

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Data Umum Bangunan

Nama Gedung : Gedung Pendidikan Bersama Fakultas Kedokteran Universitas

Brawijaya

Lokasi : Jl. Veteran, Kota Malang, Jawa Timur

Fungsi : Gedung Perkuliahan

Jumlah lantai : 10

Luas gedung : 2455 m<sup>2</sup>

Tinggi gedung : 47 m (tidak termasuk atap)

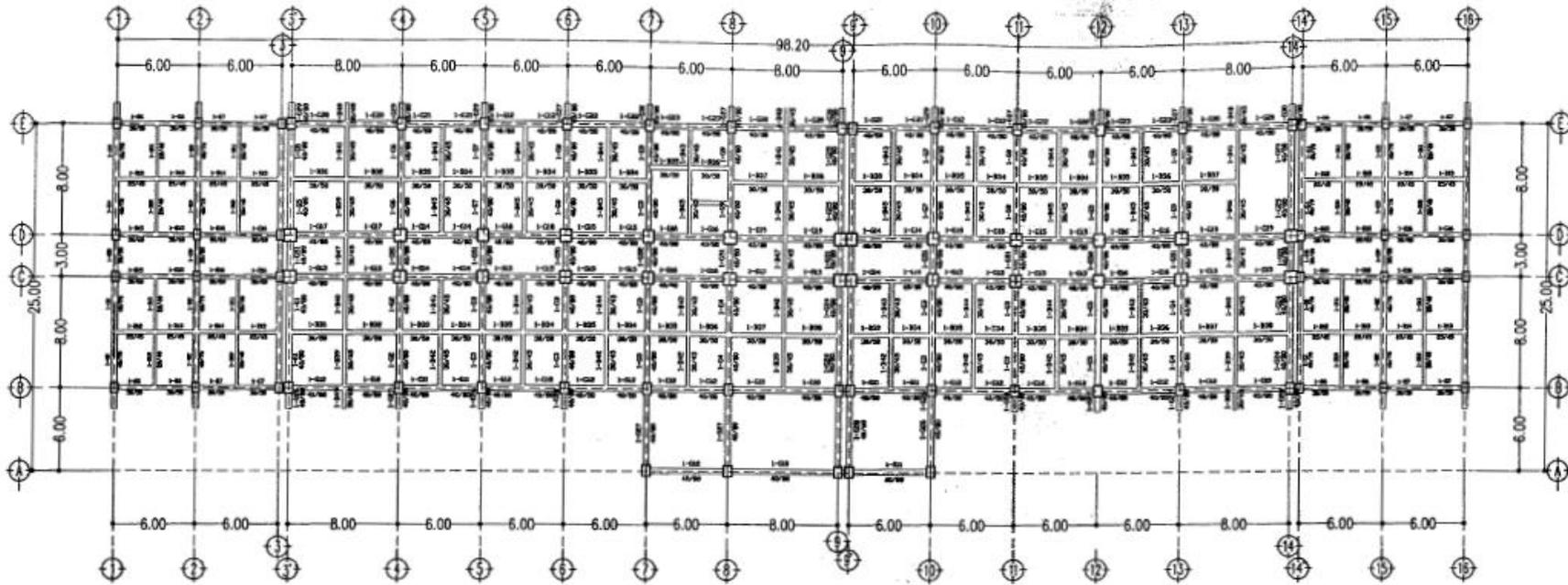
### 3.2 Preliminary Design

Dalam analisis performa ketahanan gempa, struktur gedung dimodelkan menjadi lima tipe struktur yaitu, Tipe A berupa struktur portal terbuka biasa, Tipe B berupa struktur portal terbuka dengan kombinasi *single diagonal braced frame*, Tipe C berupa struktur portal terbuka dengan kombinasi *X-shape braced frame*, Tipe D berupa struktur portal terbuka dengan kombinasi *V-shape braced frame*, Tipe E berupa struktur portal terbuka dengan kombinasi *chevron shape braced frame*. Adapun mutu material yang digunakan pada pemodelan masing-masing tipe struktur gedung adalah sebagai berikut:

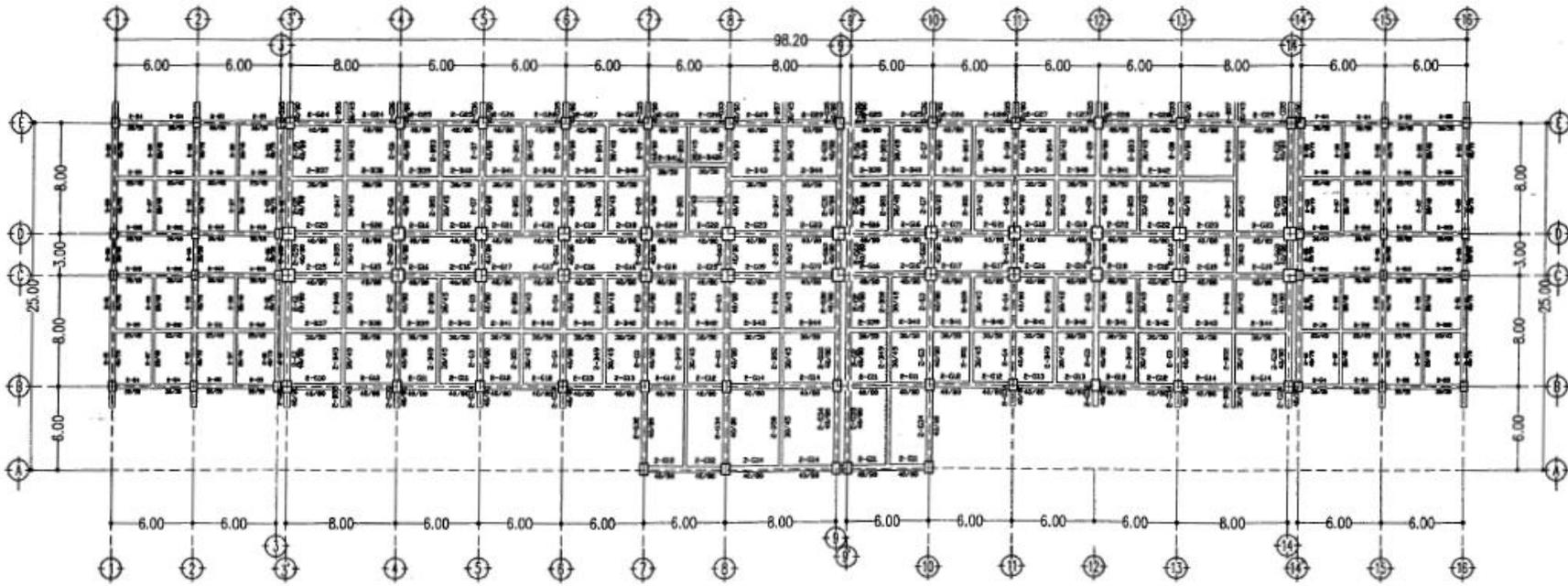
Tabel 3.1 *Mutu Bahan*

Bahan	Mutu
Beton	K-350 ( $f'c = 29,05$ MPa)
Tulangan Ulir	U-39 ( $f_y = 390$ MPa)
Tulangan Polos	U-24 ( $f_y = 240$ MPa)

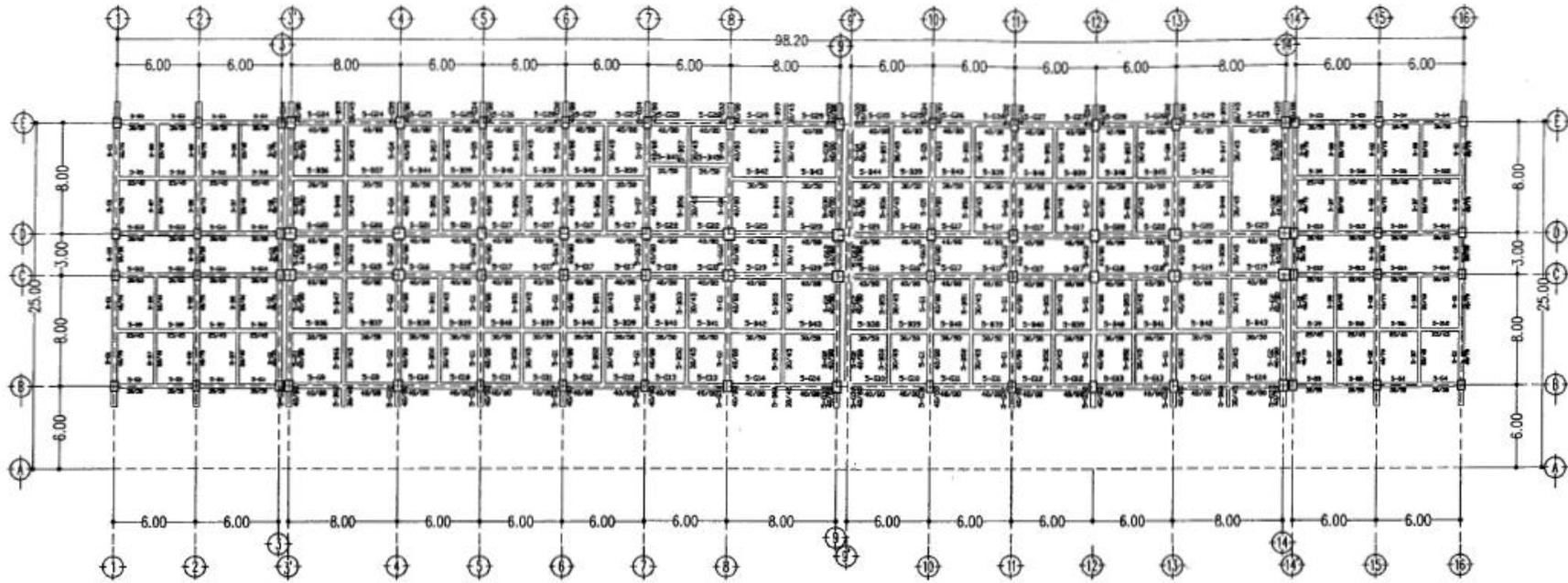
Sumber: Pengolahan penulis



Gambar 3.1 Denah Balok Lantai Dasar GPB FK UB

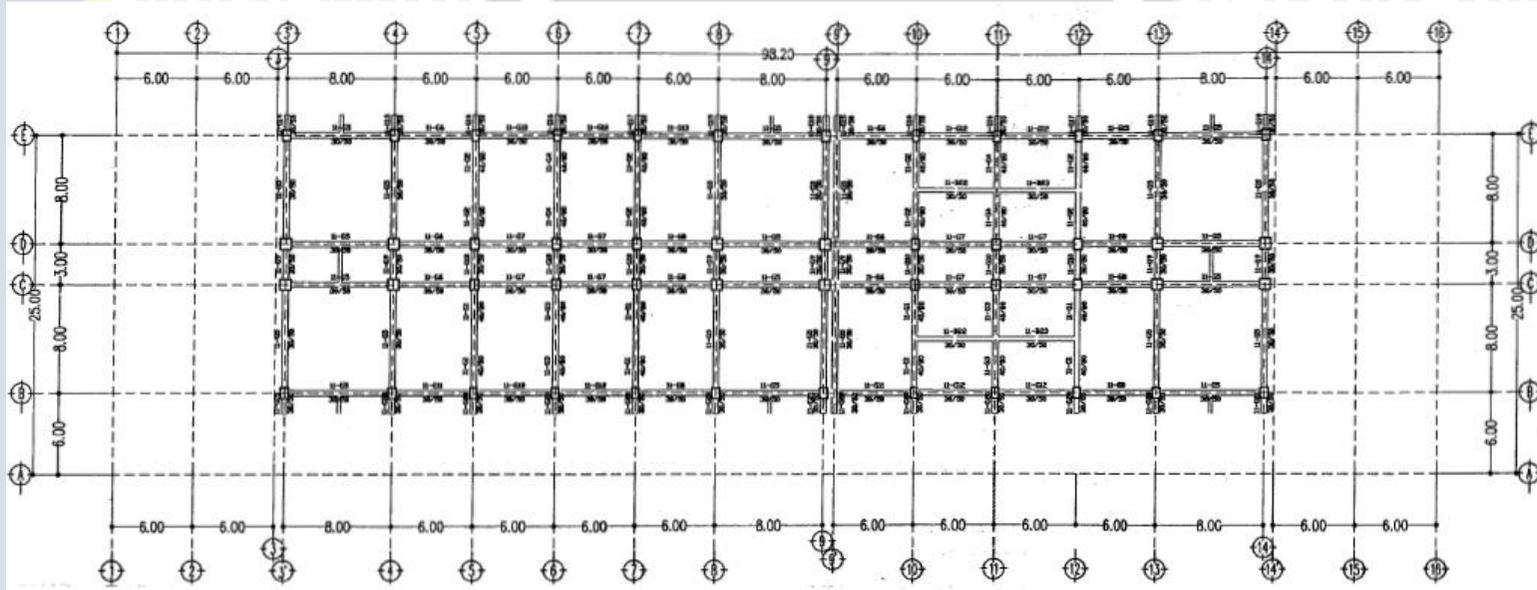


Gambar 3.2 Denah Balok Lantai 1 GPB FK UB



Gambar 3.3 Denah Balok Tipikal Lantai 2 - 4 GPB FK UB





Gambar 3.5 Denah Balok Lantai Atap GPB FK UB

### 3.3 Pembebanan

Pembebanan pada masing-masing tipe struktur mengacu pada Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung 1987. Dimana perhitungan beban hidup ditetapkan sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$  untuk gedung perkuliahan, serta  $100 \text{ kg/m}^2$  untuk beban lantai atap. Respon spektrum gempa didapatkan melalui perhitungan respon spektrum gempa desain yang mengacu pada SNI - 1726 - 2012.

### 3.4 Kombinasi Pembebanan

Dalam perencanaan model struktur, ditetapkan kombinasi pembebanan seperti ditunjukkan oleh Tabel 3.2.

Tabel 3.2 *Kombinasi Pembebanan Pada Model Struktur*

Kombinasi Pembebanan
a. $1,4D$
b. $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
c. $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
d. $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
e. $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
f. $0,9D + 1,0W$
g. $0,9D + 1,0E$

Sumber: SNI 1727: 2013

### 3.5 Pemodelan Struktur

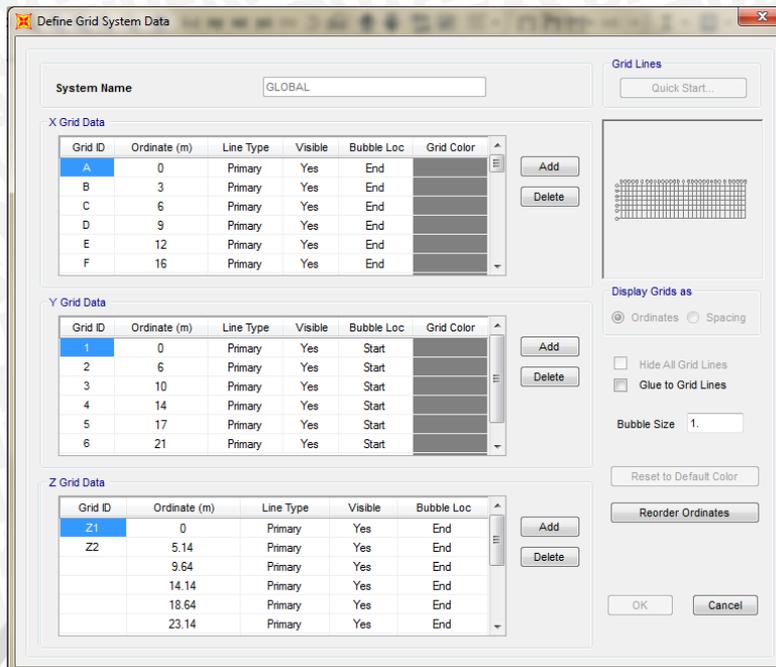
Pemodelan masing-masing tipe struktur akan dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 v18, dimana pemodelan dilakukan secara tiga dimensi untuk mengetahui perilaku struktur. Struktur bangunan dimodelkan dengan menghilangkan dilatasi, agar dapat menganalisis perilaku bangunan eksisting secara utuh.

Elemen balok, kolom, plat, dan bresing baja dimodelkan sesuai dengan mutu bahan dan dimensi dari masing-masing elemen struktur eksisting. Serta pondasi masing-masing struktur dimodelkan dengan tumpuan jepit.

#### 3.5.1 Pemodelan Elemen Struktur

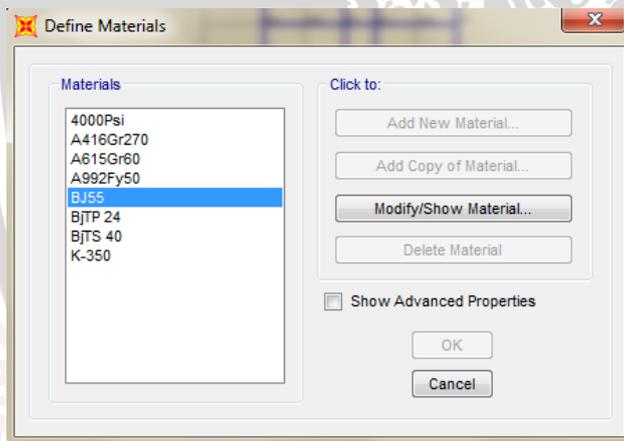
Dalam analisis Statik Non-linier Pushover, elemen-elemen struktur gedung dimodelkan ke dalam program SAP2000 v18. Dimana langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut:

## 1. Modeling Grid



Gambar 3.6 Kotak Dialog Define Grid System Data

## 2. Input Mutu Material



Gambar 3.7 Kotak Dialog Define Material

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: K-350

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 2400

Mass per Unit Volume: 245.0143

Units: Kgf, m, C

**Isotropic Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 2.583E+09

Poisson, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 1.076E+09

**Other Properties for Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength,  $f_c$ : 2962275.5

Expected Concrete Compressive Strength: 2962275.5

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor: [ ]

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Gambar 3.8 Input Mutu Beton K-350 pada SAP2000 v18

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: BJTS 40

Material Type: Rebar

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 7850

Mass per Unit Volume: 800.4772

Units: Kgf, m, C

**Uniaxial Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 2.039E+10

Poisson, U: 0

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 0

**Other Properties for Rebar Materials**

Minimum Yield Stress, Fy: 39768931

Minimum Tensile Stress, Fu: 57104107

Expected Yield Stress, Fye: 39768931

Expected Tensile Stress, Fue: 57104107

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Gambar 3.9 Input Tulangan BJTS 40 pada SAP2000 v18

Sebagai pendekatan, tulangan ulir U-39 ( $f_y = 390$  Mpa) diganti dengan BJTS 40 ( $f_y = 390$  Mpa dan  $f_u = 550$  Mpa) yang sesuai dengan SNI 2052:2014.

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: BJTP 24

Material Type: Rebar

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 7850

Mass per Unit Volume: 800.4772

Units: Kgf, m, C

**Uniaxial Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 2.039E+10

Poisson, U: 0

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 0

**Other Properties for Rebar Materials**

Minimum Yield Stress, Fy: 23963331

Minimum Tensile Stress, Fu: 38749215

Expected Yield Stress, Fye: 23963331

Expected Tensile Stress, Fue: 38749215

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Gambar 3.10 Input Tulangan BJTP 24 pada SAP2000 v18

Sebagai pendekatan, tulangan polos U-24 ( $f_y = 240$  Mpa) diganti dengan BJTP 24 ( $f_y = 235$  Mpa dan  $f_u = 380$  Mpa) yang sesuai dengan SNI 2052:2014.

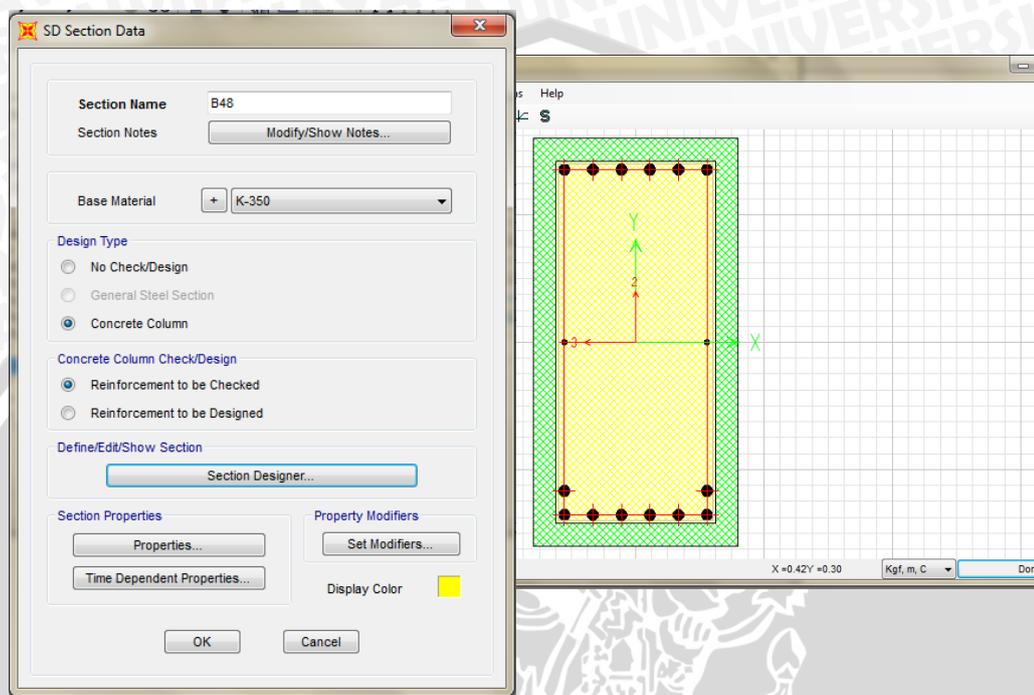
Gambar 3.11 Input Material Baja BJ55 pada SAP2000 v18

### 3. Input Dimensi Penampang

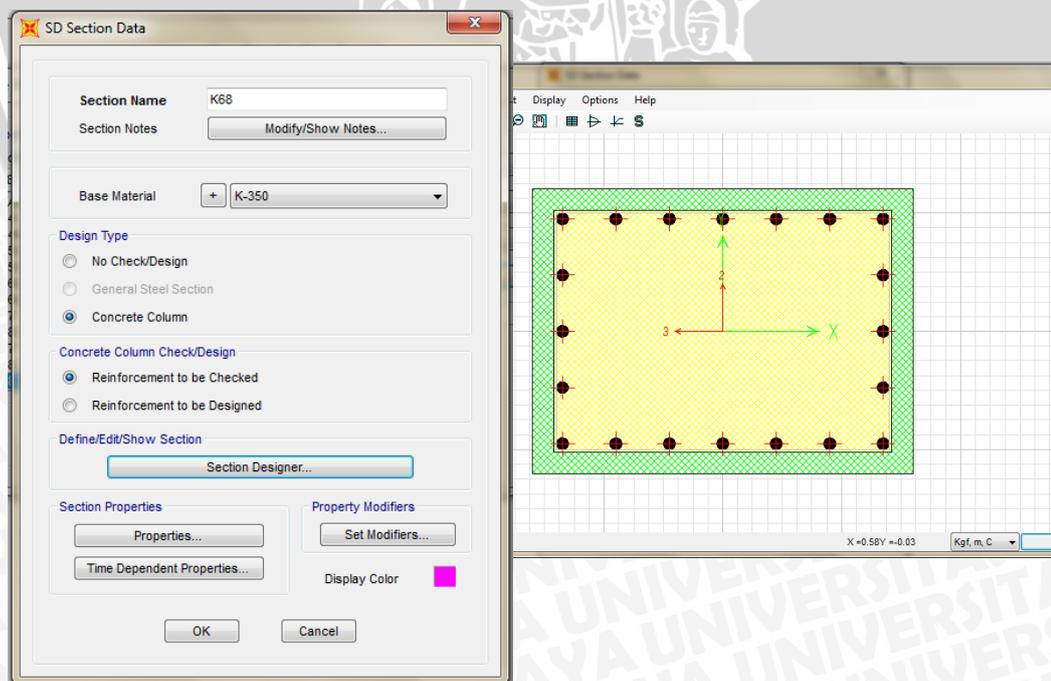
Pemodelan dimensi balok, kolom, dan pelat disesuaikan dengan gambar perencanaan struktur GPBFKUB, yaitu sebagai berikut:

Gambar 3.12 Input Penampang Balok, Kolom, dan Profil Baja Bresing

Pada kotak dialog *Frame Properties* terdapat 9 jenis balok, dan 6 jenis kolom yang dimensi dan tulangnya disesuaikan dengan gambar perencanaan struktur GPBFKUB. Dimana masing-masing elemen tersebut dimodelkan dengan menggunakan *Section Designer*.



Gambar 3.13 *Section Designer* Profil Balok 40 x 80 cm<sup>2</sup>



Gambar 3.14 *Section Designer* Profil Kolom 60 x 80 cm<sup>2</sup>

**Shell Section Data**

Section Name: S12

Section Notes:

Display Color: ■

**Type**

Shell - Thin

Shell - Thick

Plate - Thin

Plate Thick

Membrane

Shell - Layered/Nonlinear

**Thickness**

Membrane: 0.12

Bending: 0.12

**Material**

Material Name: + K-350

Material Angle: 0.

**Time Dependent Properties**

**Concrete Shell Section Design Parameters**

**Stiffness Modifiers**

**Temp Dependent Properties**

**Concrete Shell Section Design Parameters**

Section Name: S12

**Rebar Material**

Material: + BJTP 24

**Rebar Layout Options**

Default

One Layer

Two Layers

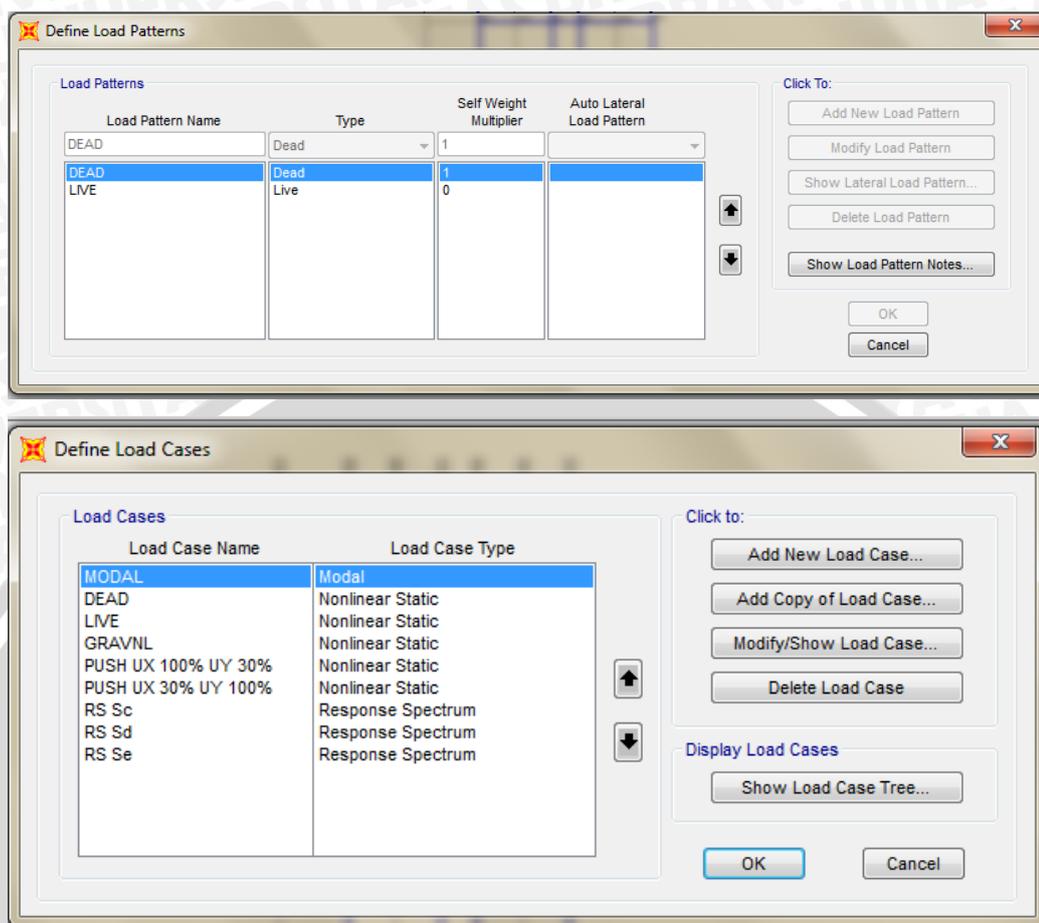
**Cover to Centroid of Steel**

Top Bar - Direction 1	0.03
Top Bar - Direction 2	0.03
Bottom Bar - Direction 1	0.03
Bottom Bar - Direction 2	0.03

Gambar 3.15 Pemodelan Pelat Lantai

Pelat lantai dengan tebal 12 cm dimodelkan ke dalam SAP2000 dengan dua lapis tulangan BJTP24 dan tebal selimut beton 3 cm.

#### 4. Input Beban Statik, Beban Gempa, dan Kombinasi Beban



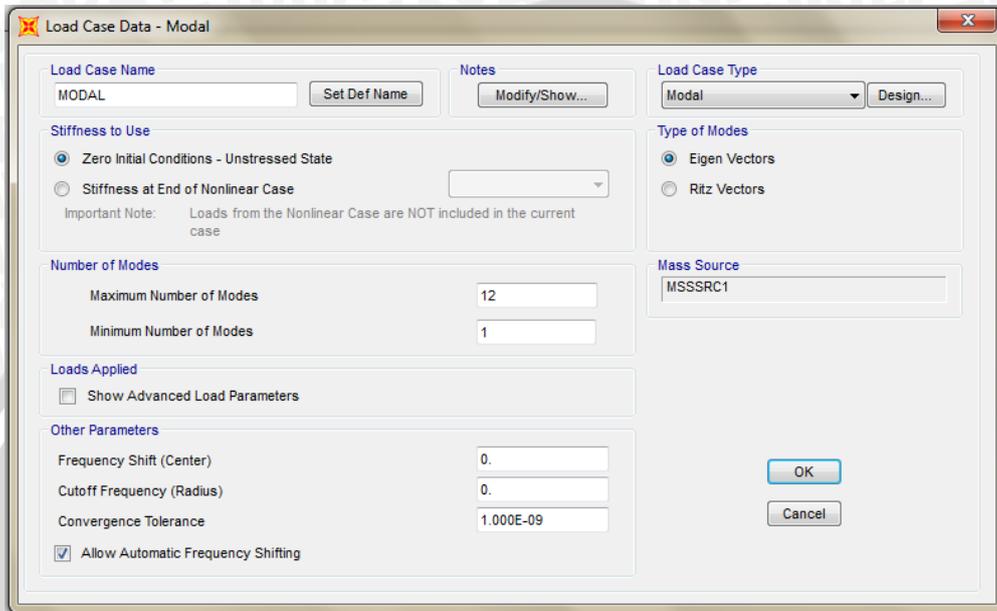
Gambar 3.16 Input Beban yang Bekerja pada Struktur

Keterangan:

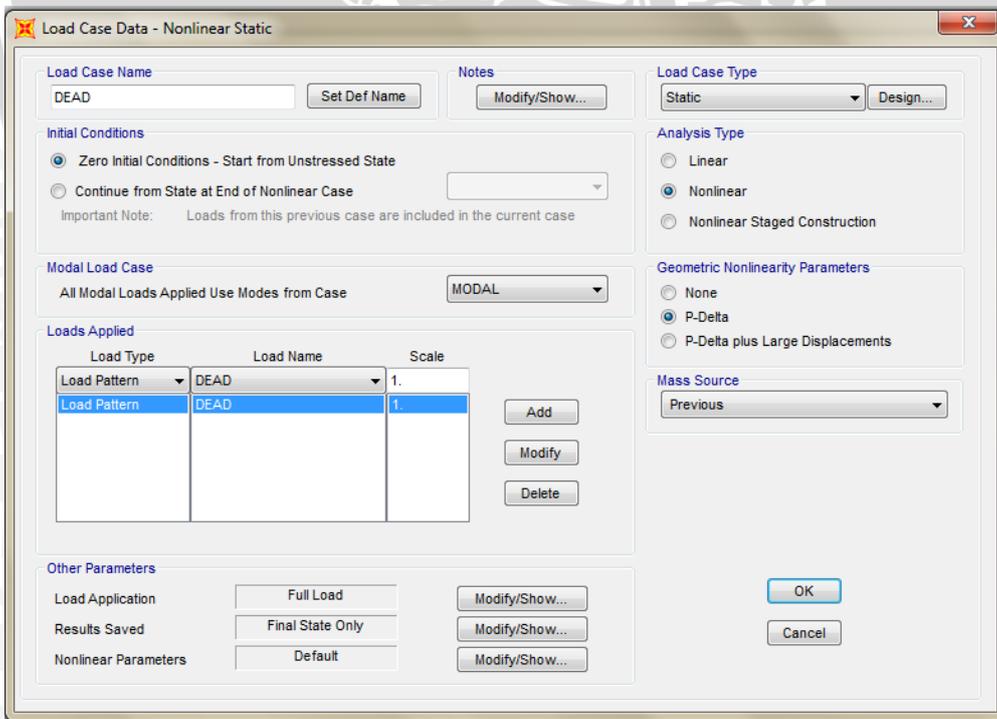
- MODAL : untuk menentukan mode shape yang terjadi dan partisipasi massa
- DEAD : beban mati yang diperhitungkan dalam struktur, mencakup beban balok, kolom, pelat, beban atap, serta beban dinding
- LIVE : beban hidup yang diperhitungkan dalam struktur, mencakup beban kerja berdasarkan PPIUG 1986
- GRAVNL: beban mati ditambah beban hidup yang diperhitungkan dalam struktur
- PUSH UX100% UY30% : beban gempa berupa akselerasi 100% ke sumbu X dan 30% ke sumbu Y yang digunakan untuk analisis *Pushover*
- PUSH UX30% UY1000% : beban gempa berupa akselerasi 30% ke sumbu X dan 100% ke sumbu Y yang digunakan untuk analisis *Pushover*
- RS Sc : percepatan gempa dari respon spektrum desain untuk tanah keras berdasarkan SNI 1726; 2012

- h. RS Sd : percepatan gempa dari respon spektrum desain untuk tanah sedang berdasarkan SNI 1726; 2012
- i. RS Se : percepatan gempa dari respon spektrum desain untuk tanah lunak berdasarkan SNI 1726; 2012

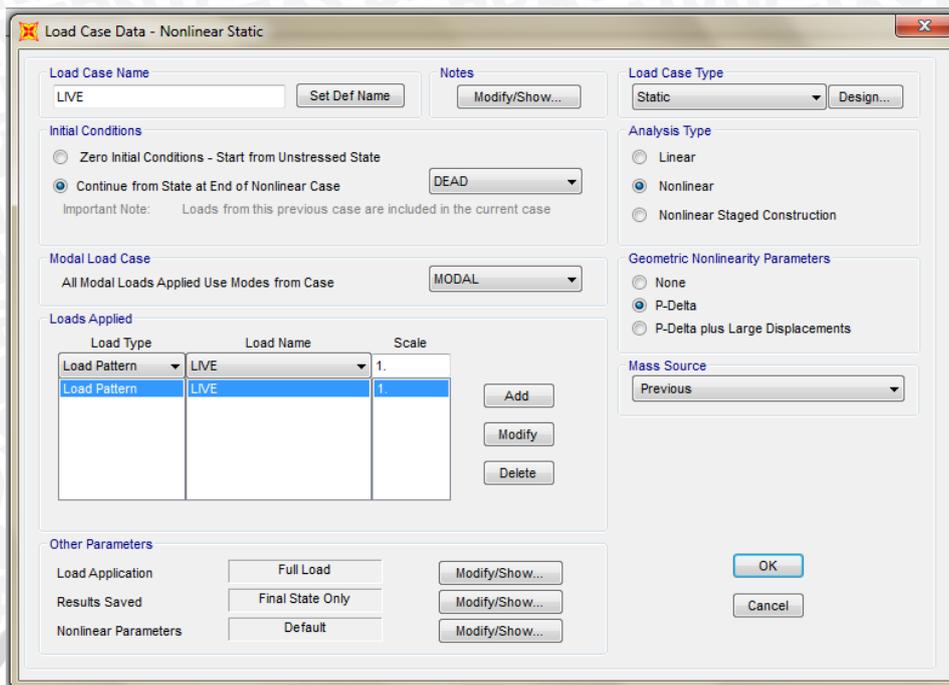
Pendefinisian dari beban-beban diatas ditunjukkan oleh gambar berikut:



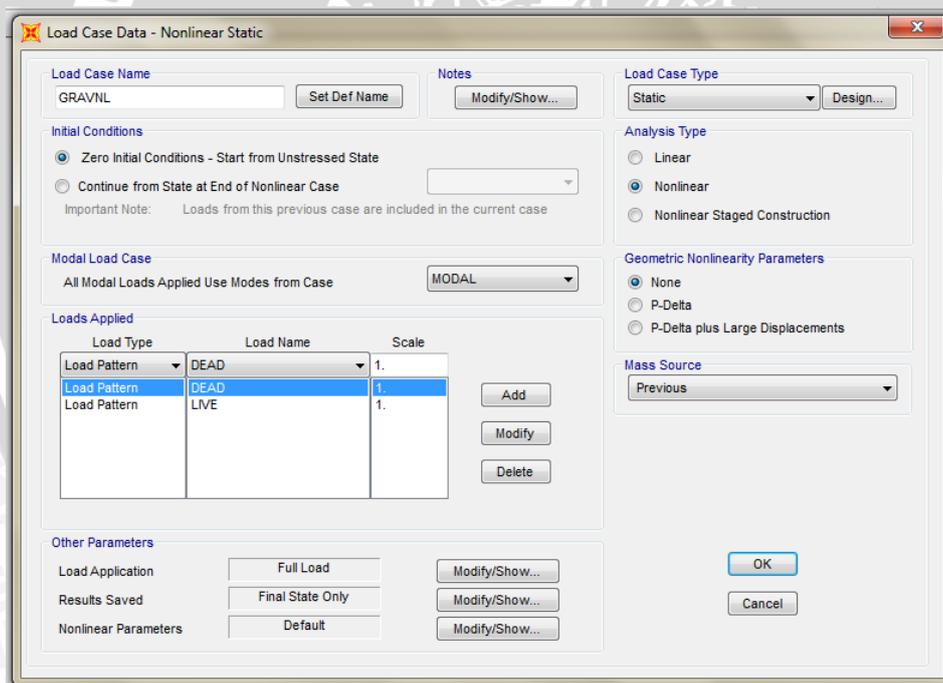
Gambar 3.17 Konfigurasi Modal



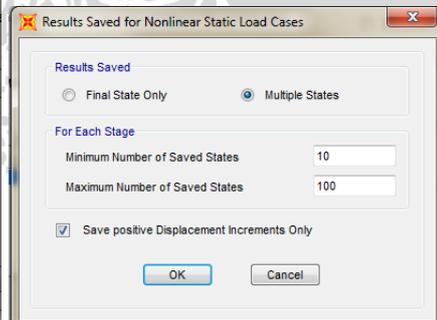
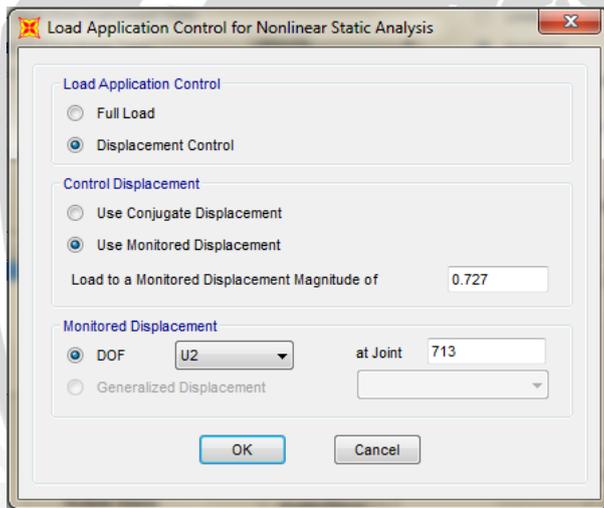
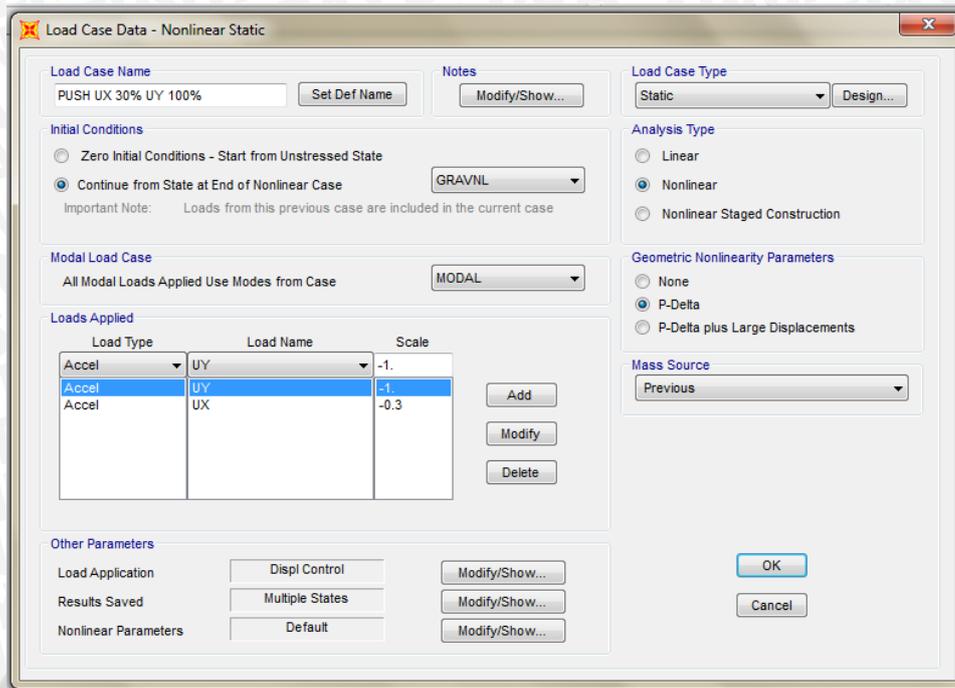
Gambar 3.18 Konfigurasi Beban Mati (DEAD)



Gambar 3.19 Konfigurasi Beban Hidup (LIVE)

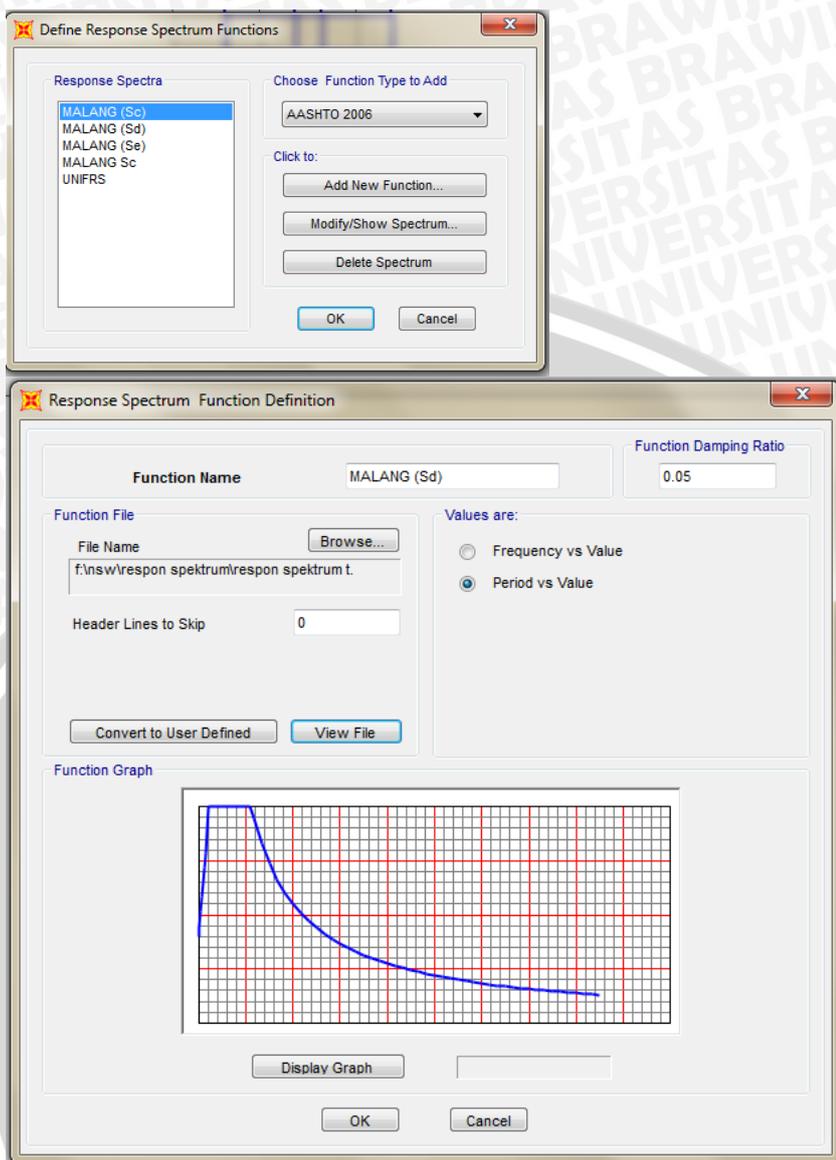


Gambar 3.20 Konfigurasi Beban Hidup Ditambah Beban Mati (GRAVNL)

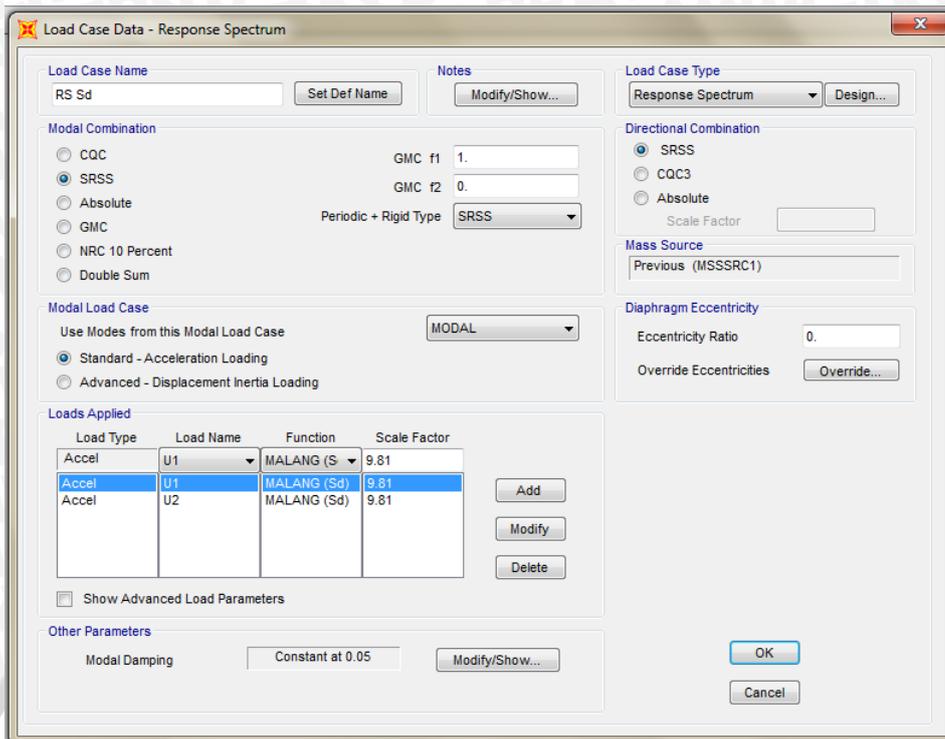


Gambar 3.21 Konfigurasi Beban Push 30% UX 100% UY

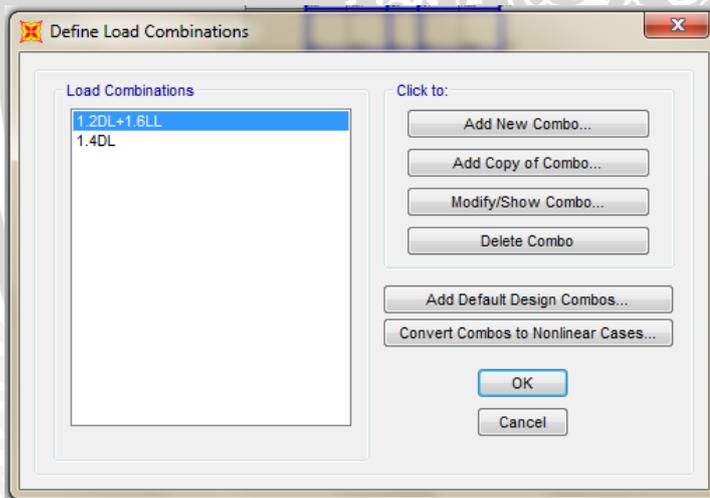
Pada kotak dialog *Load Application* digunakan *Displacement Control* dimana *Monitored Displacement* pada join 713. Sedangkan pada kotak dialog *Result Saved* digunakan *Multiple States* dengan *Minimum Number of Saved States* = 10 dan *Maximum Number of Saved States* = 100 untuk mendapatkan bentuk kurva *Capacity* yang lebih halus.



Gambar 3.22 Input Fungsi Respon Spektrum Tanah Sedang



Gambar 3.23 Konfigurasi Respon Spektrum Desain Berdasarkan SNI 1726:2012

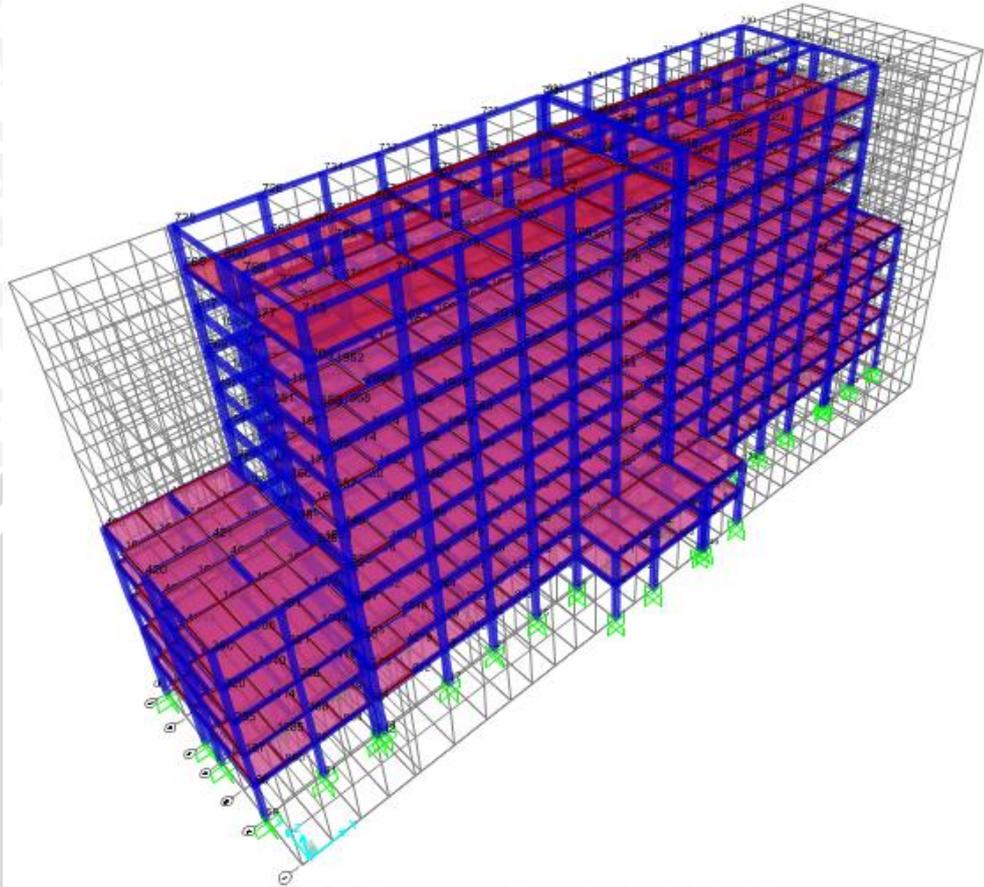


Gambar 3.24 Kombinasi Pembebanan

## 5. Pemodelan Struktur

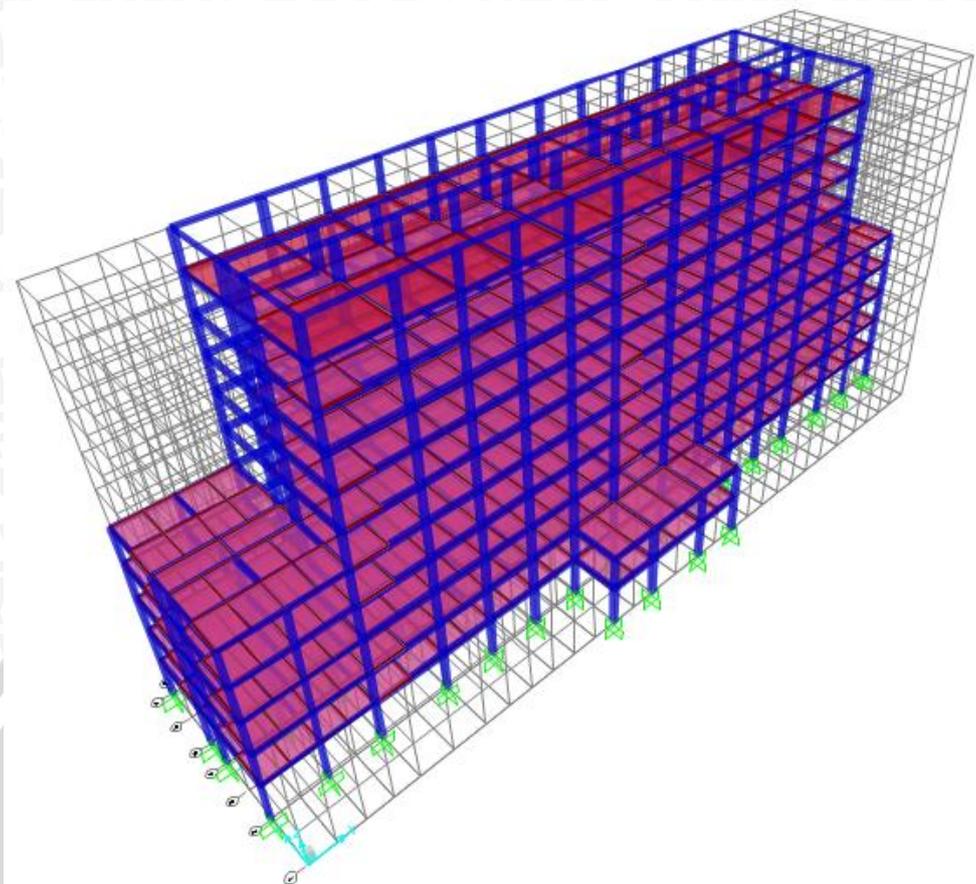
Seperti yang telah dijelaskan pada subbab 3.2 terdapat lima model struktur yang akan dianalisis dengan metode statik non-linier *pushover*, yaitu struktur Tipe A, Tipe B, Tipe D, dan Tipe E. Namun untuk dapat mengetahui pengaruh dihilangkannya fungsi dilatasi terhadap struktur, maka akan dilakukan analisis tambahan terhadap Struktur Asli dengan Dilatasi (OD) dan Struktur Asli Tanpa

Dilatasi (OND). Berikut merupakan pemodelan dari masing-masing jenis struktur pada program SAP2000 v18.



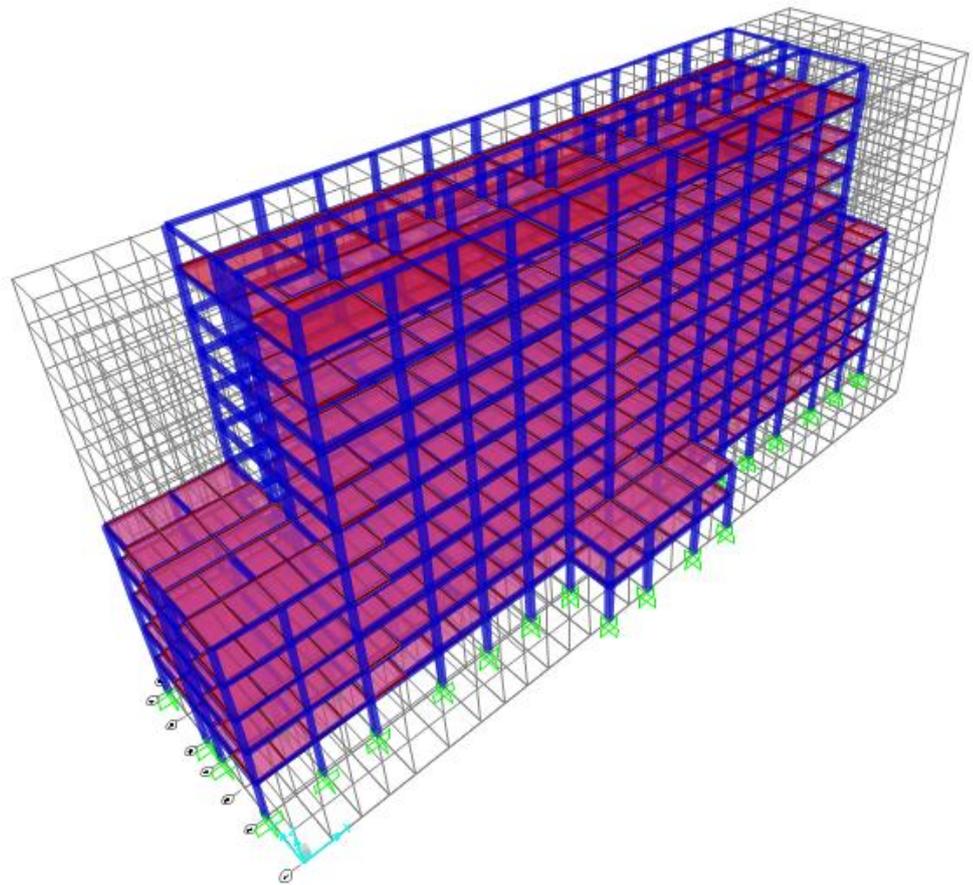
Gambar 3.25 Pemodelan Struktur Asli dengan Dilatasi (OD)



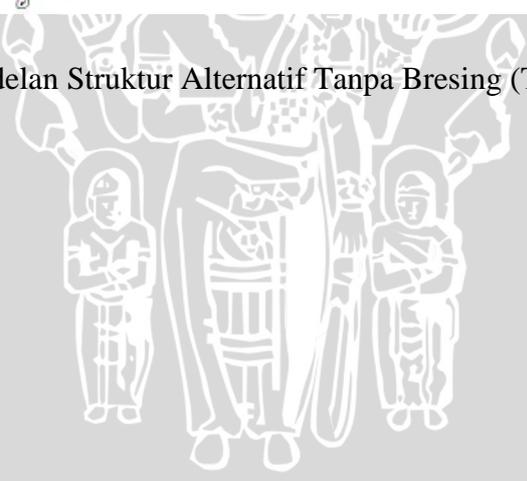


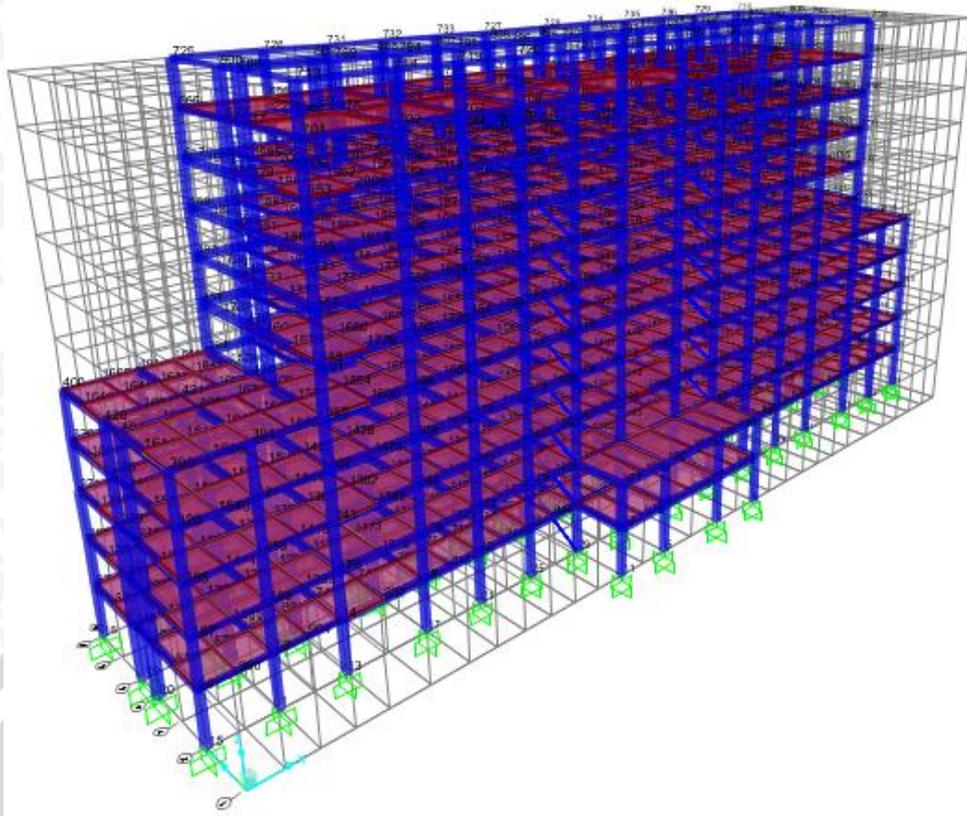
Gambar 3.26 Pemodelan Struktur Asli Tanpa Dilatasi (OND)



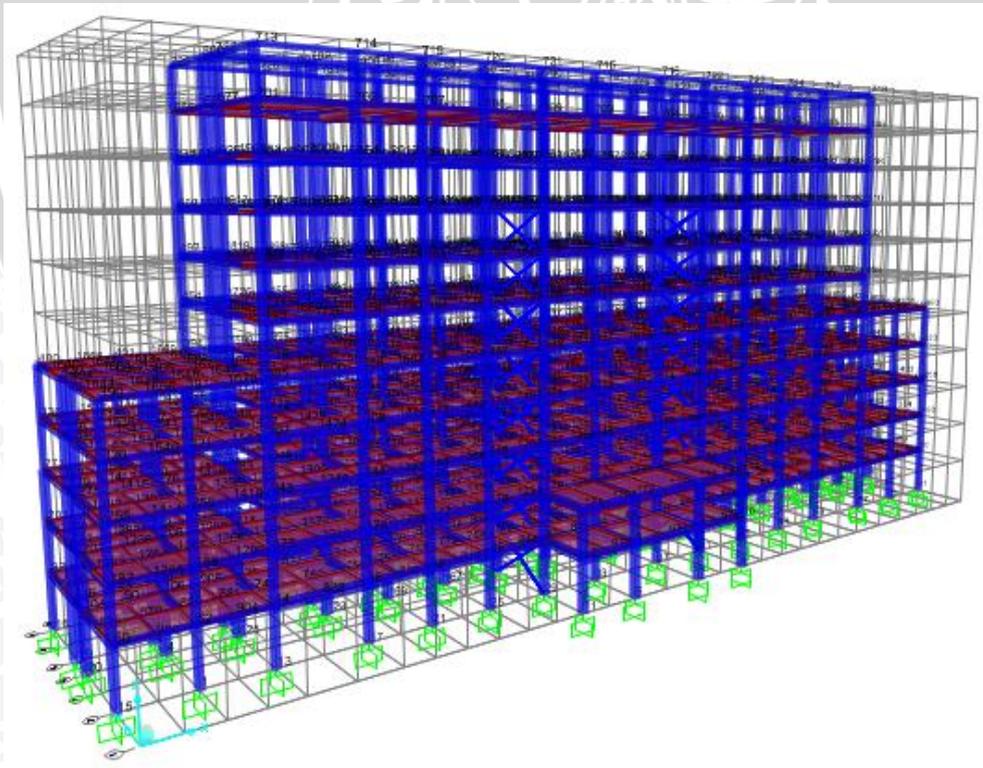


Gambar 3.27 Pemodelan Struktur Alternatif Tanpa Bresing (Tipe A)

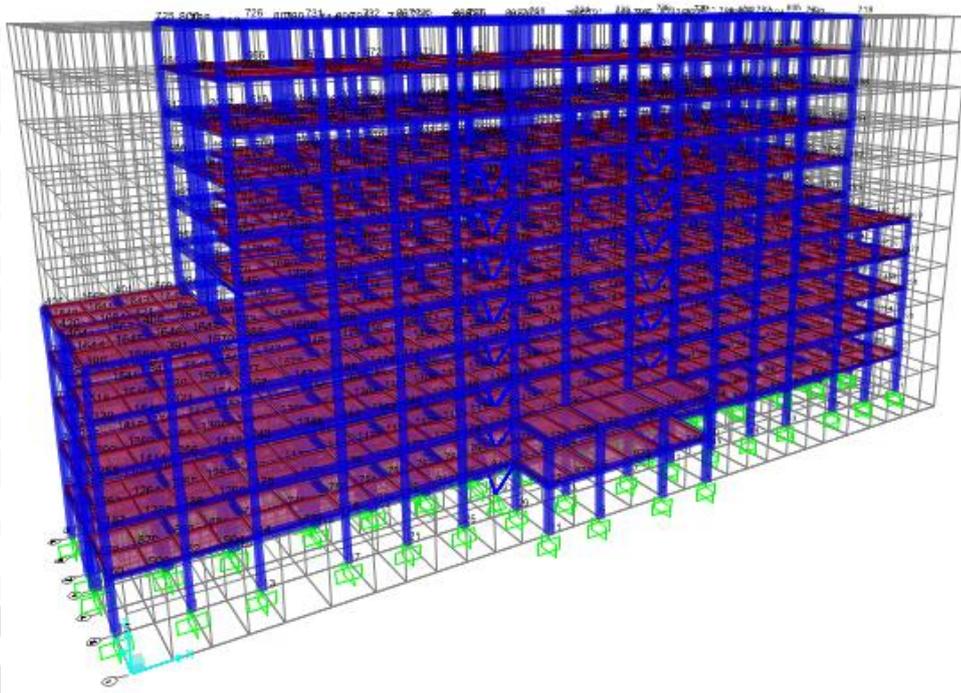




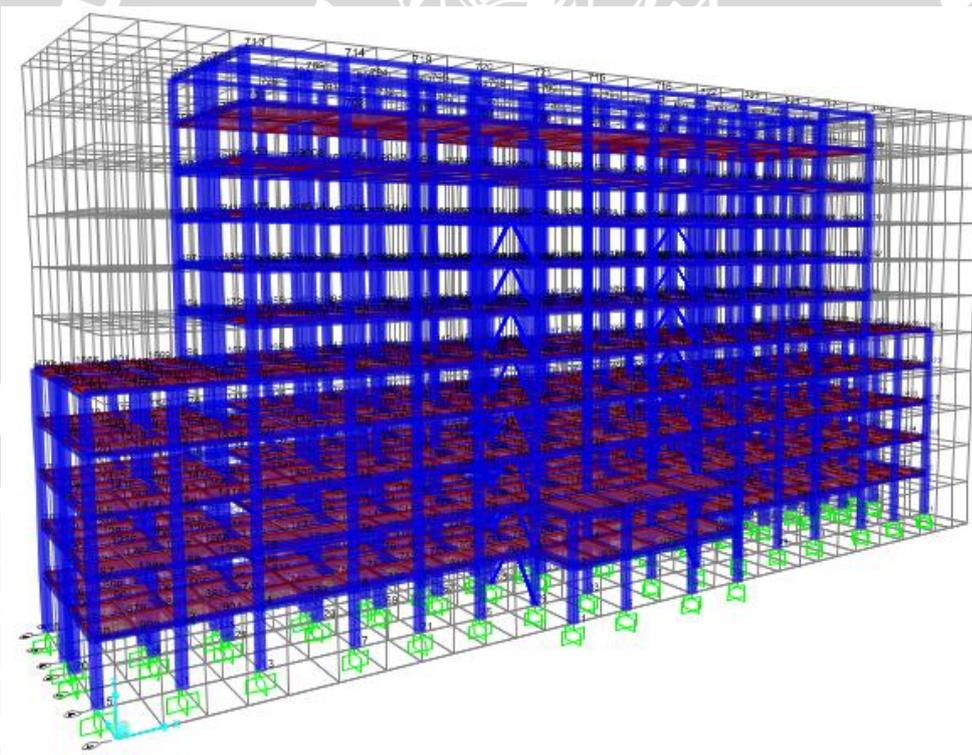
Gambar 3.28 Pemodelan Struktur Alternatif dengan Single Brace (Tipe B)



Gambar 3.29 Pemodelan Struktur Alternatif dengan X Brace (Tipe C)

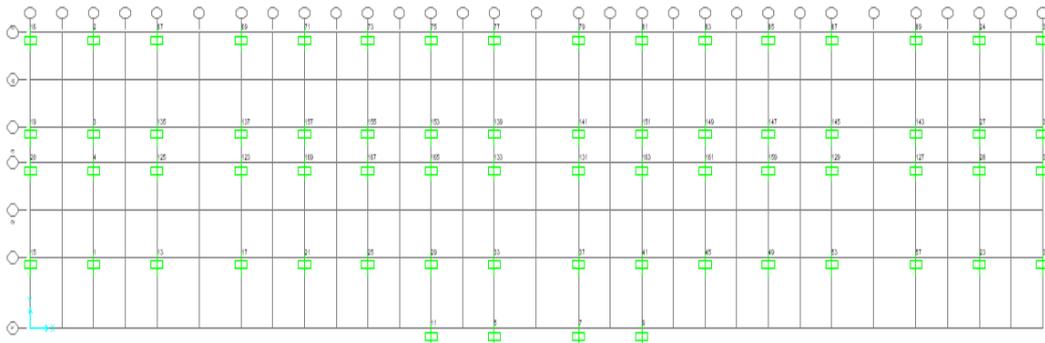


Gambar 3.30 Pemodelan Struktur Alternatif dengan V Brace (Tipe D)



Gambar 3.31 Pemodelan Struktur Alternatif dengan A Brace (Tipe E)

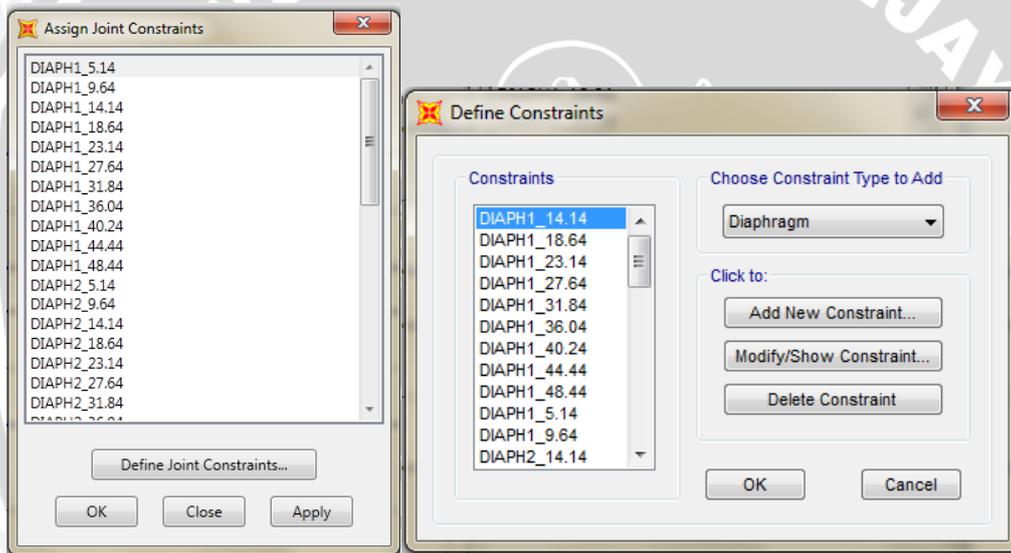
## 6. Input Tumpuan



Gambar 3.32 Pendefinisian Tumpuan Pada Struktur

Tumpuan pada struktur dipasang pada setiap kaki kolom, dimana tumpuan pada masing-masing kaki kolom didefinisikan dengan tumpuan jepit.

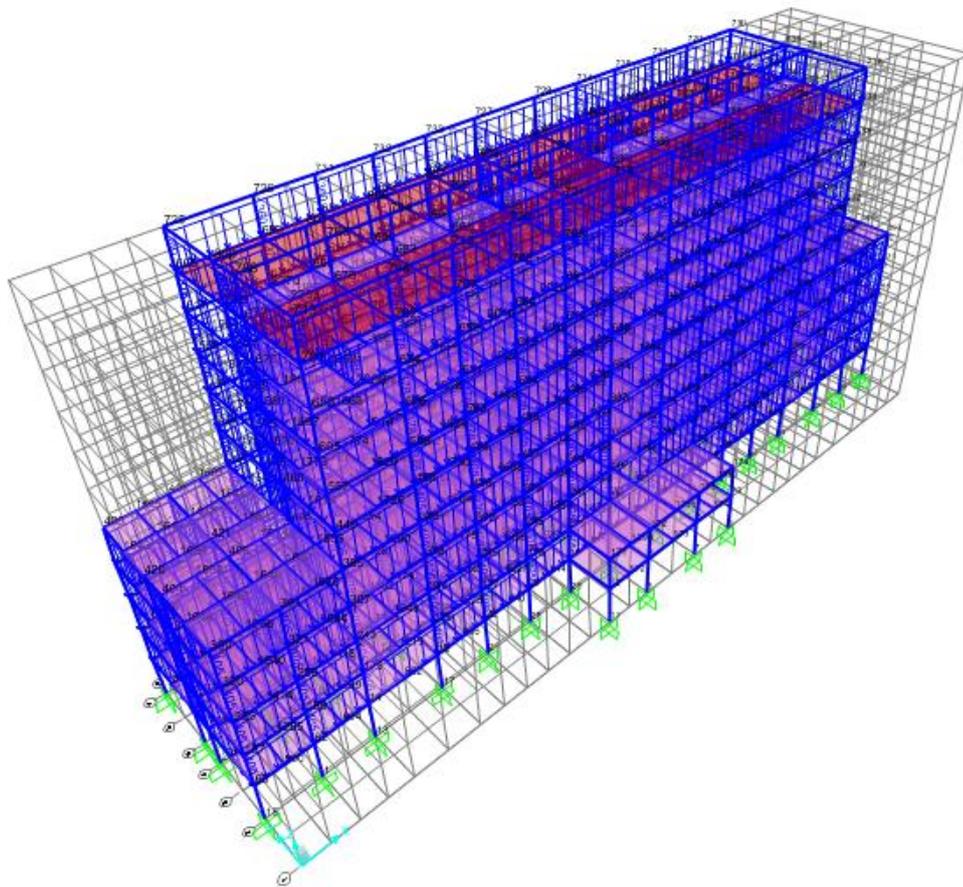
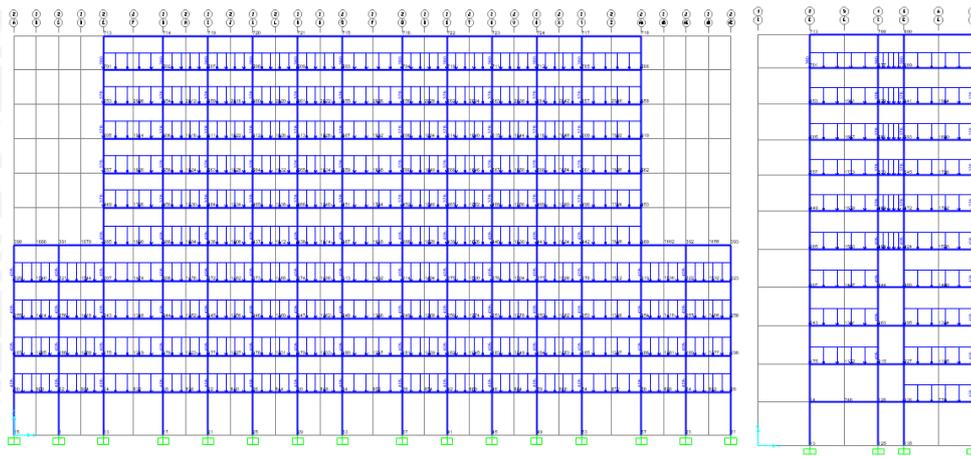
## 7. Mendefinisikan Joint pada Struktur



Gambar 3.33 Pendefinisian Joint Constrain pada Model Struktur

Setiap joint didefinisikan sebagai diafragma, yaitu mengikat struktur secara keseluruhan dan menyatukan pelat dengan balok, yang terbagi atas tiap-tiap lantai.

8. *Input Pembebanan*

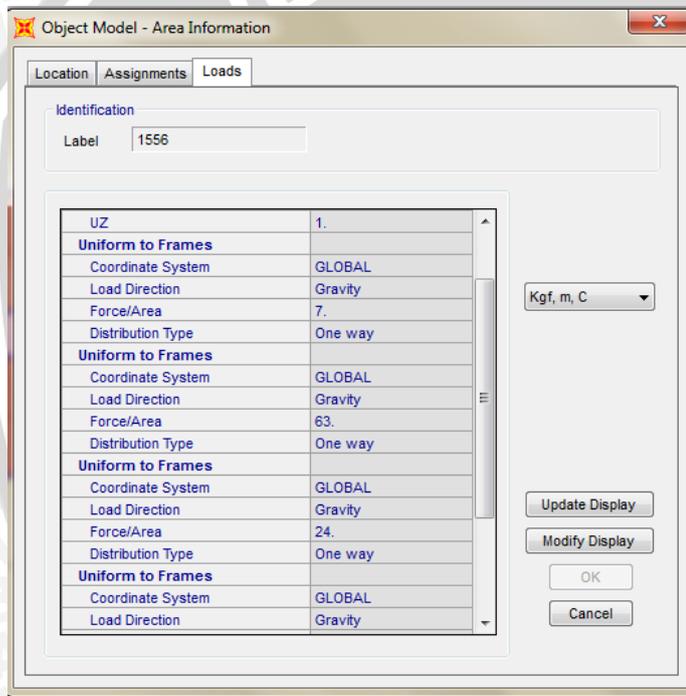


Gambar 3.34 Pemodelan Beban Dinding pada Model Struktur

Besar beban dinding yang dimodelkan pada model struktur adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3 Berat Dinding Tiap Tingkat

Lantai	h (m)	Berat dinding (Kg/m)
1	4.5	405
2	4.5	405
3	4.5	405
4	4.5	405
5	4.5	405
6	4.2	378
7	4.2	378
8	4.2	378
9	4.2	378
10	4	360
Atap	-	



Gambar 3.35 Pendefinisian Beban pada Pelat Lantai

Pemodelan beban mati dan beban hidup pada pelat lantai adalah sebagai berikut:

Spesi (tebal = 3 cm) =  $63 \text{ kg/m}^2$

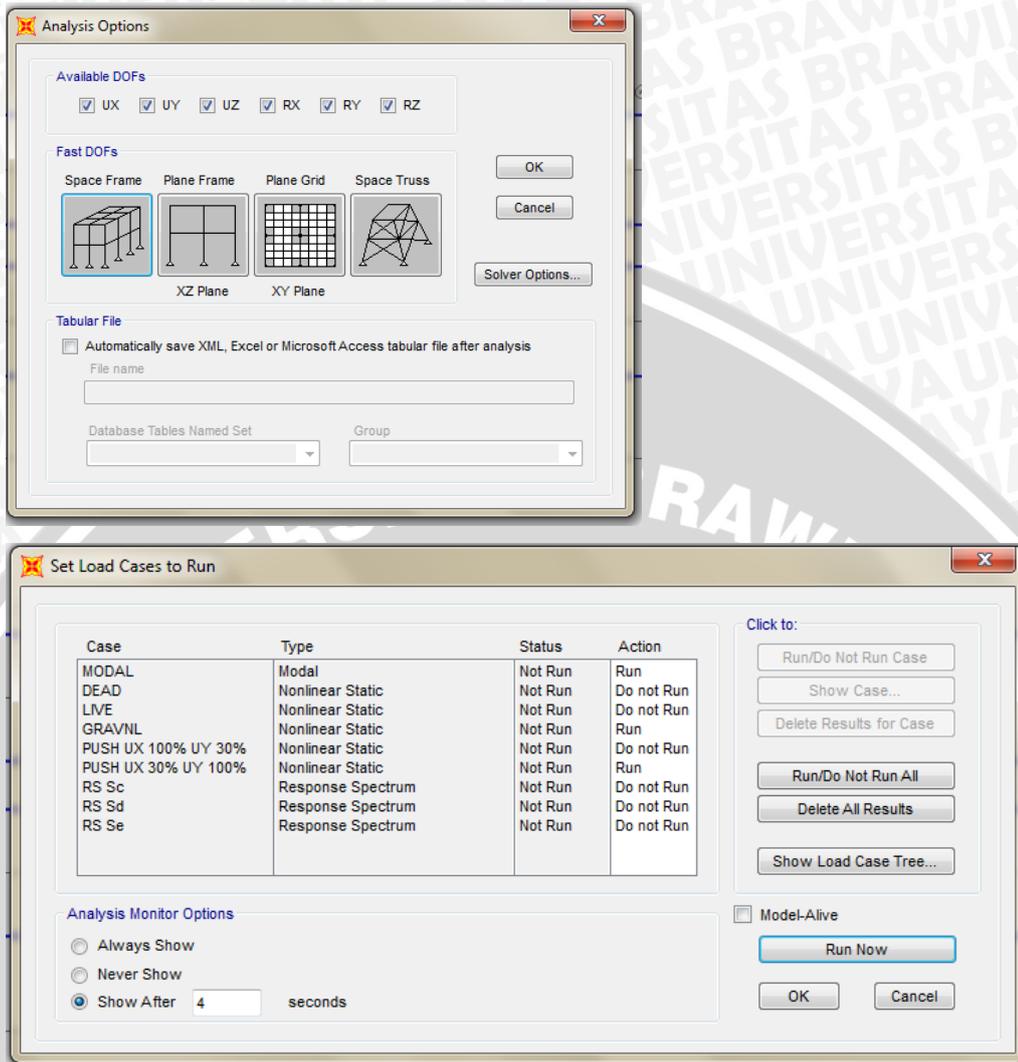
Keramik =  $24 \text{ kg/m}^2$

Plafon =  $11 \text{ kg/m}^2$

Penggantung plafon =  $7 \text{ kg/m}^2$

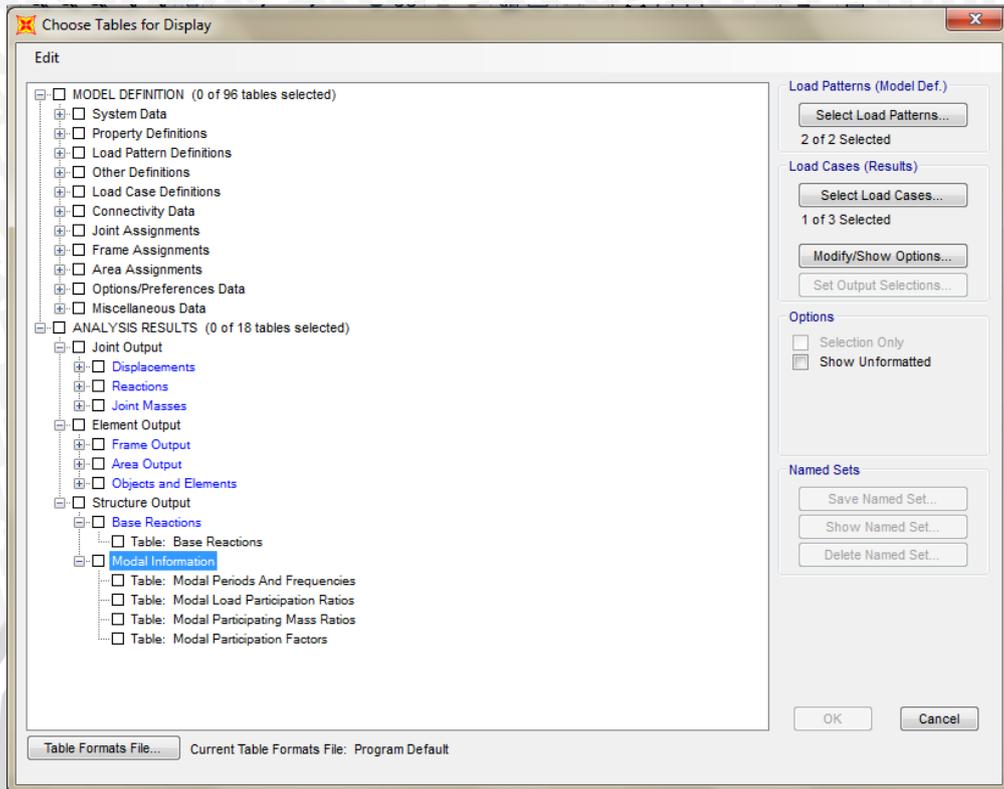
Beban hidup =  $250 \text{ kg/m}^2$  (untuk gedung perkuliahan)

9. Analisis Struktur



Gambar 3.36 Analisis Model Struktur

## 10. Pembacaan Hasil Analisis



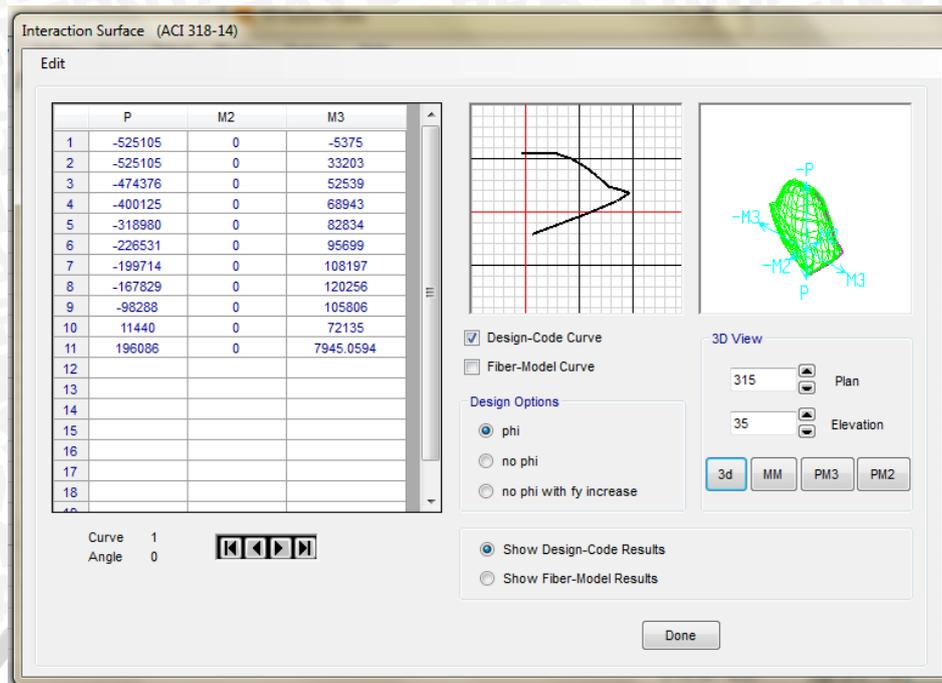
Gambar 3.37 Daftar Hasil Analisis yang Akan Ditampilkan

Hasil analisis yang diperlukan untuk analisis antara lain:

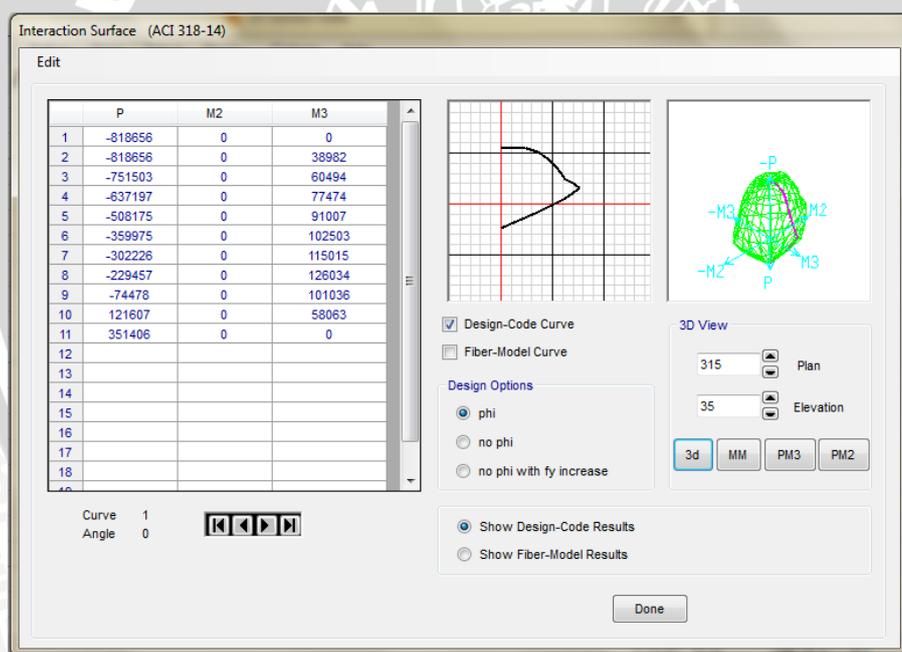
1. Besarnya deformasi lateral struktur
2. Tingkat pelayanan struktur berdasarkan ATC 40
3. Waktu getar alami struktur
4. Simpangan antar lantai

### 3.5.2 Diagram Interaksi Elemen Struktur

Diagram interaksi adalah diagram yang setiap titiknya menunjukkan kombinasi kekuatan gaya nominal  $P_n$  dan kekuatan momen nominal  $M_n$  yang sesuai dengan lokasi sumbu netralnya. Dalam diagram interaksi tersebut dapat dibagi menjadi dua daerah, yaitu daerah yang ditentukan oleh keruntuhan tarik dan daerah yang ditentukan oleh keruntuhan tekan, dengan batasnya adalah titik *balanced*. Berikut merupakan diagram interaksi dari model balok dan kolom:



Gambar 3.38 Diagram interaksi Balok 40 x 80 cm<sup>2</sup>

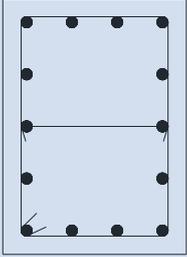
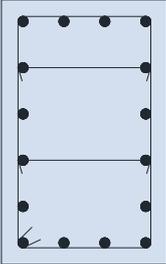
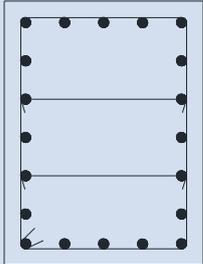
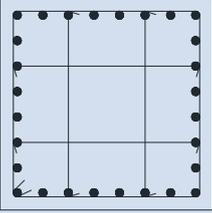
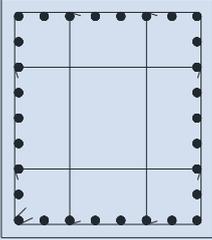
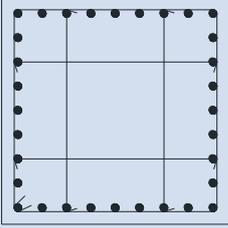


Gambar 3.39 Diagram interaksi Kolom 60 x 80 cm<sup>2</sup>

### 3.5.3 Desain dan Detail Elemen Struktur

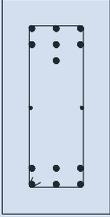
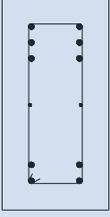
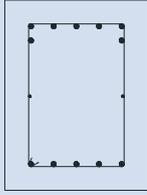
Pemodelan elemen balok dan kolom disesuaikan berdasarkan perencanaan bangunan asli. Dimana elemen balok dan kolom didesain agar mampu berdeformasi untuk mengakomodasi beban gempa yang terjadi, serta dapat menjamin agar bangunan tidak mengalami keruntuhan sampai pada batas tertentu.

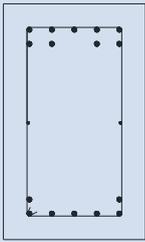
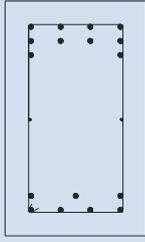
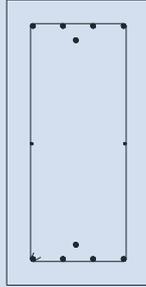
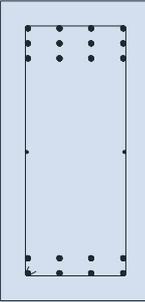
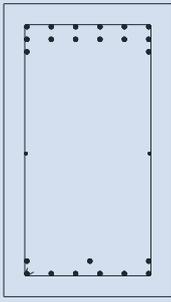
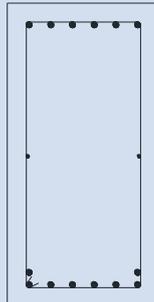
### 3.5.3.1 Desain dan Detail Penampang Kolom

					
Kolom K57		Kolom K58		Kolom K68	
Dimensi	50 x 70	Dimensi	50 x 80	Dimensi	60 x 80
Tulangan	14-D19	Tulangan	16-D25	Tulangan	20-D25
Sengkang	D13	Sengkang	D13	Sengkang	D13
Beton	K-350	Beton	K-350	Beton	K-350
					
Kolom K88		Kolom K89		Kolom K99	
Dimensi	80 x 80	Dimensi	80 x 90	Dimensi	90 x 90
Tulangan	28-D25	Tulangan	30-D25	Tulangan	32-D25
Sengkang	D13	Sengkang	D13	Sengkang	D13
Beton	K-350	Beton	K-350	Beton	K-350

Gambar 3.40 Detail Penampang Kolom.

### 3.5.3.2 Desain dan Detail Penampang Balok

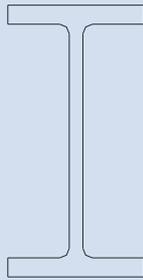
					
Balok B2A4A		Balok B24		Balok B34A	
Dimensi	20 x 40	Dimensi	20 x 40	Dimensi	30 x 40
Tulangan	13-D16	Tulangan	10-D13	Tulangan	12-D16
Sengkang	D13	Sengkang	D13	Sengkang	D13
Beton	K-350	Beton	K-350	Beton	K-350

					
Balok B35 (L= 3 – 4 m)		Balok B35 (L= 6 m)		Balok B36 (L= 3 m)	
Dimensi	30 x 50	Dimensi	30 x 50	Dimensi	30 x 60
Tulangan	16-D16	Tulangan	17-D22	Tulangan	10-D19
Sengkang	D13	Sengkang	D13	Sengkang	D13
Beton	K-350	Beton	K-350	Beton	K-350
					
Balok B36 (L= 6 m)		Balok B47		Balok B48	
Dimensi	30 x 60	Dimensi	40 x 70	Dimensi	40 x 80
Tulangan	20-D22	Tulangan	23-D19	Tulangan	14-D22
Sengkang	D13	Sengkang	D13	Sengkang	D13
Beton	K-350	Beton	K-350	Beton	K-350

Gambar 3.41 Detail Penampang Balok

### 3.5.3.3 Desain dan Detail Profil Bresing Baja

Dari hasil analisis struktur Tipe A, kemudian direncanakan posisi serta dimensi profil baja yang digunakan sebagai bresing. Perencanaan dimensi profil dilakukan dengan bantuan program SAP2000 v18, dengan cara *trial and error* dari beberapa jenis dimensi profil baja. Profil baja yang digunakan sebagai bresing adalah profil WF 100.50.5.7 dengan mutu baja BJ 55. Berikut merupakan data dimensi dari profil baja yang digunakan.

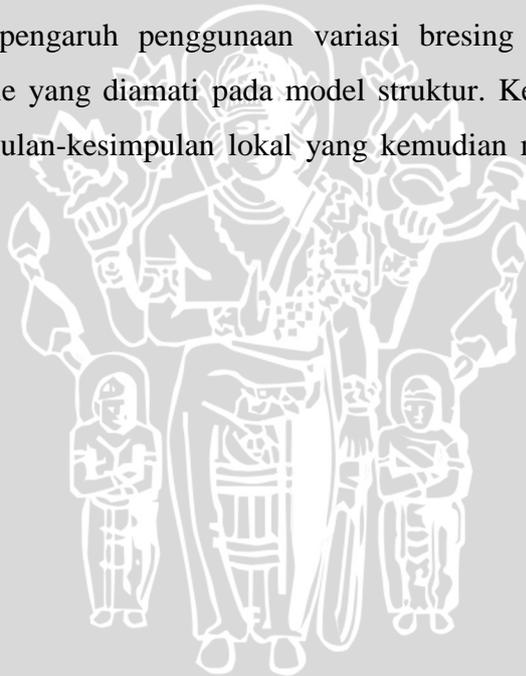
<b>WF.100.50.5.7</b>		
Tinggi sisi luar	100 mm	
Lebar sayap	50 mm	
Tebal sayap	7 mm	
Tebal badan	5 mm	

Gambar 3.42 Detail Penampang Bresing

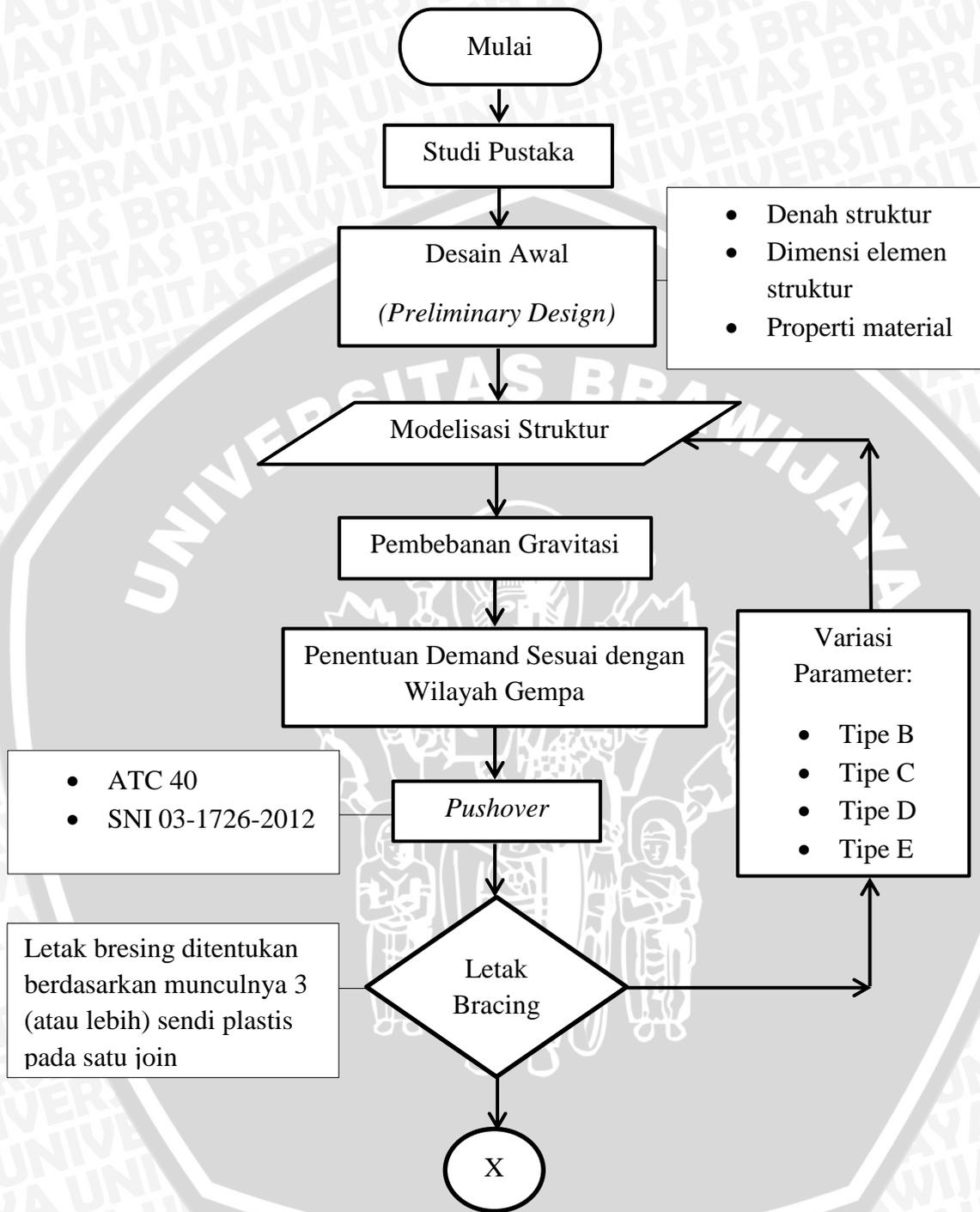
### 3.6 Analisis Statik Non-linier *Pushover*

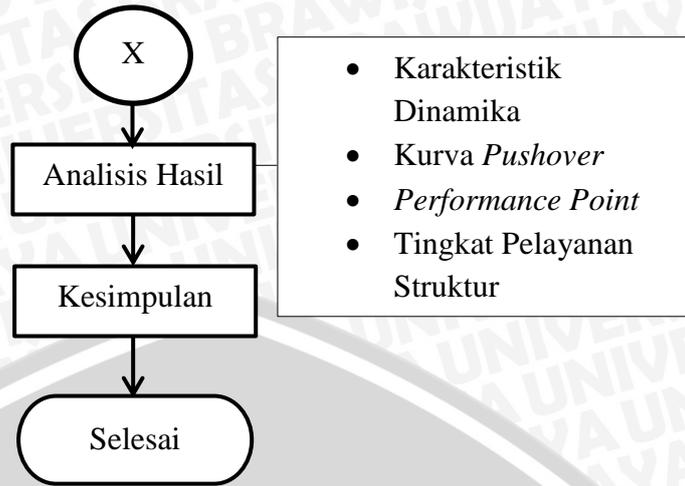
Untuk mengevaluasi kinerja dari masing-masing struktur, analisis dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 dengan metode statik non-linier *pushover*. Metode analisis ini mengacu kepada beberapa peraturan/literatur yaitu ATC 40, serta SNI 03-1726-2012. Langkah-langkah analisis dilakukan dengan menganalisis Struktur Alternatif Tanpa Bresing (Tipe A) kemudian dari hasil analisis tersebut dapat direncanakan lokasi penempatan perkuatan diagonal (bresing) berdasarkan sendi plastis yang terjadi pada struktur kolom. Setelah itu analisis dilakukan kembali pada bangunan dengan kombinasi perkuatan diagonal (bresing) untuk Tipe B, C, D, dan E.

Pengolahan data dan analisis hasil dilakukan dengan mengolah data hasil dari analisis program SAP 2000 dalam bentuk grafik dan tabel untuk respon-respon yang ditinjau. Hasil keluaran yang dianalisis yaitu karakteristik dinamika struktur dan kurva *pushover*. Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan variasi bresing baja pada model struktur terhadap setiap variable yang diamati pada model struktur. Kemudian dari hasil analisis tersebut dibuat kesimpulan-kesimpulan lokal yang kemudian menjadi dasar dari kesimpulan global.



### 3.7 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.43 Diagram Alir Penelitian

