

## BAB V

### HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 5.1. Estimasi Awal Dimensi Struktur

Dalam tahap desain, tiap-tiap elemen struktur akan direncanakan atau diperhitungkan terhadap beban-beban yang bekerja pada elemen tersebut. Pada tahap ini dimulai dengan perencanaan estimasi dimensi elemen struktur.

Estimasi awal dimensi elemen dari struktur ini digunakan sebagai tahap awal perkiraan untuk kebutuhan dimensi struktur dan akan digunakan sebagai data masukan dalam perangkat lunak bantu untuk analisis struktur yaitu ETABS. Dalam tahap pendisainannya, dimensi yang telah di estimasi sebelumnya dapat diubah-ubah lagi sesuai kebutuhan. Berikut adalah contoh perhitungan estimasi awal dimensi dari semua elemen struktur yang terdapat dalam bangunan yang akan di analisis beserta dengan berat elemen itu sendiri:

##### 1. Balok

Rumus yang digunakan dalam estimasi awal balok adalah :

$$H_{\text{balok}} = (1/10 \text{ s/d } 1/12) \cdot L_{\text{balok}}$$

$$B_{\text{balok}} = (1/2) \cdot H_{\text{balok}}$$

##### 1) Balok induk

Panjang balok 6 m ( $L_{\text{balok}} = 6 \text{ m}$ )

$$\begin{aligned} H_{\text{balok},1} &= (1/10) \cdot L_{\text{balok}} \\ &= (1/10) \cdot 6 = 0,6 \text{ m} = 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{balok},1} &= (1/2) \cdot H_{\text{balok}} \\ &= (1/2) \cdot 600 = 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, untuk balok bentangan 6m digunakan balok berdimensi 300.600 mm

Panjang balok 8 m ( $L_{\text{balok}} = 8 \text{ m}$ )

$$\begin{aligned} H_{\text{balok},2} &= (1/10) \cdot L_{\text{balok}} \\ &= (1/10) \cdot 8 = 0,8 \text{ m} = 800 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$B_{\text{balok},2} = (1/2) \cdot H_{\text{balok}}$$

$$= (1/2) \cdot 800 = 400 \text{ mm}$$

Jadi, untuk balok bentangan 8 m digunakan balok berdimensi 400x800 mm

Panjang balok 10 m ( $L_{\text{balok}} = 10 \text{ m}$ )

$$\begin{aligned} H_{\text{balok},3} &= (1/11) \cdot L_{\text{balok}} \\ &= (1/11) \cdot 10 = 0,9 \text{ m} = 900 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{balok},3} &= (1/2) \cdot H_{\text{balok}} \\ &= (1/2) \cdot 900 = 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, untuk balok bentangan 10 m digunakan balok berdimensi 450x900 mm

## 2) Balok anak

Untuk balok, estimasi awal yang digunakan adalah:  $H_{\text{balok}} \geq 400 \text{ mm}$ .

## 2. Kolom

Rumus yang digunakan dalam mengestimasi kolom awal adalah:

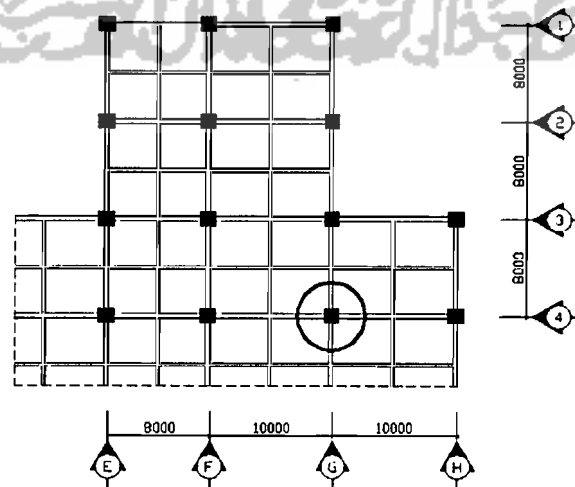
$$A_{\text{kolom}} = \frac{W}{0,65 \times f'c \times 0,35}$$

Keterangan :

$A_{\text{kolom}}$  = Luasan kolom awal ( $\text{mm}^2$ )

$W$  = Berat struktur tigtat diatas kolom yang ditinjau (KN)

dalam estimasi kolom ini, semua kolom dibuat sama dimensinya. Sebagai acuannya, kolom yang di estimasi awal posisinya berada di as portal 4-G. Pada Gambar 5. 1 berikut ini akan menjelaskan posisi kolom yang akan di estimasi dimensinya.



Gambar 5. 1. Gambar lokasi kolom yang digunakan untuk estimasi awal

Berat Struktur (W) dihitung dari atap

1) Balok

$$L_x = (0,5 \cdot L_{bx,ki}) + (0,5 \cdot L_{bx,ka}) = (0,5 \cdot 10) + (0,5 \cdot 10) = 10 \text{ m}$$

$$L_y = (0,5 \cdot L_{by,ki}) + (0,5 \cdot L_{by,ka}) = (0,5 \cdot 8) + (0,5 \cdot 8) = 8 \text{ m}$$

Keterangan :

$L_x$  = Panjang balok total ditinjau dari kolom arah x, portal 4 (m)

$L_y$  = Panjang balok total ditinjau dari kolom arah y, portal G (m)

$L_{bx,ki}$  = Panjang balok bag kiri kolom arah x, portal 4 (m)

$L_{bx,ka}$  = Panjang balok bag kanan kolom arah x, portal 4 (m)

$L_{by,ki}$  = Panjang balok bag kiri kolom arah y, portal G (m)

$L_{by,ka}$  = Panjang balok bag kanan kolom arah y, portal G (m)

$$A_x = H_{balok,3} \cdot B_{balok,3} = 0,45 \cdot 0,9 = 0,405 \text{ mm}^2$$

$$A_y = H_{balok,2} \cdot B_{balok,2} = 0,4 \cdot 0,8 = 0,32 \text{ mm}^2$$

Keterangan :

$A_x$  = Luas balok yang ditinjau kolom x, portal 4 (mm<sup>2</sup>)

$A_y$  = Luas balok yang ditinjau kolom y, portal G (mm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned} W_{balok,2} &= A_y \times L_y \times b_j \\ &= 0,32 \cdot 8 \cdot 24 = 61,44 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{balok,3} &= A_x \times L_x \times b_j \\ &= 0,405 \cdot 10 \cdot 24 = 97,2 \text{ KN} \end{aligned}$$

Keterangan :

$W_{balok,2}$  = Berat balok yang ditinjau kolom y, portal G (mm<sup>2</sup>)

$W_{balok,3}$  = Berat balok yang ditinjau kolom x, portal 4 (mm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned} W_{balok \text{ atap}} &= W_{balok,2} + W_{balok,3} \\ &= 61,44 + 97,2 = 158,64 \text{ KN} \end{aligned}$$

## 2) Plat

$$L_{\text{Plat},x} = L_x = 10 \text{ m} \quad L_{\text{Plat},y} = L_x = 8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{plat}} &= L_{\text{Plat},x} \cdot L_{\text{Plat},y} \\ &= 10 \cdot 8 = 80 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{Plat}} &= (A_{\text{plat}} \cdot q_D) + (A_{\text{plat}} \cdot q_L) \\ &= (80 \cdot 2,88) + (80 \cdot 1) = 310,4 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat struktur (W)} &= W_{\text{balok atap}} + W_{\text{Plat}} \\ &= 158,64 + 310,4 = 469,04 \text{ KN} \end{aligned}$$

Jadi berat struktur untuk atap ( $W_{\text{atap}}$ ) = 469,04 KN

$$\begin{aligned} A_{\text{kolom}} &= \frac{W}{0,65 \times f'_c \times 0,35} = \frac{469,04}{0,65 \times 30 \times 0,35} \\ &= 0,0687 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$B_{\text{kolom}} = H_{\text{kolom}} = \sqrt{0,0687} = 0,2622 \text{ m}$$

Dimensi diambil 1 meter. Jadi, untuk kolom dibawah atap adalah 1 x 1 meter. Tabel 5. 1 menunjukkan ukuran estimasi awal untuk kolom. Namun karena estimasi ini dianggap tidak ekonomis maka dimensi kolom yang dipakai ditunjukkan pada Tabel 5. 2.

Tabel 5. 1. Estimasi awal kolom

Kolom	W	KOLOM					
		A	b perlu	h perlu	H	b pakai	h pakai
15	469,04	0,0687	0,2622	0,2622	4	1	1
14	1020,24	0,1495	0,3866	0,3866	4	1	1
13	1571,44	0,2302	0,4798	0,4798	4	1	1
12	2122,64	0,3110	0,5577	0,5577	4	1	1
11	2673,84	0,3918	0,6259	0,6259	4	1	1
10	3225,04	0,4725	0,6874	0,6874	4	1,1	1,1
9	3777,08	0,5534	0,7439	0,7439	4	1,1	1,1
8	4329,12	0,6343	0,7964	0,7964	4	1,1	1,1
7	4881,16	0,7152	0,8457	0,8457	4	1,1	1,1
6	5433,2	0,7961	0,8922	0,8922	4	1,1	1,1
5	5985,24	0,8770	0,9365	0,9365	4	1,2	1,2
4	6538,2	0,9580	0,9788	0,9788	4	1,2	1,2
3	7091,16	1,0390	1,0193	1,0193	4	1,2	1,2
2	7644,12	1,1200	1,0583	1,0583	4	1,2	1,2
1	8197,08	1,2010	1,0959	1,0959	6	1,2	1,2

Tabel 5. 2. Estimasi akhir kolom

Kolom	W	KOLOM					
		A	b perlu	h perlu	H	b pakai	h pakai
15	469,04	0,0687	0,2622	0,2622	4	0,7	0,7
14	1020,24	0,1495	0,3866	0,3866	4	0,7	0,7
13	1571,44	0,2302	0,4798	0,4798	4	0,7	0,7
12	2122,64	0,3110	0,5577	0,5577	4	0,7	0,7
11	2673,84	0,3918	0,6259	0,6259	4	0,7	0,7
10	3225,04	0,4725	0,6874	0,6874	4	0,9	0,9
9	3777,08	0,5534	0,7439	0,7439	4	0,9	0,9
8	4329,12	0,6343	0,7964	0,7964	4	0,9	0,9
7	4881,16	0,7152	0,8457	0,8457	4	0,9	0,9
6	5433,2	0,7961	0,8922	0,8922	4	0,9	0,9
5	5985,24	0,8770	0,9365	0,9365	4	1,1	1,1
4	6538,2	0,9580	0,9788	0,9788	4	1,1	1,1
3	7091,16	1,0390	1,0193	1,0193	4	1,1	1,1
2	7644,12	1,1200	1,0583	1,0583	4	1,1	1,1
1	8197,08	1,2010	1,0959	1,0959	6	1,1	1,1
					62		

## 5.2. Perhitungan Pembebanan

### 5.2.1. Lantai dan Atap

Beban plat Atap

Beban Mati ( $q_D$ )

Plat =  $0,1 \cdot 24 = 2,4$  KN/m<sup>2</sup>

Lapisan kedap air =  $0,02 \cdot 24 = 0,48$  KN/m<sup>2</sup>

=  $2,88$  KN/m<sup>2</sup>

Beban Hidup ( $q_L$ ) = 1 KN/m<sup>2</sup>

Beban plat Lantai

Beban Mati ( $q_D$ )

Plat =  $0,12 \cdot 24 = 2,88$  KN/m<sup>2</sup>

Lapisan Pasir =  $0,03 \cdot 18 = 0,54$  KN/m<sup>2</sup>

Lapisan Keramik =  $0,01 \cdot 24 = 0,024$  KN/m<sup>2</sup>

Lapisan Spesi =  $0,02 \cdot 24 = 0,048$  KN/m<sup>2</sup>

Beban partisi	= 0,20	KN/m <sup>2</sup>
	= 4,340	KN/m <sup>2</sup>
Beban Hidup (q <sub>L</sub> )		
Beban toko,hotel,restoran	= 2,5	KN/m <sup>2</sup>

### 5.2.2. Perhitungan Beban Gravitasi

Beban gravitasi adalah beban yang ditimbulkan adanya beban mati dan beban hidup yang didistribusikan secara merata pada elemen struktur. Dengan perangkat lunak bantu yaitu ETABS, diberikan kemudahan dalam mendisain suatu struktur, salah satunya dalam memasukkan nilai beban gravitasi pada plat lantai dan plat atap.

Ketika akan memasukkan nilai beban gravitasi ke struktur yang akan di disain, dalam ETABS diberikan kemudahan dengan mendefinisikan plat sebagai elemen tersendiri dan terlebih dahulu harus didefinisikan sebelumnya dan kemudian akan menerima beban gravitasi. Beban gravitasi yang bekerja pada plat atap dan lantai yang berupa beban merata permukaan (*uniform area loads*), secara otomatis akan didistribusikan area ke masing-masing balok pada setiap panel.

Beban mati (q<sub>D</sub>) merata permukaan (*gravity uniform area loads*) yang bekerja merupakan beban plat atap/lantai yang dikurangi dengan berat plat beton, sedangkan beban hidup (q<sub>L</sub>) sama dengan beban pada masing-masing plat. Area dimana elemen balok menerima beban gravitasi baik beban merata maupun beban titik dapat dilihat di lampiran T1.11 hingga lampiran T1.14.

Berikut ini adalah nilai beban-beban yang merupakan data input yang akan dimasukkan ke dalam program ETABS adalah:

#### 1. Beban merata

Pembebanan Plat Atap

$$\text{Beban mati merata (Q}_D\text{)} = 2,88 - 2,4 = 0,48 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup merata (Q}_L\text{)} = 1 \text{ KN/m}^2$$

Pembebanan Plat Lantai

$$\text{Beban mati merata (Q}_D\text{)} = 4,340 - 2,88 = 1,46 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup merata (Q}_L\text{)} = 2,5 \text{ KN/m}^2$$

Berat sendiri balok

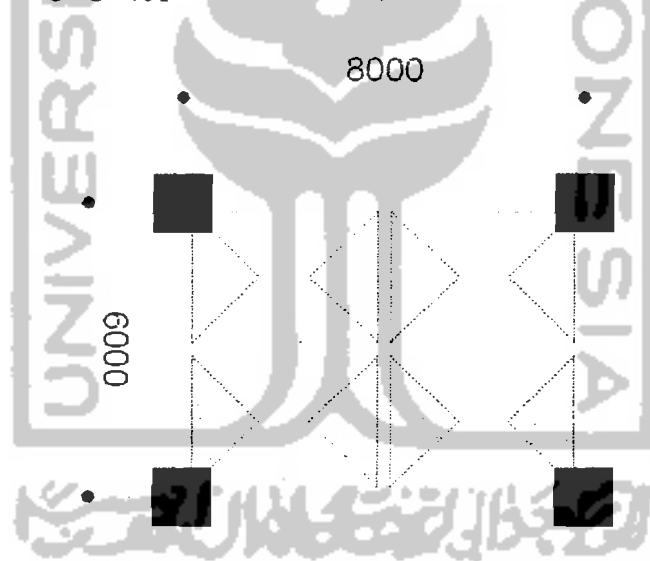
Berat sendiri elemen balok sudah dianggap termasuk di dalam berat mati elemen tersebut.

Berat tembok pasangan bata  $\frac{1}{2}$  batu

$$\text{Beban tembok} = 2,5 \cdot 3,2 = 8 \text{ KN/m}^2$$

Direncanakan berat tembok ini terletak di pinggir struktur tersebut. Nilai-nilai beban diatas langsung dimasukkan ke dalam program ETABS untuk analisis 3 Dimensi. Sedangkan nilai beban-beban yang merupakan data input yang akan dimasukkan ke dalam program ETABS untuk analisis 2 Dimensi adalah sebagai berikut:

Bentuk segitiga (type 1- untuk lantai)



Gambar 5. 2. Bentuk beban segitiga untuk analisis 2 dimensi

$$\text{Beban mati merata (Q}_D\text{)} = 4,34 \cdot 1,5 = 6,51 \text{ KN/m'}$$

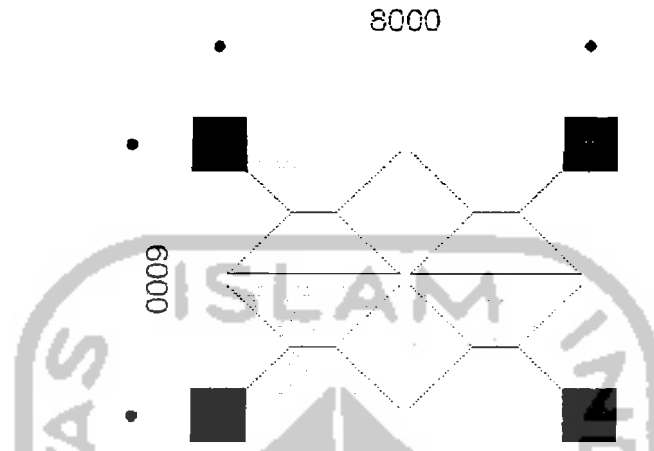
$$\text{Beban hidup merata (Q}_L\text{)} = 2,5 \cdot 1,5 = 3,75 \text{ KN/m'}$$

Bentuk beban segitiga tersebut jika dijadikan menjadi bentuk persegi, maka :

$$\text{Beban mati merata (Q}_D\text{)} = 4,34 \cdot ((1/3) \cdot 3) = 4,34 \text{ KN/m'}$$

$$\text{Beban hidup merata (} Q_L \text{)} = 2,5 \cdot ((1/3) \cdot 3) = 2,5 \text{ KN/m}^2$$

Bentuk trapesium (type 1 – untuk lantai)



Gambar 5. 3. Bentuk beban trapesium untuk analisis 2 dimensi

$$\text{Beban mati merata (} Q_D \text{)} = 4,34 \cdot 1,5 = 6,51 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup merata (} Q_L \text{)} = 2,5 \cdot 1,5 = 3,75 \text{ KN/m}^2$$

Bentuk beban trapesium tersebut jika dijadikan menjadi bentuk persegi, maka:

$$\text{Beban mati merata (} Q_D \text{)} = 4,34 \cdot (1,5 - (4/3 \cdot (1,5^3/4^2))) = 5,2894 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Beban hidup merata (} Q_L \text{)} = 2,5 \cdot (1,5 - (4/3 \cdot (1,5^3/4^2))) = 3,0469 \text{ KN/m}^2$$

Untuk nilai dari type yang lain dilampirkan di tabel, dan untuk ukuran plat yang lain ditunjukkan pada Tabel 5. 3 berikut ini.

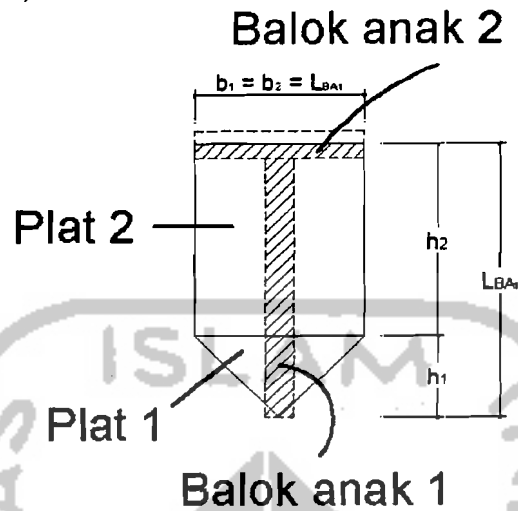
Tabel 5. 3. Tipe ukuran plat

TYPE	UKURAN (m)
I	6 x 8
II	6 x 6
III	8 x 10
IV	6 x 10
V	8 x 8



## 2. beban titik

Type 1 (lantai)



Gambar 5. 4. Bentuk beban titik untuk analisis 2 dimensi

Beban titik akibat beban mati ( $P_D$ )

$$\text{Plat} = ((0,5 \cdot 3 \cdot 1,5) + (3 \cdot 1,5)) \cdot 4,34 = 29,295 \text{ KN}$$

$$\text{Bal} = (0,25 \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 24) + (0,125 \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 24) = 13,5 \text{ KN}$$

$$P_D = 29,295 + 13,5 = 42,795 \text{ KN}$$

Beban titik akibat beban hidup ( $P_L$ )

$$P_L = \text{Plat} = ((0,5 \cdot 3 \cdot 1,5) + (3 \cdot 1,5)) \cdot 2,5 = 16,875 \text{ KN}$$

Besar nilai beban titik dengan type yang berbeda dapat dilihat pada lampiran T1.13 dan lampiran T1.14.

### 5.2.3. Perhitungan Berat Total Struktur (W)

#### • Lantai 2 (Portal 1)

Beban Mati

$$\text{Plat} \quad P1 = q_D \cdot A \text{ plat} = 4,34 \cdot 72 = 312,48 \text{ KN}$$

$$\text{Balok} \quad B2 = b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 24 = 153,6 \text{ KN}$$

$$B3 = b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,45 \cdot 0,95 \cdot 10 \cdot 24 = 102,6 \text{ KN}$$

$$\text{Bal} = b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,25 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 24 = 24 \text{ KN}$$

	Ba2	= b . h . L . 24 = (0,25/2) . 0,5 . 18 . 24	= 27 KN
Kolom	K1	= b . h . t . 24 = (1,2 . 1,2 . 6 . 24) . 3	= 622,08 KN
Tembok	T1	= t . L . 2,5 = 3,2 . 18 . 2,5	= 144 KN
	$W_D$		<hr/> = 1385,76 KN
<b>Beban Hidup</b>			
Plat	P1	= $q_L . A \text{ plat} . 0,8 = 2,5 . 72 . 0,8$	= 144 KN
	$W_L$		<hr/> = 144 KN
	$W_{total} = W_D + W_L$	$= 1385,76 + 144$	<hr/> = 1529,76 KN

• Lantai 3 dan 4 (Portal 1)

**Beban Mati**

Plat	P1	= $q_D . A \text{ plat} = 4,34 . 72$	= 312,48 KN
Balok	B2	= b . h . L . 24 = 0,4 . 0,8 . 20 . 24	= 153,6 KN
	B3	= b . h . L . 24 = 0,45 . 0,95 . 10 . 24	= 102,6 KN
	Ba1	= b . h . L . 24 = 0,25 . 0,5 . 8 . 24	= 24 KN
	Ba2	= b . h . L . 24 = (0,25/2) . 0,5 . 18 . 24	= 27 KN
Kolom	K1	= b . h . t . 24 = (1,2 . 1,2 . 4 . 24) . 3	= 414,72 KN
Tembok	T1	= t . L . 2,5 = 3,2 . 18 . 2,5	= 144 KN
	$W_D$		<hr/> = 1178,4 KN

**Beban Hidup**

Plat	P1	= $q_L . A \text{ plat} . 0,8 = 2,5 . 72 . 0,8$	= 144 KN
	$W_L$		<hr/> = 144 KN
	$W_{total} = W_D + W_L$	$= 1178,4 + 144$	<hr/> = 1322,4 KN

• Lantai 5 dan 6 (Portal 1)

**Beban Mati**

Plat	P1	= $q_D . A \text{ plat} = 4,34 . 72$	= 312,48 KN
Balok	B2	= b . h . L . 24 = 0,4 . 0,8 . 20 . 24	= 153,6 KN
	B3	= b . h . L . 24 = 0,45 . 0,95 . 10 . 24	= 102,6 KN
	Ba1	= b . h . L . 24 = 0,25 . 0,5 . 8 . 24	= 24 KN
	Ba2	= b . h . L . 24 = (0,25/2) . 0,5 . 18 . 24	= 27 KN

Kolom	K1	$= b \cdot h \cdot t \cdot 24 = (1,2 \cdot 1,2 \cdot 4 \cdot 24) \cdot 3$	$= 414,72 \text{ KN}$
Tembok	T1	$= t \cdot L \cdot 2,5 = 3,2 \cdot 18 \cdot 2,5$	$= 144 \text{ KN}$
	$W_D$		$= 1178,4 \text{ KN}$
<b>Beban Hidup</b>			
Plat	P1	$= q_L \cdot A \text{ plat} \cdot 0,8 = 2,5 \cdot 72 \cdot 0,3$	$= 54 \text{ KN}$
	$W_L$		$= 54 \text{ KN}$
	$W_{\text{total}} = W_D + W_L = 1178,4 + 54$		$= 1232,4 \text{ KN}$

• Lantai 7 dan 8 (Portal 1)

**Beban Mati**

Plat	P1	$= q_D \cdot A \text{ plat} = 4,34 \cdot 72$	$= 312,48 \text{ KN}$
Balok	B2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 24$	$= 153,6 \text{ KN}$
	B3	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,45 \cdot 0,95 \cdot 10 \cdot 24$	$= 102,6 \text{ KN}$
	Ba1	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,25 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 24$	$= 24 \text{ KN}$
	Ba2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = (0,25/2) \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 24$	$= 27 \text{ KN}$
Kolom	K1	$= b \cdot h \cdot t \cdot 24 = (1,1 \cdot 1,1 \cdot 4 \cdot 24) \cdot 3$	$= 348,48 \text{ KN}$
Tembok	T1	$= t \cdot L \cdot 2,5 = 3,2 \cdot 18 \cdot 2,5$	$= 144 \text{ KN}$
	$W_D$		$= 1112,16 \text{ KN}$
<b>Beban Hidup</b>			
Plat	P1	$= q_L \cdot A \text{ plat} \cdot 0,5 = 2,5 \cdot 72 \cdot 0,5$	$= 90 \text{ KN}$
	$W_L$		$= 90 \text{ KN}$
	$W_{\text{total}} = W_D + W_L = 1112,16 + 90$		$= 1202,16 \text{ KN}$

• Lantai 9, 10 dan 11 (Portal 1)

**Beban Mati**

Plat	P1	$= q_D \cdot A \text{ plat} = 4,34 \cdot 72$	$= 312,48 \text{ KN}$
Balok	B2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 24$	$= 153,6 \text{ KN}$
	B3	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,45 \cdot 0,95 \cdot 10 \cdot 24$	$= 102,6 \text{ KN}$
	Ba1	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,25 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 24$	$= 24 \text{ KN}$
	Ba2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = (0,25/2) \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 24$	$= 27 \text{ KN}$
Kolom	K1	$= b \cdot h \cdot t \cdot 24 = (1,1 \cdot 1,1 \cdot 4 \cdot 24) \cdot 3$	$= 348,48 \text{ KN}$

Tembok	T1	$= t \cdot L \cdot 2,5 = 3,2 \cdot 18 \cdot 2,5$	$= 144 \text{ KN}$
	$W_D$		$= 1112,16 \text{ KN}$
Beban Hidup			
Plat	P1	$= q_L \cdot A \text{ plat} \cdot 0,3 = 2,5 \cdot 72 \cdot 0,3$	$= 54 \text{ KN}$
	$W_L$		$= 54 \text{ KN}$
	$W_{total}$	$= W_D + W_L = 1112,16 + 54$	$= 1166,16 \text{ KN}$

• Lantai 12, 13, 14 dan 15 (Portal 1)

Beban Mati

Plat	P1	$= q_D \cdot A \text{ plat} = 4,34 \cdot 72$	$= 312,48 \text{ KN}$
Balok	B2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 24$	$= 153,6 \text{ KN}$
	B3	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,45 \cdot 0,95 \cdot 10 \cdot 24$	$= 102,6 \text{ KN}$
	Ba1	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,25 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 24$	$= 24 \text{ KN}$
	Ba2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = (0,25/2) \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 24$	$= 27 \text{ KN}$
Kolom	K1	$= b \cdot h \cdot t \cdot 24 = (1 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 24) \cdot 3$	$= 288 \text{ KN}$
Tembok	T1	$= t \cdot L \cdot 2,5 = 3,2 \cdot 18 \cdot 2,5$	$= 144 \text{ KN}$
	$W_D$		$= 1051,68 \text{ KN}$
Beban Hidup			
Plat	P1	$= q_L \cdot A \text{ plat} \cdot 0,3 = 2,5 \cdot 72 \cdot 0,3$	$= 54 \text{ KN}$
	$W_L$		$= 54 \text{ KN}$
	$W_{total}$	$= W_D + W_L = 1051,68 + 54$	$= 1105,68 \text{ KN}$

• Atap (Portal 1)

Beban Mati

Plat	P1	$= q_D \cdot A \text{ plat} = 2,88 \cdot 72$	$= 207,36 \text{ KN}$
Balok	B2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 24$	$= 153,6 \text{ KN}$
	B3	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,45 \cdot 0,95 \cdot 10 \cdot 24$	$= 102,6 \text{ KN}$
	Ba1	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = 0,25 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 24$	$= 24 \text{ KN}$
	Ba2	$= b \cdot h \cdot L \cdot 24 = (0,25/2) \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 24$	$= 27 \text{ KN}$
Kolom	K1	$= b \cdot h \cdot t \cdot 24 = (1 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 24) \cdot 3$	$= 288 \text{ KN}$
	$W_D$		$= 802,56 \text{ KN}$

### Beban Hidup

Plat	P1	$= q_L \cdot A_{\text{plat}} \cdot 0,3 = 1 \cdot 72 \cdot 0,3$	$= 21,6 \text{ KN}$
	$W_L$		$= 21,6 \text{ KN}$
	$W_{\text{total}}$	$= W_D + W_L = 802,56 + 21,6$	$= 824,16 \text{ KN}$

Untuk berat struktur pada portal yang lainnya, di tabelkan di lampiran T2.

### 5.2.4. Perhitungan Beban Gempa

#### 1. Periode Getar Gempa (T)

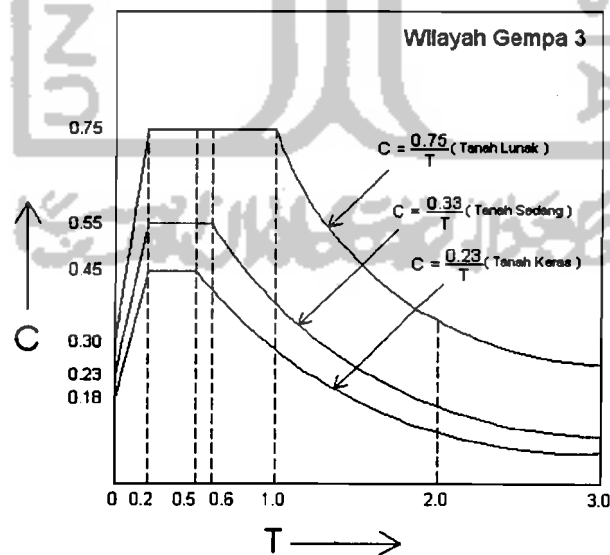
Periode getar gempa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 T_{\text{awal}} &= 0,06 \cdot H^{3/4} && \text{(pers 3.2)} \\
 &= 0,06 \cdot 62 \\
 &= 1,325699271 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

#### 2. Faktor respon gempa (C)

Struktur berada di wilayah gempa 3 dan di atas tanah lunak.

T = 1,325699271 detik, dari Gambar 5. 5 maka nilai C = 0,6.



Gambar 5. 5. Spektrum Respon Gempa Untuk Wilayah Gempa 3

3. Faktor keutamaan (I) dan faktor reduksi beban gempa (R)

Ditentukan nilai  $I = 1$  (berdasarkan fungsi gedung tersebut = Pertokoan, restoran dan hotel). Sedangkan nilai faktor reduksi beban gempa ( $R$ ) = 8,5 (duktilitas penuh).

4. Gaya Geser dasar horizontal akibat gempa (V)

$$\begin{aligned} V &= \frac{C \times I}{R} \times W_t && \text{(pers 3.1)} \\ &= \frac{0,6 \times 1}{8,5} \times 17789,04 \\ &= 1255,696941 \text{ KN} \end{aligned}$$

5. Distribusi gaya geser dasar akibat gempa (F)

$$F = \frac{W_i \times h_i}{\sum (W_i \times h_i)} \times V \quad \text{(pers 3.4)}$$

Untuk portal 1 :

$$\begin{aligned} \text{Atap } h_{\text{atap}} &= 62 \text{ m} \\ W_{\text{atap}} &= 824,16 \text{ KN} \\ W_t &= 15773,04 \text{ KN} \\ \sum (W \times h) &= 507042,72 \text{ KNm} \\ V &= 1113,39 \text{ KN} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} F_{\text{atap}} &= \frac{824,16 \times 62}{507042,72} \times 1113,39 \\ &= 112,2 \text{ KN} \end{aligned}$$

6. Kontrol waktu getar struktur dengan persamaan T - Rayleigh

$$T = 6,3 \times \sqrt{\frac{\sum W_i \times d_i^2}{g \times \sum F_i \times d_i}} \quad \text{(pers 3.3)}$$

Untuk control waktu getar struktur dengan T-Rayleigh, maka untuk nilai  $d_i$  (*displacement*) diambil dari hasil analisis struktur dengan perangkat lunak

bantu. Nilai ini dibandingkan terlebih dahulu dengan kombinasi beban yang ada, lalu diambil yang terbesar. Tabel 5. 4 menunjukkan *displacement* dari kombinasi beban 1 hingga 9. Tabel 5. 5 menunjukkan perhitungan control waktu getar dengan *di* diambil rata-rata dari point-point tepi bangunan.

**Tabel 5. 4.** Displacement max point (comb1 s/d comb9) pada iterasi 1

COMB	DATA		NILAI POSITIF		Uxmax	Uymax	POINT	
	Ux	Uy	Ux	Uy			Uxmax	Uymax
2	0,0615	-0,1668	0,0615	0,1668	0,1368	0,1668	184	83
3	0,1368	-0,0774	0,1368	0,0774			185	115
4	0,0437	0,1471	0,0437	0,1471			186	130
5	0,1236	0,0561	0,1236	0,0561			187	144
6	-0,0438	-0,1492	0,0438	0,1492			188	158
7	-0,1222	-0,0565	0,1222	0,0565				
8	-0,1354	0,0753	0,1354	0,0753				
9	-0,0601	0,1647	0,0601	0,1647				

**Tabel 5. 5.** Evaluasi periode getar T – Rayleigh iterasi 1

Story	Fi	Wi	di	di <sup>2</sup>	Wi x di <sup>2</sup>	Fi x di	H kolom	interstory drift
15	2557,805	18856,5	0,1324	0,0175	330,3767	338,5642	4	0,00065
14	2916,167	22982,1	0,1298	0,0168	387,0113	378,4242	4	0,00096
13	2715,052	22982,1	0,1259	0,0159	364,4975	341,9244	4	0,00131
12	2513,937	22982,1	0,1207	0,0146	334,8315	303,4396	4	0,00165
11	2312,822	22982,1	0,1141	0,0130	299,1706	263,8800	4	0,00197
10	2208,084	24030,4	0,1062	0,0113	271,1380	234,5469	4	0,00217
9	1997,791	24030,4	0,0975	0,0095	228,6364	194,8685	4	0,00240
8	1787,497	24030,4	0,0879	0,0077	185,8480	157,1966	4	0,00261
7	1648,071	25110,4	0,0775	0,0060	150,7577	127,9992	4	0,00280
6	1428,328	25110,4	0,0663	0,0044	110,3556	94,6886	4	0,00293
5	1211,907	25178,6	0,0546	0,0030	75,0345	66,1582	4	0,00293
4	991,5604	25178,6	0,0429	0,0018	46,2617	42,5025	4	0,00295
3	853,8927	27878,6	0,0311	0,0010	26,8784	26,5136	4	0,00288
2	609,9233	27878,6	0,0195	0,0004	10,6286	11,9090	4	0,00261
1	413,1591	31472,8	0,0091	0,0001	2,5985	3,7542	6	0,00151
					2824,0249	2586,069	62	

$$T_{\text{awal}} = 1,3257$$

$$T_{\text{Rayleigh ke-1}} = 2,1019 \quad , \text{ maka nilai } C = 0.38$$

Iterasi 1:

$$T_1 = 6,3 \times \sqrt{\frac{2824,0249}{9,81 \times 2586,069}} = 2,1019 \text{ detik}$$

Ternyata  $T_1$  yang telah dihitung nilainya menyimpang lebih dari 20% dari  $T_{\text{awal}}$ . maka, perhitungan periode getar gempa dihitung kembali dengan mengambil nilai C yang baru. Nilai C yang baru diambil berdasarkan nilai  $T_1$ .

$$C_{\text{baru}} = 0,38$$

$$V = \frac{C \times I}{R} \times W_t = \frac{0,38 \times 1}{0,85} \times 15773,04$$

$$= 742,26 \text{ KN}$$

Untuk portal 1:

$$\text{Atap } h_{\text{atap}} = 62 \text{ m}$$

$$W_{\text{atap}} = 824,16 \text{ KN}$$

$$W_t = 15773,04 \text{ KN}$$

$$\sum(W \times h) = 507042,72 \text{ KNm}$$

$$V = 742,26 \text{ KN}$$

Maka :

$$F_{\text{atap}} = \frac{824,16 \times 62}{507042,72} \times 742,26 = 74,802 \text{ KN}$$

Tabel 5. 6. Evaluasi periode getar T – Rayleigh iterasi 2

Story	Fi	Wi	di	di2	Wi x di2	Fi x di	H kolom	interstory drift
15	1619,9436	18856,56	0,0840	0,0071	133,2075	136,1548	4	0,00042
14	1846,9063	22982,16	0,0824	0,0068	155,9799	152,1541	4	0,00061
13	1719,5335	22982,16	0,0799	0,0064	146,8473	137,4511	4	0,00083
12	1592,1806	22982,16	0,0766	0,0059	134,8456	121,9579	4	0,00105
11	1464,7878	22982,16	0,0724	0,0052	120,4426	106,0399	4	0,00125
10	1398,4538	24030,48	0,0674	0,0045	109,1226	94,2376	4	0,00138
9	1265,2677	24030,48	0,0619	0,0038	91,9892	78,2834	4	0,00152
8	1132,0816	24030,48	0,0558	0,0031	74,7515	63,1403	4	0,00166
7	1043,7785	25110,48	0,0491	0,0024	60,6202	51,2849	4	0,00178
6	904,6080	25110,48	0,0420	0,0018	44,3623	38,0224	4	0,00186
5	767,5412	25178,64	0,0346	0,0012	30,1558	26,5626	4	0,00186
4	627,9882	25178,64	0,0272	0,0007	18,5676	17,0627	4	0,00187
3	540,7987	27878,64	0,0197	0,0004	10,7967	10,6426	4	0,00183
2	386,2848	27878,64	0,0124	0,0002	4,2683	4,7797	4	0,00166
1	261,6675	31472,88	0,0058	0,0000	1,0433	1,5065	6	0,00096
					1137,0205	1039,2806	02	

$$T_{\text{Rayleigh ke-1}} = 2,1019$$

$$T_{\text{Rayleigh ke-2}} = 2,1039 \text{ , maka nilai } C = 0.38$$

Iterasi 2 :

$$T_2 = 6,3 \times \sqrt{\frac{1137,0205}{9,81 \times 1039,2806}} = 2,1039 \text{ detik}$$

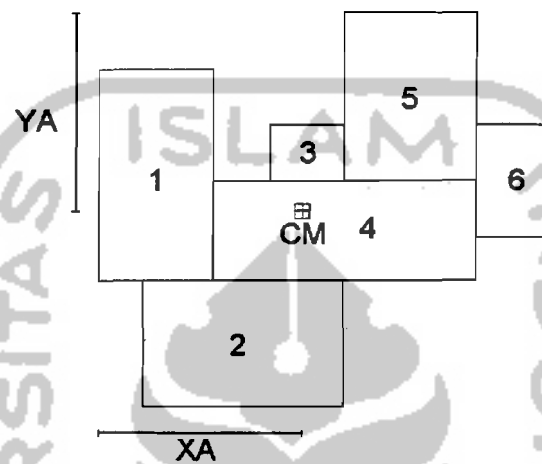
Ternyata  $T_2$  yang telah dihitung nilainya mendekati 20% dari  $T_1$ . Maka, perhitungan periode getar gempa tidak perlu dihitung kembali.



### 5.3. Perhitungan Eksentrisitas

#### 1. Denah Gedung

Titik berat gedung ini akan ditunjukkan pada perhitungan Tabel 5. 7 berikut ini, dan hasilnya letak titik pusat massa bangunan ditunjukkan pada Gambar 5. 6.



Gambar 5. 6. Titik berat Gedung Variasi Kedua

Tabel 5. 7. Titik Berat Gedung Variasi Kedua

Bidang	b	h	Luas ( A )	X KIRI	Y ATAS	X * A	Y * A
1	16	30	480	8	23	3840	11040
2	28	18	504	20	47	10080	23688
3	10	8	80	29	20	2320	1600
4	36	14	504	34	31	17136	15624
5	18	24	432	43	12	18576	5184
6	10	16	160	57	24	9120	3840
			2160			61072	60976

$$X_A = 28.2741$$

$$X_B = 33.7259$$

$$Y_A = 28.2296$$

$$Y_B = 27.7704$$

Satuan dalam Meter

X TOTAL	Y TOTAL
62	56

Untuk perhitungan letak titik pusat kekakuan akan ditunjukkan pada Tabel 5. 8 berikut ini.

Tabel 5. 8. Jumlah kolom di tiap portal

jml-kolom	arah x	jarak ke as - A	Jml . jarak
portal 1	3	43	129
portal 2	6	26	156
portal 3	8	31	248
portal 4	8	31	248
portal 5	8	31	248
portal 6	7	26	182
portal 7	4	20	80
portal 8	4	20	80
portal 9	4	20	80
total	52		1451
jml-kolom	arah x	jarak ke sb y	Jml . jarak
portal 1	3	0	0
portal 2	6	8	48
portal 3	8	16	128
portal 4	8	24	192
portal 5	8	32	256
portal 6	7	38	266
portal 7	4	44	176
portal 8	4	50	200
portal 9	4	56	224
total	52		1490

## Inertia Kolom

$$I_x = I_y = \frac{1}{12} \cdot b_{kolom} \cdot h_{kolom}^3$$

$$I_x = I_y = \frac{1}{12} \cdot 1,1 \cdot 1,1^3 = 0,1220083 \text{ m}^4$$

$$E = 4700 \cdot \sqrt{f'c}$$

$$E = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25742,96 \text{ MPa}$$

## Rumus Umum:

$$Y = \frac{\sum I_i \cdot Y_i}{\sum I_i} \quad X = \frac{\sum I_i \cdot X_i}{\sum I_i}$$

$$I_{total-X} = 56 \cdot 0,1220083 \\ = 6,3444333$$

$$I_{total-Y} = 56 \cdot 0,1220083 \\ = 6,3444333$$

$$y = \frac{\sum I \cdot Y}{\sum I}$$

$$y = \frac{I_{kolom} (jml\_kolom \cdot jrk)}{6,3444333} = \frac{0,1220083 \cdot (1451)}{6,3444333}$$

$$= 27,903846$$

$$x = \frac{\sum I \cdot X}{\sum I}$$

$$x = \frac{I_{kolom} (jml\_kolom \cdot jrk)}{6,3444333} = \frac{0,1220083 \cdot (1490)}{6,3444333}$$

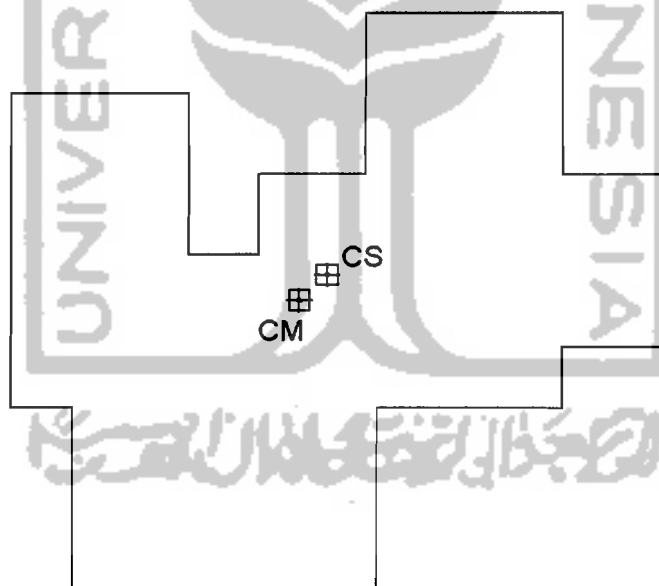
$$= 28,653846$$

Sehingga didapat CS sebagai berikut:

CS arah x = 28,653846 m

CS arah y = 27,903846 m

Gambar 5. 7 adalah letak titik pusat massa dan letak titik pusat kekakuan pada bangunan.



**Gambar 5. 7. Pusat Masa Dan Kekakuan Gedung**

Maka nilai eksentrisitas nya adalah :

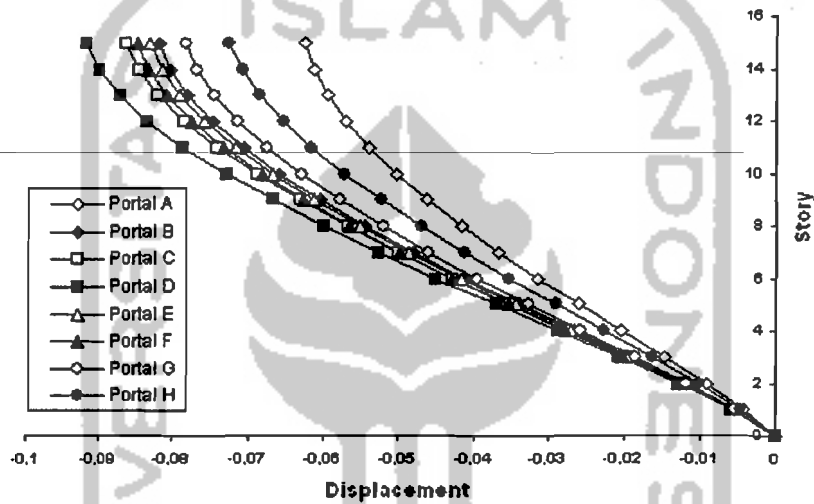
$$\text{Arah } x = 27,903846 - 28,653846 = 0,3702279 \text{ m}$$

$$\text{Arah } y = 28,653846 - 27,903846 = 0,4242165 \text{ m}$$

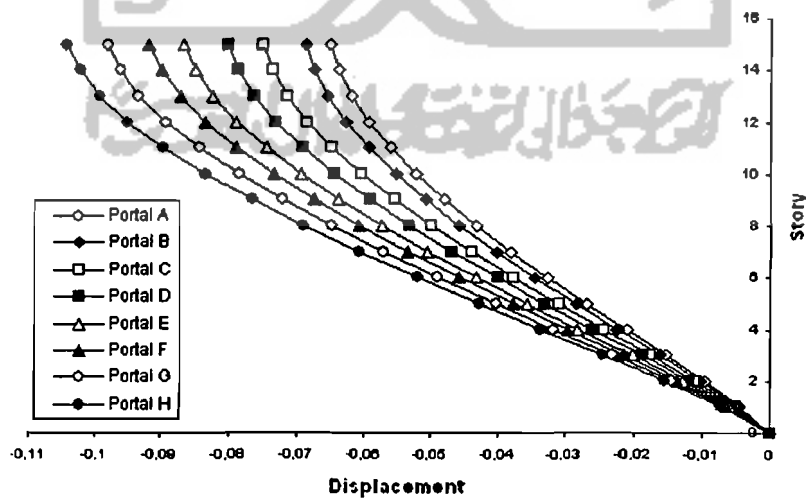
Atau sekitar = 1,327 % untuk arah X dan Y sekitar =1,480 %

**5.4. Displacement**

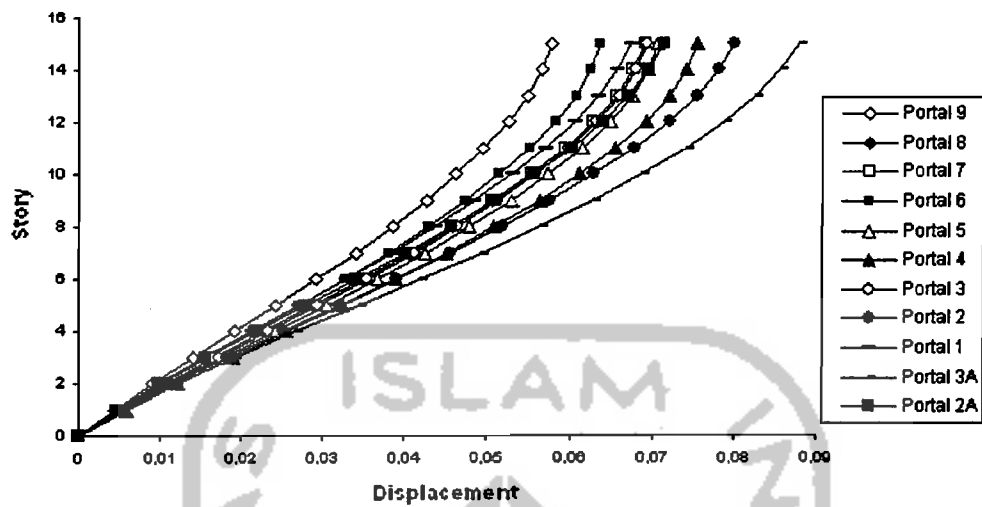
Satuan untuk displacement adalah mm.



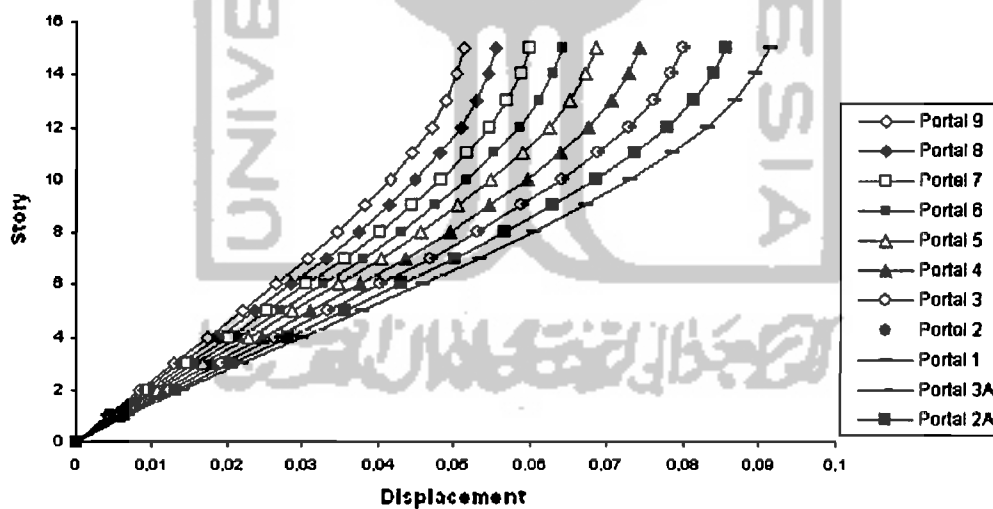
**Gambar 5. 8.** Grafik *Displacement* pada Portal A s/d H Akibat Gempa dari Arah Y (Comb2) Dengan analisis 2 dimensi



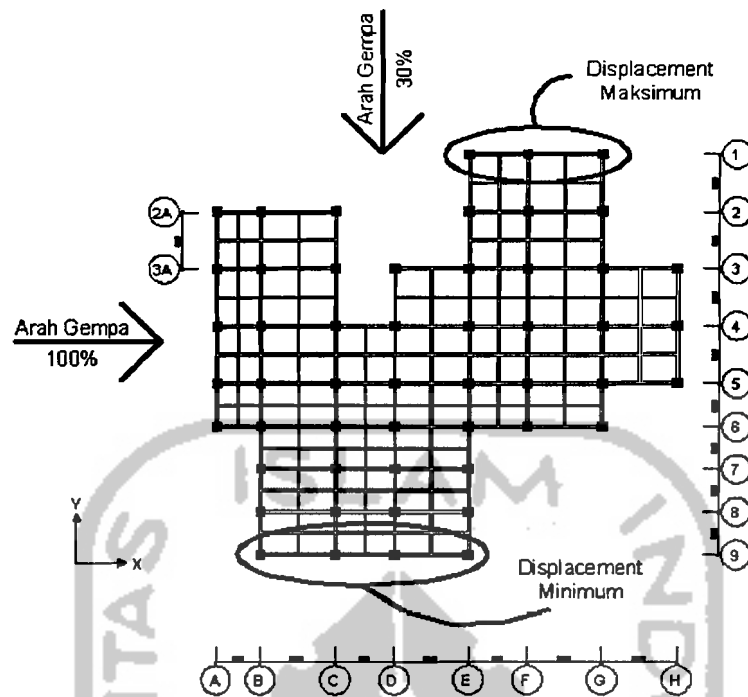
**Gambar 5. 9.** Grafik *Displacement* pada Portal A s/d H Akibat Gempa dari Arah Y (Comb2) Dengan analisis 3 dimensi



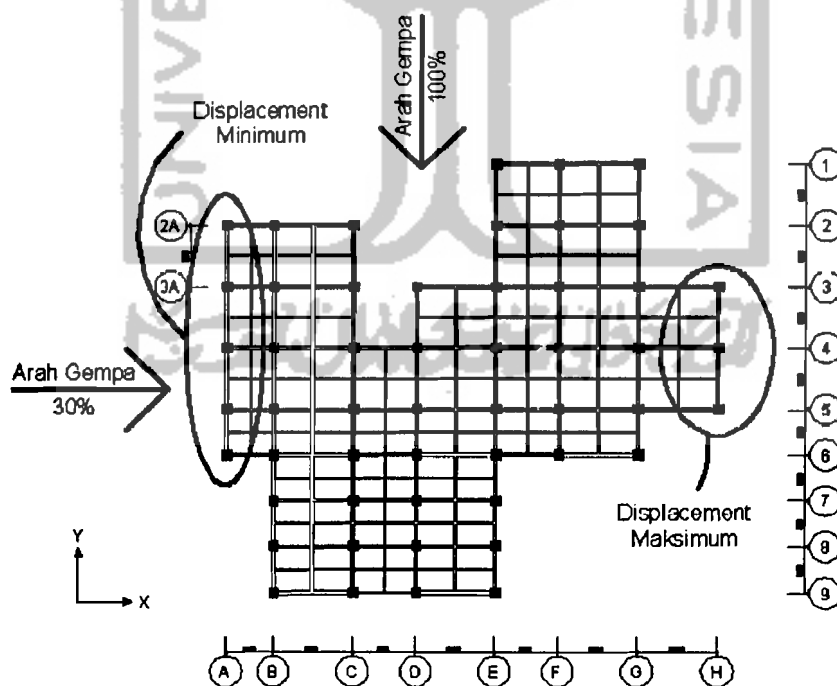
**Gambar 5. 10.** Grafik *Displacement* pada Portal 1 s/d 9 Akibat Gempa dari Arah X (Comb3) Dengan Analisis 2 Dimensi



**Gambar 5. 11.** Grafik *Displacement* pada Portal 1 s/d 9 Akibat Gempa dari Arah X (Comb3) Dengan Analisis 3 Dimensi



**Gambar 5. 12.** Denah Lokasi *Displacement* Maksimum dan Minimum Portal Akibat gempa arah X pada Analisis 3 Dimensi

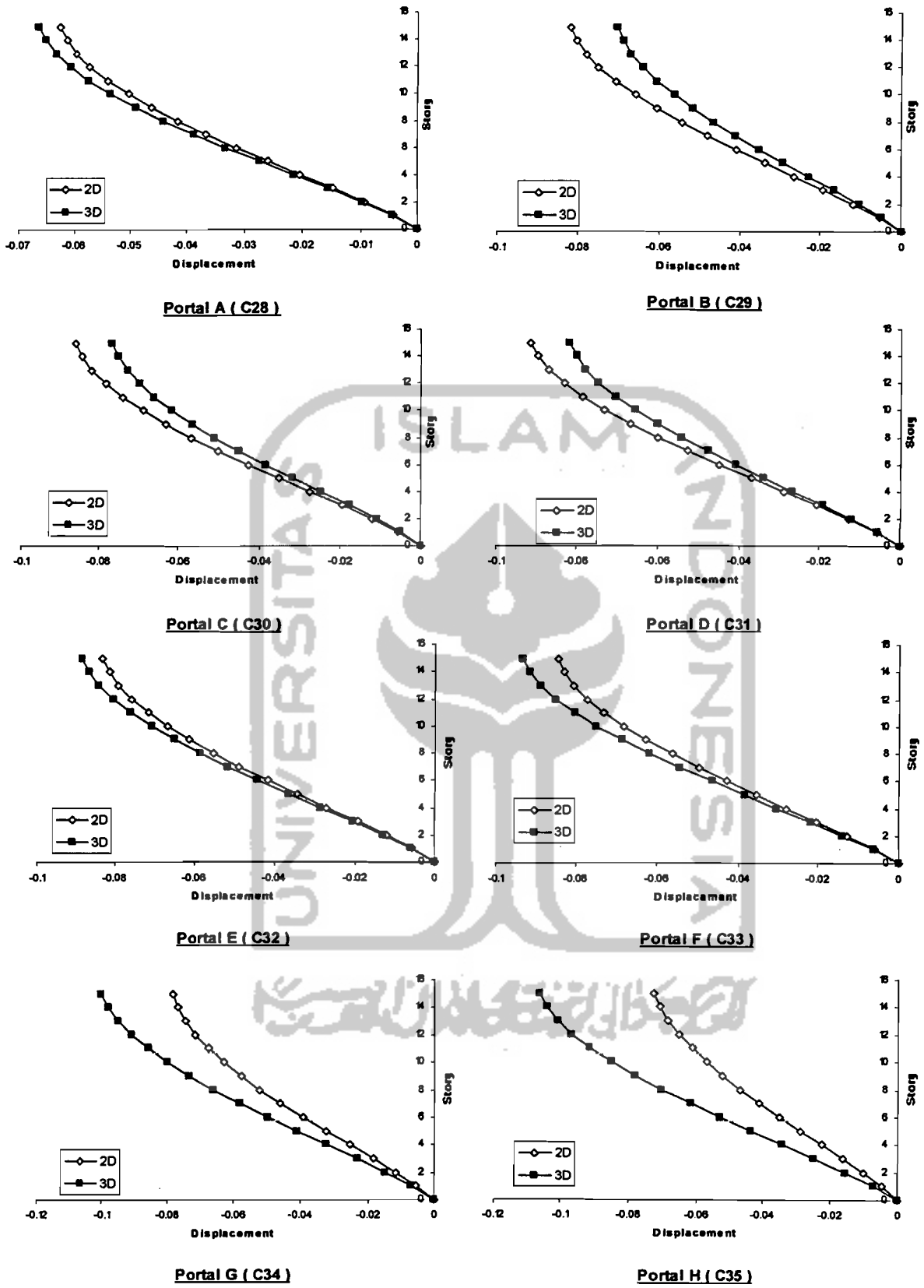


**Gambar 5. 13.** Denah Lokasi *Displacement* Maksimum dan Minimum Portal Akibat gempa arah Y pada Analisis 3 Dimensi

*Displacement* arah Y portal-portal struktur 2D disajikan pada Gambar 5. 8. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai *displacement* yang terbesar terjadi pada Portal D, sedangkan untuk *displacement* yang terkecil terjadi pada Portal A. Untuk *displacement* portal-portal yang searah dengan sumbu X struktur 2D ditunjukkan pada Gambar 5. 10. Pada gambar tersebut didapat nilai *displacement* yang terbesar terjadi pada Portal 3A, sedangkan untuk nilai *displacement* yang terkecil terjadi pada Portal 9. Respon yang terjadi dalam arah ini maupun arah Y juga tidak beraturan sehingga sulit untuk dibuat generalisasi. Hal ini dikarenakan portal-portal yang dianalisis dilakukan secara parsial tidak dalam satu kesatuan bangunan.

Gambar 5. 9 menunjukkan *displacement* arah Y struktur 3D. Pada bagian ini, *displacement* yang terbesar terjadi pada Portal H, sedangkan *displacement* yang terkecil terjadi pada Portal A. Hasil *displacement* yang terjadi dari analisis 3D lebih mempunyai hasil yang teratur, ini dibuktikan jika dilihat portal A hingga portal H maka nilai *displacement* yang semakin membesar. Gambar 5. 11 menunjukkan *displacement* arah X untuk analisis 3D. Pada bagian ini, *Displacement* yang terbesar terjadi pada Portal 1, sedangkan *displacement* terkecil terjadi pada Portal 9. Seperti pada *displacement* arah Y, *displacement* dari analisis 3D pada arah X ini juga beraturan, dari portal 9 hingga portal 1 nilai *displacement* yang diperoleh semakin membesar. Hal ini terjadi dikarenakan, analisis yang dilakukan terhadap portal-portal dilakukan secara utuh dan saling berkaitan, tidak seperti analisis 2 dimensi yang proses analisis dilakukan parsial sehingga hasil yang didapat menjadi tidak teratur. Lokasi *displacement* yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 5. 12 untuk arah X dan Gambar 5. 13 untuk arah Y.

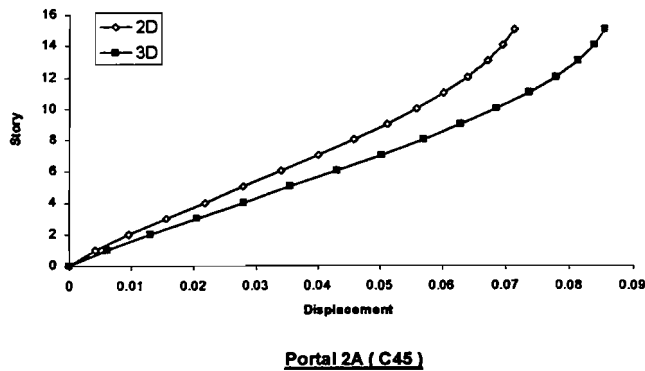
Gambar 5. 12 untuk arah X dan Gambar 5. 13 untuk arah Y, merupakan hasil analisis dengan cara 3 dimensi yang menunjukkan bahwa yang mengalami *displacement* terbesar dan yang terkecil berada pada portal tepi yang searah dengan arah datangnya gempa.



Gambar 5. 14. Grafik Perbandingan *Displacement* hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi di tiap-tiap Portal Pada Portal A s/d H



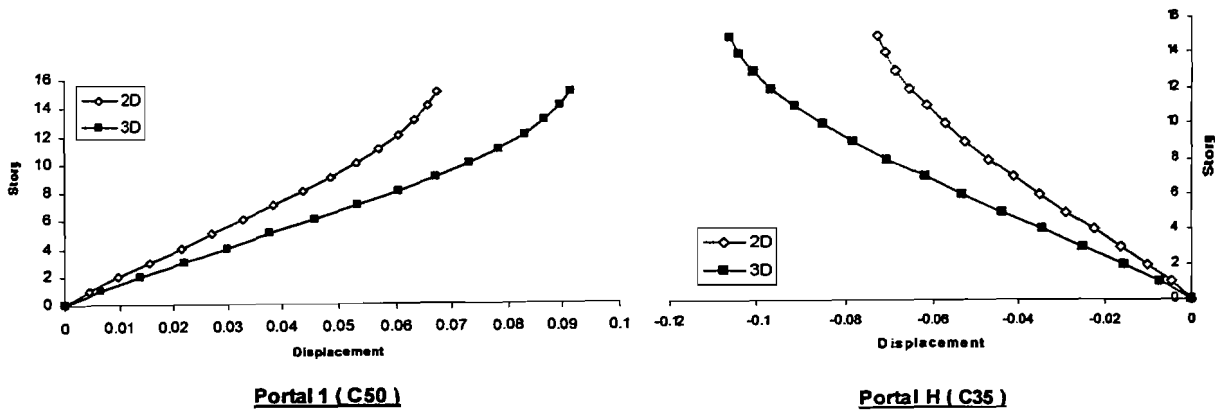




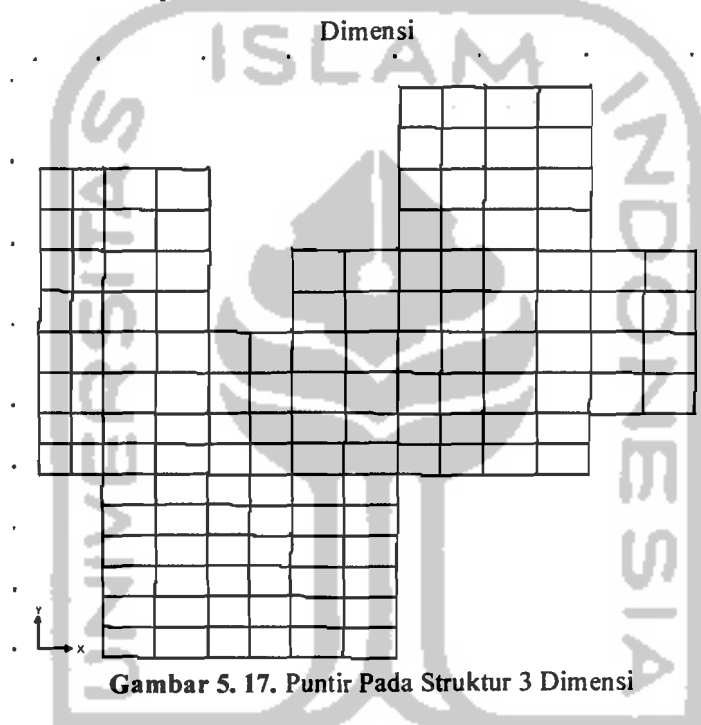
**Gambar 5. 15.** Grafik Perbandingan *Displacement* hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi di tiap-tiap Portal Pada Portal 1 s/d 9

Gambar 5. 14 menunjukkan *displacement* arah Y untuk tiap-tiap portal, dan Gambar 5. 15 menunjukkan *displacement* arah X untuk tiap-tiap portal. Pada struktur 3 dimensi, tiap-tiap portal saling terkait sehingga akan menghasilkan nilai kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan pada struktur 2 dimensi. Sehingga dengan kekakuan yang lebih tinggi, nilai *displacement* dari respon struktur 3 dimensi seharusnya lebih kecil dibandingkan struktur 2 dimensi. Namun *displacement* yang terjadi pada tiap portal untuk 3 dimensi tidak seluruhnya lebih kecil dari 2 dimensi, hal ini diduga karena terjadinya puntir yang ditimbulkan dari pembebanan gempa 2 arah. Gambar 5. 17 menunjukkan terjadinya puntir pada bangunan 3 dimensi. Dengan adanya puntir pada bangunan ini maka *displacement* portal yang berada pada tepi bangunan atau jauh dari pusat massa akan lebih besar dari pada portal yang berada di tengah atau dekat dengan pusat massa. Gambar 5. 18 dan Gambar 5. 19 menunjukkan *displacement* tepi bangunan dan tengah bangunan.

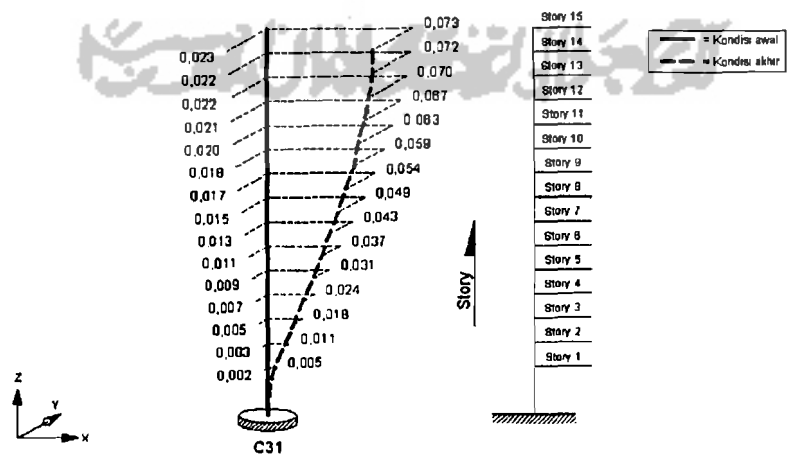
Gambar 5. 16 menunjukkan perbedaan *displacement* yang paling signifikan antara analisis 3 dimensi dengan 2 dimensi. Portal yang mengalami *displacement* paling signifikan terjadi pada portal 1 dan portal H. *Displacement* yang terjadi dari analisis 3 dimensi menunjukkan adanya perbedaan yang cukup jauh terhadap *displacement* pada hasil analisis 2 dimensi.



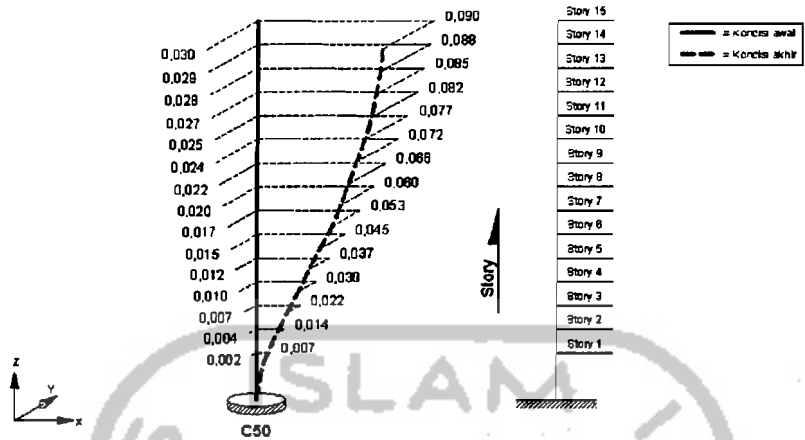
Gambar 5. 16. Grafik Displacement paling signifikan antara Analisis 2 Dimensi dengan 3 Dimensi



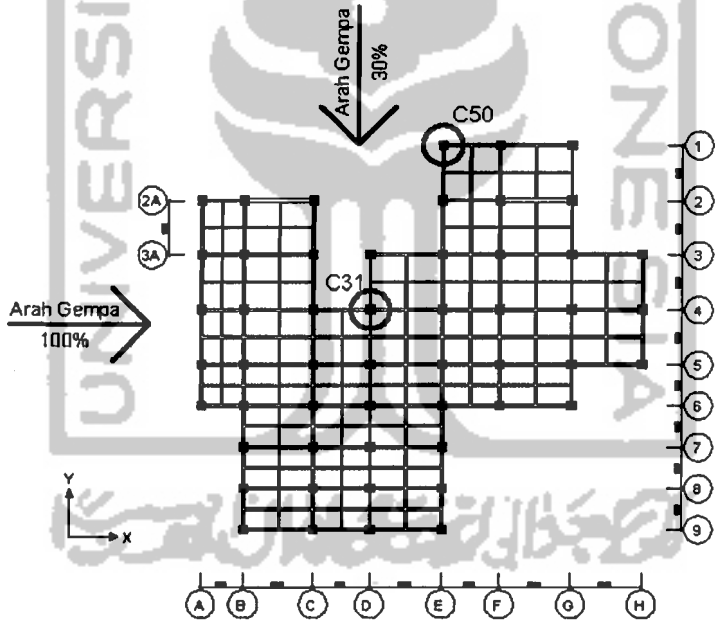
Gambar 5. 17. Puntir Pada Struktur 3 Dimensi



Gambar 5. 18. Displacement C31 untuk 2 arah

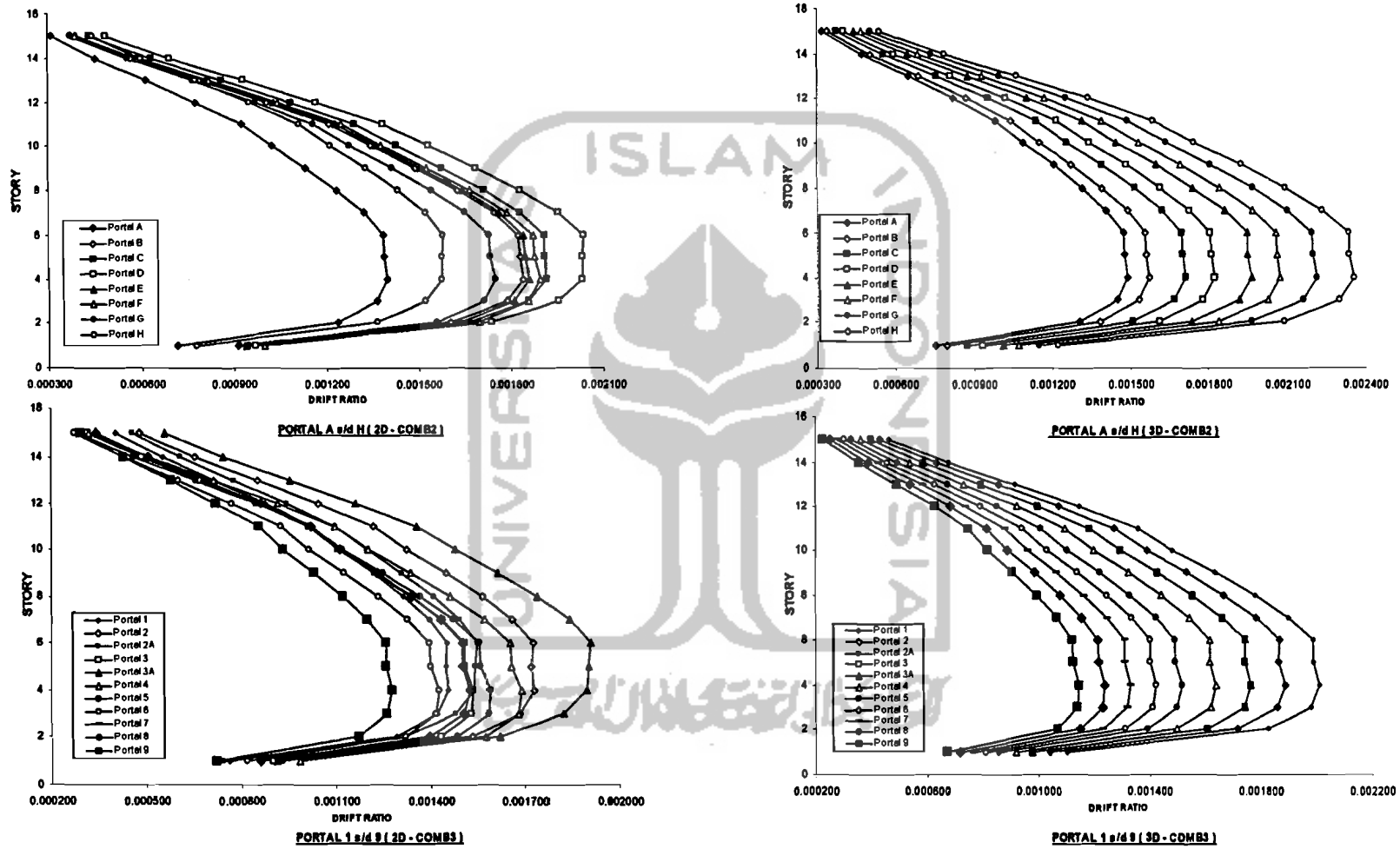


Gambar 5. 19. Displacement C50 untuk 2 arah

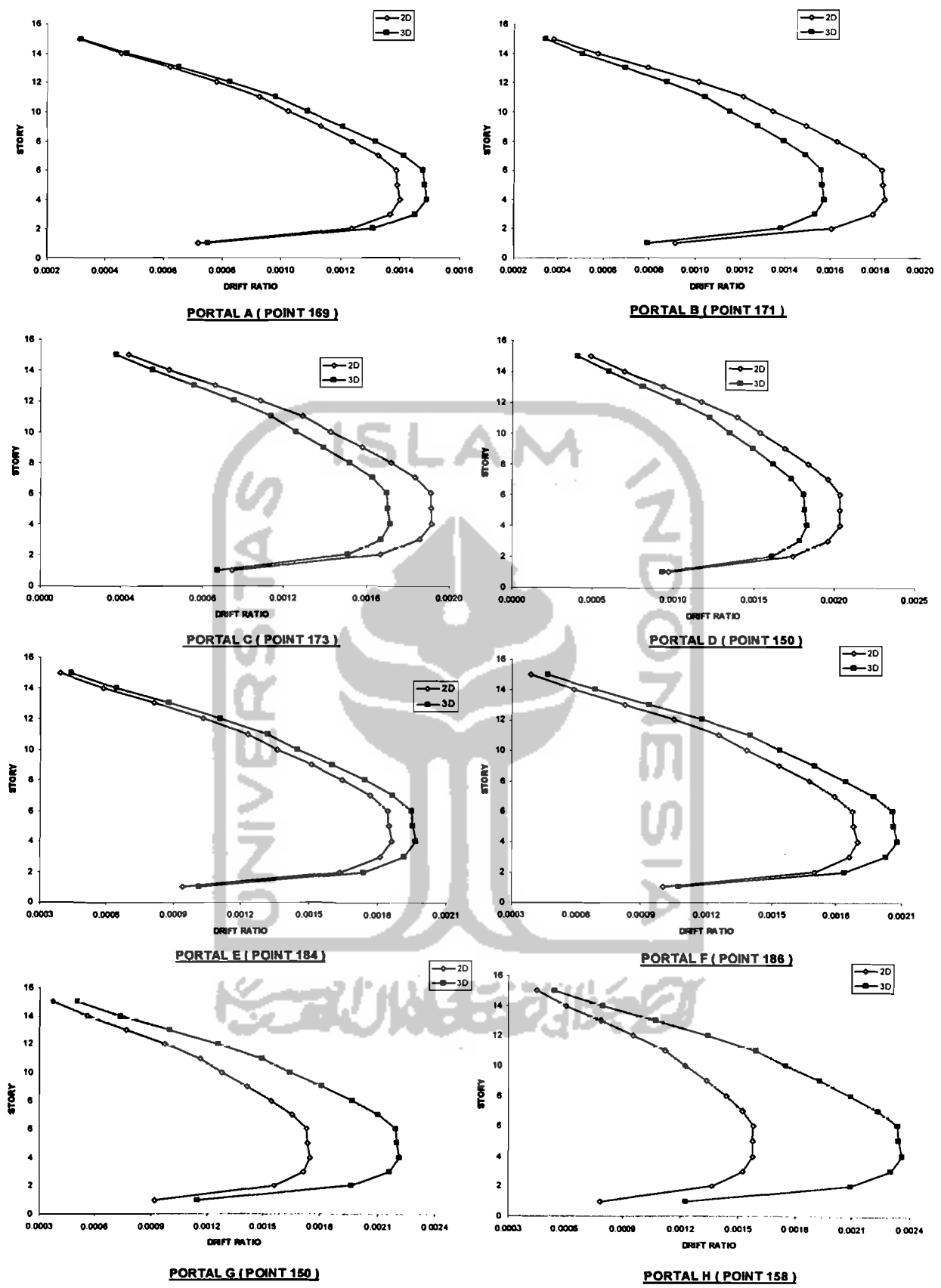


Gambar 5. 20. Lokasi Tinjauan displacement C31 dan C50

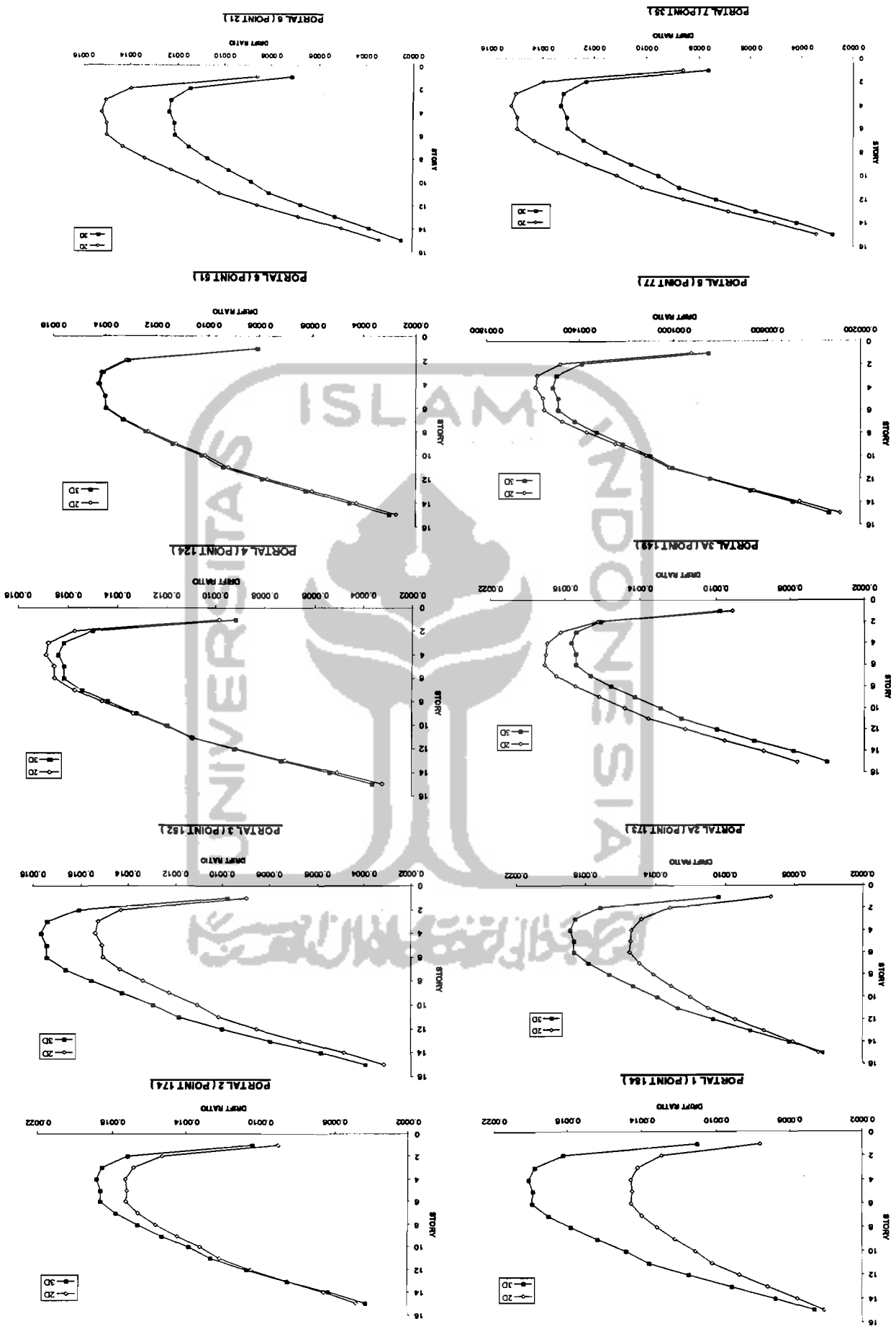
5.5. Drift Ratio

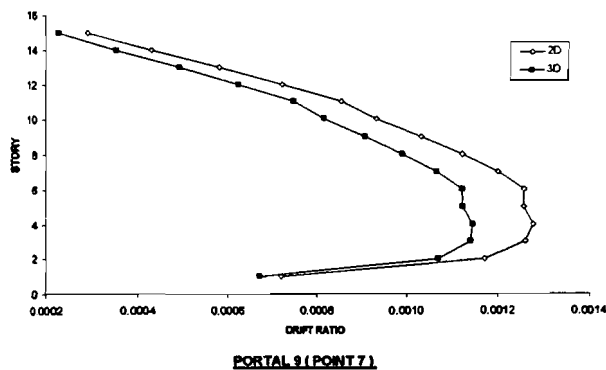


Gambar 5. 21. Grafik *Drift Ratio* Hasil analisis 2 Dimensi dan 3 Dimensi pada Seluruh Portal



Gambar 5. 22. Grafik Perbandingan *Drift Ratio* hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi di tiap-tiap Portal Pada Portal A s/d H



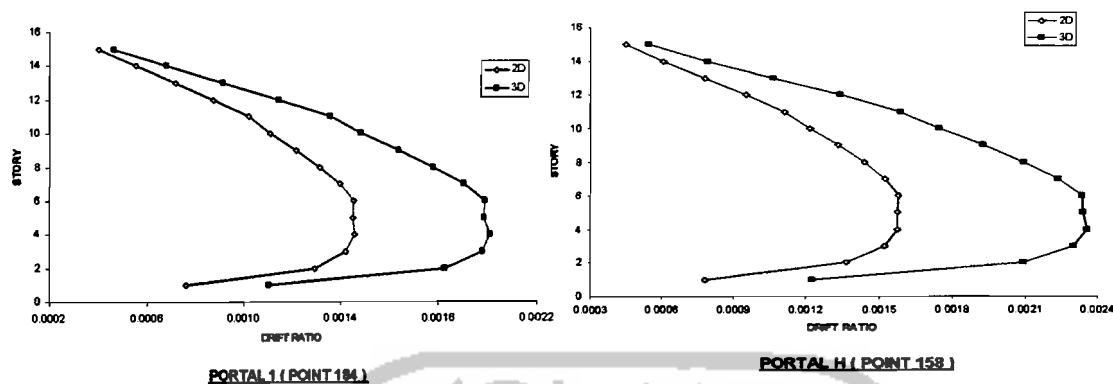


**Gambar 5. 23.** Grafik Perbandingan *Drift Ratio* hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi di tiap-tiap Portal Pada Portal 1 s/d 9

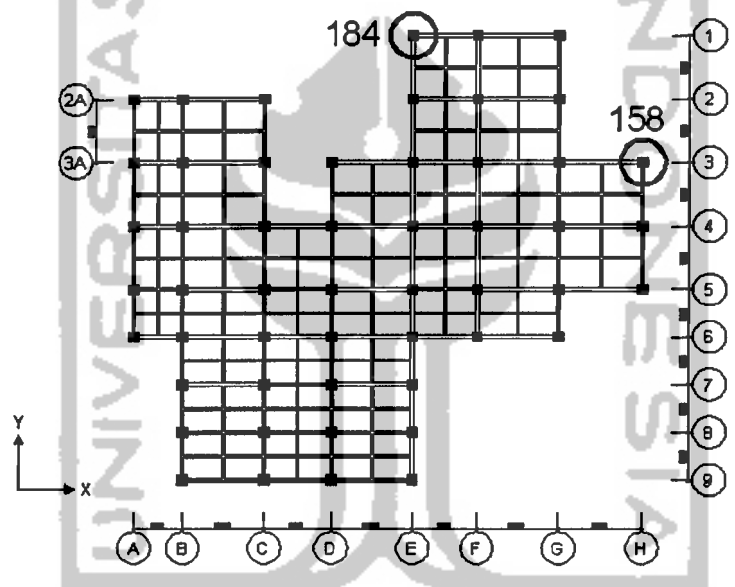
Gambar 5. 21 menunjukkan *drift ratio* dari hasil analisis 2D dan 3D. Pada gambar tersebut, untuk arah X struktur 3D *drift ratio* yang terbesar terjadi pada portal H dan terkecil adalah portal A. Jika dilihat nilainya dari portal H hingga portal A nilai *drift ratio* akan semakin mengecil. Untuk arah Y yaitu, terbesar adalah portal 1 dan terkecil adalah portal 9. Dilihat dari nilainya, nilai *drift ratio* dari portal 1 hingga portal 9 nilainya semakin mengecil juga. Setelah diamati didapat bahwa, portal yang mengalami *displacement* terbesar ternyata juga mengalami nilai *drift ratio* yang terbesar pula, pola untuk hasil *drift ratio* dan *displacement* dari respon hasil analisis 3D ini pun sama. Sedangkan pada *drift ratio* dari analisis 2D, alur hasilnya juga sulit untuk digeneralisir karena hasilnya tidak beraturan, dan ini juga terjadi pada *displacement* dari hasil analisis 2D. penyebabnya adalah analisis struktur yang dilakukan secara parsial per portal baik itu dalam arah Y maupun arah X.

Gambar 5. 24 menunjukkan perbedaan nilai *drift ratio* yang paling signifikan antara respon 2 dimensi dan 3 dimensi. Letak point yang mengalami *drift ratio* paling signifikan perbedaannya dapat dilihat pada Gambar 5. 25. Hasil pengamatan pada *drift ratio* yang memiliki perbedaan paling signifikan ternyata terjadi pada portal yang memiliki nilai *displacement point* yang paling signifikan juga perbedaannya.





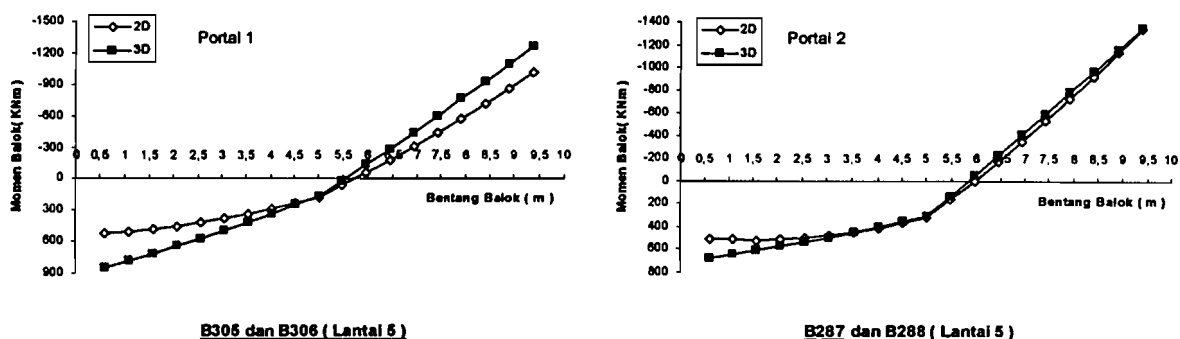
Gambar 5. 24. Grafik *Drift Ratio* paling signifikan antara Analisis 2 Dimensi dengan 3 Dimensi



Gambar 5. 25. Denah Point *Drift Ratio* paling signifikan antara Analisis 2D dengan 3D

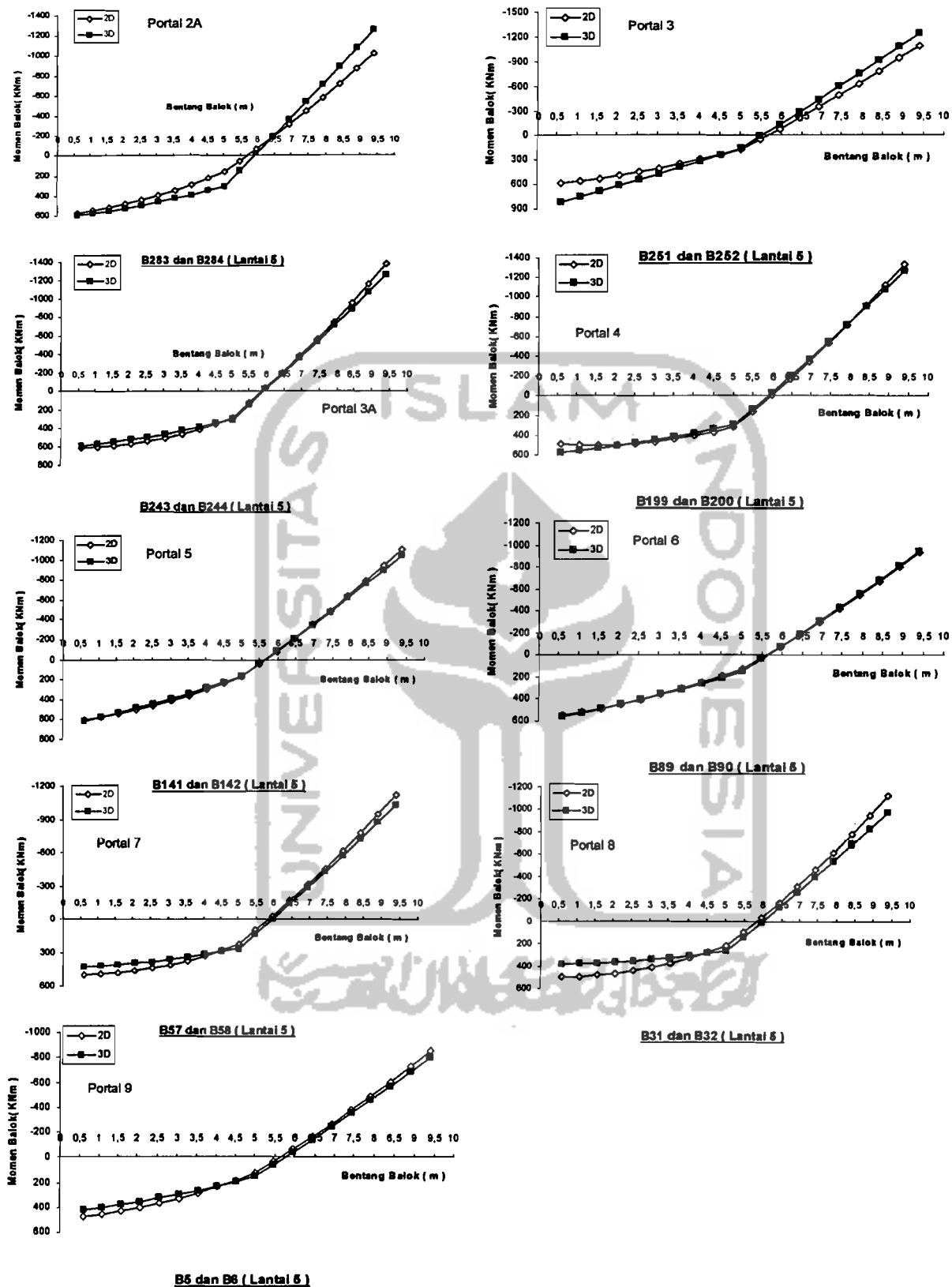
### 5.6. Momen Maksimum Balok

Berikut ini grafik momen maksimum balok tiap-tiap portal yang dianalisis 2 dimensi dan 3 dimensi (posisi balok dapat dilihat di denah balok pada lampiran):

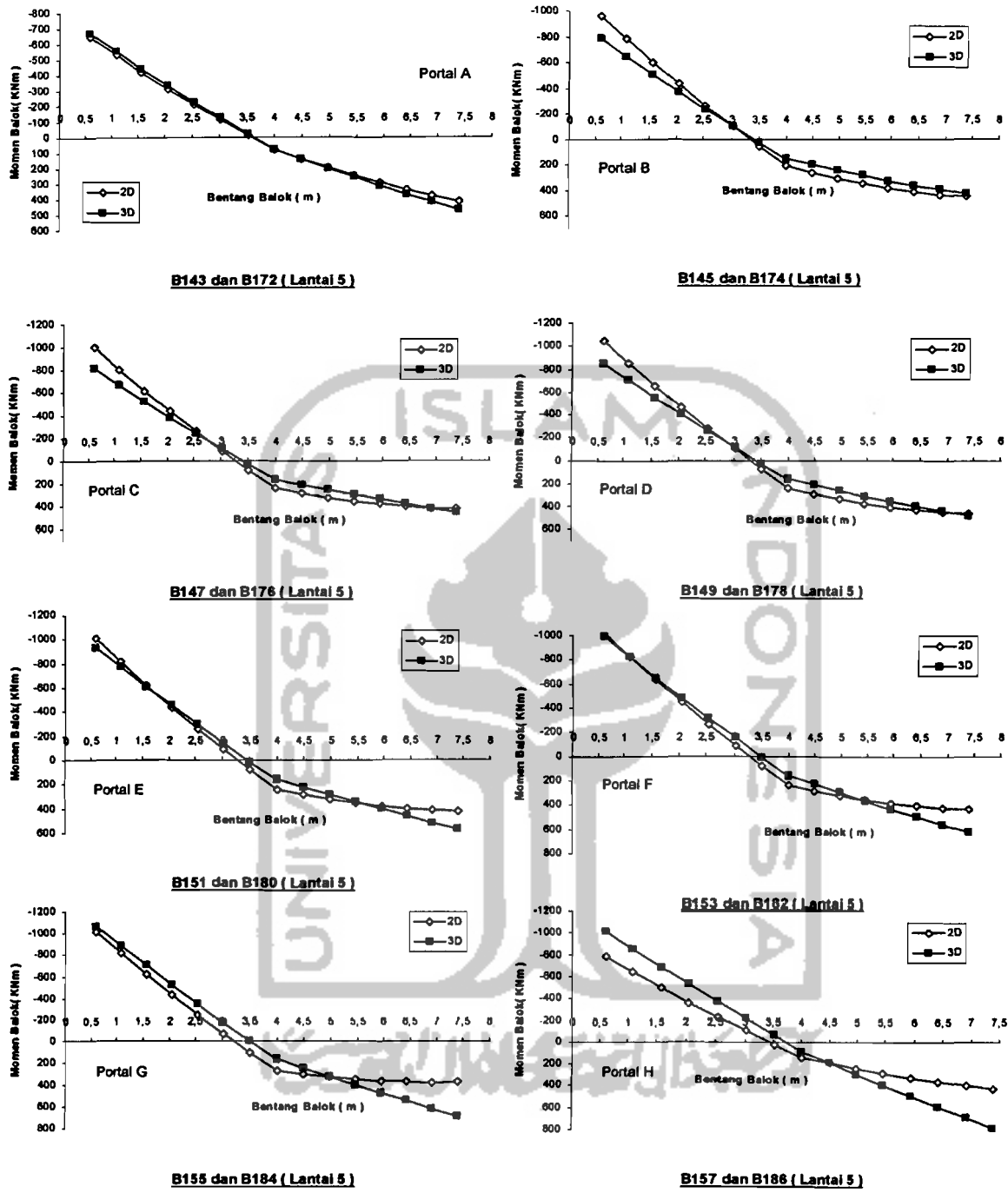


B306 dan B306 ( Lantai 5 )

B287 dan B288 ( Lantai 5 )



Gambar 5. 26. Grafik Momen Maksimum Balok Portal 1 s/d Portal 9 Akibat Gempa dari Arah X



Gambar 5. 27. Grafik Momen Maksimum Balok Portal A s/d Portal H Akibat Gempa dari Arah Y

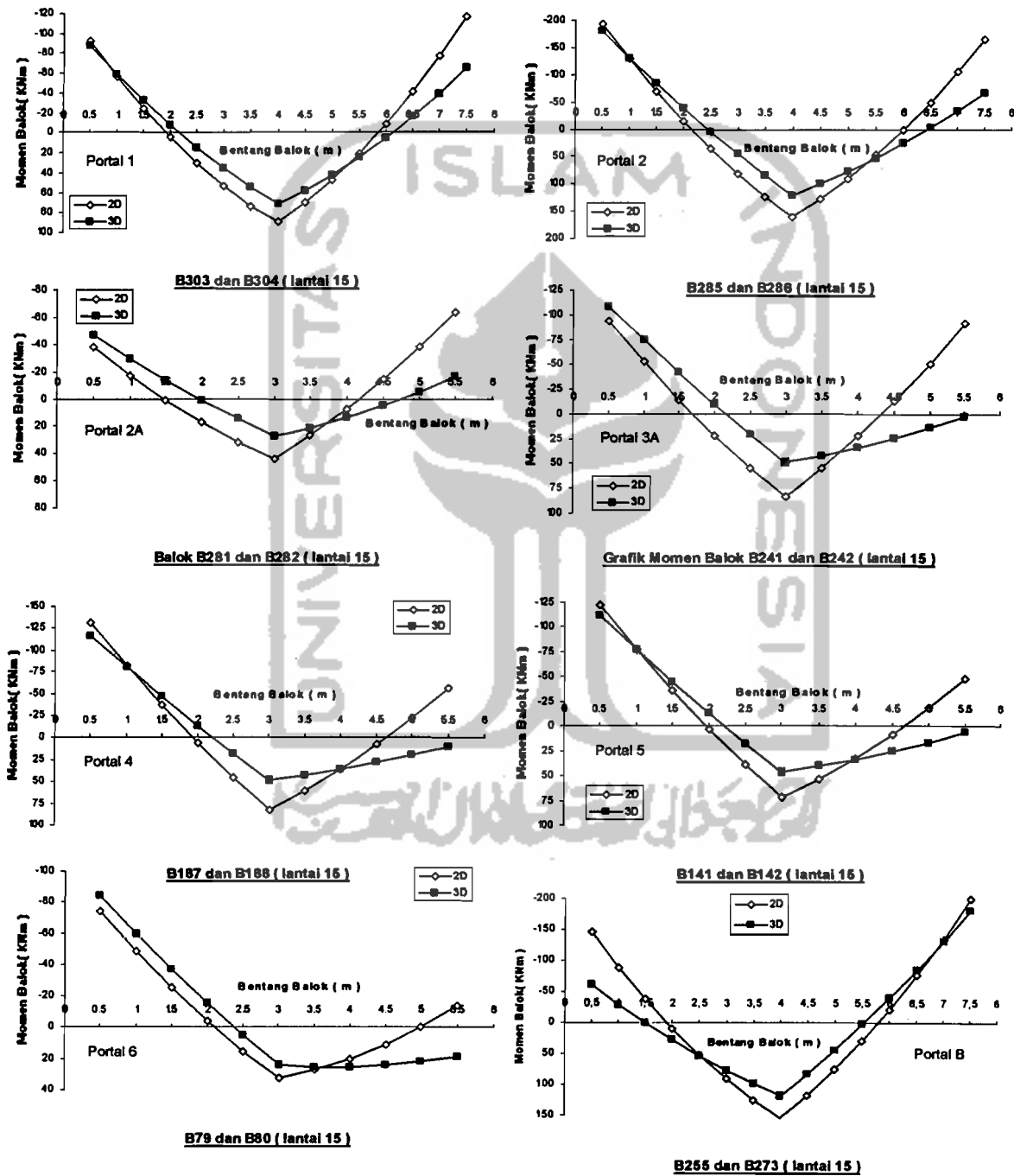
Gambar 5. 26 dan Gambar 5. 27 menunjukkan momen maksimum di tiap-tiap portal dalam arah X dan arah Y. Momen-momen maksimum balok tersebut terjadi di *story* 5 dan memiliki panjang bentang yang terpanjang untuk masing-masing arah portal. Hal ini dikarenakan pada *story* tersebut memiliki nilai *drift ratio* yang terbesar. Momen yang terjadi pada balok-balok yang ditampilkan pada Gambar 5. 26 dan Gambar 5. 27 terjadi akibat kombinasi beban yang diterima oleh balok-balok tersebut. Kombinasi beban yang diterima oleh balok-balok tersebut adalah kombinasi dari beban mati, beban hidup dan beban gempa.

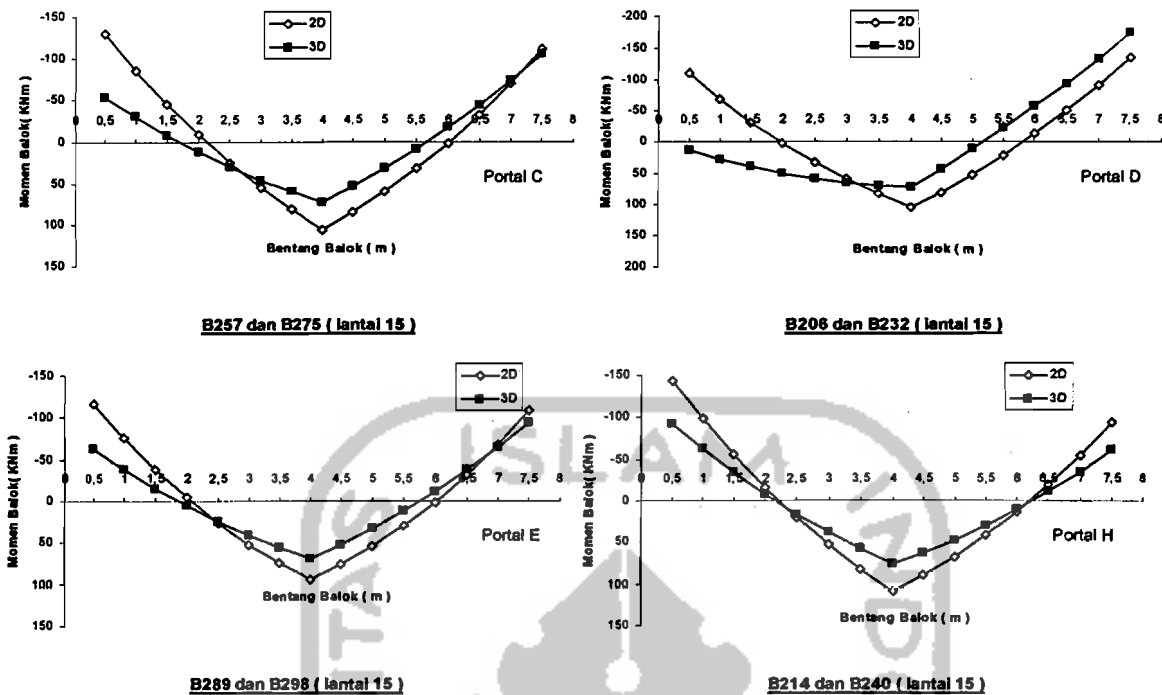
Dominasi beban gempa yang terjadi pada struktur gedung yang dianalisis tampak jelas pada Gambar 5. 26 dan Gambar 5. 27. Hal ini dapat dibuktikan bahwa nilai momen yang terjadi di daerah tumpuan ( $M^-$ ) lebih besar dibandingkan nilai momen yang ada di daerah lapangan ( $M^+$ ). Kondisi dimana beban gempa lebih dominan dibandingkan dengan beban gravitasi disebut *Earthquake Load Dominated* (ELD), sedangkan apabila beban gravitasi lebih dominan dibandingkan beban gempa disebut *Gravity Load dominated* (GLD). Pada gedung yang telah dianalisis ini, kondisi yang terjadi adalah *Earthquake Load Dominated* (ELD).

Pada gedung yang telah dianalisis ini, beban dominan yang terjadi adalah beban gempa atau *Earthquake Load Dominated* (ELD). Hal ini terjadi dikarenakan bangunan yang telah dianalisis merupakan gedung bertingkat banyak dan terletak pada daerah gempa yang besar, yaitu terletak di daerah gempa 3. selain itu, yang menyebabkan beban gempa menjadi besar adalah dikarenakan bangunan tersebut dibangun di atas tanah yang lunak. Tentunya, jika suatu bangunan direncanakan dibangun di atas tanah lunak mengakibatkan nilai koefisien gempa dasar C akan menjadi besar. Akibat yang terjadi dari pembesaran nilai koefisien gempa dasar C adalah nilai gaya geser dasar V akan menjadi besar dan selanjutnya gaya horizontal tingkat ( $F_i$ ) menjadi lebih besar pula. Koefisien gempa dasar C, gaya geser dasar V dan gaya horizontal tingkat ( $F_i$ ) merupakan rumus dalam menghitung beban gempa yang telah ditulis di Bab landasan teori.

### 5.7. Momen Balok Yang Signifikan

Berikut ini grafik momen tumpuan balok yang memiliki perbedaan yang paling signifikan tiap-tiap portal yang dianalisis 2 dimensi dan 3 dimensi (posisi balok dapat dilihat di denah balok pada lampiran):





Gambar 5. 28. Grafik Momen Tumpuan Balok yang signifikan

Dari Gambar 5. 28 diperoleh keterangan bahwa terdapat selisih perbedaan antara hasil analisis 3D dan analisis 2D, dan berikut adalah hasil perhitungannya terhadap hasil dari analisis 3 dimensi.

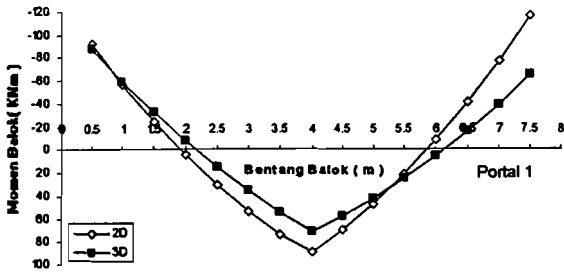
Tabel 5. 9 Perhitungan Selisih Momen Tumpuan

Portal	Balok	Selisih (%)
1	B303 - B304	80
2	B285 - B286	153
2A	B281 - B282	320
3A	B241 - B242	4037
4	B187 - B188	676
5	B141 - B142	873
6	B79 - B80	177
B	B255 - B273	141
C	B257 - B275	137
D	B206 - B232	923
E	B289 - B298	87
H	B214 - B240	56

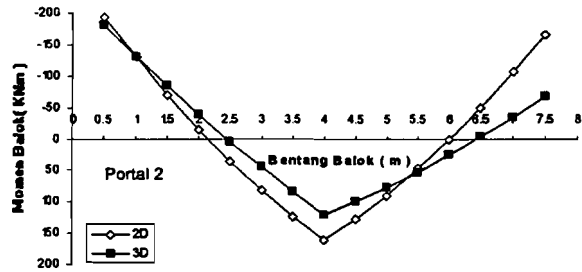
Nilai momen tumpuan yang paling signifikan adalah balok B241&B242 pada Portal 3A. Pada portal 3A dapat diketahui bahwa nilai *displacement* lebih kecil dibandingkan dengan portal 1 (*Displacement* terbesar), sehingga *drift ratio* Portal 3A nilainya lebih kecil dibandingkan dengan *drift ratio* Portal 1. Jadi, balok yang memiliki perbedaan nilai momen tumpuan yang signifikan belum tentu berada pada portal yang memiliki nilai *displacement* yang terbesar, dan perbedaan nilai *displacement* yang paling signifikan, *drift ratio* yang terbesar dan perbedaan nilai *drift ratio* yang paling signifikan.

Namun jika hanya dilihat dari nilai *displacement* 2D dan 3D, momen balok akan mengikuti *displacement*. Artinya jika nilai *displacement* 3D lebih besar dari pada 2D maka momen balok 3D akan lebih besar dari pada momen balok 2D, begitu juga sebaliknya jika nilai *displacement* 2D lebih besar dari pada 3D maka momen balok 2D akan lebih besar dari pada momen balok 3D. Momen yang terjadi dari analisis 2D lebih menyerupai pada diagram momen yang didominasi oleh gravitasi. Ini dikarenakan beban gempa yang relatif kecil yang terjadi pada lantai atap.

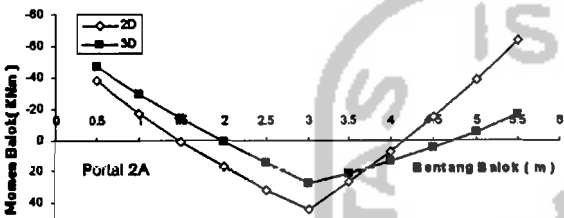
Berikut ini grafik momen lapangan balok yang signifikan tiap-tiap portal yang dianalisis 2 dimensi dan 3 dimensi (posisi balok dapat dilihat di denah balok pada lampiran):



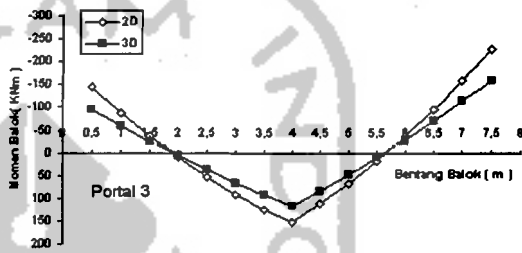
**B303 dan B304 ( lantai 15 )**



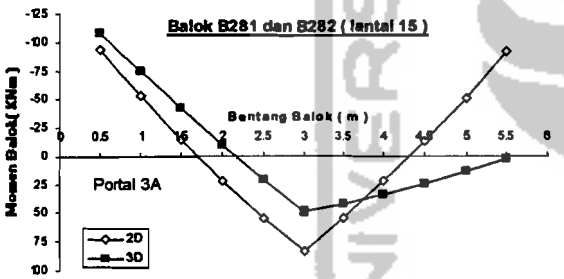
**B285 dan B286 ( lantai 15 )**



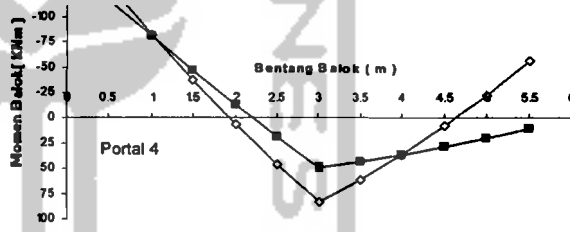
**Balok B281 dan B282 ( lantai 15 )**



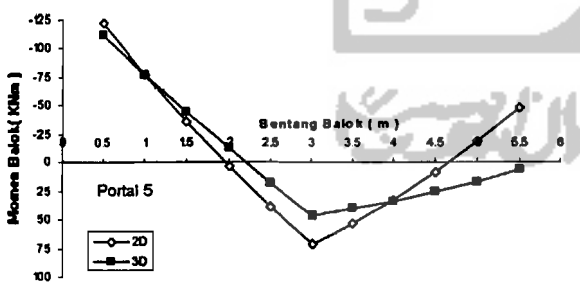
**B247 dan B248 ( lantai 15 ) Portal 3**



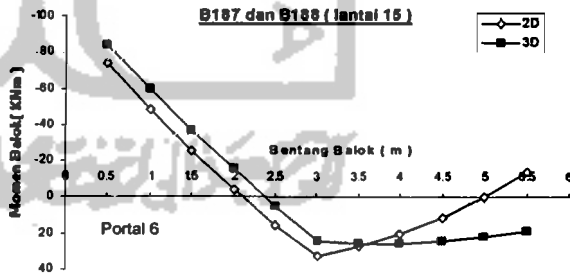
**Grafik Momen Balok B241 dan B242 ( lantai 15 )**



**B187 dan B188 ( lantai 15 )**

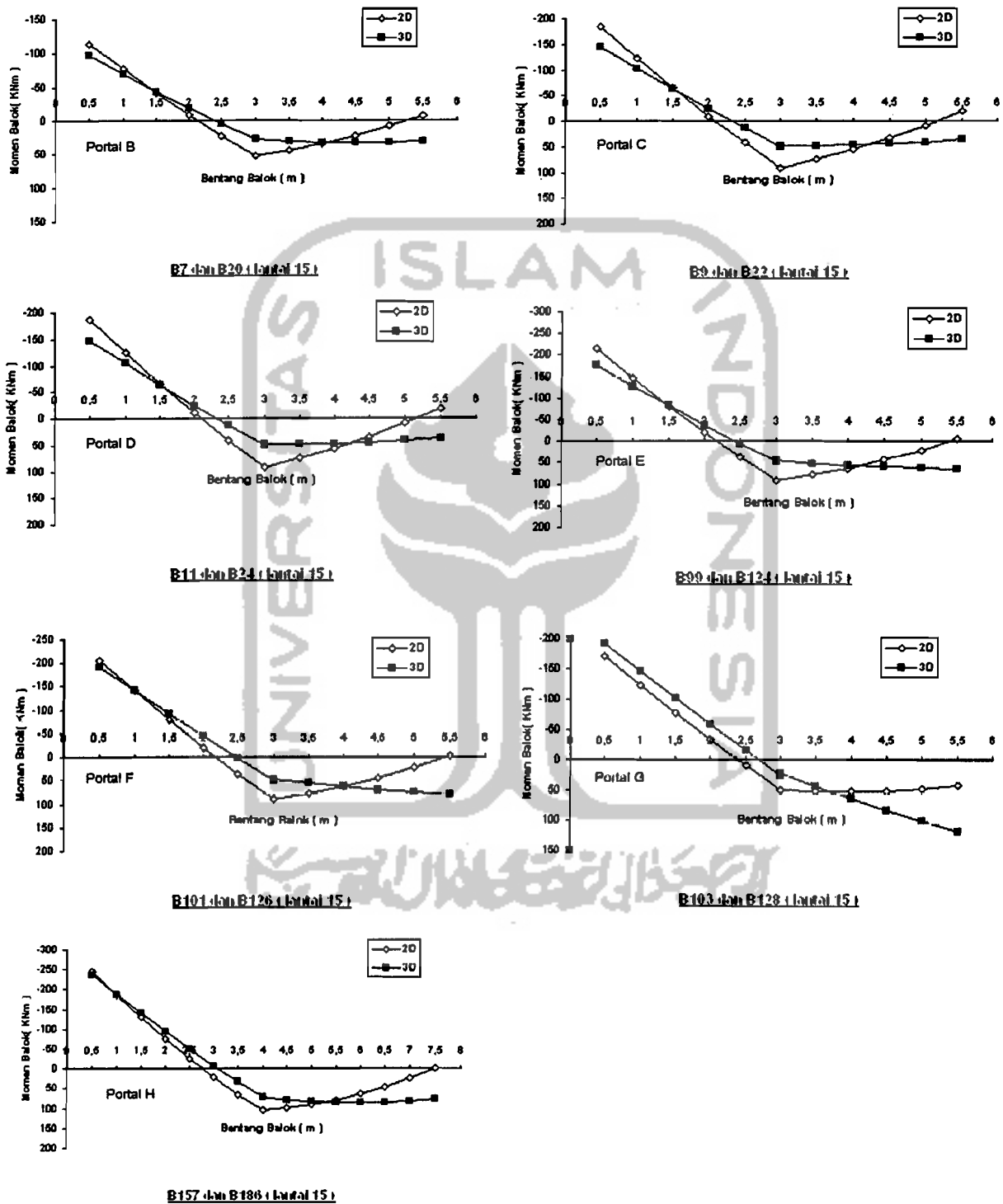


**B141 dan B142 ( lantai 15 )**



**B79 dan B80 ( lantai 15 )**





Gambar 5. 29. Grafik Momen Lapangan Balok yang signifikan

Dari Gambar 5. 29 diperoleh keterangan bahwa terdapat selisih perbedaan antara hasil analisis 3D dan analisis 2D, dan berikut adalah tabel hasil perhitungannya terhadap hasil dari analisis 3 dimensi.

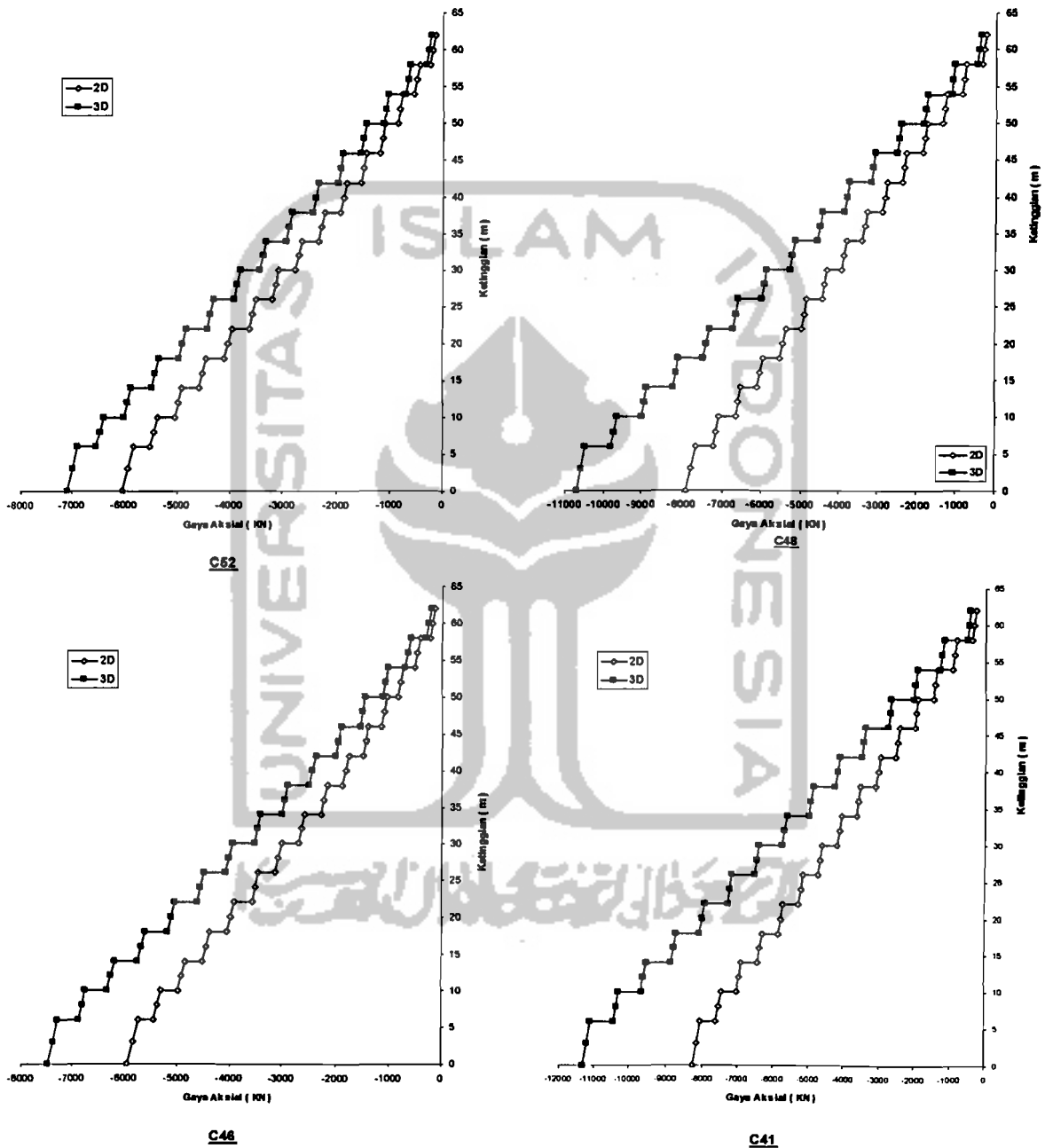
**Tabel 5. 10** Perhitungan Selisih Momen Lapangan

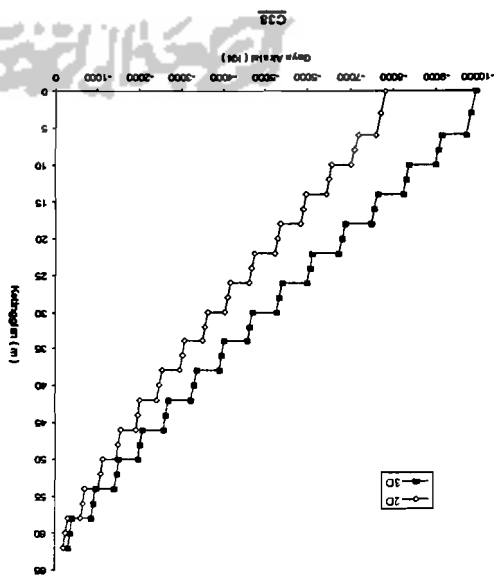
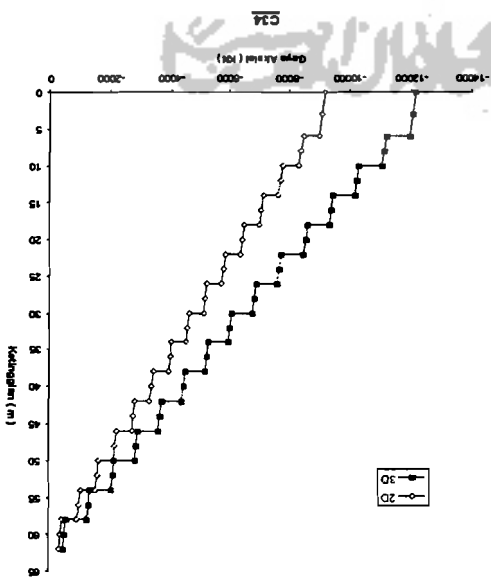
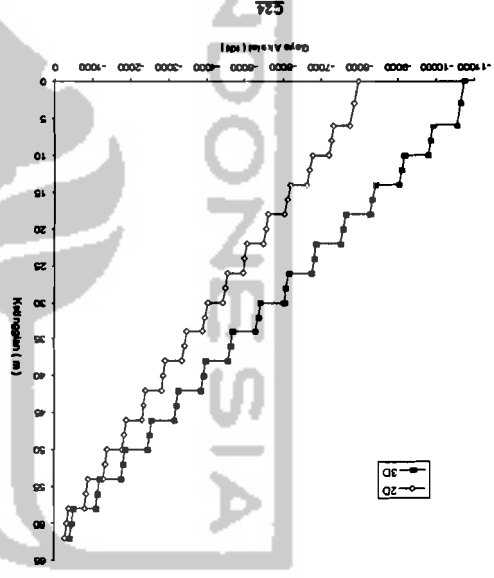
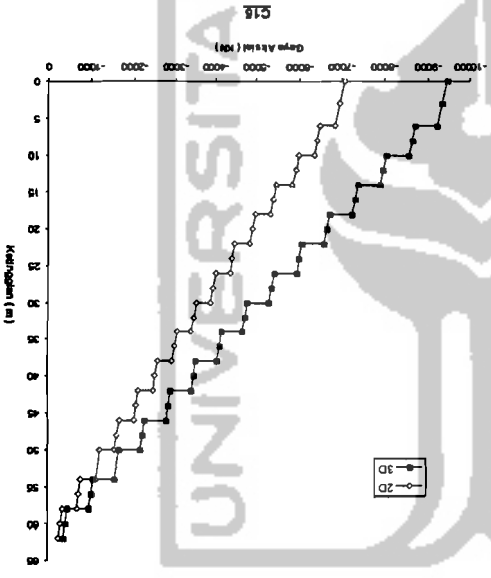
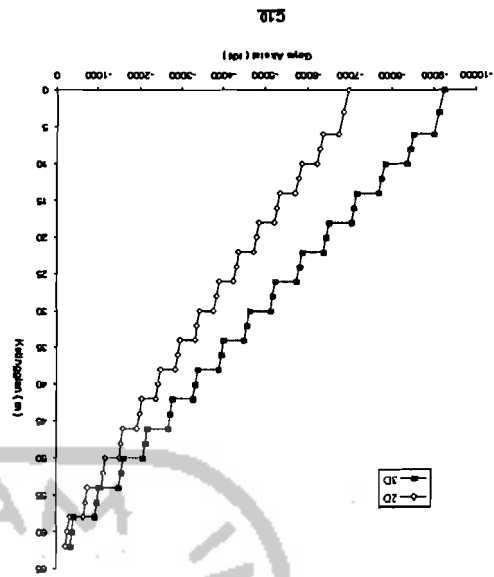
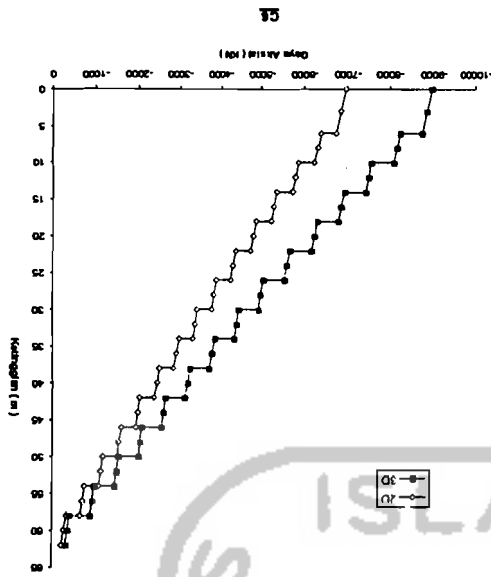
Portal	Balok	Selisih (%)
1	B303 - B304	25
2	B285 - B286	32,5
2A	B281 - B282	59,2
3	B247 - B248	24,4
3A	B241 - B242	70,3
4	B187 - B188	69,7
5	B141 - B142	50,4
6	B79 - B80	33,8
B	B7 - B20	85,2
C	B9 - B22	86
D	B11 - B24	86
E	B99 - B124	95,3
F	B101 - B126	92,9
G	B103 - B128	106,9
H	B157 - B186	45,8

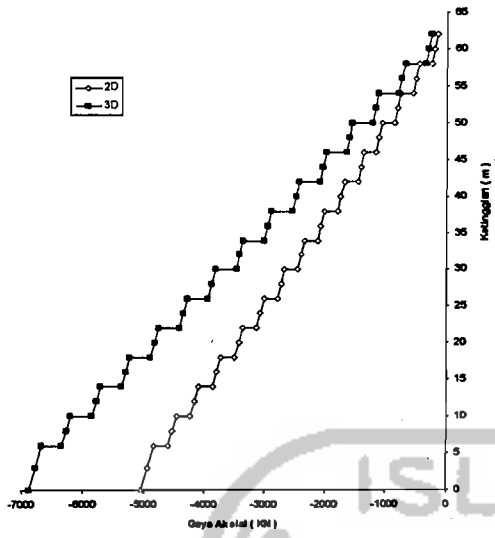
Nilai momen lapangan yang paling signifikan adalah balok B103&B128 pada Portal G. Pada portal G dapat dikatakan bahwa *displacement* nya lebih kecil dibandingkan dengan portal 1 (*Displacement* terbesar) sehingga *drift ratio* Portal G nilainya lebih kecil dibandingkan dengan *drift ratio* Portal 1. Jadi, balok yang memiliki perbedaan nilai momen lapangan yang signifikan belum tentu berada pada portal yang memiliki nilai *displacement* yang terbesar, dan perbedaan nilai *displacement* yang paling signifikan, *drift ratio* yang terbesar dan perbedaan nilai *drift ratio* yang paling signifikan.

### 5.8. Gaya Aksial Kolom Maksimum

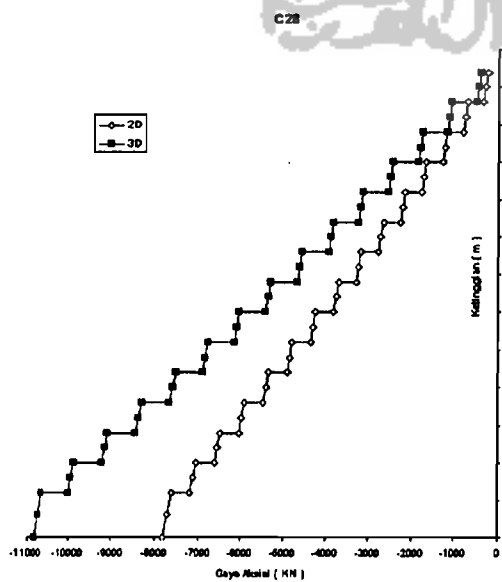
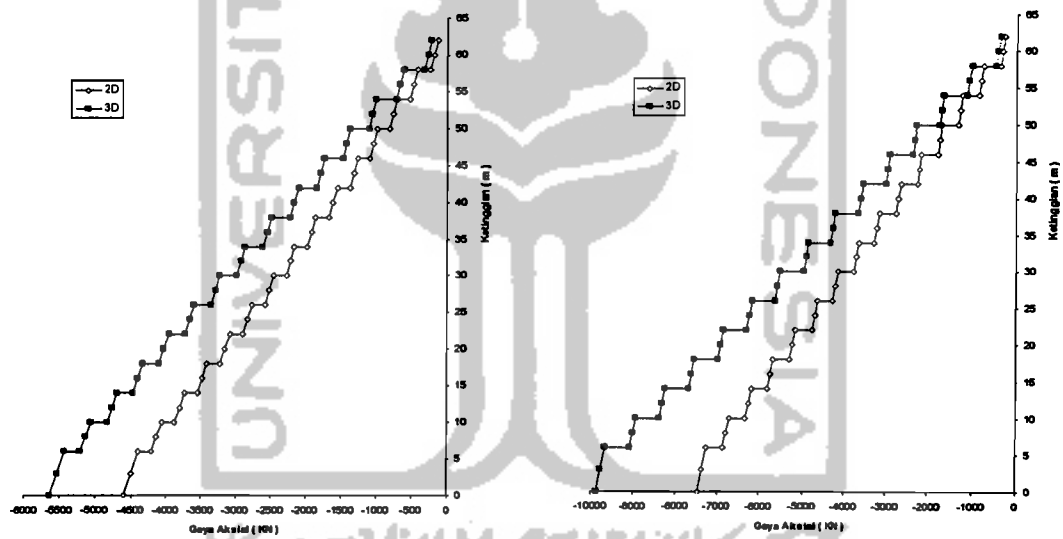
Berikut grafik gaya aksial kolom maksimum tiap-tiap portal hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi.



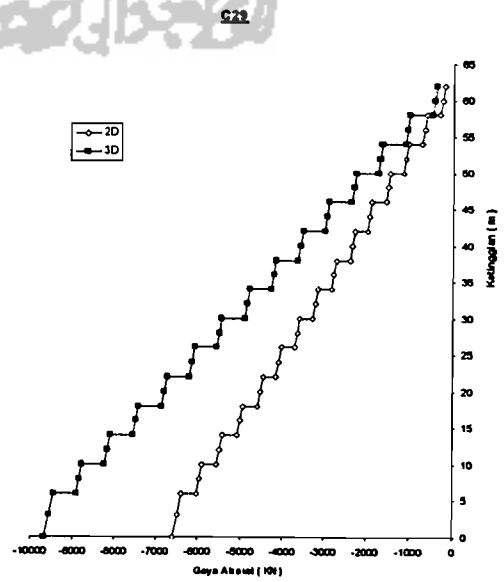




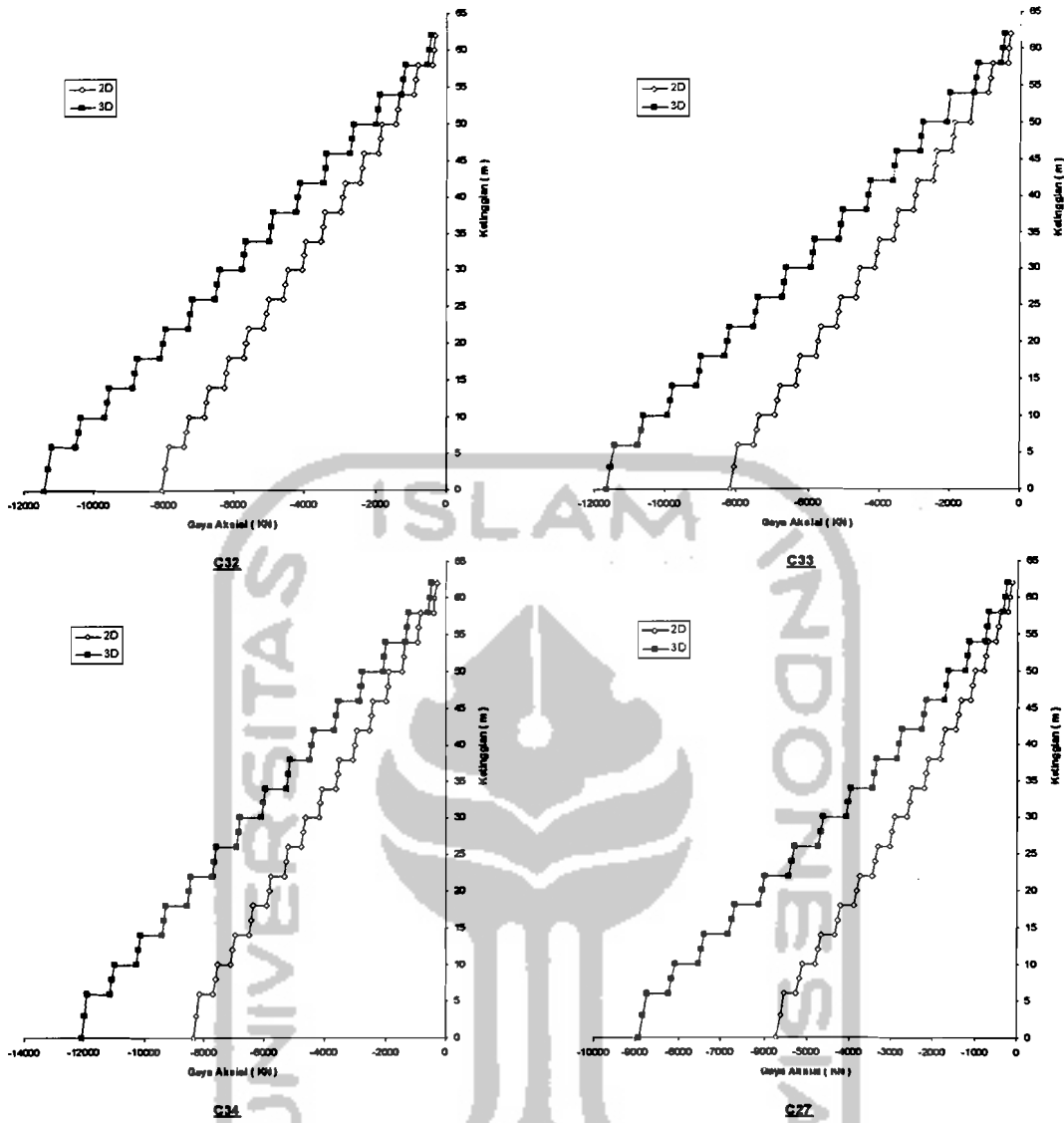
G2  
**Gambar 5. 30. Grafik Gaya Aksial Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal pada Portal 1 s/d Portal 9 Akibat Gempa Arah X**



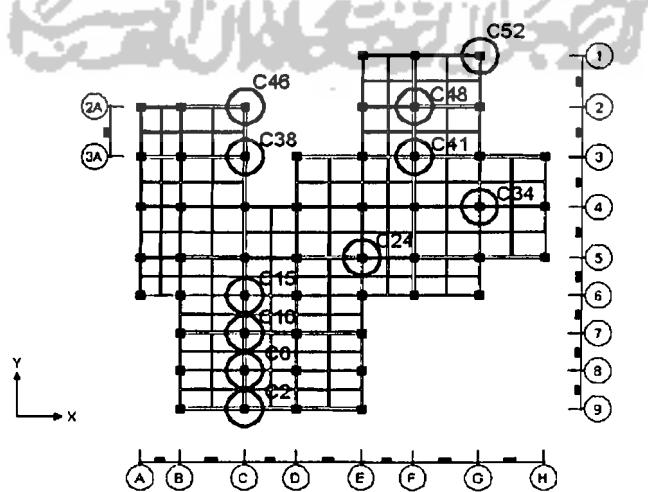
G22



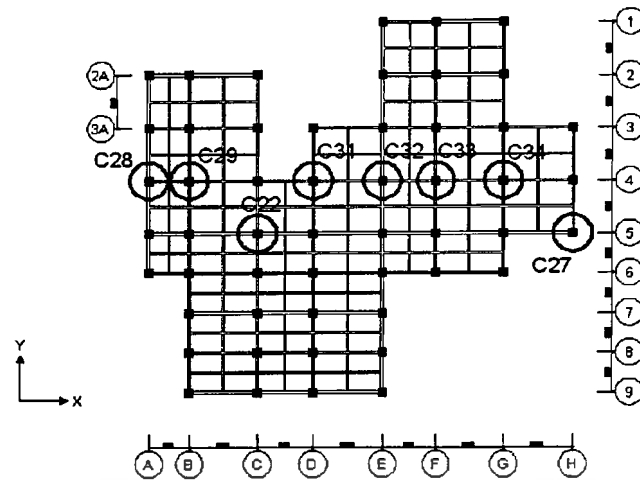
G31



Gambar 5. 31. Grafik Gaya Aksial Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal pada Portal A s/d Portal H Akibat Gempa Aras Y



Gambar 5. 32. Denah Lokasi Gaya Aksial Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal Akibat Gempa Aras X



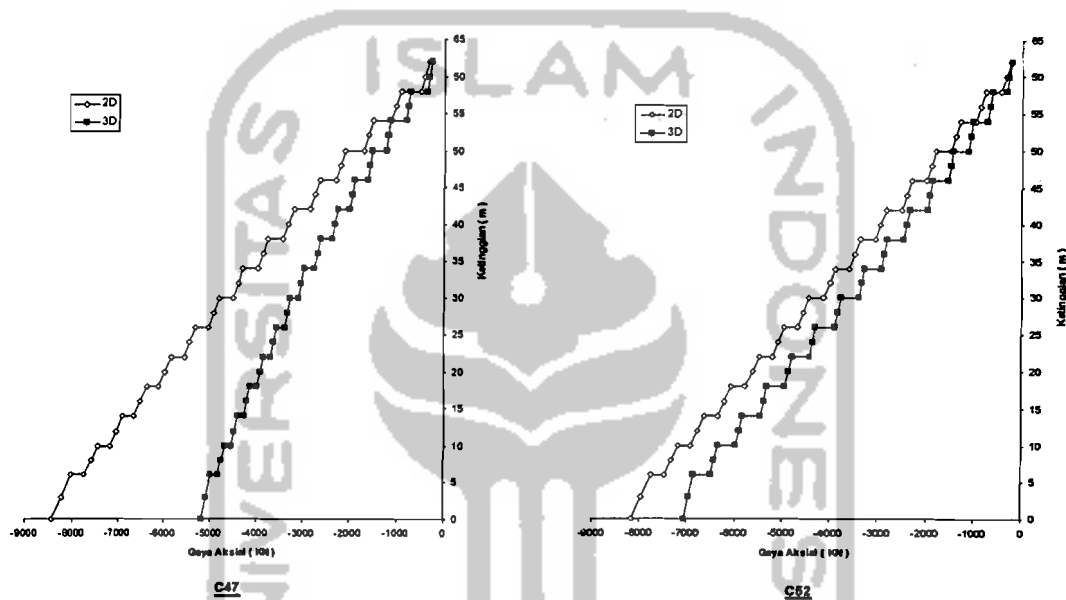
**Gambar 5. 33.** Denah Lokasi Gaya Aksial Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal Akibat Gempa Arah Y

Gambar 5. 30 dan Gambar 5. 31 menunjukkan gaya aksial kolom untuk analisis 2D dan 3D. Gaya aksial hasil analisis 2 dimensi dengan 3 dimensi memperlihatkan perbedaan yang cukup besar. Bahwa gaya aksial kolom yang dianalisis dengan cara 3 dimensi memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan cara analisis 2 dimensi. Hal ini dikarenakan beban-beban yang diterima oleh kolom pada analisis 3 dimensi lebih besar dibandingkan dengan analisis 2 dimensi.

Gambar 5. 31 menunjukkan perbedaan nilai yang paling signifikan antara gaya aksial dari analisis 2D dan analisis 3D. Perbedaan gaya aksial yang paling signifikan antara analisis 2 dimensi dan 3 dimensi terjadi pada kolom C27 pada Portal H, selisih perbedaan tersebut yaitu sebesar 35,9%. Jika diperhatikan, kolom C27 berada di portal yang memiliki *displacement* yang terbesar dan memiliki perbedaan yang paling signifikan, tentunya memiliki *drift ratio* yang maksimum dan perbedaannya pun paling signifikan juga.

Kolom yang memiliki nilai gaya aksial terbesar dari hasil 3 dimensi terjadi pada kolom C34. Letak dari kolom C34 dapat dilihat pada Gambar 5. 33. Faktor penyebabnya adalah kolom tersebut berada di antara balok-balok yang memiliki panjang bentang yang terbesar ( $L=10\text{m}$ ). Kolom ini berada di antara balok-balok yang memiliki panjang bentang yang terbesar, maka nilai beban-beban yang diterima oleh kolom besar pula. Beban yang diterima oleh kolom tersebut berasal dari beban gravitasi dan beban gempa.

Lain halnya jika pada gaya aksial dari respon analisis 2D dari arah X dan arah Y dijumlahkan. Gambar 5. 34 menunjukkan penjumlahan gaya aksial dari arah X dan arah Y. Namun hal ini tidak dapat diperbandingkan dikarenakan pada gaya aksial 2D beban gempa yang diterima adalah 100% dari tiap-tiap arahnya, sedangkan untuk gaya aksial dari respon analisis 3D, beban gempa yang diterima 100% dan 30% untuk arah X dan arah Y.

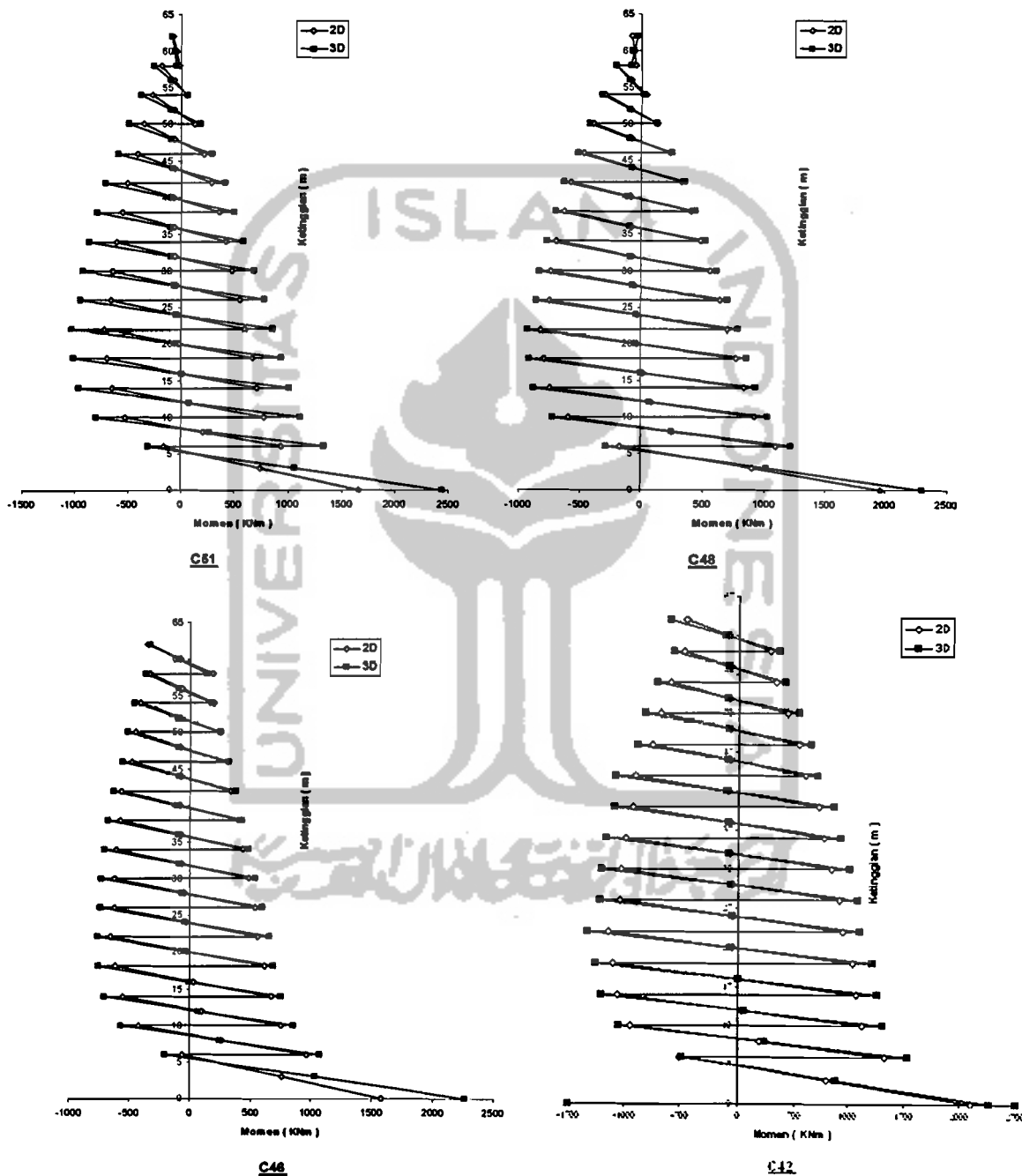


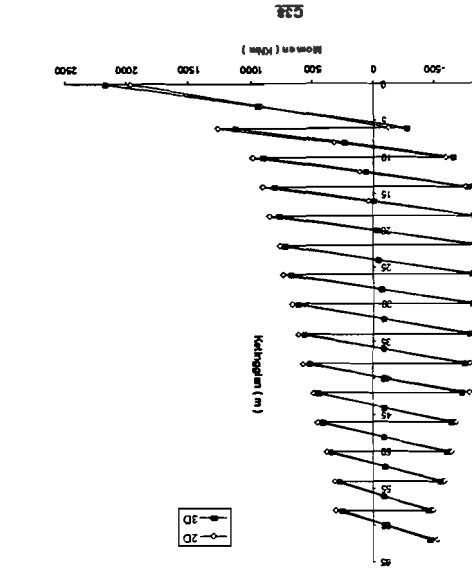
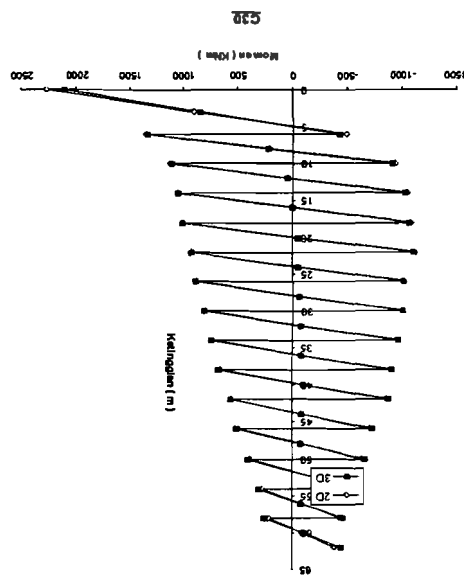
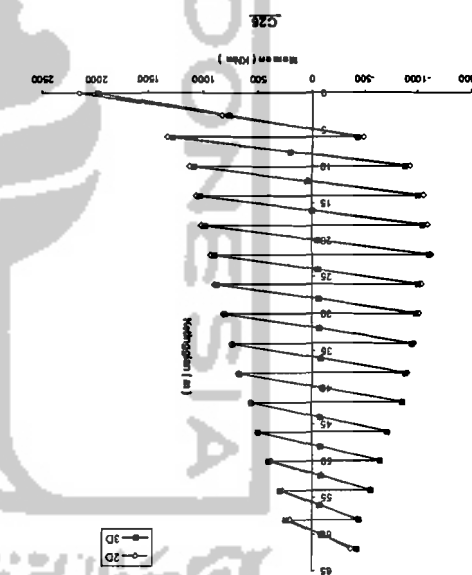
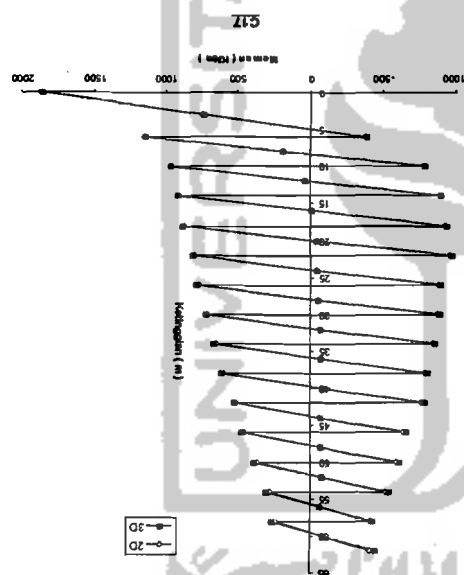
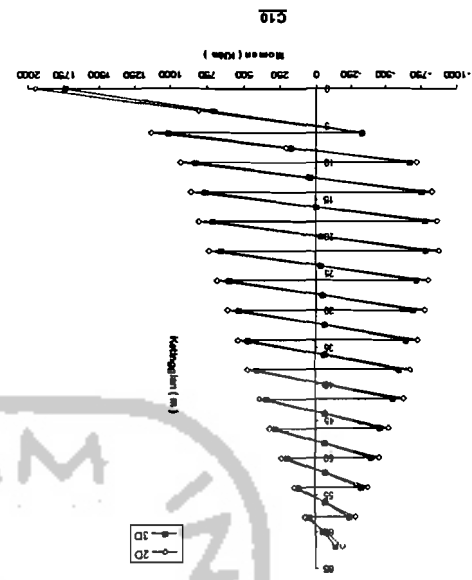
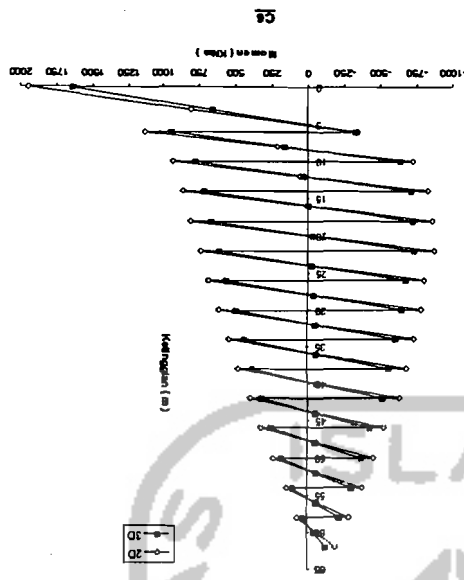
Gambar 5. 34. Penjumlahan Gaya Aksial Dari Respon Analisis 2D

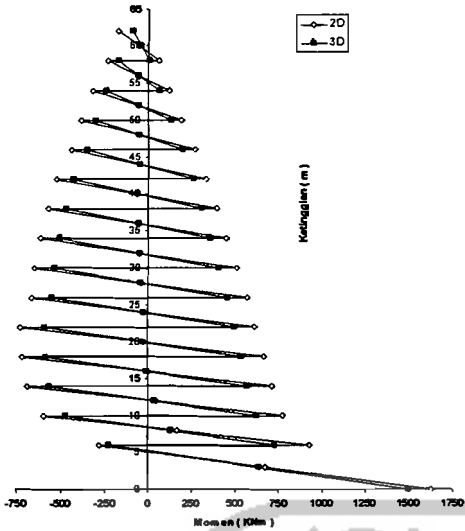


### 5.9. Momen Kolom Maksimum

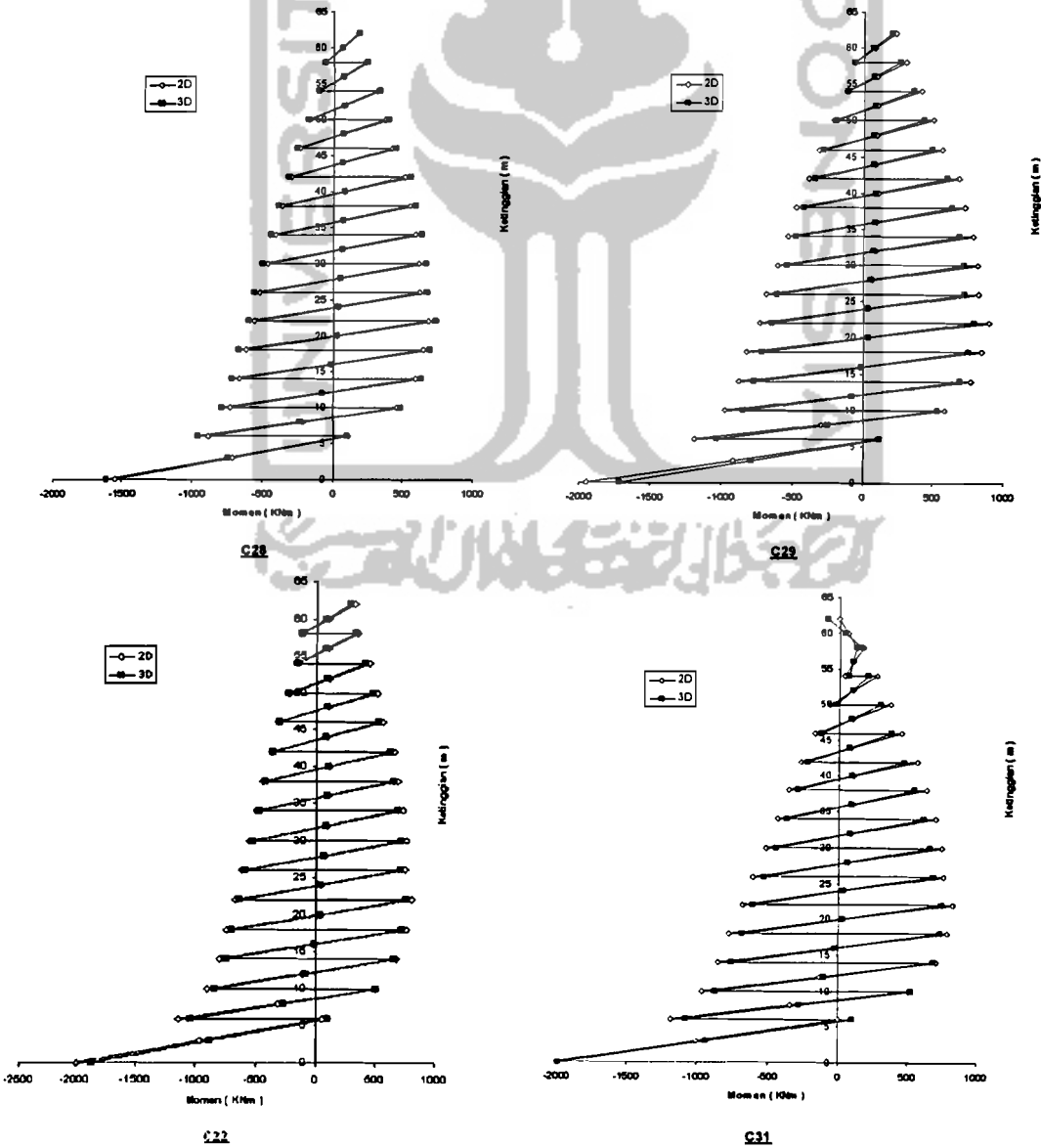
Berikut grafik momen kolom maksimum tiap-tiap portal hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi.

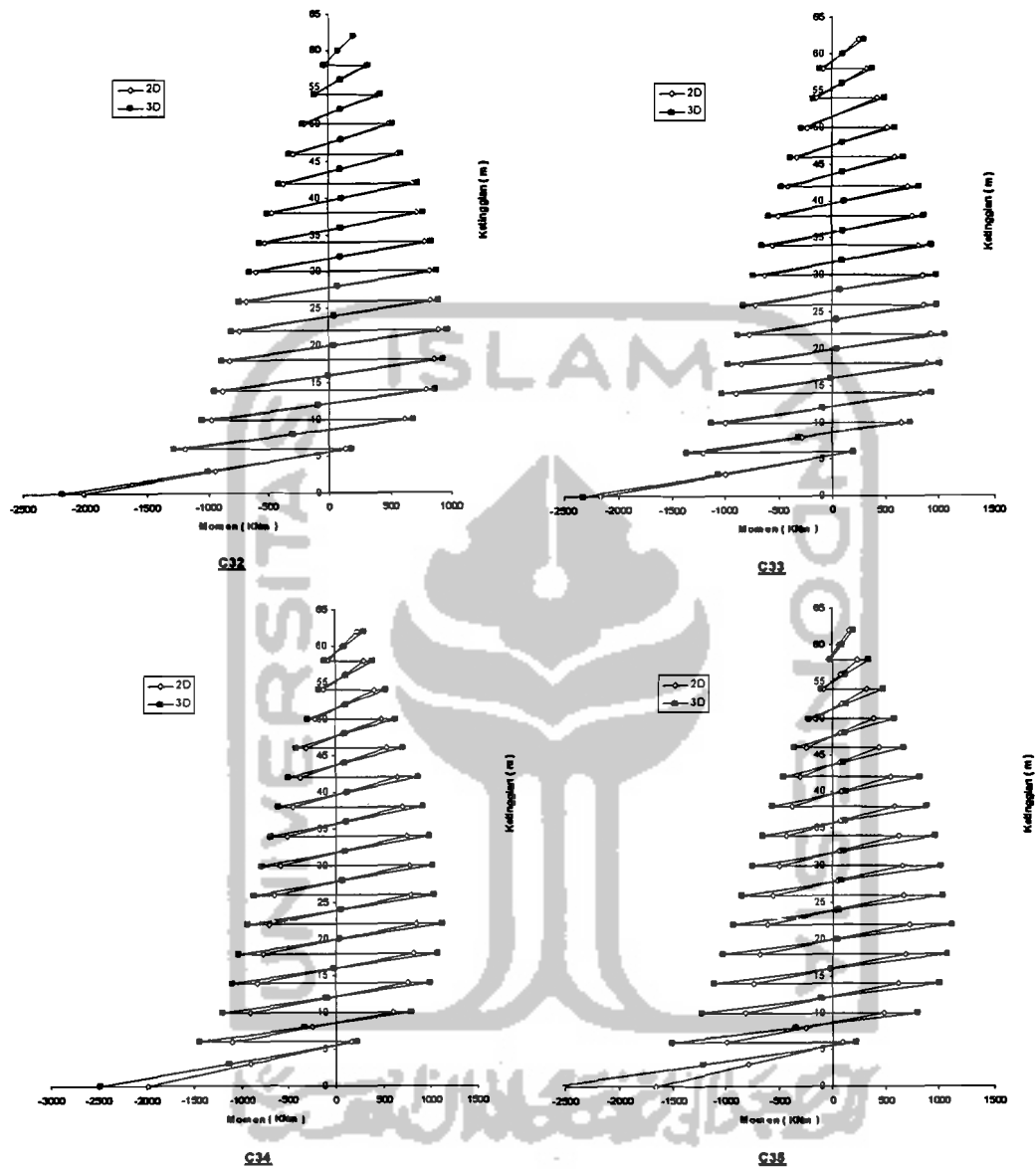




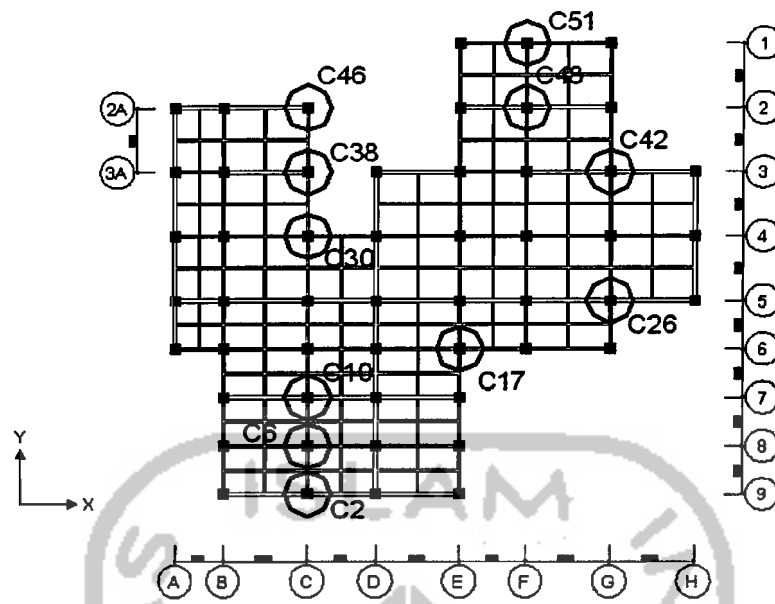


Gambar 5. 35. Grafik Momen Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal pada Portal 1 s/d Portal 9 Akibat Gempa Arah X

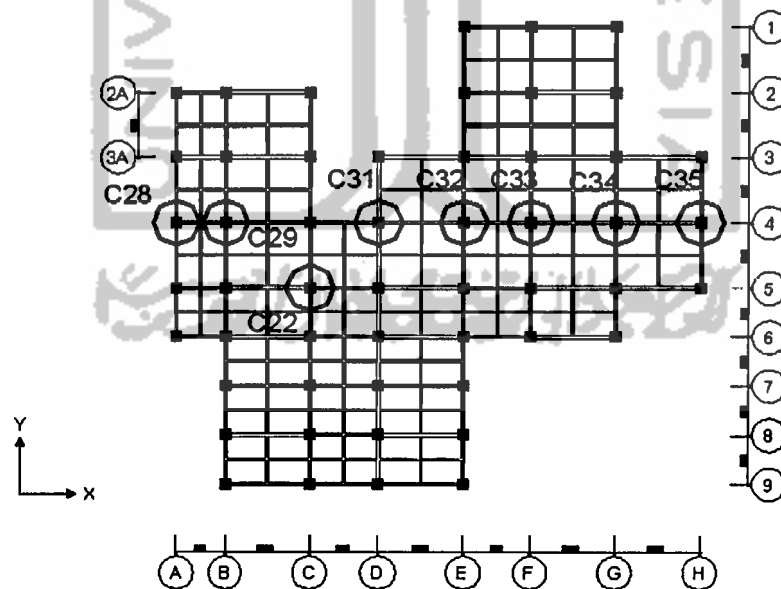




Gambar 5. 36. Grafik Momen Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal pada Portal A s/d Portal H Akibat Gempa Arah Y



**Gambar 5. 37.** Denah Lokasi Momen Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal  
Akibat Gempa Arah X



**Gambar 5. 38.** Denah Lokasi Momen Kolom Maksimum Tiap-Tiap Portal  
Akibat Gempa Arah Y

Hasil-hasil diatas menunjukkan adanya perbedaan momen kolom hasil analisis 2 dimensi dengan tiga dimensi. Pada pengamatan hasil respon 3 dimensi letak momen maksimum kolom tidak terletak pada kolom yang memiliki gaya aksial maksimum. Momen kolom yang nilai momennya signifikan antara hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi berada pada portal H. besarnya selisih momen kolom lantai paling bawah antara hasil analisis 2 dimensi dan 3 dimensi adalah sebesar 37,3%. Pada momen kolom maksimum yang terjadi berada pada portal H adalah kolom C35. Portal H memiliki nilai *displacement* yang terbesar dan signifikan. Selain itu, Portal H memiliki *drift ratio* yang terbesar dan signifikan juga. Dengan kata lain bahwa, kolom yang memiliki *displacement* maksimum dan *drift ratio* maksimum mempunyai nilai momen kolom yang maksimum.

