

## **BAB IV**

### **MODEL KAJIAN**

#### **4.1 Umum**

Pada perhitungan mekanika, untuk memperoleh data yang akurat diambil contoh 3 portal 2 dimensi. Perencanaan pembebanan meliputi beban mati, beban hidup dan beban gempa. Berat sendiri meliputi berat balok, berat pelat, tembok, spesi, plafon dan yang melengkapinya dikategorikan sebagai beban mati. Beban berguna dan air hujan dikategorikan sebagai beban hidup. Seluruh pembebanan diambil dari "Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk rumah dan Gedung 1987". Gaya geser horisontal akibat beban gempa dipengaruhi oleh berat total portal yang juga meliputi pengaruh waktu getar bangunan ( $T$ ), koefisien gempa dasar, faktor keutamaan ( $I$ ), faktor jenis struktur ( $K$ ), gaya geser horisontal total akibat gempa dan distribusi gaya geser pada portal. Peraturan yang digunakan "Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1987 (PPTGIUG 87).

Perhitungan mekanika digunakan *Structure Analisis Program 90* dengan 2 dimensi. *Input program* meliputi koordinat join, penempatan frame, dimensi balok/kolom, jumlah pembebanan beban hidup dan mati, beban gempa, *type restraint*, modulus Elastis Beton, kombinasi pembebanan dan instrumen lain yang melengkapinya. *Output program* berupa gambar diambil dari Saplot dan hasil perhitungan berupa momen, gaya geser, defleksi diambil dari file.f3f dan file.sol.

*Infill frame* dibuat bervariasi penempatannya mulai dari portal penuh sampai portal terbuka. Tembok dimodel sebagai *diagonal strut* dengan dimensi menurut Tabel 3.1.

Karena perhitungan pembebanan relatif sama maka dalam bab ini hanya diambil contoh pada model kajian 2 sedang perhitungan model kajian lain dapat dilihat pada lampiran.

Model Kajian gedung yang kami ambil sebagai berikut ini.

1. Gedung Laboratorium Teknologi ITB, bertingkat 4.
2. Gedung Kampus As-syafiiyah Jakarta, bertingkat 8.
3. Gedung BNI Surabaya, bertingkat 13.

Ketiga gedung ini diambil portal yang simetris untuk mempermudah dalam menganalisa hasil yang diperolehnya.

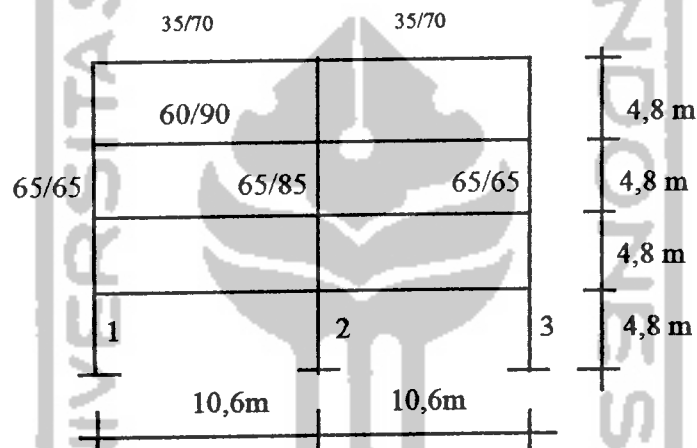
## 4.2 Perhitungan Pembebanan

### 4.2.1 Gedung Laboratorium Teknologi X ITB

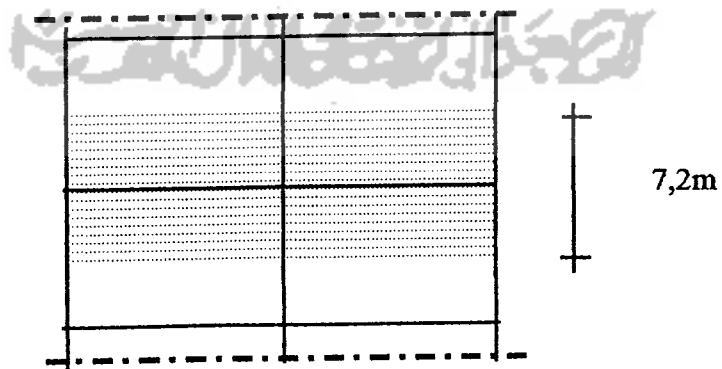
Gedung bertingkat 4 di daerah bandung dengan wilayah gempa 3

Tingkat	1	2	3	4
Kolom 1&3	65/65	65/65	65/65	65/65
Kolom 2	65/85	65/85	65/85	65/85
Balok Atap	35/70	35/70	35/70	35/70
Balok Lantai	60/90	60/90	60/90	60/90

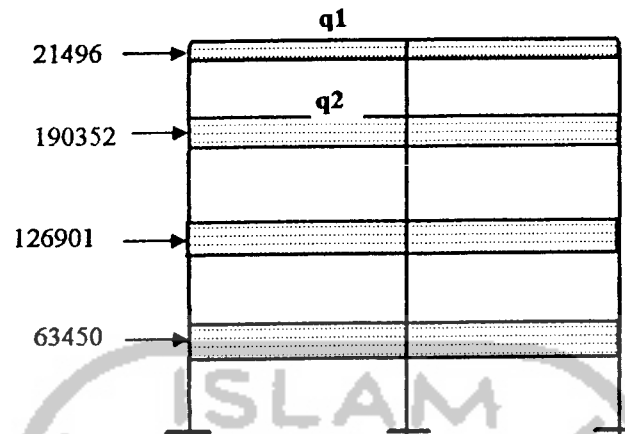
Model Portal



Denah Portal



### Pembebanan pada portal penuh (I-P)



Gambar 4.1 Model Kajian 1

Mutu balok : k 250 ; Mutu kolom : k 250

$$q_{\text{ekiv}} = (q_{\text{mati}} + q_{\text{hidup}})$$

$$q_{\text{ekiv.1}} = 1550 \text{ kg/m} + 490 \text{ kg/m} = 2040 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{ekiv.2}} = 3646 \text{ kg/m} + 900 \text{ kg/m} = 4546 \text{ kg/m}$$

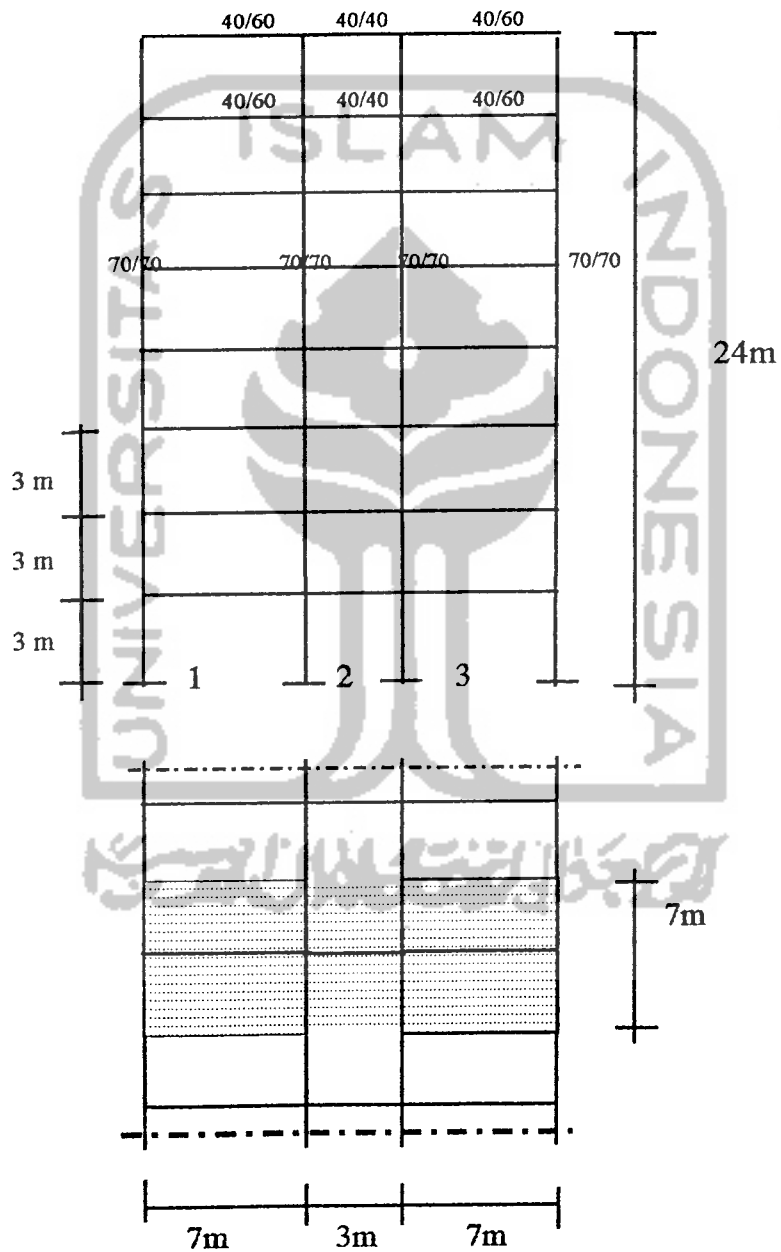
$$E_{\text{balok}} = 6400 \sqrt{250} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2 = 1,01 \cdot 10^9 \text{ kg/m}^2$$

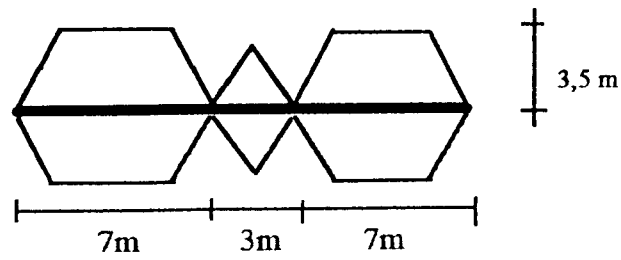
$$E_{\text{kolom}} = 6400 \sqrt{250} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2 = 1,01 \cdot 10^9 \text{ kg/m}^2$$

#### 4.2.2 Gedung Kampus As-syafi'iyah Jakarta

Gedung bertingkat 8 di daerah Jakarta dengan wilayah gempa 4

Tingkat	1	2	3	4	5	6	7	8
Kolom	70/70	70/70	70/70	70/70	70/70	70/70	70/70	70/70
Balok 1&3	40/60	40/60	40/60	40/60	40/60	40/60	40/60	40/60
Balok 2	40/40	40/40	40/40	40/40	40/40	40/40	40/40	40/40





Gambar 4.2 Model Kajian 2

**\*Pada Pelat Atap*****Beban mati***

Berat sendiri	: $0,1 * 2400$	= $240 \text{ kg/m}^2$
Spesi	: $2 * 21$	= $42 \text{ kg/m}^2$
Plafon & penggantung	: $11 + 7$	= $18 \text{ kg/m}^2$
		<hr/>
		= $300 \text{ kg/m}^2$

***Beban hidup***

Beban berguna		= $100 \text{ kg/m}^2$
Air hujan		= $40 \text{ kg/m}^2$
		<hr/>
		= $140 \text{ kg/m}^2$

**\*Pelat Lantai*****Beban mati***

Berat sendiri	: $0,12 * 2400$	= $288 \text{ kg/m}^2$
Spesi	: $2 * 21$	= $42 \text{ kg/m}^2$
Plafon & penggantung	: $11 + 7$	= $18 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{array}{rcl} \text{Tegel} & : 3 * 24 & = 72 \text{ kg/m}^2 \\ & & \hline & & 420 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

### ***Beban hidup***

$$\text{Beban berguna} = 250 \text{ kg/m}^2$$

### **\*Berat sendiri balok**

$$\text{a. Berat balok atap (1\&3)} : 0,4 * (0,6 - 0,10) * 2400 = 480 \text{ kg/m'}$$

$$\text{b. Berat balok atap (2)} : 0,4 * (0,4 - 0,10) * 2400 = 288 \text{ kg/m'}$$

$$\text{a. Berat balok lantai (1\&3)} : 0,4 * (0,6 - 0,12) * 2400 = 460,8 \text{ kg/m'}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Tembok} & : 250 * 2,4 & = 600 \text{ kg/m'} \\ & & \hline & & 1060,8 \text{ kg/m'} \end{array}$$

$$\text{b. Berat balok lantai (2)} : 0,4 * (0,4 - 0,12) * 2400 = 268,8 \text{ kg/m'}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Tembok} & : 250 * 2,6 & = 650 \text{ kg/m'} \\ & & \hline & & 918,8 \text{ kg/m'} \end{array}$$

### **\*Berat sendiri kolom**

$$0,7 * 0,7 * 2400 = 1176 \text{ kg/m'}$$

### **\*Beban Ekuivalen**

#### ***Beban mati***

##### **Balok atap**

$$M = 0,0208 * q \text{ pelat} * l_x * (3 * l_y^2 - l_x^2) \dots\dots\dots(\text{balok 1\&3})$$

$$M = 0,0208 * 300 * 3,5 * (3 * 7^2 - 3,5^2) = 2942,94 \text{ kgm}$$

$$M = 1/8 * q * l^2$$

$$q = 480,48 * 2 = 960,96 \text{ kg/m'}$$

$$q \text{ balok} = 480 \text{ kg/m'}$$

$$q_{\text{equiv. (1\&3)}} = \frac{960,96}{2} \text{ kg/m'} \approx 480,48 \text{ kg/m'}$$

$$M = 0,0417 * q \text{ pelat} * l^3 \dots\dots\dots(\text{balok 2})$$

$$M = 0,0417 * 300 * 3^3 = 337,77 \text{ kg.m}$$

$$q = 300,24 * 2 = 600,48 \text{ kg/m'}$$

$$q \text{ balok} = 288 \text{ kg/m'}$$

$$q_{\text{equiv. 2}} = \frac{600,48}{2} \text{ kg/m'} \approx 300,24 \text{ kg/m'}$$

### **Balok lantai**

$$M = 0,0208 * 420 * 3,5 * (3 * 7^2 - 3,5^2) = 4120,116 \text{ kg.m (balok 1\&3)}$$

$$q = 672,672 * 2 = 1345,344 \text{ kg/m'}$$

$$q \text{ balok} = 1060,8 \text{ kg/m'}$$

$$q_{\text{equiv. 1\&3}} = \frac{1345,344}{2} \text{ kg/m'} \approx 672,672 \text{ kg/m'}$$

$$M = 0,0417 * 420 * 3^3 = 472,878 \text{ kg.m (balok 2)}$$

$$q = 420,336 * 2 = 840,672$$

$$q \text{ balok} = 1018,8$$

$$q_{\text{equiv. 2}} = \frac{840,672}{2} \text{ kg/m'} \approx 420,336 \text{ kg/m'}$$

### ***Beban hidup***

#### **Balok atap**



$$M = 0,0208 * 140 * 3,5 * (3 * 7^2 - 3,5^2) = 1373,372 \text{ kg.m (balok 1\&3)}$$

$$q_{\text{ekiv.1\&3}} = 224,224 * 2 = 488,488 \text{ kg/m}' \approx 490 \text{ kg/m}$$

$$M = 0,0417 * 140 * 3^3 = 157,626 \text{ kg.m (balok 2)}$$

$$q_{\text{ekiv. 2}} = 140,112 * 2 = 280,224 \text{ kg/m}' \approx 300 \text{ kg/m}$$

### **Balok lantai**

$$M = 0,0208 * 250 * 3,5 (3 * 7^2 - 3,5^2) = 2452,45 \text{ kg.m (balok 1\&3)}$$

$$q_{\text{ekiv. 1\&3}} = 400,4 * 2 = 800,8 \text{ kg/m}' \approx 810 \text{ kg/m}$$

$$M = 0,0417 * 250 * 3^3 = 281,475 \text{ kg.m (balok2)}$$

$$q_{\text{ekiv. 2}} = 250,2 * 2 = 500,4 \text{ kg/m}' \approx 510 \text{ kg/m}$$

### **\*Berat Atap**

#### *Beban mati*

$$\text{Pelat} : 300 * 17 * 7 = 35700 \text{ Kg}$$

$$\text{Balok Bujur} : 0,4 * 0,6 * 2 * 7 * 2400 = 8064 \text{ Kg}$$

$$0,4 * 0,3 * 1 * 3 * 2400 = 1152 \text{ Kg}$$

$$\text{Balok Anak} : 0,3 * 0,4 * 4 * 7 * 2400 = 8064 \text{ Kg}$$

$$\text{Balok melintang} : 0,4 * 0,5 * 4 * 7 * 2400 = 13440 \text{ Kg}$$

$$\text{Kolom} : 0,7 * 0,7 * 4 * 1,5 * 2400 = 7056 \text{ Kg}$$

$$\text{Tembok} : 4 * 7 * 1,5 * 250 = 10500 \text{ Kg}$$

$$17 * 1,5 * 250 = 6375 \text{ Kg}$$

$$\underline{90351 \text{ Kg}}$$

**Beban hidup**

$$q = 140 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Faktor reduksi} = 0,3$$

$$W \text{ atap} = 17 * 7 * 140 * 0,3 = 4998 \text{ Kg}$$

$$W \text{ total atap} = 90351 + 4998 = 95349 \text{ Kg}$$

**Berat lantai****Beban Mati**

$$\text{Pelat} : 670 * 17 * 7 = 79730 \text{ Kg}$$

$$\text{Balok bujur} : 0,4 * 0,60 * 2 * 7 * 2400 = 8064 \text{ Kg}$$

$$0,4 * 0,60 * 3 * 2400 = 1728 \text{ Kg}$$

$$\text{Balok anak} : 0,3 * 0,50 * 4 * 7 * 2400 = 10080 \text{ Kg}$$

$$\text{Balok melintang} : 0,4 * 0,60 * 4 * 7 * 2400 = 16128 \text{ Kg}$$

$$\text{Kolom} : 0,7 * 0,7 * 4 * 3 * 2400 = 14112 \text{ Kg}$$

$$\text{Tembok} : 4 * 7 * 3 * 250 = 31000 \text{ Kg}$$

$$17 * 3 * 250 = 12750 \text{ Kg}$$

$$\underline{163592 \text{ Kg}}$$

**Beban hidup**

$$q = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Faktor reduksi} = 0,3$$

$$W \text{ lantai (h)} = 17 * 7 * 250 * 0,3 = 8925 \text{ Kg}$$

$$W \text{ total lantai} = 163592 + 8925 = 172517 \text{ Kg}$$

$$W \text{ total atap \& lantai} = 95349 + 7 * (172517) = 1302968 \text{ Kg}$$

**\*Waktu getar bangunan (T)**

dengan rumus empiris

$$T = 0,06 H^{3/4}$$

$$H = 8 * 3,0 = 24 \text{ m}$$

$$T = 0,06 * (24)^{3/4}$$

$$= 0,6506 \text{ detik}$$

**\*Koefisien gempa dasar (C)**

C diperoleh dari gambar (struktur diatas tanah lunak)

$$C = 0,05$$

**\*Faktor Keutamaan (I) dan Faktor jenis struktur (K)**

I = 1,5      K = 1,0      untuk bangunan kampus yang menggunakan

struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh

**\*Gaya geser horisontal total akibat gempa**

$$V = C * I * K * W1$$

$$= 0,05 * 1,5 * 1,0 * 1302968 \text{ Kg}$$

$$= 97722,6$$

**\*Distribusi gaya geser horisontal total akibat gempa sepanjang tinggi gedung**

$$H/A = 24/17 = 1,4117 < 3$$

hi (m)	wi (t)	wi hi (tm)	Fi (t)
24	90351	2168424	12719
21	172517	3622857	21251
18	172517	3105306	18215
15	172517	2587755	15179
12	172517	2070204	12143
9	172517	1552653	9107
6	172517	1035102	6071
3	172517	517551	3036

16659812

Data dimensi balok : 40/60 (balok 1&3)

40/40 (balok2)

kolom : 70/70

Mutu bahan

kolom = k 300 ; balok = k 250

**Beban Merata Atap = ( Beban mati + hidup)**

$$q_{\text{ekiv. 1\&3}} = 1450 \text{ kg/m} + 490 \text{ kg/m} = 1940 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{ekiv. 2}} = 890 \text{ kg/m} + 300 \text{ kg/m} = 1190 \text{ kg/m}$$

**Beban Merata Lantai = (Beban mati +Beban Hidup)**

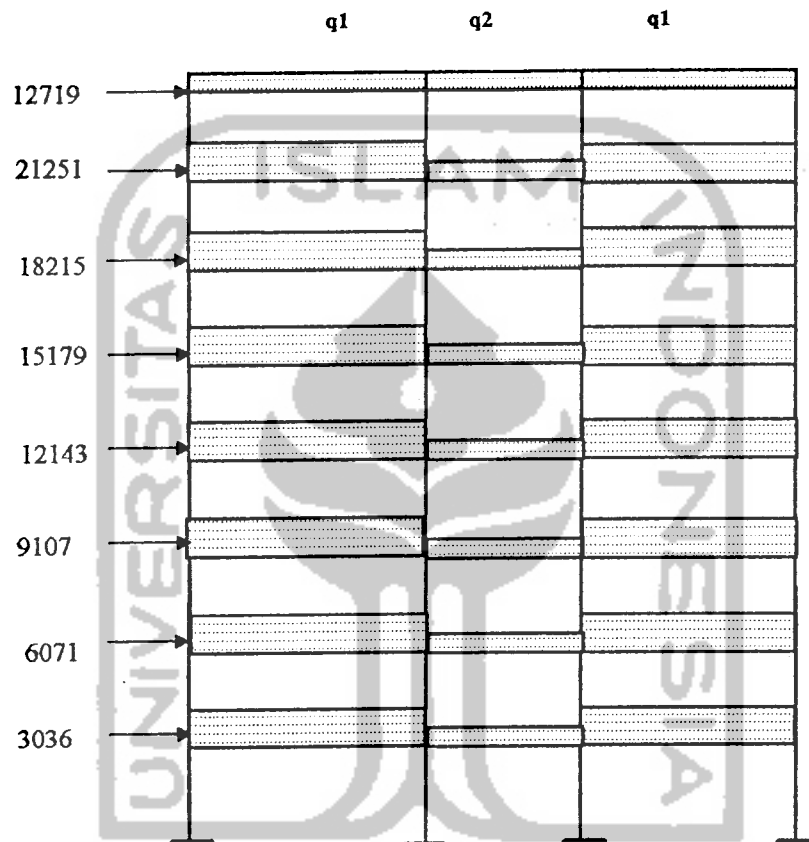
$$q_{\text{ekiv. 1\&3}} = 2410 \text{ kg/m} + 810 \text{ kg/m} = 3220 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{ekiv.2}} = 1760 \text{ kg/m} + 510 \text{ kg/m} = 2270 \text{ kg/m}$$

$$E \text{ kolom} = 6400 \sqrt{300} = 1,1 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2 = 1,1 \cdot 10^9 \text{ kg/m}^2$$

$$E \text{ balok} = 6400 \sqrt{250} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2 = 1,01 \cdot 10^9 \text{ kg/m}^2$$

Pembebanan pada portal penuh (A-P)



### Pengurangan *Infill Wall*

$$\begin{aligned} q_{\text{ekiv.1\&3}} \text{ (akibat pengurangan)} &= q_{\text{ekiv. 1\&3}} - \text{berat tembok} \\ &= 3220 - 600 = 3214 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{ekiv. 2}} \text{ (akibat pengurangan)} &= q_{\text{ekiv. 2}} - \text{berat tembok} \\ &= 2270 - 650 = 1620 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Tabel 4.1. Disudusi Gaya Horizontal Akial dengan nilai  $\mu = 0.11$ 

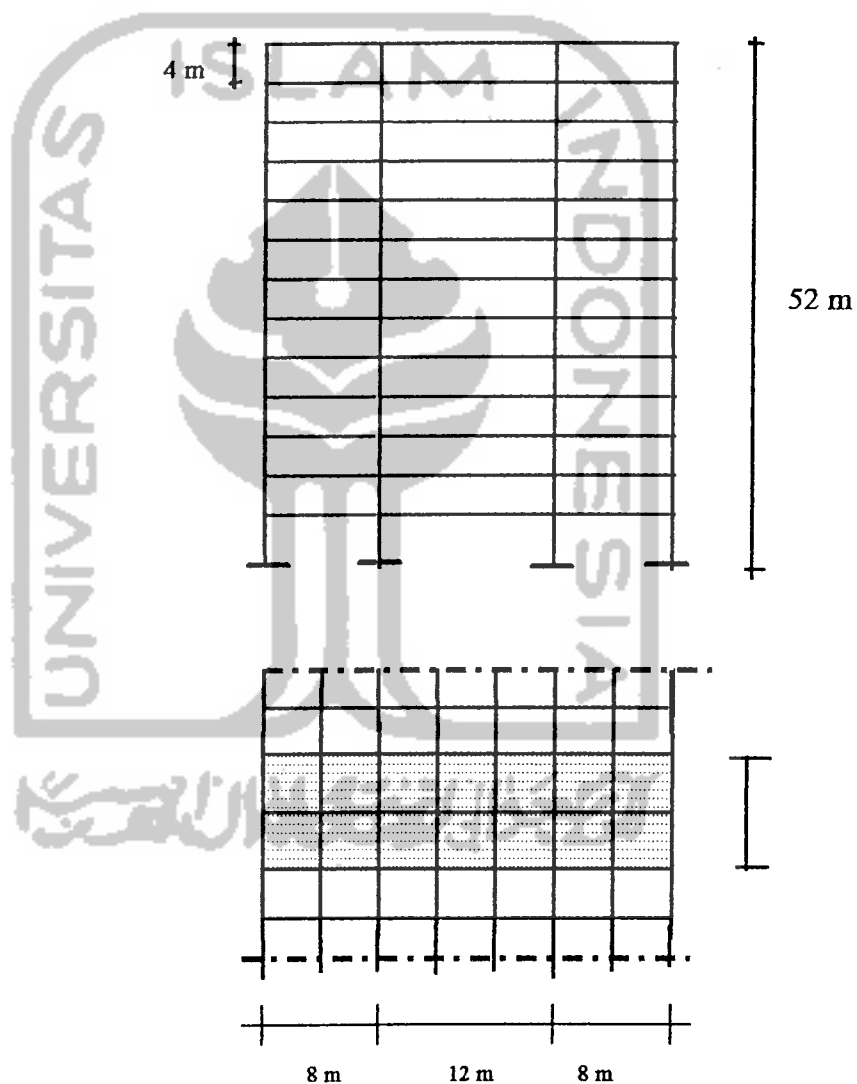
hi	wi (A-1)	wi (A-2)	wi (A-3)	wi (A-4)	wi (A-5)	wi (A-6)	wi (A-7)	wi (A-K)
wi	90351	90351	90351	90351	90351	90351	90351	83976
24	172517	172517	172517	172517	172517	172517	172517	159767
21	172517	172517	172517	172517	172517	172517	172517	159767
18	172517	172517	172517	172517	172517	172517	172517	159767
15	172517	172517	172517	172517	172517	172517	172517	159767
12	172517	172517	172517	172517	172517	172517	172517	159767
9	172517	172517	172517	172517	172517	172517	172517	159767
6	172517	172517	172517	172517	172517	172517	172517	159767
3	159767	159767	159767	159767	159767	159767	159767	159767
Wi.hi	2168424	2168424	2168424	2168424	2168424	2168424	2168424	2015424
24	3622857	3622857	3622857	3622857	3622857	3622857	3622857	3355107
21	3105306	3105306	3105306	3105306	3105306	3105306	3105306	2875806
18	2587755	2587755	2587755	2587755	2587755	2587755	2587755	2396505
15	2070204	2070204	2070204	2070204	2070204	2070204	2070204	1917204
12	1552653	1552653	1552653	1552653	1552653	1552653	1552653	1437903
9	1035102	1035102	1035102	1035102	1035102	1035102	1035102	958602
6	479301	479301	479301	479301	479301	479301	479301	479301
3	16621602	16621602	16621602	16621602	16621602	16621602	16621602	15435852
V (Kg)	96766.35	95810.1	94853.85	93897.6	92941.35	91985.1	91028.85	90072.6
Fi(Kg)	12623.962	12557.005	12518.5	12508.78	12528.595	12579.158	12662.199	11760.574
24	21091.267	20979.399	20915.068	20898.828	20931.934	21016.411	19591.663	19578.006
18	18078.229	17982.342	17927.201	17913.281	17941.657	16682.723	16792.854	16781.148
15	15065.191	14985.285	14939.335	14927.734	14846.388	13902.269	13994.045	13984.29
12	12052.153	11988.228	11951.468	11059.591	11077.11	11121.815	11195.236	11187.432
9	9039.1145	8991.1709	8301.139	8294.6932	8307.8328	8341.3616	8396.4269	8390.5742
6	6026.0763	5551.1144	5534.0927	5529.7955	5538.5552	5560.9077	5597.6179	5593.7161
3	2790.3573	2775.5572	2767.0463	2764.8977	2769.2776	2780.4539	2798.809	2796.8581

### 4.2.3 Gedung BNI

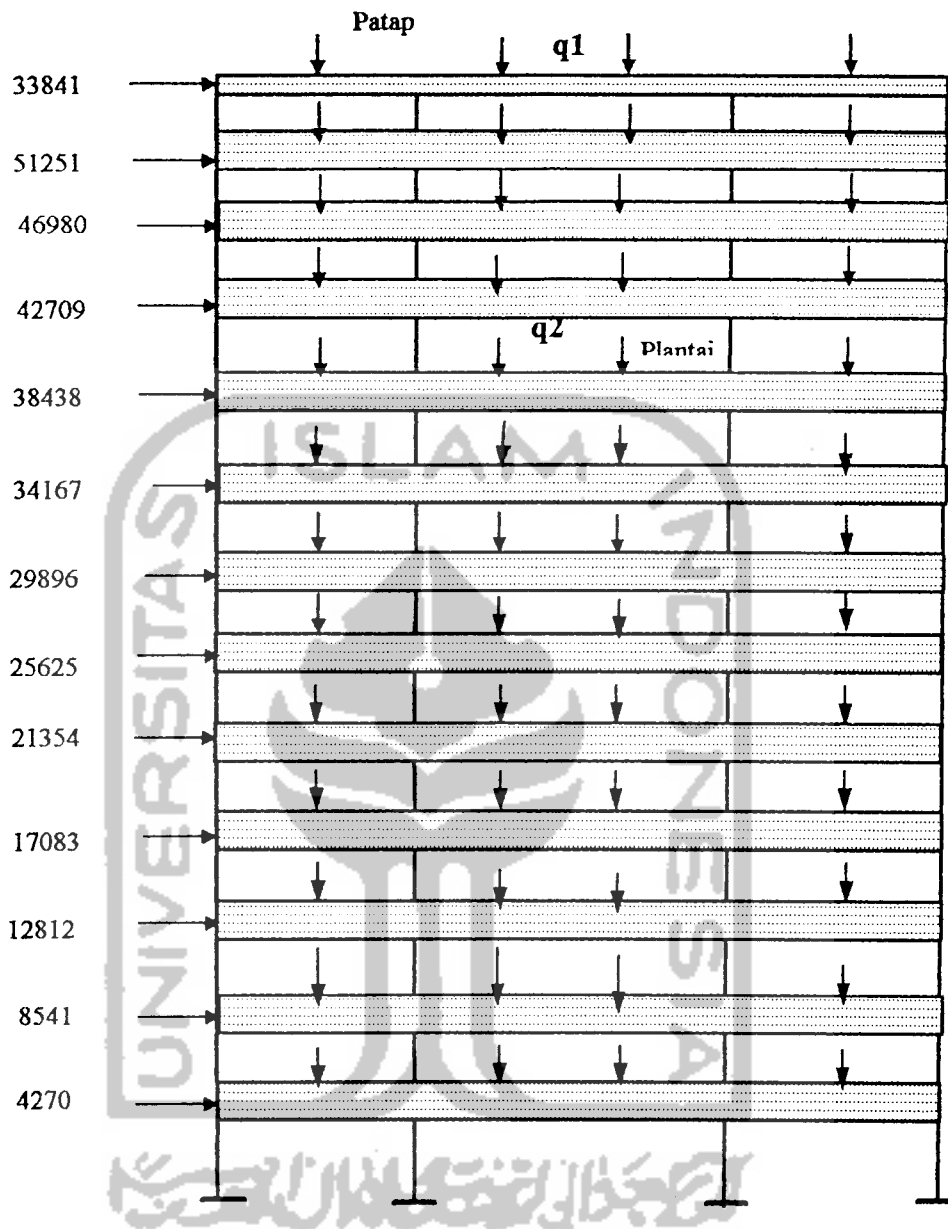
Gedung bertingkat 13 terletak di Surabaya dengan wilayah gempa 4

Tingkat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kolom	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90	90/90
Balok	60/80	60/80	60/80	60/80	60/80	60/80	60/80	60/80	60/80	60/80	60/80	60/80	60/80
Balok Anak	60/30	60/30	60/30	60/30	60/30	60/30	60/30	60/30	60/30	60/30	60/30	60/30	60/30

#### Model Portal



### Pembebanan pada portal penuh (B-P)



Gambar 4.3 Model Kajian 3

P atap : 3520 kg

P lantai : 5360 kg

$q_{ekiv.1} : 1900 + 400 = 2300 \text{ kg/m}$



$$q_{\text{ekiv.2}} : 3100 + 700 = 3800 \text{ kg/m}$$

$$E \text{ balok} : 6400\sqrt{300} = 1,1 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2 = 1,1 \cdot 10^9 \text{ kg/m}^2$$

$$E \text{ kolom} : 6400\sqrt{350} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2 = 1,2 \cdot 10^9 \text{ kg/m}^2$$

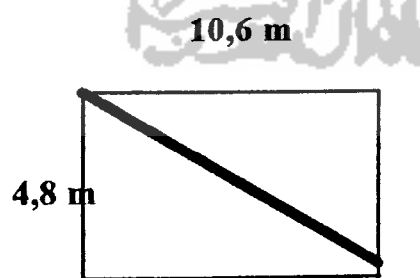
### 4.3 Infill frame

Batu bata dikonversikan sebagai *diagonal strut* yaitu batang diagonal yang diasumsikan mampu mendukung gaya horisontal yang disebabkan akibat beban gempa. Modulus Elastis bata + plesteran diambil sebagai beton non struktural yaitu  $B_0$  dengan kesalahan pembuatan campuran untuk plesteran 0,5 maka diambil k50 baik pada batu bata maupun batako.

Beberapa macam variasi yang digunakan untuk mendapatkan hasil yaitu sebagai berikut ini.

1. Portal Terbuka.
2. *Infill Frame* penuh.
3. Pengurangan tembok secara bertahap

#### 4.3.1 *Infill frame* pada kampus ITB Bandung



$$L/H = 10,6/4,8 = 2,208 \text{ m}$$

$$D = \sqrt{(10,6^2 + 4,8^2)} = 11,636 \text{ m}$$

Interpolasi diperoleh W/D (Tabel 3.1)

$$\frac{0,3 + (0,34 - 0,3) (2,208 - 2)}{(2,5 - 2)}$$

$$W = 0,3166 D$$

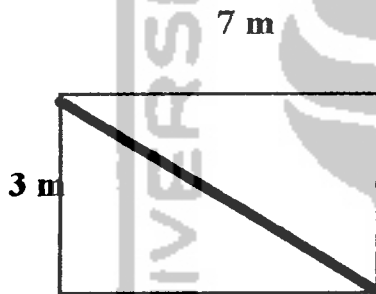
$$= 0,3166 * 11,636 = 3,6844m$$

Dimensi tembok ½ bata

diambil tebal bata & plesteran = 12 cm

dimensi lebar efektif bata = 368,4 \* 12 cm

#### 4.3.2 *Infill frame* gedung kampus As-syafi'iah Jakarta



$$L/H = 7/3 = 2,33$$

$$D = 7,616 m$$

Interpolasi diperoleh W/D (Tabel 3.1)

$$\frac{0,3 + (0,34 - 0,3) (2,33 - 2)}{(2,5 - 2)}$$

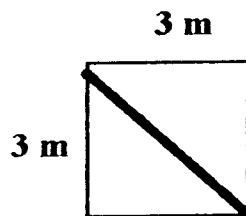
$$= 0,326$$

$$W = 0,326 * 7,616 = 2,483$$

dimensi tembok ½ bata

diambil tebal bata & plesteran = 12 cm

dimensi lebar efektif bata =  $248,3 * 12$  cm



$$L/H = 1$$

$$D = 4,243$$

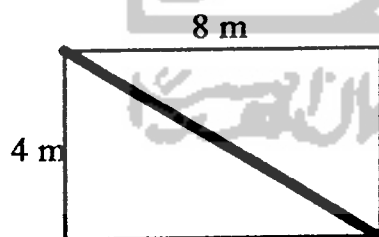
$$W/D = 0,45$$

$$W = 0,45 * 4,243 = 1,909 \text{ m}$$

diambil tebal bata & plesteran = 12 cm

dimensi lebar efektif bata =  $190,9 * 12$  cm

#### 4.3.3 *Infill frame* pada gedung BNI Surabaya



$$L/H = 2$$

$$D = \sqrt{8^2 + 4^2} = 8,944 \text{ m}$$

$$W/D = 0,34$$

$$W = 0,34 * 8,994 = 3,041 \text{ m}$$

diambil tebal bata & plesteran = 12 cm

dimensi lebar efektif bata = 304,1 \* 12 cm

12



$$L/H = 3$$

$$D = \sqrt{12^2 + 4^2} = 12,649$$

$$W/D = 0,3$$

$$W = 0,3 * 12,649 = 3,795 \text{ m}$$

diambil tebal bata & plesteran = 12 cm

dimensi lebar efektif bata = 379,5 \* 12 cm