,027 mm dengan gaya geser dasar (base shear) yang telah diberikan sebesar -555.151 kN, dan arah y 0,027 mm dengan gaya geser dasar sebesar -555.151 kN, pada simpangan inelastic maksimum arah x 0,026 mm diberikan sebesar -555.151 dan arah y 0,026 mm dengan gaya geser dasar sebesar -555.151.

**Kata Kunci:** *analysis pushover*, evaluasi struktur gedung.

## ABSTRACT

*The high risk of earthquakes in Indonesia causes frequent damage to building structures. Therefore, it is necessary to plan and calculate the earthquake load on the building structure. The building that is the subject of this research is the Parai Hotel in Sawahlunto City which was built 13 years ago and until now the building is still standing. where so far earthquake analysis uses Force Based Design or performance-based, Force Based Design earthquake force calculations are carried out with linear (elastic) analysis. nonlinear static analysis (Pushover) in checking the behavior of the structure which is analyzed by providing a static load that is gradually increased until it reaches the point of damage to the structure. nonlinear static analysis (Pushover) is one of the components of Performance Based Design which is a means of finding the capacity of a structure, the basis of Pushover analysis. namely providing a certain static load in the lateral direction which is gradually increased on a structure so that it reaches the target damage. Pushover analysis can also visually show the behavior of the structure during elastic, plastic conditions, and until the collapse of the structural elements. The results of this building structure research are that technically this building is not safe to use after checking the structural behavior because it has reached a point where the structural elements have been damaged. the status of building damage at the 10th push load has almost collapsed, namely at point C which is the ultimate capacity of the building's structural elements. while the safe limit of the building permitted in the Life Safety status, namely the building has been damaged but is still safe to use. determination of the level of structural performance follows the ATC - 40 document. Pushover analysis of the maximum total deviation in the x direction of 0.027 mm with a base shear force that has been given of -555.151 kN, and the y direction of 0.027 mm with a base shear force of -555.151 kN, at the maximum inelastic deviation in the x direction of 0.026 mm is given at -555.151 and the y direction of 0.026 mm with a base shear force of -555.151.*

*Keywords: pushover analysis, building structure evaluation.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikannya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UMSB).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada :

1. Mama, kakak, dan serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang;
2. Bapak Masril, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Ibu Helga Yermadona, S.Pd., M.T selaku Ketua Prodi Teknik Sipil UM Sumatera Barat;
4. Bapak Ir. Surya Eka Priana, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik;
5. Bapak Masril, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
6. Ibu Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST,M.Eng selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang juga telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
7. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
8. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa teknik sipil.

Bukittinggi, 22 Agustus 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Manfaat dan Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Tinjauan Umum.....	4
2.1.1 Bearing Wall.....	6
2.1.2 Frame Wall.....	6
2.1.3 Core Wall.....	6
2.1.4 Elemen Struktur Dinding Geser.....	6
2.2 Sistem Penahan Gaya Lateral.....	8
2.2.1 Sistem Penahan Gaya Lateral.....	9
2.2.2 Langkah-langkah SAP.....	10
2.2.3 SAP (Structural Analysis Program).....	50
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	51
3.1 Lokasi Penelitian.....	51
3.2 Data Penelitian.....	51
3.2.1 Data Umum Proyek.....	51



3.2.2	Data Teknis Proyek .....	52
3.3	Bagan Alir Penelitian.....	54
<b>IV.</b>	<b>ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>55</b>
4.1	<i>Preliminary Desain</i> .....	55
4.2	Menggambar Model Struktur .....	55
4.3	Merencanakan Material Struktur .....	56
4.4	Membuat Penampang Struktur .....	57
4.4.1	Balok.....	58
4.4.2	Kolom .....	58
4.4.3	Pelat Lantai .....	59
4.5	Menggambar Model Elemen Struktur .....	60
4.5.1	Menggambar Elemen Balok .....	60
4.5.2	Menggambar Elemen Kolom.....	61
4.5.3	Menggambar Elemen Pelat.....	62
4.6	Menetapkan Jenis Perletakan/ <i>Restrain</i> .....	63
4.7	<i>Meshing</i> Pada Pelat Lantai dan Atap.....	63
4.8	Mengaplikasikan Pembebanan .....	64
4.8.1	Mendefenisikan Jenis Beban .....	64
4.8.2	Beban Mati Pada Pelat Lantai.....	64
4.8.3	Beban Mati Pada Pelat Atap.....	65
4.8.4	Beban Mati Pada Balok .....	65
4.8.5	Beban Hidup .....	66
4.9	Mengaplikasikan Beban Gempa.....	66
4.9.1	Gempa Dinamik Respon Spektrum .....	68
4.9.2	Penentuan Masa Struktur.....	69
4.10	Menetapkan Lantai Tingkat Sebagai Diafragma .....	70
4.11	Kombinasi Beban Gempa.....	70
4.12	Pengecekan Perilaku Struktur.....	72
4.12.1	Pemeriksaan Jumlah Ragam .....	72
4.12.2	Perbandingan Geser dasar $V_{statik}$ VS $V_{dinamik}$ .....	72
4.12.3	Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai.....	73
4.13	Analisis Static Nonlinier ( <i>Pushover Analysis</i> ) .....	73

4.13.1 Menambahkan Tulangan Terpasang.....	75
4.13.2 Menentukan <i>Gravity Nonlinier Case</i> .....	76
4.13.3 Menentukan <i>Nonlinier Pushover Case</i> .....	77
4.13.4 Memodelkan Sendi Plasti pada Balok dan Kolom .....	79
4.13.5 <i>Running Program</i> .....	80
4.13.6 Menampilkan Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> .....	81
4.13.7 Level Kinerja Struktur .....	81
4.14 Rekapitulasi Gaya dalam Balok dan Kolom.....	86
4.15 Perhitungan Kolom, Balok, dan Pelat Lantai .....	86
<b>V. PENUTUP.....</b>	<b>96</b>
5.1 Kesimpulan.....	96
5.2 Saran .....	96

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

No. Tabel	Halaman
Tabel. 2.1 Hasil penjumlahan geser dasar untuk masing masing gempa.....	42
Tabel. 2.2 Simpangan antar tingkat izin.....	43
Tabel.2.3. Simpangan lantai arah – x ( $\Delta x$ ).....	46
Tabel.2.4. Simpangan lantai arah – y ( $\Delta y$ ).....	47
Tabel 4.1. Beban mati pada Gedung hotel.....	64
Tabel 4.2. Beban mati pada pelat atap.....	65



## DAFTAR GAMBAR

No. Tabel	Halaman
Gambar.2.1. <i>Input data Grid</i> .....	11
Gambar.2.2. <i>Input data material beton</i> .....	12
Gambar. 2.3. <i>Input data material tulangan</i> .....	12
Gambar.2.4. <i>Frame Section Properties Type</i> .....	13
Gambar.2.5. <i>Input Properties Balok</i> .....	13
Gambar.2.6. <i>Input data Reinforcement balok</i> .....	14
Gambar.2.7. <i>Input Frame property/Stiffnes Modification Factors balok</i> .....	15
Gambar.2.8. <i>Input Properties kolom</i> .....	16
Gambar.2.9. <i>Input data Reinforcement kolom</i> .....	16
Gambar.2.10. <i>Input Frame Properties/Stiffnes Modification Factors kolom</i> .....	17
Gambar.2.11. <i>Shell Section data</i> .....	18
Gambar.2.12. <i>Input Properties/Stiffnes Modification Factors pelat</i> .....	19
Gambar.2.12. Penggambaran elemen balok B1.....	20
Gambar.2.13. Penggambaran elemen balok B2.....	20
Gambar.2.14. Penggambaran elemen kolom.....	21
Gambar.2.15. Penggambaran elemen pelat lantai.....	22
Gambar.2.16. Penggambaran elemen pelat atap.....	22
Gambar.2.17. Mengatur <i>Display Option Window</i> .....	23
Gambar.2.18. Hasil model elemen struktur.....	23
Gambar.2.19. Membuat Perletakan Jepit pada Pondasi.....	24
Gambar.2.20. <i>Devide</i> pelat lantai dan atap.....	25
Gambar.2.21. Jenis – jenis beban yang bekerja.....	26
Gambar.2.22. Distribusi beban mati pada pelat lantai.....	27
Gambar.2.23. Distribusi beban mati pada balok.....	28
Gambar.2.24. Beban hidup untuk lantai.....	28
Gambar.2.25. Beban hidup lantai atap.....	28
Gambar.2.26. Distribusi beban hidup pada lantai gedung (2,4 kN/m <sup>2</sup> ).....	29

Gambar.2.27. Ilusi dari analisis gempa dengan metode static ekuivalen.....	30
Gambar.2.28. <i>Define</i> beban gempa static ekuivalen .....	31
Gambar.2.29. Input gempa static ekivalen arah x-x.....	31
Gambar.2.30. <i>Input</i> gempa static ekuivalen arah y-y.....	32
Gambar.2.31. Grafik respon spectrum SNI 1726 : 2019.....	32
Gambar.2.32. <i>Input</i> parameter respon spectrum .....	33
Gambar.2.33. <i>Define Load Case</i> .....	33
Gambar.2.34. Respon <i>spectrum case</i> arah – x .....	34
Gambar.2.35. Respon spectrum case arah – y .....	34
Gambar.2.36. Penentuan masa gedung .....	35
Gambar.2.37. <i>Deefine Constraints</i> .....	36
Gambar.2.38. <i>Input Joint Constraints</i> .....	36
Gambar.2.39. <i>Input</i> beban kombinasi (comb.3) dan <i>Envelope</i> .....	39
Gambar.2.40. Jumlah massa <i>Rations</i> .....	40
Gambar.2.41. Seleksi <i>Load Case</i> untuk perhitungan geser dan dasar .....	41
Gambar.2.42. Koreksi skala faktor gempa dinamik arah x.....	42
Gambar.2.43. Penentuansimpangan antar lantai (sumber gambar 2.42. SNI 1726:2019) .....	43
Gambar.2.44. <i>Set display Options</i> .....	44
Gambar.2.45. <i>Joint</i> label pada atap (elevasi 20 m) .....	45
Gambar.2.46. Pilihan untuk menampilkan defleksi .....	45
Gambar.2.47. Tabel <i>Joint Displacement</i> .....	46
Gambar.2.48. Simpangan lantai ( <i>Story drift</i> ).....	47
Gambar. 2.49. Penyesuaian faktor reduksi sesuai SNI beton 2847-2019 .....	48
Gambar.2.50. Pendefenisian SRPMK balok dan kolom .....	49
Gambar.2.51. Pilihan kombinasi desain.....	49
Gambar 3.1. Lokasi Penelitian .....	51
Gambar 3.2. Pondasi konstruksi <i>bore pile</i> .....	52
Gambar 3.3. Dimensi balok .....	53
Gambar 3.4. Detail pelat lantai .....	53

Gambar 4.1. Menginput material beton balok. ....	56
Gambar. 4.2. Menginput material beton kolom. ....	57
Gambar 4.3. Penampang struktur balok 30/50.....	58
Gambar 4.4. Penampang struktur kolom 45/45. ....	58
Gambar. 4.5. <i>Shell Section</i> data. ....	59
Gambar.4.6. <i>Input Property/Stiffness modification</i> pelat.....	59
Gambar 4.7. Penggambaran struktur balok.....	60
Gambar 4.8. Penggambaran struktur kolom. ....	61
Gambar 4.9. Penggambaran struktur pelat.....	62
Gambar 4.10. Membuat Perletakan jepit pada pondasi.....	63
Gambar 4.11. Devide Pelat Lantai dan Atap.....	63
Gambar 4.12. Jenis beban yang bekerja.....	64
Gambar 4.13. Input beban mati pada balok. ....	65
Gambar 4.14. Distribusi beban hidup pada Gedung hotel.....	66
Gambar 4.15. <i>Define</i> Gempa Statik Ekuivalen.....	66
Gambar 4.16. Penginputan beban gempa arah X.....	67
Gambar 4.17. Penginputan beban gempa arah Y.....	67
Gambar 4.18. Input parameter respon spektrum.....	68
Gambar 4.19. Respon <i>spektrum case</i> arah X.....	68
Gambar 4.20. Respon <i>spektrum case</i> arah Y.....	69
Gambar 4.21. Penentuan Masa Struktur .....	69
Gambar 4.22. Input <i>joint Constraint</i> . ....	70
Gambar 4.23. Input beban kombinasi 3 dan <i>envelope</i> . ....	71
Gmabar.4.24 Jumlah Partisipasi Masa Ratio. ....	72
Gambar 4.25. Output geser dasar.....	72
Gambar 4.26. Pemeriksaan simpangan antar lantai. ....	73
Gambar 4.27. Input Tulangan Balok.....	73
Gambar 4.28. Input Tulangan Balok.....	74

Gambar 4.29. Input Tulangan Kolom .....	74
Gambar.2.30. <i>Input Static Nonlinier Case Gravity</i> arah Y .....	75
Gambar.4.31. <i>Input Static Nonlinier Case Gravity</i> arah X.....	75
Gambar.4.32. <i>Load Aplication Control for static nonlinier Push – X</i> .....	76
Gambar.4.33. <i>Static nonlinier Push – Y</i> .....	76
Gambar.4.34. <i>Load Aplication Control for static nonlinier Push – Y</i> .....	77
Gambar.4.35. Input Hinge pada balok .....	77
Gambar.4.36. Input data Hinge ASCE 41 -13 .....	78
Gambar.4.37. Input Hinge pada kolom.....	78
Gambar.4.38. Input data Hinge ASCE 41 -13 .....	79
Gambar.4.39. Memilih <i>Load case to run</i> .....	79
Gambar.4.40. <i>Pushover Curve X</i> .....	80
Gambar.4.41. <i>Display tabel pushover Curve X</i> .....	80
Gambar.4.42. <i>Display tabel pushover Curve Y</i> .....	81
Gambar.4.43. <i>Input parameter kapasitas spectra ATC – 40</i> .....	81
Gambar.4.44. Spektrum kapasitas arah X.....	82
Gambar.4.45. Spektrum kapasitas arah Y.....	82
Gambar.4.46. Push X step 3.....	83
Gambar.4.47. Push X step 8.....	83
Gambar.4.48. Push Y step 9.....	84
Gambar.4.49. Push Y step 10.....	84
Gambar.4.50. <i>Deformed Shape Gravity</i> .....	85

## DAFTAR NOTASI

- A = Merupakan kondisi dimana belum ada pembebanan sehingga belum terjadi plastifikasi pada sendi plastis.
- B = Merupakan kondisi dimana elemen mulai mengalami leleh yang pertama kali.
- C = Merupakan kapasitas ultimit dari elemen.
- Cd = Faktor pembesaran defleksi
- CP = Elemen pada level kinerja *Collapse Prevention* (kondisi hampir runtuh).
- D = Beban mati
- E = Beban gempa
- Eh = Pengaruh beban gempa horizontal
- Ev = Pengaruh beban vertical
- Ex = Beban gempa arah – x
- Ey = Beban gempa arah – y
- I = 1 (faktor keutamaan gedung)
- I = Faktor keutamaan gempa
- IO = Merupakan tahapan setelah leleh (plastis) dengan Tingkat knierja pada elemen *Immediately Occupancy*.
- L = Beban hidup
- Lr = Beban hidup pada atap
- LS = Elemen pada level kinerja *Life Safety* (kondisi plastis).
- P = Faktor redundansi
- QE = Pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau Fp
- R = Beban hujan
- SDLLL = Beban hidup
- SDS = parameter percepatan *spectrum respons* desain pada perioda pendek
- Ss = 0.9153 g (percepatan batuan dasar periode 0,2 detik)



- $S_1$  = 0.4008 g (percepatan batuan dasar periode 1 detik)  
 $T$  = 0,967 detik (periode fundamental)  
 $T_1$  = 12 detik (periode transisi jangka panjang)  
 $U$  = Kuat perlu  
 $W$  = Beban angin  
 $\gamma_p$  = faktor redundansi  
 $\Omega$  = 3 (faktor faktor kuat lebih)  
 $\Delta x$  = simpangan antar lantai  
 $\Delta a$  = simpangan Ijin  
 $\delta$  = defleksi yang terjadi



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Resiko gempa yang tinggi di negara Indonesia menyebabkan sering terjadi kerusakan pada struktur bangunan. maka perlu direncanakan dan diperhitungkan beban gempa terhadap struktur bangunan tersebut. bangunan yang jadi bahan untuk penelitian ini adalah bangunan hotel parai kota sawahlunto yang telah berdiri selama 13 tahun yang lalu, dan sampai saat ini bangunan tersebut masih berdiri dengan sangat kokoh, pada kemungkinan besar lainnya ada kerusakan pada struktur bangunan tersebut setelah sekian lama bangunan tersebut berdiri. bangunan tersebut berdiri di lereng bukit dan didekat sungai. untuk memprediksi gempa sangatlah sulit, maka dari itu harus melakukan perencanaan dan perhitungan struktur yang sangat baik terhadap bangunan tahan gempa. metode perencanaan yang sangat sering digunakan untuk bangunan tahan gempa dengan menggunakan gaya sebagai pendekatan suatu struktur adalah perencanaan berbasis gaya (*force based design*). akan tetapi perencanaan dengan konsep ini belum dapat mengevaluasi kinerja struktur dengan baik. untuk itu di lakukan perancangan kinerja struktur dengan menerapkan perencanaan berbasis kinerja (*performance based design*).

Perencanaan berbasis *Performance Based Design* merupakan suatu komponen untuk menentukan kapasitas suatu struktur. *Performance Based Design* memberikan 2 elemen yaitu *demand* dan *capacity*. *Demand* adalah suatu representasi dari gerakan tanah akibat gempa bumi. *Capacity* adalah suatu representasi kemampuan dari struktur untuk menahan *Earthquake Demand*. tingkat kerusakan dapat dilihat dari kinerja struktur pada saat atapnya diberikan beban lateral. kolom yang merupakan elemen struktur vertikal yang mendistribusikan beban beban menuju elevasi paling bawah sangat penting diperhatikan pada saat diberikan beban.

Evaluasi terhadap analisa perilaku kolom pendek dapat ditinjau dari kemampuan kolom pendek tersebut dalam menerima beban lateral dan memiliki perbedaan pada kolom tepi dan tengah bentangan portal, hal ini disebabkan oleh tahanan gaya dorong pada saat pendistribusian beban gempa yang mengakibatkan struktur kolom tengah lebih besar memikul gaya dibandingkan dengan kolom tepi. evaluasi struktur gedung hotel parai kota sawahlunto dengan menggunakan *Analysis Nonlinier*.

Gaya lateral disebarkan melalui lantai yang bertindak sebagai balok horizontal ke bidang-bidang bangunan vertikal yang diperlakukan. gaya lateral merupakan suatu beban yang memiliki arah horizontal, besar beban lateral harus didukung oleh pondasi bergantung pada rangka bangunan yang meneruskan beban ke kolom yang paling bawah. beban horizontal terdapat gaya lateral dan momen yang bekerja pada pondasi yang diakibatkan oleh gaya gempa, gaya angin pada struktur atas. kepala tiang dapat dibedakan menjadi kondisi kepala tiang bebas (*Free Head*), dan kondisi kepala tiang terjepit (*Fixed Head*).

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Rumusan masalah pada skripsi ini adalah mengevaluasi kinerja struktur gedung hotel parai kota sawahlunto yang telah didirikan selama 13 tahun yang lalu. evaluasi kinerja struktur dipertimbangkan pada beban kerja serta peraturan yang berlaku saat ini.

## **1.3 Batasan Masalah**

1. Kinerja struktur gedung hotel parai kota sawahlunto dengan salah satu metode *non-linier* yaitu *pushover Analysis*. proses *Analysis non-linier* dibantu dengan perangkat lunak SAP2000 Versi 14.

#### **1.4 Manfaat dan Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui kinerja-kinerja struktur gedung hotel parai kota sawahlunto yang telah berdiri selama 13 tahun terhadap peraturan pembebanan terkini.

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Dalam penulisan skripsi ini, penulisan ini dibagi menjadi 5 bab:

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Tentang penjelasan mengenai latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, manfaat dan tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi memuat teori-teori yang mendasari pembahasan sesuai dengan rumusan masalah yang direncanakan.

##### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan data penelitian, pedoman teknis pengambilan data.

##### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Berisi tentang evaluasi kondisi pada bangunan hotel, dan tentang data-data yang didapat dari lapangan.

##### **BAB V PENUTUP**

Berisi kesimpulan yang dapat diambil dari evaluasi ini dan saran yang berguna untuk perencanaan selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Umum

Struktur bangunan bertingkat rawan terhadap gaya lateral, terutama akibat gaya yang di timbulkan gempa. gaya lateral adalah gaya pada bangunan yang bersifat horizontal dengan arah yang tidak menentu, seperti angin dan gempa bumi. Indonesia juga termasuk ke dalam wilayah yang memiliki intensitas terjadi gempa yang tinggi. Dalam struktur bangunan bertingkat ada dua jenis struktur yaitu struktur atas bangunan (*Upper Structure*) dan struktur bawah bangunan (*Lower Structure*).

Analisis struktur pada kondisi linier belum menggambarkan struktur yang sebenarnya. Hampir semua jenis struktur berperilaku nonlinier pada saat akan mencapai kondisi pembebanan batas (*Ultimate Loading*). analisis dengan memasukkan pengaruh nonlinear perlu dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur secara menyeluruh. analisis nonlinier dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu analisis nonlinier material dan nonlinier geometri. nonlinier material terjadi akibat adanya perubahan respon fisik material akibat tegangan yang bekerja, hal ini terlihat pada path-dependent (hubungan E dan  $\epsilon$  tidak linier). Nonlinier geometri atau yang dikenal juga sebagai (*Second Order Effects*) terjadi akibat adanya (*Finite Deformation*) yang diikuti dengan perubahan kekakuan struktur akibat pembebanan.

Tujuan yang diharapkan melalui penelitian ini adalah memperoleh cara untuk menganalisis struktur *frame* 3 dimensi dan untuk mempelajari perilaku struktur *frame* 3 dimensi akibat adanya nonlinieritas geometri. cara analisis yang dilakukan adalah dengan menerapkan teori dan teknik numeris yang sudah ada tentang analisis nonlinier *frame* 3 dimensi dan membuat sebuah program komputer untuk menyelesaikannya.

Teori dan teknik numeris yang digunakan dalam analisis ini memiliki kekhasan sebagai berikut :

1. *Math* kekakuan diturunkan dengan menggunakan prinsip *Virtual Displacement*, pengaruh nonlinear geometri diperoleh dengan memasukkan komponen regangan nonlinier pada persamaan keseimbangan.
2. *Updating* geometri elemen dilakukan dengan menggunakan teori *Nite Rotations*.
3. Pengaruh *Rigid Body Motion* pada elemen diperoleh dengan mengurangi matrix kekakuan geometri eksternal dari matrix kekakuan elemen, pada tulisan ini matrix tersebut diturunkan sendiri oleh penulis secara *Closed Form*.
4. Persamaan linier simultan diselesaikan dengan metode eliminasi *Gauss*.
5. Iterasi untuk menyelesaikan persamaan inkremental nonlinier menggunakan metode *Generalized Displacement Control*.

Berdasar teori dan teknik numeris tersebut di atas, sebuah program komputer telah disusun. *Had* dari beberapa contoh numerik ditampilkan untuk mengevaluasi elemen yang digunakan dan untuk mengetahui keandalan prosedur yang diusulkan. kalibrasi hasil analisis menunjukkan bahwa untuk toleransi kesalahan sebesar jumlah iterasi yang diperlukan untuk mencapai konvergensi pada pada setiap tahap inkrimen kurang dari 20 kali. hal ini menunjukkan bahwa metode analisis yang digunakan secara umum efektif dan mempunyai akurasi yang baik sehingga dapat digunakan untuk aplikasi.

Hasil analisis dari berbagai jenis struktur menunjukkan bahwa elemen yang dipakai dapat digunakan untuk menghitung semua struktur yang diidealisasikan sebagai *Frame*. kurva beban lendutan yang diperoleh menunjukkan perilaku nonlinier geometri struktur *Frame* dan dapat dipergunakan untuk memprediksi beban batas suatu struktur *frame* dan nilai faktor keamanan yang lebih akurat.

### 2.1.1 *Bearing wall*

*Bearing Wall* adalah dinding geser yang juga mendukung sebagian besar beban gravitasi. Dinding penahan beban adalah dinding yang merupakan elemen struktur aktif bangunan gedung, yang menahan berat elemen-elemen struktur di atasnya, dengan cara menyalurkan beratnya ke struktur pondasi di bawahnya. Dinding penahan beban adalah salah satu bentuk konstruksi paling awal.

### 2.1.2 *Frame wall*

*Frame Wall* adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban grafis dari *Frame* beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun antara baris kolom.

### 2.1.3 *Core wall*

*Core wall* adalah dinding geser yang terletak didalam wilayah inti pusat dalam gedung yang biasa diisi tangga atau poros *lift*. Dinding yang terletak di kawasan inti pusat memiliki fungsi ganda dan dianggap menjadi pilihan paling ekonomis.

### 2.1.4 **Elemen Struktur Dinding Geser**

Dinding geser merupakan elemen struktural yang berfungsi sebagai penahan gaya-gaya lateral bangunan, dimana gaya-gaya lateral yang bekerja merupakan gaya-gaya horizontal yang bekerja pada diafragma dinding geser. (Zuhri, 2011)

Pada umumnya dinding geser juga dapat dikategorikan dalam beberapa hal berdasarkan geometrinya:

#### 1. *Flexural Wall* (dinding langsing)

*Flexural Wall* yaitu dinding geser yang memiliki rasio  $hw/lw \geq 2$ , dimana desain di kontrol terhadap perilaku lentur.

#### 2. *Squat wall* (dinding pendek)

*Squat Wall* yaitu dinding geser yang memiliki rasio  $hw/lw \leq 2$ , dimana desain dikontrol terhadap perilaku lentur.

### 3. Couple Shear Wall (dinding berangkai)

Dimana momen guling gaya yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding geser yang dihubungkan dengan balok-balok penghubung sebagai gaya tarik dan tekan bekerja pada masing-masing dasar dinding tersebut.

Dalam praktiknya, dinding geser selalu dihubungkan dengan sistem rangka pemikul momen pada gedung. dinding *Structural* yang umum di gunakan pada gedung tinggi adalah dinding geser *Kantilever* dan dinding geser berangkai. Berdasarkan SNI 03-2487-2002, dinding beton bertulang *Kantilever* adalah suatu subsistem struktur gedung yang fungsi utamanya untuk memikul beban geser akibat pengaruh gempa rencana.

Kerusakan pada dinding ini hanya boleh terjadi akibat momen lentur (bukan akibat gaya geser), melalui pembentukan sendi plastis di dasar dinding. nilai momen leleh pada dasar dinding tersebut dapat mengalami pembesaran akibat faktor kuat lebih bahan. jadi berdasarkan SNI tersebut, dinding geser harus di rencanakan dengan desain kapasitas. dinding geser *Kantilever* termasuk dalam kelompok *Flexural Wall*, dimana rasio antara tinggi dan panjang dinding geser tidak boleh kurang dari 2 dan dimensi panjangnya tidak boleh kurang dari 1.5 m.

Kerja sama antara sistem rangka pemikul momen dan dinding geser merupakan suatu keadaan khusus dengan dua struktur yang berbeda sifatnya tersebut digabungkan. dari gabungan keduanya diperoleh suatu struktur yang lebih kuat dan ekonomis. kerja sama ini dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu :

#### 1. Sistem Rangka Gedung

Sistem rangka gedung yaitu sistem struktur yang pada dasarnya memiliki ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. pada sistem ini, beban lateral dipikul dinding geser atau rangka *Bresing*. sistem rangka gedung dengan dinding geser beton bertulang yang bersifat daktail penuh (kemampuan struktur mengalami *Deformasi Inelastis Lateral* yang besar tanpa kehilangan kestabilan) dapat direncanakan dengan menggunakan nilai faktor modifikasi respon, R sebesar 6.0



## 2. Sistem ganda

Merupakan gabungan dari sistem pemikul beban lateral (beban yang tegak lurus terhadap beban grafitasi) berupa dinding geser atau rangka *bresing* dengan sistem rangka pemikul momen. rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral yang bekerja. kedua sistem ini harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral gempa, dengan memperhatikan interaksi keduanya. nilai R yang direkomendasikan untuk sistem ganda adalah 8.5.

## 3. Sistem interaksi dinding geser dengan rangka

Sistem ini merupakan gabungan sistem dinding beton bertulang biasa dengan sistem rangka pemikul momen biasa. nilai R yang direkomendasikan untuk sistem ini adalah 5.5.

### 2.2 Sistem Penahan Gaya Lateral

“Hal yang penting pada struktur bangunan tinggi adalah stabilitas dan kemampuannya untuk menahan gaya lateral, baik yang disebabkan oleh angin atau gempa bumi. beban angin lebih terkait pada dimensi ketinggian bangunan, sedangkan beban gempa lebih terkait pada masa bangunan” (juwana, 2005).

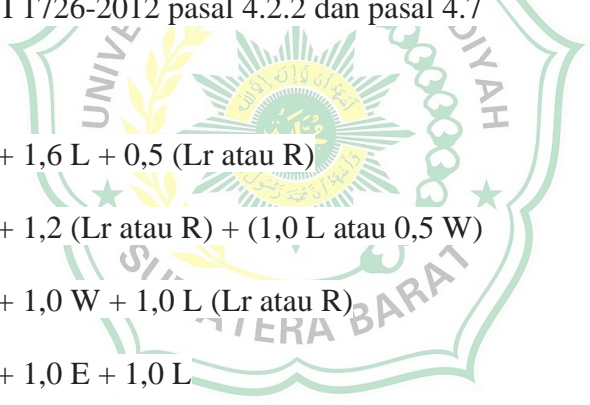
Kolom pada bangunan tinggi perlu diperkokoh dengan sistem pengaku untuk dapat menahan gaya lateral, agar deformasi yang terjadi akibat gaya horizontal tidak melampaui ketentuan yang disyaratkan. pengaku gaya lateral yang lazim digunakan adalah portal penahan momen, dinding geser atau rangka pengaku.

Portal penahan momen terdiri dari komponen subsistem horizontal berupa balok dan vertikal berupa kolom yang dihubungkan secara kaku. kekakuan portal tergantung pada dimensi kolom dan balok, serta proposional terhadap jarak lantai ke lantai dan kolom ke kolom. dinding geser didefinisikan sebagai komponen struktur vertikal yang relatif sangat kaku. dinding geser pada umumnya boleh mempunyai bukaan sekitar 5% agar tidak mengurangi kekakuannya.

Fungsi dinding geser berubah menjadi dinding penahan beban, jika dinding geser menerima beban tegak lurus. Rangka pengaku terdiri dari kolom dan balok yang ditambahkan pengaku diagonal. Adanya pengaku diagonal ini akan berpengaruh pada fleksibilitas perpanjangan atau pemendekan lantai dimana pengaku tersebut ditempatkan. Rangka pengaku banyak digunakan pada bangunan tinggi yang menggunakan struktur baja. Jenis rangka pengaku yang sering digunakan adalah pengaku diagonal tunggal / ganda pengaku "K" *Horizontal Vertical* atau pengaruh *Eksentris*.

### 2.2.1 Sistem Penahan Gaya Lateral

Peninjauan dan perhitungan beban pada perencanaan gedung berdasarkan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 dan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur. Bangunan gedung dan non gedung SNI 1726-2012 pasal 4.2.2 dan pasal 4.7

- 
- a.  $1.4 D$
  - b.  $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
  - c.  $1,2 D + 1,2 (L_r \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W)$
  - d.  $1,2 D + 1,0 W + 1,0 L (L_r \text{ atau } R)$
  - e.  $1,2 D + 1,0 E + 1,0 L$
  - f.  $0,9 D + 1,0 W$
  - g.  $0,9 D + 1,0 E$

Dengan pengaruh beban gempa,  $E$  ditentukan oleh persamaan (2-01) dan (2-02).

1. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 5

$$E = E_h + E_v \quad (2-01)$$

2. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7

$$E = E_h - E_v$$

Dengan  $E_h$  dan  $E_v$  ditentukan oleh persamaan (2-03) dan (2-04):

$$Eh = \rho QE$$

$$Ev = 0,2 S_{ds} D \quad (2-04)$$

Dimana :

U = Kuat perlu

D = Beban mati

L = Beban hidup

Lr = Beban hidup pada atap

R = Beban hujan

W = Beban angin

E = Beban gempa

Eh = pengaruh beban gempa horizontal

Ev = pengaruh beban vertikal

P = faktor redundansi

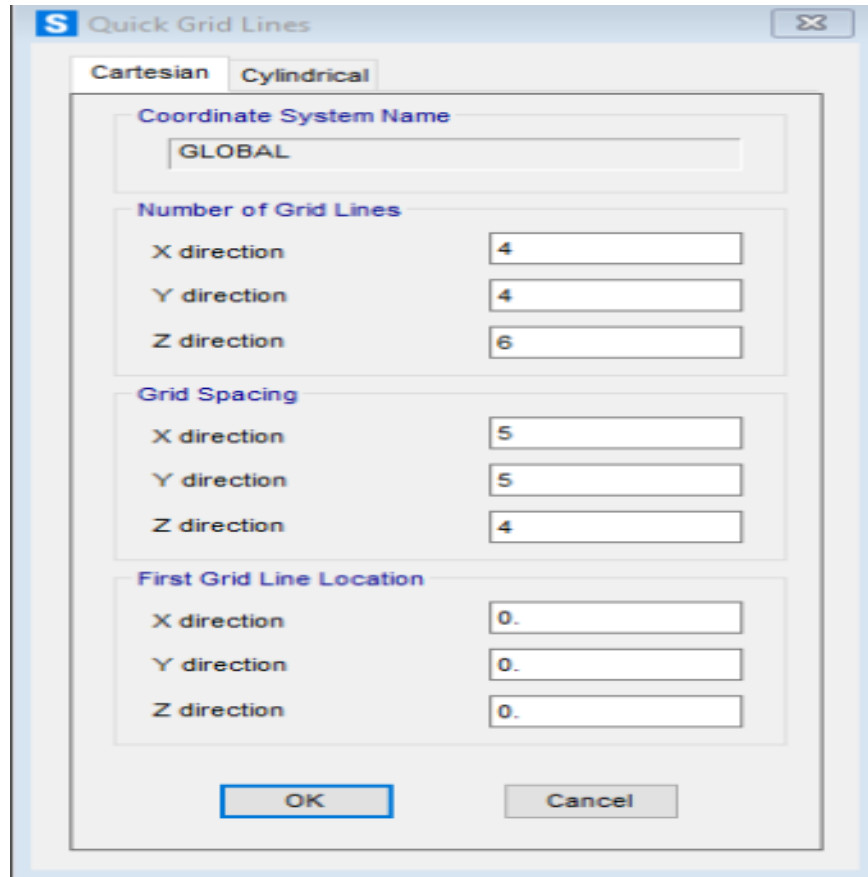
QE = pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau Fp

SDS = parameter percepatan *spectrum respons* desain pada perioda pendek

### 2.2.2 Langkah-Langkah SAP

#### 1. Menggambar Model *Grid*

Klik menu file *New Model*, pada option *Defaul Unit* pilih KN,m,C (satuan sesuai data). pada *Option Select Template* klik *Grid Only*, maka akan tampil kotak dialog *Quick Grid Lines*, input data struktur seperti pada gambar.



Gambar.2.1. *Input data Grid*

## 2. Merencanakan Material Struktur

- a. Lakukan *Define – Materials* pada kotak dialog *Define – Materials* klik *Add New Materials*, pada material *type* pilih *Concrete* dan setelah pilih *User* klik *ok* kemudian isikan kotak dialog *Materials Property Data*, sesuai data-data pada gambar.

Gambar.2.2. *Input data material beton*

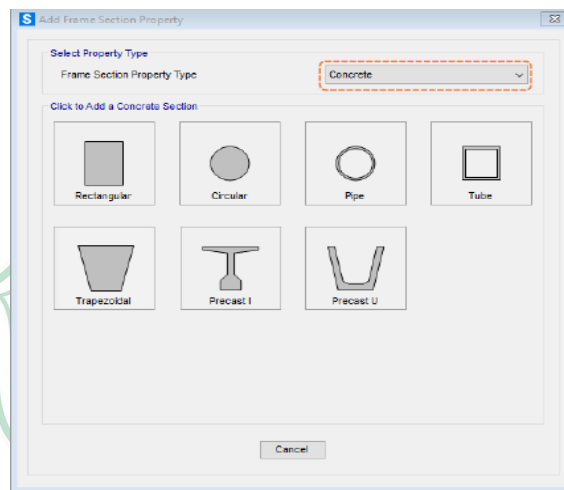
- b. Buat material tulangan baru, klik *Add New Materials* maka akan muncul kotak dialog *Add Materials Property*, maka material *type* pilih rebar dan standar pilih *User* klik ok. kemudian isikan kotak dialog *Materials Property data* sesuai pada gambar.

Gambar. 2.3. *Input data material tulangan*

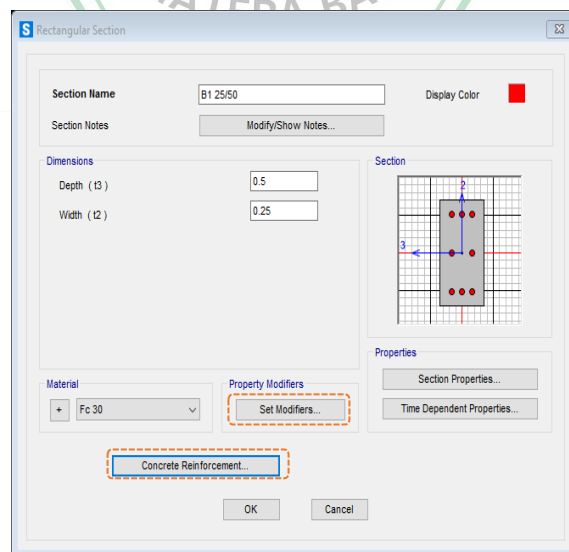
### 3. Membuat Penampang Struktur

#### a. Penampang Balok

Input elemen balok dilakukan dengan cara *Define- Section Properties- Frame Section*. pada dialog *Define Frame Properties* pilih *Add New Properties* maka akan muncul kotak dialog *Add Frame Section Properties* pada *Option Frame Section Property Type* pilih *Concrete* dan pilih *Rectangular* maka akan muncul kotak dialog *Rectangular Section*. pada *Option material* pilih *Fc30* (sesuai material yang telah dibuat) dan isikan *Section Name* dengan *B1 25/50* lalu isikan *Depth* dan *Width*.



Gambar.2.4. *Frame Section Properties Type*



Gambar.2.5. *Input Properties Balok*

Klik *Concrete Reinforcement* maka akan muncul kotak dialog *Reinforcement* data. pada *Option Design Type* pilih *Beam* dan pada *Option Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center* atau selimut beton isikan 0.04 untuk *Top* dan 0.04 untuk *Bottom*.

Rebar Material	
Longitudinal Bars	+ BJ 57
Confinement Bars (Ties)	+ BJ 57

Design Type

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

Top	0.04
Bottom	0.04

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

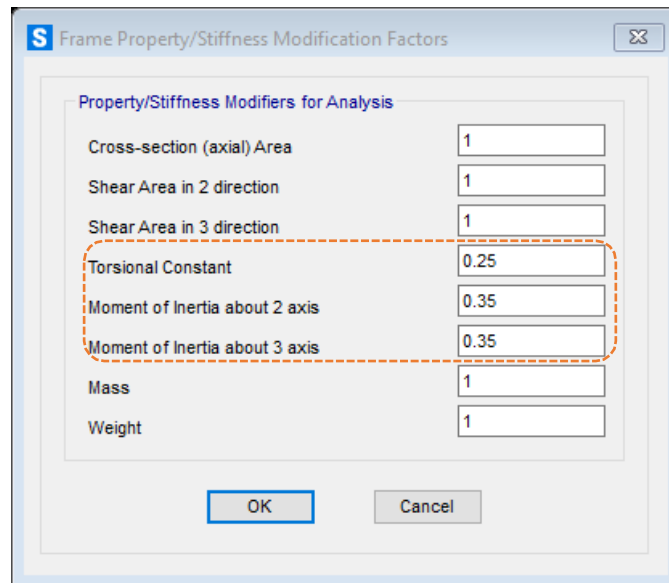
	Left	Right
Top	0.	0.
Bottom	0.	0.

OK Cancel

Gambar.2.6. *Input data Reinforcement balok*

Kembali pada kotak dialog kotak dialog *Rectangular Section* pada *Option Property Modifie* klik *Set Modifie*, maka akan muncul kotak dialog *Frame property/Stiffnes Modification Factors*.

Lalu isikan momen *Of Inerscia About 2 Axis* diisi dengan 0.35 dan *Torsion Constant* diisi dengan 0.25. hal ini dilakukan karena presentase penampang efektif momen inersia pada beton <100% berdasarkan SNI 2847:2019 pasal6.6.3.1.1. pada torsi juga direduksi sebesar 25% untuk menyeimbangkan nilai reduksi terhadap inersia elemen struktur.



Gambar.2.7. *Input Frame property/Stiffnes Modification Factors* balok

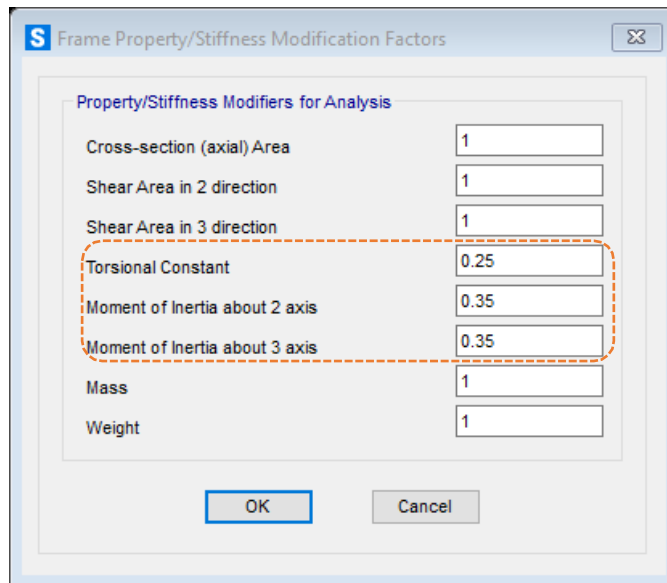
Lalu untuk pembuatan dimensi balok B2 (25/40) dengan cara yang sama dengan balok B1 diatas.

#### b. Penampang Kolom

Input elemen kolom dilakukan dengan cara *Define – Section properties – Frame Section*. pada dialog *Define Frame Properties* pilih *Add New Property* maka akan muncul kotak dialog *Add Frame Section Properties*.

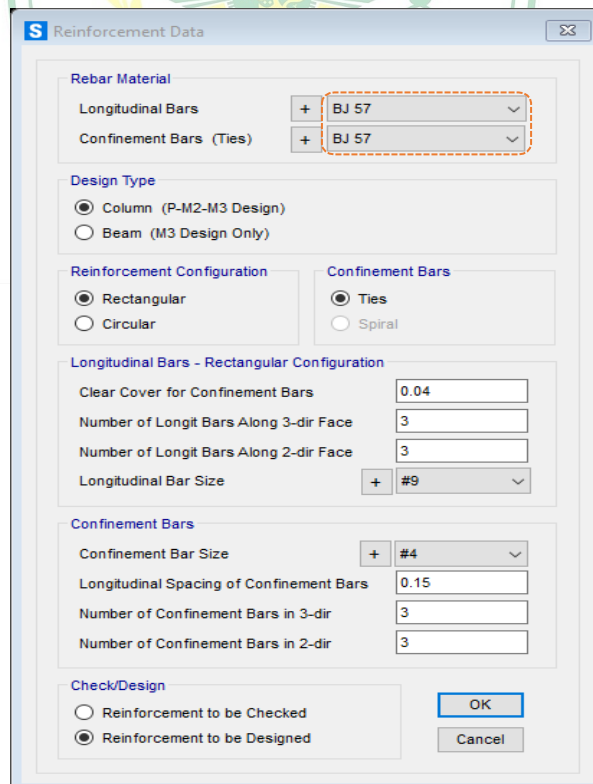
Pada *Option Frame Section Properties Type* pilih *Concrete* dan pilih *Rectangular* maka akan muncul kotak dialog *Rectangular Section*. pada *Option Materials* pilih *Fc30* (sesuai material yang telah dibuat dan isikan *Section Name* dengan *K1 45/45* lalu isikan *Depth* dan *Width*-nya.





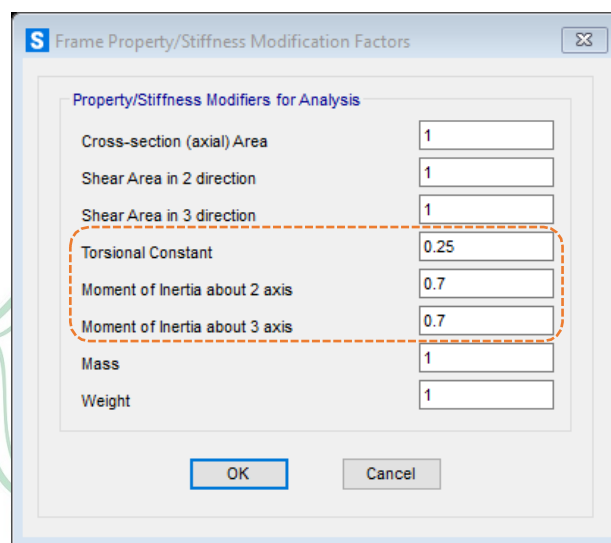
Gambar.2.8. *Input Properties* kolom

1. Klik *Concrete Reinforcement* maka akan muncul kotak dialog *Reinforcement Data*. pada *Option Design Type* pilih *Column*.
2. Pada *Option Longitudinal Bars* pilih *BJ 57* (sesuai material yang telah dibuat) dan pada *Option Confinement Bars (Ties)* pilih *BJ 57*.



Gambar.2.9. *Input data Reinforcement* kolom

3. Kembali pada kotak dialog kotak dialog *Rectangular Section* pada *Option property Modifiers* klik *Set Modifiers*, maka akan muncul kotak dialog *Frame Property/Stiffness Modification Factors*.
4. Lalu isikan Momen of Inertia about 2 axis diisi dengan 0,7 dan *Torsion Constant* diisi dengan 0,25. hal ini dilakukan karena persentase penampang efektif moment inersia pada beton < 100 % berdasarkan SNI 2847 : 2019 Pasal 6.6.3.1.1. pada torsi juga direduksi sebesar 25% untuk menyeimbangkan nilai reduksi terhadap inersia elemen struktur.



Gambar.2.10. *Input Frame Properties/Stiffness Modification Factors* kolom

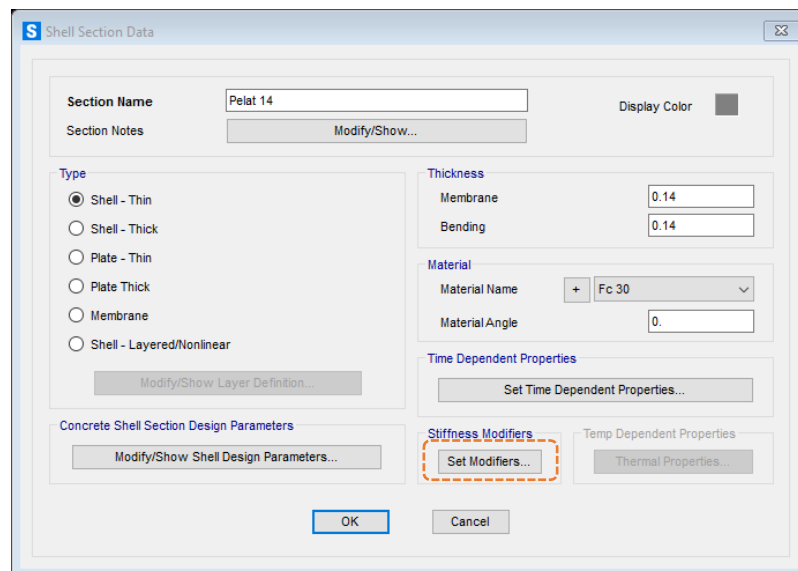
Untuk pembuatan dimensi Kolom K2 (35/35) dengan cara yang sama dengan kolom K1 diatas.

### c. Penampang Pelat

Pelat lantai dimodelkan sebagai *Shell*, sehingga selain menerima gaya vertikal akibat beban mati dan hidup, pelat juga diasumsikan menerima gaya horizontal/lateral akibat gempa.

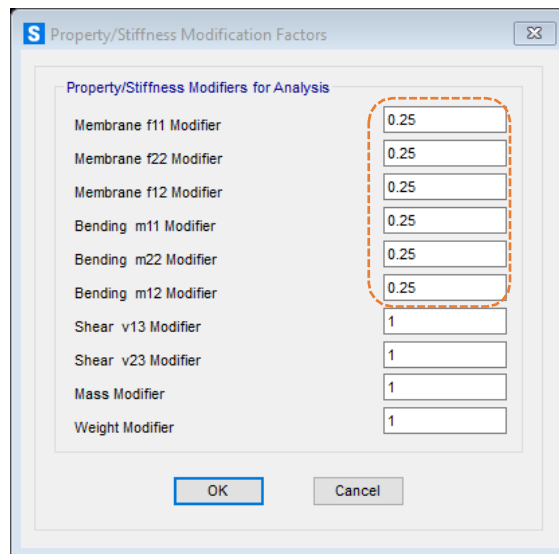
- 1) Input elemen pelat lantai dilakukan dengan cara *Define – Section Properties – Area Section*. Pada kotak dialog *Area Sections* pilih *Add New Section* maka akan muncul kotak dialog *Shell Section Data*.

- 2) Isikan *Section Name* dengan Pelat 14 untuk pelat lantai. pada option *material name* pilih *Fc 30*.
- 3) Isikan pada *Option Thickness* untuk *Membrane 0.14* dan *Bending 0.14*
- 4) Pada *Option Type* pilih *Shell* (karena pelat lantai dimodelkan sebagai elemen (*Shell*)).



Gambar.2.11. *Shell Section* data

- 5) Kembali pada kotak dialog kotak dialog *Shell Section* Data pada *Option Stiffness Modifiers* klik *Set Modifiers*, maka akan muncul kotak dialog *Property/Stiffness Modification Factors*.
- 6) Lalu isikan *Stiffnes Modifiers*. Hal ini dilakukan karena persentase penampang efektif pada beton < 100 % berdasarkan SNI 2847 : 2019 Pasal 6.6.3.1.1.



Gambar.2.12. *Input Properties/Stiffnes Modification Factors* pelat


- 7) Lalu untuk pembuatan element Pelat 12 (pelat atap) dengan cara yang sama dengan pelat 14 diatas.

#### 4. Menggambar Model Elemen Struktur

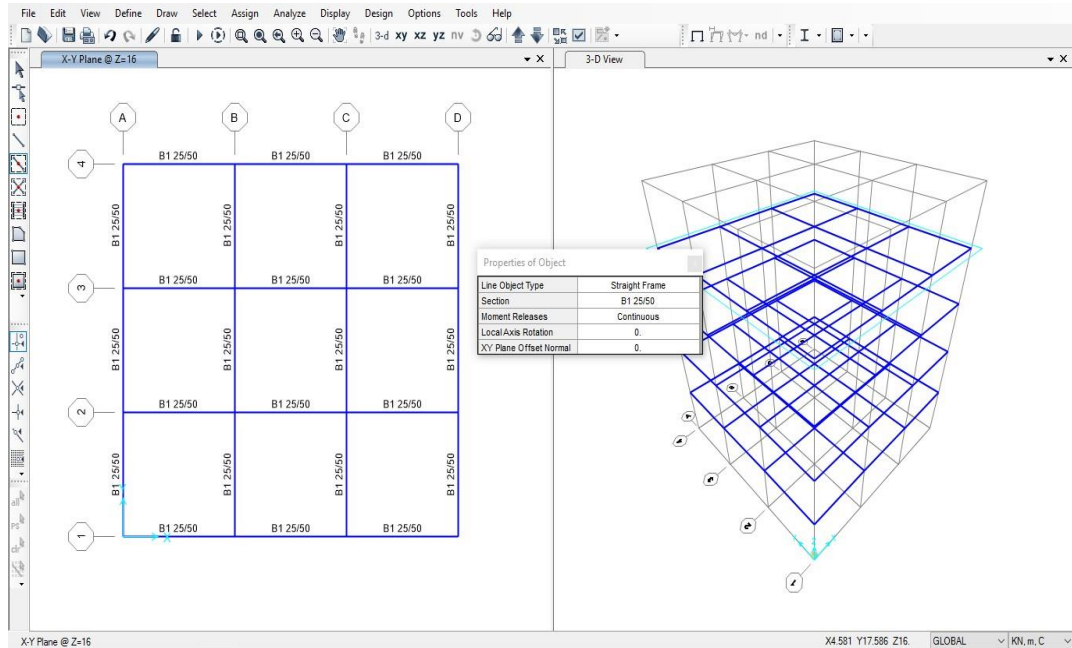
Pemodelan struktur gedung dilakukan secara 3D dengan memodelkan semua elemen balok, kolom, dan pelat.

##### a. Menggambar Elemen Balok

Dalam penggambaran elemen struktur maka kita harus mengatur *Window* atau *View* penggambarannya.

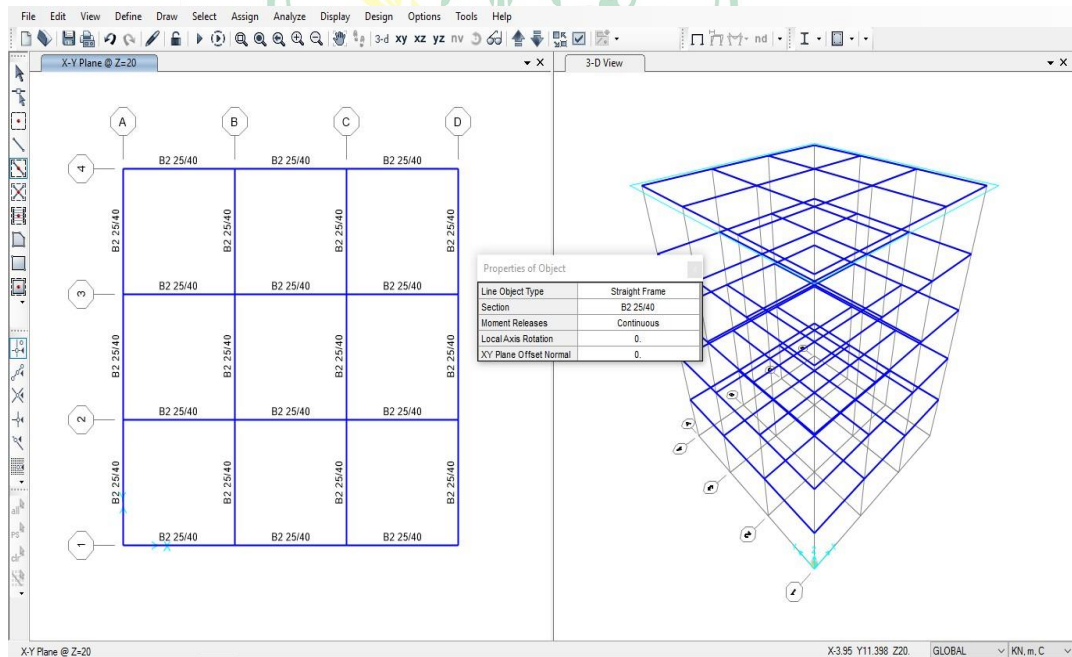
- 1). Klik *Draw - Quick frame/Cable/Tendon* atau dengan cara memilih ikon *Quick Draw Frame/Cable*  pada menu bar pada sisi kiri. Maka akan muncul kotak dialog *Propertis of Object*, lalu pada *Setion* pilih *B1 25/50*, (yang digambar adalah balok B1).
- 2). Gambar elemen balok B1 dengan cara klik grid yang diasumsikan sebagai balok B1 dalam penggambaran usahakan secara teratur dan berurut dimulai secara vertikal kemudian horizontal atau sebaliknya agar memudahkan pembacaan data *Output SAP2000* nantinya. sehingga hasil akhir penggambaran balok B1.

3). Untuk menampilkan nama frame klik *View – Set Display Options* atau dengan cara memilih ikon *Set Display Options*  pada menu bar pada sisi atas. maka akan muncul kotak dialog *Display Options* pada option *Frames* pilih *Sections*.




Gambar.2.12. Penggambaran elemen balok B1

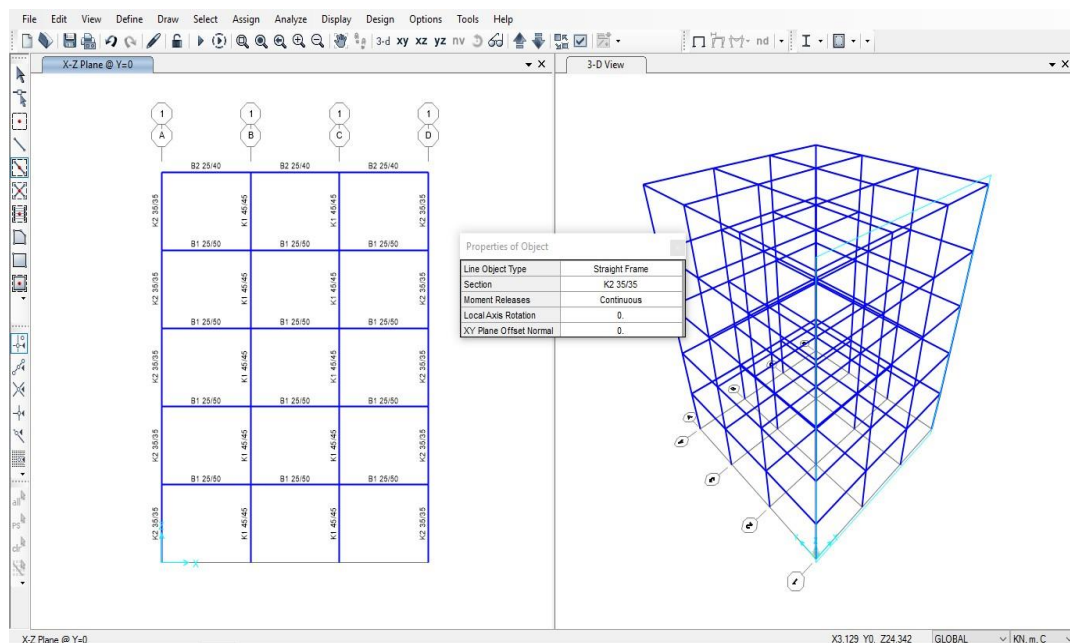
4). Selanjutnya gambar elemen balok B2 dengan cara yang sama. hasil penggambaran.



Gambar.2.13. Penggambaran elemen balok B2


## b. Menggambar Elemen Kolom

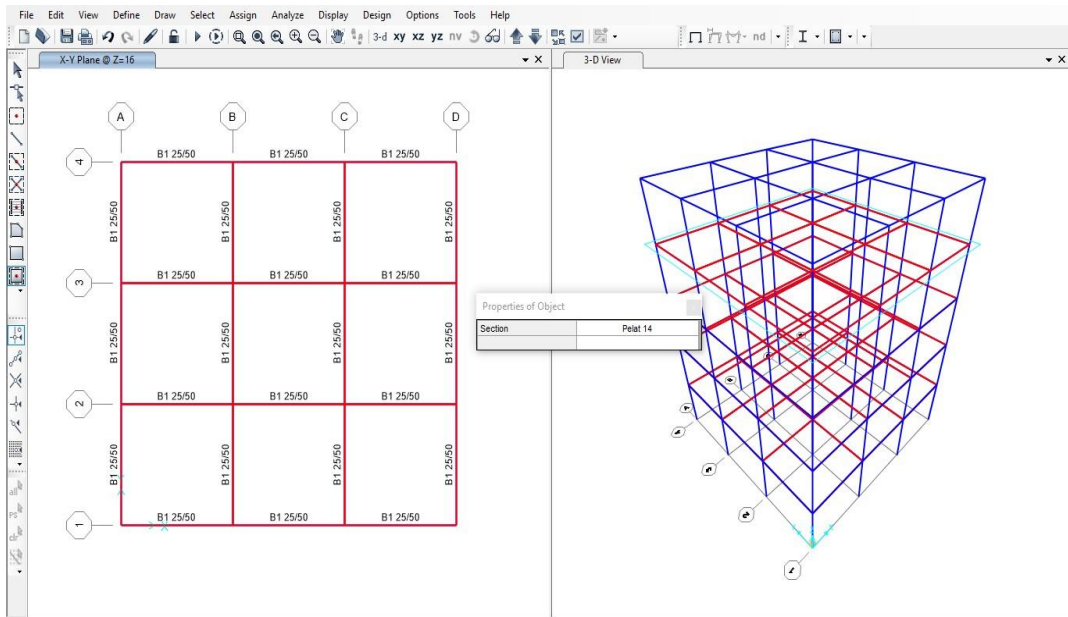
- 1). Atur tampilan pada *Window* dengan Klik Set XZ View **xz** pada *Toolbar* sisi atas.
- 2). Klik ikon *Quick Draw Frame/Cable*  pada *menu bar* pada sisi kiri lalu pada *Setion* pilih K1 45/45, (yang digambar adalah balok K1), dan gambar elemen balok K1 dengan cara klik grid yang diasumsikan sebagai Kolom K1.
- 3). Selanjutnya gambar elemen kolom K2 dengan cara yang sama. sehingga hasil akhir penggambaran.



Gambar.2.14. Penggambaran elemen kolom

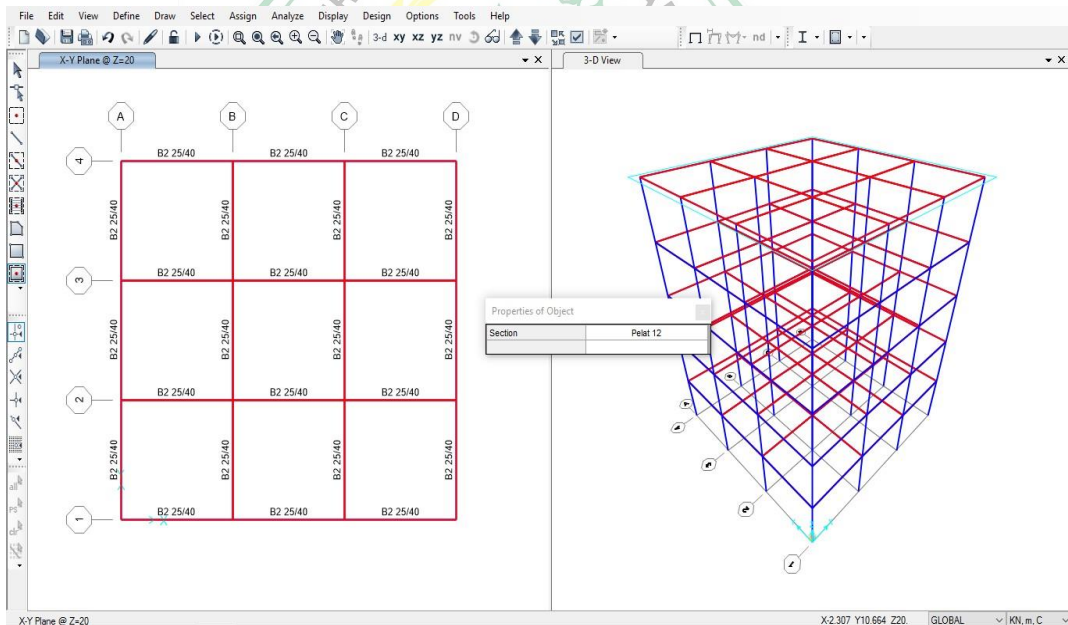
## c. Menggambar Elemen Pelat

- 1). Klik ikon *Quick Draw Area*  pada *menu bar* pada sisi kiri. Maka akan muncul kotak dialog *Propertis Of Object*, lalu pada *Setion* pilih *Pelat 14*, (yang digambar adalah pelat lantai).
- 2). Gambar pelat lantai dengan cara mengklik ditengah area pelat satu persatu, dalam penandaan usahakan secara berurut agar memudahkan pembacaan data *Output*.



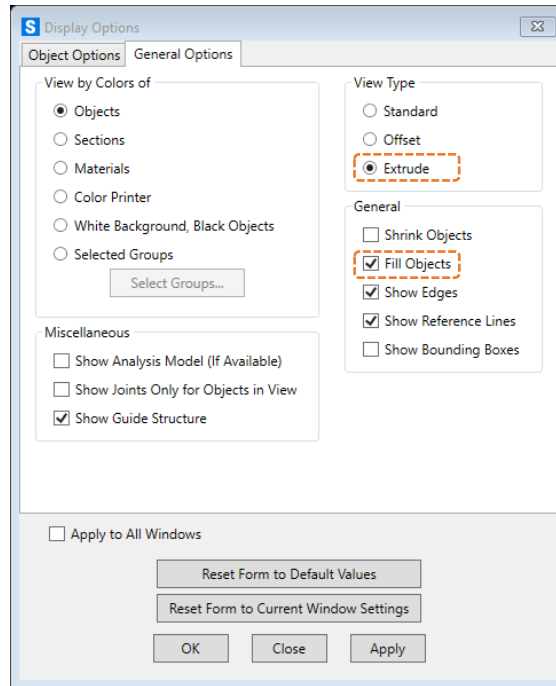
Gambar.2.15. Penggambaran elemen pelat lantai

3). Selanjutnya gambar elemen pelat atap dengan cara yang sama sehingga hasil akhir penggambaran.



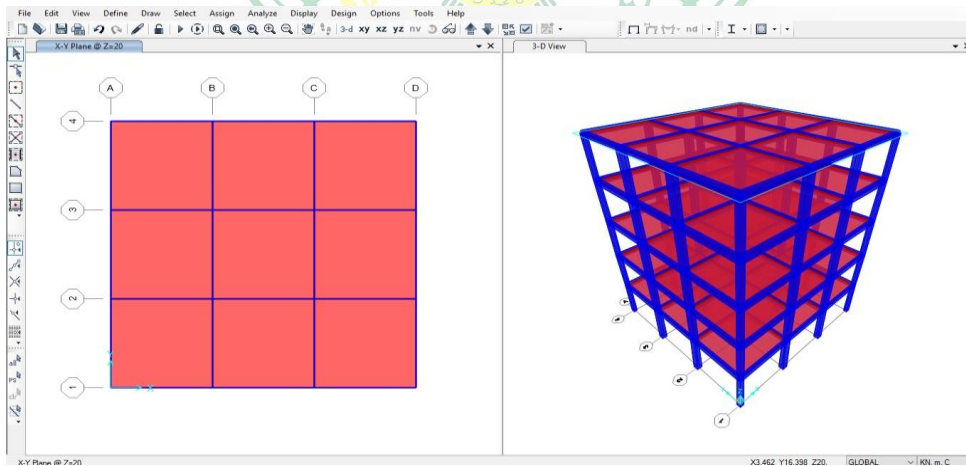
Gambar.2.16. Penggambaran elemen pelat atap

4). Untuk penampikan 3D Frame pada *Window 3-D View*, dapat dilakukan dengan cara klik ikon *Set Display Options*  pada menu bar pada sisi atas. maka akan muncul kotak dialog *Display Options* klik menu *General Option*.



Gambar.2.17. Mengatur *Display Option Window*

- 5) Pada option *View Tpe* klik *Extrude* dan pada option *General* klik *Fill Objects*.
- 6) Lakukan hal yang sama pada window *X-Y Plane* namun pada option *Extrude* tidak perlu di klik.

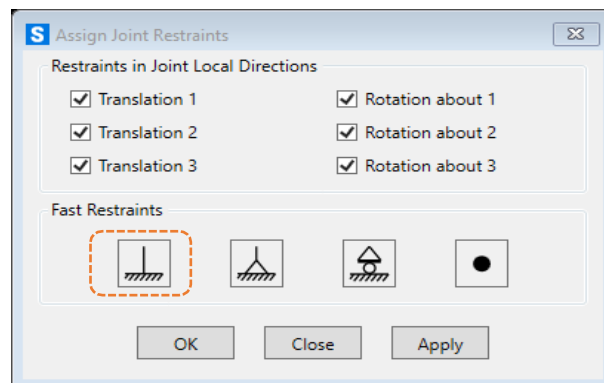


Gambar.2.18. Hasil model elemen struktur



## 5. Menetapkan Jenis Perletakan/Restraint

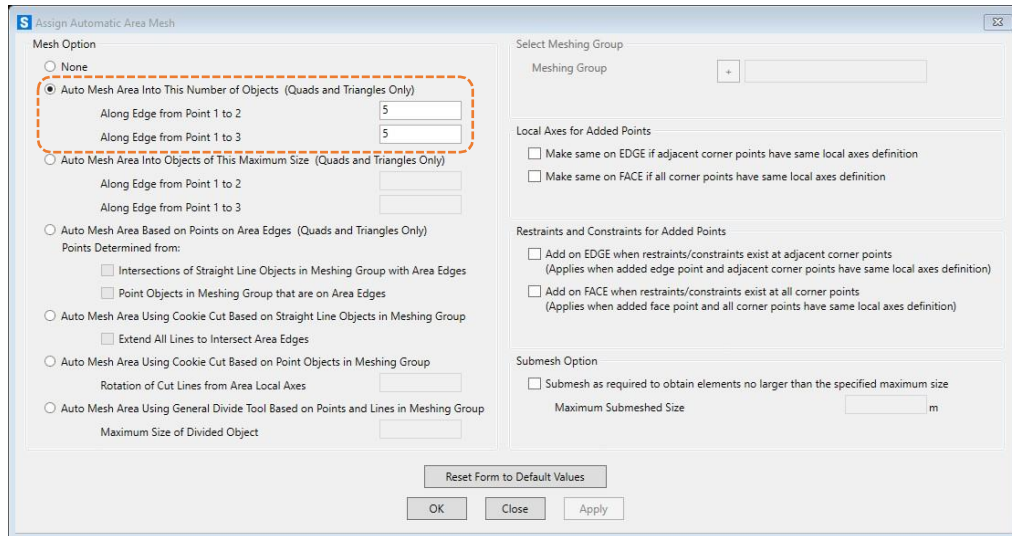
Pemodelan pondasi diasumsikan sebagai jepit, karena desain pondasi yang menggunakan *bore pile* (pondasi dalam), sehingga kedudukan pondasi dianggap tidak mengalami rotasi dan translasi. pemodelan tumpuan tersebut dapat dilakukan dengan klik semua kolom pada lantai dasar, kemudian *Assign – Joint – Restraints*.



Gambar.2.19. Membuat Perletakan Jepit pada Pondasi

## 6. Meshing Pelat Lantai dan Atap

*Element Shell* yang dipakai untuk memodelkan pelat lantai dan atap beton perlu dibagi kedalam pias-pias kecil sejumlah tertentu. hal ini disebabkan alasan konvergensi, yaitu penyebaran gaya dari pelat ke balok disekitarnya akan makin baik jika terdapat makin banyak pias pada pelat lantai. jika jumlah pias terlalu sedikit, atau tidak dilakukan pembagian pias, hasil yang didapatkan relatif kasar (missal *Ouput* lendutan atau momen yang terlalu besar atau kecil). jika terlalu banyak pias akan menyebabkan ukuran file dan waktu analisis semakin besar. pembagian pada element *Shell* dapat dilakukan dengan cara pilih semua element pelat kemudian klik menu *Assign – Area – Automatic Area Mesh*. maka akan muncul kotak dialog *Assign Automatic Area Mesh* pilih *Auto Mesh Area Into This Number Of Objects*. Pada option *Along Edge From point 1 to 2* input 5 dan pada *Option Along Edge from point 1 to 3* input 5 (dalam kasus ini pelat dibagi menjadi 5 x 5 bagian).



Gambar.2.20. *Divide* pelat lantai dan atap

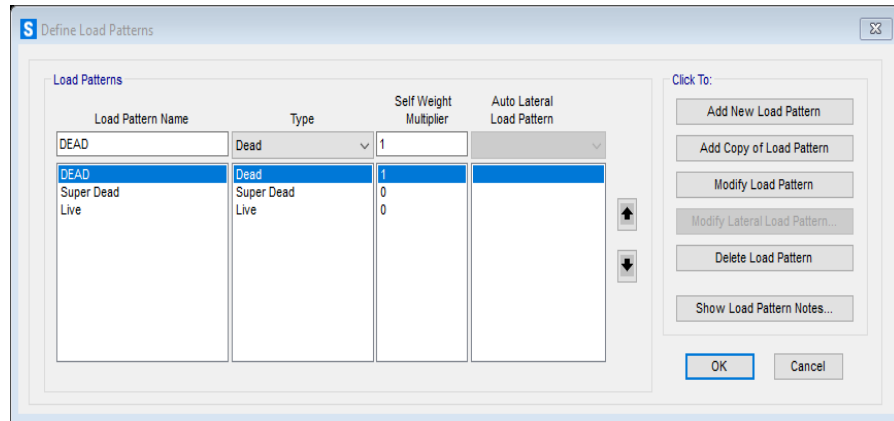
## 7. Mengaplikasikan Pembebanan

Jenis beban yang bekerja pada gedung meliputi :

- Beban mati sendiri elemen struktur (*Dead Load*) Meliputi : balok, kolom, *Shear Wall*, dan plat.
- Beban mati elemen tambahan (*SuperDead Load*)  
Meliputi : dinding, keramik, plesteran, plumbing, ME (mechanical electrical) , dll.
- Beban hidup (*Live Load*) :  
Meliputi : beban luasan per m<sup>2</sup> yang ditinjau berdasarkan fungsi bangunan.
- Beban Gempa (*Earthquake Load*) :  
Meliputi : beban gempa statik ekuivalen dan dinamik (*respons spectrum*)

### a. Mendefinisikan Jenis Beban

Jenis beban yang bekerja pada struktur gedung dapat diinput dengan cara *Define – Load Patterns* maka akan muncul kotak dialog *Define Load Patterns* input parameter pada gambar berikut.



Gambar.2.21. Jenis – jenis beban yang bekerja

## b. Menentukan Penyaluran Beban pada Struktur

### 1) Beban Mati pada Pelat Lantai

Beban mati yang bekerja pada pelat lantai meliputi :

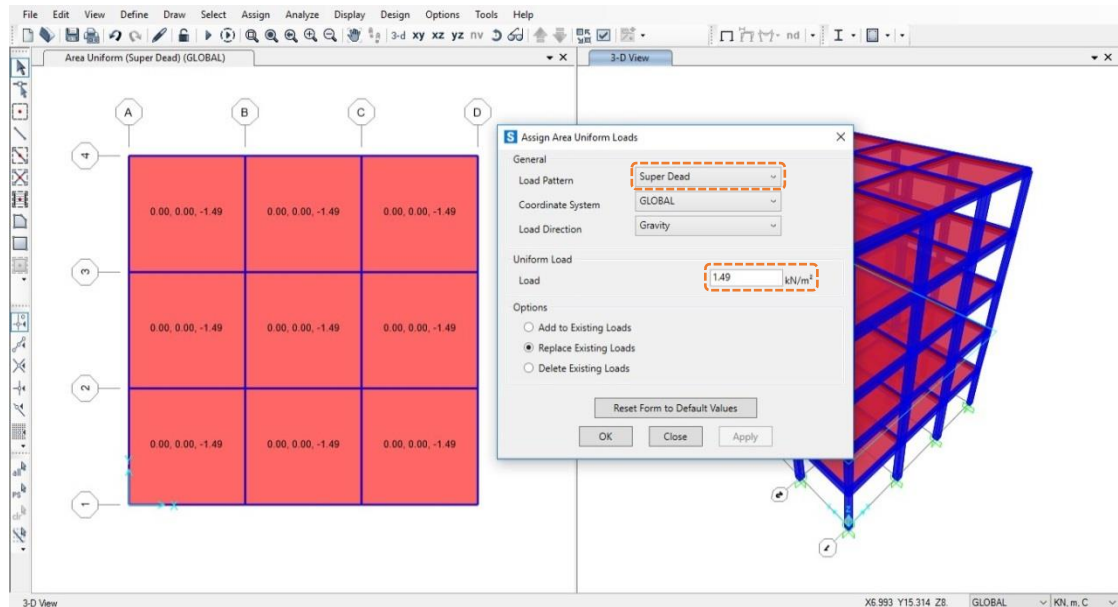
- a) Berat pasir setebal 1 cm =  $0,01 \times 16 = 0,16 \text{ kN/m}^2$
- b) Berat spesi setebal 3 cm =  $0,03 \times 22 = 0,66 \text{ kN/m}^2$
- c) Berat keramik setebal 1 cm =  $0,01 \times 22 = 0,22 \text{ kN/m}^2$
- d) Berat plafon dan penggantung =  $0,2 \text{ kN/m}^2$
- e) Berat Instalasi ME =  $0,25 \text{ kN/m}^2$
- f) Total beban mati pada plat lantai =  $1,49 \text{ kN/m}^2$

### 2) Beban Mati pada Pelat Atap

Beban mati yang bekerja pada pelat lantai meliputi :

- a) Berat *Waterproofing* dengan aspal tebal 2 cm =  $0,02 \times 14 = 0,28 \text{ kN/m}^2$
- b) Beban plafon dan penggantung =  $0,2 \text{ kN/m}^2$
- c) Berat Instalasi ME  
=  $0,25 \text{ kN/m}^2$
- d) Total beban mati pada plat lantai =  $0,73 \text{ kN/m}^2$

Beban mati didistribusikan pada pelat secara merata dengan cara memilih elemen pelat, kemudian *Assign – Area Loads – Uniform (Shell)* pada *Option Load Pattern* pilih *Super Dead* distribusi beban mati yang bekerja pada pelat ditunjukkan pada gambar berikut.



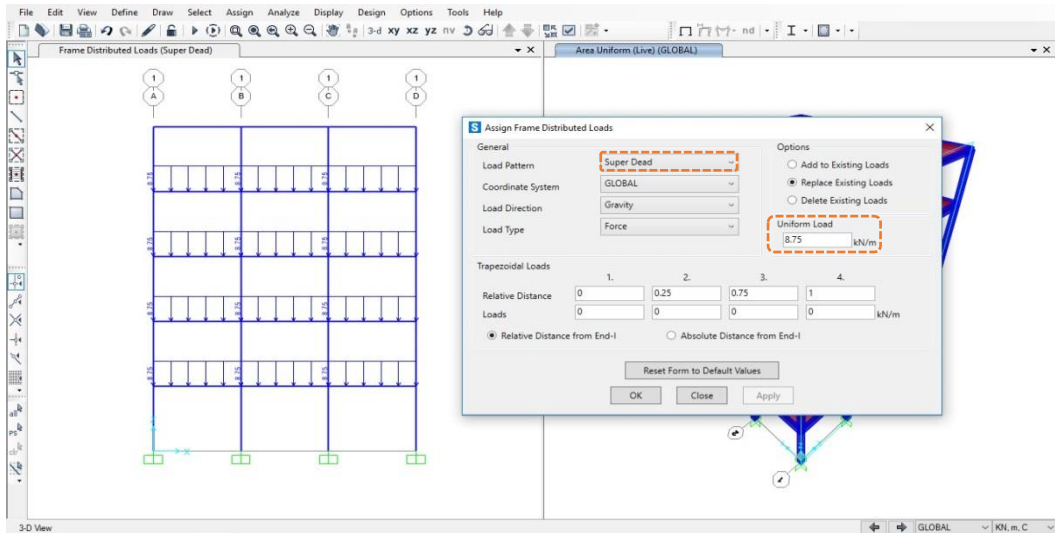
Gambar.2.22. Distribusi beban mati pada pelat lantai

### 3) Beban Mati pada Balok

Beban mati yang bekerja pada balok meliputi :

- a) Beban dinding pasangan bata ½ batu  $(4\text{m} - 0.5) \times 2,50 = 8,75 \text{ kN/m}$

Dinding gedung ini diasumsikan terletak dibalok tepi keliling bangunan pada LT.1 sampai LT.4. beban dinding pada balok diinput dengan cara *Assign – Frame Loads – Distributed.* pada *Option Load Pattern* pilih *Super Dead* dan pada *Option Uniform Load* input  $8.75$  seperti pada gambar berikut.



Gambar.2.23. Distribusi beban mati pada balok

#### 4) **Beban Hidup (*Live Load*)**

Beban hidup adalah beban yang bekerja pada lantai bangunan tergantung dari fungsi ruang yang digunakan. besarnya beban hidup lantai bangunan ditentukan berdasarkan acuan SNI 1727 – 2020 Tabel 4.3-1

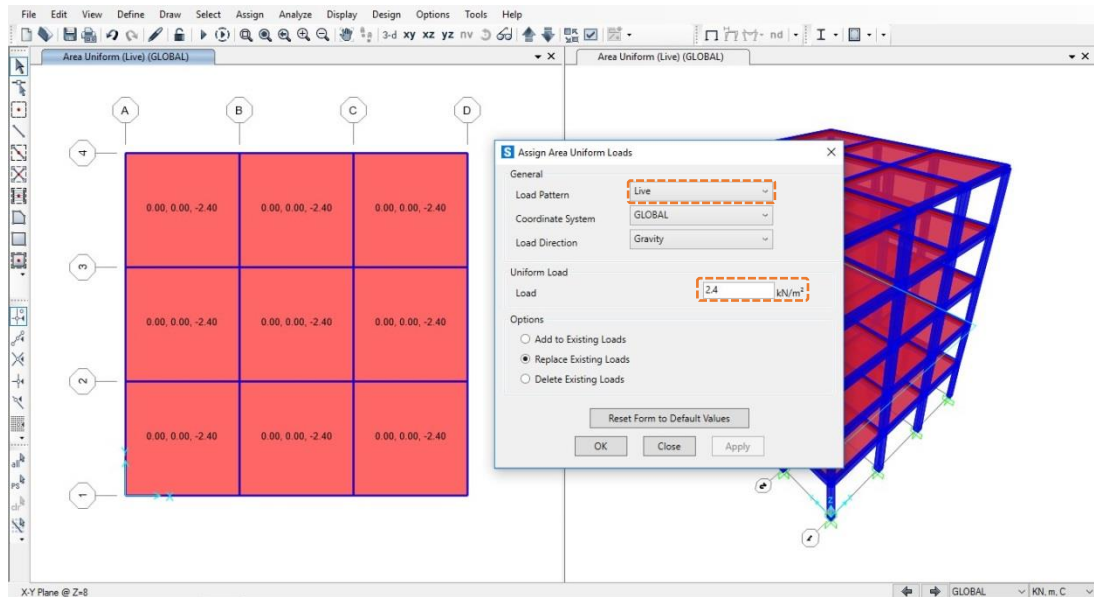
Gedung perkantoran				
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian				
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)

Gambar.2.24. Beban hidup untuk lantai

Atap				
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-	
Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-	

Gambar.2.25. Beban hidup lantai atap

*Input* beban hidup dilakukan dengan cara memilih semua elemen pelat lantai, kemudian *Assign – Area Loads – Uniform (Shell)*. ada option *Load Pattern* pilih *Live* dan input beban hidup sesuai pada gambar berikut.



Gambar.2.26. Distribusi beban hidup pada lantai gedung ( $2,4 \text{ kN/m}^2$ )

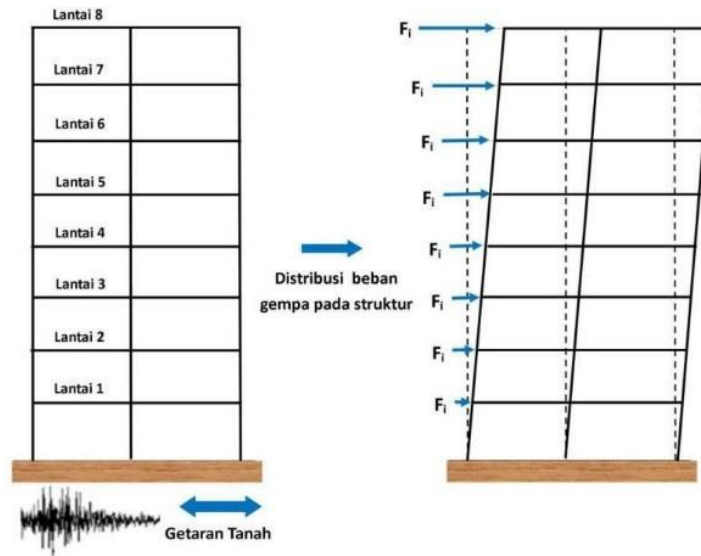
Untuk beban hidup pada lantai atap ulangi dengan cara yang sama.

## 8. Mengaplikasikan Beban Gempa

Analisis beban gempa dilakukan dengan 2 cara yaitu statik ekuivalen dan dinamik *Respon Spektrum*. dalam mendefinisikan beban gempa untuk wilayah Palu, sebelumnya dapat mengacu pada tata cara perencanaan tahan gempa untuk gedung SNI 03-1726-2019.

### a. Gempa Statik Ekuivalen

Beban gempa statik ekuivalen adalah penyederhanaan dari perhitungan beban gempa yang sebenarnya, dengan asumsi tanah dasar dianggap tetap (tidak bergetar), sehingga beban gempa diekuivalensikan menjadi beban lateral statik yang bekerja pada pusat massa struktur tiap lantai bangunan. perhitungan gempa statik ekuivalen dapat dilakukan secara otomatis dengan *Auto Lateral Loads* dan secara manual dengan cara menginput besarnya beban gempa ke pusat massa struktur tiap lantai. ilustrasi dari perencanaan gempa dengan metode statik ekuivalen ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar.2.27. Ilusi dari analisis gempa dengan metode static ekuivalen

Parameter gempa dapat diperoleh melalui *Website* [rsapuskim2019.litbang.pu.go.id](http://rsapuskim2019.litbang.pu.go.id) atau dihitung secara manual berdasarkan SNI 1726 - 2019. pada contoh ini parameter gempa dihitung secara manual, berikutnya, berikut hasil parameter gempa yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$S_s = 0.9153 \text{ g (percepatan batuan dasar periode 0,2 detik)}$$

$$S_1 = 0.4008 \text{ g (percepatan batuan dasar periode 1 detik)}$$

$$T_l = 12 \text{ detik (periode transisi jangka panjang)}$$

$$\text{Kelas Situs} = D \text{ ( tanah sedang)}$$

$$R = 8 \text{ (faktor reduksi gempa SRPMK)}$$

$$\Omega = 3 \text{ (faktor faktor kuat lebih)}$$

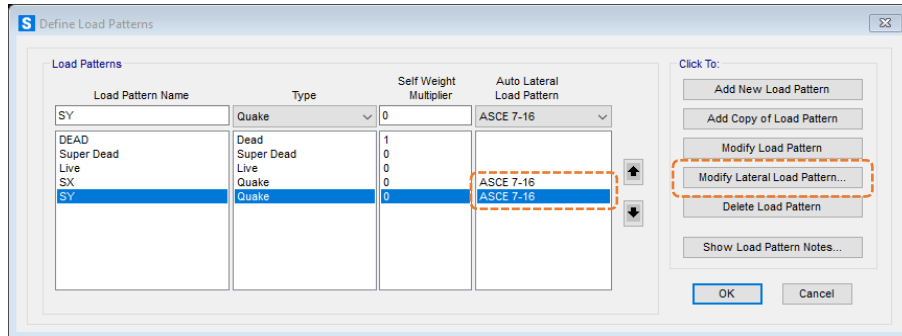
$$C_d = 5.5 \text{ (faktor pembesaran defleksi)}$$

$$I = 1 \text{ (faktor keutamaan gedung)}$$

$$T = 0,967 \text{ detik (periode fundamental)}$$

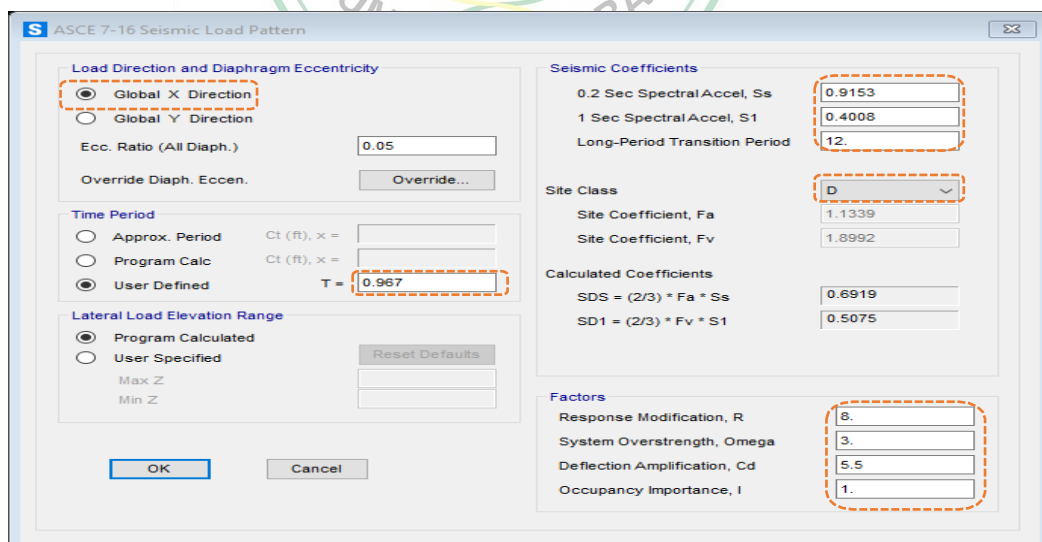
Langkah input beban gempa statik ekuivalen dapat dilakukan dengan cara:

- 1) Klik menu *Define – Load Patterns* dan isikan beban gempa (SX untuk arah x-x dan SY untuk arah y-y). pada *Option Type* pilih *Quake* seperti pada gambar berikut.



Gambar.2.28. *Define* beban gempa static ekuivalen

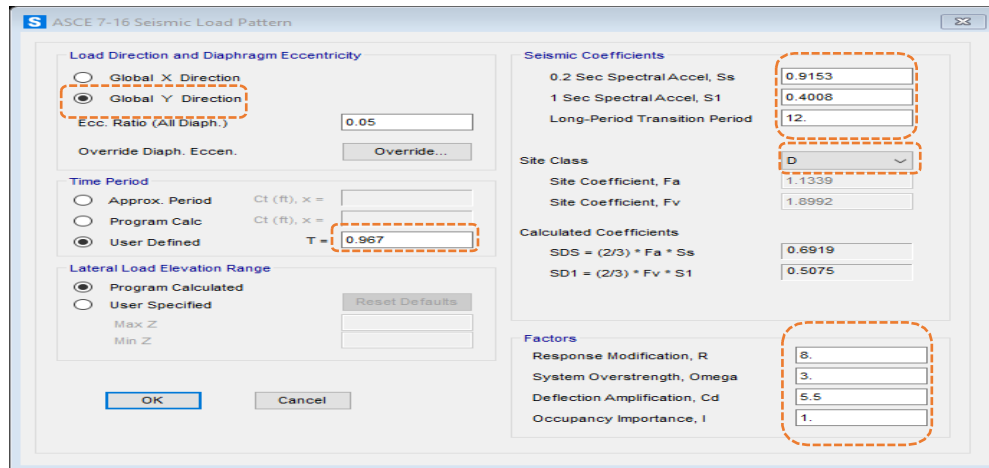
- 2) Pada bagian barisan SX pada kolom *Auto Lateral Load pattern* pilih *ASCE 7-16*. (dipilih ASCE 7-16 ini karena parameter-parameternya juga sama dengan SNI 1726-2019. tinggal disesuaikan dengan zona peta gempa indonesia).
- 3) Klik *Modify Load Patern*. selanjutnya, klik *Modify Lateral Load Patern*. isikan parameter gempa seperti pada gambar berikut.



Gambar.2.29. Input gempa static ekuivalen arah x-x



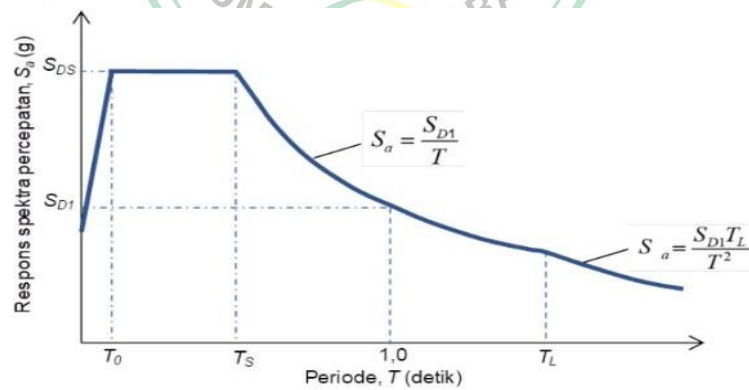
Ulangi dengan cara yang sama pada gempa statik arah y-y, seperti pada gambar diatas.



Gambar.2.30. Input gempa static ekuivalen arah y-y

### b. Gempa Dinamik Respon Spectrum

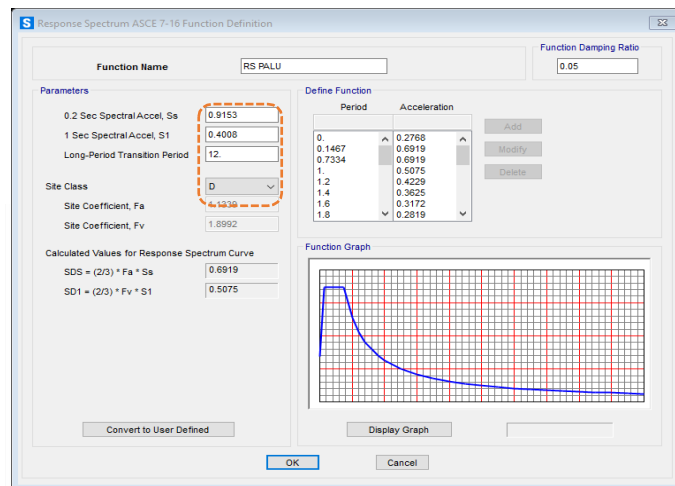
Respon spektrum adalah suatu spectrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T versus respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. respon-respon maksimum dapat berupa simpangan maksimum (*Spectral Displacement, SD*), kecepatan maksimum (*Spectral Velocity, SV*) atau percepatan maksimum (*Spectral Acceleration, SA*) dari massa struktur single degree of freedom (SDOF).



Gambar.2.31. Grafik respon spectrum SNI 1726 : 2019

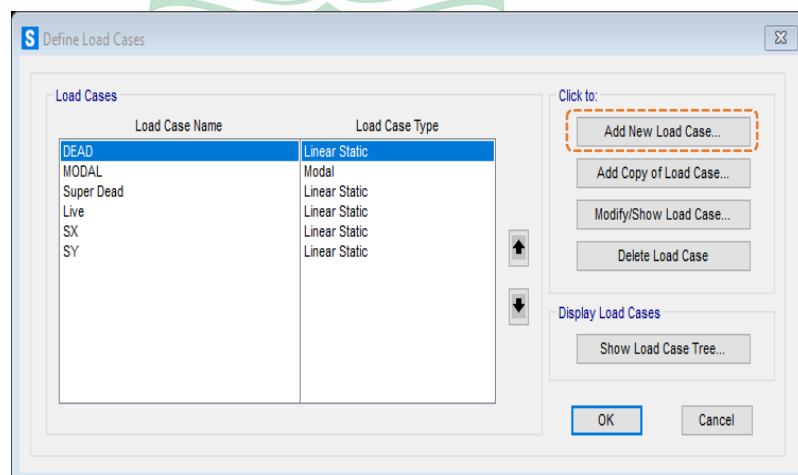
Langkah input beban gempa dinamik spektrum dapat dilakukan dengan cara:

- 1) Pilih pada menu *Define - Functions - Response Spectrum*. Pada *Option Chose Function Type to Add* pilih *ASCE 7-16*. maka akan muncul kotak dialog *Response Spectrum ASCE 7-16 Function Defenition* dan isikan seperti pada Gambar 2.31. dengan parameter-parameter diambil dari gambar input gempa statik ekivalen arah x-x.



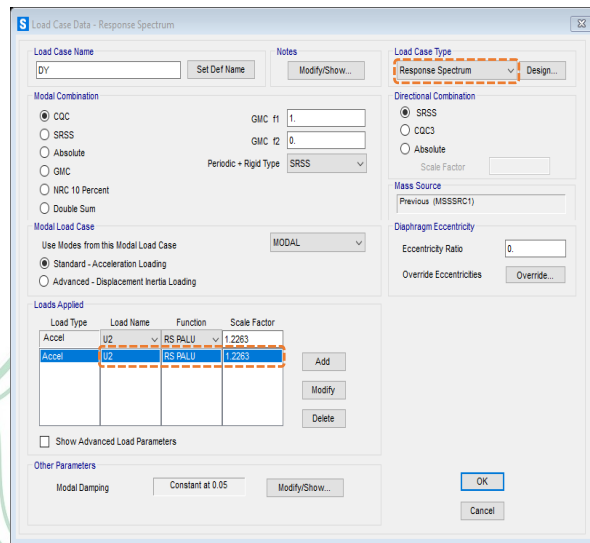
Gambar.2.32. *Input* parameter respon spektrum

- 2) Lalu input faktor pengali respon spektrum dengan cara pilih pada menu *Define - Load Case - Respons Spectrum*. maka akan muncul kotak dialog *Define Load Cases* seperti pada gambar berikut.



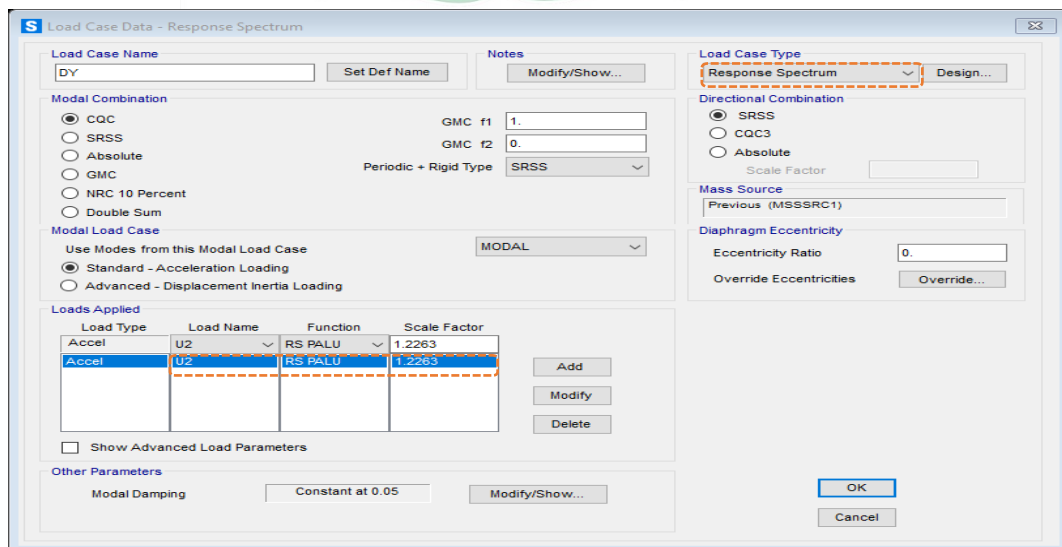
Gambar.2.33. *Define Load Case*

- 3) Pada *option Click to Plih Add New Load Case* maka akan muncul kotak dialog *LoadCase Data*. Pada *Option Load Case Type* pilih *Response Spectrum* dan isikan *Load Case Name* dengan DX.
- 4) Pada *Option* kolom *Load Name* pilih U1 dan pada *Option Function* pilih RS Palu (sesuai yang telah didefinisikan sebelumnya) lalu pada *Option Scale Factor* isikan 1.2263. (Penentuan *Scale Factor* berdasarkan SNI 1726 : 2019 yaitu menggunakan formula  $= g \times I / R = 9.81 \times I / 8 = 1,2263$ . Dimana  $g$  = gravitasi bumi,  $I$  = faktor keutamaan gedung dan  $R$  = faktor reduksi gempa).



Gambar.2.34. Respon *spectrum case* arah - x

- 5). Ulangi pada gempa dinamik arah-Y (DY), tetapi pada pilihan *Load Name* pilih U2 seperti pada gambar berikutnya.

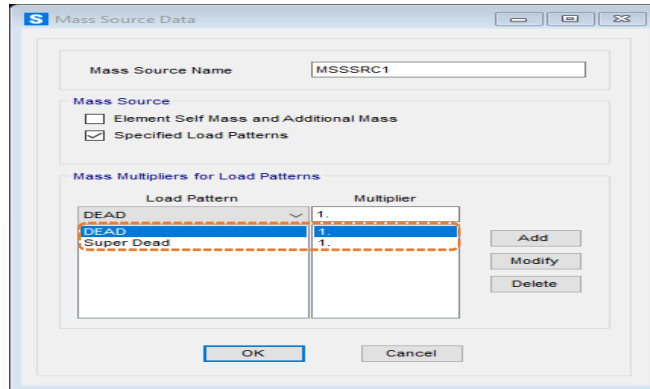


Gambar.2.35. Respon *spectrum case* arah - y

### c. Penentuan Massa Struktur

Langkah yang tidak kalah penting adalah definisi massa struktur yang akan digunakan dalam analisis, karena bila tidak tepat maka gaya atau beban gempa yang dihasilkan juga bisa terlalu kecil atau terlalu besar

Cara mendefinisikan massa struktur *Define - Mass Source - Modify/Show Mass Source*. isikan parameter – parameter seperti pada gambar



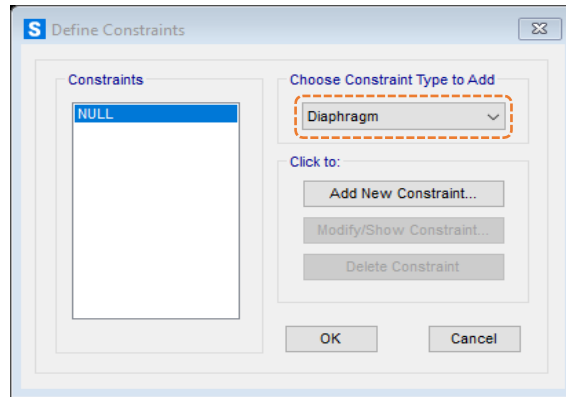
Gambar.2.36. Penentuan masa gedung

Note : Berdasarkan SNI 1726 2019 Pasal 8.8.1 untuk bangunan gedung perkantoran (selain bangunan gudang/tempat penyimpanan) faktor pengaruh beban hidup dapat diabaikan.

### 9. Menetapkan Lantai Tingkat Sebagai Diafragma

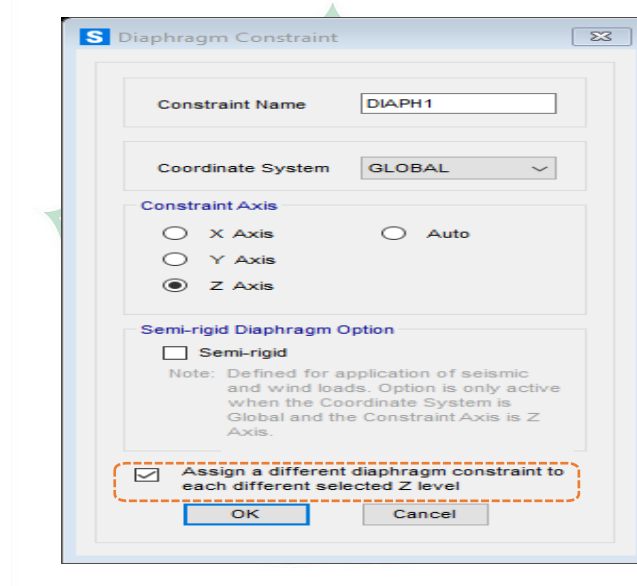
Pada SNI Gempa 03-1726-2019 disimpulkan bahwa, analisis struktur harus mempertimbangkan kekakuan relatif diafragma dan element vertikal sistem penahan gempa. dalam hal ini, pelat lantai dan atap beton dapat berfungsi sebagai diafragma yang dapat menyumbangkan kekakuan gedung ketika beban lateral bekerja.

Cara mengaplikasi lantai diafragma, pilih menu *Select – All*. selanjutnya pilih menu *Assign – Joint - Constraints*. maka akan tampil kotak dialog *Assign Joint Constraints* klik *Define Joint Constraint* maka akan tampil kotak dialog seperti pada gambar.



Gambar.2.37. Deefine Constraints

Pada *Option Choose Constraint Type to Add* pilih diaphragm dan klik *Add New Constraint*. maka akan muncul kotak dialog *Diaphragm Constrain*. isikan parameter seperti pada gambar berikut.



Gambar.2.38. Input Joint Constraints

## 10. Mengaplikasikan Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 2847 : 2019 pasal 5.3.1, kombinasi pembebanan terfaktor, yaitu sebagai berikut:

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

6.  $0,9D + 1,0W$

7.  $0,9D + 1,0E$

Untuk nomor 5 dan 7 dengan beban gempa diatur oleh SNI 1726 : 2019 pasal 7.4, factor dan kombinasi beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal dan beban gempa nominal, yaitu sebagai berikut:

8.  $(1,2 + 0,2 Sds) DL + 1,0LL \pm 1,0 \rho EX \pm 0,3 \rho EY$

9.  $(1,2 + 0,2 Sds) DL + 1,0LL \pm 0,3 \rho EX \pm 1,0 \rho EY$

10.  $(0,9 - 0,2 Sds) DL + 1,0LL \pm 1,0 \rho EX \pm 0,3 \rho EY$

11.  $(0,9 - 0,2 Sds) DL + 1,0LL \pm 0,3 \rho EX \pm 1,0 \rho EY$

Keterangan:

DL = beban mati, termasuk

SDLLL = beban hidup

R = beban hujan

W = beban angin

Ex = beban gempa arah - x

Ey = beban gempa arah -

$\rho$  = faktor redundansi

Sds = parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek

Berikut ini adalah kombinasi pembebanan yang akan digunakan untuk analisis struktur:  $Sds(g) = 0,6919$  (Palu, Tanah Sedang)

$\rho = 1,0$  (dapat digunakan **1,0** jika memenuhi syarat SNI 1726:2019 Pasal 7.3.4.2)

1. Comb. 1 =  $1,4 DL + 1,4 SDL$

2. Comb. 2 =  $1,2 DL + 1,2 SDL + 1,6 LL$

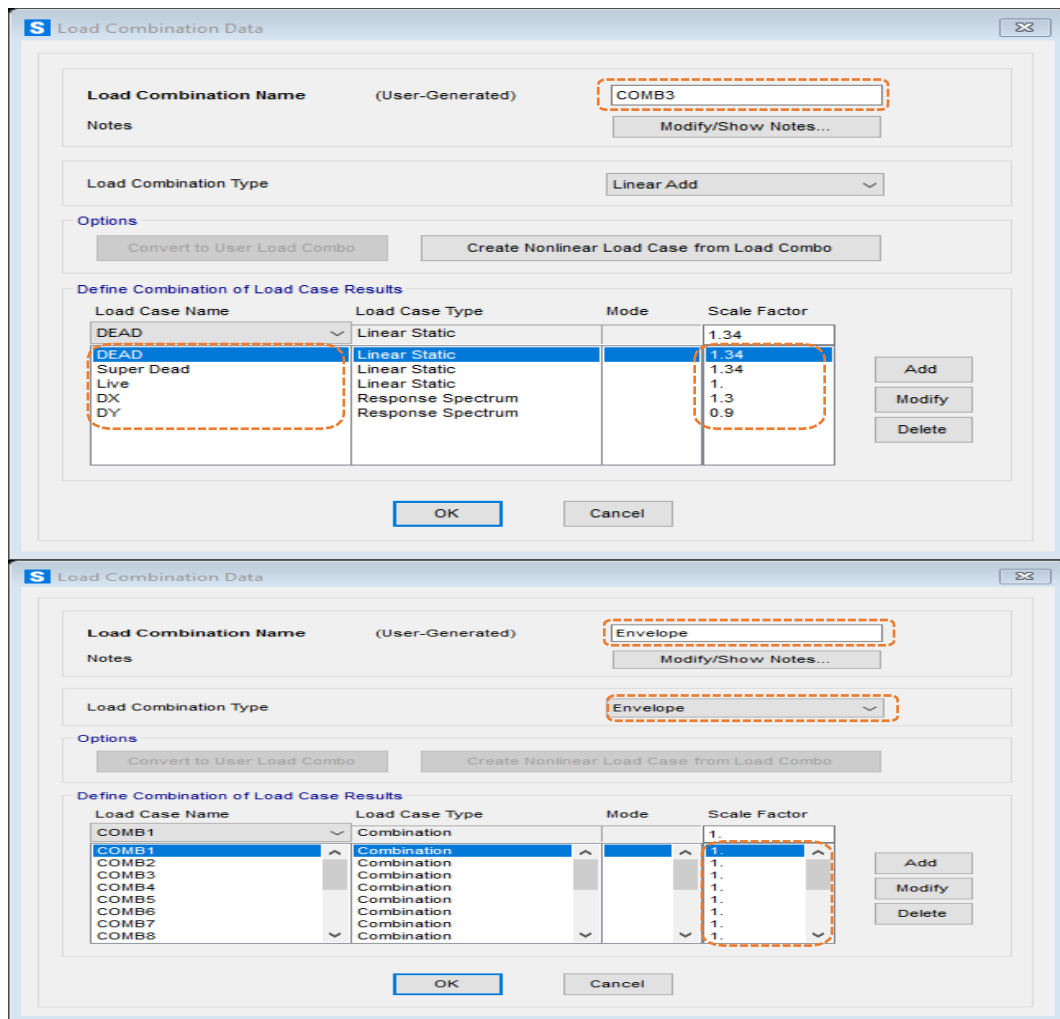
3. Comb. 3 =  $1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL + 1,0 Ex + 0,3 Ey$

4. Comb. 4 =  $1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL + 1,0 Ex - 0,3 Ey$

5. Comb. 5 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL – 1,0 Ex + 0,3 Ey
6. Comb. 6 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL – 1,0 Ex – 0,3 Ey
7. Comb. 7 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL + 1,0 Ey + 0,3 Ex
8. Comb. 8 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL + 1,0 Ey – 0,3 Ex
9. Comb. 9 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL – 1,0 Ey + 0,3 Ex
10. Comb. 10 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL – 1,0 Ey – 0,3 Ex
11. Comb. 11 = 0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ex + 0,3 Ey
12. Comb. 12 = 0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ex – 0,3 Ey
13. Comb. 13 = 0,76 DL + 0,76 SDL – 1,0 Ex + 0,3 Ey
14. Comb. 14 = 0,76 DL + 0,76 SDL – 1,0 Ex – 0,3 Ey
15. Comb. 15 = 0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ey + 0,3 Ex
16. Comb. 16 = 0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ey – 0,3 Ex
17. Comb. 17 = 0,76 DL + 0,76 SDL – 1,0 Ey + 0,3 Ex
18. Comb. 18 = 0,76 DL + 0,76 SDL – 1,0 Ey – 0,3 Ex
19. Gravitasi = 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,0 LL

20. Envelope

21. Cara input kombinasi pembebanan tersebut dengan cara *Define – Load Combination – Add New Combo*. Pilih *Add New Combo* input sesuai pada gambar berikut.



Gambar.2.39. Input beban kombinasi (comb.3) dan *Envelope*

Untuk kombinasi 1,2, 4 s/d18 dan gravitasi dapat diinput dengan cara yang sama. *Note* : dalam contoh ini, kombinasi beban gempa yang digunakan yaitu metode dinamik respons spektrum, metode statik ekuivalen hanya digunakan sebagai pengontrol gaya geser dasar gempa yang akan dihitung lebih lanjut.

## 11. Pengecekan Perilaku Struktur

Setelah pemodelan struktur dan pembebanan selesai digunakan, maka struktur perlu dicek terhadap standar dan persyaratan yang berlaku sebagai berikut.



**a. Pemeriksaan Jumlah Ragam**

Pada SNI 1726 : 2019 Pasal 7.9.1.1 disebutkan bahwa analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model.

Besarnya partisipasi massa tersebut dapat diketahui dengan *Run – Display – Show Table* – maka akan muncul kotak dialog *Choose Tables for Display* pada *Option Analysis Result* pilih *Structure Output – Modal Information – Table : Modal Participating Mass Ratio*. lihat kolom *SumUX & SumUY* seperti pada gambar berikut.

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
MODAL	Mode	1	1.438237	0.34167	0.47933	8.661E-20	0.34167	0.47933	8.661E-20
MODAL	Mode	2	1.438237	0.47933	0.34167	0	0.821	0.821	8.729E-20
MODAL	Mode	3	1.302775	0	0	0	0.821	0.821	9.303E-20
MODAL	Mode	4	0.4586	0.10552	0.00048	4.567E-16	0.92653	0.82149	4.568E-16
MODAL	Mode	5	0.4586	0.00048	0.10552	2.563E-18	0.92701	0.92701	4.594E-16
MODAL	Mode	6	0.416587	1.187E-20	0	0	0.92701	0.92701	4.594E-16
MODAL	Mode	7	0.258006	0.02303	0.02033	7.538E-17	0.95004	0.94734	5.348E-16
MODAL	Mode	8	0.258006	0.02303	0.02303	4.971E-15	0.97038	0.97038	5.506E-15
MODAL	Mode	9	0.238181	1.04E-18	8.304E-17	5.986E-16	0.97038	0.97038	6.105E-15
MODAL	Mode	10	0.173589	0.00313	0.01896	2.182E-18	0.9735	0.98933	6.107E-15
MODAL	Mode	11	0.173589	0.01896	0.00313	2.768E-19	0.99246	0.99246	6.107E-15
MODAL	Mode	12	0.164716	2.913E-20	1.099E-20	5.343E-18	0.99246	0.99246	6.112E-15

Gambar.2.40. Jumlah massa *Ratios*

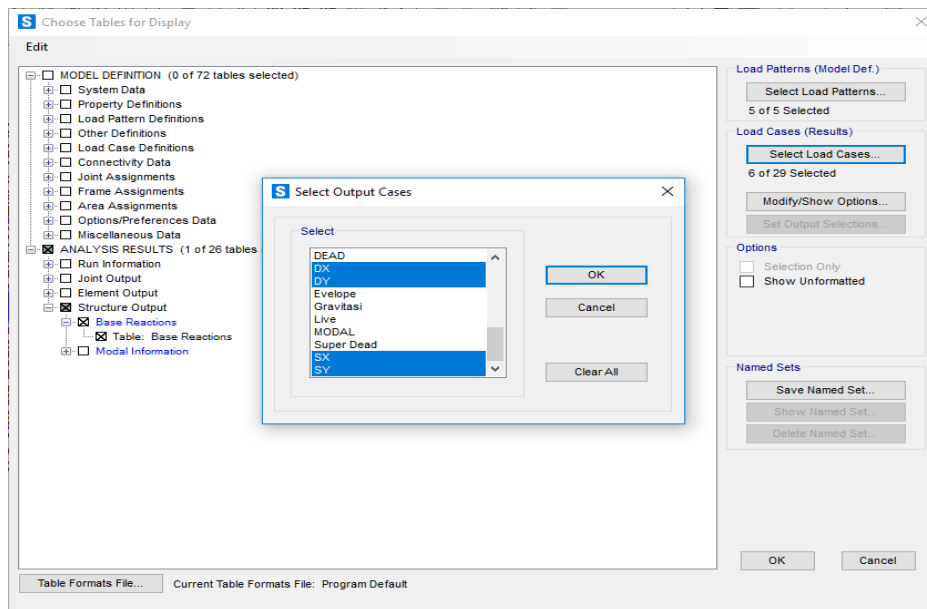
Berdasarkan output diatas Jumlah Partisipasi massa pada 12 Mode arah-x dan arah-y sebesar 99%. telah memenuhi syarat yaitu sebesar 90% atau 0.9

Note : Jika jumlah ragam yang sudah ditentukan dalam model belum memenuhi syarat, tambahkan jumlah ragam dengan cara klik *Unlock Model – Define – Load Cases*. Pada *Option Load Case Name* pilih *modal* dan pilih *Modify/Show Load Case*. maka akan muncul kotak dialog *Load Case Data – Modal*. tambahkan jumlah ragam pada *Option Maximum Number of Modes*.

**b. Perbandingan Geser Dasar  $V_{Statik}$  Vs  $V_{Dinamik}$**

Sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.9.4.1 mengenai skala gaya, peraturan ini mengisyaratkan bahwa gaya geser dasar dinamik harus lebih besar dari 100 % gaya geser statik. dirumuskan sebagai  $V_D > 100\% V_S$ . bila hal tersebut tidak memenuhi maka perlu diberikan skala gaya pada model struktur gedung.

Untuk memeriksa apakah ketentuan tersebut sudah memenuhi oleh struktur yang dimodelkan, klik *Run – Display – Show Table*. pada *Option Analysis Result* pilih *Structure Output – Base Reactions – Table : Base Reactions*. dan pada option *Load Cases (Results)* pilih *DX, DY, SX & SY*. seperti pada gambar berikut.



	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalIMX KN-m	GlobalIMY KN-m	GlobalIMZ KN-m
▶	SX	LinStatic		-673.474	-6.681E-10	-3.478E-12	7.141E-09	-9557.5571	5158.8065
	SY	LinStatic		-6.377E-10	-673.474	-2.871E-12	9557.5571	-6.663E-09	-5158.8065
	DX	LinRespSpec	Max	388.084	1.025E-05	0.0003426	0.0043	5095.0149	2910.6301
	DY	LinRespSpec	Max	7.781E-06	388.084	1.537E-05	5095.0149	0.001	2910.6301

Gambar2.41. Seleksi *Load Case* untuk perhitungan geser dan dasar

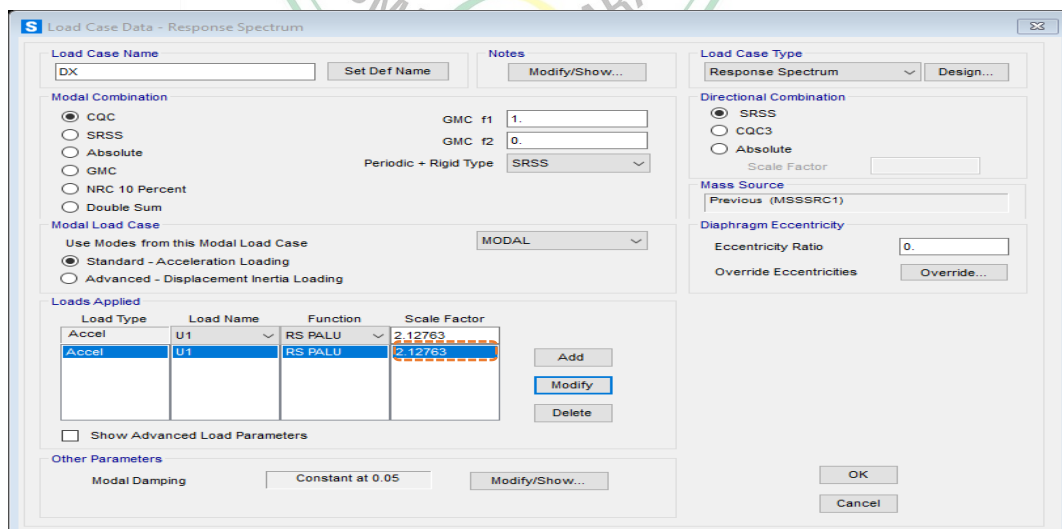
Tabel.2.1 Hasil penjumlahan geser dasar untuk masing masing gempa

<b>Geser Dasar</b>	<b>Dinamik (V<sub>D</sub>) ( kN )</b>	<b>Statik (V<sub>s</sub>) ( kN )</b>	<b>Faktor Skala V<sub>s</sub>/V<sub>D</sub></b>	<b>Kontrol VD &gt; 100% VS</b>
X - Direction	388.084	673.474	1.735	Tidak Memenuhi
Y - Direction	388.084	673.474	1.735	Tidak memenuhi

Keterangan :

Dari **Tabel 2.1** tersebut disimpulkan persyaratan gaya geser gempa dinamik belum terpenuhi (  $VD < VS$ ), maka besarnya VD harus dikalikan nilainya dengan faktor skala.

Nilai faktor skala gaya yang dikoreksi, diinput dengan cara klik *Unlock Model – Define – Load Cases*. Pada *Load Case Name* pilih *DX* kemudian klik *Modify/Show Load Cases*. Pada *Option Scale Factor* input dengan 2.21763 dan pilih *Modify* seperti pada Gambar. (nilai *Scale Factor* diinput menggunakan formula =  $(g \cdot I / R) \cdot FS$ ).

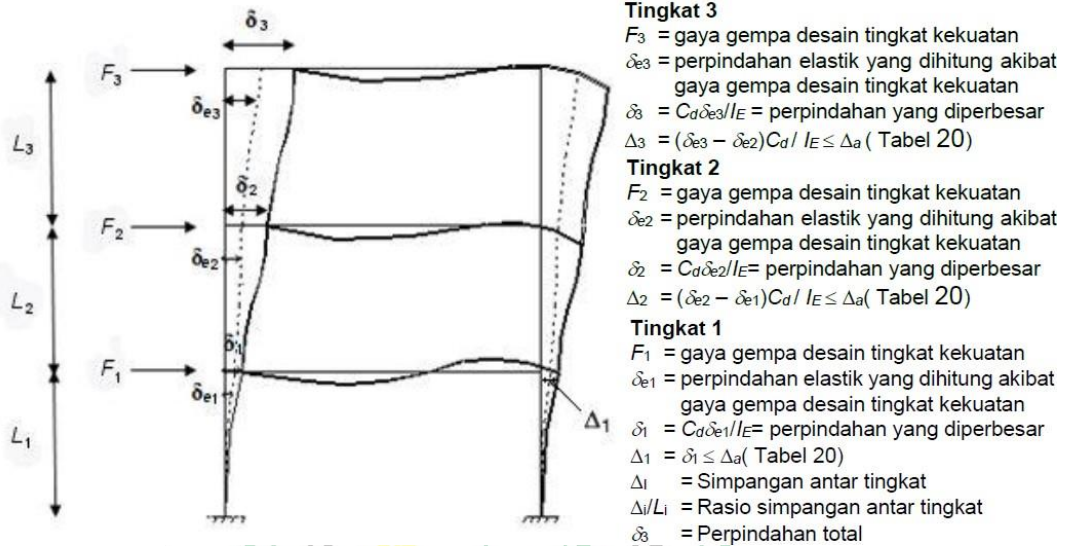


Gambar.2.42. Koreksi skala faktor gempa dinamik arah x

Ulangi dengan cara yang sama pada gempa dinamik arah y-y

### c. Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.6 penentuan simpangan antar lantai desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa ditingkat teratas dan terbawah yang ditinjau seperti pada gambar berikut.



Gambar.2.43. Penentuan simpangan antar lantai (sumber gambar 2.42. SNI 1726:2019)

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1. Simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin seperti didapatkan

Tabel.2.2. Simpangan antar tingkat izin (sumber tabel 2.2. SNI 1726:2019)

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 $h_{sx}$ <sup>c</sup>	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	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 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$

Untuk sistem rangka pemikul momen pada struktur yang didesain KDS D simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi  $\Delta_a / \rho$  untuk semua tingkat. maka simpangan antar lantai ditentukan persamaan berikut :

$$\Delta_x = \frac{\delta \delta x C d}{I} < \Delta_a \quad \longrightarrow \quad \Delta_a = \frac{0,025 h_x}{\rho}$$

Keterangan :

$\Delta_x$  = simpangan antar lantai

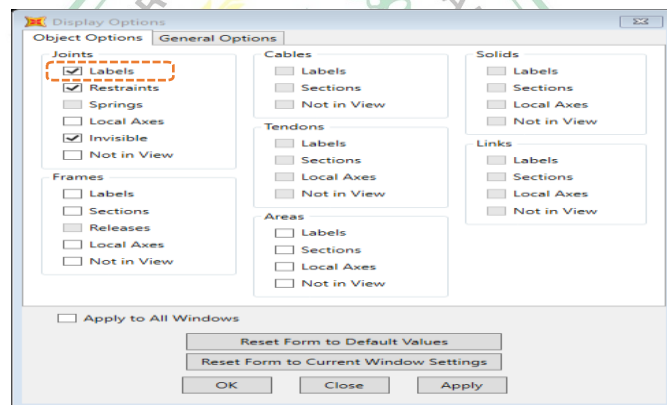
$\Delta_a$  = simpangan Ijin

$\delta$  = defleksi yang terjadi

$I$  = faktor keutamaan gempu

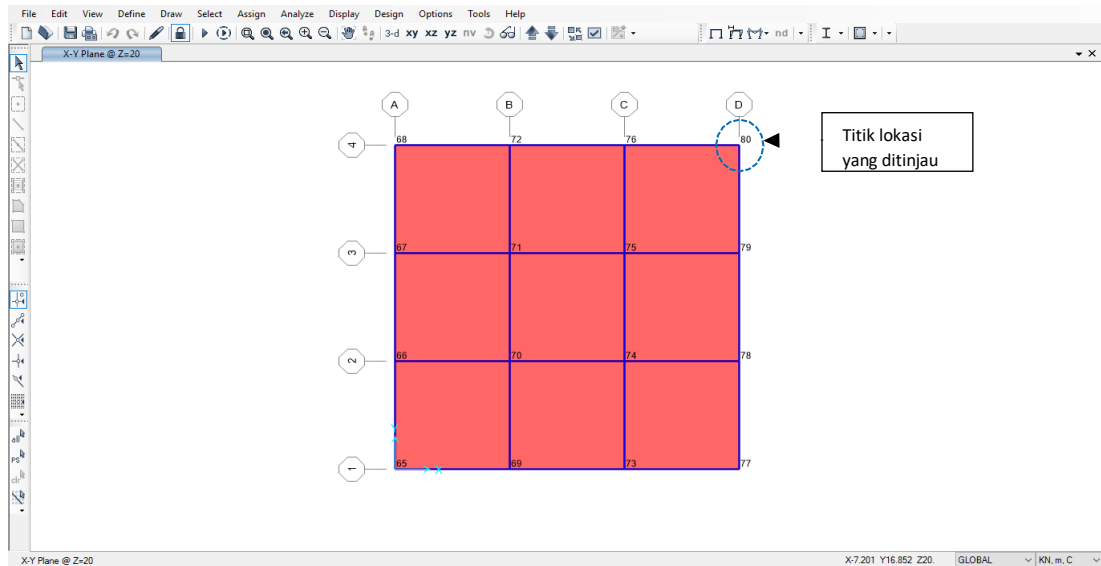
$Cd$  = Faktor pembesaran defleksi

Sebelum melihat defleksi yang terjadi, terlebih dahulu menampilkan nomor *joint* pada struktur, dengan cara pilih menu *View – Set Display Options* pada *Option Joints* pilih *Labels* seperti pada gambar berikut.



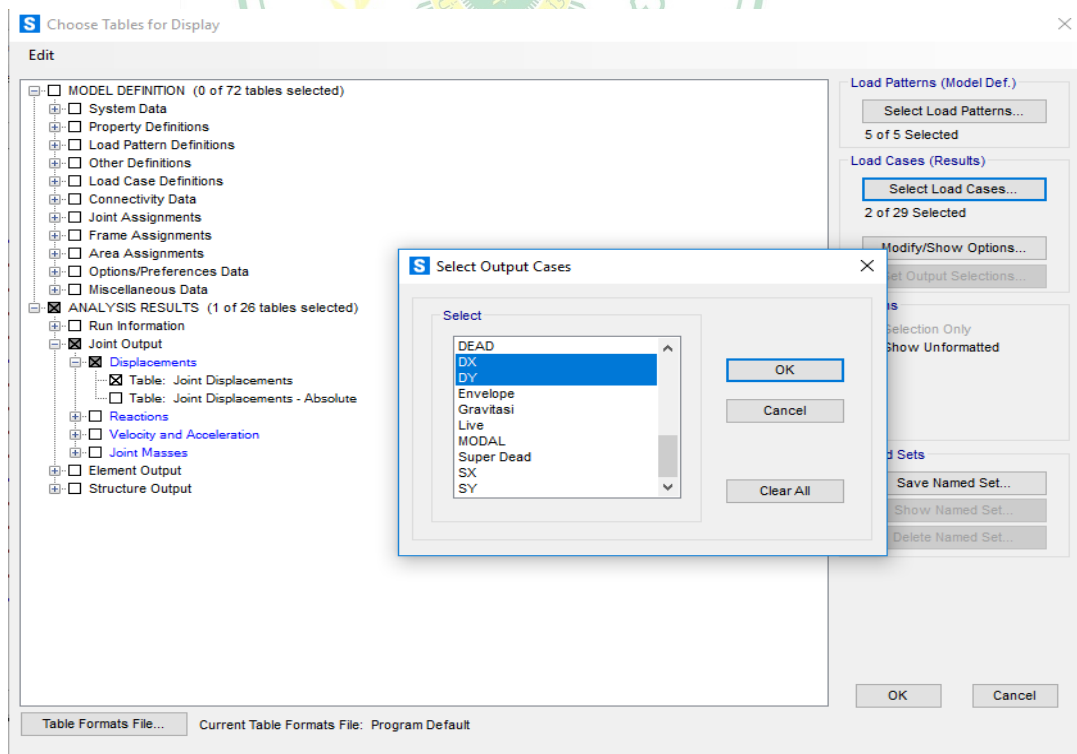
Gambar.2.44. *Set display Options*

Pada masing-masing lantai akan keluar *joint* seperti pada gambar dibawah. dan pilih joint yang akan ditinjau (pada contoh ini dipilih joint pada pojok kanan atas).



Gambar.2.45. Joint label pada atap (elevasi 20 m)

Untuk melihat defleksi yang terjadi, dengan terlebih dahulu mengganti satuan jarak menjadi mm. klik *Run* → *Display* – *Show Table* Pada option *Analysis Result* pilih *Joint Output* – *Displacements* – *Table : Joint Displacements*. dan pada option *LoadCases (Results)* pilih *DX & DY*. seperti pada gambar berikut.



Gambar.2.46. Pilihan untuk menampilkan defleksi

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
16	DX	LinRespSpec	Max	9.814025	1.092E-07	0.13303	1.9E-05	0.002354	2.866E-12
16	DY	LinRespSpec	Max	4.692E-08	9.814025	0.13303	0.002354	1.9E-05	2.826E-12
23	DX	LinRespSpec	Max	24.694472	3.046E-07	0.229469	1.6E-05	0.002471	1.376E-12
23	DY	LinRespSpec	Max	5.023E-08	24.694472	0.229469	0.002471	1.6E-05	2.202E-12
48	DX	LinRespSpec	Max	37.704846	3.098E-07	0.287429	1.1E-05	0.001991	2.984E-12
48	DY	LinRespSpec	Max	5.416E-08	37.704846	0.287429	0.001991	1.1E-05	3.358E-12
64	DX	LinRespSpec	Max	46.924943	3.569E-07	0.314482	4.9E-06	0.001342	2.069E-12
64	DY	LinRespSpec	Max	7.701E-08	46.924943	0.314482	0.001342	4.899E-06	1.318E-12
80	DX	LinRespSpec	Max	52.42229	7.322E-07	0.321601	5.064E-06	0.000982	2.77E-12
80	DY	LinRespSpec	Max	5.643E-07	52.42229	0.321601	0.000982	5.065E-06	4.444E-12

Gambar.2.47. Tabel Joint Displacement

Berikut contoh perhitungan simpangan di lantai atap arah-x :

$$\text{Joint 80 } \delta_2 = 52,4223 \text{ mm}$$

$$\text{Joint 64 } \delta_1 = 46,4249 \text{ mm}$$

$$\Delta_6 = \frac{(86-85) \times Cd}{1} < \Delta_a \quad \longrightarrow \quad \Delta_a = \frac{0,025 \times 4000}{1} = 100 \text{ mm}$$

$$\Delta_6 = \frac{(52,4223 - 46,4249) \times 5,5}{1} < 100 \text{ mm}$$

$$= 30,3303 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \longrightarrow \text{OK (memenuhi syarat)}$$

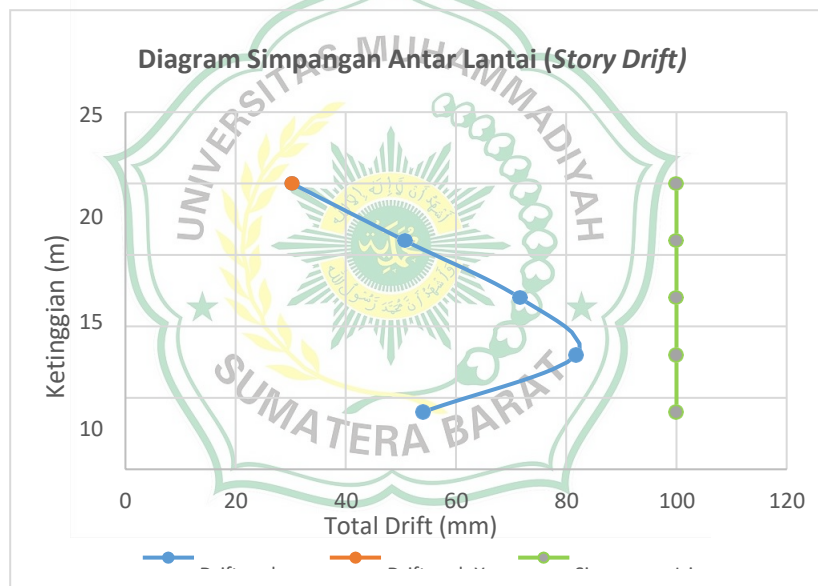
Tabel.2.3. Simpangan lantai arah – x ( $\Delta_x$ )

Lantai	Joint	Hsx	$\delta_x$	$\Delta_x$	$\Delta_a$ (ijin)	Keterangan
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	80	4000	52.4223	30.2354	100	Aman
5	64	4000	46.9249	50.7105	100	Aman
4	48	4000	37.7048	71.5571	100	Aman
3	23	4000	24.6945	81.8425	100	Aman
2	16	4000	9.8140	53.9771	100	Aman

Tabel.2.4. Simpangan lantai arah – y ( $\Delta_y$ )

Lantai	Joint	$H_{sx}$	$\delta_y$	$\Delta_y$	$\Delta_a$ (ijin)	Keterangan
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	80	4000	52.4223	30.2354	100	Aman
5	64	4000	46.9249	50.7105	100	Aman
4	48	4000	37.7048	71.5571	100	Aman
3	23	4000	24.6945	81.8425	100	Aman
2	16	4000	9.8140	53.9771	100	Aman

Berikut gambar diagram simpangan antar lantai (Story Drift)



Gambar2.48. Simpangan lantai (Story drift)

Note : Bila model struktur tidak memenuhi syarat, coba perbesar dimensi balok atau kolom di beberapa tempat.

Apabila semua pemeriksaan sudah terpenuhi maka komponen struktur (balok, kolom, dan pelat) dari model sudah siap dianalisis.



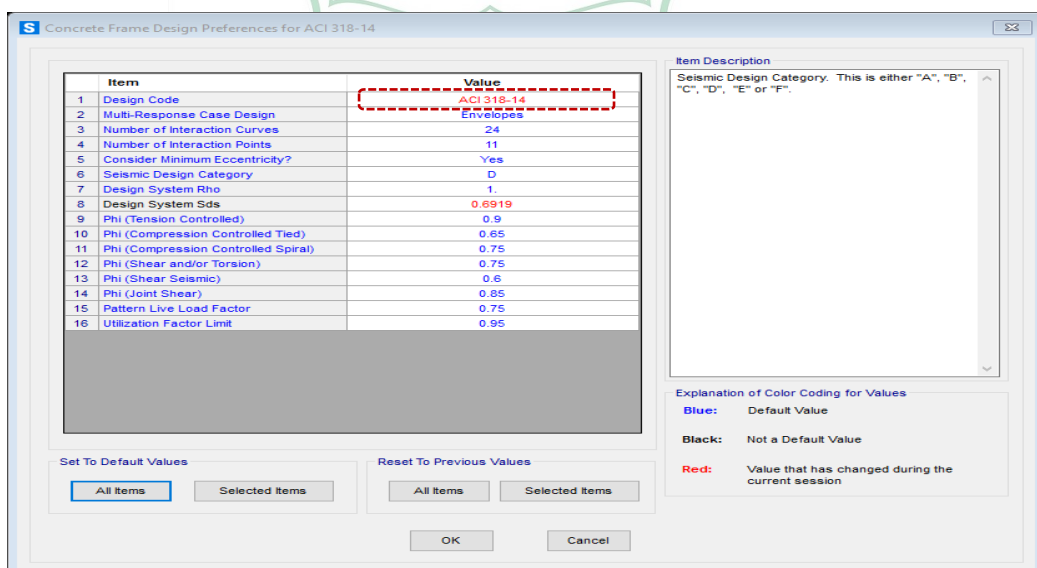
## 12. Desain Penulangan Element Struktural

### a. Peraturan yang Digunakan

Berdasarkan SNI 2847 : 2019 Pasal 9.3, kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen strukturr lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi daristandar yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan  $\phi$ .

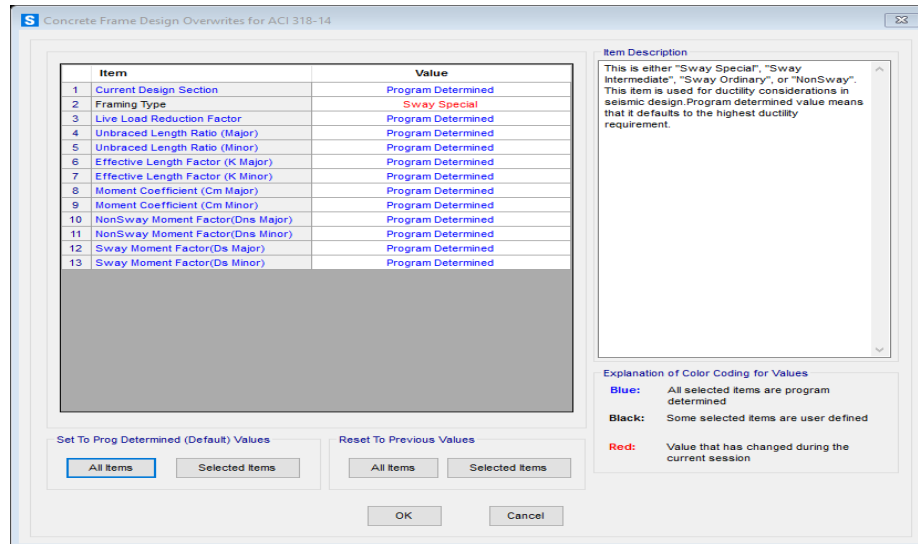
1. Design Code = ACI 318-14 (SNI Beton 2847 : 2019)
2. Seismic Design Category = D
3. Design System Sds = 0,6919 g
4. Phi (Tension Controlled) = 0,90
5. Phi (Compression Controlled Tied) = 0,65
6. Phi (Compression Controlled Spiral) = 0,75
7. Phi (Shear and/or Torsion) = 0,75
8. Phi (Shear Seismic) = 0,6
9. Phi (Joint Shear) = 0,85

Cara input nilai faktor reduksi kekuatan ini pada SAP2000 adalah klik menu *Design –Concrete frame view/revise preferences.*



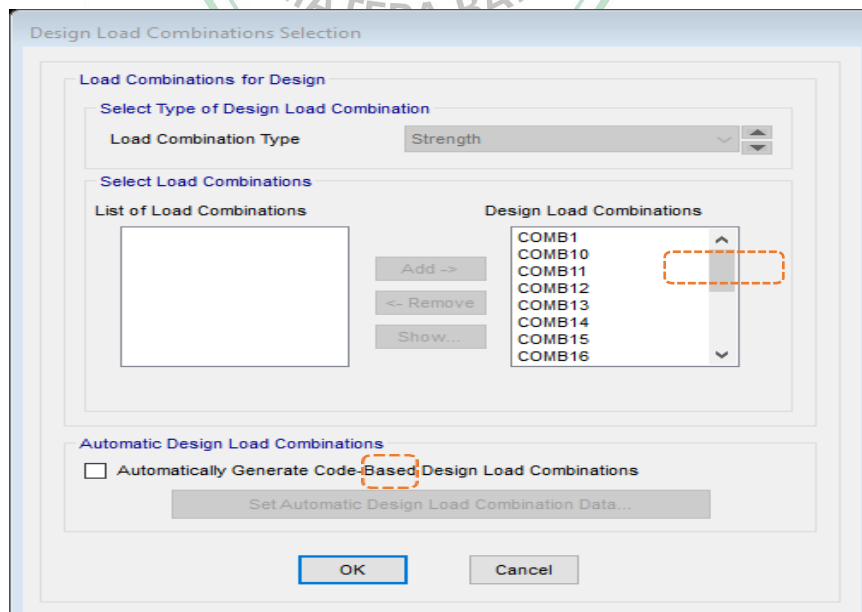
Gambar. 2.49. Penyesuaian faktor reduksi sesuai SNI beton 2847-2019

Pendefinisian sistem SRPMK pada SAP2000 dilakukan dengan cara *Select – Select – Properties – Frame Section* pilih elemen balok dan kolom kemudian *Design – Concrete Frame Design – Overwrites* pada option *Farming Type* pilih *Sway Special*.



Gambar.2.50. Pendefinisian SRPMK balok dan kolom

Tahap awal concrete frame design adalah masukan kombinasi masukan kombinasi design dengan cara klik menu *Design – Concrete Frame Design – Select Design Comb* pilih Comb 1 s/d comb 18 dan klik *Add*. Lalu *uncek* pada option *Automatically Generate Code* pada sesuai ditunjukan pada gambar berikut.



Gambar.2.51. Pilihan kombinasi desain

### 2.2.3 SAP (*Structural Analysis Program*)

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi global sekarang ini, maka secara otomatis tuntutan penggunaan teknologi tersebut mutlak diperlukan, berbagai dampak perkembangan teknologi adalah munculnya sebagai *Software Under Window*, baik pada bidang desain grafis maupun bidang rancang bangunan, adapun salah satu wujud teknologi pada bidang rancang bangunan sekarang adalah SAP (*Structural Analysis Program*) yang mana SAP ini adalah program yang berorientasi obyek (*Object Oriented Programing*).

Program SAP merupakan program yang berasal dari *Univercity of California at Barkeley*, USA sekitar tahun 1970, dari tahun ketahun SAP mengalami perkembangan yang cukup berarti, dari SAP yang *Under DOS* hingga sekarang sudah sampai ke SAP yang *Under Window*, maka untuk melayani keperluan komersial dari program SAP pada tahun dibentuklah perusahaan komputer yang diberi nama, *CSI (Computer and Structure, Inc)*.

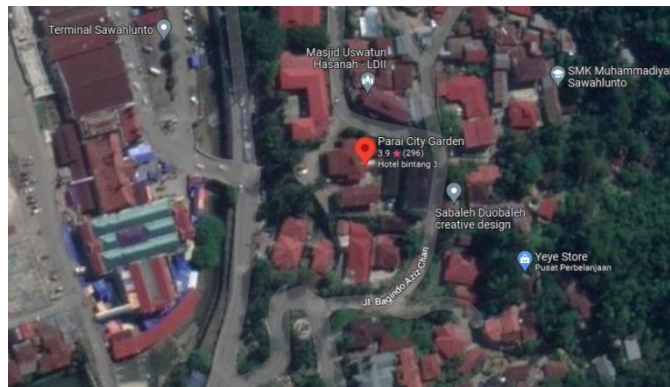
Program SAP2000 ini memiliki beberapa kelebihan, terutama dalam perancangan struktur baja dan beton, dalam perancangan struktur baja SAP2000 dapat merancang elemen struktur dengan menggunakan profil baja yang optimal an ekonomis, sehingga dalam penggunaannya tidak perlu menentukan elemen awal dengan profil pilihannya, tetapi cukup memberikan data profil dari database yang ada pada SAP2000, dan ini hanya berlaku untuk perancangan struktur baja, sedangkan untuk perancangan struktur beton kita tetap harus menentukan elemen awal sebagai asumsi awal perancangan yang kemudian nanti diperoleh luas tulangan keseluruhannya.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penulis melakukan penelitian yang di laksanakan pada gedung hotel parai kota kawahlunto.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian. Sumber : Google Earth (2023)

#### 3.2 Data Penelitian

##### 3.2.1 Data Umum Proyek

Untuk proyek pembangunan gedung hotel parai kota sawahlunto dengan data sebagai berikut:

Nama Proyek : Pembangunan dan peningkatan sarana dan prasarana aparaturn pemerintah dan perencanaan teknis 2010.

Lokasi Proyek : Jl. Bagindo aziz chan, kec. lembah segar, kota sawahlunto.

Nama Pekerjaan : Pembangunan hotel dibelakang wisma 1.

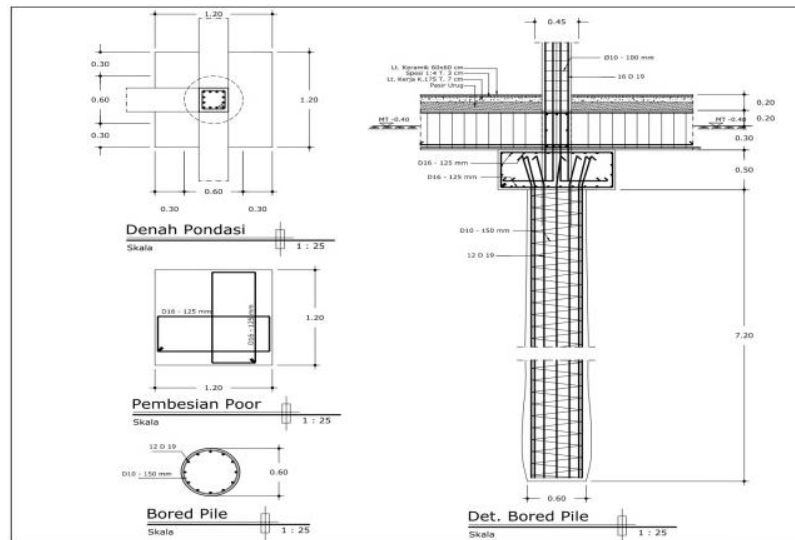
Perencana : Bidang bina program dan teknis dinas pekerjaan umum – kota sawahlunto, Jalan simpang, kolok mudik nomor 1, kecamatan barangin kota sawahlunto.

Program : perencanaan teknis dan penyusun dokumen perencanaan

### 3.2.2 Data Teknis Proyek

#### 1. Pondasi

Pondasi yang dipakai adalah pondasi bore pile, pondasi bore pile adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan pengeboran tanah terlebih dahulu. Dengan kedalaman pondasi 7,20 meter.



Gambar 3.2 Pondasi konstruksi *bore pile*.

Sumber: Gambar Recana (2010)

#### 2. Kolom

Kolom yang digunakan terdiri atas 4 tipe dengan jenis yang digunakan sebagai berikut:

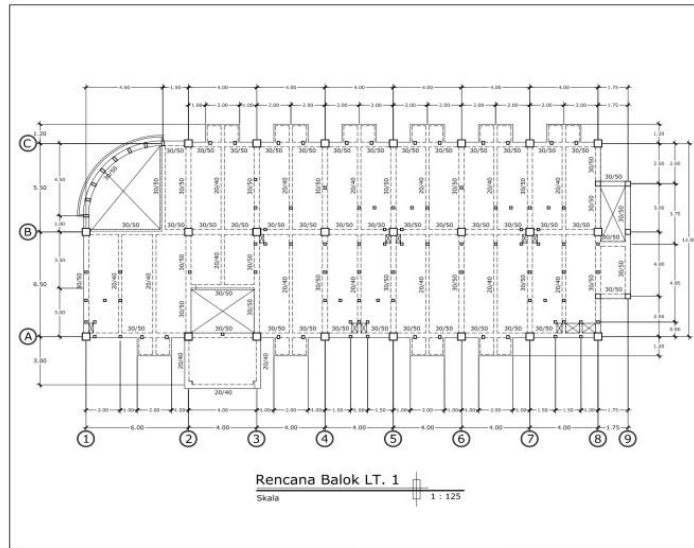
Tabel 3.1 kolom

SIMBOL	KETERANGAN
■	KOLOM 45X45 CM
■	KOLOM 30X30 CM
■	KOLOM 15X30 CM
■	KOLOM 15X20 CM
■	KOLOM 15X15 XM

Sumber: Data Proyek (2010)

### 3. Balok

Balok yang digunakan terdiri atas 4 tipe dengan jenis yang digunakan sebagai berikut:

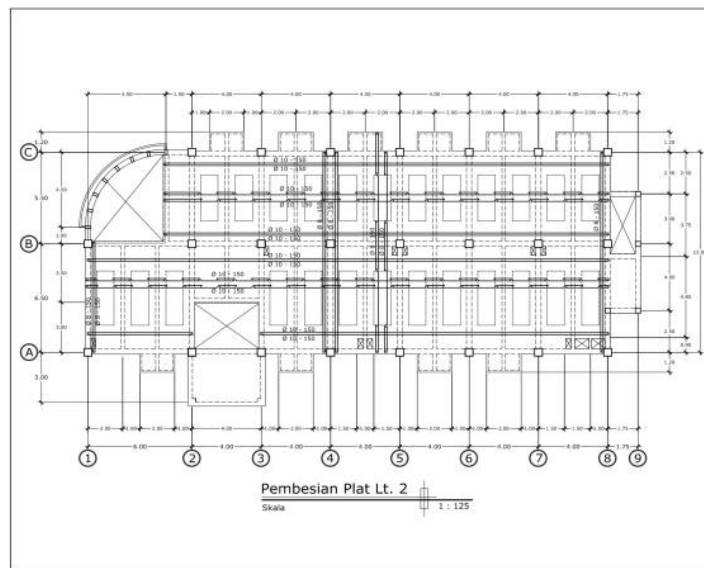


Gambar 3.3 dimensi balok.

Sumber: Data Proyek (2010)

### 4. Pelat Lantai

Pelat lantai merupakan salah satu bagian struktur pada gedung dan salah satu struktur bangunan dengan bidang yang terbilang tipis:

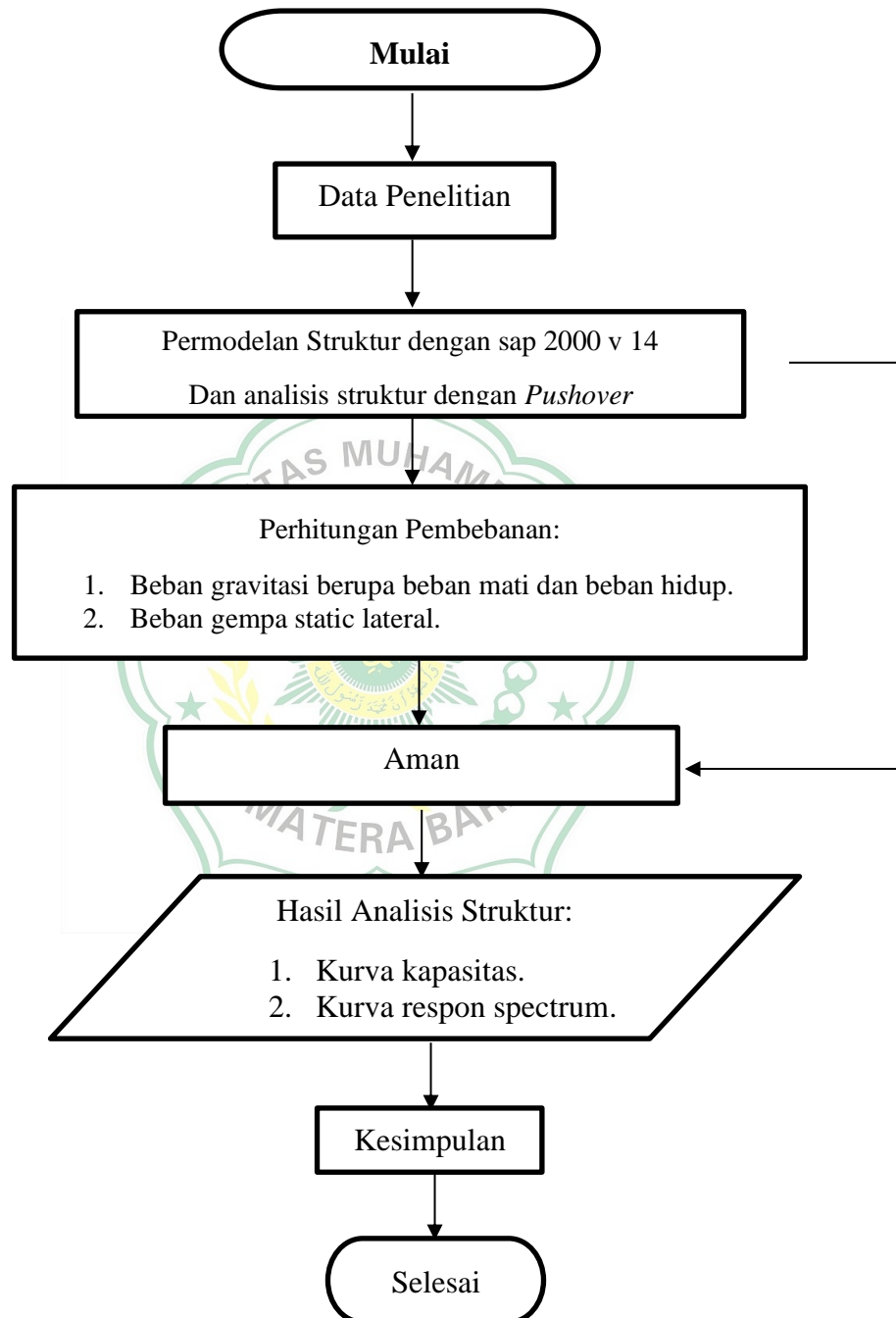


Gambar 3.4 detail pelat lantai

Sumber: Data Proyek (2010)

### 3.3 Bagan Alir Penelitian

Proses analisis yang dilakukan, penulis buat dalam bentuk bagan alir seperti di bawah ini.



**BAB IV**  
**ANALISA DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Preliminary Desain**

a. Kolom dan Balok

No	Input Data	Simbol	Panjang	Satuan
1	Balok 20/30	L1	4000	mm
		L2	4000	mm
		L3	4000	mm
2	Balok 30/50	L1	4000	mm
		L2	4000	mm
		L3	4000	mm
3	Kolom 45/45	H1	3200	mm
		H2	3200	mm
		H3	3200	mm
4	Mutu Beton	K	250	Kg/cm <sup>2</sup>
		K	250	Kg/cm <sup>2</sup>
5	Mutu baja	Fy	240	Mpa
			400	Mpa

**4.2 Menggambar Model Struktur**

Permodelan 3D menggunakan SAP 2000 Versi 14 dikerjakan dengan data sekunder dan *shop drawing* hotel parai kota sawahlunto. langkah awal permodelan adalah dengan mendefenisikan jenis penampang pada data tersebut.



### 4.3 Merencanakan Material Struktur

Untuk melakukan perencanaan material struktur, maka klik *Define-materials*, klik *add new material* maka pilih material *type* pilih *Concrete/Rebar*, maka mulailah untuk menginput data sesuai gambar yang ada.

Material Property Data	
<b>General Data</b>	
Material Name and Display Color	BETON BALOK 19.5 MPA
Material Type	Concrete
Material Notes	Modify/Show Notes...
<b>Weight and Mass</b>	
Weight per Unit Volume	24
Mass per Unit Volume	2.4473
<b>Units</b>	
	KN, m, C
<b>Isotropic Property Data</b>	
Modulus of Elasticity, E	20754.63803587
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	9.900E-06
Shear Modulus, G	8647.7658
<b>Other Properties for Concrete Materials</b>	
Specified Concrete Compressive Strength, f'c	19500.
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Shear Strength Reduction Factor	
<input type="checkbox"/> Switch To Advanced Property Display	
OK Cancel	

Gambar 4.1. . Menginput material beton balok.

Material Property Data

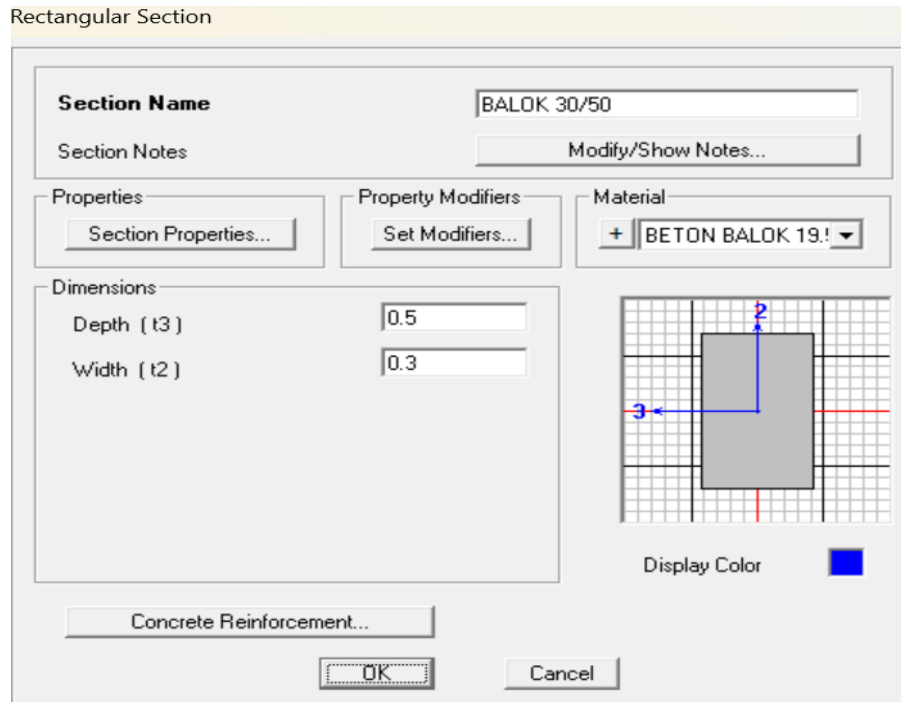
General Data	
Material Name and Display Color	BETON KOLOM 19.7 MPA <span style="color: red;">■</span>
Material Type	Concrete
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	24
Mass per Unit Volume	2.4473
Units	
KN, m, C	
Isotropic Property Data	
Modulus of Elasticity, E	20860801
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	9.900E-06
Shear Modulus, G	8692000.
Other Properties for Concrete Materials	
Specified Concrete Compressive Strength, f'c	19700.
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Shear Strength Reduction Factor	
<input type="checkbox"/> Switch To Advanced Property Display	
OK Cancel	

Gambar. 4.2. Menginput material beton kolom.

#### 4.4 Membuat Penampang Struktur

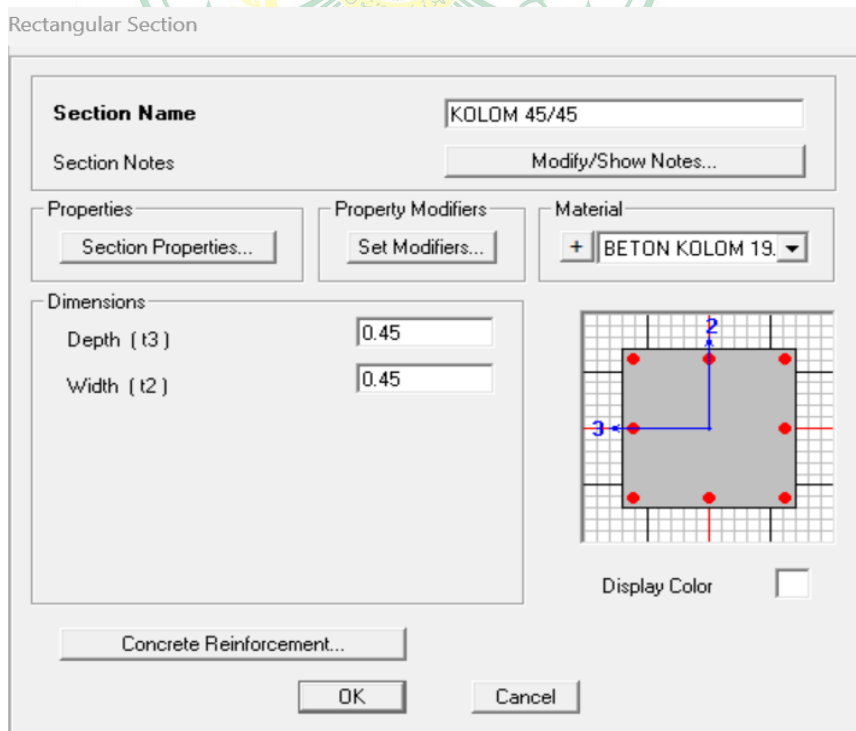
Merencanakan penampang struktur sesuai dengan spesifikasi teknis yang sudah di terapkan dilapangan, dan yang sudah diaplikaiskan pada gedung hotel tersebut. hal ini dilakukan karena presentase penampang efektif moment inersia pada beton < 100% berdasarkan SNI2847 : 2019 pasal 6.6.3.1.1. pada torsi juga direduksi sebesar 25% untuk menyeimbangkan nilai reduksi terhadap inersia elemen struktur.

#### 4.4.1 Balok



Gambar 4.3. Penampang struktur balok 30/50.

#### 4.4.2 Kolom



Gambar 4.4. Penampang struktur kolom 45/45.

### 4.4.3 Pelat Lantai

Shell Section Data

**Section Name** PELAT LANTAI  
Section Notes Modify/Show...  
Display Color

**Type**  
 Shell - Thin  
 Shell - Thick  
 Plate - Thin  
 Plate Thick  
 Membrane  
 Shell - Layered/Nonlinear  
Modify/Show Layer Definition...

**Material**  
Material Name + BETON KOLOM 19.7  
Material Angle 0

**Thickness**  
Membrane 0.14  
Bending 0.14

**Concrete Shell Section Design Parameters**  
Modify/Show Shell Design Parameters...

**Stiffness Modifiers** **Temp Dependent Properties**  
Set Modifiers... Thermal Properties...

OK Cancel

Gambar. 4.5. *Shell Section* data.

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Membrane f11 Modifier	0.25
Membrane f22 Modifier	0.25
Membrane f12 Modifier	0.25
Bending m11 Modifier	0.25
Bending m22 Modifier	0.25
Bending m12 Modifier	0.25
Shear v13 Modifier	1
Shear v23 Modifier	1
Mass Modifier	1
Weight Modifier	1

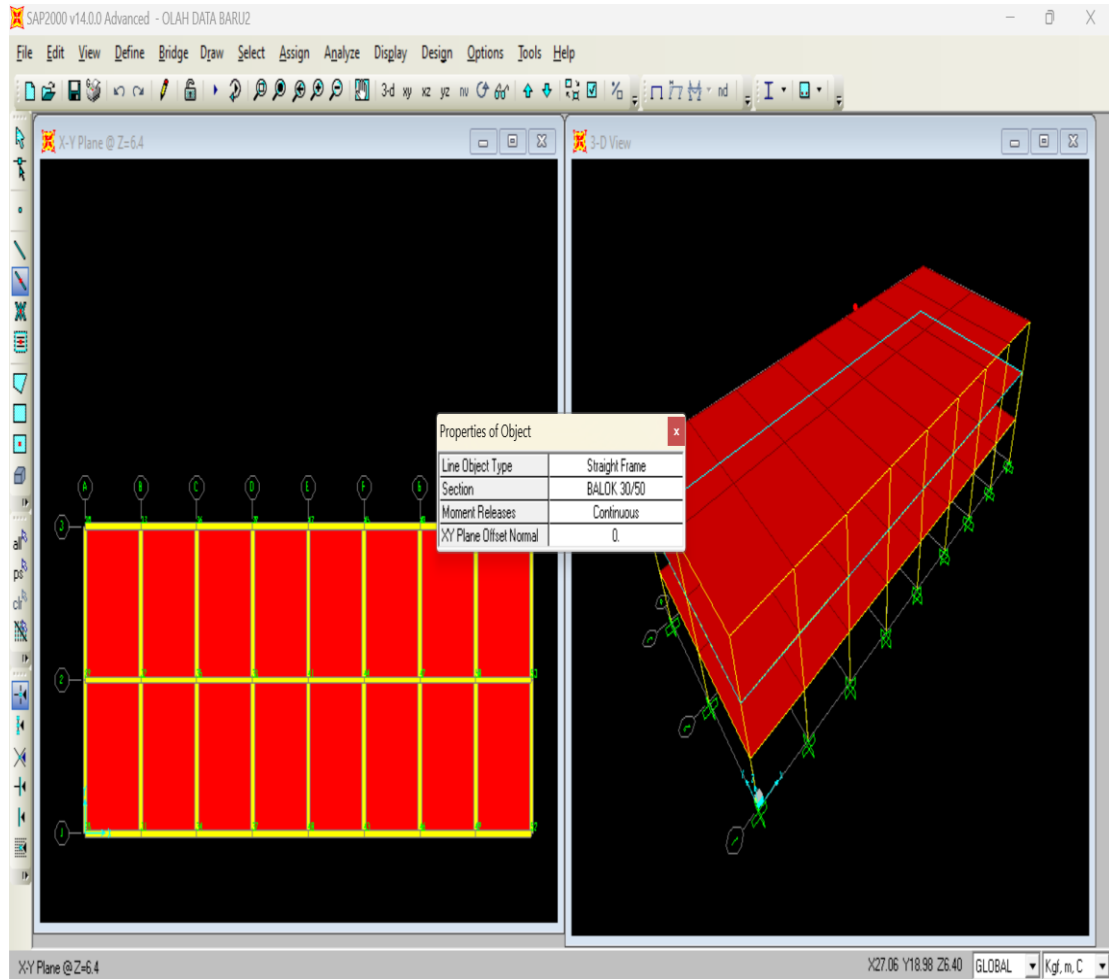
OK Cancel

Gambar.4.6. *Input Property/Stiffness modification* pelat.

## 4.5 Menggambar Model Elemen Struktur

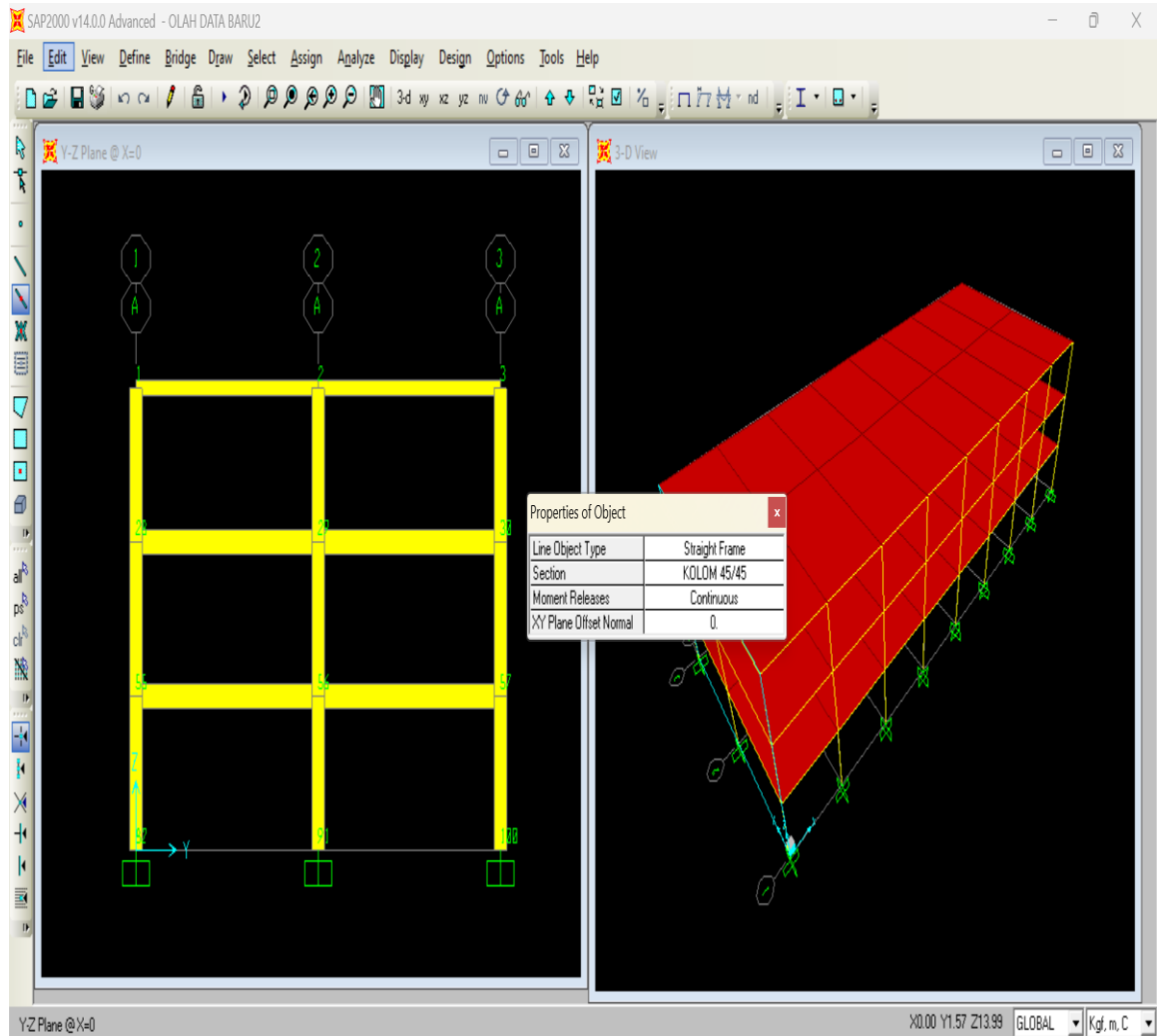
Permodelan struktur Gedung dilakukan dengan 3D dengan memodelkan semua struktur balok, pelat, kolom.

### 4.5.1 Menggambar elemen balok



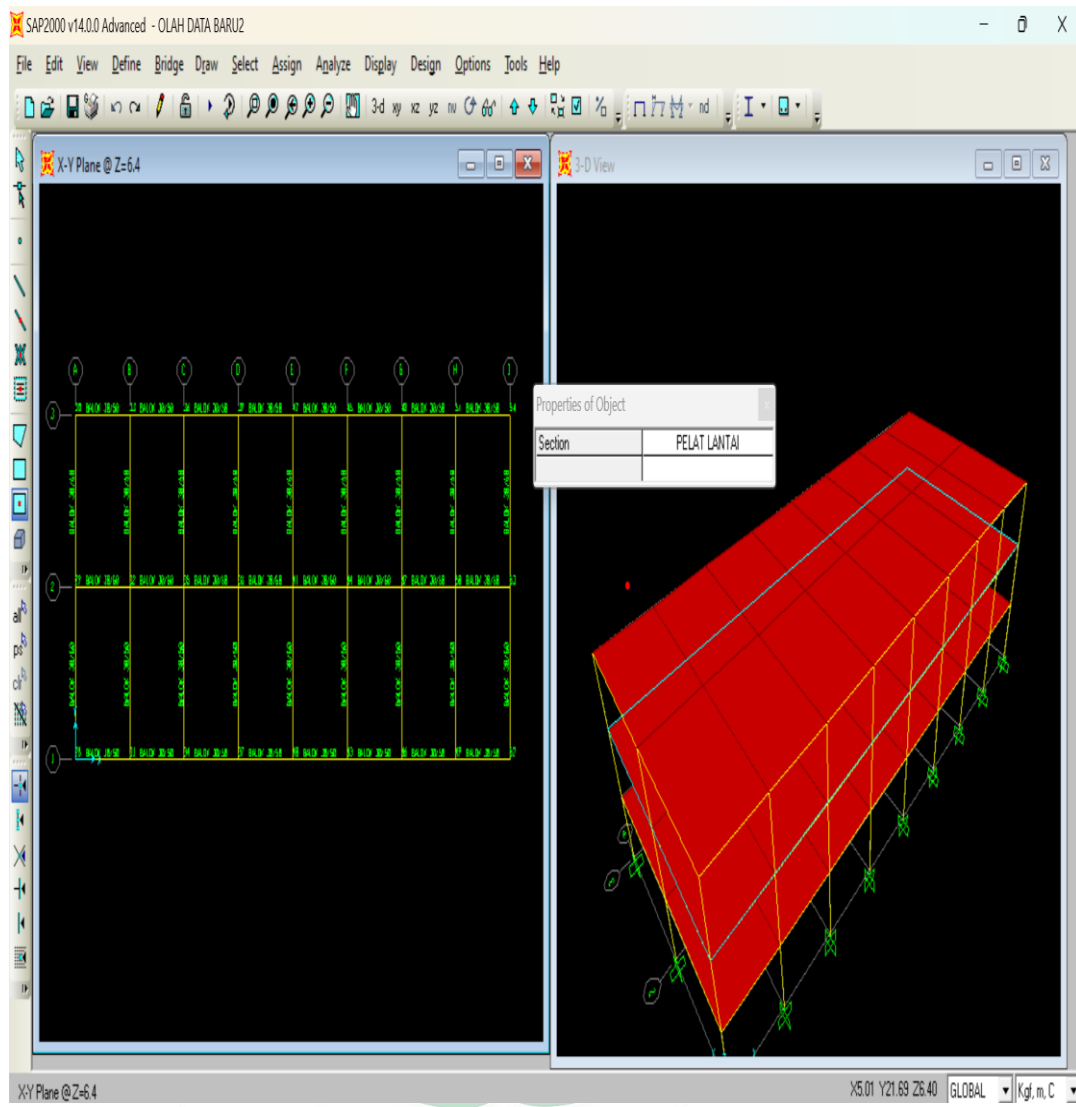
Gambar 4.7. Penggambaran struktur balok.

## 4.5.2 Menggambar elemen kolom



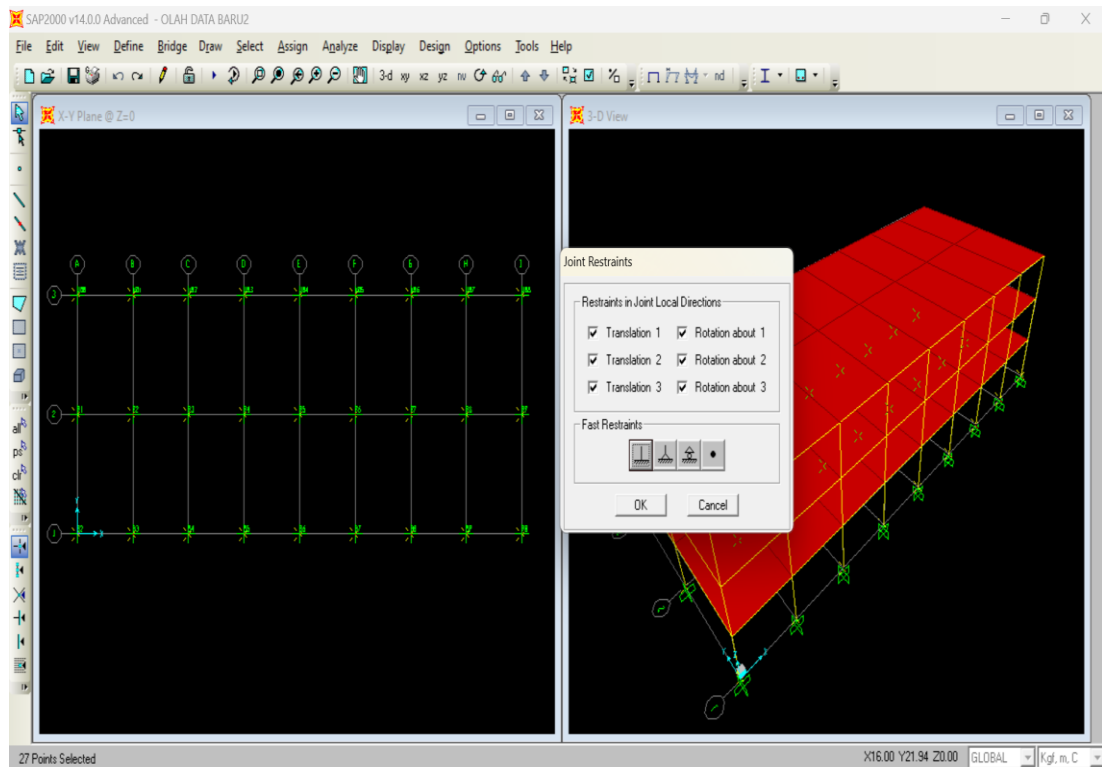
Gambar 4.8. Penggambaran struktur kolom.

### 4.5.3 Menggambar elemen pelat



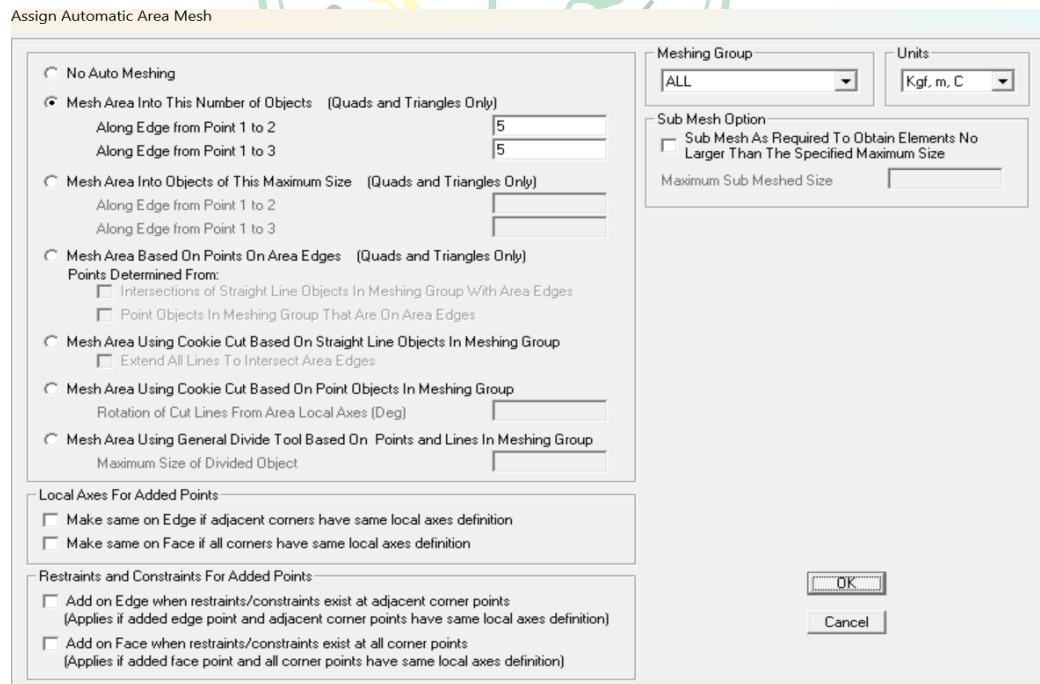
Gambar 4.9. Penggambaran struktur pelat.

## 4.6 Menetapkan Jenis Perletakan/Restraint



Gambar 4.10. Membuat Perletakan jepit pada pondasi.

## 4.7 Meshing Pada Pelat Lantai dan Atap



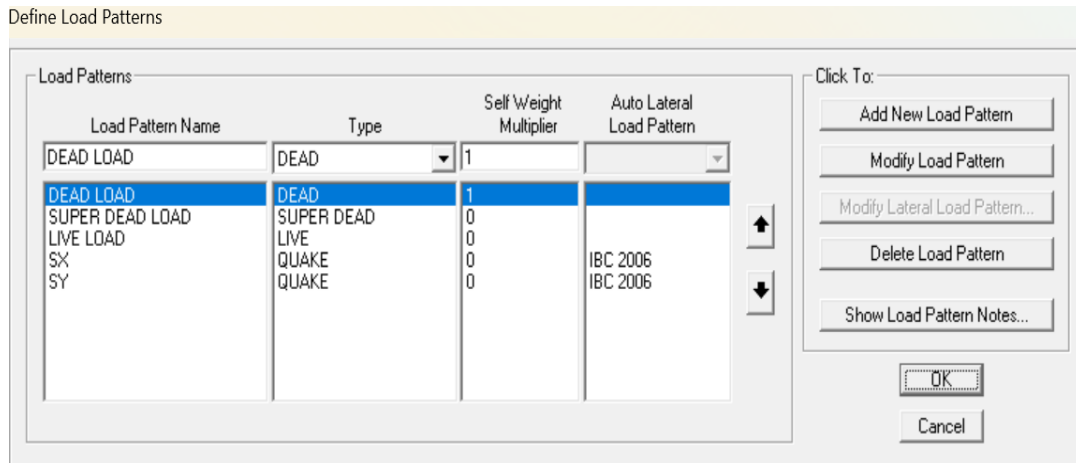
Gambar 4.11. Devide Pelat Lantai dan Atap.



## 4.8 Mengaplikasikan Pembebanan

Beban – beban yang ada beberapa macam diaplikasikan pada SAP 2000 sesuai dengan jenis beban yang akan diinput pada langkah yang akan dilakukan.

### 4.8.1 Mendefinisikan Jenis Beban



Gambar 4.12. Jenis beban yang bekerja.

### 4.8.2 Beban Mati pada Pelat Lantai

Tabel 4.1. Beban mati pada Gedung hotel.

No.	Material	Berat
1.	Pasir Setebal 1cm	0,16 kN/m <sup>2</sup>
2.	Spesi Setebal 3cm	0,66 kN /m <sup>2</sup>
3.	Keramik Setebal 1cm	0,22 K kN m <sup>2</sup>
4.	Platfon dan Pengantung	0,2 kN /m <sup>2</sup>
5.	Instalasi ME	0,25 kN /m <sup>2</sup>
Total Beban Mati pada Plat Lantai		1,49 kN /m <sup>2</sup>

### 4.8.3 Beban Mati Pada Pelat Atap

Tabel 4.2. Beban mati pada pelat atap.

No	Material	Berat
1.	Berat pelat atap	0,28 kN/m <sup>2</sup>
2.	Beban plafon menggantung	0,2 kN/m <sup>2</sup>
3.	Berat instalasi ME	0,25 kN/m <sup>2</sup>
Total beban mati pada pelat lantai		0,73 kN/m <sup>2</sup>

### 4.8.4 Beban Mati Pada Balok

Frame Distributed Loads

Load Pattern Name: + DEAD LOAD

Units: KN, m, C

Load Type and Direction:  Forces  Moments

Coord Sys: GLOBAL

Direction: Gravity

Options:  Add to Existing Loads  Replace Existing Loads  Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0.25	0.75	1.
Load	0.	0.	0.	0.

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

Uniform Load

Load: 6.75

OK Cancel

Gambar 4.13. Input beban mati pada balok.

#### 4.8.5 Beban Hidup

Area Uniform Loads

Load Pattern Name:  Units:

Uniform Load

Load:  Coord System:  Direction:

Options

Add to Existing Loads  
 Replace Existing Loads  
 Delete Existing Loads

OK Cancel

Gambar 4.14. Distribusi beban hidup pada Gedung hotel.

#### 4.9 Mengaplikasikan Beban Gempa

Pada Langkah ini diperintahkan untuk menginput beban gempa pada SAP 2000 sesuai dengan data gempa pada Lokasi penelitian tersebut.

Define Load Patterns

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
SX	QUAKE	0	IBC 2006
DEAD LOAD	DEAD	1	
SUPER DEAD LOAD	SUPER DEAD	0	
LIVE LOAD	LIVE	0	
SX	QUAKE	0	IBC 2006
SY	QUAKE	0	IBC 2006

Click To:

OK Cancel

Gambar 4.15. Define Gempa Statik Ekuivalen.

IBC 2006 Seismic Load Pattern

<b>Load Direction and Diaphragm Eccentricity</b> <input checked="" type="radio"/> Global X Direction <input type="radio"/> Global Y Direction Ecc. Ratio (All Diaph.) <input type="text" value="0.05"/> Override Diaph. Eccen. <input type="button" value="Override..."/>		<b>Seismic Coefficients</b> <input type="radio"/> S <sub>s</sub> and S <sub>1</sub> from USGS - by Lat./Long. <input type="radio"/> S <sub>s</sub> and S <sub>1</sub> from USGS - by Zip Code <input checked="" type="radio"/> S <sub>s</sub> and S <sub>1</sub> User Specified Site Latitude (degrees) <input type="text" value="?"/> Site Longitude (degrees) <input type="text" value="?"/> Site Zip Code (5-Digits) <input type="text" value="?"/> 0.2 Sec Spectral Accel, S <sub>s</sub> <input type="text" value="1.299"/> 1 Sec Spectral Accel, S <sub>1</sub> <input type="text" value="0.6081"/> Long-Period Transition Period <input type="text" value="8"/>	
<b>Time Period</b> <input type="radio"/> Approx. Period Ct (ft), x = <input type="text"/> <input type="radio"/> Program Calc Ct (ft), x = <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> User Defined T = <input type="text" value="1"/>		Site Class <input type="text" value="D"/> Site Coefficient, F <sub>a</sub> <input type="text" value="1"/> Site Coefficient, F <sub>v</sub> <input type="text" value="1.5"/> <b>Calculated Coefficients</b> SDS = (2/3) * F <sub>a</sub> * S <sub>s</sub> <input type="text" value="0.866"/> SD1 = (2/3) * F <sub>v</sub> * S <sub>1</sub> <input type="text" value="0.6081"/> <input type="button" value="Update Data"/>	
<b>Lateral Load Elevation Range</b> <input checked="" type="radio"/> Program Calculated <input type="radio"/> User Specified <input type="button" value="Reset Defaults"/> Max Z <input type="text"/> Min Z <input type="text"/>		<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	
<b>Factors</b> Response Modification, R <input type="text" value="8"/> System Overstrength, Omega <input type="text" value="3"/> Deflection Amplification, C <sub>d</sub> <input type="text" value="5.5"/> Occupancy Importance, I <input type="text" value="1"/>			

Gambar 4.16. Penginputan beban gempa arah X.

IBC 2006 Seismic Load Pattern

<b>Load Direction and Diaphragm Eccentricity</b> <input type="radio"/> Global X Direction <input checked="" type="radio"/> Global Y Direction Ecc. Ratio (All Diaph.) <input type="text" value="0.05"/> Override Diaph. Eccen. <input type="button" value="Override..."/>		<b>Seismic Coefficients</b> <input type="radio"/> S <sub>s</sub> and S <sub>1</sub> from USGS - by Lat./Long. <input type="radio"/> S <sub>s</sub> and S <sub>1</sub> from USGS - by Zip Code <input checked="" type="radio"/> S <sub>s</sub> and S <sub>1</sub> User Specified Site Latitude (degrees) <input type="text" value="?"/> Site Longitude (degrees) <input type="text" value="?"/> Site Zip Code (5-Digits) <input type="text" value="?"/> 0.2 Sec Spectral Accel, S <sub>s</sub> <input type="text" value="1.299"/> 1 Sec Spectral Accel, S <sub>1</sub> <input type="text" value="0.6081"/> Long-Period Transition Period <input type="text" value="8"/>	
<b>Time Period</b> <input type="radio"/> Approx. Period Ct (ft), x = <input type="text"/> <input type="radio"/> Program Calc Ct (ft), x = <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> User Defined T = <input type="text" value="1"/>		Site Class <input type="text" value="D"/> Site Coefficient, F <sub>a</sub> <input type="text" value="1"/> Site Coefficient, F <sub>v</sub> <input type="text" value="1.5"/> <b>Calculated Coefficients</b> SDS = (2/3) * F <sub>a</sub> * S <sub>s</sub> <input type="text" value="0.866"/> SD1 = (2/3) * F <sub>v</sub> * S <sub>1</sub> <input type="text" value="0.6081"/> <input type="button" value="Update Data"/>	
<b>Lateral Load Elevation Range</b> <input checked="" type="radio"/> Program Calculated <input type="radio"/> User Specified <input type="button" value="Reset Defaults"/> Max Z <input type="text"/> Min Z <input type="text"/>		<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	
<b>Factors</b> Response Modification, R <input type="text" value="8"/> System Overstrength, Omega <input type="text" value="3"/> Deflection Amplification, C <sub>d</sub> <input type="text" value="5.5"/> Occupancy Importance, I <input type="text" value="1"/>			

Gambar 4.17. Penginputan beban gempa arah Y.

## 4.9.1 Gempa Dinamik Respon Spektrum

Response Spectrum IBC 2006 Function Definition

**Function Name** HOTEL PARAI **Function Damping Ratio** 0.05

Parameters

Ss and S1 from USGS - by Lat./Long.  
 Ss and S1 from USGS - by Zip Code  
 Ss and S1 User Specified

Site Latitude (degrees) ?  
 Site Longitude (degrees) ?  
 Site Zip Code (5-Digits) ?  
 0.2 Sec Spectral Accel, Ss 1.299  
 1 Sec Spectral Accel, S1 0.6081  
 Long-Period Transition Period 8.

Site Class D  
 Site Coefficient, Fa 1.  
 Site Coefficient, Fv 1.5

Calculated Values for Response Spectrum Curve

SDS = (2/3) \* Fa \* Ss 0.866  
 SD1 = (2/3) \* Fv \* S1 0.6081

Convert to User Defined

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.3464
0.1404	0.866
0.7022	0.866
1.	0.6081
1.2	0.5068
1.4	0.4344
1.6	0.3801
1.8	0.3378
2.	0.3041

Add, Modify, Delete

Function Graph

Display Graph (1.9407, 0.3141)

OK Cancel

Gambar 4.18. Input parameter respon spektrum.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name DX Notes Modify/Show...

Load Case Type Response Spectrum Design...

Modal Combination

CQC GMC f1 1.  
 SRSS GMC f2 0.  
 Absolute  
 GMC Periodic + Rigid Type SRSS  
 NRC 10 Percent  
 Double Sum

Directional Combination

SRSS  
 Absolute  
 Scale Factor

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case MODAL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	HOTEL PAR	1.2263
Accel	U1	HOTEL PARAI	1.2263

Add, Modify, Delete

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

Modal Damping Constant at 0.05 Modify/Show...

OK Cancel

Gambar 4.19. Respon spektrum case arah X.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: DY Set Def Name Notes: Modify/Show... Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination:

- CQC GMC f1: 1.0
- SRSS GMC f2: 0.0
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination:

- SRSS
- Absolute

Scale Factor:

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	UNIFRS	1.2263
Accel	U2	UNIFRS	1.2263

Add Modify Delete

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

OK Cancel

Gambar 4.20. Respon spektrum case arah Y.

#### 4.9.2 Penentuan Masa Struktur

Define Mass Source

Mass Definition:

- From Element and Additional Masses
- From Loads
- From Element and Additional Masses and Loads

Define Mass Multiplier for Loads:

Load	Multiplier
DEAD LOAD	1.
DEAD LOAD	1.
SUPER DEAD LOAD	1.

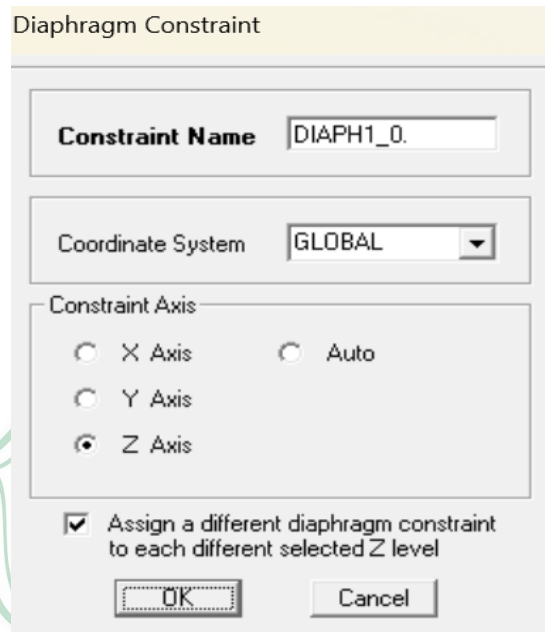
Add Modify Delete

OK Cancel

Gambar 4.21. Penentuan Masa Struktur

#### 4.10 Menetapkan Lantai Tingak Sebagai Diafragma

Pada SNI Gempa 03 – 1726 – 2019 disimpulkan bahwa analisis struktur dipertimbangkan kekakuan relative diafragma dan elemen vertical system penahan gempa. Pelat lantai dan atap beton dapat berfungsi sebagai diafragma yang dapat menyumbangkan kekakuannya pada struktur Gedung Ketika beban lateral bekerja.



Gambar 4.22. Input *joint Constraint*.

#### 4.11 Kombinasi Beban Gempa

Berdasarkan SNI – 2847 : 2019 Pasal 5.3.1, kombinasi pembebanan terfaktor, yaitu sebagai berikut :

- A. Comb.1 = 1,4 DL + 1.4 SDL
- B. Comb.2 = 1,2 DL + 1,2 SDL + 1.6 LL
- C. Comb.3 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL +1,0 Ex + 0,3 Ey
- D. Comb.4 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL +1,0 Ex + 0,3 Ey
- E. Comb.5 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL +1,0 Ex + 0,3 Ey
- F. Comb.6 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL +1,0 Ex + 0,3 Ey

G. Comb.7 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL +1,0 Ex + 0,3 Ey

H. Comb.8 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL +1,0 Ex + 0,3 Ey

I. Comb.9 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL +1,0 Ex + 0,3 Ey

K. Comb.10 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL +1,0 Ex + 0,3 Ey

L. Comb.11 = 0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ex + 0,3 Ey

M. Comb.12 = 0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ex + 0,3 Ey

N. Comb.13 = 0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ex + 0,3 Ey

O. Comb.14 = 0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ex + 0,3 Ey

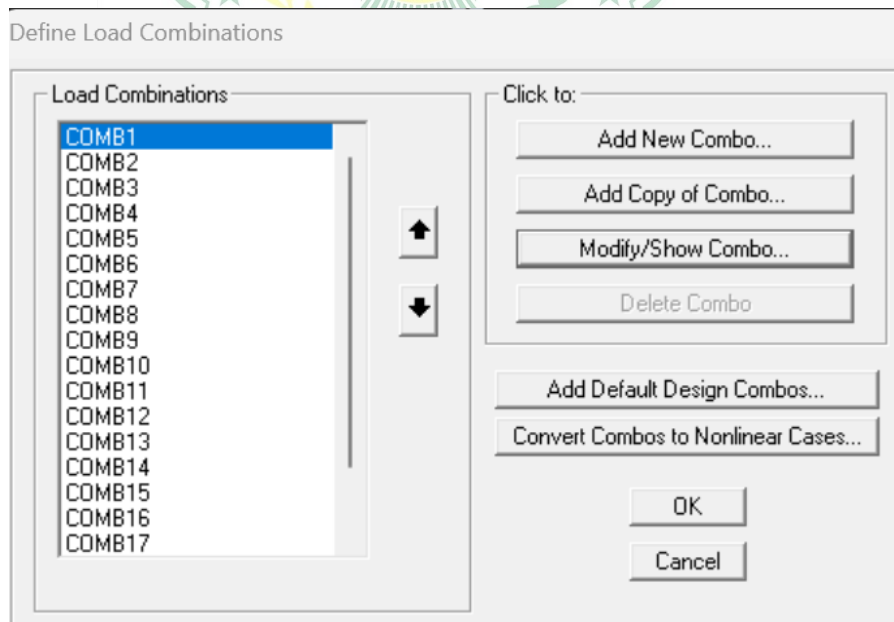
P. Comb.15 = 0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ex + 0,3 Ey

Q. Comb.16 = 0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ex + 0,3 Ey

R. Comb.17 = 0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ex + 0,3 Ey

S. Comb.18 = 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,0 LL

T. Envelope



Gambar 4.23. Input beban kombinasi 3 dan *envelope*.



## 4.12 Pengecekan Perilaku Struktur

### 4.12.1 Pemeriksaan Jumlah Ragam

Modal Participating Mass Ratios

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless
▶	MODAL	Mode	1	0.722416	3.13E-19	0.7843	1.935E-18	3.13E-19	0.7843
	MODAL	Mode	2	0.624775	0	0	1.91E-20	3.131E-19	0.7843
	MODAL	Mode	3	0.580037	0.8203	1.354E-15	5.116E-16	0.8203	0.7843
	MODAL	Mode	4	0.237626	3.759E-17	0.1471	2.714E-13	0.8203	0.9314
	MODAL	Mode	5	0.232611	5.099E-16	0.011	8.948E-13	0.8203	0.9425
	MODAL	Mode	6	0.229443	1.306E-16	9.676E-16	8.681E-13	0.8203	0.9425
	MODAL	Mode	7	0.223094	2.289E-16	0.00009329	1.093E-15	0.8203	0.9426
	MODAL	Mode	8	0.21389	1.203E-14	1.387E-14	1.966E-13	0.8203	0.9426
	MODAL	Mode	9	0.212058	2.832E-16	5.864E-16	1.384E-14	0.8203	0.9426
	MODAL	Mode	10	0.211975	1.601E-14	8.412E-17	0.1209	0.8203	0.9426
	MODAL	Mode	11	0.209647	0.017	4.067E-14	0.00000001004	0.8374	0.9426
	MODAL	Mode	12	0.208951	0.1151	5.132E-15	0.00000000353	0.9524	0.9426
	MODAL	Mode	13	0.20516	3.589E-15	4.697E-15	0.0092	0.9524	0.9426
	MODAL	Mode	14	0.201891	5.004E-15	0.000003211	1.956E-13	0.9524	0.9426
	MODAL	Mode	15	0.198511	0.000131	1.233E-13	0.00000001552	0.9526	0.9426
	MODAL	Mode	16	0.189622	0.00000001607	2.956E-14	0.0023	0.9526	0.9426
	MODAL	Mode	17	0.187915	1.511E-13	3.736E-14	8.828E-15	0.9526	0.9426
	MODAL	Mode	18	0.178859	0.00001471	2.994E-13	3.82E-14	0.9526	0.9426
	MODAL	Mode	19	0.173117	7.519E-13	0.0000003596	0.00000000113	0.9526	0.9426
	MODAL	Mode	20	0.167124	2.155E-13	7.922E-15	0.000779	0.9526	0.9426

Record: 1 of 25

Add Tables... Done

Gmabar4.24. Jumlah Partisipasi Masa Ratio.

### 4.12.2 Perbandingan Geser dasar Vstatik VS Vdinamik

Base Reactions

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Kip	GlobalFY Kip	GlobalFZ Kip	GlobalMX Kip-in	GlobalMY Kip-in	GlobalMZ Kip-in
▶	SX	LinStatic		-168.354	0.00000003826	-1.759E-13	0.00000006897	-46649.598	43894.43
	SY	LinStatic		0.00000005556	-168.354	9.504E-14	46649.598	0.0000001055	-108047.827
	DX	LinRespSpec	Max	195.279	0.0001869	0.0001011	0.071	52420.693	49973.151
	DY	LinRespSpec	Max	0.00001175	217.113	0.0001026	58461.952	0.061	136763.833

Gambar 4.25. Output geser dasar.

### 4.12.3 Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

Joint Displacements

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	U1 in	U2 in	U3 in	R1 Radians	R2 Radians
▶	1	DX	LinRespSpec	Max	0.500246	0.00000001939	0.002126	0.000003015	0.001321
	1	DY	LinRespSpec	Max	0.00000002388	0.90787	0.00163	0.002718	0.000002718
	2	DX	LinRespSpec	Max	0.500246	0.00000001939	0.002321	0.00000001468	0.001301
	2	DY	LinRespSpec	Max	0.00000002371	0.90787	0.00000000156	0.002701	0.00000002004
	3	DX	LinRespSpec	Max	0.500246	0.00000001939	0.002126	0.000003015	0.001321
	3	DY	LinRespSpec	Max	0.00000002372	0.90787	0.00163	0.002718	0.000002718
	4	DX	LinRespSpec	Max	0.500246	0.00000001999	0.000174	0.000003092	0.001293
	4	DY	LinRespSpec	Max	0.00000002388	0.90787	0.001801	0.002687	0.0000009542
	5	DX	LinRespSpec	Max	0.500246	0.00000001999	0.000222	0.00000006137	0.001257
	5	DY	LinRespSpec	Max	0.00000002371	0.90787	0.000000001962	0.00264	0.00000001674
	6	DX	LinRespSpec	Max	0.500246	0.00000001999	0.000174	0.000003092	0.001293
	6	DY	LinRespSpec	Max	0.00000002372	0.90787	0.001801	0.002687	0.0000009542
	7	DX	LinRespSpec	Max	0.500246	0.00000002059	0.000012	0.000001576	0.001289
	7	DY	LinRespSpec	Max	0.00000002388	0.90787	0.001789	0.002688	0.0000001883
	8	DX	LinRespSpec	Max	0.500246	0.00000002059	0.000002	0.00000001639	0.001253
	8	DY	LinRespSpec	Max	0.00000002371	0.90787	0.000000002762	0.002641	0.00000002313
	9	DX	LinRespSpec	Max	0.500246	0.00000002059	0.000012	0.000001576	0.001289
	9	DY	LinRespSpec	Max	0.00000002372	0.90787	0.001789	0.002688	0.0000001882
	10	DX	LinRespSpec	Max	0.500246	0.00000002119	0.000005642	0.000001239	0.001289
	10	DY	LinRespSpec	Max	0.00000002388	0.90787	0.00179	0.002687	0.0000001421

Record: 1 of 2760

Add Tables... Done

Gambar 4.26. Pemeriksaan simpangan antar lantai.

## 4.13 Analisis Static Nonlinier (Pushover analysis)

### 4.13.1 Menambahkan Tulangan Terpasang

Rectangular Section

Section Name: BALOK 20/30

Section Notes: Modify/Show Notes...

Properties: Section Properties...

Property Modifiers: Set Modifiers...

Material: + BETON BALOK 19!

Dimensions: Depth (t3): 0.3, Width (t2): 0.2

Concrete Reinforcement...

OK Cancel

Reinforcement Data

Rebar Material: Longitudinal Bars: + BAJA 240, Confinement Bars (Ties): + BAJA 240

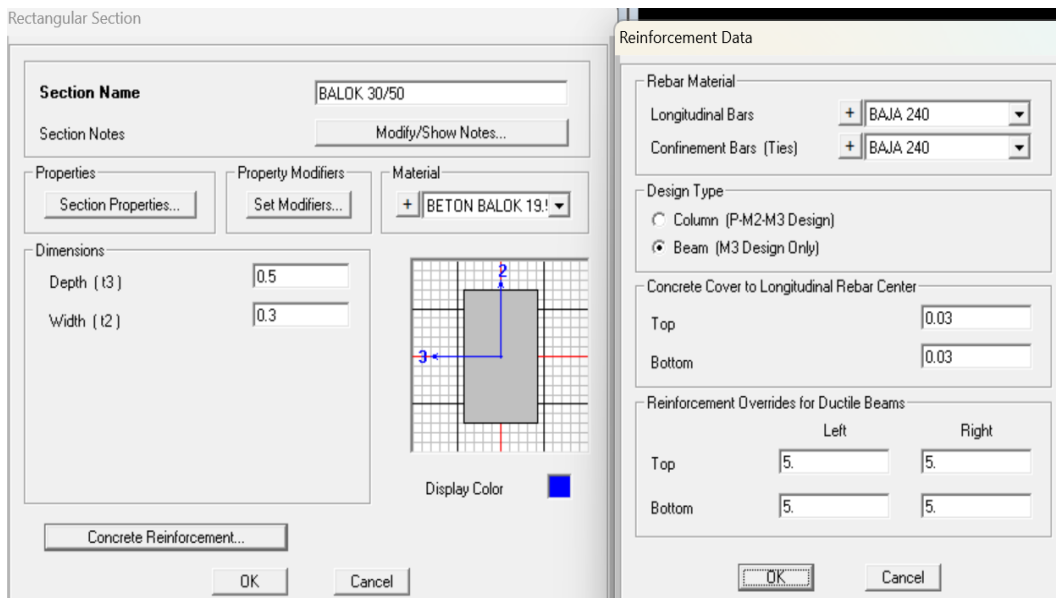
Design Type:  Column (P-M2-M3 Design),  Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center: Top: 0.03, Bottom: 0.03

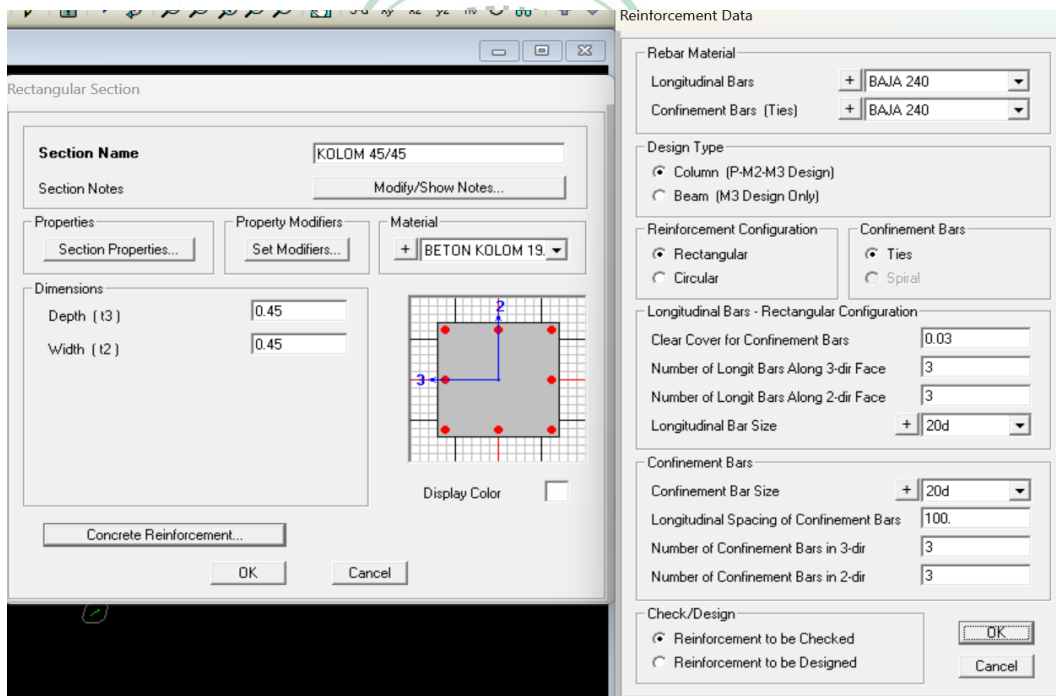
Reinforcement Overrides for Ductile Beams: Left, Right, Top: 3, 3, Bottom: 2, 2

OK Cancel

Gambar 4.27. Input Tulangan Balok



Gambar 4.28. Input Tulangan Balok



Gambar 4.29. Input Tulangan Kolom

### 4.13.2 Menentukan Gravity Nonlinier Case

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: GRAVITY Set Def Name Modify/Show... Notes: Modify/Show... Load Case Type: Static Design...

Initial Conditions:   
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State   
 Continue from State at End of Nonlinear Case GRAVITY   
Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:   
 All Modal Loads Applied Use Modes from Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	SUPER DEAD	1
Load Pattern	DEAD LOAD	1
Load Pattern	SUPER DEAD L	1

Add Modify Delete

Other Parameters:   
 Load Application: Full Load Modify/Show...   
 Results Saved: Final State Only Modify/Show...   
 Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

OK Cancel

Gambar.2.30. *Input Static Nonlinier Case Gravity arah Y*

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: PUSH-X Set Def Name Modify/Show... Notes: Modify/Show... Load Case Type: Static Design...

Initial Conditions:   
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State   
 Continue from State at End of Nonlinear Case GRAVITY   
Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:   
 All Modal Loads Applied Use Modes from Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UX	-1
Accel	UX	-1

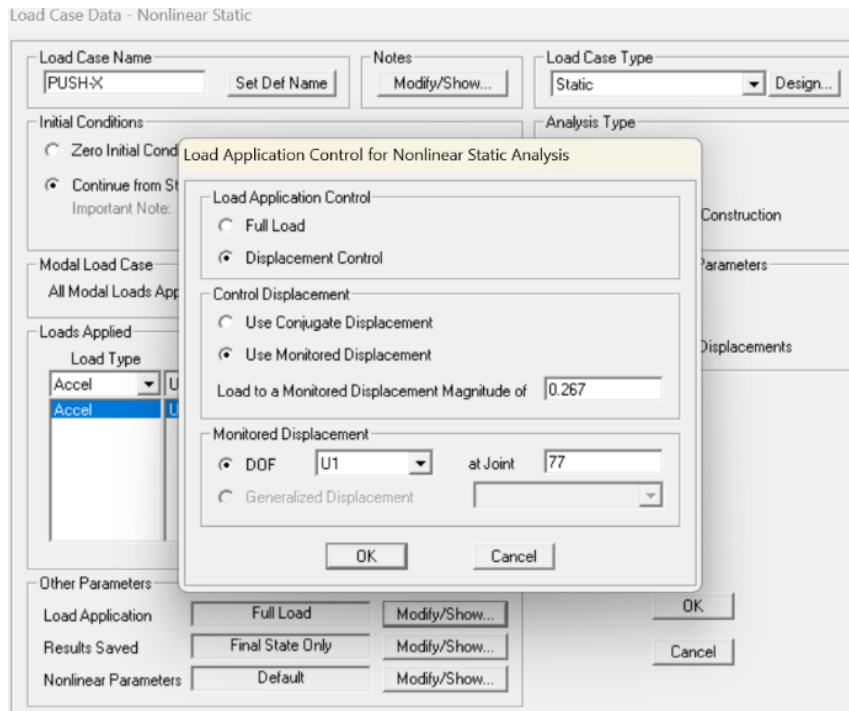
Add Modify Delete

Other Parameters:   
 Load Application: Full Load Modify/Show...   
 Results Saved: Final State Only Modify/Show...   
 Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

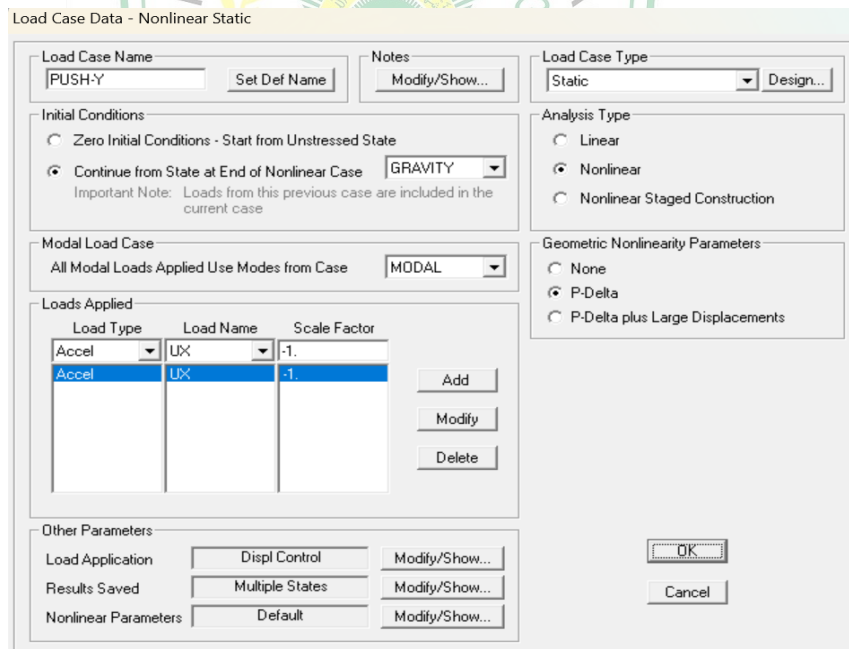
OK Cancel

Gambar.4.31. *Input Static Nonlinier Case Gravity arah X*

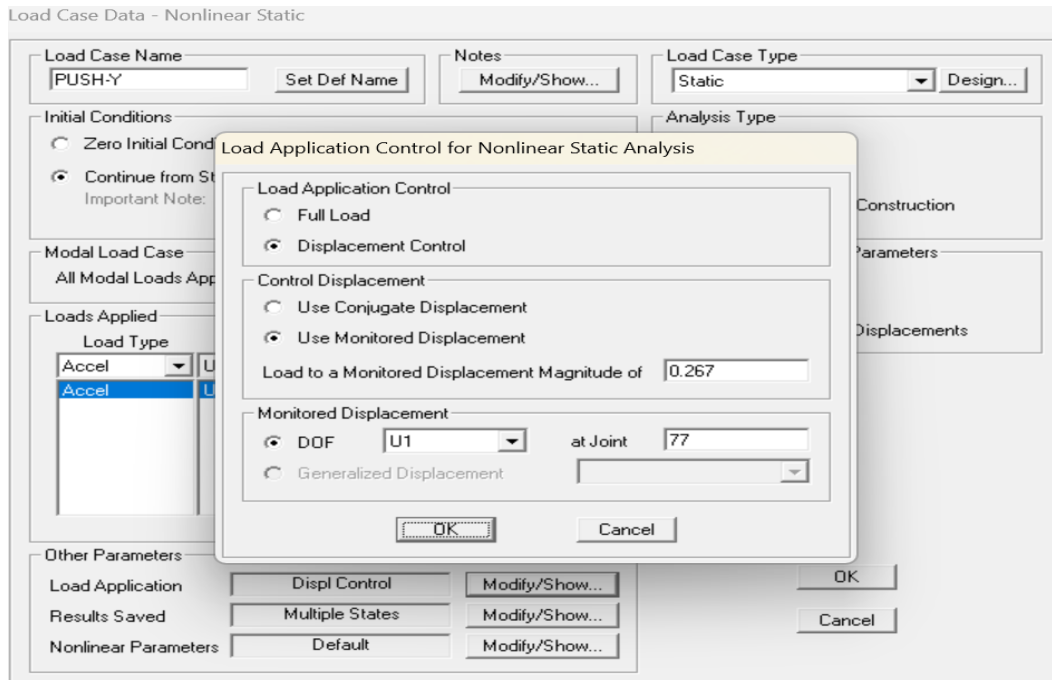
### 4.13.3 Menentukan Nonlinier Pushover Case



Gambar.4.32. Load Application Control for static nonlinear Push - X

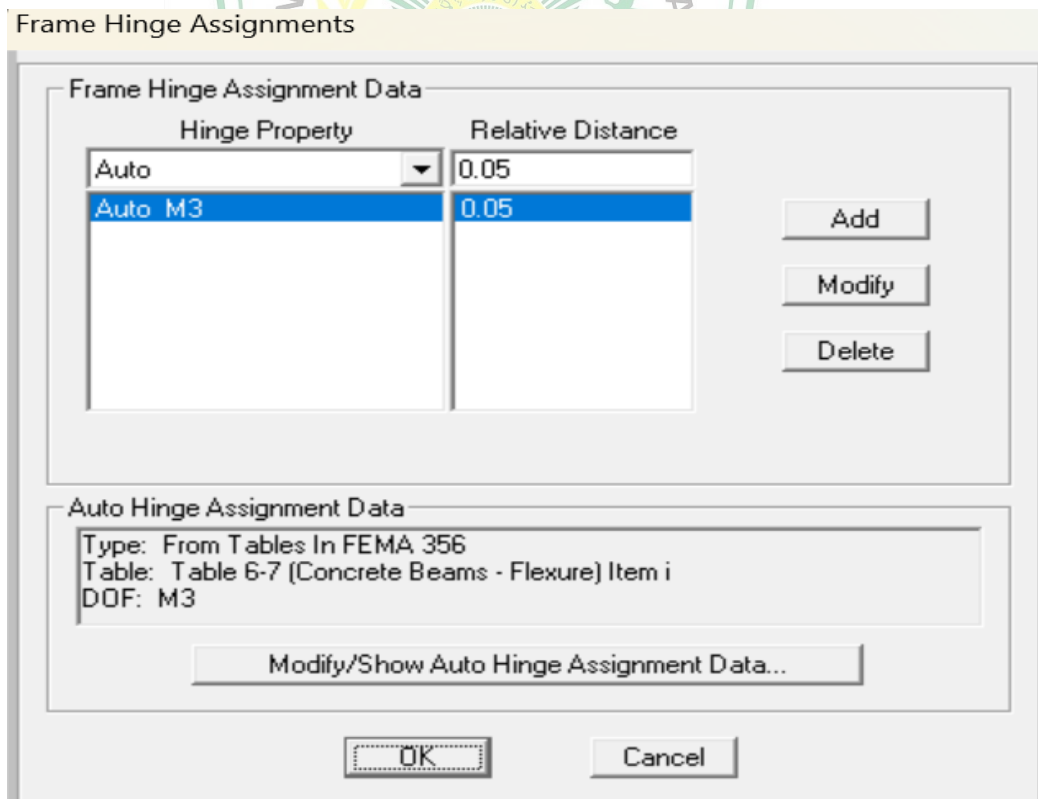


Gambar.4.33. Static nonlinear Push – Y



Gambar.4.34. Load Application Control for static nonlinier Push - Y

#### 4.13.4 Memodelkan Sendi Plastis pada Balok dan Kolom



Gambar.4.3. Input Hinge pada balok

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type  
From Tables In FEMA 356

Select a FEMA356 Table  
Table 6-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i

Component Type  
 Primary  
 Secondary

Degree of Freedom  
 M2  
 M3

V Value From  
 Case/Combo GRAVITY  
 User Value V2

Transverse Reinforcing  
 Transverse Reinforcing is Conforming

Reinforcing Ratio  $(p - p') / p_{balanced}$   
 From Current Design  
 User Value

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity  
 Drops Load After Point E  
 Is Extrapolated After Point E

OK Cancel

Gambar.4.36. Input data Hinge ASCE 41 -13

Frame Hinge Assignments

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Relative Distance
Auto	0.95
Auto M3	0.05
Auto M3	0.95

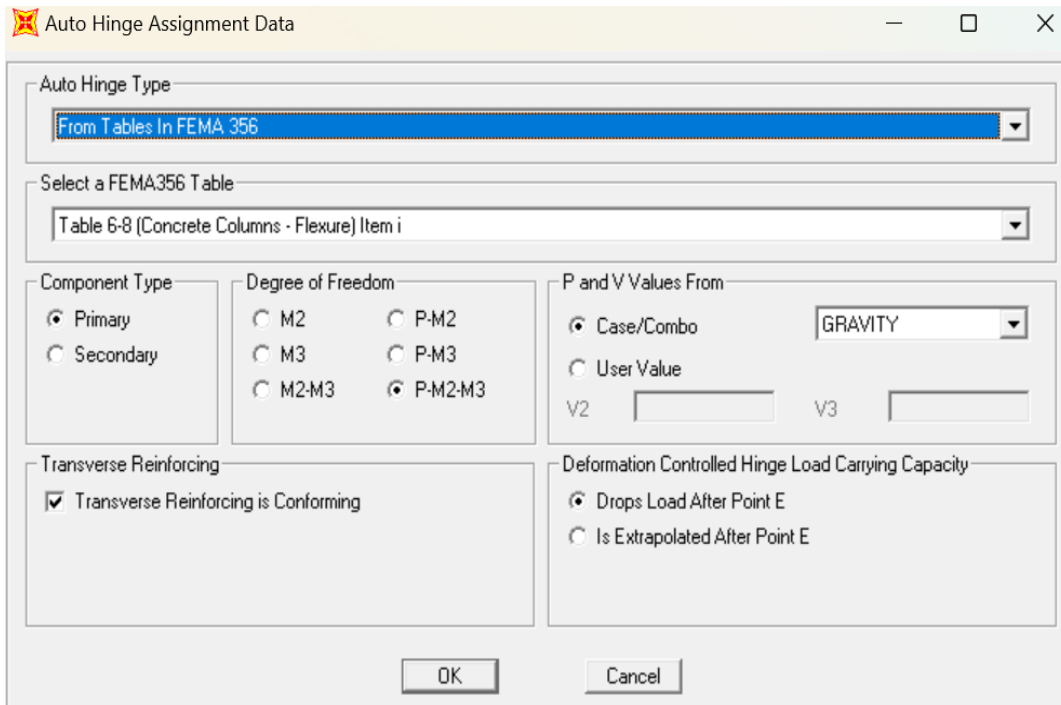
Add  
Modify  
Delete

Auto Hinge Assignment Data  
 Type: From Tables In FEMA 356  
 Table: Table 6-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i  
 DOF: M3

Modify/Show Auto Hinge Assignment Data...

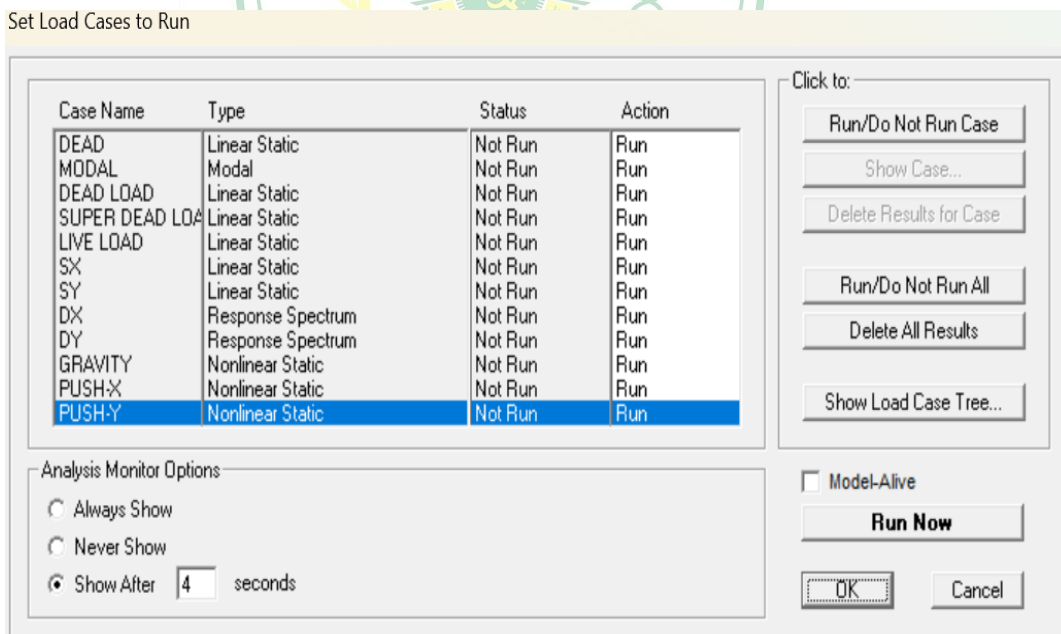
OK Cancel

Gambar.4.37. Input Hinge pada kolom



Gambar.4.38. Input data Hinge ASCE 41 -13

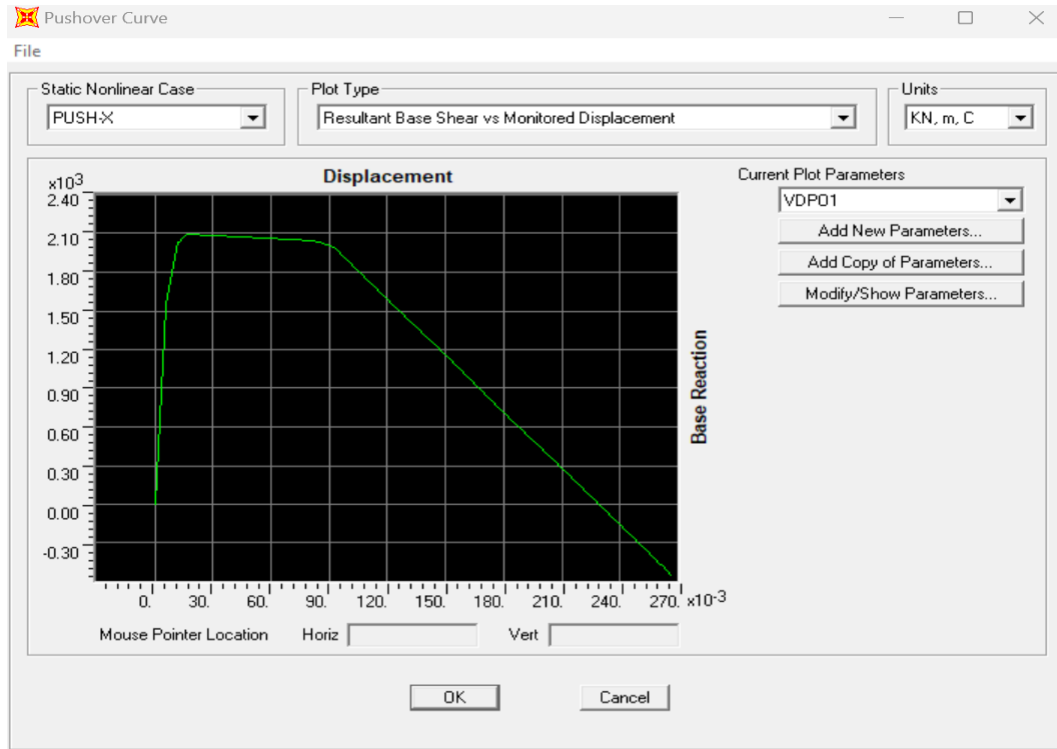
#### 4.13.5 Running Program



Gambar, 4.39.Memilih Load case to run



### 4.13.6 Menampilkan Kurva Kapasitas Pushover



Gambar.4.40. Pushover Curve X

Step	Displacement m	Base Force KN	AtoB	BtoD	IDtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-3.558E-20	0.000	621	0	0	0	0	0	0	0	621
1	0.005951	1534.002	620	1	0	0	0	0	0	0	621
2	0.006017	1550.560	600	21	0	0	0	0	0	0	621
3	0.012189	2031.346	583	38	0	0	0	0	0	0	621
4	0.012330	2037.952	573	48	0	0	0	0	0	0	621
5	0.014731	2077.295	570	51	0	0	0	0	0	0	621
6	0.016708	2094.290	567	54	0	0	0	0	0	0	621
7	0.043408	2073.142	567	27	27	0	0	0	0	0	621
8	0.070108	2051.991	567	0	35	19	0	0	0	0	621
9	0.080586	2043.692	567	0	1	51	0	2	0	0	621
10	0.084590	2038.233	567	0	0	35	0	19	0	0	621
11	0.092170	1988.932	567	0	0	11	0	43	0	0	621
12	0.124561	1526.533	567	0	0	0	0	54	0	0	621
13	0.151261	1136.588	567	0	0	0	0	54	0	0	621
14	0.177961	746.643	567	0	0	0	0	54	0	0	621
15	0.204661	356.698	567	0	0	0	0	54	0	0	621
16	0.231361	-33.247	567	0	0	0	0	54	0	0	621
17	0.258061	-423.192	567	0	0	0	0	50	4	0	621
18	0.258061	-423.192	567	0	0	0	0	50	2	2	621
19	0.260177	-454.140	567	0	0	0	0	16	34	4	621
20	0.260177	-454.140	567	0	0	0	0	16	19	19	621
21	0.260177	-454.140	567	0	0	0	0	16	5	33	621
22	0.260177	-454.140	567	0	0	0	0	16	0	38	621
23	0.262025	-481.402	567	0	0	0	0	1	15	38	621
24	0.262025	-481.402	567	0	0	0	0	1	8	45	621
25	0.262025	-481.402	567	0	0	0	0	1	2	51	621
26	0.267000	-555.151	567	0	0	0	0	0	0	54	621

Gambar.4.41. Display tabel pushover Curve X

Table Display

File Edit

Pushover Curve - PUSH-Y

Step	Displacement m	BaseForce KN	AtoB	BtoD	IDtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	-3.558E-20	0.000	621	0	0	0	0	0	0	0	621
1	0.005951	1534.002	620	1	0	0	0	0	0	0	621
2	0.006017	1550.560	600	21	0	0	0	0	0	0	621
3	0.012189	2031.346	583	38	0	0	0	0	0	0	621
4	0.012330	2037.952	573	48	0	0	0	0	0	0	621
5	0.014731	2077.295	570	51	0	0	0	0	0	0	621
6	0.016708	2094.290	567	54	0	0	0	0	0	0	621
7	0.043408	2073.142	567	27	27	0	0	0	0	0	621
8	0.070108	2051.991	567	0	35	19	0	0	0	0	621
9	0.080586	2043.632	567	0	1	51	0	2	0	0	621
10	0.084590	2038.233	567	0	0	35	0	19	0	0	621
11	0.092170	1988.932	567	0	0	11	0	43	0	0	621
12	0.124561	1526.533	567	0	0	0	0	54	0	0	621
13	0.151261	1136.588	567	0	0	0	0	54	0	0	621
14	0.177961	746.643	567	0	0	0	0	54	0	0	621
15	0.204661	356.698	567	0	0	0	0	54	0	0	621
16	0.231361	-33.247	567	0	0	0	0	54	0	0	621
17	0.258061	-423.192	567	0	0	0	0	50	4	0	621
18	0.258061	-423.192	567	0	0	0	0	50	2	2	621
19	0.260177	-454.140	567	0	0	0	0	16	34	4	621
20	0.260177	-454.140	567	0	0	0	0	16	19	19	621
21	0.260177	-454.140	567	0	0	0	0	16	5	33	621
22	0.260177	-454.140	567	0	0	0	0	16	0	38	621
23	0.262025	-481.402	567	0	0	0	0	1	15	38	621
24	0.262025	-481.402	567	0	0	0	0	1	8	45	621
25	0.262025	-481.402	567	0	0	0	0	1	2	51	621
26	0.267000	-555.151	567	0	0	0	0	0	0	54	621

Current Sort String

Current Filter String

Done

Gambar.4.42. Display tabel pushover Curve Y

#### 4.13.7 Level Kinerja Struktur

Parameters For ATC-40 Capacity Spectrum

Pushover Parameters Name

Name  Units

Plot Axes  Sa - Sd  Sa - T  Sd - T Axis Labels and Range

Demand Spectrum Definition

Function  User Coeffs Ca  SF  Cv

Damping Parameters Definition

Inherent + Additional Damping

Structural Behavior Type  A  B  C  User

Items Visible On Plot

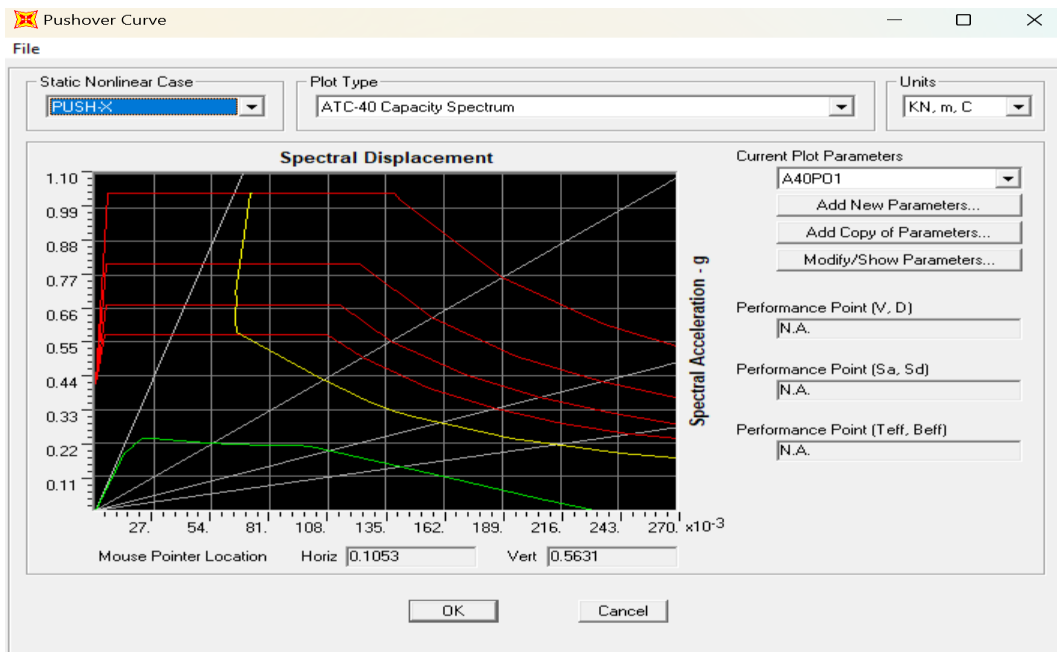
Show Capacity Curve Color

Show Family of Demand Spectra Damping Ratios     Color

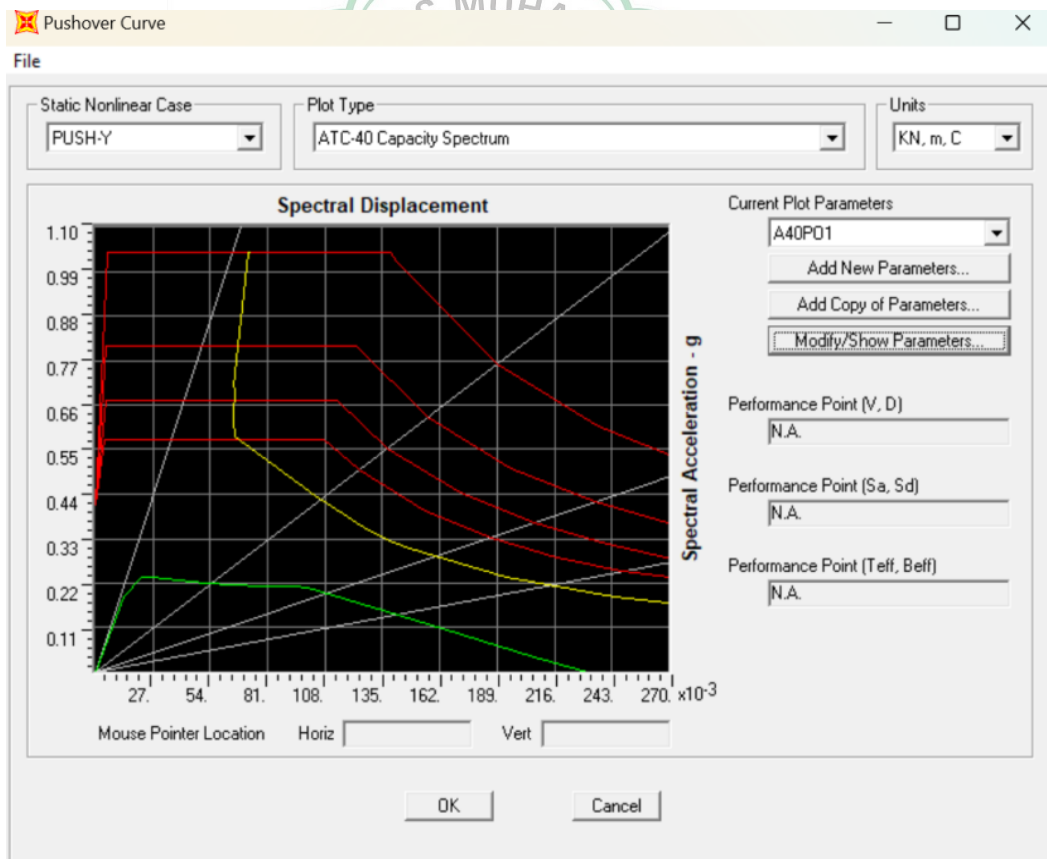
Show Single Demand Spectrum (ADRS) (Variable Damping) Color

Show Constant Period Lines at     Color

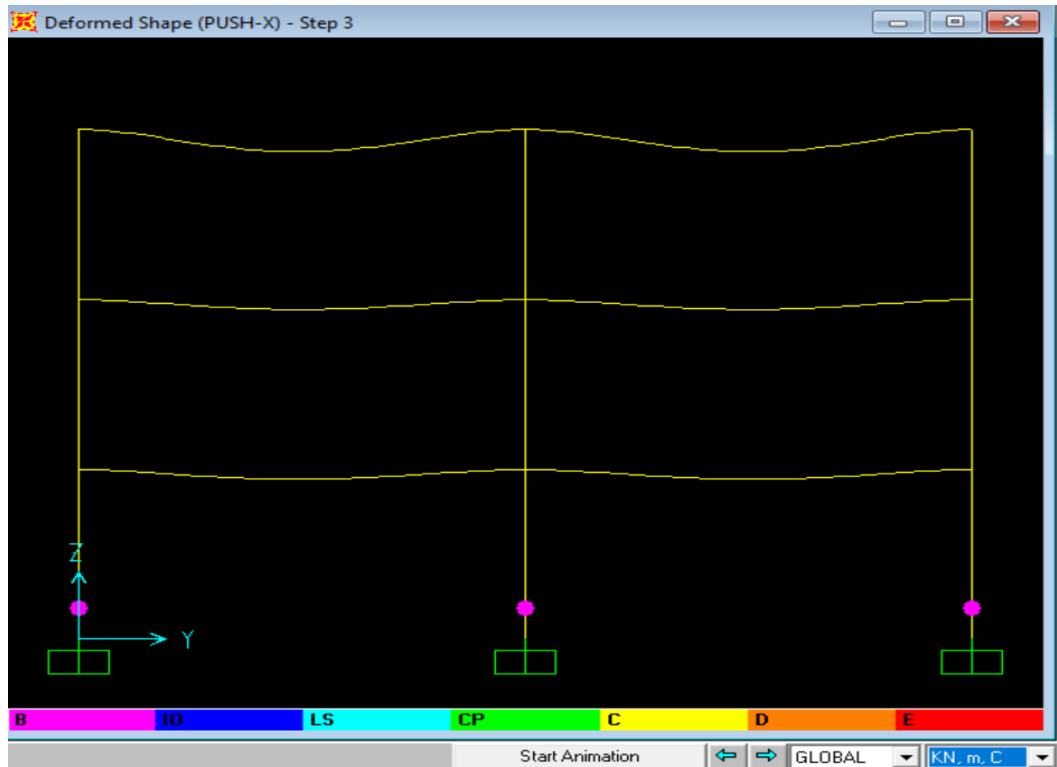
Gambar.4.43. Input parameter kapasitas spectra ATC – 40



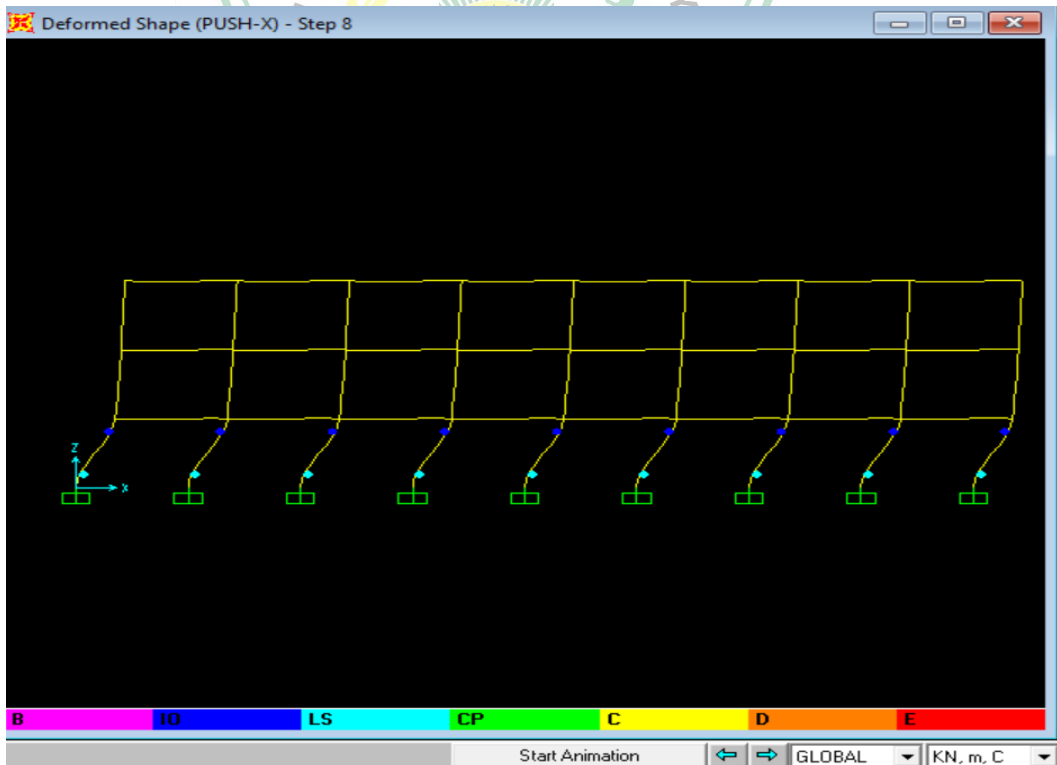
Gambar.4.44. Spektrum kapasitas arah X



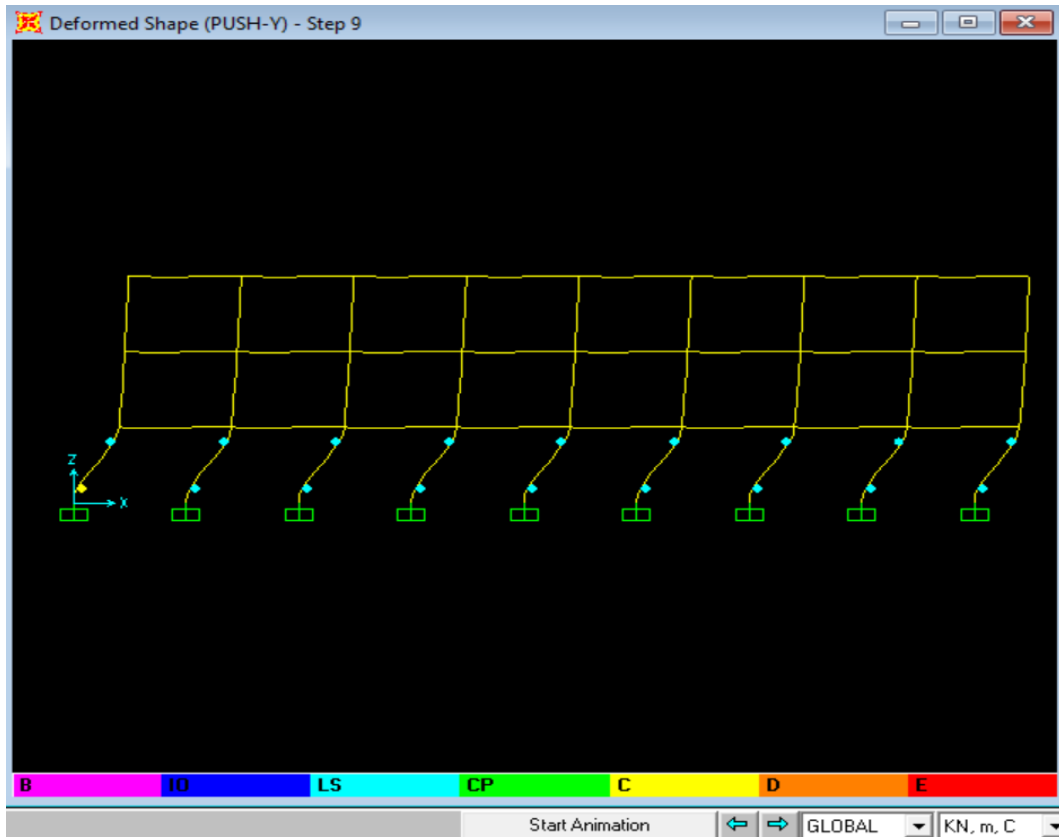
Gambar.4.45. Spektrum kapasitas arah Y



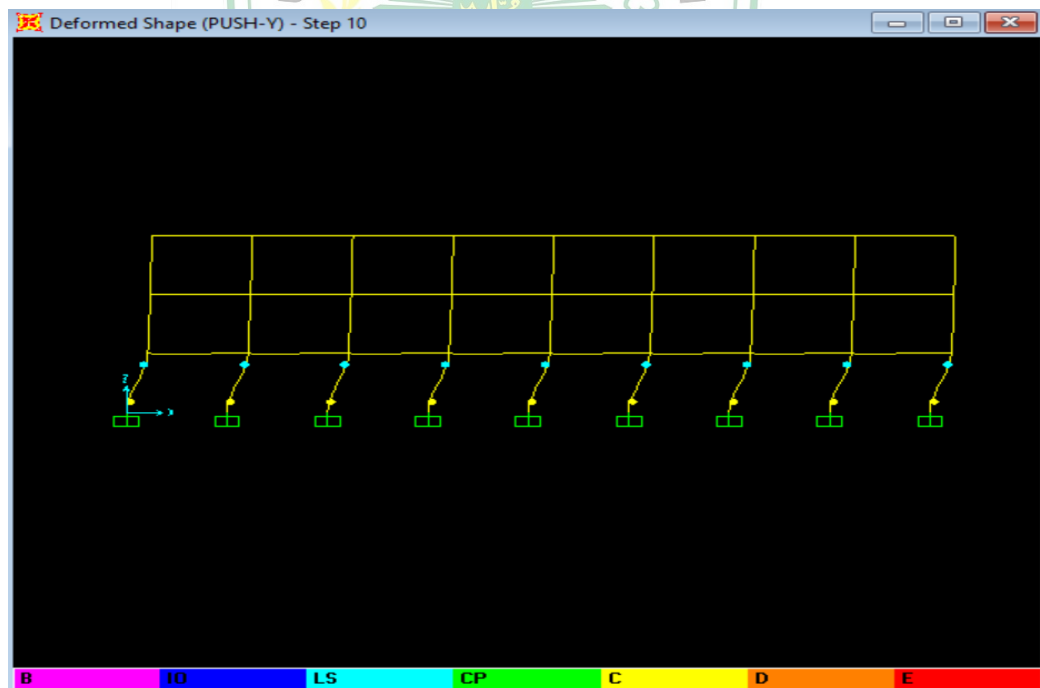
Gambar.4.46. Push X step 3



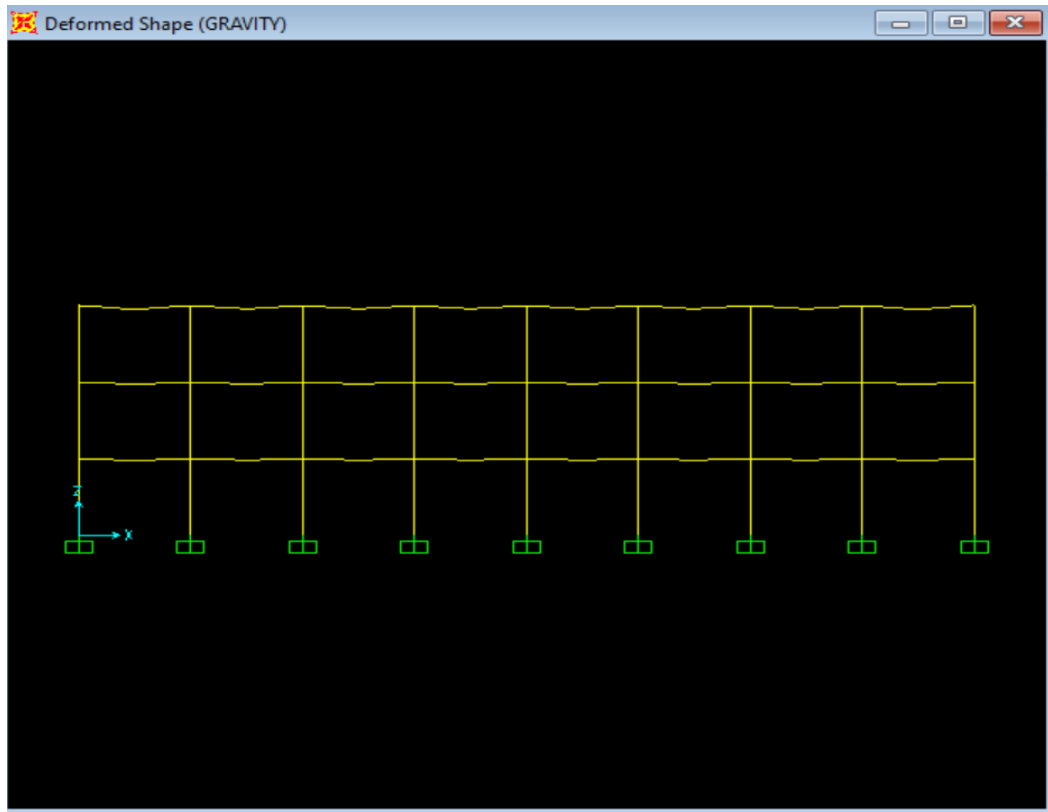
Gambar.4.47. Push X step 8



Gambar.4.48. Push Y step 9



Gambar.4.49. Push Y step 10



Gambar.4.50. *Deformed Shape Gravity*

Dimana:

A = Merupakan kondisi dimana belum ada pembebanan sehingga belum terjadi plastifikasi pada sendi plastis.

B = Merupakan kondisi dimana elemen mulai mengalami leleh yang pertama kali.

IO = Merupakan tahapan setelah leleh (plastis) dengan Tingkat kinerja pada elemen *Immediately Occupancy*.

LS = Elemen pada level kinerja *Life Safety* (kondisi plastis).

CP = Elemen pada level kinerja *Collapse Prevention* (kondisi hampir runtuh).

C = Merupakan kapasitas ultimit dari elemen.

D = Kekuatan sisa dari elemen struktur.

E = Merupakan batas elemen sudah mengalami keruntuhan.

$$dt - x = 0,267 \text{ m}$$

$$dt - y = 0,267 \text{ m}$$

$$d3 = 0,0121 \text{ m}$$

$$d_3 = 0,0121 \text{ m}$$

Simpangan total maksimum

$$\text{Arah } x - x = dt / h \text{ total} = 267 / 9600 = 0,027 \text{ (Life safety)}$$

$$\text{Arah } y - y = dt / h \text{ total} = 267 / 9600 = 0,027 \text{ (Life safety)}$$

Simpangan inelastic maksimum

$$\text{Arah } x - x = dt - dt / h \text{ total} = 267 - 12,1 / 9600 = 0,026 \text{ (Life Safety)}$$

$$\text{Arah } y - y = dt - dt / h \text{ total} = 267 - 12,1 / 9600 = 0,026 \text{ (Life Safety)}$$

#### 4.14 Rekapitulasi Gaya dalam Balok dan Kolom

Balok 30/50						
	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max		80.521	7.738E-17	9.434	-4.087E-17	-105,3398
Min		-80.521	-7.738E-17	-9,434	-3.666E-17	57.0877
Balok 20/30						
	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max		41.09	8.856E-17	5.9168	4.669E-17	47,59
Min		-41.09	8.856E-17	-5.9168	-3.447E-17	-22.52
Kolom 45/45						
	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	-867.661	39.062	49.361	4.024E-08	83.2116	76.0941
Min	-17.241	-39.062	-49.361	4.024E-08	-83.2116	-76.0941

#### 4.15 Perhitungan Kolom, Balok dan Pelat Lantai

Pada tahap ini melakukan perhitungan terhadap struktur atas yang meliputi kolom, balok, dan pelat lantai hasil dari analisis pemeriksaan jumlah ragam.

##### 1. Balok 30/50

###### a. Perencanaan tulangan balok

Diketahui :

$$M_u = -79,987$$

$$B_e = L/4 = 4000/4 = 1000 \text{ mm}$$

$$B_e = B_w + 16 \times t = 300 + 16 \times 120 = 2220 \text{ mm}$$

$$B_e = B_w + L_n = 300 + 3700 = 4000 \text{ mm}$$

$L_n$  diambil dari jarak bersih dari antara balok anak

$$L_n = L - B_w = 4000 - 300 = 3700 \text{ mm}$$

Data :

$$F_c = 20 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$M_u = -79,987 \text{ Nmm}$$

$$B_e = 1000 \text{ mm}$$

$$B_w = 300 \text{ mm}$$

$$P = 40 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tul geser}} = 10 \text{ mm}$$

$$d = h - p (1/2 D_{\text{tul-utama}}) - D_{\text{tul-geser}}$$

$$= 500 - 40 - 19/2 - 10 = 440,5$$

Hitung :

$$M_n \text{ perlu} = M_u / \phi = -79,987 / 0,8 = -99,98375$$

$$M_{na} = t = 0.85 \times f_c \times B_e \times t \times (d - t/2)$$

$$= 0.85 \times 19.5 \times 1000 \times 120 \times (440,5 - 120/2) = 756814500$$



$$\begin{aligned}
 a \text{ actual} &= d - \sqrt{d^2 - \frac{2Mu}{0.85 \times FC \times Be}} \\
 &= 440.5 - \sqrt{\frac{440.5^2 - 2 \cdot 79.987}{0.85 \times 19.5 \times 0.8 \times 1000}} = 440.5 - 3130033.662 \\
 &= -3129593.162
 \end{aligned}$$

$$P = 0.85 \times f_c \times B_e \times a \text{ actual} = 0.85 \times 19.5 \times 1000 \times -3129593.162$$

$$\begin{aligned}
 B_w \times d \times f_y &= 300 \times 440.5 \times 400 \\
 &= -981.3281622
 \end{aligned}$$

$$P \text{ min} = 1.4 / f_y = 1.4 / 400 = 0.0035$$

$$A_s = p \times B_w \times d = 0.0035 \times 300 \times 440.5 = 462.53 \text{ mm}$$

#### b. Tulangan tumpuan

Data :

$$f_c = 19.5$$

$$f_y = 400$$

$$M_u \text{ tumpuan} = 2 \times M_u = 2 \times -79.987 = -159.974$$

$$B_e = 1000$$

$$B_w = 300$$

$$P = 40$$

Dtul.geser :

$$d = 50$$

$$t = 120$$

$$d = h - p (1/2 D_{\text{tul-utama}}) - D_{\text{tul-geser}}$$

$$= 500 - 40 \cdot 19 / 2 - 10 = 440.5$$

Hitung :

$$M_n \text{ perlu} = M_u / \phi = -79.987 / 0.8 = -99.98375$$



$$M_{na} = t = 0.85 \times f_c \times B_e \times t \times (d - t/2) / 0.85$$

$$= 0.85 \times 19.5 \times 1000 \times 120 \times 440.5 - 120 / 2 = 756814500$$

$$a_{\text{actual}} = d - \sqrt{d^2 - \frac{2Mu}{0.85 \times f_c \times \phi \times B_e}} = 440.5 - \sqrt{\frac{440.5^2 - 2 \cdot 79.987}{0.85 \times 19.5 \times 0.8 \times 1000}}$$

$$= 440.5 - 194040.25 = -193599.75$$

$$P = 0.85 \times f_c \times B_e \times a_{\text{actual}} = 0.85 \times 19.5 \times 1000 \times -193599.75$$

$$B_w \times d \times f_y = 300 \times 440.5 \times 400 = -60,7059375$$

$$P_{\text{min}} = 1.4 / f_y = 1.4 / 400 = 0.0035$$

$$A_s = p \times B_w \times d = -60,7059375 \times 300 \times 440.5 = -8022289.6$$

## 2. Balok 20 / 30

### a. Perancangan tulang balok

Data :

$$f_c = 19,5$$

$$f_y = 400$$

$$M_u = 41,09$$

$$B_e = 1000$$

$$B_w = 200$$

$$P = 40$$

$$D_{\text{tul geser}} = 10 \text{ mm}$$

$$d = 50$$

$$t = 120 \text{ mm}$$

$$d = h - p (1/2 D_{\text{tul-utama}}) - D_{\text{tul-geser}}$$

$$= 500 - 40 - 19 / 2 - 10 = 440,5$$

Hitung :

$$M_n \text{ perlu} = M_u / \phi = 41,09 / 0.8 = 51,3625$$

$$M_{na} = t = 0.85 \times f_c \times B_e \times t \times (d - t/2) = 0.85 \times 19.5 \times 1000 \times 120 \times 440.5 - 120 / 2 = 756814500$$



$$a \text{ actual} = d - \sqrt{d^2 - \frac{2Mu}{0.85 \times f_c \times B_e}} = 440,5 - \sqrt{\frac{440,5^2 - 2 \cdot 41,09}{0.85 \times 19,5 \times 0.8 \times 1000}}$$

$$= 440,5 - -1314204,456 = 1314644,956$$

$$P = 0.85 \times f_c \times B_e \times a \text{ actual} = 0.85 \times 19,5 \times 1000 \times 1314644,956$$

$$B_w \times d \times f_y = 300 \times 440,5 \times 400 = 412,225504$$

$$P \text{ min} = 1,4 / f_y = 1,4 / 400 = 0.0035$$

$$A_s = p \times B_w \times d = 412,225504 \times 300 \times 440,5 = 54475600,4$$

#### b. Tulangan tumpuan

Data :

$$f_c = 19,5$$

$$f_y = 400$$

$$M_u \text{ tumpuan} = 2 \times M_u = 2 \times 41,09 = 82,18$$

$$B_e = 1000$$

$$B_w = 300$$

$$P = 40$$

D<sub>tul.geser</sub> :

$$d = 50$$

$$t = 120$$

$$d = h - p (1/2 D_{\text{tul-utama}}) - D_{\text{tul-geser}}$$

$$= 500 - 40 - 19/2 - 10 = 440,5$$

Hitung :

$$M_n \text{ perlu} = M_u / \phi = 41,09 / 0,8 = 51,3625$$

$$M_{na} = t = 0.85 \times f_c \times B_e \times t \times (d - t/2) = 0.85 \times 19,5 \times 1000 \times 120 \times 440,5 - 120 / 2 = 756814500$$

$$a \text{ actual} = d - \sqrt{d^2 - \frac{2Mu}{0.85 \times FC \times Be}} = 440.5 - \sqrt{\frac{440.5^2 - 2 \cdot 41.09}{0.85 \times 19.5 \times 0.8 \times 1000}}$$

$$= 440.5 - -14488313 = 1314644,956 = 14488753,19$$

$$P = 0.85 \times fc \times Be \times a \text{ actual} = 0.85 \times 19.5 \times 1000 \times 14488313$$

$$Bw \times d \times fy = 300 \times 440.5 \times 400 = 4543,153313$$

$$P \text{ min} = 1.4 / fy = 1.4 / 400 = 0.0035$$

$$As = p \times Bw \times d = 4543,153313 \times 300 \times 440.5 = 600377710,4$$

### 3. Kolom

Dimana :

$$K = \text{factor tekuk} = 1$$

$$Lu = \text{Tinggi kolom} = 3,2$$

$$r = \sqrt{\frac{i}{A}} = \sqrt{\frac{1/12.45 \cdot 45^3}{45.45}} = 0,2886751$$

$$\text{atau } r = 0,3 \times 45 = 13,5 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi : } K \times Lu / r = 1 \times 3,2 / 0,288675135 = 11.085125$$

$$Pu = Mmn \text{ Re balok induk (Kg)} \times 2 + Mmn \text{ Rf balok anak tepi (Kg)} / 100$$

$$= 12000 \times 2 + 19000 / 100 = 24190$$

$$Ec = 4700 \times 20 = 21019,03899$$

$$Ig = 1 / 2 \times b \times h^3 = 1 / 2 \times 0,45 \times 0,45^3 = 0,0205$$

$$Bd = 0,8 \times qdl / 2,5 \times qdl + 1,6 \times qdl$$

$$= 0,8 \times 5,09 / 2,5 \times 5,09 + 1,6 \times 1,92 = 0,569988802$$

$$Ei = Ec \times Ig / 2,5 \times 1 + Bd = 21019,03899 \times 0,0205 / 2,5 \times 1 + 0,569988802 = 140,377054$$

$$Pc = \pi^2 \times Ei / K \times Lu = 3,14 \times 140,377054 / 1 \times 3,2 = 432.5192505$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{430}{0.65 \times 432,5193}} = -1.888571917$$

Penulangan untuk kolom tepi

$$Mu = 37.2837$$

$$Mc = \delta \times Mu = -1.888571917 \times 37.2837 = -70.41294878$$

$$P_n \text{ perlu} = P_u / \phi = 24190 / 0,65 = 37215,38462$$

$$M_n \text{ perlu} = M_c / \phi = -70.41294878 / 0,65 = -108.3276135$$

Eksentrisitas :

$$e = P_n \text{ perlu} / M_n \text{ perlu} = 37215,38462 / -108.3276135 = -343,5447659$$

$$e_{\min} = 15 + 0,03 \times h = 15 + 0,03 \times 450 = 28,5$$

Hitung nilai p :

$$d = 0,03$$

$$h = 20$$

$$sk = 10$$

$$d/h = p + d/2 + sk/h = 0,03 + 20/2 + 10/450 = 0,04$$

Sumbu verikal Y

$$P_u / \phi \times A_g \times 0,85 \times f_c = 24190 / 0,65 \times 450 \times 0,85 \times 20 = 0,1081057$$

Sumbu verikal X

$$P_u / \phi \times A_g \times 0,85 \times f_c \times e / h = 0,1081057 \times -343,545 / 450 = -0,0825314$$

Dari diagram interaksi kolom diperoleh :

$$\beta = 0,8$$

$$r = 13,5$$

$$\text{Maka } p = \beta \times r = 0,8 \times 13,5 = 10,8$$

Hitung luas tulangan :

$$A_{st} = p \times A_g = 10,8 \times 450 \times 450 = 2187000$$

#### 4. Pelat lantai

##### a) Ratio Panel

Syarat pelat 2 arah

$$L_y/L_x < 2$$

##### 1) Perkiraan dimensi balok

$$h = L / 18,5 = 4000 / 18,5 = 216,2162162$$

$$h = 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm}$$

$$b = 1 / 2 \times 400 = 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}$$

2) Estimasi tebal pelat

Tebal minimum

$$h = 1 / 24 = 4000 / 24 = 166,667 \text{ mm} = 16,6 \text{ cm}$$

b) Pembebanan

• Beban Mati

DL berat pelat sendiri	=	0.15	m	x	24	KN/m <sup>3</sup>	=	3.6	KN/m <sup>2</sup>
Keramik tebal 1 cm	=	0.01	m	x	22	KN/m <sup>4</sup>	=	0.22	KN/m <sup>2</sup>
adukan tebal 3 cm	=	0.03	m	x	22	KN/m <sup>5</sup>	=	0.66	KN/m <sup>2</sup>
Pasir urug tebal 1 cm	=	0.01	m	x	16	KN/m <sup>6</sup>	=	0.16	KN/m <sup>2</sup>
Plafon	=						=	0.2	KN/m <sup>2</sup>
Mechanical Electrical	=						=	0.25	KN/m <sup>2</sup>
Berat beban mati taambahan pada lantai (W <sub>D</sub> )							=	5.09	KN/m <sup>2</sup>

• Beban Hidup

$$\text{Beban hidup} = 2,5 \text{ Kn/m}^2$$

Perhitungan beban terfaktor

$$\begin{aligned} W_u &= 1,2 \text{ WD} + 1,6 \text{ WL} \\ &= 1,2 (\text{DL} + \text{SDL}) + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 + 5,09 + 1,6 \times 2,5 \\ &= 10,108 \text{ Kn/m}^2 \end{aligned}$$

c) Perhitungan Momen

$$W_u = 10,108 \times 1 = 10,108$$

$$L_x = 5 - 0,2 = 4,8 \text{ m}$$

$$L_y = 5 - 0,3 = 4,8 \text{ m}$$

VIA

$$M_{lx} = 0,001 \times 10,108 \times 4,8 \times 25 = 5,9$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 10,108 \times 4,8 \times 28 = 6,6$$

$$M_{tx} = 0,001 \times 10,108 \times 4,8 \times 54 = 13$$

$$M_{ty} = 0,001 \times 10,108 \times 4,8 \times 60 = 14$$

VIA

$$M_{lx} = 0,001 \times 10,108 \times 4,8 \times 28 = 6,6$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 10,108 \times 4,8 \times 25 = 5,9$$

$$M_{tx} = 0,001 \times 10,108 \times 4,8 \times 60 = 14$$

$$M_{ty} = 0,001 \times 10,108 \times 4,8 \times 54 = 13$$

d) Perhitungan Penulangan

$$d = h - s_b - d / 2 = 500 - 20 - 10 / 2 = 475$$

Skema	Lokasi	Mu	Mn	As	Penulangan
VIA	Mlx	5.8708275	7.33853435	38.62387	10-120 mm
	Mly	6.5753268	8.219158472	43.25873	10-120 mm
	Mtx	12.680987	15.8512342	83.42755	10-120 mm
	Mty	14.089986	17.61248244	92.69728	10-120 mm
VIIB	Mlx	6.5753268	8.219158472	43.25873	10-120 mm
	Mly	5.8708275	7.33853435	38.62387	10-120 mm
	Mtx	14.089986	17.61248244	92.69728	10-120 mm
	Mty	12.680987	15.8512342	83.42755	10-120 mm

Jumlah tulangan

$$A_s / A_1 = A_s / 1/4 \times \pi \times D^2 = 7.33853435 / 1/4 \times 3,14 \times 10^2 = 0.000898544$$

Jarak tulangan

$$1000 / 0.000898544 = 1112911.599$$

$$\text{Jumlah tulangan actual} = 1000 / 400 = 2,50$$

Cek daktilitas

$$A_{\delta \text{ Aktual}} = 2,50 / 1/4 \times \pi \times d^2 = 2,50 / 1/4 \times 3,14 \times 10^2 = 20417.85$$

$$P_{\text{min}} = 1,4 / f_y = 1,4 / 400 = 0,0035$$

$$P = A\delta \text{ Aktual} / b \times h = 20417.85 / 1000 \times 120 = 0,17014875$$

Jumlah tulangan

$$A_s / A_1 = 0,17014875 / 0,1/4 \times \pi \times d^2 = 0.002168$$

$$\text{Jarak tulangan} = 1000 / 0.002168 = 461361.015$$

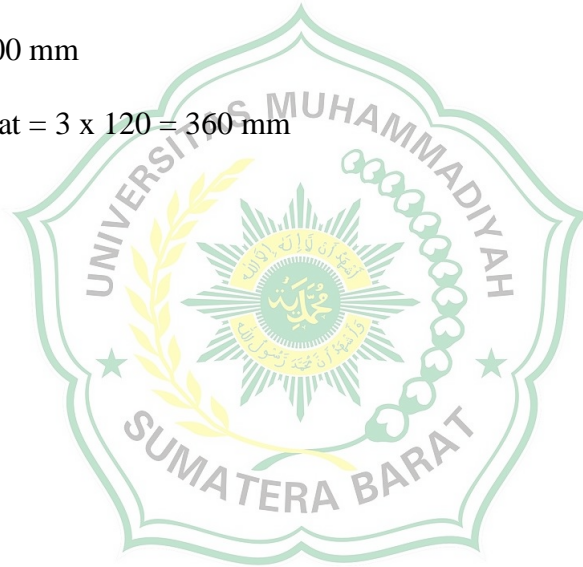
$$\text{Jumlah tulangan actual} = 1000 / 120 = 8.333333333$$

$$\begin{aligned} A\delta \text{ Aktual} &= 8.333333333 \times 1/4 \times \pi \times d^2 = 8.333333333 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 654.1666667 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Persyaratan jarak tulangan

$$\text{Jarak max} = 500 \text{ mm}$$

$$3 \text{ kali tebal pelat} = 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$$





## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Analisis kinerja struktur menggunakan metode nonlinier (*Pushover Analysis*) telah dilakukan pada gedung hotel Parai Kota Sawahlunto menggunakan aplikasi SAP 2000 versi 14, berdasarkan hasil evaluasi, simpangan total maksimum arah x dan y berada pada kondisi LS (*Life Safety*), *Life Safety* adalah batas aman pada gedung untuk digunakan sebelum mengalami keruntuhan. sedangkan simpangan inelastic maksimum arah x dan y berada pada kondisi *Life Safety*. beban dorong pada simulasi *Pushover* bangunan gedung keseluruhan terhenti pada simulasi beban dorong ke 10 atau step ke 10 sudah mengalami keruntuhan, step ke 10 adalah pada saat gedung tersebut diberikan beban dorong arah x dan y, dimana awal terjadinya keruntuhan telah muncul pada kolom lantai satu pada simulasi beban dorong ke tiga, untuk arah x dan y, simulasi *Pushover* adalah analisis beban dorong statik merupakan suatu analisis untuk mengetahui perilaku keruntuhan bangunan terhadap gempa. status kerusakan gedung pada beban dorong ke 10 sudah hampir mengalami keruntuhan yaitu pada peringatan titik C merupakan kapasitas ultimit dari elemen struktur gedung tersebut. sedangkan batas aman bangunan yang diizinkan dalam status *Life Safety*, yaitu pada gedung telah mengalami kerusakan akan tetapi masih aman untuk digunakan. yaitu pada gedung telah mengalami kerusakan akan tetapi masih aman untuk digunakan. simpangan total arah maksimum arah x 0,027 mm dengan gaya geser dasar diberikan sebesar -555.151, dan arah y 0,027 mm diberikan gaya geser sebesar -555.151, pada simpangan inelastic maksimum arah x 0,026 diberikan gaya geser sebesar -555.151, dan arah y 0,026 diberikan gaya geser sebesar -555.151.

#### 5.2 Saran

Karena bangunan berada dilembar yang berbatasan dengan sungai, perlu dianalisis lebih lanjut terhadap stabilitas lereng tersebut. analisis dapat dilakukan dengan acuan dari hasil evaluasi kinerja struktur atas dan gaya gaya dalam struktur atas yang telah dibuat penulis ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002. SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional.
- Batara, Ismail. 2021, Contoh Desain Struktur Bangunan Dengan SAP 2000, Mamuju.
- Juwana, Jimmy S. (2005). Panduan Sistem Bangunan Tinggi untuk Arsitek dan Praktisi Bangunan. Jakarta: Erlangga.
- Syaifuddin, Zuhri. (2011). Sistem Struktur pada Bangunan Bertingkat. Klaten: Yayasan Humaniora.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019). Jakarta



# LAMPIRAN



DOKUMENTASI HOTEL PARAI KOTA

SAWAHLUNTO DARI 4 SISI







