



## BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Preliminary Design

*Preliminary design* adalah tahapan perencanaan struktur bangunan untuk menentukan dimensi elemen struktur yang akan digunakan berdasarkan pembebanan dan fungsi pada bangunan.

#### 4.1.1 Data gedung

Pada studi kasus yang dipilih, digunakan struktur bangunan beton bertulang dengan data-data sebagai berikut:

Nama Bangunan	: Gedung Hotel
Tipe Bangunan	: Penginapan
Wilayah Bangunan	: Yogyakarta
Tinggi Bangunan	: 38,8 m (10 Lantai)
Lebar Bangunan	: 15,4 m
Panjang Bangunan	: 66,5 m
Mutu Beton ( $f'c$ )	: 30 MPa (Kolom dan <i>Shear Wall</i> ) 25 MPa (Balok, Pelat lantai, <i>Pilecap</i> , Pondasi)
Mutu Baja ( $f_y$ )	: 400 MPa
Jenis Pondasi	: <i>Bored pile</i>

#### 4.1.2 Perencanaan dimensi balok

Perencanaan dimensi pada balok dilakukan untuk menentukan dimensi balok (lebar dan tinggi) minimum yang digunakan pada struktur Gedung Hotel X di Yogyakarta sebagai salah satu komponen elemen struktur yang akan digunakan. Tahapan perencanaan *preliminary design* direncanakan berdasarkan pada SNI 2847:2013 dengan penjabaran perhitungan sebagai berikut:

1. Balok induk lantai arah memanjang 700 cm

$$L = 700 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = (1/12 \times L)$$

$$= (1/12 \times 700) = 58,3 \approx 60 \text{ cm}$$

$$b_{\min} = 2/3 \times h_{\min}$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= 2/3 \times 60 = 40 \text{ cm}$$

Ukuran balok induk memanjang yang digunakan adalah  $40 \times 60 \text{ cm}$

## 2. Balok induk lantai arah melintang 650 cm

$$L = 650 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = (1/12 \times L)$$

$$= (1/12 \times 650 = 54,2 \approx 55 \text{ cm})$$

$$b_{\min} = 2/3 \times h_{\min}$$

$$= 2/3 \times 55 = 36,6 \approx 40 \text{ cm}$$

Ukuran balok induk lantai melintang yang digunakan adalah  $40 \times 55 \text{ cm}$

## 3. Balok anak diambil pelat lantai terbesar $7 \times 6,5 \text{ m}$

$$h = 2/3 \times h$$

$$= 2/3 \times 60 = 40 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 \times h$$

$$= 2/3 \times 40 = 36,6 \approx 30 \text{ cm}$$

Ukuran balok anak yang digunakan adalah  $30 \times 40 \text{ cm}$

### 4.1.3 Perencanaan dimensi pelat lantai

Perencanaan dimensi pelat lantai dengan mengacu berdasarkan pasal 10.7 SNI-03-2847:2002 sebagai berikut:

$$h_{\text{rencana}} = 15 \text{ cm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$L_n = L_x - \left( \frac{b}{2} + \frac{b}{2} \right)$$

$$= 6500 - \left( \frac{400}{2} + \frac{400}{2} \right) = 6100 \text{ cm}$$

$$\alpha_{\min} = \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{\frac{1}{12} \times L_n \times h_{\text{awal}}^3}$$

$$\alpha_{\min} = \frac{\frac{1}{12} \times 400 \times 600^3}{\frac{1}{12} \times 6100 \times 150^3}$$

$$\alpha_{\min} = 4,19 \text{ mm}$$



Karena  $\alpha_{\min} > 2$  maka tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari 90 mm atau dihitung kembali sesuai dalam pasal 9.5.3.3. SNI-03-2847-2013 dengan persamaan:

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{l_y}{l_x} \\ &= \frac{700}{650} = 1,07 < 2 \text{ (Pelat dua arah)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h_{\min} &= \frac{L_n \times (0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \\ &= \frac{6100 \times (0,8 + \frac{400}{1400})}{36 + (9 \times 1,07)} \\ &= 145,14 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tebal pelat minimum lebih kecil dari tebal pelat yang direncanakan, maka tebal pelat lantai dapat digunakan sebesar 150 mm atau 15 cm.

#### 4.1.4 Perencanaan dimensi kolom

Perencanaan dimensi kolom bertujuan untuk menentukan dimensi minimum kolom (tinggi dan lebar) yang digunakan pada struktur Gedung Hotel X di Yogyakarta yang mampu menahan beban aksial. Tahapan perencanaan dimensi kolom dengan perhitungan sebagai berikut:

Perhitungan kolom dihitung berdasarkan ukuran pelat lantai terbesar 6,5 x 7 m

##### 1. Beban mati

###### a. Lantai

$$\begin{aligned}\text{Pelat lantai} &= 6,50 \text{ m} \times 7,00 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \\ & \quad 1 \text{ tingkat} \\ &= 16.380 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Plafon dan penggantung} &= 6,50 \text{ m} \times 7,00 \text{ m} \times (11+7) \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ tingkat} \\ &= 1.638 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Balok induk melintang} &= 7,00 \text{ m} \times (0,4 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}) \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \\ & \quad 2 \text{ tingkat} \\ &= 8.064 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Balok induk memanjang} = 6,50 \text{ m} \times (0,40 \text{ m} \times 0,55 \text{ m}) \times 2400 \text{ kg/m}^3$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$\begin{aligned}
 & \times 2 \text{ tingkat} \\
 & = 6.864 \text{ kg} \\
 \text{Balok anak} & = 6,50 \times (0,3 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}) \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2 \\
 & \text{tingkat} \\
 & = 3.744 \text{ kg} \\
 \text{Spesi (2 cm)} & = 6,50 \text{ m} \times 7,00 \text{ m} \times 2 \times 21 \text{ kg/m}^3 \times 2 \text{ tingkat} \\
 & = 3.822 \text{ kg} \\
 \text{Keramik (1 cm)} & = 6,50 \text{ m} \times 7,00 \text{ m} \times 24 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ tingkat} \\
 & = 2.184 \text{ kg} \\
 \text{b. Dak atap} & \\
 \text{Pelat (120 mm)} & = 6,50 \text{ m} \times 7,00 \text{ m} \times 0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 & = 13.104 \text{ kg} \\
 \text{Plafon dan penggantung} & = 6,50 \text{ m} \times 7,00 \text{ m} \times (11+7) \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ tingkat} \\
 & = 819 \text{ kg} \\
 \text{Balok induk melintang} & = 7,00 \text{ m} \times (0,4 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}) \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2 \\
 & \text{tingkat} \\
 & = 8.064 \text{ kg} \\
 \text{Balok induk memanjang} & = 6,50 \text{ m} \times (0,4 \text{ m} \times 0,55 \text{ m}) \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times \\
 & 2 \text{ tingkat} \\
 & = 6.864 \text{ kg} \\
 \text{Balok anak} & = 7,00 \text{ m} \times (0,3 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}) \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2 \\
 & \text{tingkat} \\
 & = 3.744 \text{ kg} \\
 \text{c. Komponen gedung} & \\
 \text{Dinding bata lt. parkir} & = \frac{6957 \text{ m} \times 4,00 \text{ m} \times 200 \text{ kg/m}^2}{6957 \text{ m}} \\
 & = 800 \text{ kg/m} \\
 \text{Dinding bata lt. ground} & = \frac{4344 \text{ m} \times 5,00 \text{ m} \times 200 \text{ kg/m}^2}{4344 \text{ m}} \\
 & = 1000 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Tugas Akhir  
Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$\text{Dinding bata lt. 1} = \frac{1350 \text{ m} \times 5,00 \text{ m} \times 200 \text{ kg/m}^2}{1350 \text{ m}}$$

$$= 1000 \text{ kg/m}$$

$$\text{Dinding bata lt. 2} = \frac{3680 \text{ m} \times 3,40 \text{ m} \times 200 \text{ kg/m}^2}{3680 \text{ m}}$$

$$= 680 \text{ kg/m}$$

$$\text{Dinding bata lt. 3 – 7} = \frac{1783 \text{ m} \times 3,40 \text{ m} \times 200 \text{ kg/m}^2}{1738 \text{ m}}$$

$$= 680 \text{ kg/m}$$

$$\text{Dinding bata lt. sky lounge} = \frac{1758 \text{ m} \times 1,50 \text{ m} \times 200 \text{ kg/m}^2}{1758 \text{ m}}$$

$$= 300 \text{ kg/m}$$

$$\text{Ducting dan MEP} = 6,50 \text{ m} \times 7,00 \text{ m} \times 64 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ tingkat}$$

$$= 5824 \text{ kg}$$

$$\text{Waterproofing} = 6,50 \text{ m} \times 7,00 \text{ m} \times 5 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ tingkat}$$

$$= 455 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Total} = 79.686 \text{ kg}$$

## 2. Beban hidup

$$\text{Lantai hotel} = 6,50 \times 7,00 \times 192 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ tingkat}$$

$$= 17.472 \text{ kg}$$

$$\text{Atap} = 6,50 \times 7,00 \times 288 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ tingkat}$$

$$= 13.104 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Total} = 30.576 \text{ kg}$$

Koefisien reduksi untuk beban hidup dalam SNI 2847:2013 adalah sebesar 0,65.

Jadi, perhitungan beban hidup (*Live Load*) adalah :

$$\text{Koefisien reduksi} = 0,65 \times 30.576 \text{ kg} = 19.874 \text{ kg}$$

## 3. Perhitungan kolom

Berat total untuk pelat lantai berukuran 6,5 m × 7 m

$$W = 1,2 \sum B_w + 1,6 \sum B_h$$



$$W = 1,2 (79.686 \text{ kg}) + 1,6 (19.873 \text{ kg}) = 127.420 \text{ kg}$$

Sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Mutu beton } f_c' = 30 \text{ MPa} = 305,915 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Rencana awal} = A = \frac{W}{\phi \times f_c'} = \frac{127.420 \text{ kg}}{0,3 \times 305,915 \text{ kg/cm}^2} = 1388,4 \text{ cm}$$

$$\text{Dimensi awal } b^2 = A$$

$$b^2 = 1388,4 \text{ cm}$$

$$b = \sqrt{1388,4 \text{ cm}} = 37,61 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Karena  $h_{\text{balok}} = 60 \text{ cm} > 40 \text{ cm}$  maka dimensi kolom diperbesar minimal  $h_{\text{balok}} \geq$  dimensi kolom maka digunakan dimensi kolom  $h = 60 \text{ cm}$  dan nilai  $b$  perlu dilakukan perhitungan ulang dan didapatkan sebesar  $70 \text{ cm}$ . Sehingga, dimensi kolom yang dipakai adalah  $60 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$ .

Data hasil *preliminary design* yang digunakan untuk perencanaan struktur:

- a. Balok Induk Melintang =  $40 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$
- b. Balok Induk Memanjang =  $40 \text{ cm} \times 55 \text{ cm}$
- c. Balok Anak =  $30 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$
- d. Kolom =  $60 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$
- e. Pelat Lantai =  $15 \text{ cm}$
- f. Pelat Lantai Atap =  $12 \text{ cm}$

## 4.2. Analisis Pembebanan

Analisis pembebanan bertujuan untuk merencanakan beban yang akan diterima oleh struktur, kemudian hasil dari analisis pembebanan akan diolah dan dianalisis menggunakan *software* SAP 2000. Besarnya beban-beban yang akan diberikan kepada struktur dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

### 4.2.1. Pembebanan struktur pelat lantai

Beban yang diterima oleh struktur pelat lantai adalah beban hidup dan beban mati yang nilainya didapatkan dari hasil perhitungan sebagai berikut:



1. Pembebanan pada lantai dasar – lantai 9

a. Beban mati

a.1. Berat sendiri

a.2. Berat sendiri

$$= \text{tebal pelat} \times \gamma_{\text{beton}} \times 1 \text{ m}$$

a.3. Berat sendiri

$$= 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m}$$

$$= 360 \text{ kg/m}$$

b. Berat sendiri tambahan

b.1. Beban plafon dan penggantung = berat sendiri tambahan

$$\text{plafon} + \text{penggantung} \times 1 \text{ m}$$

$$= 18 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$= 18 \text{ kg/m}$$

b.2. Beban *ducting* dan MEP = berat sendiri tambahan *ducting* dan

$$\text{MEP} \times 1 \text{ m}$$

$$= 64 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$= 64 \text{ kg/m}$$

b.3. Beban keramik+spesi = berat sendiri tambahan

$$\text{keramik} + \text{spesi} \times 1 \text{ m}$$

$$= 90 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$= 90 \text{ kg/m}$$

$$q_{DL} = 532 \text{ kg/m}$$

c. Beban hidup

c.1. Beban hidup lantai hotel =  $192 \text{ kg/m}^2$

$$q_{LL} = 192 \text{ kg/m}$$

d. Beban ultimit

$$q_{u1} = 1,4 \times q_{DL}$$

$$= 1,4 \times 532 \text{ kg/m}^2$$

$$= 744,8 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{u2} = (1,2 \times q_{DL}) + (1,6 \times q_{LL})$$

$$= (1,2 \times 532 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 192 \text{ kg/m}^2)$$

$$= 945,6 \text{ kg/m}^2$$



## 2. Pembebanan pada lantai atap

### a. Beban mati

$$\begin{aligned} \text{a.1. Berat sendiri} &= \text{tebal pelat} \times \gamma_{\text{beton}} \times 1 \text{ m} \\ &= 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m} \\ &= 360 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### b. Berat sendiri tambahan

$$\begin{aligned} \text{b.1. Beban plafon dan penggantung} &= \text{berat sendiri tambahan plafon+} \\ &\quad \text{penggantung} \times 1 \text{ m} \\ &= 18 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} \\ &= 18 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.2. Beban ducting dan MEP} &= \text{berat sendiri tambahan ducting dan} \\ &\quad \text{MEP} \times 1 \text{ m} \\ &= 64 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} \\ &= 64 \text{ kg/m} \\ q_{DL} &= 442 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### c. Beban hidup

$$\begin{aligned} \text{c.1. Beban hidup lantai hotel} &= \text{berat} \times 0,24 \text{ m} \\ &= 192 \text{ kg/m}^2 \times 0,24 \text{ m} \\ &= 46,08 \text{ kg/m}^2 \\ q_{LL} &= 46,08 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### d. Beban ultimit

$$\begin{aligned} q_{u1} &= 1,4 \times q_{DL} \\ &= 1,4 \times 487 \text{ kg/m}^2 \\ &= 618,8 \text{ kg/m}^2 \\ q_{u2} &= (1,2 \times q_{DL}) + (1,6 \times q_{LL}) \\ &= (1,2 \times 442 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 46,08 \text{ kg/m}^2) \\ &= 604,13 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.2.2 Pembebanan struktur balok

Pembebanan struktur balok bertujuan untuk meninjau beban yang bekerja pada balok anak. Distribusi beban yang berada pada balok berasal dari pelat lantai dengan perhitungan sebagai berikut:





## 1. Pembebanan pada lantai dasar – lantai 9

### a. Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{a.1. Berat sendiri pelat} &= \text{tebal pelat} \times \gamma \text{ beton} \\ &= 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^2 \\ &= 360 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{a.2. Beban keramik + spesi} = 45 \text{ kg/m}$$

$$\text{a.3. Beban ducting dan MEP} = 64 \text{ kg/m}$$

$$\text{a.4. Beban plafon dan penggantung} = 18 \text{ kg/m}$$

$$q_{DL} = 487 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} W_{DL1} &= q_{DL} \times (L_{n1} + L_{n2}) \\ &= 487 \text{ kg/m} \times (1,75 \text{ m} + 1,75 \text{ m}) \\ &= 1.704,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{DL2} &= 0,35 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^2 \\ &= 420 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Mati total} &= W_{DL1} + W_{DL2} \\ &= 1.704,5 \text{ kg/m} + 420 \text{ kg/m} \\ &= 2.124,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### b. Beban hidup

$$\text{b.1. Beban hidup total} = 192 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} W_{LL} &= q_{LL} \times (L_{n1} + L_{n2}) \\ &= 192 \text{ kg/m}^2 \times (1,75 + 1,75) \text{ m} \\ &= 672 \text{ kg} \end{aligned}$$

### c. Beban ultimit

$$\begin{aligned} q_{u1} &= 1,4 \times W_{DL} \\ &= 1,4 \times 3.316,5 \text{ kg/m}^2 \\ &= 4643,1 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{u2} &= (1,2 \times w_{DL}) + (1,6 \times w_{LL}) \\ &= (1,2 \times 2.124,5 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 672 \\ &\quad \text{kg/m}^2) \\ &= 3.624,6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$



## 2. Pembebanan pada lantai atap

### a. Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{a.1. Berat sendiri pelat} &= \text{tebal pelat} \times \gamma \text{ beton} \\
 &= 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 360 \text{ kg/m} \\
 \text{a.2. Beban ducting dan MEP} &= 64 \text{ kg/m} \\
 \text{a.3. Beban plafon dan penggantung} &= 18 \text{ kg/m} \\
 q_{DL} &= 442 \text{ kg/m}^2 \\
 W_{DL1} &= q_{DL} \times (L_{n1} + L_{n2}) \\
 &= 442 \text{ kg/m} \times (1,75 \text{ m} + 1,75 \text{ m}) \\
 &= 1.547 \text{ kg} \\
 W_{DL2} &= 0,35 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 420 \text{ kg} \\
 \text{Beban mati total} &= W_{DL1} + W_{DL2} \\
 &= 1.547 \text{ kg} + 420 \text{ kg} \\
 &= 1.967 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## 3. Beban hidup

$$\begin{aligned}
 \text{a. Beban hidup lantai hotel} &= \text{berat} \times 0,24 \text{ m} \\
 &= 192 \text{ kg/m}^2 \times 0,24 \text{ m} \\
 &= 46,08 \text{ kg/m}^2 \\
 W_{LL} &= q_{LL} \times (L_{n1} + L_{n2}) \\
 &= 46,08 \text{ kg/m}^2 \times (1,75 + 1,75) \text{ m} \\
 &= 161,28 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### b. Beban ultimit

$$\begin{aligned}
 q_{u1} &= 1,4 \times W_{DL} \\
 &= 1,4 \times 1.967 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 2.753,8 \text{ kg/m}^2 \\
 q_{u2} &= (1,2 \times w_{DL}) + (1,6 \times w_{LL}) \\
 &= (1,2 \times 1.967 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 161,28 \\
 &\quad \text{kg/m}^2) \\
 &= 2.618,45 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$



#### 4.2.3. Pembebanan struktur pelat tangga dan pelat bordes

Pembebanan pada struktur pelat tangga dan pelat bordes ini berasal dari beban mati dan beban hidup yang akan menerima kombinasi beban ultimit. Perhitungan pembebanan struktur pelat tangga dan pelat bordes diuraikan sebagai berikut:

##### 1. Pelat tangga

Tebal pelat efektif tangga:

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta 1 &= 0,5 \times I \times t \\ &= 0,5 \times 31,25 \text{ cm} \times 15,15 \text{ cm} \\ &= 236,72 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta 2 &= 0,5 \times (I^2 + t^2)^{0,5} \times d \\ &= 0,5 \times (31,25^2 \text{ cm} + 15,15^2 \text{ cm})^{0,5} \times d \\ &= 17,36 \text{ d} \end{aligned}$$

Persamaan luas  $\Delta 1 = \text{luas } \Delta 2$

$$236,72 = 17,36 \text{ d}$$

$$d = 13,63 \text{ cm}$$

$$0,5d = 6,82 \text{ cm}$$

Sehingga tinggi efektif pelat tangga =  $17,36 \text{ cm} + 6,82 \text{ cm} = 24,18 \text{ cm} = 24 \text{ cm}$ .

##### a. Beban mati

$$\begin{aligned} \text{a.1. Berat sendiri} &= \frac{t_{\text{pelat efektif}}}{\cos 28^\circ} \times \gamma \\ &= \frac{0,24 \text{ m}}{0,882} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ W_{DL} &= 652,3 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

##### b. Beban hidup

$$\text{b.1. Beban hidup lantai tangga } (W_{LL}) = 300 \text{ kg/m}^2$$

##### b.2 Beban ultimit

$$\begin{aligned} q_{u1} &= 1,4 \times W_{DL} \\ &= 1,4 \times 652,3 \text{ kg/m}^2 \\ &= 913,2 \text{ kg/m}^2 \\ q_{u2} &= (1,2 \times w_{DL}) + (1,6 \times w_{LL}) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= (1,2 \times 913,2 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 300 \\
 &\quad \text{kg/m}^2) \\
 &= 1.575,84 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

## 2. Pelat bordes

### a. Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri} &= t_{\text{pelat}} \times \gamma \\
 &= 0,15 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 W_{\text{DL}} &= 360 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

### b. Beban hidup

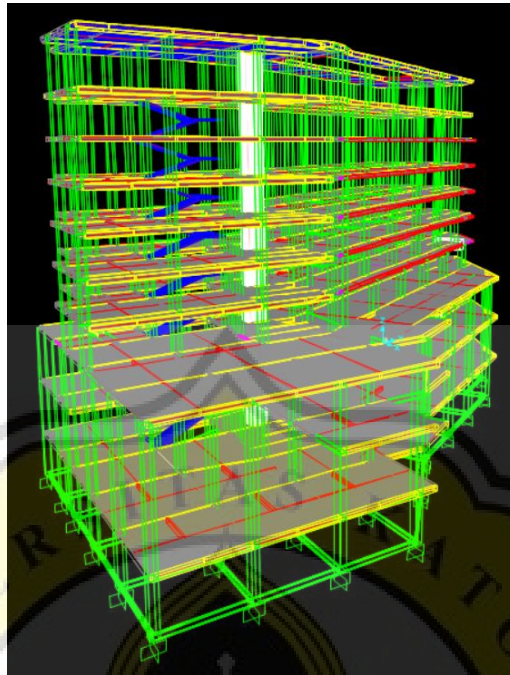
$$\text{Beban hidup lantai tangga (W}_{\text{LL}}) = 300 \text{ kg/m}^2$$

### c. Beban ultimit

$$\begin{aligned}
 q_{u1} &= 1,4 \times W_{\text{DL}} \\
 &= 1,4 \times 360 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 504 \text{ kg/m}^2 \\
 q_{u2} &= (1,2 \times W_{\text{DL}}) + (1,6 \times W_{\text{LL}}) \\
 &= (1,2 \times 360 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 300 \\
 &\quad \text{kg/m}^2) \\
 &= 912 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

## 4.3 Kontrol Dimensi Perhitungan Tulangan

Perhitungan kontrol dimensi tulangan dilakukan setelah melakukan analisis dengan pemodelan struktur gedung menggunakan aplikasi SAP 2000 dengan spesifikasi elemen struktur yang sudah ditentukan pada sub-bab *Preliminary Design* dan ditambahkan pembebanan sesuai dengan perhitungan dan ketentuan kombinasi pembebanan yang diatur dalam SNI 1727-2013. Diperlihatkan gambar pemodelan struktur yang telah dilakukan analisis pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Pemodelan *Preliminary Design*

Hasil yang didapatkan dari pemodelan struktur yaitu *output* nilai gaya geser dasar, gaya aksial, gaya geser dan momen. *Output* yang dihasilkan tersebut dapat dilakukan perhitungan tulangan sebagai berikut:

#### 4.3.1 Pelat lantai

##### 1. Pelat lantai

Perhitungan penulangan pada pelat lantai dilakukan sebagai berikut:

##### a. Data

Tebal Pelat,  $t$  = 15 cm = 150 mm

$l_x$  (panjang sisi pelat yang pendek) = 6,5 m

$l_y$  (panjang sisi pelat yang panjang) = 7 m

Mutu beton ( $f_c'$ ) = 25 MPa

Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 MPa

Tebal Selimut Beton = 4 cm = 40 mm

$q_u$  (Beban ultimit) = 945,6 kg/m<sup>2</sup>

##### b. Perhitungan momen

Diameter tulangan pelat lantai untuk arah x dan y direncanakan menggunakan tulangan ulir dengan diameter D13 mm



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

Rasio antara panjang sisi pelat yang panjang dan pendek yaitu:

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{7}{6,5} = 1,07$$

Koefisien yang digunakan untuk  $M_{lx} = -M_{tx}$  dan  $M_{ly} = -M_{ty}$  yaitu berdasarkan tabel koefisien momen pada pelat seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Koefisien Momen Pada Pelat

		$l_y/l_x$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5	
I		$(M_{lx}) = 0,001 qlx^2 X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125	
		$(M_{ly}) = 0,001 qlx^2 X$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25	
II		$(M_{lx}) = - (M_{tx}) = 0,001 qlx^2 X$	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63	
		$(M_{ly}) = 0,001 qlx^2 X$	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	35	34	34	34	34	34	13
		$(M_{ty}) = 0,001 qlx^2 X$	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	35	34	34	34	34	34	38
III		$(M_{lx}) = 0,001 qlx^2 X$	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94	
		$(M_{ly}) = 0,001 qlx^2 X$	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	48	47	47	19
		$(M_{ty}) = 0,001 qlx^2 X$	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	48	47	47	56
IVA		$(M_{lx}) = 0,001 qlx^2 X$	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125	
		$(M_{ly}) = 0,001 qlx^2 X$	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	25
		$(M_{ty}) = 0,001 qlx^2 X$	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	75
IVB		$(M_{lx}) = - (M_{tx}) = 0,001 qlx^2 X$	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	
		$(M_{ly}) = 0,001 qlx^2 X$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	10	9	9	9	9	13
		$(M_{ty}) = 0,001 qlx^2 X$	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	79	25
VA		$(M_{lx}) = 0,001 qlx^2 X$	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125	
		$(M_{ly}) = 0,001 qlx^2 X$	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	79	25
		$(M_{ty}) = 0,001 qlx^2 X$	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	79	75
VB		$(M_{lx}) = 0,001 qlx^2 X$	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94	
		$(M_{ly}) = 0,001 qlx^2 X$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	12	
		$(M_{ty}) = 0,001 qlx^2 X$	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	90	54
VIA		$(M_{lx}) = 0,001 qlx^2 X$	43	46	48	50	51	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	
		$(M_{ly}) = 0,001 qlx^2 X$	43	46	48	50	51	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	19
		$(M_{ty}) = 0,001 qlx^2 X$	43	46	48	50	51	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	56
VIB		$(M_{lx}) = 0,001 qlx^2 X$	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63	
		$(M_{ly}) = 0,001 qlx^2 X$	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	34	33	33	33	33	13
		$(M_{ty}) = 0,001 qlx^2 X$	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	34	33	33	33	33	38

(Sumber: PBI 1971)

Berdasarkan tabel diatas maka koefisien momen yang didapatkan pada

pelat untuk  $\frac{l_y}{l_x} = 1,07$  adalah:

Koefisien untuk  $M_{lx} = -M_{tx}$  yaitu:

$$C_x = y_2 = \frac{(x_2 - x_1)(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)} + y_1 = \frac{(1,07 - 1)(42 - 36)}{(1,1 - 1,0)} + 36$$

$$= 40,2$$

Koefisien untuk  $M_{ly} = -M_{ty}$  yaitu  $C_y = 37$

Untuk jarak tulangan bawah arah x dan arah y dari tepi bagian atas pelat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$d_x = t - d'' - 0,5 \text{ diameter tulangan } x$$

$$= 150 - 40 - 0,5 \times 13$$

$$= 103,5 \text{ mm}$$

$$d_y = t - d'' - \text{diameter tulangan } x - 0,5 \text{ diameter tulangan } y$$

$$= 150 - 40 - 13 - 0,5 \times 13$$

$$= 90,5 \text{ mm}$$



Untuk momen ultimit pada arah x dan arah y dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_{ulx} &= 0,001 \times q_u \times C_x \times l_x^2 \\ &= 0,001 \times 945,6 \times 40,2 \times 6,5^2 \\ &= 1606,05 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uly} &= 0,001 \times q_u \times C_y \times l_y^2 \\ &= 0,001 \times 945,6 \times 36 \times 7^2 \\ &= 1714,37 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Untuk momen yang diperlukan pada arah x dan arah y dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_{nlx} = -M_{ntx} &= \frac{M_{ulx}}{\phi} \\ &= \frac{1606,05}{0,8} \\ &= 2007,57 \text{ kg.m} \quad = 20075679 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nly} = -M_{nty} &= \frac{M_{uly}}{\phi} \\ &= \frac{1714,33}{0,8} \\ &= 2142,97 \text{ kg/m} \quad = 21429660 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

c. Perhitungan tulangan pelat

Dalam mencari nilai  $a_x$  digunakan persamaan sebagai berikut:

$$0,5 (0,85 f_c' 1000) a_x^2 - (0,85 f_c' 1000 d_x) a_x + M_{nx} = 0$$

$$0,5 (0,85 \times 25 \times 1000) a_x^2 - (0,85 \times 25 \times 1000 \times 103,5) a_x + 20075679 = 0$$

$$10625 a_x^2 - 2199375 a_x + 20075679 = 0$$

Penyelesaian persamaan  $a_x$  menggunakan rumus ABC

$$\begin{aligned} a_x &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-2199375 \pm \sqrt{2199375^2 - 4 \times 10625 \times 20075679}}{2 \times 10625} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_{x1} &= \frac{-2199375 + \sqrt{2199375^2 - 4 \times 10625 \times 20075679}}{2 \times 10625} \\ &= 197,43 \end{aligned}$$

$$a_{x2} = \frac{-2199375 - \sqrt{2199375^2 - 4 \times 10625 \times 20075679}}{2 \times 10625}$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= 9,57 \text{ (digunakan karena merupakan nilai terkecil)}$$

$$a_x = 9,57$$

Dalam mencari nilai  $a_y$  digunakan persamaan sebagai berikut:

$$0,5 (0,85 f_c' 1000) a_y^2 - (0,85 f_c' 1000 d_y) a_y + M_{ny} = 0$$

$$0,5 (0,85 \times 25 \times 1000) a_y^2 - (0,85 \times 25 \times 1000 \times 90,5) a_y + 21429660 = 0$$

$$10625a_y^2 - 1923125a_y + 21429660 = 0$$

Penyelesaian persamaan  $a_x$  menggunakan rumus ABC

$$a_y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{-1923125 \pm \sqrt{1923125^2 \times 10625 \times 21429660}}{2 \times 10625}$$

$$a_y = \frac{-1923125 + \sqrt{1923125 \times 10625 \times 21429660}}{2 \times 10625}$$

$$= 169,07$$

$$a_{y2} = \frac{-1923125 - \sqrt{1923125^2 \times 10625 \times 21429660}}{2 \times 10625}$$

$$= 11,93 \text{ (digunakan karena merupakan nilai terkecil)}$$

$$a_y = 11,93$$

Selanjutnya adalah menghitung luas tulangan pakai ( $A_s$  pakai) pada arah x yang menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_{sx} = \frac{0,85 f_c' 1000 a_x}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 25 \times 1000 \times 9,57}{400}$$

$$= 508,43 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan minimum pada arah x

$$A_{sx \text{ min}} = \frac{\sqrt{f_c'} 1000 d_x}{f_y}$$

$$= \frac{\sqrt{30} \times 1000 \times 103,5}{400}$$

$$= 323,44 \text{ mm}^2$$

$$A_{sx \text{ min}} = \frac{1,4 1000 d_x}{f_y}$$

$$= \frac{1,4 \times 1000 \times 103,5}{400}$$

$$= 362,25 \text{ mm}^2$$





## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

Luas tulangan yang diperlukan ( $A_{sx}$ ) diambil nilai terbesar dari ketiga perhitungan diatas, yaitu  $508,43 \text{ mm}^2$

Selanjutnya yaitu menentukan jarak antar tulangan arah x yang dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar tulangan arah x} &= \frac{0,25 \pi \text{ diameter}^2 1000}{A_{sx} \text{ pakai}} \\ &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 13^2 1000}{508,43} \\ &= 260,93 \\ &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga pada tulangan pelat lapangan dan bagian tumpuan pada arah x menggunakan D13 – 250 mm

Selanjutnya adalah menghitung luas tulangan pakai ( $A_s$  pakai) pada arah y yang menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_{sy} &= \frac{0,85 f_c' 1000 a_y}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 25 \times 1000 \times 11,93}{400} \\ &= 633,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan minimum pada arah y

$$\begin{aligned} A_{sy \text{ min}} &= \frac{\sqrt{f_c' 1000} d_y}{f_y} \\ &= \frac{\sqrt{25 \times 1000} \times 90,5}{420} \\ &= 282,81 \text{ mm}^2 \\ A_{sy \text{ min}} &= \frac{1,4 1000 d_y}{f_y} \\ &= \frac{1,4 \times 1000 \times 90,5}{400} \\ &= 316,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang diperlukan ( $A_{sy}$ ) diambil nilai terbesar dari ketiga perhitungan diatas, yaitu  $633,75 \text{ mm}^2$

Selanjutnya yaitu menentukan jarak antar tulangan arah y yang dihitung menggunakan persamaan berikut:



Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar tulangan arah y} &= \frac{0,25 \pi \text{ diameter}^2 1000}{A_{sx} \text{ pakai}} \\
 &= \frac{0,25 \times 3,14 \times 13^2 1000}{633,75} \\
 &= 209,33 \\
 &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga pada tulangan pelat lapangan dan bagian tumpuan pada arah y menggunakan D13 – 200 mm

Maka, tulangan pelat pada bagian lapangan dan pada bagian tumpuan arah x dipakai D13 – 250 mm sedangkan untuk arah y dipakai D13– 200 mm.

#### 4.3.2 Balok

Perhitungan tulangan pada balok mengacu pada perhitungan desain tulangan dalam McCormac (2003). Dimensi balok ditentukan pada sub-bab *preliminary design* dengan dua jenis balok yaitu balok induk dan balok anak. Desain tulangan balok induk dan balok anak dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

- Data balok induk 40 × 60 cm
  - Mutu beton = 25 MPa
  - Mutu tulangan = 400 MPa
  - Lebar balok (b) = 400 mm
  - Tinggi balok (h) = 600 mm
  - Diameter tulangan lentur = 22 mm
  - Diameter tulangan geser = 10 mm
  - Diameter tulangan torsi = 19 mm
  - Selimut beton = 40 mm
  - Bentang bersih = 7000 mm

Berikut diperlihatkan Tabel 4.2. menunjukkan gaya yang bekerja pada balok dari perhitungan program SAP 2000 sebagai berikut:

Tabel 4.2. *Output* Gaya Dalam Pada Balok

Frame Text	Stasion (m)	Output Case	Case Type Text	P (KN)	V2 (KN)	V3 (KN)	T (KN-m)	M2 (KN-m)	M3 (KN-m)
514	3.2909	ENV	Combination	-21.219	-420.486	-0.317	16.5411	0.5914	703.5706



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

Frame Text	Stasion (m)	Output Case	Case Type Text	P (KN)	V2 (KN)	V3 (KN)	T (KN-m)	M2 (KN-m)	M3 (KN-m)
514	3.2909	ENV	Combination	-21.219	-420.486	-0.317	16.5411	0.5914	703.5706
514	3.2909	ENV	Combination	-20.392	-418.868	-0.304	16.4712	0.5665	699.8814
1042	0	ENV	Combination	4.564	334.328	0.075	-6.2248	0.7833	688.9337
1042	0	ENV	Combination	6.573	330.408	0.062	-6.4616	0.7765	684.0054

## 2. Perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal

Balok yang ditinjau pada perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal adalah balok induk dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 b &= 400 \text{ mm} \\
 h &= 600 \text{ mm} \\
 d' &= 40 + 10 + 11 = 61 \text{ mm} \\
 d &= 600 - 61 = 539 \text{ mm} \\
 f_c' &= 25 \text{ MPa} \\
 f_y' &= 400 \text{ MPa} \\
 Mu(-) &= 825,42 \text{ kN.m} \\
 Mu(+) &= 703,57 \text{ kN.m} \\
 Tu &= 16,54 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya yaitu menghitung persentase maksimal dari tulangan baja ( $\rho_{max}$ ) dan persentase minimum tulangan baja ( $\rho_{min}$ )

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,8 \beta f_c'}{f_y} \left[ \frac{87000}{87000 + f_y} \right] \\
 &= \frac{0,8 \times 0,6 \times 3625,94}{58015,09} \left[ \frac{87000}{87000 + 58015,09} \right] \\
 &= 0,0271
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= 0,75 \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,0271 \\
 &= 0,0203
 \end{aligned}$$

$$\rho_{min1} = \frac{3 \sqrt{f_c'}}{f_y}$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3\sqrt{3625,9}}{58015,09} \\
 &= 0,00311 \\
 \rho_{min2} &= \frac{200}{f_y} \\
 &= \frac{200}{58015,09} \\
 &= 0,00345
 \end{aligned}$$

Digunakan  $\rho_{min}$  yang terbesar = 0,00345

## a. Perhitungan luas tulangan utama (tumpuan)

Bagian atas :

$$M_u = 536,523 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{12 \times M_u \times 1.000}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{12 \times 536,523 \times 1.000}{0,9 \times 15,75 \times 0,6^2} \\
 &= 1261,665 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \left( \frac{0,5 f_c'}{f_y} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{\beta f_c'}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,5 \times 3625,9}{58015,09} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1256,665}{0,9 \times 3625,9}} \right) \\
 &= 0,0163
 \end{aligned}$$

Karena  $\rho_{min} < \rho$ , maka digunakan nilai  $\rho = 0,0163$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{max}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0163 \times 400 \times 600 \\
 &= 3928,523 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bagian atas tumpuan yang akan digunakan adalah

8D22, dengan luas tulangan total:



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$\begin{aligned}
 A_s &= \text{jumlah tulangan} \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\
 &= 8 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\
 &= 3039,52 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Bagian bawah :

$$M_u = 288,897 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{12 \times M_u \times 1.000}{\emptyset b d^2} \\
 &= \frac{12 \times 288,897 \times 1.000}{0,9 \times 15,75 \times 0,6^2} \\
 &= 679,358 \text{ kN/m}^2 \\
 \rho &= \left( \frac{0,5 f_c'}{f_y} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{\beta f_c'}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,5 \times 3625,9}{58015,09} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 679,358}{0,9 \times 3625,9}} \right) \\
 &= 0,0073
 \end{aligned}$$

Karena  $\rho_{min} < \rho$ , maka digunakan nilai  $\rho = 0,0073$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{max}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0073 \times 400 \times 600 \\
 &= 1770,26 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bagian bawah tumpuan yang akan digunakan adalah 4D22, dengan luas tulangan total:

$$\begin{aligned}
 A_s &= \text{jumlah tulangan} \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\
 &= 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\
 &= 1519,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan luas tulangan utama (lapangan)

Bagian atas:



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$M_u = 257,4495 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{12 \times M_u \times 1.000}{\phi b d^2} \\ &= \frac{12 \times 257,4495 \times 1.000}{0,9 \times 0,4 \times 0,6} \\ &= 605,4074 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \left( \frac{0,5 f_c'}{f_y} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{\beta f_c'}} \right) \\ &= \left( \frac{0,5 \times 3625,9}{58015,09} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 605,4074}{0,9 \times 3625,9}} \right) \\ &= 0,0064 \end{aligned}$$

Karena  $\rho_{min} < \rho$ , maka digunakan nilai  $\rho = 0,0064$

$$\begin{aligned} A_{s_{max}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0064 \times 400 \times 600 \\ &= 1551,951 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bagian tumpuan yang akan digunakan adalah 4D22, dengan luas tulangan total:

$$\begin{aligned} A_s &= \text{jumlah tulangan} \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Bagian bawah:

$$M_u = 478,1205 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{12 \times M_u \times 1.000}{\phi b d^2} \\ &= \frac{12 \times 478,1205 \times 1.000}{0,9 \times 0,4 \times 0,6} \\ &= 1124,328 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\rho = \left( \frac{0,5 f_c'}{f_y} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{\beta f_c'}} \right)$$



$$= \left( \frac{0,5 \times 3625,9}{58015,09} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1124,328}{0,9 \times 3625,9}} \right)$$

$$= 0,0138$$

Karena  $\rho_{min} < \rho$ , maka digunakan nilai  $\rho = 0,0138$

$$A_{S_{max}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0138 \times 400 \times 600$$

$$= 3317,893 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan utama bagian tumpuan yang akan digunakan adalah 8D22, dengan luas tulangan total:

$$A_s = \text{jumlah tulangan} \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2$$

$$= 8 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 3039,52 \text{ mm}^2$$

### 3. Perhitungan kebutuhan tulangan transversal

Perhitungan tulangan transversal (tulangan geser) mengacu pada persyaratan yang tercantum dalam SNI:2847:2013. Tulangan transversal dipersyaratkan harus mampu untuk menahan elemen struktur ketika terjadi sendi plastis yang terjadi pada area sekitar *joint* antara kolom dan balok akibat gaya gempa.

#### a. Menghitung gaya geser desain

Perhitungan gaya geser desain harus memperhatikan momen yang terjadi pada area ujung balok, momen tersebut dihitung berdasarkan nilai tegangan yang terjadi yaitu  $1,25 f_y$  dengan nilai faktor reduksi kekuatan lentur sebesar  $\phi=1$ . Untuk menentukan gaya geser desain maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Momen ujung tumpuan kiri negatif ( $M_{pr1}$ ):

$$a_{pr} = \frac{A_s \cdot 1,25 \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$= \frac{3799,40 \times 1,25 \times 58015,09}{0,85 \times 3625,9 \times 400}$$

$$= 178,80 \text{ mm}$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$\begin{aligned}
 Mpr_1 &= A_s \cdot 1,25f_y(d - 0.5a_{pr}) \\
 &= 3799,40 \times 1,25 \times 58015,09 \times (539 - 0.5 \times 178,80) \\
 &= 683287671,9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen ujung tumpuan kanan positif ( $Mpr_4$ ):

$$\begin{aligned}
 a_{pr} &= \frac{A_s \cdot 1,25 \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\
 &= \frac{2279,40 \times 1,25 \times 58015,09}{0,85 \times 3625,9 \times 400} \\
 &= 107,28 \text{ mm} \\
 Mpr_4 &= A_s \cdot 1,25f_y(d - 0.5a_{pr}) \\
 &= 2279,40 \times 1,25 \times 58015,09 \times (539 - 0.5 \times 107,28) \\
 &= 442579715,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Gaya Geser terfaktor akibat beban gravitasi:

$$\begin{aligned}
 V_{g \text{ kiri}} &= \frac{W_u \cdot l_n}{2} = 21992 \text{ N} \quad (\text{Dari SAP 2000}) \\
 V_{g \text{ kanan}} &= \frac{W_u \cdot l_n}{2} = 21992 \text{ N} \quad (\text{Dari SAP 2000})
 \end{aligned}$$

Gaya Geser akibat terjadinya goyangan ke kiri:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Sway}} &= \frac{Mpr_1 + Mpr_4}{l_n} \\
 &= \frac{683287671,9 + 442579715,5}{7000} \\
 &= 160838,20 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Sehingga gaya geser desain yang didapatkan akibat adanya gaya geser ke kiri adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_{e1} &= V_{\text{Sway}} + V_{g \text{ kiri}} \\
 &= 160838,20 + 21992
 \end{aligned}$$





## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= 182830,20 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_{e2} &= V_{\text{Sway}} - V_{g \text{ kanan}} \\ &= 160838,20 - 21992 \\ &= -138846,20 \text{ N} \end{aligned}$$

## b. Menghitung tulangan geser di daerah sendi plastis

Pada area balok yang akan terjadi sendi plastis sepanjang  $2h$  muka kolom yaitu senilai  $2 \times 600 = 1200 \text{ mm}$ , sehingga kontribusi beban yang dapat menahan gaya geser  $= 0$ , apabila gaya tekan aksial terfaktor kurang dari  $A_g f_c' / 20$ .

$$\text{Nilai } P_u = 58207 < A_g f_c' / 20 (= 637500)$$

Sehingga nilai  $V_c$  yang digunakan yaitu  $= 0$

Kebutuhan tulangan geser di tumpuan kiri:

$$V_s = 581324,20 \text{ N}$$

$$d = 539 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_e}{\phi} - V_c \\ &= \frac{581324,20}{0,75} - 0 = 775098,93 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s \text{ max}} &= 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d \\ &= 0,66 \sqrt{25} \times 400 \times 539 = 711480 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{s \text{ pakai}} = 711480 \text{ N}$$

$V_{s \text{ pakai}}$  diambil yang terkecil sehingga  $V_{s \text{ pakai}} = 711480 \text{ N}$

Pada perhitungan ini digunakan sengkang dua kaki dengan D10 ( $A_v = 157,14 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ S &= \frac{157,14 \times 400 \times 539}{711480} \\ &= 47,62 \text{ mm} \end{aligned}$$



Syarat-syarat yang terdapat pada tulangan transversal pada daerah-daerah luar sendi plastis menurut SNI 03-2847:2013 adalah sebagai berikut:

$$S = d/4 = 539/4 = 134,75 \text{ mm}$$

$$S = 6 \times d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

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

Sehingga digunakan sengkang D10-150 mm

- c. Pada daerah diluar sendi plastis, yaitu diluar 2h dari muka kolom =  $2 \times 600 = 1200 \text{ mm}$ , sehingga gaya geser desain dihitung sebagai berikut:

$$V_{e \text{ lapangan}} = \frac{(l_n - 2h)(V_{e \text{ max1}} - V_{e \text{ max2}})}{l_n} + V_{e \text{ max2}}$$

$$V_{e \text{ lapangan}} = \frac{(7000 - 1200)(581324,2 - (-259647,8))}{7000} + (-259647,8)$$

$$= 437157,57 \text{ N}$$

Pada area yang terletak diluar sendi plastis, diluar dari 2h muka kolom >  $2 \times 550$  beton dianggap dapat menerima dan berkontribusi untuk menahan gaya lateral ( $V_c$ ) yang terjadi sehingga:

$$V_c = (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}) \cdot b_w \cdot d$$

$$= (0,17 \times 1 \times \sqrt{25}) \times 400 \times 539$$

$$= 183260 \text{ N}$$

$$V_s = \left( \frac{V_{e \text{ lapangan}}}{\phi} \right) - V_c$$

$$= \left( \frac{437157,57}{0,75} \right) - 183260$$

$$= 399616,76 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ max}} = 0,66 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0,66 \sqrt{25} \times 400 \times 539$$



$$= 711480 \text{ N}$$

$V_{s \text{ pakai}}$  diambil yang terkecil sehingga  $V_{s \text{ pakai}} = 399616,76 \text{ N}$

Pada perhitungan ini digunakan sengkang dua kaki dengan D10 ( $A_v = 157,14 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$S = \frac{157,14 \times 420 \times 539}{399616,76}$$

$$= 84,78 \text{ mm}$$

Syarat-syarat yang terdapat pada tulangan transversal pada daerah-daerah luar sendi plastis menurut SNI 03-2847:2013 adalah sebagai berikut:

$$S = d/2$$

$$= 539/2 = 269,5 \text{ mm}$$

$$S = 250 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan sengkang D10-250 mm

#### 4. Perhitungan kebutuhan tulangan transversal dan longitudinal

Dalam SNI 2847:2013 Pasal 15.5.1, pengaruh torsi untuk menahan struktur non-prategang jika  $T_u$  kurang dari  $\phi \sqrt{f_c'} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$  maka torsi diabaikan.

$$T_u = 16,54 \text{ kN.m (Dari SAP 2000)}$$

$$\phi \sqrt{f_c'} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} = 0,85 \times \sqrt{25000} \frac{0,4^2 \times 0,6^2}{2 \times (0,4 + 0,6)} = 3,87 \text{ kN.m}$$

Karena  $T_u > \phi \sqrt{f_c'} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$ , maka diperlukan tulangan torsi.

##### a. Pemeriksaan kapasitas penampang beton terhadap torsi

Pada pemeriksaan ini digunakan selimut beton setebal 40 mm dan sengkang diameter 10 mm.

$$X_l = b - 2 (\text{Selimut beton} + \varnothing/2) = 400 - 2 \times (40 + \frac{10}{2})$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= 310 \text{ mm}$$

$$y_l = b - 2 (\text{Selimut beton} + \varnothing/2) = 600 - 2 \times (40 + \frac{10}{2})$$

$$= 510 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = 310 \text{ mm} \times 510 \text{ mm}$$

$$= 820 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 \times A_{oh}$$

$$= 0,85 \times 820 \text{ mm}^2$$

$$= 697 \text{ mm}^2$$

Tulangan bawah digunakan D19 (diameter-19 mm)

$$d = 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{19}{2}\right)$$

$$= 542 \text{ mm}$$

$$p_h = 2 (x_1 + x_2)$$

$$= 2 \times (310 \text{ mm} + 510 \text{ mm})$$

$$= 1640 \text{ mm}$$

Cek penampang beton cukup besar untuk menahan  $T_u$

$$V_c = 2 \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 2 \times \sqrt{3625,94} \times 15,75 \times 21,28$$

$$= 40357,75 \text{ lb}$$

$$V_u = 420,49 \text{ kN} = 94529,5 \text{ lb}$$

Selanjutnya adalah menentukan kapasitas penampang beton terhadap torsi yang ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u^2}{b d}\right) + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b d} + 8 \sqrt{f'_c}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{94529,5}{15,75 \times 21,28}\right) + \left(\frac{12,20 \times 67,72}{1,7 \times 271,09^2}\right)^2} \leq 0,85 \left(\frac{40357,75}{15,75 \times 21,28} + 8 \sqrt{3625,94}\right)$$

$$282,09 \text{ psi} \leq 512,11 \text{ psi} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa penampang beton cukup untuk menahan torsi.



Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

b. Menentukan tulangan torsi transversal yang diperlukan:

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{T_u}{\phi} = \frac{12,20}{0,85} \\ &= 14,35 \text{ ft-k} \\ &= 172606,88 \text{ in-lb} \end{aligned}$$

Diasumsikan  $\theta=45$  derajat

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2A_o f_y \cot \theta} \\ &= \frac{172606,88}{2 \times 230,43 \times 3625,94 \times 1} \\ &= 0,0065 \text{ in}^2/\text{in} \text{ untuk satu kaki sengkang} \end{aligned}$$

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk torsi:

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{A_t}{s} P_h \left( \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \right) \cot^2 \theta \\ &= 0,0065 \times 67,72 \times \frac{58015,09}{58015,09} \times (1,0)^2 \\ &= 0,44 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Min } A_l &= \frac{5\sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_{yl}} - \left( \frac{A_t}{s} \right) P_h \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \\ &= \frac{5\sqrt{3625,94} \times 371,99}{58015,09} - (0,0065) \times 67,72 \times \frac{58015,09}{58015,09} \\ &= 1,49 \text{ in}^2 > 0,44 \text{ in}^2 \dots\dots\dots \text{OK} \\ &= 1,49 \text{ in}^2 = 963,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi tulangan yang digunakan adalah 6D19,  $A_s = 1205,76 \text{ mm}^2$

c. Menghitung luas tulangan geser yang diperlukan:

$$V_u = 94529,46 \text{ lb} < \frac{1}{2} \phi V_c \left( \frac{1}{2} \times 0,85 \times 40357,75 \right) = 17152,05$$

Karena  $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$ , maka diperlukan tulangan geser.

5. Panjang Penyaluran tulangan balok

a. Panjang penyaluran tulangan pada kondisi tarik

Data-data dan parameter:

$$db = 22 \text{ mm}$$

$$\psi_t = 1,0$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$\psi_e = 1,0$$

$$\psi_s = 1,0$$

$$\lambda = 1,0$$

$$\begin{aligned} cb &= \text{decking} + D_{tul \text{ geser}} + 0,5 D_{tul \text{ lentur}} \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + 0,5 \times 22 \text{ mm} \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$K_{tr} = 0$$

Panjang penyaluran untuk tulangan tarik dihitung menggunakan persamaan yang tercantum dalam SNI 2847:2013 Pasal 12.2.3.

$$(cb + K_{tr})/db = (61 + 0)/22 = 2,8 > 2,5. \text{ Maka diambil} = 2,5$$

$$\begin{aligned} l_d &= \left( \frac{f_y}{1,1\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left( \frac{cb + K_{tr}}{db} \right)} \right) \times db \\ &= \left( \frac{400}{1,1 \times 1 \times \sqrt{25}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{(2,5)} \right) \times 22 \\ &= 577 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{d \text{ min}} = 280 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan  $l_d = 580 \text{ mm}$

b. Panjang penyaluran tulangan pada kondisi tekan

Dalam SNI 2847:2013 Pasal 12.3.1. panjang penyaluran tulangan pada kondisi tekan tidak boleh diambil lebih kecil dari 200 mm.

$$\begin{aligned} l_{dc1} &= \left( \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b \\ &= \left( \frac{0,24 \times 400}{1,0 \sqrt{25}} \right) \times 22 \\ &= 422,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dc2} &= (0,043 f_y) d_b \\ &= (0,043 \times 400) \times 22 \end{aligned}$$



$$= 378,4$$

$$\text{Maka, dipakai } l_{dc} = 422,4 \text{ mm} = 430 \text{ mm}$$

c. Perhitungan panjang kait

Perhitungan mengacu pada peraturan yang tercantum dalam SNI 2847:2013 dan dilakukan perhitungan menggunakan persamaan dengan mengasumsikan kait yang dihitung  $90^\circ$  yang dijabarkan sebagai berikut :

$$l_{dh} = \left( \frac{0,24 \cdot \psi_e \cdot f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$$

$$= \left( \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{25}} \right) \times 22$$

$$= 422,4 \text{ mm}$$

$$\text{Maka, dipakai } l_{dh} = 430 \text{ mm}$$

$$12 d_b = 12 \times 22$$

$$= 264 \text{ mm}$$

$$\text{Maka, dipakai} = 270 \text{ mm}$$

Setelah dilakukan perhitungan penulangan yang digunakan pada elemen struktur balok, diperlihatkan rekapan penulangan Balok Induk A yang diperlihatkan pada Tabel 4.3, Balok Induk B pada Tabel 4.4, dan Balok anak pada Tabel 4.5.

Tabel 4.3. Penulangan Pada Balok Induk A

TIPE BALOK	BALOK INDUK A (400/600)		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Utama Atas	8D22	4D22	8D22
Tulangan Utama Bawah	4D22	8D22	4D22
Tulangan Torsi	4D19	4D19	4D19
Tulangan Sengkang	D10-150	D10-250	D10-150



Tabel 4.4. Penulangan Pada Balok Induk B

TIPE BALOK	BALOK INDUK B (400/550)		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Utama Atas	8D22	4D22	8D22
Tulangan Utama Bawah	4D22	8D22	4D22
Tulangan Torsi	4D19	4D19	4D19
Tulangan Sengkang	D10-150	D10-250	D10-150

5 Tabel 4.5. Penulangan Pada Balok Anak

TIPE BALOK	BALOK ANAK (300/400)		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Utama Atas	5D22	3D22	5D22
Tulangan Utama Bawah	3D22	5D22	3D22
Tulangan Torsi	2D19	2D19	2D19
Tulangan Sengkang	D10-150	D10-250	D10-150

### 4.3.3. Kolom

Perhitungan tulangan pada kolom dilakukan dengan menggunakan dimensi kolom yang sudah ditentukan pada perhitungan *preliminary design*. Penentuan spesifikasi tulangan dijabarkan pada perhitungan sebagai berikut:

1. Data Desain Kolom Dimensi 600×700 mm

Mutu beton = 30 MPa

Mutu tulangan = 400 MPa

Lebar kolom (b) = 600 mm = 23,62 in

Tinggi kolom (h) = 700 mm = 27,55 in

Diameter tulangan lentur = 22 mm

Diameter tulangan geser = 10 mm

Selimut beton = 40 mm

Tinggi kolom = 5000 mm

Berikut merupakan rekap hasil rekap gaya yang bekerja pada kolom menggunakan program SAP 2000 seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.6.



Tabel 4.6. *Output* Gaya Dalam Pada Kolom

Frame Text	Stasion (m)	Output Case	Case Type Text	P (KN)	V2 (KN)	V3 (KN)	T (KN-m)	M2 (KN-m)	M3 (KN-m)
1550	3.4	ENV	Combination	129.753	157.817	26.88	-1.7151	-13.0559	-59.98
1550	3.4	ENV	Combination	113.25	148.948	33.851	-1.5065	-22.7138	-54.6187
1550	3.4	ENV	Combination	112.487	143.82	29.797	-1.4929	-18.3927	-53.416
1550	3.4	ENV	Combination	112.487	143.82	29.797	-1.4929	-18.3927	-53.416
1550	3.4	ENV	Combination	111.217	135.272	23.04	1.4701	-11.1907	-51.4115

## 2. Data Perencanaan

$$\begin{aligned}
 A_g &= b \times h \\
 &= 23,62 \times 27,55 \\
 &= 650,99 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{selimut beton} + D \text{ sengkang} + 0,5 D \text{ tulangan} \\
 &= 40 + 13 + 11 \\
 &= 62,5 \text{ mm} \\
 &= 2,46 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= 600 - 62,5 \\
 &= 537,5 \text{ mm} = 21,16 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa} = 4351,13 \text{ psi}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa} = 58015,1 \text{ psi}$$

$$\phi_{\text{geser}} = 0,7 \text{ (sengkang persegi)}$$

## 3. Perhitungan Tulangan Utama Kolom 600×700 mm

Berdasarkan pemodelan struktur menggunakan aplikasi SAP 2000 di dapatkan berbagai nilai sebagai berikut:

$$P_u = 143,29 \text{ kN} = 32,21 \text{ kip}$$

$$M_2 = 140,24 \text{ kN.m}$$

$$M_3 = 226,81 \text{ kN.m}$$

$$M_u = 140,24 \text{ kN.m} + 226,81 \text{ kN.m}$$

$$= 367,05 \text{ kN.m}$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= 270,72 \text{ ft.k}$$

Selanjutnya dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_n &= P_u / \phi \\ &= 143,29 \text{ kN} / 0,7 \\ &= 46,02 \text{ kip} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 270,72 \text{ ft.k} / 0,7 \\ &= 386,74 \text{ ft-k} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{12 \times M_n}{P_n} \\ &= \frac{12 \times 386,74}{46,02} \\ &= 100,85 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{e}{h} &= \frac{100,95}{27,56} \\ &= 3,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\phi P_n \times \frac{e}{h}}{A_g} &= \frac{0,7 \times 46,02}{650,99} \times 3,65 \\ &= 0,181 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{h-2(d')}{h} \\ &= \frac{27,56-2(2,46)}{27,56} \\ &= 0,82 \end{aligned}$$

Menghitung  $A_s$  hitung:

$$\begin{aligned} A_s \text{ hitung} &= \rho b d \\ &= 0,005 \times 23,62 \times 21,16 \\ &= 2,49 \text{ in}^2 \end{aligned}$$



Menghitung  $A_s$  min :

$$\begin{aligned} A_{s \min} &= 1\% \times A_g \\ &= 1\% \times 650,99 \\ &= 6,5 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

Menghitung  $A_s$  max:

$$\begin{aligned} A_{s \max} &= 4\% \times A_g \\ &= 4\% \times 650,99 \\ &= 26,03 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

Maka  $A_s$  pakai adalah  $A_{s \min} = 6,5 \text{ in}^2 = 4199,98 \text{ mm}^2$

Selanjutnya adalah menghitung jumlah tulangan:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{A_s \text{ Pakai}}{0,25 \times \pi \times d^2} \\ &= \frac{4199,98}{0,25 \times 3,14 \times 22^2} \\ &= 11,05 = 12 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Tulangan yang digunakan yaitu 12D22

#### 4. Perhitungan Tulangan Geser

Berdasarkan perhitungan mekanika struktur menggunakan bantuan program SAP 2000 maka diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_u &= V_2 + V_3 = 125,02 \text{ kN} + 68,66 \text{ kN} = 193,68 \text{ kN} \\ &= 43541,88 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$N_u = P_u = 143,29 \text{ kN} = 32212,35 \text{ lb}$$

$$b = 600 \text{ mm} = 23,62 \text{ in}$$

$$h = 700 \text{ mm} = 27,55 \text{ in}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa} = 4351,13 \text{ psi}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa} = 58015,1 \text{ psi}$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$A_g = 490000 \text{ mm}^2 = 650,99 \text{ in}^2$$

$$d = 537,5 \text{ mm} = 21,16 \text{ in}$$

Selanjutnya adalah melakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,85 \left\{ 2 \times \left( 1 + \frac{N_u}{2000 A_g} \right) \sqrt{f_c'} b_w d \right\} \\ &= 0,85 \left\{ 2 \times \left( 1 + \frac{32212,35}{2000 \times 650,99} \right) \times \sqrt{4351,13} \times 23,62 \times 27,55 \right\} \\ &= 57441,34 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$0,5 \phi V_c = 28720,67 \text{ lb}$$

Diperlukan sengkang apabila  $V_u > 0,5 \phi V_c$

$$V_u = 43541,87 \text{ lb} > 0,5 \phi V_c (= 28720,67)$$

Sehingga diperlukan sengkang (percobaan menggunakan tulangan D13 mm)

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \\ &= \frac{43541,87 - 57441,34}{0,85} = 16352,31 \text{ lb} \end{aligned}$$

Cek dimensi kolom (syarat  $V_s < 8\sqrt{f_c'} b_w d$ ):

$$\begin{aligned} &= 16352,31 < 8\sqrt{f_c'} b_w d \\ &= 16352,31 < 8 \times \sqrt{4351,13} \times 23,62 \times 27,55 \\ &= 16352,31 < 263785,95 \text{ lb} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Hitung jarak sengkang 2 kaki D13 ( $A_s = 0,1218 \text{ in}^2$ )

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{2 \times 0,1218 \times 58015,1 \times 21,16}{16352,31} \\ &= 18,28 \text{ in} \end{aligned}$$

Jarak maksimum untuk memberikan nilai  $A_v$  minimum sengkang:

$$S_{max1} = \frac{A_v f_y}{50b}$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= \frac{2 \times 0,1218 \times 58015,1}{50 \times 23,62}$$

$$= 11,96 \text{ in}$$

Jarak sengkang minimum:

$$S_{max2} = \frac{d}{2}$$

$$= \frac{21,16}{2}$$

$$= 10,58 \text{ in}$$

Tidak boleh melebihi:

$$S_{max3} = 24 \text{ in}$$

Sehingga digunakan nilai  $S$  terkecil sebagai jarak sengkang minimum yaitu:

$$S_{max1} = 10,58 \text{ in} = 268,75 \text{ mm}$$

Jadi jarak sengkang yang digunakan yaitu: D13-100 mm

#### 5. Penentuan Daerah Sendi Plastis

Penentuan letak daerah sendi plastis dilakukan dengan mengacu berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.1 sebagai berikut:

a. Tinggi komponen struktur di *joint*,  $h = 700 \text{ mm}$

b.  $1/6 \times$  bentang bersih komponen satruktur

$$= 1/6 \times 7000 \text{ mm}$$

$$= 1166,67 \text{ mm}$$

c. 450 mm

Sehingga diambil daerah sendi plastis sepanjang 1200 mm.

Dalam SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.3, spasi yang terdapat pada tulangan transversal sepanjang sendi plastis tidak diperbolehkan melebihi yang terkecil dari persyaratan sebagai berikut:

d. Seperempat dimensi komponen struktur minimum

$$\frac{b}{4} = \frac{600}{4}$$

$$= 150 \text{ mm}$$



e.  $6 \times$  diameter tulangan longitudinal terkecil

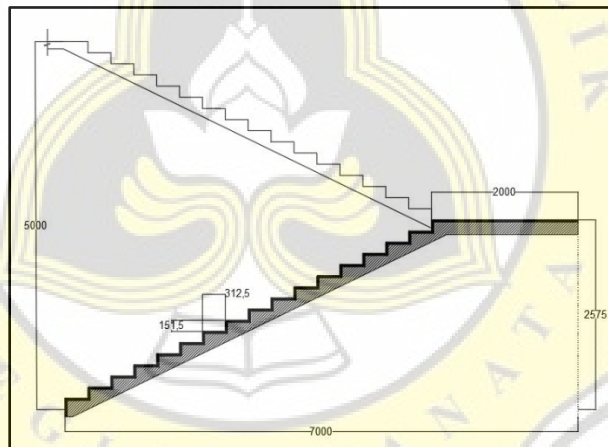
$$\begin{aligned} 6d_b &= 6 \times 22 \\ &= 132 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nilai  $s_o$  tidak diizinkan melebihi 150 mm dan diambil lebih kecil dari 100 mm. Oleh karena itu digunakan spasi sengkang  $s = 100$  mm sepanjang kolom. Penulangan kolom K1 diperlihatkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Penulangan Kolom K1

Tipe		Kolom K1
Dimensi		700 mm $\times$ 600 mm
Tulangan Longitudinal		12D22
$f_c'$		30 MPa
$f_y'$		400 MPa
Tul. Sengkang	Tumpuan	D13-100
	Lapangan	D13-100

#### 4.3.4. Tangga dan bordes



Gambar 4.2. Pemodelan Tangga

1. Dimensi tangga

$$\text{Tebal pelat tangga} = 150 \text{ mm} = 5,91 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimensi bordes tangga} &= 4000 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm} \\ &= 157,48 \text{ in} \times 78,74 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimensi pelat tangga} &= 4000 \text{ mm} \times 5000 \text{ mm} \\ &= 157,48 \text{ in} \times 196,85 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi anak tangga} = 151,5 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar anak tangga} = 312,5 \text{ mm}$$



$$\text{Sudut, } \alpha = 28^\circ$$

## 2. Beban pada tangga dan bordes

Data pembebanan yang ditambahkan pada pelat tangga dan bordes menggunakan perhitungan yang sebelumnya pada *preliminary design* dengan hasil sebagai berikut :

$$\text{Beban Mati Pelat tangga} = 697,3 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Hidup pelat tangga} = 271,24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Kombinasi pelat tangga} = 1270,7 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Mati pelat bordes} = 405 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Hidup pelat bordes} = 271,24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Kombinasi pelat bordes} = 919,9 \text{ kg/m}^2$$

## 3. Data perhitungan penulangan tangga

Perhitungan momen yang terjadi pada tangga dilakukan menggunakan bantuan software SAP 2000, hasil *run analysis* dari program SAP 2000 tersebut dihitung dalam satuan Kgf,m,C dengan hasil ditampilkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Momen Pada Pelat Tangga

Frame Text	Output Case	Case Type Text	F11 Kgf/m	F22 Kgf/m	F12 Kgf/m	M11 Kgf-m/m
1717	ENV	Combination	2.789E-10	-1.129E-10	2.311E-10	2316.9
158	ENV	Combination	-8.084E-12	-2.522E-11	-9.679E-12	2302.41
1276	ENV	Combination	-2.27E-11	2.231E-11	3.039E-11	2300.83
1276	ENV	Combination	-2.27E-11	2.231E-11	3.039E-11	2300.83
1751	ENV	Combination	4.482E-10	-5.083E-10	2.12E-10	2300.35

$$\text{Mutu beton, } f_c' = 25 \text{ MPa} = 3625,94 \text{ psi}$$

$$\text{Mutu baja, } f_y = 400 \text{ MPa} = 58015,1 \text{ psi}$$

$$M_u \text{ dari SAP 2000} = 2316,9 \text{ Kgf-m/m} = 16,75 \text{ ft-k}$$

$$\text{Faktor reduksi } (\phi) = 0,9$$

$$\beta (f_c' < 4000 \text{ psi}) = 0,85$$

$$\text{Lebar anak tangga } (b) = 1.350 \text{ mm} = 53,15 \text{ in}$$

$$\text{Tebal tangga } (h_{DL}) = (\sin \alpha \times 15) + \text{tebal pelat}$$

$$= (\sin 28 \times 15) + 15 \text{ cm}$$

$$= 22,04 \text{ cm} = 8,67 \text{ in}$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$\begin{aligned}d' &= 40 \text{ mm} &&= 1,57 \text{ in} \\d &= h_{DL} - d' \\ &= 8,67 \text{ in} - 1,57 \text{ in} &&= 7,1 \text{ in}\end{aligned}$$

## 4. Perhitungan tulangan pokok tangga

$$a. R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{16,75 \times 12 \times 1000}{0,9 \times 53,15 \times 7,1^2} = 83,35 \text{ psi}$$

## b. Rasio tulangan baja

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{R_n}{0,85 f_c'}} \right] \\ &= \frac{0,85 \times 3625,94}{58015,1} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{83,35}{0,85 \times 3625,94}} \right] \\ &= 0,0007\end{aligned}$$

## c. Rasio tulangan baja

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \beta f_c'}{f_y} \left[ \frac{87000}{87000 + f_y} \right] \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 3625,94}{58015,1} \left[ \frac{87000}{87000 + 58015,1} \right] \\ &= 0,0270\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0270 \\ &= 0,020\end{aligned}$$

## d. Rasio minimal tulangan baja

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{3 \sqrt{f_c'}}{f_y} \\ &= \frac{3 \sqrt{3625,94}}{58015,1} \\ &= 0,000749\end{aligned}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{200}{f_y} \\ &= \frac{200}{58015,1} \\ &= 0,000344\end{aligned}$$

e. Luas tulangan baja yang dibutuhkan ( $A_s$ )





## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

Nilai  $\rho$  yang digunakan yaitu  $\rho_{min} = 0,00344$  karena  $\rho < \rho_{min}$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00344 \times 53,15 \times 7,1 \\ &= 1,298 \text{ in}^2 \\ &= 837,417 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk jarak dan diameter tulangan yang digunakan dapat ditentukan berdasarkan tabel 4.9. dengan syarat  $A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$

Tabel 4.9. Luas Tulangan Dalam Pelat

Jarak (mm)	Nomor tulangan								
	10	13	16	19	22	25	29	32	36
75	947	1.720	2.653	3.787	5.160	6.800	8.600	10.920	13.413
90	789	1.433	2.211	3.156	4.300	5.677	7.167	9.100	11.178
100	710	1.290	1.990	2.840	3.870	5.100	6.450	8.190	10.060
115	617	1.222	1.730	2.470	3.365	4.435	5.609	7.122	8.748
130	546	992	1.531	2.185	2.977	3.923	4.962	6.300	7.738
140	507	921	1.421	2.029	2.764	3.643	4.607	5.850	7.186
150	473	890	1.327	1.893	2.580	3.400	4.300	5.460	6.707
165	430	782	1.206	1.721	2.345	3.091	3.909	4.964	6.097
180	394	717	1.106	1.578	2.150	2.833	3.583	4.550	5.589
190	374	679	1.047	1.495	2.037	2.684	3.395	4.311	5.295
200	355	645	995	1.420	1.935	2.550	3.225	4.095	5.030
225	316	573	884	1.262	1.720	2.267	2.867	3.640	4.471
250	284	516	796	1.139	1.548	2.040	2.580	3.276	4.024
300	237	430	663	947	1.290	1.700	2.150	2.730	3.353

(Sumber: McCormac, 2002)

Nilai  $A_s$  yang digunakan untuk tulangan pokok tangga berdasarkan Tabel 4.9. adalah D13-150 mm dengan nilai  $A_s = 890 \text{ mm}^2$

## 5. Perhitungan tulangan bagi



$$\begin{aligned} A_s &= 0,25\% \times b \times d \\ &= 0,0025 \times 53,15 \times 7,1 \\ &= 0,943 \text{ in}^2 \\ &= 608,385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak dan diameter tulangan yang digunakan berdasarkan Tabel 4.9 yaitu tulangan bagi D13-200 dengan nilai  $A_s = 645 \text{ mm}^2$

#### 4.3.5. Pondasi (*bored pile*)

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan untuk merencanakan sebuah pondasi yaitu perencanaan daya dukung izin, jumlah pondasi yang diperlukan, beban maksimum yang dapat diterima pondasi dan perencanaan penulangan pondasi tersebut. Berikut diperlihatkan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam perencanaan pondasi *bored pile*:

##### 1. Perhitungan pondasi *bored pile*

Hasil yang didapatkan dari analisis pondasi *bored pile* dengan program SAP 2000 menunjukkan reaksi yang diperlihatkan pada Gambar 4.3.

Joint Object	6	Joint Element	6
	1	2	3
Force	106.527	-5642.119	385427.6
Moment	7442.679	5.601	10.192

Gambar 4.3. Hasil Reaksi Pada Kolom

$$P_u = 385427,6 \text{ Kg}$$

$$M_x = 7442,679$$

$$M_y = 5,601$$

##### a. Perhitungan daya dukung izin pondasi *bored pile*

Daya dukung ijin tekan ( $P_a$ )

Contoh perhitungan yang digunakan pada kedalaman 4 meter

$$\begin{aligned} A_p &= \text{luas penampang tiang bor} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_{\text{pondasi}}^2 \end{aligned}$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1^2$$

$$= 0,785 \text{ m}^2$$

$A_{st}$  = keliling penampang tiang bor

$$= 3,14 \times 1$$

$$= 3,14 \text{ m}$$

N-SPT = 3

$l_i$  = 2 meter

$f_i$  = 3 ton/m<sup>2</sup> (Untuk pasir,  $f_i = N/5$  dengan  $f_{i \text{ max}} = 10 \text{ ton/m}^2$ )

dan untuk lanau/lempung,  $f_i = N$  dengan  $f_{i \text{ max}} = 12 \text{ ton/m}^2$ )

$q_c$  = 20×3=60 ton/m<sup>2</sup> (Untuk pasir,  $q_c = 40 \cdot N$  dan untuk

Lanau/lempung,  $q_c = 20N$ )

$$P_a = \frac{q_c \times A_p}{FK1} + \frac{\sum l_i f_i \times A_{st}}{FK2}$$

$$= \frac{60 \times 0,785}{3} + \frac{(4 \times 3) \times 314}{5}$$

$$= 23,236 \text{ ton}$$

Perhitungan  $P_a$  yang digunakan = 420,0064 ton = 420.006 kg

Tabel 4.10. Daya Dukung Ijin Tekan Berdasarkan N-SPT

Depth (m)	Li (m)	Jenis Tanah	N-SPT	qc (t/m <sup>2</sup> )	Ap (m <sup>2</sup> )	Ast (m <sup>2</sup> )	fi (t/m <sup>2</sup> )	li.fi (t/m)	Σli.fi (t/m)	Pa (ton)
2	2	Lempung	3	60	0,785	3,14	3	6	6	19,468
4	2	Lempung	3	60	0,785	3,14	3	6	12	23,236
6	2	Lempung	2	40	0,785	3,14	2	4	16	20,514
8	2	Lempung	1	20	0,785	3,14	1	2	18	16,537
10	2	Lempung	1	20	0,785	3,14	1	2	20	17,793
12	2	Lempung	3	60	0,785	3,14	3	6	26	32,028
14	2	Pasir	42	1680	0,785	3,14	8,4	16,8	42,8	466,478
16	2	Pasir	29	1160	0,785	3,14	5,8	11,6	54,4	337,696
18	2	Pasir	36	1440	0,785	3,14	7,2	14,4	68,8	420,006

Perhitungan  $P_a$  yang digunakan pada kedalaman 18 meter = 420,0064 ton

Daya dukung tarik ijin ( $P_{ta}$ )



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

Contoh perhitungan yang digunakan pada kedalaman 4 meter

$$\begin{aligned}
 W_p &= \text{berat pondasi tiang} \\
 &= \gamma_{\text{beton}} \times \text{volume pondasi tiang} \\
 &= 2,4 \times 0,785 \times 4 \\
 &= 7,54 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{ta} &= \frac{(\sum l_i f_i \times A_{st}) \times 0,70}{FK2} + W_p \\
 &= \frac{((4 \times 3) \times 3,14) \times 0,70}{5} + 7,54 \\
 &= 12,81 \text{ ton} = 12810 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.11. Daya Dukung Ijin Tarik Berdasarkan N-SPT

Depth (m)	Li (m)	Jenis Tanah	N-SPT	qc (t/m <sup>2</sup> )	Ap (m <sup>2</sup> )	Ast (m <sup>2</sup> )	fi (t/m <sup>2</sup> )	li.fi (t/m)	Σli.fi (t/m)	Wp (T)	Pa (T)
2	2	Lempung	3	60	0,785	3,14	3	6	6	3,77	6,41
4	2	Lempung	3	60	0,785	3,14	3	6	12	7,54	12,8
6	2	Lempung	2	40	0,785	3,14	2	4	16	11,30	18,3
8	2	Lempung	1	20	0,785	3,14	1	2	18	15,07	22,9
10	2	Lempung	1	20	0,785	3,14	1	2	20	18,84	27,6
12	2	Lempung	3	60	0,785	3,14	3	6	26	22,61	34,0
14	2	Pasir	42	1680	0,785	3,14	8,4	16,8	42,8	26,38	45,0
16	2	Pasir	29	1160	0,785	3,14	5,8	11,6	54,4	30,14	54,0
18	2	Pasir	36	1440	0,785	3,14	7,2	14,4	68,8	33,91	64,1

Perhitungan  $P_a$  yang digunakan pada kedalaman 18 meter = 64,16 ton

b. Perhitungan jumlah tiang bor ( $n_p$ )

$$\begin{aligned}
 n_p &= \frac{P_u}{P_a} \\
 &= \frac{385427,6}{420.0064} \\
 &= 0,9176 = 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Jadi jumlah pondasi yang digunakan sebanyak 2 pondasi *bored pile*.

c. Perhitungan beban maksimum tiang dalam kelompok tiang

$$X_{\max} = \text{jarak tiang arah sumbu} \times \text{terjauh dari as kolom}$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= \frac{0,5 \times (2,5 \times D)}{100} = \frac{0,5 \times (2,5 \times 100)}{100} = 1,25 \text{ m}$$

$Y_{\max}$  = jarak tiang arah sumbu y terjauh dari as kolom

$$= \frac{0,5 \times (2,5 \times D)}{100} = \frac{0,5 \times (2,5 \times 100)}{100} = 1,25 \text{ m}$$

$n_x$  = jumlah tiang dalam satu baris arah sumbu x

$$= 2 \text{ tiang}$$

$n_y$  = jumlah tiang dalam satu baris arah sumbu y

$$= 1 \text{ tiang}$$

$\Sigma X^2$  = jumlah kuadrat X

$$= \text{jumlah baris tiang arah x} \times n_x \times X_{\max}^2$$

$$= 2 \times 2 \times 1,25^2$$

$$= 6,25 \text{ m}^2$$

$\Sigma Y^2$  = jumlah kuadrat Y

$$= \text{jumlah baris tiang arah y} \times n_y \times Y_{\max}^2$$

$$= 1 \times 1 \times 1,25^2$$

$$= 1,25 \text{ m}^2$$

$$P_{\max} = \frac{P_u}{n_p} + \frac{M_y \times X_{\max}}{n_y \times \Sigma X^2} + \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_x \times \Sigma Y^2}$$

$$= \frac{385427,6}{2} + \frac{5,601 \times 1,25}{1 \times 6,25} + \frac{7442,679 \times 1,25}{2 \times 1,25}$$

$$= 195692 < P_a = 420006,4 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

d. Perhitungan tulangan pondasi *bored pile*

Data yang digunakan:

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

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

$$d' = 75 + 10 + 9,5 = 94,5 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - 94,5 = 905,5 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan geser} = 10 \text{ mm}$$

Momen terbesar dari analisis pondasi *bored pile* dengan program SAP 2000 menunjukkan reaksi yang ditampilkan pada Gambar 4.4.



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

Joint Object	5	Joint Element	5
	1	2	3
Force	5630.583	-43243.1	3308406.
Moment	937537.	321738.	-2225771.

Gambar 4.4. Momen Terbesar yang Bekerja Pada Pondasi

Menentukan momen nominal ( $M_n$ ):

$$M_u = 2225771 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2225771}{0,70}$$

$$= 3179672,857 \text{ N.mm}$$

Menghitung  $\rho$  min,  $\rho$  dan  $\rho$  max:

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{F_y} \times \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 25}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0270$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,0270$$

$$= 0,0203$$

Menghitung  $\rho$  :

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2}$$

$$= \frac{3179672,857}{1000 \times 1105,5} = 0,0038 \text{ psi}$$

$$m = \frac{400}{0,85 \times 25}$$

$$= 18,82 \text{ psi}$$

$$\rho = \frac{1}{18,82} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 0,0038}{400}} \right)$$

$$= 0,0000096$$

Menghitung luas tulangan:

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 1000 \times 905,5$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= 3169,25 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ tul}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \text{diameter tulangan}^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19$$

$$= 283,385 \text{ mm}^2$$

Menghitung jumlah tulangan:

$$n = \frac{A_s}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$= \frac{3169,25}{283,385}$$

$$= 11,183 = 12 \text{ tulangan}$$

Sehingga tulangan yang digunakan yaitu 12D19

Tulangan sengkang spiral:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \sqrt{25} \times 1000 \times 905,5$$

$$= 754583,3 \text{ N.mm}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

$$= \frac{168071,5}{0,60}$$

$$= 280119 \text{ N}$$

$$168071,5 < 0,60 \times 754583,3 (=452750)$$

$V_u < \phi V_c$  sehingga tulangan geser digunakan syarat minimum yaitu D10-150 mm

#### 4.3.6. Tie beam

Perhitungan *tie beam* dilakukan dengan data-data perencanaan sebagai berikut:

1. Data desain balok 400×600 mm

Mutu beton,  $f_c'$  = 25 MPa

Mutu tulangan,  $f_y$  = 400 MPa

Lebar balok (b) = 400 mm

Tinggi balok (h) = 600 mm

Diameter tulangan lentur = D22



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

Diameter tulangan bersih = D10

Selimut beton = 50 mm

Bentang bersih = 7000 mm

Berikut merupakan hasil dari *run analysis* gaya yang bekerja pada balok menggunakan bantuan program SAP 2000 yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. *Output Gaya Dalam Pada Tie Beam*

Frame Text	Stasion (m)	Output Case	P (KN)	V2 (KN)	V3 (KN)	T (KN-m)	M2 (KN-m)	M3 (KN-m)
195	4.3248	ENV	-4.709E-15	89.666	-5.008E-17	-6.9689	3.295E-16	-130.514
501	3.3664	ENV	-2.508E-16	93.177	-1.592E-18	-3.6861	8.036E-18	-125.931
195	4.3248	ENV	-5.493E-15	85.499	-2.591E-17	-6.9383	2.438E-16	-124.550
195	4.3248	ENV	-4.709E-15	83.532	-3.963E-17	-6.5857	2.843E-16	-121.605
195	4.3248	ENV	-4.709E-15	83.532	-3.963E-17	-6.5857	2.843E-16	-121.605

## 2. Perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal

Balok *tie beam* yang akan dihitung memiliki data perencanaan sebagai berikut:

$$b = 400 \text{ mm} = 15,748 \text{ in}$$

$$h = 600 \text{ mm} = 23,622 \text{ in}$$

$$d' = 50+10+11 = 71 \text{ mm} = 2,79 \text{ in}$$

$$d = 600 - 71 = 529 \text{ mm} = 20,82 \text{ in}$$

$$f_c' = 25 \text{ MPa} = 3625,94 \text{ psi}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa} = 58015,1 \text{ psi}$$

$$M_u = 130,51 \text{ kN.m}$$

$$V_u = 25,081 \text{ kN.m}$$

Menghitung persentase maksimal tulangan baja dan persentase minimum tulangan baja:

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,8 \beta f_c'}{f_y} \left[ \frac{87000}{87000 + f_y} \right] \\ &= \frac{0,8 \times 0,85 \times 3625,94}{58015} \left[ \frac{87000}{87000 + 58015} \right] \\ &= 0,0271 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$





Tugas Akhir  
Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times 0,0271 \\ &= 0,0203 \\ \rho_{min1} &= \frac{3\sqrt{f_c'}}{f_y} \\ &= \frac{3\sqrt{3625,94}}{58015} \\ &= 0,00311 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min2} &= \frac{200}{f_y} \\ &= \frac{200}{58015} \\ &= 0,00345 \end{aligned}$$

Digunakan  $\rho_{min}$  yang terbesar sehingga digunakan  $\rho_{min2} = 0,00345$

a. Perhitungan luas tulangan utama (bagian tumpuan)

$$M_u = -130,51 \text{ kN.m} = -96,26 \text{ lb.ft-k}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{12 \times M_u \times 1.000}{\phi b d^2} \\ &= \frac{12 \times 71,30 \times 1.000}{0,9 \times 15,75 \times 20,83^2} \\ &= 187,89 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \left( \frac{0,5 f_c'}{f_y} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{\beta f_c'}} \right) \\ &= \left( \frac{0,5 \times 3625,9}{58015} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 187,89}{0,85 \times 3625,9}} \right) \\ &= 0,0033 \end{aligned}$$

Karena  $\rho_{min} > \rho$ , maka digunakan nilai  $\rho = 0,00345$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00345 \times 15,75 \times 20,83 \\ &= 1,131 \text{ in}^2 \\ &= 729,46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bagian tumpuan yang akan digunakan adalah

3D22, dengan luas tulangan total:

$$A_s = \text{jumlah tulangan} \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= 3 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 1139,82 \text{ mm}^2$$

## b. Perhitungan luas tulangan utama (bagian lapangan)

$$M_u = 131,85 \text{ kN.m} = 97,25 \text{ lb.ft-k}$$

$$R_n = \frac{12 \times M_u \times 1.000}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{12 \times 97,25 \times 1.000}{0,9 \times 19,69 \times 20,83^2}$$

$$= 139,17 \text{ psi}$$

$$\rho = \left( \frac{0,5 f_c'}{f_y} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{\beta f_c'}} \right)$$

$$= \left( \frac{0,5 \times 3625,9}{58015} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 139,17}{0,85 \times 3625,9}} \right)$$

$$= 0,0025$$

Karena  $\rho_{min} > \rho$ , maka digunakan nilai  $\rho = 0,00345$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00345 \times 15,75 \times 20,83$$

$$= 1,131 \text{ in}^2$$

$$= 729,46 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan utama bagian lapangan yang akan digunakan adalah 2D22, dengan luas tulangan total:

$$A_s = \text{jumlah tulangan} \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 759,88 \text{ mm}^2$$

## 3. Perhitungan kebutuhan tulangan transversal

Perhitungan kebutuhan tulangan transversal dilakukan setelah ditentukannya tulangan longitudinal. Perhitungan tulangan transversal atau tulangan geser mengacu pada peraturan SNI:2847:2013. Tulangan geser di desain harus mampu menahan struktur ketika terjadinya sendi plastis yang terjadi pada area sekitar



pertemuan antara kolom dan balok yang diakibatkan oleh beban geser atau beban gempa.

a. Menghitung gaya geser desain

Perhitungan yang dilakukan untuk gaya geser desain harus memperhatikan momen yang terjadi pada area sendi plastis. Momen pada area tersebut harus dihitung berdasarkan nilai tegangan yang terjadi yaitu sebesar  $1,25f_y$  dan faktor reduksi kekuatan lentur sebesar  $\phi=1$ . Berikut adalah penjabaran perhitungan gaya geser desain:

Momen ujung tumpuan kiri negatif ( $M_{pr1}$ ):

$$\begin{aligned} a_{pr} &= \frac{A_s \cdot 1,25 \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{1139,82 \times 1,25 \times 58015}{0,85 \times 3625,9 \times 400} \\ &= 53,64 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr1} &= A_s \cdot 1,25 f_y (d - 0,5 a_{pr}) \\ &= 1139,82 \times 1,25 \times 58015 \times (751 - 0,5 \times 45,06) \\ &= 228958244,9 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Momen ujung tumpuan kanan positif ( $M_{pr4}$ ):

$$\begin{aligned} a_{pr} &= \frac{A_s \cdot 1,25 \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{1139,82 \times 1,25 \times 58015}{0,85 \times 3625,9 \times 400} \\ &= 53,64 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr4} &= A_s \cdot 1,25 f_y (d - 0,5 a_{pr}) \\ &= 1139,82 \times 1,25 \times 58015 \times (751 - 0,5 \times 45,06) \\ &= 228958244,9 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Gaya Geser terfaktor akibat beban gravitasi:

$$V_{g \text{ kiri}} = \frac{W_u \cdot l_n}{2} = 25081 \text{ N} \quad (\text{Dari SAP 2000})$$

$$V_{g \text{ kanan}} = \frac{W_u \cdot l_n}{2} = 25081 \text{ N} \quad (\text{Dari SAP 2000})$$

Gaya Geser akibat terjadinya goyangan ke kiri:

$$\begin{aligned} V_{\text{Sway}} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr4}}{l_n} \\ &= \frac{228958244,9 + 228958244,9}{7000} \end{aligned}$$



$$= 65416,64 \text{ N}$$

Sehingga gaya geser desain yang didapatkan dari akibat adanya goyangan ke kiri adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{e1} &= V_{\text{Sway}} + V_{g \text{ kiri}} \\ &= 65416,64 + 25081 \\ &= 90497,64 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{e2} &= V_{\text{Sway}} - V_{g \text{ kanan}} \\ &= 65416,64 + 25081 \\ &= 90497,64 \text{ N} \end{aligned}$$

Sendi plastis akan terjadi pada daerah ujung balok sepanjang  $2h$  muka kolom yaitu  $2 \times 600 = 1200 \text{ mm}$ , sehingga kontribusi pembebanan yang akan menahan gaya geser apabila gaya tekan aksial terfaktor kurang dari  $A_g f_c' / 20$  adalah  $= 0$ .

$$\text{Nilai } P_u = 0 < A_g f_c' / 20 (=300000) \quad \text{OK}$$

Sehingga nilai  $V_c$  yang digunakan yaitu  $= 0$

Kebutuhan tulangan geser di tumpuan kiri:

$$V_e = 90497,64 \text{ N}$$

$$d = 529 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_e}{\phi} - V_c \\ &= \frac{90497,64}{0,75} - 0 = 120663,52 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s \text{ max}} &= 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,66 \sqrt{25} \times 400 \times 529 = 698280 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{s \text{ pakai}} = 120663,52 \text{ N}$$

Sengkang yang digunakan merupakan sengkang 2 kaki dengan D10 ( $A_v = 235,71$ )

$$S = \frac{235,71 \times 400 \times 529}{120663,52} = 413,35 \text{ mm}$$

Syarat-syarat yang terdapat pada tulangan transversal pada daerah-daerah yang mengalami sendi plastis menurut SNI 03-2847:2013 adalah sebagai berikut:



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$\begin{aligned} S &= d/4 = 529/4 = 132,25 \text{ mm} \\ S &= 6 \times d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm} \\ S &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan sengkang D10-130 mm

- b. Pada daerah diluar sendi plastis, yaitu diluar 2h dari muka kolom =  $2 \times 600 = 1200$  mm, sehingga gaya geser desain dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{e \text{ lapangan}} &= \frac{(l_n - 2h)(V_{e \text{ max1}} - V_{e \text{ max2}})}{l_n} + V_{e \text{ max2}} \\ V_{e \text{ lapangan}} &= \frac{(7000 - 1200)(90497,64 - 40335,64)}{7000} + 40335,64 \\ &= 81898,44 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk daerah yang berada diluar sendi plastis ini, diluar 2h dari muka kolom  $> 2 \times 600$ . Beton dianggap dapat menerima dan berkontribusi untuk menahan gaya geser ( $V_c$ ) yang terjadi sehingga:

$$\begin{aligned} V_c &= (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}) \cdot b_w \cdot d \\ &= (0,17 \times 1 \times \sqrt{25}) \times 400 \times 529 \\ &= 179860 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \left( \frac{V_{e \text{ lapangan}}}{\phi} \right) - V_c \\ &= \left( \frac{81898,44}{0,75} \right) - 179860 \\ &= -70662,08 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s \text{ max}} &= 0,66 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,66 \sqrt{25} \times 400 \times 529 \\ &= 698280 \text{ N} \end{aligned}$$

$V_{s \text{ pakai}}$  diambil yang terkecil sehingga  $V_{s \text{ pakai}} = 70662,08 \text{ N}$

Pada perhitungan ini digunakan sengkang dua kaki dengan D10 ( $A_v = 157,14 \text{ mm}^2$ )



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$S = \frac{157,14 \times 400 \times 529}{70662,08}$$

$$= 157,14 \text{ mm}$$

Syarat-syarat yang terdapat pada tulangan transversal pada daerah-daerah luar sendi plastis menurut SNI 03-2847:2013 adalah sebagai berikut:

$$S = d/2$$

$$= 529/2 = 264,5 \text{ mm}$$

$$S = 250 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan sengkang D10-250 mm.

## 4. Perhitungan kebutuhan tulangan transversal dan longitudinal untuk torsi

Dalam SNI 2847:2013 Pasal 15.5.1, pengaruh torsi untuk menahan struktur non-prategang jika  $T_u$  kurang dari  $\phi \sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$  maka torsi diabaikan.

$T_u = 20,25 \text{ kN.m}$  (Dari SAP 2000)

$$\phi \sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} = 0,85 \times \sqrt{25000} \frac{0,4 \times 0,6^2}{2 \times (0,4 + 0,6)} = 3,87 \text{ kN.m}$$

Karena  $T_u > \phi \sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$ , maka diperlukan tulangan torsi.

## a. Pemeriksaan kapasitas penampang beton terhadap torsi

Pada pemeriksaan ini digunakan selimut beton setebal 4 cm dan sengkang diameter 10 mm.

$$X_l = b - 2 (\text{Selimut beton} + \emptyset/2) = 15,75 - 2 \times (1,9685 + 0,039/2)$$

$$= 12,20 \text{ in}$$

$$y_l = b - 2 (\text{Selimut beton} + \emptyset/2) = 23,62 - 2 \times (1,9685 + 0,039/2)$$

$$= 20,08 \text{ in}$$

$$A_{oh} = 12,20 \times 20,08$$

$$= 245,05 \text{ in}^2$$

$$A_o = 0,85 \times A_{oh}$$

$$= 0,85 \times 245,05$$

$$= 208,30 \text{ in}^2$$

Tulangan bawah digunakan D19 (diameter-19 mm)



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$d = 23,62 - 1,9685 - 0,039 - \left(\frac{0,748}{2}\right)$$

$$= 20,89 \text{ in}$$

$$p_h = 2(x_1 + x_2)$$

$$= 2 \times (12,20 + 20,08)$$

$$= 64,57 \text{ in}$$

Cek penampang beton cukup besar untuk menahan  $T_u$

$$V_c = 2 \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 2 \times \sqrt{3625,94} \times 15,75 \times 20,89$$

$$= 39611,083 \text{ lb}$$

$$V_u = 25,081 \text{ kN} = 5638,5 \text{ lb}$$

Selanjutnya adalah menentukan kapasitas penampang beton terhadap torsi yang ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b d} + 8 \sqrt{f'_c}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{5638,46}{15,75 \times 20,89}\right)^2 + \left(\frac{14,936 \times 64,57}{1,7 \times 245,05^2}\right)^2} \leq 0,85 \left(\frac{39611,083}{15,75 \times 20,89} + 8 \sqrt{3625,94}\right)$$

$$17,14 \text{ psi} \leq 512,07 \text{ psi} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui bahwa penampang beton cukup untuk menahan torsi.

b. Menentukan tulangan torsi transversal yang diperlukan:

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{14,936}{0,85} = 17,571 \text{ ft-k} = 211309,37 \text{ in-lb}$$

Diasumsikan  $\theta=45$  derajat

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 A_o f_y \cot \theta}$$

$$= \frac{211309,37}{2 \times 302,23 \times 58015 \times 1}$$

$$= 0,0087 \text{ in}^2/\text{in} \text{ untuk satu kaki sengkang}$$

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk torsi:

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{f_{yv}}{f_{yl}}\right) \cot^2 \theta$$

$$= 0,0037 \times 64,57 \times \frac{58015}{58015} \times (1,0)^2$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= 0,56 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Min } A_l &= \frac{5\sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_{yl}} - \left(\frac{A_t}{S}\right) P_h \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \\ &= \frac{5\sqrt{3625,94} \times 581,44}{58015} - (0,0087) \times 64,57 \frac{58015}{58015} \\ &= 1,37 \text{ in}^2 > 0,56 \text{ in}^2 \dots\dots\dots \text{OK} \\ &= 1,37 \text{ in}^2 = 881,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi tulangan yang digunakan adalah 4D19,  $A_s = 1133,54 \text{ mm}^2$

c. Menghitung luas tulangan geser yang diperlukan:

$$V_u = 5638,46 \text{ lb} < \frac{1}{2} \phi V_c \left(\frac{1}{2} \times 0,85 \times 39611,08\right) = 16835$$

Karena  $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$ , maka tidak diperlukan tulangan geser.

## 5. Panjang Penyaluran tulangan *tie beam*

a. Panjang penyaluran tulangan pada kondisi tarik

Data-data dan parameter:

$$db = 22 \text{ mm}$$

$$\psi_t = 1,0$$

$$\psi_e = 1,0$$

$$\psi_s = 1,0$$

$$\Lambda = 1,0$$

$$\begin{aligned} cb &= \text{decking} + D_{tul \text{ geser}} + 0,5 D_{tul \text{ lentur}} \\ &= 50 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + 0,5 \times 22 \text{ mm} \\ &= 71 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$K_{tr} = 0$$

Panjang penyaluran untuk tulangan tarik dihitung menggunakan persamaan yang mengacu pada SNI 2847:2013 Pasal 12.2.3.

$$(cb + K_{tr})/db = (71 + 0)/22 = 3,2 > 2,5. \text{ Maka diambil} = 2,5$$

$$\begin{aligned} l_d &= \left( \frac{f_y}{1,1\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left(\frac{cb + K_{tr}}{db}\right)} \right) \times db \\ &= \left( \frac{400}{1,1 \times 1 \times \sqrt{25}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{(3,2)} \right) \times 22 \end{aligned}$$





## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= 496 \text{ mm}$$

$$l_{d \text{ min}} = 300 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan  $l_d = 400 \text{ mm}$ .

## b. Panjang penyaluran tulangan pada kondisi tekan

Dalam SNI 2847:2013 Pasal 12.3.1 panjang penyaluran tulangan pada kondisi tekan tidak boleh diambil lebih kecil dari 200 mm.

$$\begin{aligned} l_{dc1} &= \left( \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b \\ &= \left( \frac{0,24 \times 400}{1,0 \sqrt{25}} \right) \times 22 \\ &= 422,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dc2} &= (0,043 f_y) d_b \\ &= (0,043 \times 400) \times 22 \\ &= 378,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai  $l_{dc} = 422,4 \text{ mm} = 450 \text{ mm}$

## c. Dalam SNI 2847:2013 panjang kait yang dibutuhkan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Diasumsikan kait yang dihitung  $90^\circ$

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \left( \frac{0,24 \cdot \psi_e \cdot f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b \\ &= \left( \frac{0,24 \times 1,0 \times 400}{1,0 \times \sqrt{25}} \right) \times 22 \\ &= 422,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai  $l_{dh} = 450 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} 12 d_b &= 12 \times 22 \\ &= 264 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai  $= 270 \text{ mm}$



#### 4.3.7 *Pile cap*

Perhitungan *pile cap* pada Hotel X Yogyakarta dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

##### 1. Data perencanaan perhitungan *pile cap*

Gaya yang bekerja pada kolom dan diteruskan ke *pile cap* ditunjukkan pada Gambar 4.5. Data-data lain yang digunakan untuk perhitungan *pile cap* yang adalah sebagai berikut :

Joint Object	10	Joint Element	10
	1	2	3
Force	-9.785	10.1	566.624
Moment	-10.746	-4.253	9.995E-02

Gambar 4.5. Reaksi Pada Kolom Diteruskan Pada *Pile Cap*

$P_u$	= 566,624 ton
$n_p$	= 2 tiang
$\gamma_{\text{beton}}$	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
$L_p$	= 18 meter
$D_{\text{pondasi}}$	= 1,2 m
Mutu beton, $f'_c$	= 25 MPa
Mutu tulangan, $f_y$	= 400 MPa
$\lambda$	= 1 (beton normal)
Selimut beton	= 75 mm = 0,75 cm
b kelompok tiang	= 5 m
h kelompok tiang	= 2 m
jarak tepi ke as tiang bor	= 1 m
b kolom struktur	= 60 cm = 0,6 m
h kolom struktur	= 70cm = 0,7 m

##### 2. Perhitungan beban terfaktor

$$V_u = \frac{P_u}{n_p} = \frac{566,624}{2}$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= 283,3 \text{ ton}$$

Tebal asumsi kelompok tiang 903 cm > 30 cm (SNI 2847:2019 Pasal 13.4.2.2.)

$d$  = tebal efektif *pile cap*

$$= h - c_v - d_{tul}$$

$$= 1200 - 75 - 22 = 1103 \text{ mm}$$

## 3. Perhitungan geser dua arah sekitar kolom

$$b_{ox} = 2 (c_x + d) = 2 \times (800 + 1103) = 3.806 \text{ mm}$$

$$b_{oy} = 2 (c_y + d) = 2 \times (8010 + 1103) = 3.806 \text{ mm}$$

$$b_o = b_{ox} + b_{oy} = 3.806 + 3.806 = 7.612 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 22.6.5.2, untuk nilai kuat geser 2 arah pada kolom, nilai  $V_c$  diambil nilai terkecil dari:

$$\begin{aligned} V_{c1} &= \frac{1}{3} \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\ &= \frac{1}{3} \times 1 \times \sqrt{25} \times 7612 \times 1103 \\ &= 13993393,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\ &= 0,17 \times \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \sqrt{25} \times 7612 \times 1103 \\ &= 21409891,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_s &= \text{Konstanta dalam perhitungan } \textit{pile cap} \text{ (Kolom dalam} = 40, \\ &\text{Kolom tepi} = 30, \text{kolom sudut} = 20) \\ &= 40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,83 \left( \frac{a_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\ &= 0,83 \times \left( \frac{40 \times 1103}{7612} + 2 \right) \times 1 \sqrt{25} \times 7612 \times 1103 \\ &= 271644192,8 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai  $V_c$  yang digunakan adalah 13.993.393,33

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \text{kuat geser beton, dengan } \phi = 0,75 \\ &= 0,75 \times 13.993.393,33 \text{ N} = 10.495.045 \text{ N} \\ &= 1070,18 \text{ ton} \\ &= 1070,18 \text{ ton} > V_u \text{ tiang} \quad (=284,347) \quad \text{OK.} \end{aligned}$$



#### 4. Perhitungan geser dua arah disekitar tiang pondasi

$$\begin{aligned} b_{0px} &= \text{jarak tepi ke as tiang pondasi} + \frac{x}{2} + \frac{d}{2} \\ &= 1000 + \frac{707,11}{2} + \frac{1103}{2} \\ &= 1905,05 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{0py} &= \text{jarak tepi ke as tiang pondasi} + \frac{y}{2} + \frac{d}{2} \\ &= 1000 + \frac{707,11}{2} + \frac{1103}{2} \\ &= 1905,05 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b_{0p} = b_{0px} + b_{0py} = 1905,05 \text{ mm} + 1905,05 \text{ mm} = 3810,11$$

Berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 22.6.5.2, nilai kuat geser 2 arah pada kolom, nilai  $V_c$  diambil nilai terkecil dari:

$$\begin{aligned} V_{c1} &= \frac{1}{3} \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\ &= \frac{1}{3} \times 1 \times \sqrt{25} \times 3810,11 \times 1103 \\ &= 7004246,299 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\ &= 0,17 \times \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \sqrt{25} \times 3810,11 \times 1103 \\ &= 10716496,84 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_s &= \text{Konstanta dalam perhitungan } \textit{pile cap} \text{ (Kolom dalam= 40,} \\ &\quad \text{Kolom tepi= 30, kolom sudut=20)} \\ &= 40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,83 \left( \frac{a_s d}{b_o} + 2 \right) \times \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \\ &= 0,83 \times \left( \frac{40 \times 903}{3210,11} + 2 \right) \times 1 \sqrt{25} \times 3810,11 \times 1103 \\ &= 135968652,3 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai  $V_c$  yang digunakan adalah 7.004.246,299 N

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \text{kuat geser beton, dengan } \phi=0,75 \\ &= 0,75 \times 7.004.246,299 \text{ N} = 5.253.184,72 \text{ N} \\ &= 535,667 \text{ ton} \end{aligned}$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$= 535,667 \text{ ton} > V_u \text{ tiang} \quad (=284,347) \quad \text{OK.}$$

5. Perhitungan tulangan *pile cap*

Beban yang bekerja:

$$P_u = 566,624 \text{ ton}$$

$$\text{Mutu beton, } f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja, } f_y = 400 \text{ MPa}$$

Lebar penampang kritis B'

$$\begin{aligned} B' &= \frac{\text{lebar } \textit{pile cap}}{2} - \frac{\text{lebar kolom}}{2} \\ &= \frac{5}{2} - \frac{0,7}{2} = 2,15 \text{ m} \end{aligned}$$

Berat *pile cap* pada penampang kritis q' :

$$\begin{aligned} q' &= 2,4 \times L \\ &= 2,4 \times 5 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \\ &= 14,4 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 2 \times \left( \frac{P_u}{2} \right) \times s - \frac{1}{2} \times q' \times B'^2 \\ &= 2 \times \left( \frac{566,624}{2} \right) \times 1 - \frac{1}{2} \times 14,4 \times 2,15^2 \\ &= 533,34 \text{ t.m} = 5333,4 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \text{Luas tulangan yang digunakan dicoba D19-150} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times (b_2/150) \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \times (5000/150) \\ &= 9454,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \times \left( d - \frac{1}{2} \times \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b^2} \right) \\ &= 9454,76 \times 400 \times \left( 1103 - \frac{1}{2} \times \frac{9454,76 \times 400}{0,85 \times 25 \times 5000} \right) \\ &= 4104132828 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,8 \times M_n \\ &= 0,8 \times 4104132828 \text{ N.mm} \\ &= 3283306262 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$= 3283306,262 \text{ kN.m} > M_u = 5279,14 \text{ kN.m} \quad \text{OK}$$



Kebutuhan tulangan tekan pada bagian atas diambil sebesar 20% dari  $A_s$  tulangan utama.

Dicoba gunakan tulangan D13-150

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \times (b_2/150) \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2 \times (5000/150) \\
 &= 4426,19 \text{ mm}^2 > 20\% \times 9554,76 \text{ mm}^2 = 1890,95 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

#### 4.4 Analisis Respon Spektrum

Tahap analisis respon spektrum gempa dilakukan dengan mengacu berdasarkan peraturan SNI:1726-2002. Analisis respon spektrum dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

##### 4.4.1 Menentukan klasifikasi situs tanah

Nilai N-SPT digunakan sebagai data yang digunakan untuk mengklasifikasikan situs tanah berdasarkan klasifikasi situs tanah yang terdapat pada Tabel 2.6. Dibawah ini diperlihatkan hasil perhitungan dari data N-SPT yang didapatkan di daerah Yogyakarta pada Tabel 4.13. sebagai berikut:

Tabel 4.13. Perhitungan Nilai N

Layer	Depth (m)		N-SPT				Thick/N
	Cum	Thick	N1	N2	N3	N	
0	0	0	0	0	0	0	0,00
1	2	2	1	1	2	3	0,67
2	4	2	1	1	2	3	0,67
3	6	2	1	1	1	2	1,00
4	8	2	0	0	1	1	2,00
5	10	2	0	0	1	1	2,00
6	12	2	1	1	2	3	0,67
7	14	2	6	16	26	42	0,05
8	16	2	5	10	19	29	0,07
9	18	2	6	16	20	36	0,06
10	20	2	5	25	38	63	0,03
11	22	2	13	24	25	49	0,04
12	24	2	10	23	22	45	0,04
13	26	2	2	3	4	7	0,29



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

Layer	Depth (m)		N-SPT				Thick/N
	Cum	Thick	N1	N2	N3	N	
14	28	2	3	4	6	10	0,20
15	30	2	3	4	7	11	0,18
<b>Total</b>		<b>30</b>					<b>7,96</b>
Rata-Rata		Total Sigma Di/(Sigma Di/Ni)					<b>3,77</b>

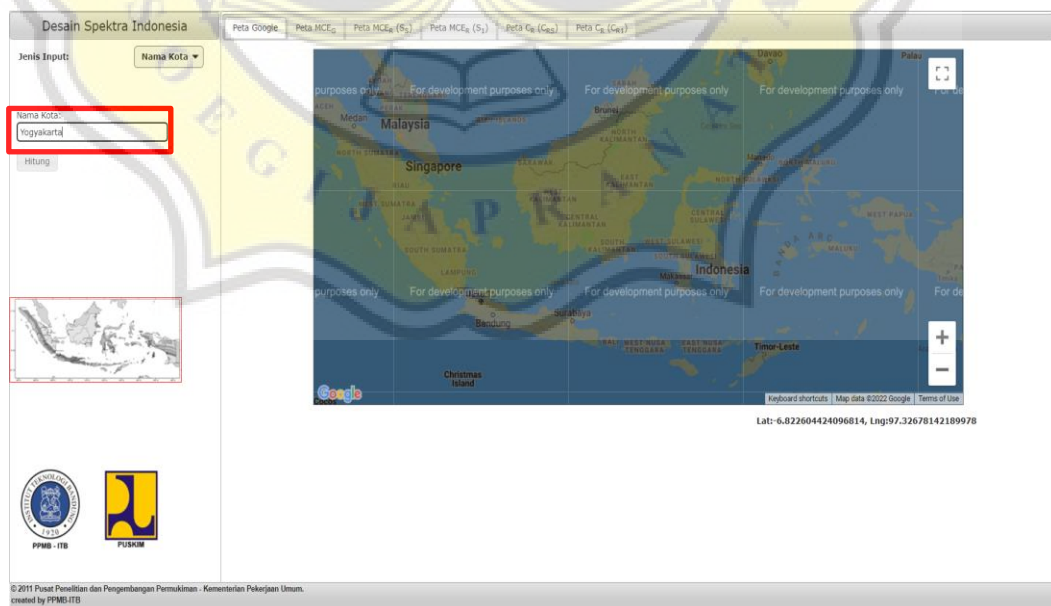
Berdasarkan Tabel 4.13. didapatkan nilai rata-rata N sebesar 3,77. Ditinjau berdasarkan Tabel 2.6. mengenai klasifikasi situs tanah, nilai  $3,77 < 15$  sehingga dikategorikan sebagai tanah lunak (SE).

#### 4.4.2 Data respon spektrum

Setelah mengklasifikasikan situs tanah, tahapan selanjutnya dilakukan pengolahan data respon spektrum yang digunakan sebagai data untuk analisis struktur bangunan. Berikut diperlihatkan urutan pengolahan data respon spektrum sebagai berikut:

1. Menentukan lokasi yang akan ditinjau melalui *website* PUSKIM

*Input* nama kota yang akan ditinjau untuk diambil data-data yang diperlukan untuk analisis yang diperlihatkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Penginputan Lokasi Pada *Website* PUSKIM (Sumber: PUSKIM, 2022)



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

*Output* yang dihasilkan dari *website* Desain Spektra Indonesia ini adalah berupa tabel yang memunculkan beberapa data variabel pada daerah yang ditinjau. Berdasarkan klasifikasi situs tanah sebelumnya, tanah dikategorikan sebagai tanah lunak sehingga perlu mengubah jenis batuan pada *website* menjadi tanah lunak. *Output* yang dihasilkan ditampilkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14. *Output* Data Respon Spektra

Variabel	PGA (g)	S <sub>s</sub> (g)	S <sub>1</sub> (g)	C <sub>RS</sub>	C <sub>RI</sub>	F <sub>PGA</sub>
Nilai	0,397	0,869	0,359	1,013	0	0,908

Variabel	F <sub>A</sub>	F <sub>V</sub>	PSA (g)	S <sub>MS</sub> (g)	S <sub>M1</sub> (g)	S <sub>DS</sub> (g)	S <sub>D1</sub> (g)	T <sub>0</sub> (dtk)	T <sub>s</sub> (dtk)
Nilai	1,057	2,565	0,361	0,919	0,92	0,612	0,614	0,2	1,002

## 2. Menentukan kategori risiko dan nilai faktor keutamaan gempa

Berdasarkan kategori risiko yang termuat dalam SNI 1726-2002 bangunan hotel berdasarkan fungsi pemanfaatannya dikategorikan kedalam kategori risiko gempa II. Nilai faktor keutamaan gempa yang digunakan diperlihatkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Faktor Keutamaan I Untuk Berbagai Kategori Gedung dan Bangunan

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki diatas menara	1,5	1,0	1,5

(Sumber : SNI 1726:2002)





### 3. Menentukan kategori desain seismik

Pengkategorian desain seismik dilakukan berdasarkan kategori risikonya. Nilai yang didapatkan dari *website* PUSKIM menunjukkan data  $S_{DS} = 0,612$  dan  $S_{D1} = 0,614$ . Dalam menentukan kategori desain seismik mengacu pada peraturan SNI 1726:2019. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek dan periode 1 detik diperlihatkan pada Tabel 4.16. dan Tabel 4.17.

Tabel 4.16. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Periode Pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2019)

Tabel 4.17. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Periode 1 detik

Nilai $S_{DS}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DS} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DS} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2019)

Berdasarkan data-data yang sudah didapatkan dapat disimpulkan bahwa nilai tersebut masuk kedalam kategori kelas Situs D.

### 4. Menentukan parameter struktur

Parameter struktur yang ditinjau adalah nilai  $R$ ,  $C_d$  dan  $\Omega_0$  sebagai nilai parameter struktur bangunan untuk sistem rangka beton bertulang pemikul momen menengah. Berdasarkan SNI 1726:2019 sistem penahan gaya gempa dengan rangka beton bertulang sebagai pemikul momen menengah yang ditampilkan pada Tabel 4.18. dengan nilai sebagai berikut:



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

$$R = 5$$

$$C_d = 4,5$$

$$\Omega_0 = 3$$

Tabel 4.18. Faktor  $R$ ,  $C_d$  dan  $\Omega_0$  Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>d</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>e</sup>	F <sup>e</sup>	F <sup>f</sup>
<b>C. Sistem rangka pemikul mmen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5 1/2	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5 1/2	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4 1/2	3	4	TB	TB	10 <sup>k</sup>	TI <sup>k</sup>	TI <sup>k</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3 1/2	3	3	TB	TB	TI <sup>j</sup>	TI <sup>j</sup>	TI <sup>j</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5 1/2	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 1/2	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 1/2	TB	TI	TI	TI	TI

(Sumber: SNI 1726:2019)

### 5. Menghitung periode fundamental perkiraan

Perhitungan dilakukan dengan mengacu pada peraturan SNI 1726:2019, periode fundamental perkiraan dihitung menggunakan nilai  $C_t$  dan nilai  $x$  yang diperlihatkan pada Tabel 4.19. sebagai berikut:



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

Tabel 4.19. Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$ 

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

(Sumber: SNI 1726:2019)

Berdasarkan nilai  $C_t$  dan  $x$  diatas maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

$$T_a = C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 0,9 \times 37^{0,9} = 1,202$$

## 6. Perhitungan batas atas periode struktur

Perhitungan batas atas periode struktur dibatasi dengan melakukan perkalian nilai periode fundamental perkiraan dengan nilai koefisien  $C_u$ . Tabel 4.20. menunjukan nilai koefisien  $C_u$  sebagai berikut:

Tabel 4.20. Nilai Koefisien  $C_u$ 

Parameter Percepatan Respon Spektral Desain Pada 1 s, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber: SNI 1726:2019)

Berdasarkan nilai  $S_{D1} = 0,614 > 0,4$  maka nilai  $C_u$  didapatkan dengan nilai 1,4 dan dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_u \times T_a &= 1,4 \times 1,202 \\ &= 1,682 \text{ detik} \end{aligned}$$



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

Sehingga nilai periode fundamental struktur ( $T$ ) yang digunakan berdasarkan peraturan SNI 1726:2019 sebagai berikut:

Jika  $T_c > C_u \times T_a$  (digunakan  $T = C_u \times T_a$ ),

Jika  $T_a < T_c < C_u \times T_a$  (digunakan  $T = T_c$ ),

Jika  $T_c < T_a$  (digunakan  $T = T_a$ )

Nilai yang didapatkan dari hasil analisis program SAP 2000 sebagai berikut:

$T_c = 1,386$  detik,

$T_a = 1,202$  detik

$C_u \times T_a = 1,682$  detik, karena  $T_a < T_c < C_u \times T_a$  maka periode fundamental struktur yang digunakan adalah  $T = 1,386$  detik.

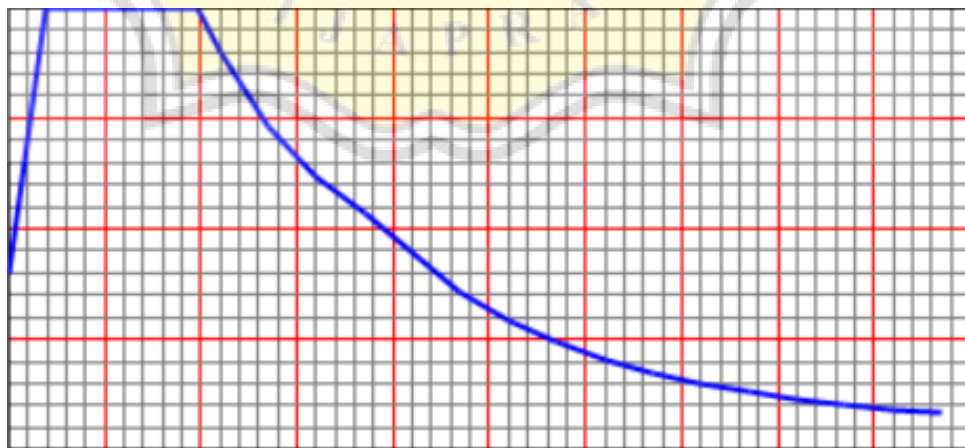
## 7. Penentuan skala faktor

Perhitungan skala faktor dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Skala faktor} &= \frac{g \times I_e}{R} \\ &= \frac{9810 \times 1}{8} \\ &= 1226,250 \text{ Nm} \end{aligned}$$

8. Pengolahan data nilai  $T$  dan  $S_a$ 

Pada tahapan ini nilai  $T$  dan  $S_a$  didapatkan sebagai *output* data untuk mendapatkan grafik percepatan spektral yang ditunjukkan pada Gambar 4.7. sebagai berikut:



Gambar 4.7. Grafik Percepatan Spektral



#### 4.4.3 Penginputan pada SAP 2000

Penginputan data respon spektral dilakukan pada SAP 2000 sesuai dengan data yang didapatkan pada sub-bab sebelumnya. Data-data respon spektral yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

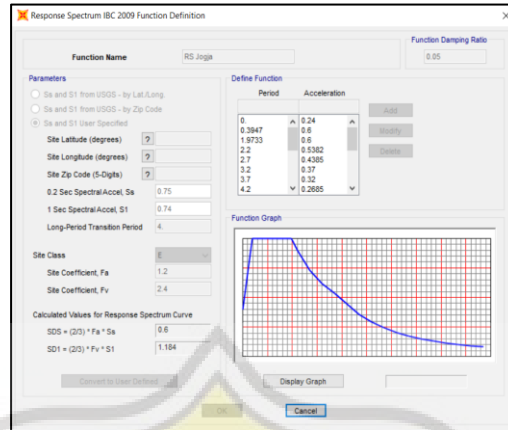
Kategori resiko	= II
Faktor Keutamaan Gempa, $I_e = 1$	
$S_s$	= 0,869
$S_1$	= 0,359
Kelas situs	= SE (tanah lunak)
$S_{DS}$	= 0,612
$S_{D1}$	= 0,614
$F_a$	= 1,057
$F_v$	= 2,565
Kategori desain seismik	= D
R	= 5
$C_d$	= 4,5
$\Omega_0$	= 3
$C_{t,x}$	= 0,0466 ; 0,9
Skala faktor	= 1266,250

Penginputan data respon spektrum diperlihatkan pada Gambar 4.8, *load pattern* yang diperlihatkan pada Gambar 4.9, dan *load cases* diperlihatkan pada Gambar 4.10, dan *load combination* untuk mendefinisikan beban gempa yang bereaksi terhadap struktur dengan arah gempa X dan Y yang dilihat pada Gambar 4.11.

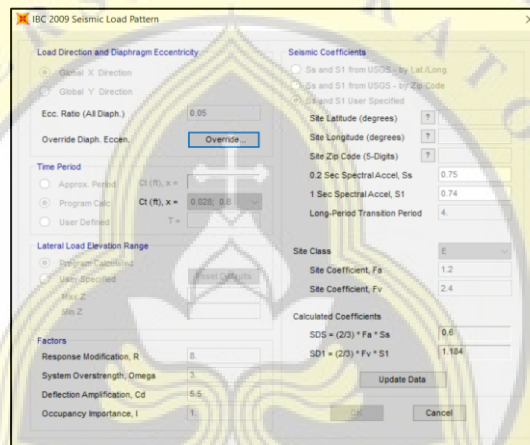


Tugas Akhir

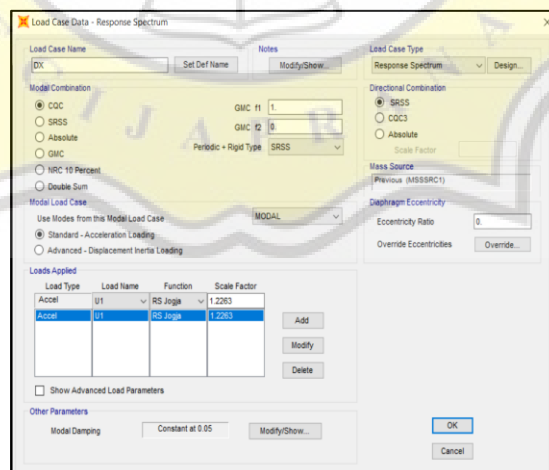
Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)



Gambar 4.8. Data Respon Spektrum



Gambar 4.9. Seismic Load Pattern

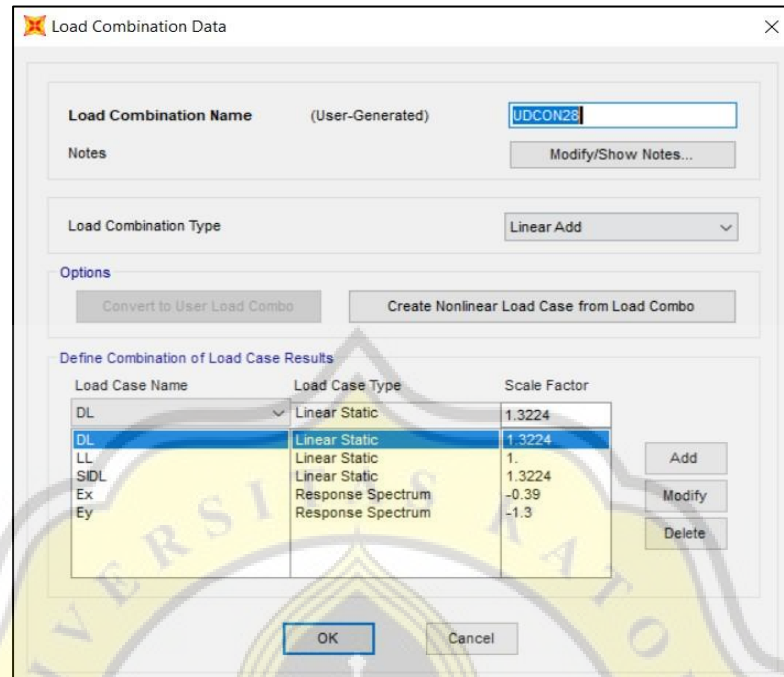


Gambar 4.10. Seismic Load Cases



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)



Gambar 4.11. *Load Combination*

#### 4.5 Analisis Struktur Menggunakan Metode *Pushover*

Analisis *pushover* digunakan sebagai bahan evaluasi kinerja struktur bangunan saat terjadi gempa dengan direpresentasikan menggunakan level kinerja struktur sesuai dengan aturan yang tercantum dalam FEMA 356. Beban yang beraksi akibat pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan dianggap sebagai beban yang nilainya berangsur-angsur meningkat sehingga akan menyebabkan *displacement* dan pelelehan pada elemen struktur. *Output* dari analisis *pushover* adalah sebuah kurva *pushover* yang memperlihatkan hubungan antara *roof displacement* dengan *base shear*.

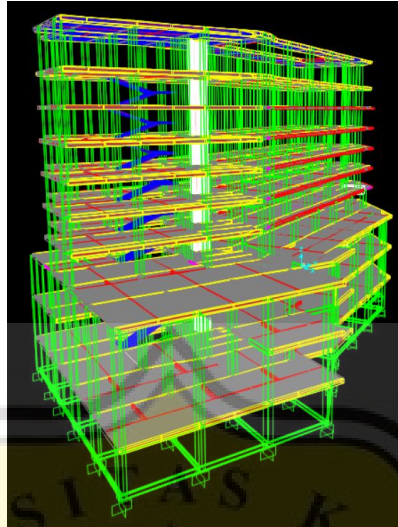
##### 4.5.1 Model *preliminary design*

Dilakukan pemodelan struktur *preliminary design* dengan spesifikasi elemen struktur yang sudah dihitung dan direncanakan pada sub-bab *preliminary design*. Pemodelan dilakukan tanpa elemen struktur penahan gempa khusus dalam studi kasus pada penelitian ini adalah *shear wall*. Pemodelan *preliminary design* diperlihatkan pada Gambar 4.12.



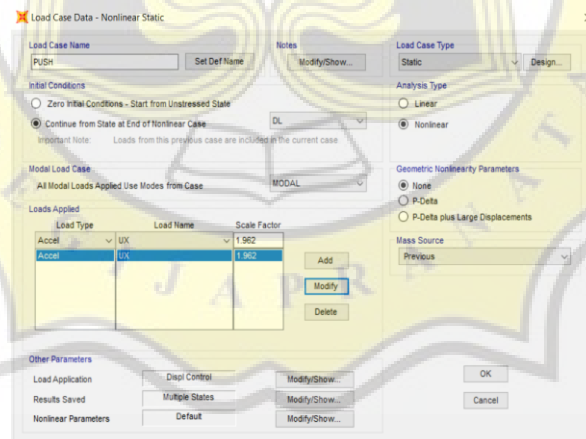
## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)



Gambar 4.12. Pemodelan *Preliminary Design* Tanpa *Shear Wall*

Setelah pemodelan selesai, langkah selanjutnya dilakukan penambahan beban *pushover* pada balok di setiap lantai dengan beban *pushover* sama dengan beban mati dari struktur sendiri. Sebelum dilakukan penambahan beban pada struktur dilakukan penambahan data *Load Cases Pushover* yang ditampilkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13. *Load Cases Data Pushover*

Nilai *scale factor* = 1,2263 dihasilkan dari perhitungan yang termuat dalam SNI 1726:2012 dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor pengali} &= g \times I / R \\
 &= 9,81 \times 1 / 5 \\
 &= 1,962
 \end{aligned}$$





Tugas Akhir

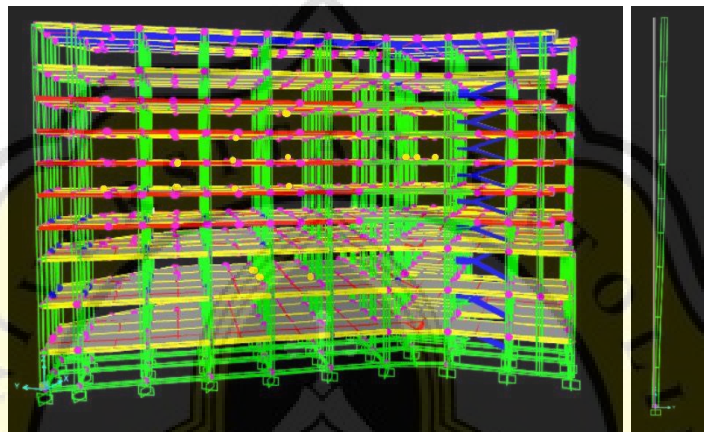
Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

Keterangan :  $g =$  gravitasi bumi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

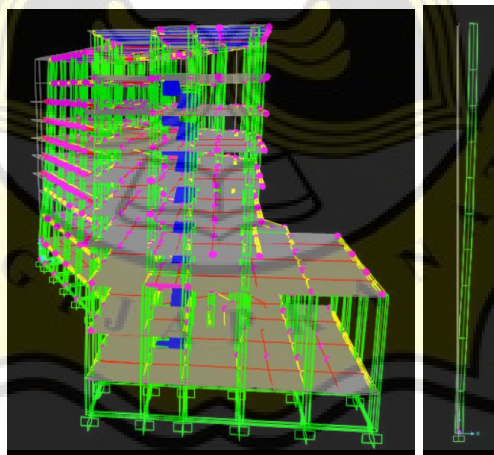
$I =$  faktor keutamaan gedung (1)

$R =$  faktor reduksi gempa (5)

Setelah ditambahkan beban *pushover* maka gedung akan bereaksi dan menyebabkan simpangan antar lantai atau *displacement* pada arah X dan arah Y seperti diperlihatkan pada Gambar 4.14. dan Gambar 4.15.



Gambar 4.14. *Displacement* Arah Y Struktur Non *Shear Wall*



Gambar 4.15. *Displacement* Arah X Struktur Non *Shear Wall*

Gambar 4.14. dan Gambar 4.15. menunjukkan reaksi *displacement* yang diakibatkan oleh beban *pushover*, pada gambar tersebut terlihat dengan cukup jelas mengenai *displacement* yang terjadi cukup signifikan antara arah Y dan arah X yang berarti efek dari gempa hanya mendominasi pada satu arah sehingga *displacement* yang terjadi pada struktur arah X bergerak lebih besar. Reaksi struktur terhadap gempa



## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

pada model *preliminary design* menghasilkan *displacement* pada arah X sebesar 34,53 cm dan pada arah Y sebesar 14,31 cm. Nilai tersebut didapatkan dari Gambar 4.16. yang merupakan *output* dari analisis *pushover*.

Joint Text	OutputCase	CaseType	StepType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
855	PUSH	NonStatic	Max	0.345372	0.143157	-0.022491	-0.003499	0.012107	-0.004737
855	PUSH	NonStatic	Min	0.345352	0.143156	-0.022491	-0.003499	0.012107	-0.004737
-2434	PUSH	NonStatic	Max	0.343979	0.140028	-0.029964	-0.003735	0.013164	-0.004737
-2434	PUSH	NonStatic	Min	0.343958	0.140027	-0.029965	-0.003735	0.013164	-0.004737
-2432	PUSH	NonStatic	Max	0.343655	0.146131	-0.013936	-0.003723	0.010716	-0.004737
-2432	PUSH	NonStatic	Min	0.343634	0.14613	-0.013936	-0.003723	0.010716	-0.004737
859	PUSH	NonStatic	Max	0.342586	0.136899	-0.037607	-0.004298	0.01337	-0.004737
859	PUSH	NonStatic	Min	0.342565	0.136898	-0.037608	-0.004298	0.01337	-0.004737
723	PUSH	NonStatic	Max	0.341938	0.149106	-0.006446	-0.001698	0.005381	-0.004737
723	PUSH	NonStatic	Min	0.341917	0.149105	-0.006446	-0.001698	0.005381	-0.004737
-2435	PUSH	NonStatic	Max	0.341907	0.13981	-0.02883	-0.004153	0.01322	-0.004737
-2435	PUSH	NonStatic	Min	0.341886	0.139809	-0.02883	-0.004153	0.01322	-0.004737
-2433	PUSH	NonStatic	Max	0.341836	0.142151	-0.02234	-0.004038	0.012774	-0.004737
-2433	PUSH	NonStatic	Min	0.341816	0.14215	-0.02234	-0.004038	0.012774	-0.004737
-2436	PUSH	NonStatic	Max	0.341343	0.137993	-0.033393	-0.004442	0.013209	-0.004737
-2436	PUSH	NonStatic	Min	0.341323	0.137992	-0.033393	-0.004442	0.013209	-0.004737

Gambar 4.16. Data *Displacement* Pada Struktur

Diketahui *displacement* maksimal yang terjadi pada arah X adalah sebesar 34,53 cm, selanjutnya dilakukan pengecekan syarat kinerja batas layan dalam memenuhi persyaratan maka simpangan antar lantai tidak boleh melampaui persamaan berikut:

$$D_M = \frac{0,03}{R} \times h = \frac{0,03}{8} \times 38800 = 145 \text{ mm} = 14,5 \text{ cm}$$

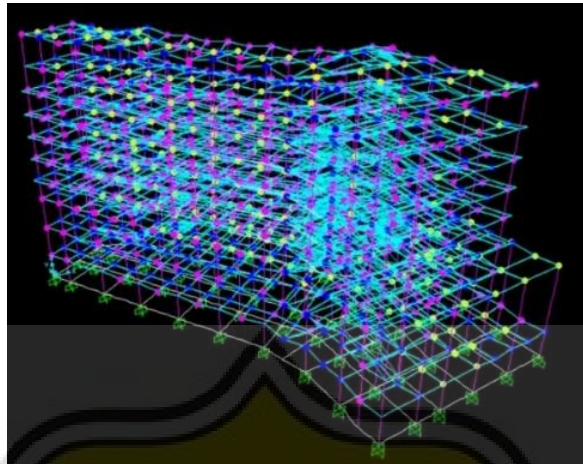
Dari perhitungan diatas maka *displacement* yang terjadi pada struktur sudah melewati persyaratan kinerja batas layan  $34,53 \text{ cm} > 14,5 \text{ cm}$ . Perlu ditambahkan elemen struktur penahan gempa untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan, dalam penelitian ini penulis memilih *shear wall* sebagai perkuatan strukturnya.

Setelah diketahui *displacement* maksimal dari struktur selanjutnya adalah mengevaluasi level kinerja struktur berdasarkan sendi plastis yang terjadi pada elemen struktur. Berikut dipelihatkan gambar sendi plastis yang terjadi pada elemen struktur model *preliminary design* pada Gambar 4.17.



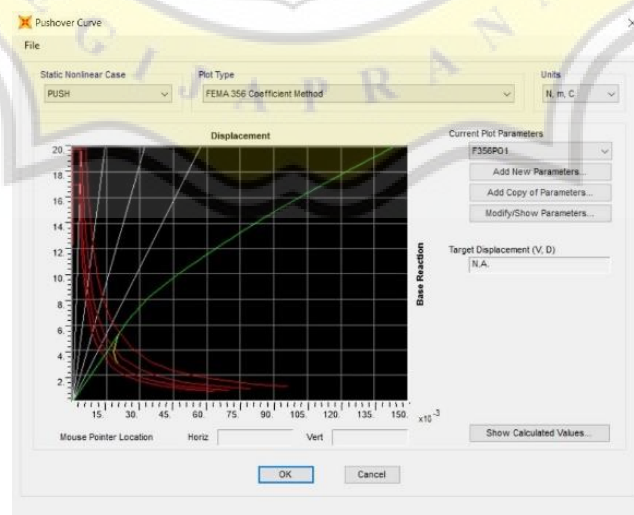
## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)



Gambar 4.17. Sendi Plastis Yang Terjadi Pada Model *Preliminary Design*

Gambar 4.17. menunjukkan reaksi sendi plastis yang terjadi pada elemen struktur yang ditandai dengan titik berwarna pada elemen struktur. Level terendah yang bereaksi pada elemen struktur ditunjukkan dengan indikator berwarna kuning yang menunjukkan level kinerja struktur dikategorikan dalam kondisi *Collapse Prevention* berdasarkan FEMA 356. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa struktur sudah mencapai batas maksimum untuk mampu menerima gaya geser dan sedikit lagi akan masuk kedalam kategori kondisi *Collapse*. Untuk memastikan kondisi level kinerja struktur lebih jelas dilakukan pengecekan *output* analisis yaitu grafik *spectral displacement* menurut FEMA 356 Grafik tersebut diperlihatkan pada Gambar 4.18.



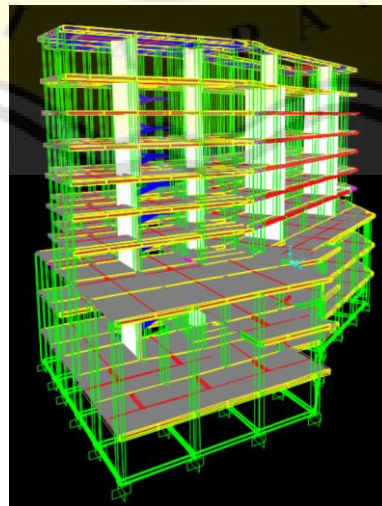
Gambar 4.18. Grafik *Spectral Displacement* Model *Preliminary Design*



Berdasarkan grafik *spectral displacement* yang mengacu pada kategori level kinerja struktur dalam FEMA 356 kuadran yang berwarna hijau berada pada level kinerja struktur *Collapse Prevention* (CP) yang menunjukkan bahwa kondisi gedung pasca terjadi gempa mengalami kerusakan mayor pada elemen struktur dan terdapat indikasi bahwa gedung tersebut akan mengalami keruntuhan jika terjadi gempa susulan. Dalam peraturan FEMA suatu bangunan yang sudah masuk kedalam kategori CP tidak dapat difungsikan kembali karena mempertimbangkan faktor keselamatan sekaligus mencegah terjadinya keruntuhan struktural. Selain kerusakan mayor pada struktur pada kategori CP penghuni yang terdapat di dalam bangunan akan berisiko mengalami cedera yang diakibatkan oleh runtuhnya puing-puing struktural dan non-struktural sehingga dapat disimpulkan bahwa gedung tersebut sudah tidak aman untuk langsung difungsikan kembali dan diperlukan revitalisasi mayor untuk memperbaiki elemen struktur yang rusak atau dapat dibangun ulang.

#### 4.5.2 Model dengan penambahan *shear wall* pada struktur

Pemodelan dan analisis yang dilakukan pada sub-bab ini sama dengan pemodelan dan analisis yang dilakukan pada sub-bab Model *Preliminary Desain* hanya saja model pada sub-bab ini ditambahkan elemen struktur *shear wall* (dinding geser). Berikut diperlihatkan pada Gambar 4.19. yaitu penambahan elemen struktur *shear wall* pada pemodelan.



Gambar 4.19. Penambahan *Shear Wall* Pada Model



### 1. Data *Shear Wall*

Panjang <i>Shear Wall</i>	= 5700 mm
Tebal <i>Shear Wall</i>	= 150 mm
Tinggi Bangunan	= 38800 mm
Lebar Kolom	= 600 mm
Tinggi Kolom	= 5000 mm
$f_c'$	= 30 MPa
Modulus elastisitas beton	= $4700\sqrt{f_c'} = 4700\sqrt{30} = 25,743$ MPa
$f_y'$	= 400 MPa
$V_u$	= 543.69 kN (Dari SAP 2000)
$M_u$	= 537.41 kNm
$P_u$	= 13.852 kN

### 2. Desain Penulangan *Shear Wall*

#### a. Tulangan horizontal dan tulangan transversal minimum

Periksa apakah diperlukan dua *layer* tulangan. Baja tulangan harus dua *layer*

apabila  $V_u > \frac{1}{6} A_{cv}\sqrt{f_c'}$ .

$$\begin{aligned} A_{cv} &= l_w \times t_w \\ &= 5700 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \\ &= 855000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \frac{1}{6} A_{cv}\sqrt{f_c'} &= \frac{1}{6} \times 855000\sqrt{30} \\ &= 78050 \text{ N} \\ &= 78.050 \text{ kN} < 543.69 \text{ kN (diperlukan dua layer)} \end{aligned}$$

Periksa gaya geser yang bekerja ( $V_u$ )  $< \frac{5}{6} A_{cv}\sqrt{f_c'}$ .

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser maksimum} &= \frac{5}{6} A_{cv}\sqrt{f_c'} \\ &= \frac{5}{6} \times 855000\sqrt{30} \\ &= 3902523 \text{ N} \\ &= 3902.523 \text{ kN} > 543.69 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$



## b. Tulangan horizontal dan tulangan transversal yang dibutuhkan.

Rasio distribusi tulangan minimum  $\rho_{n \min} = 0,0025$  dengan jarak maksimum tidak boleh lebih dari 45 cm.

$$\begin{aligned} \text{Luas } shear \text{ wall per meter panjang} &= 150 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 150000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tulangan minimum per meter} &= 150000 \text{ mm}^2 \times 0,0025 \\ &= 375 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Asumsi baja tulangan D13 ( $133 \text{ mm}^2$ ) dipasang dua layer. Karena digunakan dua layer, maka jumlah pemasangan tulangan:

$$\begin{aligned} &= \frac{375}{133 \times 2} \\ &= 1,40 = 2 \text{ pasang} \end{aligned}$$

Asumsi digunakan tulangan dengan spesifikasi D13-300

Cek kekuatan tulangan terhadap gaya geser

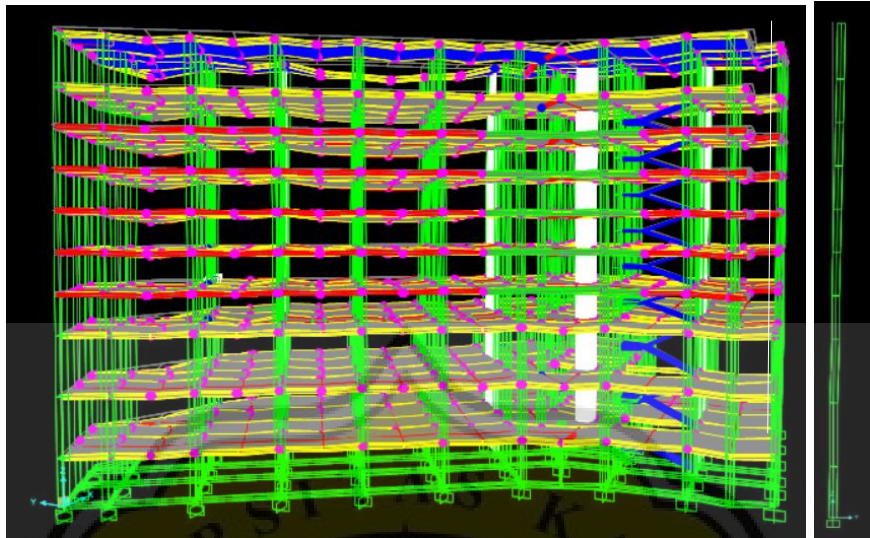
$$\begin{aligned} \rho_n &= \frac{\frac{l_w}{s} \times A_s}{l_w \times t_w} \\ &= \frac{\frac{5700}{300} \times 266}{5700 \times 150} \\ &= 0,0059 > 0,0025 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Dari data perhitungan diatas maka dinyatakan bahwa *shear wall* cukup kuat untuk menahan gaya geser yang bekerja.

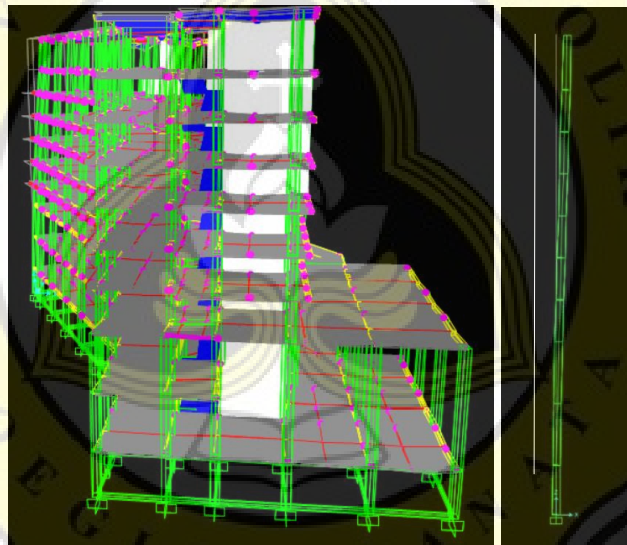
## c. Desain tulangan arah vertikal

Rasio tulangan vertikal ( $\rho_v$ ) tidak boleh kurang dari  $\rho_n$  apabila  $h_w / l_w < 2$ . Karena nilai  $\rho_n = 0,0059$  maka yang digunakan adalah rasio tulangan minimum, sehingga untuk tulangan arah vertikal digunakan dua layer D13-300.

Setelah pemodelan selesai dan diberikan beban *pushover* sesuai dengan yang dibahas pada sub-bab sebelumnya. Selanjutnya dilakukan pengecekan *displacement* yang terjadi pada struktur yang sudah ditambahkan *shear wall* pada arah Y dan X. Berikut diperlihatkan pada Gambar 4.20. dan Gambar 4.21.



Gambar 4.20. *Displacement* Arah Y Setelah Penambahan *Shear Wall*



Gambar 4.21. *Displacement* Arah X Setelah Penambahan *Shear Wall*

*Displacement* yang diakibatkan oleh beban *pushover* pada struktur yang ditambahkan elemen perkuatan struktur *shear wall* lebih kecil dibandingkan dengan nilai *displacement* struktur tanpa menggunakan *shear wall* dengan nilai *displacement* pada arah Y = 4,4 cm dan nilai *displacement* arah X = 11,30 cm. Berdasarkan persyaratan kinerja batas layan maka  $11,30 \text{ cm} < 14,5 \text{ cm}$  dan dapat disimpulkan bahwa *displacement* yang terjadi pada pemodelan yang ditambahkan elemen *shear wall* memenuhi persyaratan kinerja batas layan. Gambar data nilai *displacement* pada struktur dengan penambahan *shear wall* diperlihatkan pada Gambar 4.22.



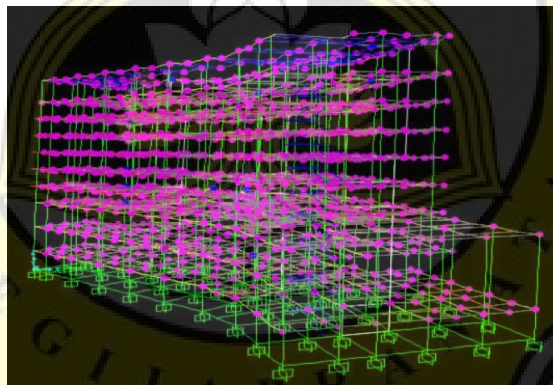
## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

Joint Text	Output Case	Case Type	Step Type	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
855	PUSH	NonStatic	Max	0.113083	0.044148	-0.019401	-0.002839	0.010553	-0.001869
855	PUSH	NonStatic	Min	0.113084	0.044143	-0.019401	-0.00284	0.010553	-0.001869
-2434	PUSH	NonStatic	Max	0.112534	0.042912	-0.028302	-0.002982	0.011997	-0.001869
-2434	PUSH	NonStatic	Min	0.112514	0.042909	-0.028302	-0.002982	0.011997	-0.001869
-2432	PUSH	NonStatic	Max	0.112406	0.04532	-0.012073	-0.003066	0.009122	-0.001869
-2432	PUSH	NonStatic	Min	0.112386	0.045317	-0.012073	-0.003066	0.009121	-0.001869
859	PUSH	NonStatic	Max	0.111984	0.041677	-0.033423	-0.003575	0.012306	-0.001869
859	PUSH	NonStatic	Min	0.111965	0.041674	-0.033423	-0.003575	0.012305	-0.001869
723	PUSH	NonStatic	Max	0.111728	0.046493	-0.005834	-0.000971	0.00356	-0.001869
-2435	PUSH	NonStatic	Max	0.111716	0.042826	-0.025422	-0.003457	0.012095	-0.001869
723	PUSH	NonStatic	Min	0.111709	0.046491	-0.005834	-0.000971	0.00356	-0.001869
-2435	PUSH	NonStatic	Min	0.111697	0.042823	-0.025423	-0.003457	0.012095	-0.001869
-2433	PUSH	NonStatic	Max	0.111608	0.04375	-0.019528	-0.003272	0.011554	-0.001869
-2433	PUSH	NonStatic	Min	0.111609	0.043747	-0.019527	-0.003272	0.011554	-0.001869
-2436	PUSH	NonStatic	Max	0.111494	0.042109	-0.029643	-0.003751	0.01212	-0.001869
-2436	PUSH	NonStatic	Min	0.111474	0.042108	-0.029644	-0.003751	0.01212	-0.001869

Gambar 4.22. Nilai *Displacement* Setelah Digunakan *Shear Wall*

Setelah diketahui *displacement* maksimal dari struktur dengan penambahan elemen *shear wall* selanjutnya adalah mengevaluasi level kinerja struktur berdasarkan sendi plastis yang terjadi pada elemen struktur. Berikut dipelihatkan gambar sendi plastis yang terjadi pada elemen struktur model dengan penambahan elemen *shear wall* pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23. Sendi Plastis Yang Terjadi Pada Model Dengan Penambahan *Shear Wall*

Gambar 4.23. menunjukkan reaksi sendi plastis yang terjadi pada elemen struktur dengan indikator terendah berwarna biru yang menunjukkan level kinerja struktur dikategorikan dalam kondisi *Immediate Occupancy* berdasarkan FEMA 356 Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kondisi struktur pasca gempa hanya terjadi kerusakan minor dan kerusakan non-struktural sehingga gedung tersebut masih dapat dioperasikan kembali dan hanya memerlukan perbaikan kecil. Kekuatan dan kekakuan gedung berada pada level yang sama dengan kondisi sebelum terjadi gempa. Untuk memastikan kondisi level kinerja struktur lebih jelas dilakukan

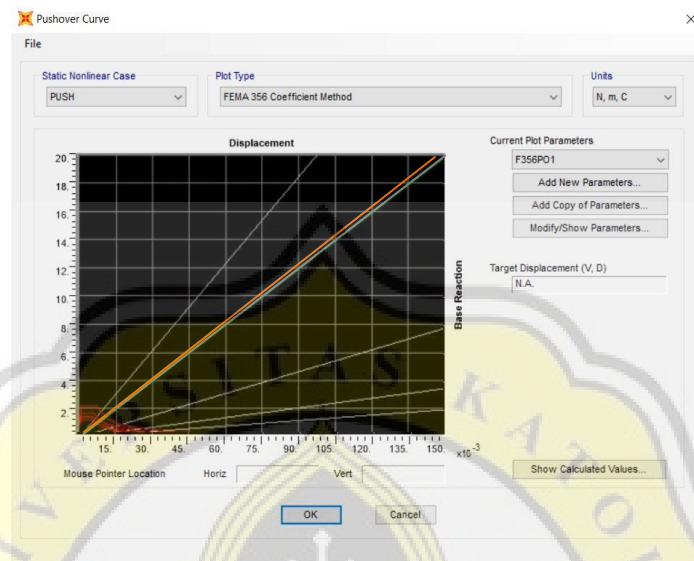




## Tugas Akhir

Perbandingan Penggunaan *Shear Wall* dan Non *Shear Wall* Pada Gedung Dengan Metode Analisis *Pushover* Ditinjau dari Kinerja Batas Layan dan Level Kinerja Struktur (Studi Kasus: Hotel Novotel, Kulon Progo)

pengecekan *output* analisis yaitu grafik *sprectral displacement* menurut FEMA 356. Grafik tersebut diperlihatkan pada Gambar 4.24.

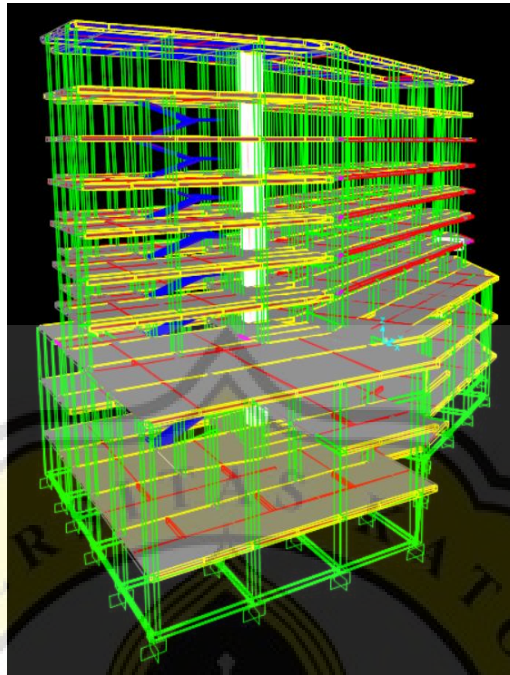


Gambar 4.24. Grafik *Spectral Displacement* Struktur Dengan Penambahan *Shear Wall*

Berdasarkan grafik *spectral displacement* yang mengacu kepada FEMA 356 kondisi struktur setelah ditambahkan elemen struktur *shear wall* mengalami peningkatan level kinerja struktur dengan kuadran berwarna hijau berada pada level *Immidiata Occupancy* (IO). Sistem pemikul gaya yang terdapat pada struktur pada arah vertikal dan lateral dianggap mampu menahan gaya yang diakibatkan oleh gempa yang terjadi.

#### 4.5.3 Penambahan dimensi kolom tanpa penggunaan *shear wall*

Setelah dilakukan pemodelan dengan dimensi elemen struktur sesuai dengan hasil perhitungan pada *preliminary design* serta pemodelan dengan penambahan *shear wall*, penulis melakukan pemodelan kembali dengan menambahkan dimensi kolom menjadi 80 cm × 80 cm yang diperlihatkan pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25. Model Dengan Penambahan Dimensi Kolom

Pada tahapan pemodelan dengan melakukan penambahan dimensi kolom, dilakukan perhitungan seperti yang ditampilkan pada sub-bab perhitungan penulangan kolom dan didapatkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 4.21.

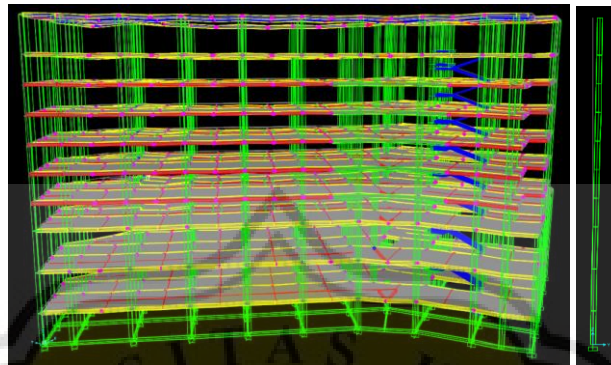
Tabel 4.21. Penulangan Kolom K2

Tipe		Kolom K2
Dimensi		800 mm × 800 mm
Tul. Longitudinal		16D22
$f_c'$		30 MPa
$f_y'$		400 MPa
Tul. Senggang	Tumpuan	D13-100
	Lapangan	D13-100

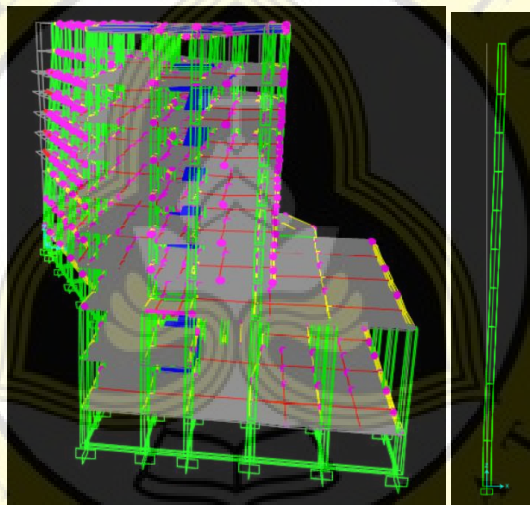
Setelah pemodelan yang dilakukan selesai, tahapan selanjutnya sama dengan sub-bab sebelumnya yaitu penambahan beban *pushover* kemudian dilakukan pengecekan *displacement* yang terjadi pada struktur. *Displacement* yang terjadi pada arah Y dan arah X ditampilkan pada Gambar 4.26. dan 4.27. Nilai *displacement* yang terjadi pada struktur adalah sebesar 13,2 cm pada arah X dan *displacement* pada arah Y ditunjukkan sebesar 8,1 cm. Nilai *displacement* yang terjadi pada struktur yang diperbesar dimensi kolomnya menunjukkan bahwa nilai *displacement* yang terjadi sesuai dengan kriteria nilai *displacement* izin pada



struktur bangunan. Gambar data *displacement* yang terjadi pada struktur diperlihatkan pada Gambar 4.28.



Gambar 4.26. *Displacement* Model Penambahan Dimensi Kolom Arah Y



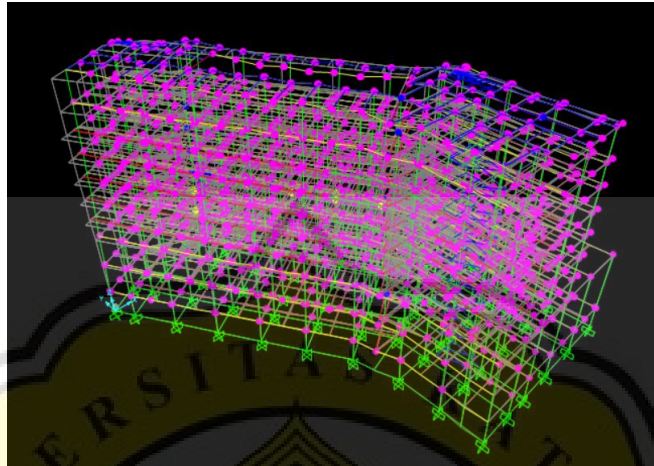
Gambar 4.27. *Displacement* Model Penambahan Dimensi Kolom Arah X

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
771	PUSH	NonStatic	Min	0.132841	0.081905	-0.003303	-0.00118	0.002702	-0.002081
725	PUSH	NonStatic	Max	0.132474	0.067995	-0.009145	-0.000165	0.002637	-0.002081
725	PUSH	NonStatic	Min	0.132464	0.067994	-0.009145	-0.000165	0.002637	-0.002081
863	PUSH	NonStatic	Max	0.13235	0.046363	-0.024589	-0.007425	-0.002518	-0.002081
863	PUSH	NonStatic	Min	0.132341	0.046363	-0.024589	-0.007425	-0.002518	-0.002081
620	PUSH	NonStatic	Max	0.131656	0.057075	-0.015328	-0.000882	0.000153	-0.00187
620	PUSH	NonStatic	Min	0.131646	0.057075	-0.015328	-0.000882	0.000153	-0.00187
-2399	PUSH	NonStatic	Max	0.131106	0.05584	-0.020722	-0.001642	0.008969	-0.00187
-2399	PUSH	NonStatic	Min	0.131097	0.05584	-0.020722	-0.001642	0.008969	-0.00187
-2397	PUSH	NonStatic	Max	0.130978	0.058249	-0.010124	-0.001511	0.006804	-0.00187
-2397	PUSH	NonStatic	Min	0.130969	0.058248	-0.010124	-0.001511	0.006804	-0.00187
626	PUSH	NonStatic	Max	0.130556	0.054605	-0.02628	-0.002522	0.009382	-0.00187
626	PUSH	NonStatic	Min	0.130547	0.054605	-0.026281	-0.002522	0.009382	-0.00187
619	PUSH	NonStatic	Max	0.1303	0.059423	-0.005801	-0.001069	0.003229	-0.00187
619	PUSH	NonStatic	Min	0.130291	0.059422	-0.005801	-0.001069	0.003228	-0.00187
-2400	PUSH	NonStatic	Max	0.130288	0.055754	-0.020345	-0.001926	0.008884	-0.00187

Gambar 2.28. *Displacement* Pada Model Dengan Penambahan Dimensi Kolom Setelah diketahui nilai *displacement* yang terjadi pada struktur bangunan, selanjutnya adalah mengevaluasi level kinerja struktur berdasarkan kriteria FEMA

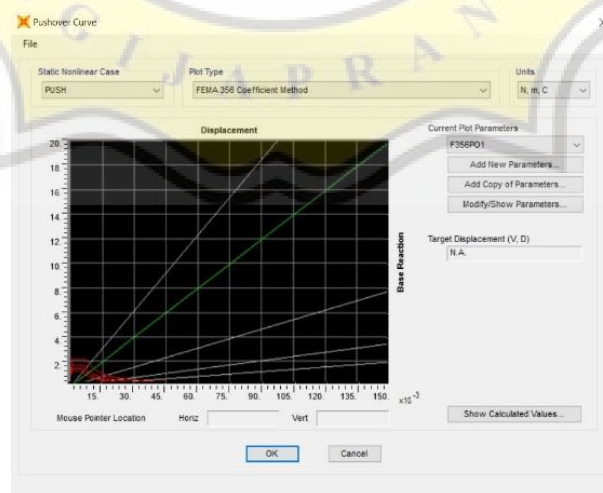


356. Berikut diperlihatkan gambar sendi plastis yang terjadi pada elemen struktur dengan pemodelan penambahan dimensi kolom pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29. Sendi Plastis Yang Terjadi Pada Model Dengan Penambahan Dimensi Kolom

Berdasarkan reaksi sendi plastis yang diperlihatkan pada Gambar 4.29. level kinerja struktur yang terendah pada model ditunjukkan dengan indikator warna biru yang dikategorikan pada level kinerja struktur *Immediate Occupancy* (IO) berdasarkan FEMA 356. Penjelasan mengenai level kinerja struktur IO dapat dilihat pada sub-bab sebelumnya atau dapat juga dilihat pada Bab 2 mengenai level kinerja struktur menurut FEMA 356. Berikut diperlihatkan grafik *spectral displacement* menurut FEMA 356. Grafik tersebut diperlihatkan pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30. Grafik *Spectral Displacement* Penambahan Dimensi Kolom



#### 4.6 Evaluasi Hasil Kinerja Struktur

Berdasarkan pemodelan dan analisis yang telah dilakukan pada dua model yang berbeda dengan struktur gedung tanpa *shear wall* dan struktur gedung dengan penambahan *shear wall* masing-masing *output* dari hasil analisis akan dievaluasi dan dibandingkan sebagai berikut:

##### 4.6.1 Perbandingan kinerja batas layan

Berdasarkan *output* pemodelan dan analisis yang dilakukan, didapatkan efektifitas fungsi *shear wall* yang digunakan sebagai elemen struktur perkuatan penahan gempa terhadap *displacement* yang terjadi yang ditunjukkan pada Tabel 4.22. dibawah ini:

Tabel 4.22. Perbandingan *Displacement* Pada Struktur Gedung Tanpa *Shear Wall* dan Dengan *Shear Wall*

	<i>Displacement</i> Izin	Kolom 60 cm × 70 cm (Non <i>Shear Wall</i> )	Kolom 60 cm × 70 cm ( <i>Shear Wall</i> )	Kolom 80 cm × 80 cm (Non <i>Shear Wall</i> )	Reduksi Maksimum
	<i>Displacement</i> (cm)	<i>Displacement</i> (cm)	<i>Displacement</i> (cm)	<i>Displacement</i> (cm)	(%)
Arah Y	14,5 cm	14,31	4,40	8,1	69,25
Arah X	14,5 cm	34,53	11,30	13,2	67,27

Berdasarkan Tabel 4.22. *displacement* yang terjadi pada struktur gedung dapat direduksi dengan baik setelah dipasang elemen perkuatan struktur berupa *shear wall*. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan *shear wall* pada struktur gedung dapat mereduksi *displacement* yang diakibatkan oleh gaya lateral. *Displacement* yang terjadi pada arah X lebih besar karena bentang pada struktur gedung arah X memiliki bentang yang lebih kecil dibandingkan dengan bentang ke arah Y sehingga efek dari gaya lateral akan lebih besar ke arah X.

##### 4.6.2 Perbandingan level kinerja struktur

Berdasarkan *output* pemodelan yang ditunjukkan dengan grafik *spectral displacement* yang mengacu pada kategori level kinerja struktur FEMA 356 antara



struktur bangunan gedung tanpa *shear wall* dibandingkan dengan struktur bangunan yang ditambahkan *shear wall* diperlihatkan pada Tabel 4.23. sebagai berikut:

Tabel 4.23. Perbandingan Level Kinerja Struktur

Arah Gaya	<b>Non <i>Shear Wall</i></b>
	FEMA 356
X	<i>Collapse Prevention</i>
Y	<i>Collapse Prevention</i>
Arah Gaya	<b><i>Shear Wall</i></b>
	FEMA 356
X	<i>Immediate Occupancy</i>
Y	<i>Immediate Occupancy</i>

Berdasarkan *output* kedua model struktur tanpa *shear wall* dengan penambahan beban *pushover* level kinerjanya mencapai pada kategori *Collapse Prevention* sedangkan pemodelan dengan penambahan *shear wall* sebagai elemen perkuatan struktur dapat meningkatkan level kinerja struktur gedung tersebut mencapai kategori level *Immediate Occupancy*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan *shear wall* dapat meningkatkan level kinerja struktur gedung.