

## **BAB III**

### **ANALISA STRKTUR**

#### **3.1. DATA YANG DIPERLUKAN**

Data-data yang digunakan dalam pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir secara garis besar dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

##### **3.1.1. Data primer**

Yaitu data yang didapat dari hasil peninjauan dan pengamatan langsung di lapangan berupa letak, luas areal, kondisi lokasi, kondisi bangunan di sekitar lokasi, juga denah rencana pada daerah perencanaan.

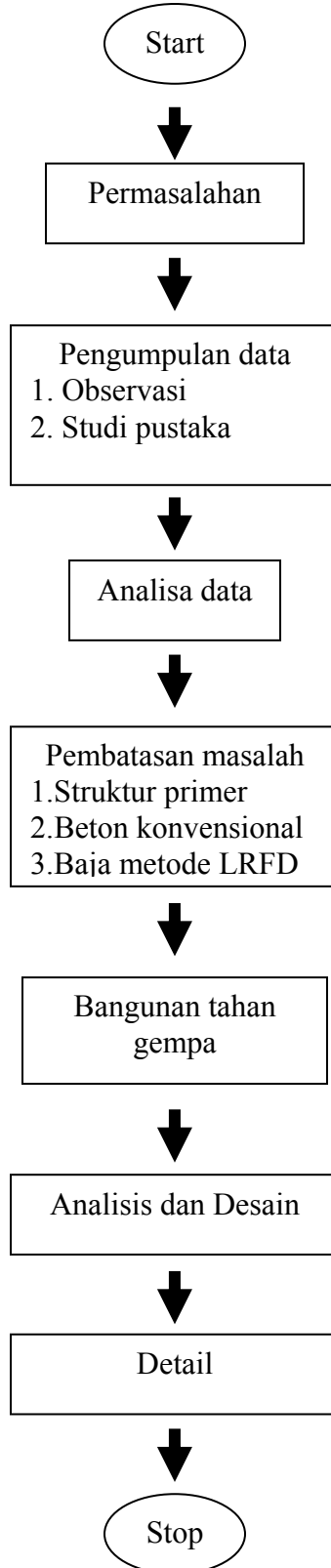
##### **3.1.2. Data sekunder**

Yaitu data pendukung yang dipakai dalam pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir baik dari lapangan maupun dari hasil penelitian test laboratorium serta dari literatur-literatur yang ada. Data ini tidak dapat digunakan secara langsung sebagai sumber tetapi harus melalui pengolahan data untuk dapat digunakan. Data sekunder yang digunakan dalam penyusunan laporan ini yaitu:

- a. Data tanah hasil penyelidikan dan pengujian dari Soil mechanics investigation and foundation services (SOMIF), Cimahi.
- b. Data pembebanan SNI 1727-1989-F dan SNI 1726-1989-F.
- c. Data SNI-1726-1998.

### 3.2. BAGAN ALIR PERANCANGAN

Bagan alir perencanaan gedung GIS 150 kV:



### **3.3. PEMODELAN STRUKTUR**

Perencanaan gedung GIS 150 kV ini didasarkan pada konsep desain kapasitas yaitu agar tercipta kolom kuat balok lemah (Strong Column Weak Beam) yang bertujuan terjadinya mekanisme deformasi dengan pembentukan sendi plastis pada balok terlebih dahulu.

Sistem struktur dari bangunan ini berbentuk portal. Elemen penyusunnya merupakan elemen-elemen baja dan beton bertulang.

### **3.4. ANALISIS STRUKTUR**

#### **3.4.1. Perencanaan pelat atap dan pelat lantai**

Bangunan ini direncanakan menggunakan atap dan lantai menggunakan plat beton bertulang. Perencanaan plat beton bertulang mengacu pada buku Ir. Gideon H Kusuma yang berjudul dasar-dasar perencanaan beton bertulang jilid 1. Untuk penentuan tebal plat minimum ditentukan dengan bantuan tabel 10 tata cara perhitungan struktur betn untuk bangunan gedung.

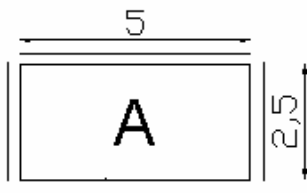
Berdasarkan pembagian beban yang terjadi serta bantuan program SAP 200, momen tumpuan dan momen lapangan yang terjadi pada plat dapat dihitung dan selanjutnya untuk pemilihan dan pemeriksaan tulangan dipakai tabel 5.2a buku grafik dan tabel perencanaan beton bertulang. Plat didesain mampu memikul gaya-gaya dalam yang terjadi akibat beban luar dan berat sendiri. Struktur plat seluruhnya menggunakan beton konvensional dengan material bahan menggunakan beton  $f'c = 25$  Mpa, dan baja untuk tulangan utama menggunakan  $f_y = 400$  MPa. Asumsi perhitungan dilakukan dengan menganggap bahwa setiap plat dibatasi oleh balok, baik balok anak maupun balk induk. Semua perhitungan dan pembebanan berdasarkan SKSNI T.15-1991-03 dan PPI untuk gedung 1983.

Gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur ini dihitung sebagai berikut:

### 3.4.1.1. Plat atap

#### a. Penentuan tebal plat

##### 1. Plat Tipe A



$$L_y = 5$$

$$L_x = 2.5$$

$$L_y/L_x = 5/2,5 = 2 < 3 \text{ (two way slab)}$$

h min & h max berdasar SKSNI T.15-1991-03 :

$$h_{\min} = L_n (0,8 + f_y/1500) / (36 + 9 \times B)$$

$$h_{\max} = L_n (0,8 + f_y/1500) / 36$$

$L_n$  = panjang bersih arah memanjang = 5000

$B$  = rasio perbandingan  $L_y / L_x$  ( 2 )

$F_y$  = kuat leleh tulangan ( dipakai 400 MPa )

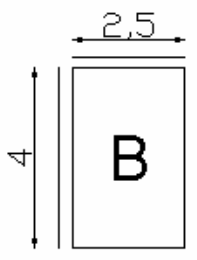
$$h_{\min} = 5000 \cdot (0,8 + 400/1500) / (36 + 9 \times 2)$$

$$= 98,89 \text{ mm}$$

$$h_{\max} = 5000 (0,8 + 400/1500) / 36$$

$$= 148,15 \text{ mm}$$

##### 2. Plat Tipe B



$$L_y = 4$$

$$L_x = 2.5$$

$$L_y/L_x = 4/2,5 = 1,6 < 3 \text{ (two way slab)}$$

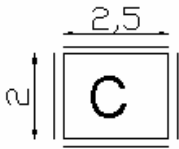
$$h_{\min} = 4000 \cdot (0,8 + 400/1500) / (36 + 9 \times 1,6)$$

$$= 84,66 \text{ mm}$$

$$h_{\max} = 4000 (0,8 + 400/1500) / 36$$

$$= 118,52 \text{ mm}$$

## 3. Plat Tipe C



$$L_y = 2,5$$

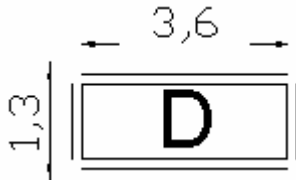
$$L_x = 2$$

$$L_y/L_x = 2,5/2 = 1,25 < 3 \text{ (two way slab)}$$

$$\begin{aligned} h_{\min} &= 2500 \cdot (0,8 + 400/1500) / (36 + 9 \times 1,25) \\ &= 56,44 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{\max} &= 2500 (0,8 + 400/1500) / 36 \\ &= 74,07 \end{aligned}$$

## 4. Plat Tipe D



$$L_y = 3,6$$

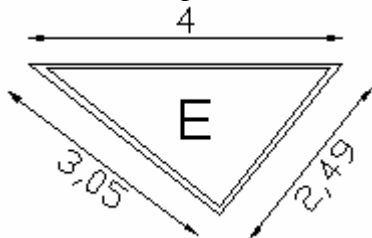
$$L_x = 1,3$$

$$L_y/L_x = 3,6/1,3 = 2,76 < 3 \text{ (two way slab)}$$

$$\begin{aligned} h_{\min} &= 3600 \cdot (0,8 + 400/1500) / (36 + 9 \times 2,76) \\ &= 63,12 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{\max} &= 3600 (0,8 + 400/1500) / 36 \\ &= 106,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

## 5. Plat Tipe E



$$L_y = 3,05$$

$$L_x = 2,49$$

$$L_y/L_x = 3,05/2,49 = 1,22 < 3 \text{ (two way slab)}$$

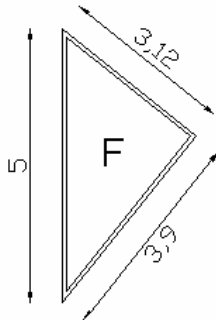
$$h_{\min} = 5000 \cdot (0,8 + 400/1500) / (36 + 9 \times 1,5625)$$

$$= 106,53 \text{ mm}$$

$$h_{\text{max}} = 5000 (0,8 + 400/1500) / 36$$

$$= 148,15 \text{ mm}$$

#### 6. Plat Tipe F



$$L_y = 3,9$$

$$L_x = 3,12$$

$$L_y/L_x = 3,9/3,12 = 1,25 < 3 \text{ (two way slab)}$$

$$h_{\text{min}} = 4000 \cdot (0,8 + 400/1500) / (36 + 9 \times 1,25)$$

$$= 90,3 \text{ mm}$$

$$h_{\text{max}} = 4000 (0,8 + 400/1500) / 36$$

$$= 118,52 \text{ mm}$$

Ditentukan tebal plat adalah,  $t = 150 \text{ mm}$

#### b. Penentuan beban plat

Dari data yang diperoleh telah ditentukan beban yang bekerja pada plat sebagai berikut:

- Beban hidup atap :  $200 \text{ kg/m}^2$
- Beban mati :
  - Beban sendiri plat :  $0,15 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}^2$
  - Beban spesi :  $0,02 \times 2100 \text{ kg/m}^3 = 42 \text{ kg/m}^2$
  - Beban keramik :  $2 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 48 \text{ kg/m}^2$
  - Beban penggantung :  $50 \text{ kg/m}^2$

$$\text{Total beban mati : } 500 \text{ kg/m}^2$$

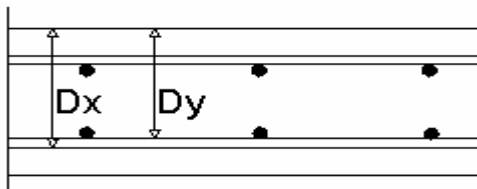
#### c. Kombinasi beban mati dan beban hidup

$$W_u = 1,2 D + 1,6 WL$$

$$= 1,2 \times 500 + 1,6 \times 200$$

$$\begin{aligned}
 &= 600 + 320 \\
 &= 920 \text{ kg/m}^2 = 9,2 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

#### d. Perhitungan tebal penutup plat



$$\begin{aligned}
 h &= 150 \text{ mm} \\
 D_x &= \text{dipakai tulangan } \varnothing 10 \text{ mm} \\
 D &= \text{tebal minimum penutup beton pada tulangan}
 \end{aligned}$$

Menurut *tabel 1.3 CUR 1* tebal penutup beton pada tulangan terluar untuk lantai yang langsung berhubungan dengan tanah dan cuaca, untuk  $\varnothing 36$  dan lebih kecil = 40 mm

$D$  = ditentukan sebesar 40 mm

$\varnothing D_y$  = Dipakai tulangan  $\varnothing 10$

Tinggi efektif plat :

➤ Arah x (  $d_x$  )

$$\begin{aligned}
 D_x &= h - p - 0,5 \cdot \varnothing D_x \\
 &= 150 - 40 - 0,5 \cdot 10 \\
 &= 105 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Arah y (  $D_y$  )

$$\begin{aligned}
 D_y &= h - p - \varnothing D_x - 0,5 \cdot \varnothing D_y \\
 &= 150 - 40 - 10 - 5 \\
 &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 1. Tipe A

$$L_y/L_x = 5/2,5 = 2$$

Momen penentu yang bekerja pada plat, berdasarkan CUR 4 tabel 4.2.b

$$\text{➤ } M_{lx} = 0,001 W_u L_x^2 x$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,001 \cdot 9,2 \cdot \text{kN/m}^2 \cdot 2,5^2 \cdot 58 \\
 &= 3,335 \text{ kN m} \\
 \text{➤ } M_{ly} &= 0,001 W_u L_x^2 x \\
 &= 0,001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5^2 \cdot 15 \\
 &= 0,8625 \text{ kN m} \\
 \text{➤ } M_{tx} &= -0,001 \cdot W_u L_x^2 x \\
 &= -0,001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5^2 \cdot 82 \\
 &= -4,715 \text{ kNm} \\
 \text{➤ } M_{ty} &= -0,001 W_u L_x^2 x \\
 &= -0,001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5^2 \cdot 53 \\
 &= -3,0475 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

## 2. Tipe B

$$L_y/L_x = 4/2,5 = 1,6$$

Momen penentu yang bekerja pada plat, berdasarkan CUR 4 tabel 4.2.b

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } M_{lx} &= 0,001 W_u L_x^2 x \\
 &= 0,001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5^2 \cdot 49 \\
 &= 2,8175 \text{ kNm} \\
 \text{➤ } M_{ly} &= 0,001 W_u L_x^2 x \\
 &= 0,001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5^2 \cdot 15 \\
 &= 0,862 \text{ kNm} \\
 \text{➤ } M_{tx} &= -0,001 \cdot W_u L_x^2 x \\
 &= -0,001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,5^2 \cdot 78 \\
 &= -4,485 \text{ kNm} \\
 \text{➤ } M_{ty} &= -0,001 W_u L_x^2 x \\
 &= -0,001 \cdot 9,2 \text{ kN/cm}^2 \cdot 2,5^2 \cdot 54 \\
 &= -3,105 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

## 3. Tipe C

$$L_y/L_x = 2,5/2 = 1,25$$

Menentukan nilai x dengan interpolasi



$$\begin{aligned} X1 &= 34 + \{(1,25 - 1,2) / (1,4 - 1,2)\}x (42 - 34) \\ &= 36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X2 &= 22 + \{(1,25 - 1,2) / (1,4 - 1,2)\}x (18 - 22) \\ &= 19 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X3 &= 63 + \{(1,25 - 1,2) / (1,4 - 1,2)\}x (72 - 63) \\ &= 65,25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X4 &= 54 + \{(1,25 - 1,2) / (1,4 - 1,2)\}x (55 - 54) \\ &= 54,25 \end{aligned}$$

Momen penentu yang bekerja pada plat, berdasarkan CUR 4 tabel 4.2.b

- $M_{lx} = 0.001 W_u L_x^2 x$   
 $= 0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2^2 \cdot 36$   
 $= 1,3248 \text{ kNm}$
- $M_{ly} = 0.001 W_u L_x^2 x$   
 $= 0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2^2 \cdot 19$   
 $= 0,6992 \text{ kNm}$
- $M_{tx} = -0.001 \cdot W_u L_x^2 x$   
 $= -0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2^2 \cdot 65,25$   
 $= -2,4012 \text{ kNm}$
- $M_{ty} = -0.001 W_u L_x^2 x$   
 $= -0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2^2 \cdot 54,25$   
 $= -1,9964 \text{ kNm}$

#### 4. Tipe D

$$L_y/L_x = 3,6/1,3 = 2,77$$

Menentukan nilai x dengan interpolasi

$$\begin{aligned} X1 &= 62 + \{(2,77 - 2,5) / (3 - 2,5)\}x (65 - 62) \\ &= 63,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X2 &= 14 + \{(2,77 - 2,5) / (3 - 2,5)\}x (14 - 14) \\ &= 14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X3 &= 83 + \{(2,77 - 2,5) / (3 - 2,5)\}x (83 - 83) \\ &= 83 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X4 &= 49 + \{(2,77 - 2,5) / (3 - 2,5)\}x (51 - 49) \\ &= 50,08 \end{aligned}$$

Momen penentu yang bekerja pada plat, berdasarkan CUR 4 tabel 4.2.b

- $M_{lx} = 0.001 W_u L_x^2 x$   
 $= 0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,3^2 \cdot 63,2$   
 $= 0,983 \text{ kNm}$
- $M_{ly} = 0.001 W_u L_x^2 x$   
 $= 0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,3^2 \cdot 14$   
 $= 0,217 \text{ kNm}$
- $M_{tx} = -0.001 \cdot W_u L_x^2 x$   
 $= -0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,3^2 \cdot 83$   
 $= -1,29 \text{ kNm}$
- $M_{ty} = -0.001 W_u L_x^2 x$   
 $= -0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,3^2 \cdot 50,8$   
 $= -0,789 \text{ kNm}$

### 5. Tipe E

$$L_y/L_x = 3,05/2,49 = 1,22$$

Menentukan nilai x dengan interpolasi

$$\begin{aligned} X1 &= 34 + \{(1,22 - 1,2) / (1,4 - 1,2)\}x (42 - 34) \\ &= 34,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X2 &= 22 + \{(1,22 - 1,2) / (1,4 - 1,2)\}x (18 - 22) \\ &= 21,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X3 &= 63 + \{(1,22 - 1,2) / (1,4 - 1,2)\}x (72 - 63) \\ &= 63,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X4 &= 54 + \{(1,22 - 1,2) / (1,4 - 1,2)\}x (55 - 54) \\ &= 54,1 \end{aligned}$$

Momen penentu yang bekerja pada plat, berdasarkan CUR 4 tabel 4.2.b

- $M_{lx} = 0.001 W_u L_x^2 x$   
 $= 0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,49^2 \cdot 34,08$

$$= 1,94 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } M_{ly} &= 0.001 W_u L_x^2 x \\ &= 0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,49^2 \cdot 21,6 \\ &= 1,23 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } M_{tx} &= -0.001 \cdot W_u L_x^2 x \\ &= -0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,49^2 \cdot 63,9 \\ &= -3,64 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } M_{ty} &= -0.001 W_u L_x^2 x \\ &= -0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,49^2 \cdot 54,1 \\ &= -3,086 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### 6. Tipe F

$$L_y/L_x = 3,9/3,12 = 1,25$$

$$\begin{aligned} X1 &= 34 + \{(1,25 - 1,2) / (1,4 - 1,2)\}x (42 - 34) \\ &= 36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X2 &= 22 + \{(1,25 - 1,2) / (1,4 - 1,2)\}x (18 - 22) \\ &= 19 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X3 &= 63 + \{(1,25 - 1,2) / (1,4 - 1,2)\}x (72 - 63) \\ &= 65,25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X4 &= 54 + \{(1,25 - 1,2) / (1,4 - 1,2)\}x (55 - 54) \\ &= 54,25 \end{aligned}$$

Momen penentu yang bekerja pada plat, berdasarkan CUR 4 tabel 4.2.b

$$\begin{aligned} \text{➤ } M_{lx} &= 0.001 W_u L_x^2 x \\ &= 0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,12^2 \cdot 36 \\ &= 3,33 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } M_{ly} &= 0.001 W_u L_x^2 x \\ &= 0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,12^2 \cdot 19 \\ &= 1,7 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } M_{tx} &= -0.001 \cdot W_u L_x^2 x \\ &= -0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,12^2 \cdot 65,25 \end{aligned}$$

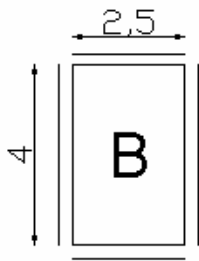
$$= -5,84 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } M_{ty} &= -0.001 W_u L_x^2 x \\ &= -0.001 \cdot 9,2 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,12^2 \cdot 54,25 \\ &= -1,56 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### 3.4.1.2. LANTAI 2

#### a. Penentuan tebal plat

##### 1. Plat Tipe B



$$L_y = 4$$

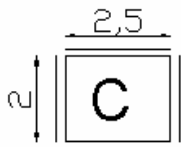
$$L_x = 2,5$$

$$L_y/L_x = 4/2,5 = 1,6 < 3 \text{ (two way slab)}$$

$$\begin{aligned} h_{\min} &= 4000 \cdot (0,8 + 400/1500) / (36 + 9 \times 1,6) \\ &= 84,65 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{\max} &= 4000 (0,8 + 400/1500) / 36 \\ &= 118,52 \text{ mm} \end{aligned}$$

##### 2. Plat Tipe C



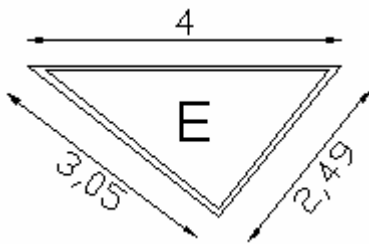
$$L_y = 2,5$$

$$L_x = 2$$

$$L_y/L_x = 2,5/2 = 1,25 < 3 \text{ (two way slab)}$$

$$\begin{aligned} h_{\min} &= 2500 \cdot (0,8 + 400/1500) / (36 + 9 \times 1,25) \\ &= 56,44 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{\max} &= 2500 (0,8 + 400/1500) / 36 \\ &= 74,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

**3. Tipe E**

$$L_y = 3,05$$

$$L_x = 2,49$$

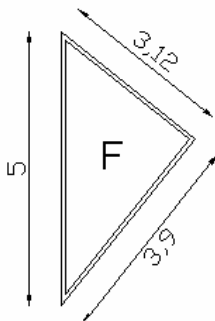
$$L_y/L_x = 3,05/2,49 = 1,22 < 3 \text{ (two way slab)}$$

$$h_{\min} = 5000 \cdot (0,8 + 400/1500) / (36 + 9 \times 1,5625)$$

$$= 106,53 \text{ mm}$$

$$h_{\max} = 5000 (0,8 + 240/1500) / 36$$

$$= 148,15 \text{ mm}$$

**4. Plat Tipe F**

$$L_y = 3,9$$

$$L_x = 3,12$$

$$L_y/L_x = 3,9/3,12 = 1,25 < 3 \text{ (two way slab)}$$

$$h_{\min} = 4000 \cdot (0,8 + 400/1500) / (36 + 9 \times 1,25)$$

$$= 90,3 \text{ mm}$$

$$h_{\max} = 4000 (0,8 + 240/1500) / 36$$

$$= 118,52 \text{ mm}$$

Ditentukan tebal plat adalah,  $t = 150 \text{ mm}$

**b. Penentuan beban plat**

Dari data yang diperoleh telah ditentukan beban yang bekerja pada plat sebagai berikut :

- Beban hidup atap :  $1000 \text{ kg/m}^2$
- Beban mati :
  - Beban sendiri plat :  $0,15 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}^2$

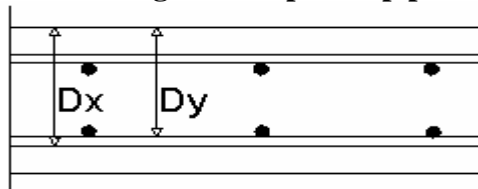
- Beban spesi :  $0,02 \times 2100 \text{ kg/m}^3 = 42 \text{ kg/m}^2$
- Beban keramik :  $2 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 48 \text{ kg/m}^2$
- Beban penggantung :  $50 \text{ kg/m}^2$

**Total beban mati :  $500 \text{ kg/m}^2$**

### c. Kombinasi beban mati dan beban hidup

$$\begin{aligned}
 W_u &= 1,2 D + 1,6 WL \\
 &= 1,2 \times 500 + 1,6 \times 1000 \\
 &= 600 + 1600 \\
 &= 2200 \text{ kg/m}^2 = 22 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

### d. Perhitungan tebal penutup plat



$$h = 150 \text{ mm}$$

$D_x$  = dipakai tulangan  $\varnothing 10 \text{ mm}$

$D$  = tebal minimum penutup beton pada tulangan

Menurut *tabel 1.3 CUR 1* tebal penutup beton pada tulangan terluar untuk lantai yang langsung berhubungan dengan tanah dan cuaca, untuk  $\varnothing 36$  dan lebih kecil = 40 mm

$D$  = ditentukan sebesar 40 mm

$\varnothing D_y$  = Dipakai tulangan  $\varnothing 10$

Tinggi efektif plat :

➤ Arah x (  $d_x$  )

$$\begin{aligned}
 D_x &= h - p - 0,5 \cdot \varnothing D_x \\
 &= 150 - 40 - 0,5 \cdot 10 \\
 &= 105 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Arah y (  $D_y$  )

$$\begin{aligned}
 D_y &= h - p - \emptyset D_x - 0,5 \cdot \emptyset D_y \\
 &= 150 - 40 - 10 - 5 \\
 &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Dengan menggunakan tabel CUR 1 hal 90 dihitung momen maksimum per meter lebar sebagai berikut:

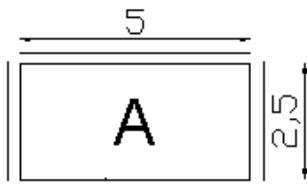
- $M_{lx} = 0,001 W_u L_x^2 x$
- $M_{ly} = 0,001 W_u L_x^2$
- $M_{tx} = -0.001 \cdot W_u L_x^2 x$
- $M_{ty} = -0.001 W_u L_x^2 x$

### 3.4.1.3. LANTAI 1

Pada lantai 1 terdapat lubang dan beban terpusat yang bekerja pada plat. Untuk itu agar lebih akurat penentuan momen yang terjadi dihitung dengan bantuan SAP 2000. Sedangkan langkah-langkahnya sebagai berikut :

#### a. Penentuan tebal plat

##### 1. Plat Tipe A



$$L_y = 5$$

$$L_x = 2.5$$

$$L_y/L_x = 5/2,5 = 2 < 3 \text{ ( two way slab )}$$

$h_{\min}$  &  $h_{\max}$  berdasar *SKSNI T.15-1991-03* :

$$h_{\min} = L_n ( 0,8 + f_y/1500 ) / ( 36 + 9xB )$$

$$h_{\max} = L_n ( 0,8 + f_y/1500 ) / 36$$

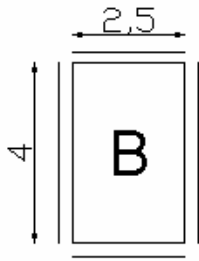
$L_n$  = panjang bersih arah memanjang = 5000

$B$  = rasio perbandingan  $L_y / L_x$  ( 2 )

$F_y$  = kuat leleh tulangan ( dipakai 400 MPa )

$$\begin{aligned}
 h_{\min} &= 5000 \cdot ( 0,8 + 400/1500 ) / ( 36 + 9 \times 2 ) \\
 &= 98,76 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_{\max} &= 5000 ( 0,8 + 400/1500 ) / 36 \\
 &= 148,15 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**2. Plat Tipe B**

$$L_y = 4$$

$$L_x = 2,5$$

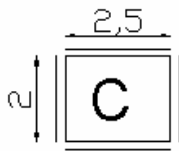
$$L_y/L_x = 4/2,5 = 1,6 < 3 \text{ (two way slab)}$$

$$h_{\min} = 4000 \cdot (0,8 + 400/1500) / (36 + 9 \times 1,6)$$

$$= 84,66 \text{ mm}$$

$$h_{\max} = 4000 (0,8 + 400/1500) / 36$$

$$= 118,52 \text{ mm}$$

**3. Plat Tipe C**

$$L_y = 2,5$$

$$L_x = 2$$

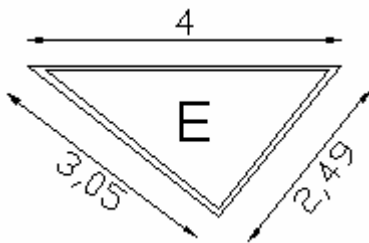
$$L_y/L_x = 2,5/2 = 1,25 < 3 \text{ (two way slab)}$$

$$h_{\min} = 2500 \cdot (0,8 + 400/1500) / (36 + 9 \times 1,25)$$

$$= 56,44 \text{ mm}$$

$$h_{\max} = 2500 (0,8 + 400/1500) / 36$$

$$= 74,07 \text{ mm}$$

**4. Tipe E**

$$L_y = 3,05$$

$$L_x = 2,49$$

$$L_y/L_x = 3,05/2,49 = 1,22 < 3 \text{ (two way slab)}$$

$$h_{\min} = 5000 \cdot (0,8 + 400/1500) / (36 + 9 \times 1,5625)$$

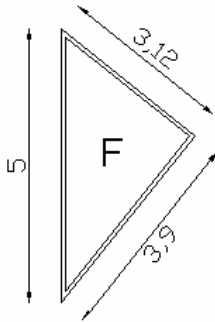
$$= 106,53 \text{ mm}$$



$$h_{\max} = 5000 ( 0,8 + 400/1500 ) / 36$$

$$= 148,15 \text{ mm}$$

### 5. Plat Tipe F



$$L_y = 3,9$$

$$L_x = 3,12$$

$$L_y/L_x = 3,9/3,12 = 1,25 < 3 \text{ ( two way slab)}$$

$$h_{\min} = 4000 \cdot ( 0,8 + 400/1500 ) / ( 36 + 9 \times 1,25 )$$

$$= 90,3 \text{ mm}$$

$$h_{\max} = 4000 ( 0,8 + 400/1500 ) / 36$$

$$= 118,52 \text{ mm}$$

Karena lantai plat digunakan sebagai tempat mesin maka ditentukan tebal plat adalah,  $t = 200 \text{ mm}$  agar faktor kenyamanan terpenuhi.

### b. Penentuan beban plat

Dari data yang diperoleh telah ditentukan beban yang bekerja pada plat sebagai berikut :

- Beban hidup atap :  $1000 \text{ kg/m}^2$
- Beban mati :
  - Beban sendiri plat :  $0,2 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 480 \text{ kg/m}^2$
  - Beban spesi :  $0,02 \times 2100 \text{ kg/m}^3 = 42 \text{ kg/m}^2$
  - Beban keramik :  $2 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 48 \text{ kg/m}^2$
  - Beban penggantung :  $50 \text{ kg/m}^2$

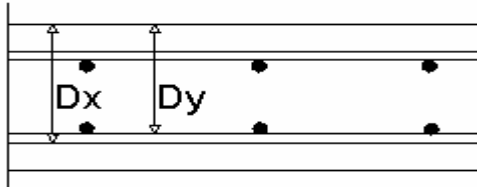
$$\text{Total beban mati : } 620 \text{ kg/m}^2$$

### c. Kombinasi beban mati dan beban hidup

$$W_u = 1,2 D + 1,6 WL$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \times 620 + 1,6 \times 1000 \\
 &= 744 + 1600 \\
 &= 2344 \text{ kg/m}^2 = 23.44 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

#### d. Perhitungan tebal penutup plat



$$H = 200 \text{ mm}$$

$D_x$  = dipakai tulangan  $\emptyset 10$  m

$D$  = tebal minimum penutup beton pada tulangan

Menurut *tabel 1.3 CUR 1* tebal penutup beton pada tulangan terluar untuk lantai yang langsung berhubungan dengan tanah dan cuaca, untuk  $\emptyset 36$  dan lebih kecil = 40 mm

$D$  = ditentukan sebesar 40 mm

$\emptyset D_y$  = Dipakai tulangan  $\emptyset 10$

Tinggi efektif plat :

➤ Arah x (  $d_x$  )

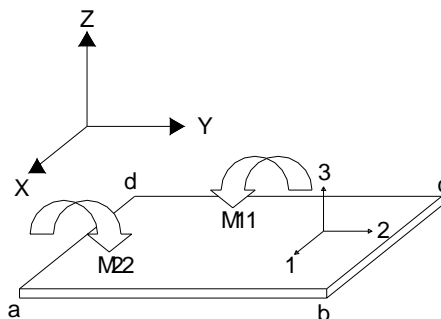
$$\begin{aligned}
 D_x &= h - p - 0,5 \cdot \emptyset D_x \\
 &= 200 - 40 - 0,5 \cdot 10 \\
 &= 155 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Arah y (  $D_y$  )

$$\begin{aligned}
 D_y &= h - p - \emptyset D_x - 0,5 \cdot \emptyset D_y \\
 &= 200 - 40 - 10 - 5 \\
 &= 145 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Momen tumpuan dan lapangan dihitung dengan bantuan program SAP 2000, dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan program SAP 2000 yang menghasilkan M11 dan M22 yang berupa momen lentur pada joint-joint plat. Nilai momen yang diambil adalah nilai momen yang terbesar untuk kondisi lapangan dan tumpuan.
2. Untuk pembesian arah x digunakan momen ultimate M11 dan pembesian arah y digunakan momen ultimate M22. Hal ini sesuai dengan penempatan sumbu global dan sumbu lokal elemen shell. Pembacaan M11 dan M22 mengacu pada sumbu lokal elemen.



Gambar 3.1. Arah sumbu lokal dan sumbu global pada elemen pelat

- o Momen yang didapat dari program SAP 2000 sbb:

Tipe Plat	Momen (Kgm)			
	Lx	Ly	Tx	Ty
A1	742.37	419.12	-758.87	-1356.01
A2	1225.91	924.49	-1913.7	-1499.56
A3	997.87	964.49	-1742.71	-1283.23
A4	1212.72	1053.09	-1833.77	-1362.72
A5	1160.04	931.45	-1930.07	-1506.31
A6	707.58	180.95	-1517.3	-928.27
A7	639.99	237.2	-1191.54	-795.81
B	814.39	466.26	-1026.2	-755.27
C	299.35	195.35	-623.99	-503.58
E	178.8	162.43	-438.94	-295.38
F	277.05	335.28	-645.51	-629.32

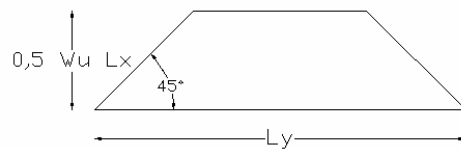
### 3.4.2. Perencanaan balok dan kolom

Perencanaan balok dan kolom yang terdiri dari profil baja mengacu pada buku Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, karangan Gde Widiadnyana Merati, Guru Besar Madya Jurusan Teknik Sipil ITB. Pada analisa gaya dalam dengan bantuan program SAP 2000 struktur dimodelkan menerima beban gempa dinamis setiap joinnya. Untuk itu agar struktur dapat bersifat masif maka setiap join yang menerima beban gempa tersebut harus dikekang (*constraint*).

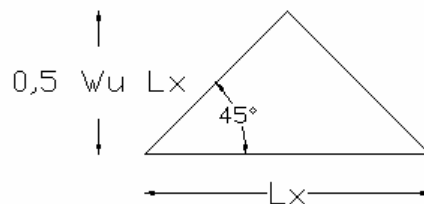
#### 3.4.2.1. Perataan beban pelat

Mengubah nilai  $q$  trapesium & segitiga menjadi  $q$  ekuivalen sebagai berikut :

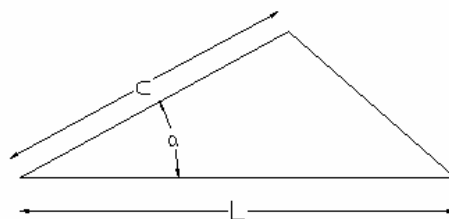
- $q$  ekuivalen trapesium =  $l_x / l_y \cdot W_u \cdot (0,5 \cdot l_y^2 - 0,167 \cdot l_x^2)$



- $q$  ekuivalen segitiga =  $1/3 \cdot W_u \cdot l_x$



- $q$  ekuivalen segitiga tak beraturan =  $8/54 \cdot W_u (6c \cdot \cos a - 4L \cdot \operatorname{tgn} a)$



- Beban Terbagi merata pada balok

#### 1. Lantai 1

- ❖ Beban mati segitiga & trapesium pada lantai 1 yang telah ekuivalen seperti di bawah ini:

No	Lx	Ly	WD ( kg/m <sup>2</sup> )	Qeq trap (kg/m)	Qeq segitiga (kg/m)
1	2,5	5	620	710,3	516,67
2	2,5	4	620	673,87	516,67
3	2	2,5	620	487,5	413,33

No	C	L	a	WD ( kg/m <sup>2</sup> )	Qeq segitiga (kg/m)
4	2,81	3,9	22°	620	857
5	1,97	4	19°	620	520,5
6	2,45	5	19°	620	644,12
7	1,65	3,125	52°	620	909,7
8	2,24	3,125	22°	620	680,7
9	1,32	2,49	51°	620	672

Tabel 3.1. Beban mati segitiga dan trapesium eivalen pada lantai 1

❖ Beban hidup segitiga & trapezium pada lantai 1 yang telah eivalen seperti di bawah ini :

No	Lx	Ly	WD ( kg/m <sup>2</sup> )	Qeq trap (kg/m)	Qeq segitiga (kg/m)
1	2,5	5	1000	1145,6	833,33
2	2,5	4	1000	1087	833,3
3	2	2,5	1000	786,24	666,67

No	C	L	a	WL ( kg/m <sup>2</sup> )	Qeq segitiga (kg/m)
4	2,81	3,9	22°	1000	1382,15
5	1,97	4	19°	1000	839,52
6	2,45	5	19°	1000	1039
7	1,65	3,125	52°	1000	1467,3
8	2,24	3,125	22°	1000	1098
9	1,32	2,49	51°	1000	1084

Tabel 3.2. Beban hidup segitiga dan trapesium eivalen pada lantai 1

❖ Distribusi beban merata pada balok lantai 1

Balok	L(cm)	Beban Mati/qD (Kg/cm)	Beban Hldup/qL (Kg/cm)	Batu Bata (Kg/cm)
1	500	7.1	11.46	2.5
2	500	14.21	22.9	0
3	250	5.17	8.33	2.5
4	250	10.33	16.67	0
5	500	17.43	28.12	0
6	400	13.47	21.74	0
7	200	10.33	16.67	0
8	400	6.74	10.87	2.5
9	390	8.58	13.82	2.5
10	250	10.04	16.19	0

11	200	9.33	15.06	0
12	200	4.13	6.67	2.5
13	250	6.44	10.39	0
14	249	6.72	10.84	2.5
15	312	15.9	25.049	0
16	250	5.17	8.33	2.5
17	250	9.75	13.53	0
18	250	11.6	18.72	0

Tabel 3.3. Distribusi beban merata pada lantai 1

## 2. Lantai 2

- ❖ Beban mati segitiga & trapezium pada lantai 2 yang telah eivalen seperti di bawah ini :

No	Lx	Ly	WD ( kg/m <sup>2</sup> )	Qeq trap (kg/m)	Qeq segitiga (kg/m)
1	2,5	4	500	544	417
2	2	2,5	500	394	333,33

No	C	L	a	WD ( kg/m <sup>2</sup> )	Qeq segitiga (kg/m)
3	2,81	3,9	22°	500	691
4	1,97	4	19°	500	420
5	2,45	5	19°	500	519,5
6	1,65	3,125	52°	500	732,3
7	2,24	3,125	22°	500	549
8	1,32	2,49	51°	500	542

Tabel 3.4. Beban mati segitiga dan trapesium eivalen pada lantai 2

- ❖ Beban hidup segitiga & trapesium pada lantai 2 yang telah eivalen seperti di bawah ini :

No	Lx	Ly	WL ( kg/m <sup>2</sup> )	Qeq trap (kg/m)	Qeq segitiga (kg/m)
1	2,5	4	1000	1087	833,33
2	2	2,5	1000	786,24	666,67

No	C	L	a	WL ( kg/m <sup>2</sup> )	Qeq segitiga (kg/m)
3	2,81	3,9	22°	1000	1382,15
4	1,97	4	19°	1000	839,52
5	2,45	5	19°	1000	1039
6	1,65	3,125	52°	1000	1467,3
7	2,24	3,125	22°	1000	1098
8	1,32	2,49	51°	1000	1084

Tabel 3.5. Beban hidup segitiga dan trapeium eivalen pada lantai 2

## ❖ Distribusi beban merata pada balok lantai 2

Balok	L(cm)	Beban Mati/qD (Kg/cm)	Beban Hidup/qL (Kg/cm)	Batu Bata (Kg/cm)
1	250	4.17	8.33	2.5
2	400	10.88	21.74	0
3	400	5.44	10.87	2.5
4	390	7.006	13.82	2.5
5	250	8.11	16.19	0
6	200	7.53	15.06	0
7	200	3.33	6.67	0
8	250	5.19	10.39	0
9	249	5.42	10.84	2.5
10	312	12.8	25.049	0
11	250	7.88	15.72	0
12	200	6.67	13.33	0
13	2000	0	0	2.5
14	1000	0	0	2.5
15	250	9.36	18.72	0

Tabel 3.6. Distribusi beban merata pada lantai 2

**3. Atap**

## ❖ Beban mati segitiga &amp; trapezium pada atap yang telah ekuivalen seperti di bawah ini :

No	Lx	Ly	WD ( kg/m <sup>2</sup> )	Qeq trap (kg/m)	Qeq segitiga (kg/m)
1	2,5	5	500	573	417
2	2,5	4	500	544	417
3	2	2,5	500	394	333,33
4	1.3	3,6	500	311	216,67

No	C	L	a	WD ( kg/m <sup>2</sup> )	Qeq segitiga (kg/m)
5	2,81	3,9	22°	500	691
6	1,97	4	19°	500	420
7	2,45	5	19°	500	519,5
8	1,65	3,125	52°	500	732,3
9	2,24	3,125	22°	500	549
10	1,32	2,49	51°	500	542

Tabel 3.7. Beban mati segitiga dan trapesium ekuivalen pada lantai atap

## ❖ Beban hidup segitiga &amp; trapezium pada atap yang telah ekuivalen seperti di bawah ini :

No	Lx	Ly	WL ( kg/m <sup>2</sup> )	Qeq trap (kg/m)	Qeq segitiga (kg/m)
1	2,5	5	200	300	166,67
2	2,5	4	200	217,34	166,67
3	2	2,5	200	157,25	133,33
4	1.3	3,6	200	124,34	86,67

No	C	L	a	WL ( kg/m <sup>2</sup> )	Qeq segitiga (kg/m)
5	2,81	3,9	22°	200	276,43
6	1,97	4	19°	200	168
7	2,45	5	19°	200	207,8
8	1,65	3,125	52°	200	274
9	2,24	3,125	22°	200	220
10	1,32	2,49	51°	200	217

Tabel 3.8. Beban hidup segitiga dan trapeium eivalen pada lantai atap

## ❖ Distribusi beban merata pada balok atap

Balok	L(cm)	Beban Mati/qD (Kg/cm)	Beban Hldup/qL (Kg/cm)
1	500	5.73	3
2	500	11.46	6
3	250	4.17	1.67
4	250	8.34	3.33
5	500	14.07	6.33
6	400	10.88	4.37
7	200	6.67	3.33
8	400	5.44	2.17
9	390	6.91	2.76
10	250	8.11	3.24
11	360	3.11	1.24
12	130	2.16	8.67
13	200	7.53	3.01
14	200	3.33	1.33
15	250	9.37	3.74
16	249	5.41	2.16
17	242.9	12.8	4.99
18	250	5.1	2.04
19	250	7.62	2.54
20	250	7.88	3.15
21	250	4.17	1.67
22	312	12.8	4.94

Tabel 3.9. Distribusi beban merata pada balok atap

**3.4.2.2. Perencanaan Beban Gempa**

Gempa dianalisis menggunakan analisis dinamik struktur 3D dengan menggunakan program SAP 2000.

Peraturan yang dipakai dalam perhitungan ini :

1. Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987
2. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung – 1983



Untuk keperluan desain struktur digunakan dua tinjauan kombinasi pembebanan yaitu:

1. Pembebanan Tetap :  $U = 1,2 D + 1,6 L$

2. Pembebanan Sementara :

Ada 2 pemodelan untuk pembebanan sementara, yaitu :

a. Beban gempa bekerja 100% pada arah x dan 30% pada arah y

$$U = 1,05 D + 0,63 L + 1,05 \cdot (I \cdot K \cdot Z) \cdot E_x + 0,315 \cdot (I \cdot K \cdot Z) \cdot E_y$$

b. Beban gempa bekerja 100% pada arah y dan 30% pada arah x

$$U = 1,05 D + 0,63 L + 0,315 \cdot (I \cdot K \cdot Z) \cdot E_x + 1,05 \cdot (I \cdot K \cdot Z) \cdot E_y$$

- $E_x$  &  $E_y$  = Beban gempa arah x, y
- L = Beban hidup
- D = Beban mati, untuk data masukan dalam program SAP 2000 beban mati & hidup terdiri struktur utama & tangga .
- I = Faktor keutamaan struktur
- K = Faktor jenis struktur
- Z = Faktor wilayah kegempaan

Berdasarkan peraturan diatas didapat nilai – nilai berikut :

- K (faktor jenis struktur) untuk struktur dengan daktilitas penuh adalah 1
- I (faktor keutamaan struktur) untuk bangunan penting yang harus tetap berfungsi setelah terjadi gempa ditetapkan sebesar 1,4
- Koefisien reduksi untuk beban hidup untuk pabrik, bangunan industri , dan bengkel adalah 0,9
- Lokasi bangunan : kota Gambir, Jakarta termasuk wilayah gempa 3 maka nilai Z= 1,4
- Percepatan gravitasi :  $980 \text{ kg/cm}^2$
- Beban terbagi merata pada lantai sebagai berikut:

Dari hasil penyelidikan tanah didapat data sebagai berikut :

Kedalaman	$\gamma(\text{kg/cm}^3)$	C(kg/cm <sup>2</sup> )	$\Phi$
3-3,5	0,001265	0,42	5,935
5,5-6	0,001384	0,538	5,477
9-9,5	0,001313	0,462	4,769

Dicari gaya geser tanah dengan rumus :

$$S_i = \tau_i = c + \sigma_i * \operatorname{tg} \phi$$

$$S = \tau = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot h_i}{h_1 + h_2 \dots + h_n}$$

$$S_1 = 0,42 + (0,001265 \cdot 50 \cdot \operatorname{tg} 5,935) = 0,426 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_2 = 0,538 + (0,001384 \cdot 50 \cdot \operatorname{tg} 5,477) = 0,545 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_3 = 0,462 + (0,001313 \cdot 50 \cdot \operatorname{tg} 4,769) = 0,467 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = (0,426 \cdot 50 + 0,545 \cdot 50 + 0,467 \cdot 50) / (50 + 50 + 50) = 0,476 \text{ kg/cm}^2 = 47,6 \text{ Kpa}$$

Untuk kedalaman lapisan tanah keras  $\geq 20$  m, dan  $S \leq 270$  Kpa maka dikategorikan tanah lunak

- Respon Spektrum Gempa Rencana untuk tanah lunak menurut SNI-1726-1998

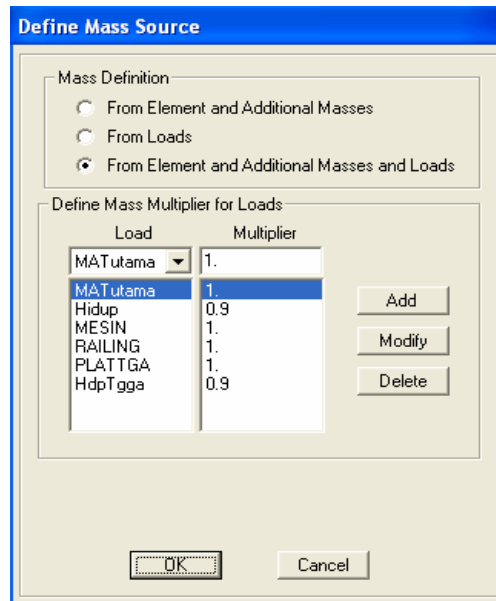
Periode (s)	Koefisien Gempa (C)
0,0	0,028
0,2	0,057
1,0	0,057
2,0	0,029
3,0	0,019
4,0	0,014
5,0	0,011
6,0	0,009

Tabel 3.10. Respon struktur gempa rencana untuk tanah lunak

- Menentukan massa joint (M) stuktur

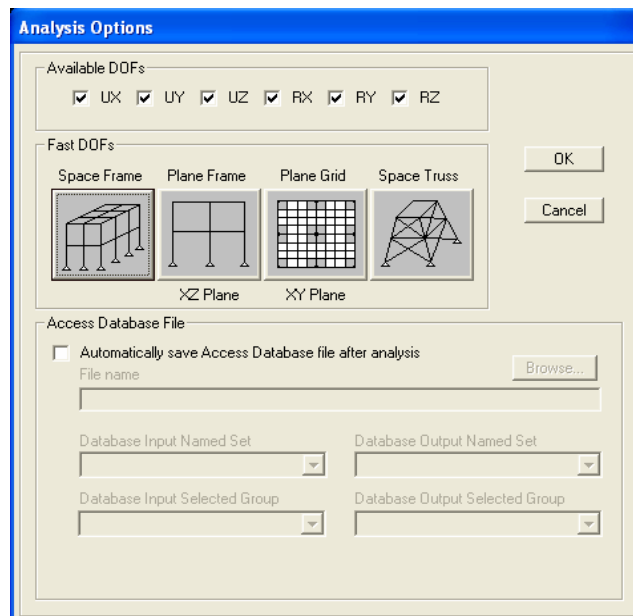
Massa yang bekerja pada join dihitung dengan menggunakan bantuan program SAP 2000, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

*Define*→*Mass source*, maka akan muncul tampilan seperti di bawah ini, kemudian ditentukan defenisi massa dan faktor reduksi beban.



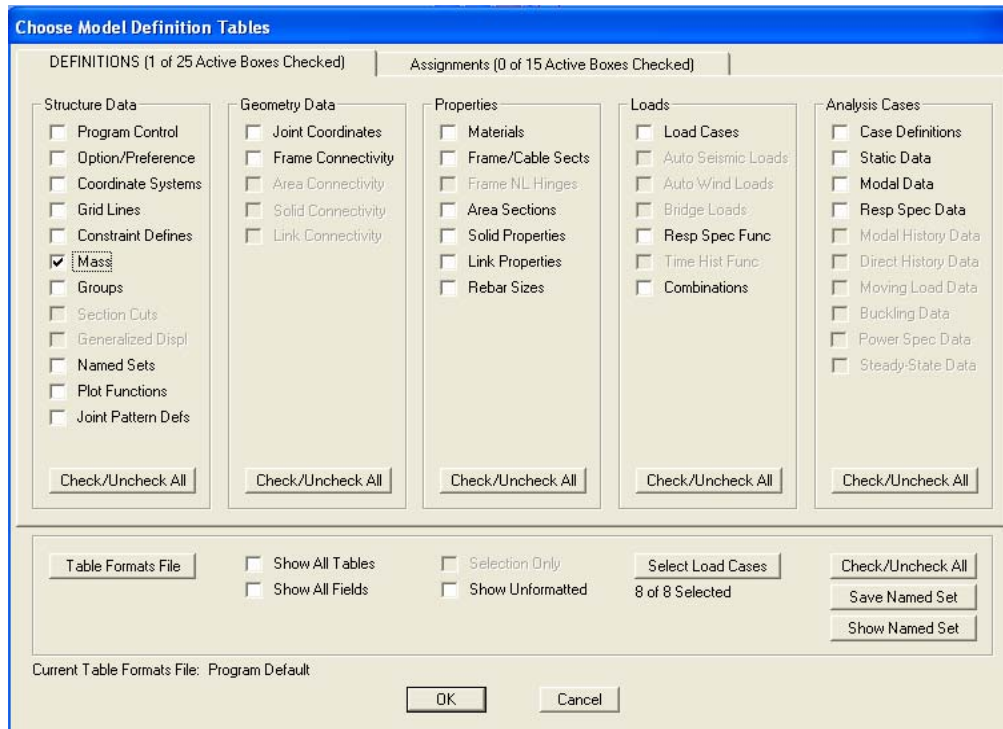
Gambar 3.2. Define mass structure SAP 2000

Langakh berikutnya ; *Analyze*→*Set analyze Option (space frame)*→*Run Analyze*



Gambar 3.3. Set Analyze Option (Space frame)

Untuk menampilkan hasil perhitungan massa joinnya, *Display*→*Show Model Defenition Tables*→*Structure Data (Mass)*→*OK*

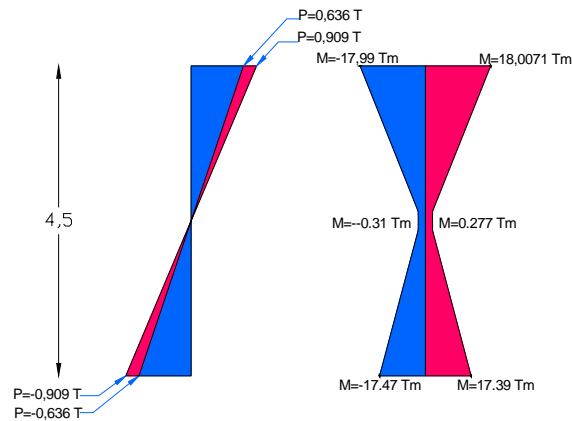


Gambar 3.4. Model defenition tables

Setelah didapatkan nilai massa join, kemudian dimasukkan ke setiap join pada struktur. Join yang menerima massa dimodelkan terkekang, agar pada wktu menerima beban gempa, struktur menjadi *masiv*.

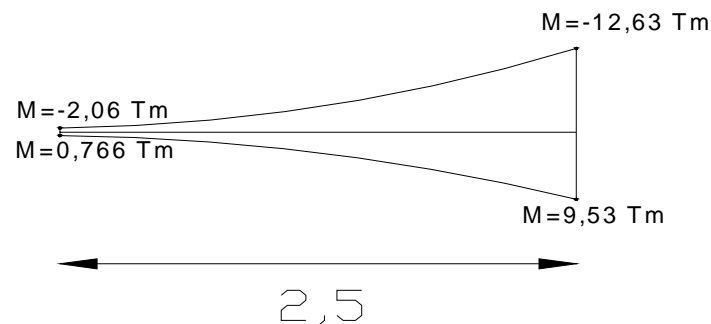
Setelah dianalisa secara komplet dengan bantuan SAP 2000, maka didapatkan gaya-gaya dalam seperti momen, gaya geser, dan gaya normal. Untuk perencanaan pada struktur ini desain dilakukan pada elemen struktur kolom dan balok yang memiliki faktor keamanan yang paling kritis.

- Kolom yang memiliki faktor keamanan yang paling kritis yaitu pada kolom dengan nomor batang 458. Bidang Momen dan Gaya aksial akibat combo 4 dengan tipe analisis envelope pada SAP 2000 ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.5. Bidang momen yang terjadi pada kolom akibat combo 4

- Balok yang memiliki faktor keamanan yang paling kritis yaitu balok elemen 361. Bidang momen akibat combo 4 dengan tipe analisis envelope pada SAP 2000 ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.6. Bidang momen pada balok akibat combo 4

### 3.4.3. Perencanaan struktur bawah

Pemilihan struktur bawah meliputi pondasi tiang pancang karena tanah keras baru didapati pada kedalaman 18 m ( $>10 \text{ m}$ ). Hal ini berdasarkan pada rekomendasi hasil penyelidikan tanah oleh *Soil mechanics investigation and foundation services (SOMIF)*,

Cimahi. Untuk menentukan perhitungan pondasi dipakai gaya dalam yang mewakili gaya-gaya dalam pada struktur, yaitu pada join 155 dan join 174.