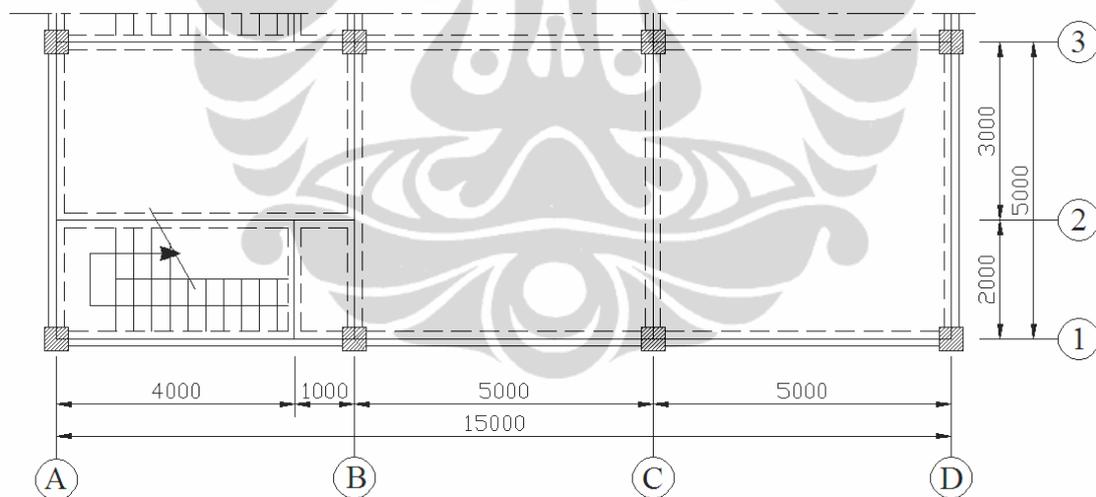


## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Model Bangunan Ruko

#### 3.1.1 Struktur Bangunan Ruko

Struktur bangunan Ruko dimodelkan sebagai struktur portal dengan dinding pengisi bata yang dimodelkan dengan model diagonal compression strut. Denah struktur Ruko tiga lantai dengan panjang 15 meter dan lebar 5 meter ditunjukkan pada Gambar 3.1. Satu blok Ruko terdiri dari beberapa Ruko paralel yang menjadi satu kesatuan struktur. Dinding pengisi bata terdapat pada sekeliling Ruko kecuali bagian depan Ruko. Beban gravitasi yang diberikan pada struktur adalah beban sendiri struktur, beban mati tambahan seperti screed, keramik, dll, dan beban hidup untuk kantor atau toko. Beban lateral yang bekerja adalah beban gempa riwayat waktu daerah padang.



**Gambar 3.1** Denah Struktur Ruko (Typical)

Faktor keutamaan untuk bangunan Ruko adalah  $I = 1.0$ , dimana dianggap sebagai gedung perkantoran. Struktur Ruko menggunakan material beton bertulang dan dinding bata sebagai dinding pengisi setiap sisi Ruko. Ruko dimodelkan sebagai struktur portal tiga-dimensi dengan lantai *rigid diaphragm* dengan menggunakan program SAP2000. Pemodelan struktur ini meliputi:

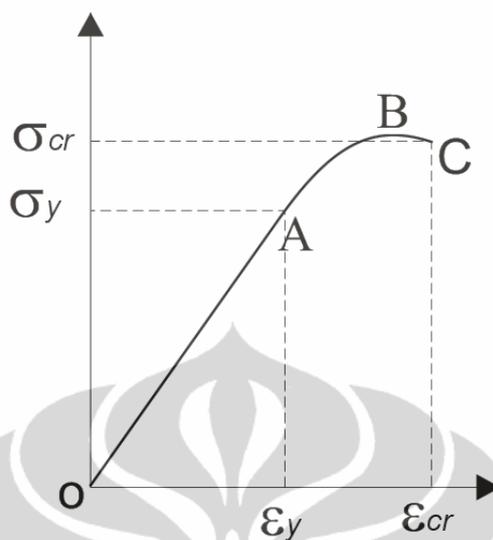
1. Modelisasi struktur hanya untuk struktur atas, sehingga pondasi struktur tidak termasuk dalam pemodelan ini.
2. Balok dan kolom dari gedung dimodelkan sebagai elemen struktur satu dimensi yang bertemu dalam satu titik disebut *joint*.
3. Lantai dianggap *rigid diaphragm*, dimana kekakuan searah bidang sangat besar.
4. Perletakan dari struktur portal dianggap sendi. Untuk memodelkan bahwa perletakan tidak sepenuhnya bebas terhadap momen dan tidak sepenuhnya menahan momen, maka perletakan dimodelkan berada 10 cm di bawah tie beam.
5. Dinding pengisi bata dimodelkan sebagai Diagonal Compression Strut. Dan berat dinding bata dimasukkan sebagai beban pada balok.
6. Dinding pengisi bata bersifat inelastis.

Dalam pemodelan ini, elemen non – struktural tidak termasuk dalam pemodelan seperti screed, instalasi mekanik & elektrik dan sebagainya, sehingga massa pemodelan struktur tidak menggambarkan massa total dari bangunan gedung, padahal massa sangat mempengaruhi respons struktur terhadap beban dinamik (gempa bumi). Untuk memperoleh massa total gedung, massa yang telah diperhitungkan dari setiap pemodelan elemen struktur harus ditambah dengan massa dari elemen non –struktural dengan mendefinisikan sumber massa (*mass source*) dari massa pemodelan struktur dan dari pembebanan elemen non–struktural. Untuk keperluan analisa dinamik, struktur gedung diasumsikan memiliki rasio redaman 5%.

### 3.1.2 Kondisi Batasan Inelastis Dinding Bata

Dinding bata memiliki sifat getas dan tidak dapat menahan gaya tarik. Hubungan tegangan dan regangan dinding pengisi bata digeneralisasikan seperti pada Gambar 3.2. Titik O adalah titik awal dimana dinding dalam keadaan tidak menerima beban apapun. Titik A adalah dimana dinding mulai mengalami keadaan leleh dan mengalami nonlineariti. Titik B adalah titik maksimum dinding bata dapat menahan tegangan yang terjadi. Titik C adalah titik hancur dinding

bata, dimana antara titik B dan titik C hanya berbeda sedikit, sehingga dapat dianggap bahwa dinding bata akan hancur pada titik maksimumnya.



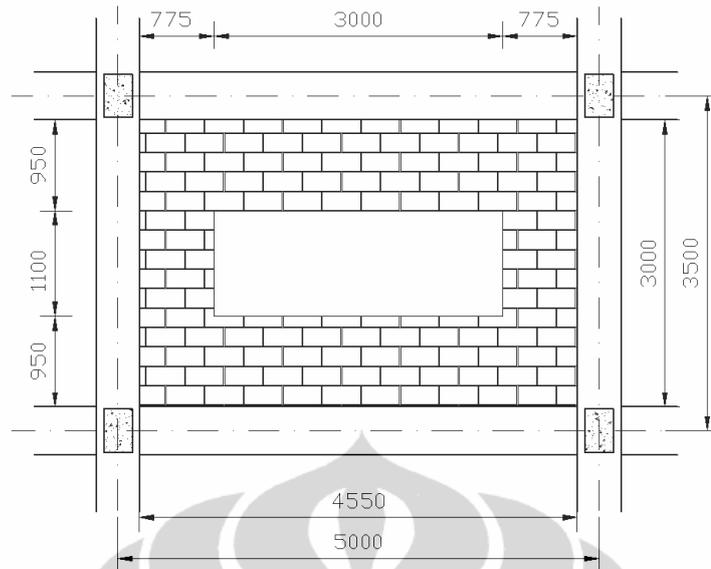
**Gambar 3.2** Generalisasi Tegangan – Regangan Dinding Pengisi Bata

### 3.2 Variasi Model

Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa variasi untuk mengetahui pengaruh terhadap pengaruh dinding bata pada struktur gedung Ruko. Variasi yang akan dilakukan adalah:

#### 1. Variasi Konfigurasi Dinding Bata

Dinding bata divariasikan berdasarkan konfigurasi vertikal dinding bata. Dinding bata tidak ada pada bagian depan lantai pertama Ruko. Pada lantai 2 dan 3 dilakukan variasi bukaan parsial dengan ukuran seperti pada Gambar 3.3. Tabel variasi dapat dilihat pada Tabel 3.1.



**Gambar 3.3** Bukaan Riil

**Tabel 3.1** Variasi Kofigurasi Dinding Bata

Variasi	Jumlah Lantai	Konfigurasi Bukaan			Jumlah Ruko /blok	Eksitasi
		Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3		
Variasi 1	3	Terbuka	Terbuka	Terbuka	4	Time History
Variasi 2	3	Terbuka	Riil	Tertutup	4	Time History
Variasi 3	3	Terbuka	Terbuka	Tertutup	4	Time History
Variasi 4	3	Terbuka	Tertutup	Riil	4	Time History
Variasi 5	3	Terbuka	Tertutup	Terbuka	4	Time History
Variasi 6	3	Terbuka	Riil	Riil	4	Time History
Variasi 7	3	Terbuka	Tertutup	Tertutup	4	Time History

2. Variasi Konfigurasi Jumlah Ruko dalam satu blok

Jumlah Ruko dalam satu blok akan divariasikan seperti pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Variasi Konfigurasi Jumlah Ruko dalam satu Blok

Variasi	Jumlah Lantai	Konfigurasi Bukaan			Jumlah Ruko /blok	Eksitasi
		Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3		
Variasi 1	3	Terbuka	Riil	Riil	2	Time History
Variasi 2	3	Terbuka	Riil	Riil	4	Time History
Variasi 3	3	Terbuka	Riil	Riil	6	Time History

### 3. Variasi Jumlah lantai

Jumlah lantai yang divariasikan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Variasi Jumlah lantai

Variasi	Jumlah Lantai	Konfigurasi Bukaan				Jumlah Ruko /blok	Eksitasi
		Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4		
Variasi 1	2	Terbuka	Riil			4	Time History
Variasi 2	3	Terbuka	Riil	Riil		4	Time History
Variasi 3	4	Terbuka	Riil	Riil	Riil	4	Time History

### 4. Eksitasi Beban Dinamik

Model Ruko akan divariasikan terhadap beban dinamik yang bekerja. Beban dinamik yang digunakan adalah Beban Time History dan Beban sinusoidal yang disesuaikan dengan gempa padang. Percepatan gempa Time history diambil dari program SIMQKE<sup>©</sup> dengan Response Spektrum yang disesuaikan dengan Respons beban gempa wilayah 5 SNI.

**Tabel 3.4** Eksitasi Beban Dinamik

Variasi	Jumlah Lantai	Konfigurasi Bukaan			Jumlah Ruko /blok	Eksitasi
		Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3		
Variasi 1	3	Terbuka	Riil	Riil	4	Time History
Variasi 2	3	Terbuka	Riil	Riil	4	Sinusoidal

Tabel 3.5 Ringkasan Tabel Variasi

Model No	Variasi	Jumlah Lantai	Konfigurasi Bukaannya				Jumlah Ruko per Blok	Eksitasi
			Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4		
Variasi Bukaannya								
A-1	VA-1	3	Buka	Buka	Buka		4	Gempa SNI W5
A-2	VA-2	3	Buka	Riil	Tutup		4	Gempa SNI W5
A-3	VA-3	3	Buka	Buka	Tutup		4	Gempa SNI W5
A-4	VA-4	3	Buka	Tutup	Riil		4	Gempa SNI W5
A-5	VA-5	3	Buka	Tutup	Buka		4	Gempa SNI W5
A-6	VA-6	3	Buka	Riil	Riil		4	Gempa SNI W5
A-7	VA-7	3	Buka	Tutup	Tutup		4	Gempa SNI W5
Variasi Jumlah Ruko								
B-1	VB-1	3	Buka	Riil	Riil		2	Gempa SNI W5
B-2	VB-2	3	Buka	Riil	Riil		4	Gempa SNI W5
B-3	VB-3	3	Buka	Riil	Riil		6	Gempa SNI W5
Variasi Jumlah Lantai								
C-1	VC-1	2	Buka	Riil	Riil		4	Gempa SNI W5
C-2	VC-2	3	Buka	Riil	Riil		4	Gempa SNI W5
C-3	VC-3	4	Buka	Riil	Riil	Riil	4	Gempa SNI W5
Variasi Eksitasi								
D-1	VD-1	3	Buka	Riil	Riil		4	Sinusoidal
D-2	VD-2	3	Buka	Riil	Riil		4	Gempa SNI W5

### 3.3 PROSEDUR ANALISA

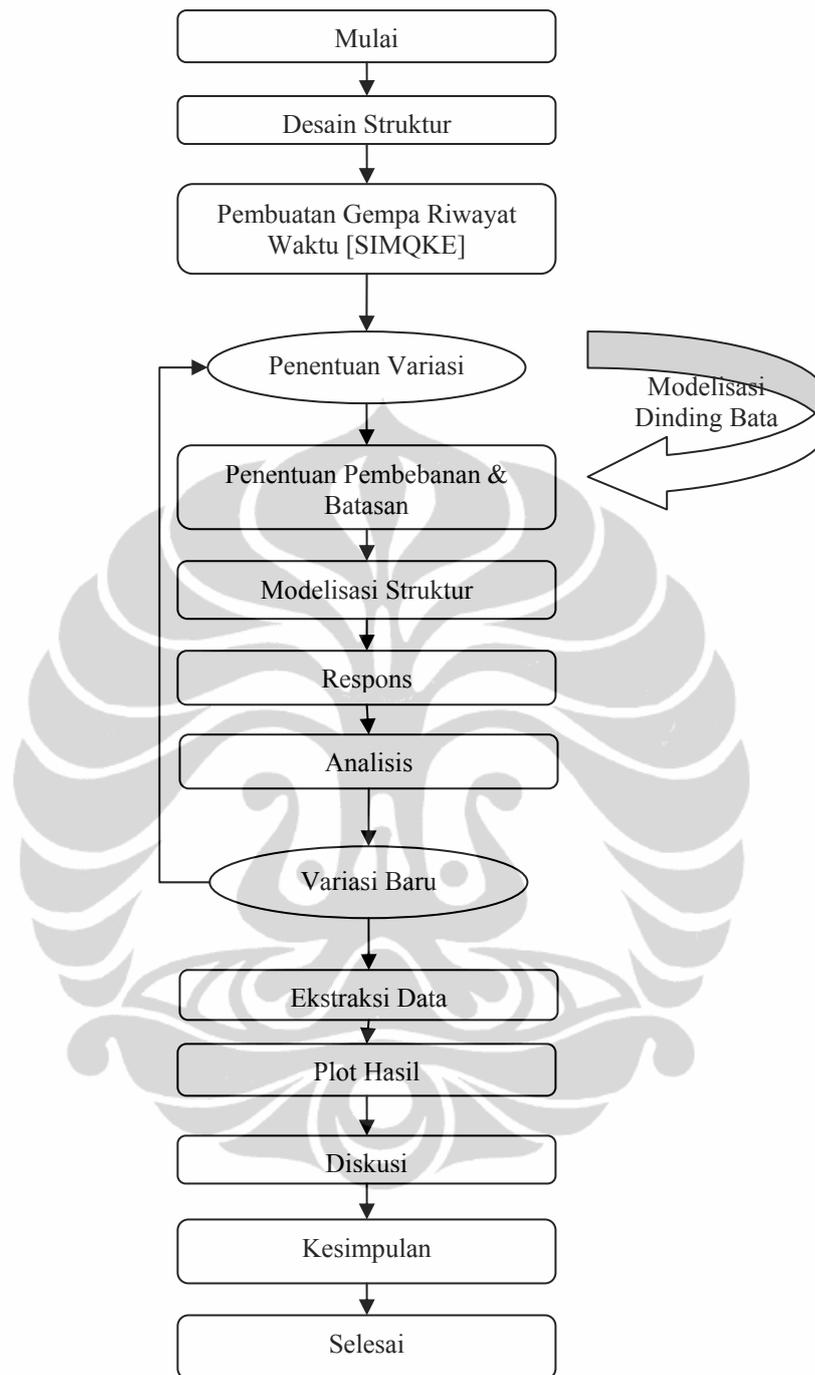
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan bagaimana efek dari dinding pengisi bata pada struktur bangunan Ruko. Untuk mendapatkan perbedaan yang diinginkan tentu saja harus dilakukan beberapa variasi model struktur. Hal pertama yang dilakukan adalah memodelkan struktur Ruko yang tidak memperhitungkan dinding bata sebagai dinding pengisi struktur. Pemodelan struktur Ruko tanpa dinding pengisi diikuti oleh desain detail struktur. Hasil desain detail struktur tersebut akan diambil sebagai data perbandingan.

Data gempa riwayat waktu yang digunakan adalah gempa yang dihasilkan oleh program SIMQKE<sup>®</sup> dengan target respons spectrum yaitu respons spektrum

wilayah gempa 5 SNI sehingga bisa dianggap sebagai gempa Padang. Penjelasan lebih lanjut tentang gempa riwayat waktu yang digunakan akan dibahas pada bab lain. Selain gempa Padang, digunakan juga beban sinusoidal dengan percepatan maksimum 0.36g.

Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan, maka pemodelan struktur Ruko dengan memperhitungkan efek dinding pengisi bata dapat dilakukan. Pemodelan dinding pengisi bata dilakukan dengan menggunakan pendekatan *diagonal compression strut*. Dinding bata yang divariasikan hanya pada sisi depan Ruko saja. Sehingga praktis efek gempa yang berpengaruh hanya gaya gempa yang sejajar dengan konfigurasi dinding bata sisi depan saja.

Data perbandingan didapat dengan melakukan beberapa variasi. Dari hasil yang didapat dari simulasi, maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan untuk penelitian ini. Parameter yang menjadi perhatian di penelitian ini adalah moda getar struktur, priode struktur, reaksi perletakan struktur, simpangan struktur, dan gaya-gaya dalam beberapa elemen yang dipilih. Skema prosedur analisa dapat dilihat pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Skema Prosedur Analisa

## BAB 4

### SIMULASI PARAMETRIK

#### 4.1 Modelisasi Struktur

##### 4.1.1 Input Data

##### 4.1.1.1 Properties Material

Mutu material yang digunakan adalah :

- Beton
  - Pelat dan Tangga : K-300 ( $f_c' = 25$  MPa)
  - Balok dan Kolom : K-300 ( $f_c' = 25$  MPa)
  - $E$  (K-300) :  $4700\sqrt{f_c'} = 4700\sqrt{25} = 23500$  MPa
- Baja Tulangan
  - $< \varnothing 10$  mm : BjTP 24 ( $f_y = 240$  Mpa)
  - $\geq \varnothing 10$  mm : BjTD 40 ( $f_y = 400$  MPa)
- Dinding Bata
  - $E_{me} = 2,135.8$  MPa
  - $f'_m = 10.88$  MPa
  - $t_{inf} = 150$  mm

##### 4.1.1.2 Dimensi Struktur

Dimensi struktur yang akan digunakan pada model struktur Ruko ini adalah:

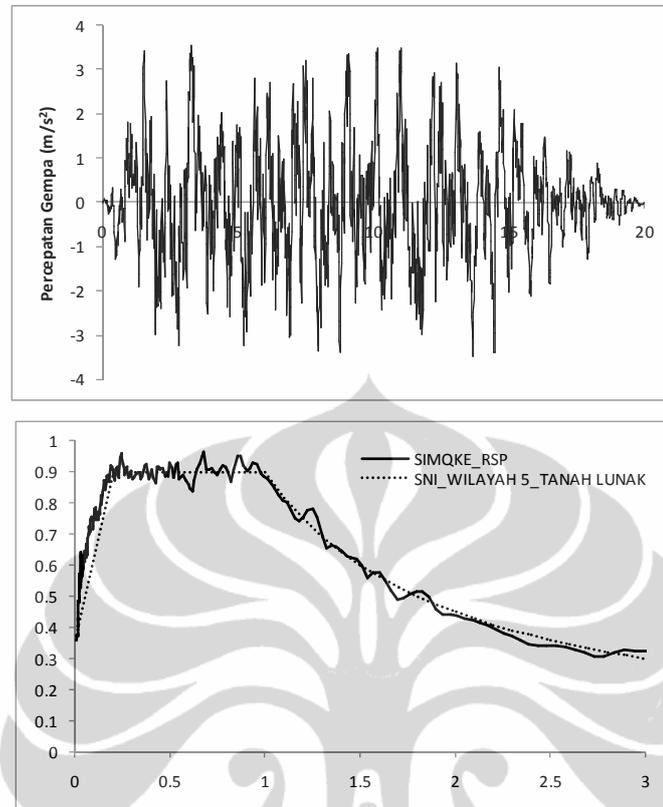
- Balok **G1** =  $300 \times 550$  mm<sup>2</sup>
- Balok **G2** =  $250 \times 500$  mm<sup>2</sup>
- Balok **B1** =  $200 \times 400$  mm<sup>2</sup>
- Balok **B2** =  $250 \times 450$  mm<sup>2</sup>
- Kolom **C1** =  $450 \times 450$  mm<sup>2</sup>
- Pelat Lantai = 120 mm
- Pelat Tangga = 150 mm
- Modelisasi Dinding Bata dengan cara Diagonal Compression Strut

#### 4.1.2 Pembebanan

Pembebanan struktur yang digunakan dalam model ini adalah:

- Beban Mati (DL)
  - Beton bertulang : 2400 kg/m<sup>3</sup>
  - Screed, Plafond dan ME normal : 140 kg/m<sup>2</sup> luas lantai
  - Dinding pasangan ½ bata : 250 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup (LL)
  - Lantai Atap : 150 kg/m<sup>2</sup>
  - Gang dan Tangga : 250 kg/m<sup>2</sup>
  - Toilet : 250 kg/m<sup>2</sup>
  - Lantai Lain : 250 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan pada penelitian ini adalah beban gempa riwayat waktu padang dan sinusoidal. Untuk beban gempa riwayat waktu padang diambil dari program SIMQKE<sup>®</sup> yang respons spektrum gempa telah disesuaikan dengan beban respon gempa wilayah 5 SNI.

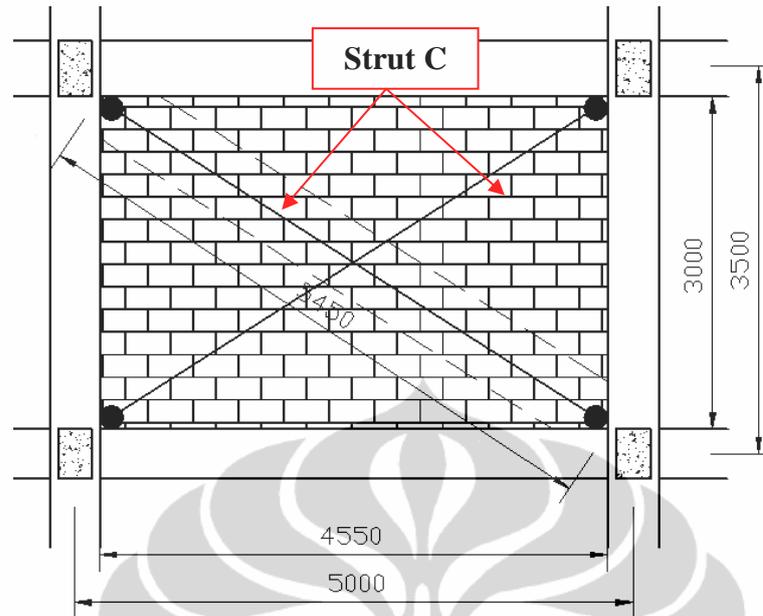


**Gambar 4.1** Percepatan Gempa Dan Respons Spektrum

#### 4.1.3 Dinding Bata

Dinding bata dimodelkan dengan model Diagonal Strut. Karena ada dua tipe dinding bata yang digunakan pada model (Dinding bata tertutup penuh dan Dinding bata Buka-an Riil), maka perhitungan model Diagonal Strut dibagi atas 3 tipe, Tipe A, B, dan C (Gambar 4.2 dan Gambar 4.4). Perhitungan strut diagonal ditunjukkan sebagai berikut:

### A. Dinding Bata Pada Tutupan Penuh (Strut Tipe C)



**Gambar 4.2** Modelisasi Dinding Bata Penuh

Lebar ekuivalen dan kekuatan dari Diagonal Compression Strut didapat dengan mengikuti nilai yang disarankan oleh FEMA 356. Berdasarkan persamaan (2.23 sampai 2.25), lebar ekuivalen dari compression strut ditunjukkan sebagai berikut:

Persamaan (2.23),

$$a = 0.175(\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf}$$

Dimana,

Persamaan (2.24) – (2.25),

$$\lambda_1 = \left[ \frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$= \left[ \frac{2,135.8 \times 150 \times \sin 2\theta}{4 \times 23,500 \times 3,417,187,500 \times 3,000} \right]^{\frac{1}{4}} \quad , \theta = \tan^{-1} \left( \frac{3,000}{4,550} \right) = 33.40^\circ$$

$$= \left[ \frac{2,317 \times 150 \times \sin 2(33.40^\circ)}{4 \times 23,500 \times 3,417,187,500 \times 3,000} \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$= 7.434 \times 10^{-4}$$

Sehingga,

$$a = 0.175(7.434 \times 10^{-4} \times 3,000)^{-0.4} 5,450$$

$$= 691.95 \text{ mm}$$

Kegagalan tekan yang mungkin terjadi pada model strut sesuai dengan FEMA 356 ditunjukkan dengan persamaan 2.27 :

$$R_c = a \times t_{\text{inf}} \times f'_{\text{me90}}$$

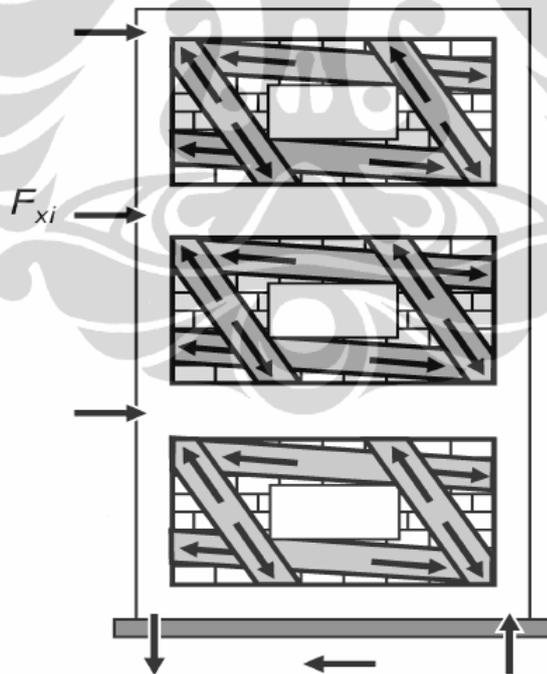
$$= 691.95 \times 150 \times 5.44$$

$$= 564,632.47 \text{ N}$$

$$= 564.63 \text{ kN}$$

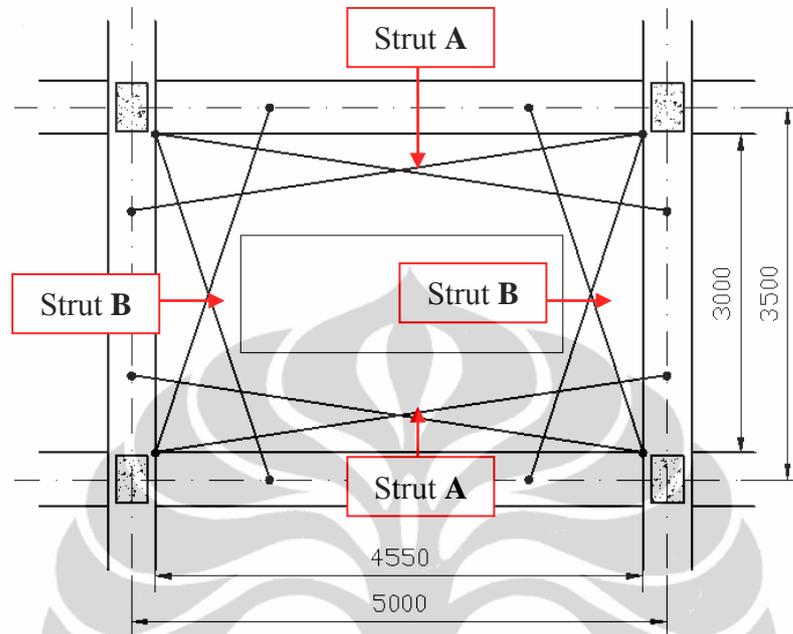
#### B. Dinding Bata Bukaan Riil (Tipe A dan B)

Dengan menggunakan cara yang disarankan oleh FEMA 356 dan Hamburger (1993), Gambar 4.3, maka modelisasi Dinding bata dengan menggunakan diagonal strut dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.3** Analogi Batang Tekan (Compression Strut) Pada Dinding Bata Yang Memiliki Bukaan Berdasarkan FEMA 356 dan Hamburger (1993)

Untuk strut yang lebih panjang disebut strut Tipe A, dan untuk strut yang lebih pendek disebut strut Tipe B.



**Gambar 4.4** Modelisasi Dinding Bata Riil

Dengan menggunakan persamaan (2.23 sampai 2.25), lebar ekuivalen dari compression strut ditunjukkan sebagai berikut:

$$\text{TIPE A : } a = 905.50 \text{ mm} \quad \text{dengan} \quad R_c = 738.89 \text{ kN}$$

$$\text{TIPE B : } a = 444.67 \text{ mm} \quad \text{dengan} \quad R_c = 362.85 \text{ kN}$$

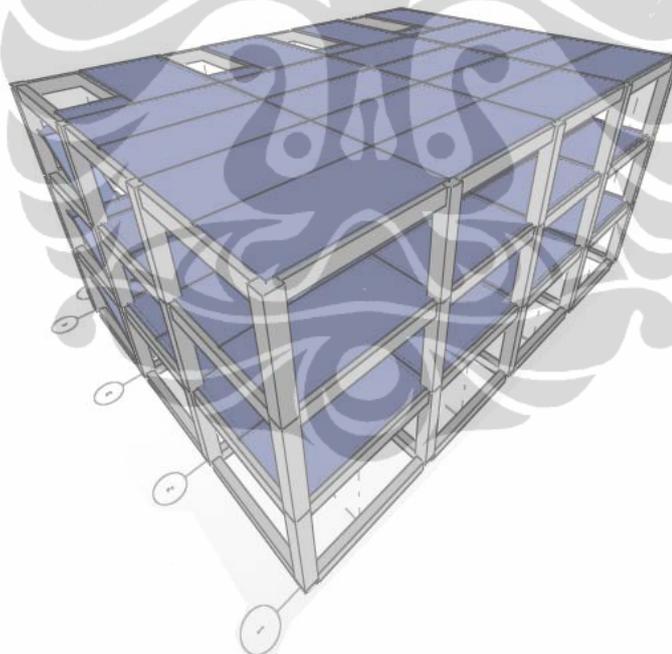
#### 4.1.4 Model Ruko Dengan Program SAP2000<sup>®</sup>

Modelisasi struktur adalah penyederhanaan sifat dan perilaku suatu struktur menjadi sebuah model matematis yang dapat diselesaikan, sehingga perilaku struktur dapat dianalisa. Modelisasi struktur Ruko dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SAP2000<sup>®</sup> keluaran CSI. Metode perhitungan matematis yang digunakan oleh program SAP2000<sup>®</sup> adalah metode Finite Element (FEM), dimana elemen dipotong menjadi bagian bagian kecil sehingga dapat mewakili sifat dari struktur secara keseluruhan.

Secara keseluruhan modelisasi struktur Ruko dilakukan sebanyak 12 model, yang terdiri dari 11 model variasi (Ruko dengan Dinding Bata), dan 1 model design awal struktur Ruko atau disain Ruko tanpa Dinding Bata.

#### 4.1.4.1 Model Ruko Dengan Dinding Bata Sebagai Beban Gravitasi

Sebagai pembanding dalam analisa variasi, dilakukan disain struktur awal (Model 0) dengan konfigurasi ruko, 4 ruko dalam satu blok dan tinggi 3 lantai. Pada model ini dinding bata tidak dimodelisasi sebagai diagonal strut, tetapi hanya di modelkan sebagai beban gravitasi yang bekerja pada balok-balok sisi Ruko. Sisi kiri-kanan dan belakang Ruko di isi dengan dinding bata penuh, sedangkan pada sisi depan Ruko di isi dengan dinding bata dengan bukaan Riil. Sisi depan, lantai dasar Ruko tidak diisi dengan dinding bata, sedangkan pada lantai atas dibuat dinding bata setinggi 1.2 m sebagai parimeter. Model dengan program SAP2000 ditunjukkan pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Modelisasi 3D Model 0 Dengan Program SAP2000

Model dianalisa secara elastis dengan memberikan gempa nominal berdasarkan peraturan SNI, wilayah gempa 5 dengan keadaan tanah lunak. Faktor reduksi gempa yang diambil adalah 5.5. Detail disain struktur dilakukan berdasarkan detail disain struktur SRPMM SNI. Hasil lengkap dapat dilihat pada Lampiran A. Moda getar alami utama struktur yang terjadi:

**Tabel 4.1** Moda Getar Struktur Model 0

Moda Getar ke-	Periode (s)	Arah Utama Moda
Mode 1	0.55751	Translasi X
Mode 2	0.54006	Translasi Y
Mode 3	0.47515	Rotasi Z

Gaya geser dasar terjadi akibat gempa spectrum ditunjukkan pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Gaya Geser Dasar Struktur Akibat Gempa Nominal

Arah Gaya Geser Dasar Struktur	Gaya Geser Dasar Struktur (kN)
Arah X	1,348.375
Arah Y	1,398.37

Penulangan Balok (Tumpuan) yang terpasang:

**Tabel 4.3** Penulangan Balok Model 0

Balok ID	Dimensi (mm <sup>2</sup> )	Tulangan Longitudinal Tumpuan		Tulangan Geser Tumpuan
		Atas	Bawah	
G1A	300 X 550	6D19	3D19	D10-150
G1B	300 X 550	5D19	3D19	D10-150
G1C	300 X 550	5D16	3D16	D10-150
G1D	300 X 550	3D19	2D19	D10-150
G2A	250 X 500	4D19	3D19	D10-150
G2B	250 X 500	5D16	3D16	D10-150
G2C	250 X 500	3D16	3D16	D10-150
G2D	250 X 500	4D16	3D16	D10-150

Penulangan Kolom yang terpasang:

**Tabel 4.4** Penulangan Kolom Model 0

Kolom ID	Dimensi (mm <sup>2</sup> )	Tulangan Longitudinal	Tulangan Geser
C1A	450 X 450	8D19	D10-150
C1B	450 X 450	8D19	D10-150
C1C	450 X 450	8D19	D10-150

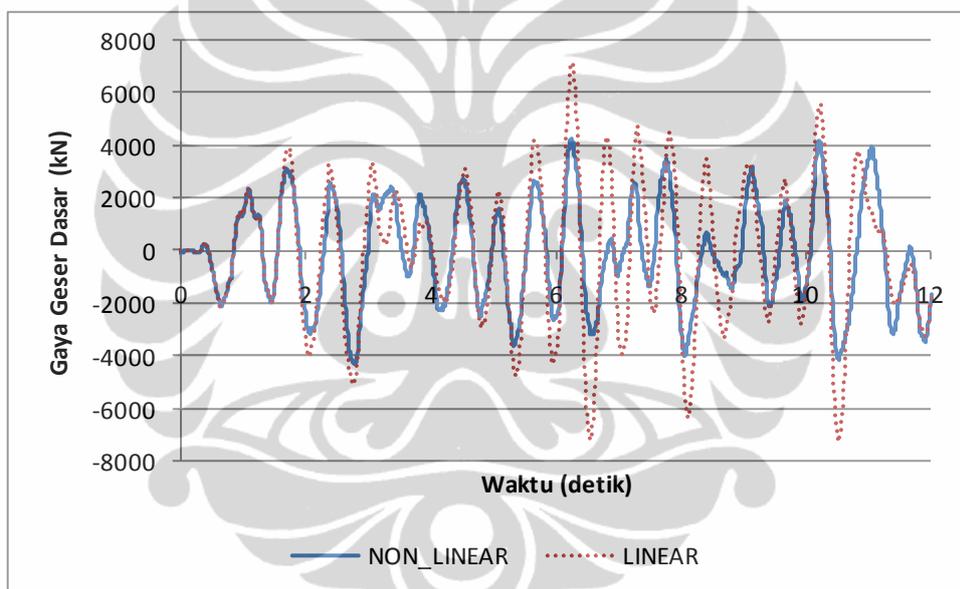
Simpangan struktur yang terjadi akibat gempa nominal ( $\delta$ ) adalah 24.3 mm. Simpangan struktur dalam kondisi diambang keruntuhan menurut SNI 03-1726-2002 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung) pasal 8.2.1 adalah

$$\delta \times 0.7 R = 24.3 \text{ mm} \times 0.7 (5.5) = 93.55 \text{ mm}$$

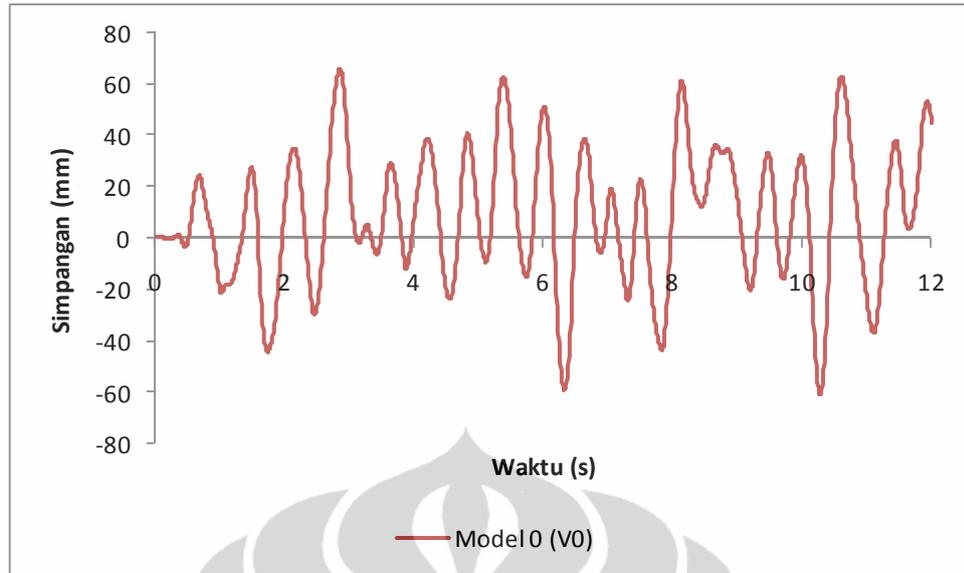
Bila struktur Model 0 dianggap tetap dalam kondisi elastis dan dianalisa terhadap gempa maksimum, simpangan yang terjadi adalah 92.16 mm.

Model 0 kemudian dianalisa secara inelastis dengan memberikan beban percepatan gempa yang Respons spektrumnya sudah disesuaikan dengan Respons spektrum gempa SNI wilayah 5 tanah Lunak. Pada ujung-ujung elemen balok utama dan kolom diberikan kondisi sendi plastis dengan menambahkan *hinge* pada program SAP2000. Properti sendi plastis diambil berdasarkan FEMA 356, Tabel 6-7 untuk Balok beton dan Tabel 6-8 untuk Kolom beton.

Dengan model seperti ini, didapat gaya geser dasar inelastis Model 0 seperti pada Gambar 4.6. Simpangan struktur inelastis Model 0 ditunjukkan pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.6** Gaya Geser Dasar Inelastis Model 0



**Gambar 4.7** Simpangan Struktur Inelastis Model 0

**Tabel 4.5** Gaya Geser Dasar Model 0 Terhadap Gempa Maksimum (Analisa Riwayat Waktu)

Gaya Geser Dasar Struktur	Elastis		Inelastis	
	Arah X (kN)	Arah Y (kN)	Arah X (kN)	Arah Y (kN)
Maximum	7,114.33	2,019.30	4,276.05	1,797.09
Minimum	-7,215.11	-2,492.70	-4,274.98	-2,066.49

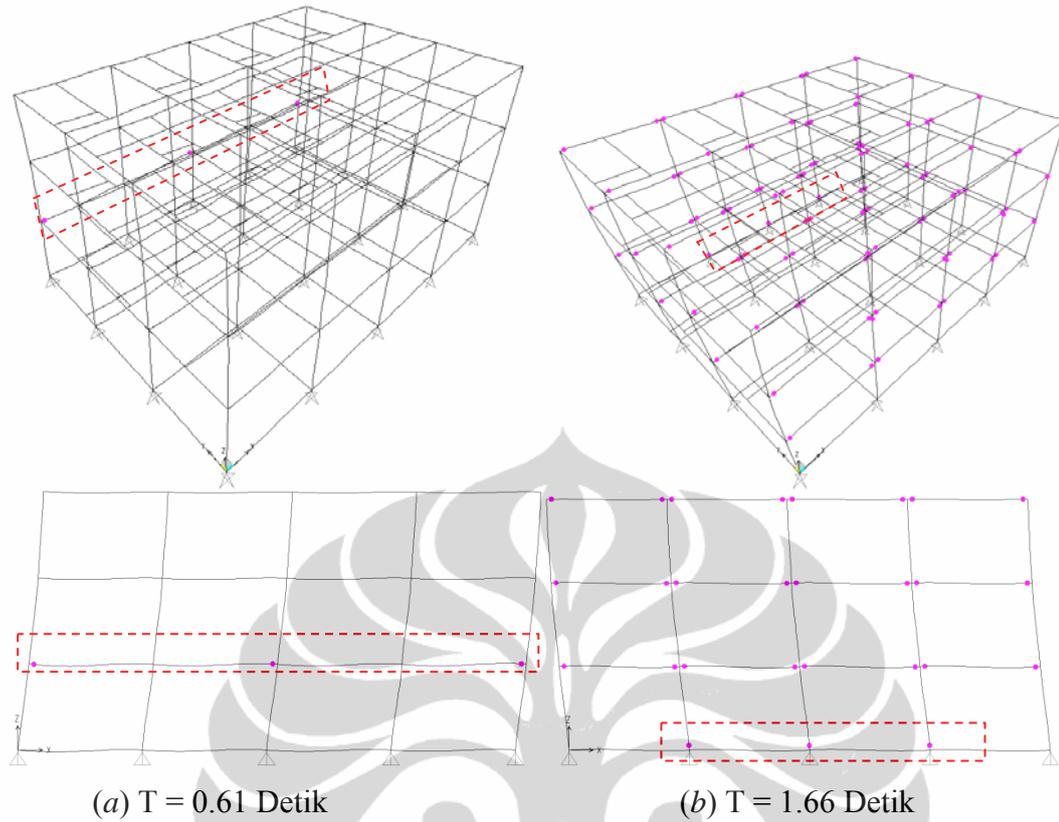
(Gempa yang bekerja 100% arah X + 30% arah Y)

**Tabel 4.6** Simpangan Struktur Inelastis Model 0 Terhadap Gempa Maksimum (Analisa Riwayat Waktu)

Simpangan Struktur	Elastis (mm)	Inelastis (mm)
Maximum	92.19	65.85
Minimum	-84.41	-60.69

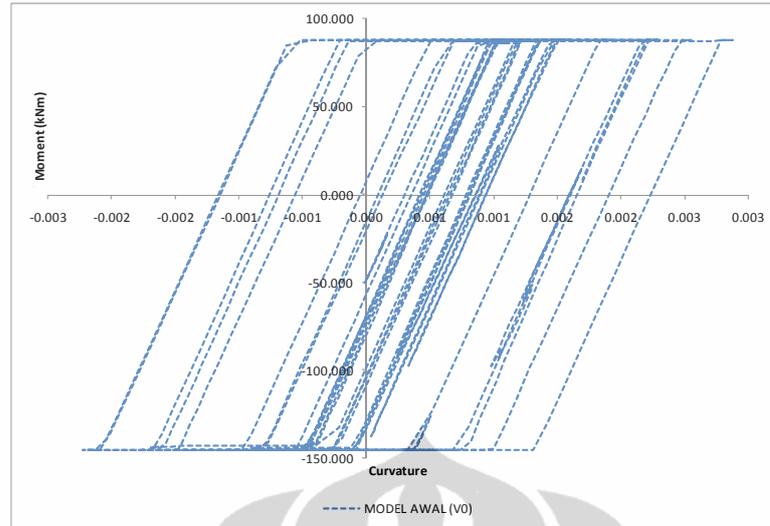
Leleh pertama terjadi pada 0.61 detik dengan simpangan struktur 19.12 mm. Leleh pertama terjadi pada balok lantai 1 sisi belakang Ruko. Leleh kolom pertama terjadi pada 1.66 detik. Pola pelelehan elemen struktur yang terjadi dimulai dari pelelehan seluruh balok lantai 1, kemudian diikuti dengan balok pada lantai 2, dan terakhir pada balok lantai 3. Setelah elemen balok leleh, elemen kolom lantai 1 mulai mengalami leleh pada bagian dasar kolom. Karena sudah diketahui simpangan struktur pada leleh pertama dan simpangan struktur maksimum, maka daktilitas struktur dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$\mu = \Delta_{max} / \Delta_y = 65.85 / 19.12 = 3.44$$

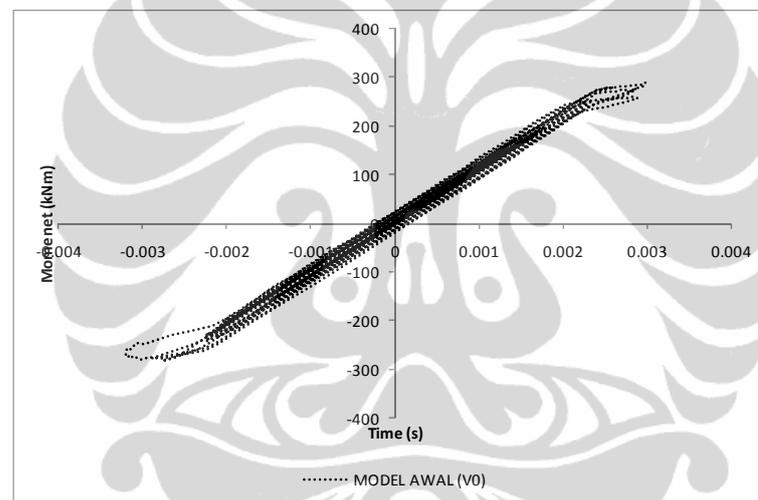


**Gambar 4.8** Elemen Balok dan Kolom Yang Mengalami Leleh Model 0

Gambar 4.9 menunjukkan hubungan momen – curvature dari Balok yang mengalami leleh pertama (balok ID 59). Sedangkan Gambar 4.10 menunjukkan hubungan momen – curvature dari Kolom yang mengalami leleh pertama (Kolom ID 238). Sehingga daktilitas elemen Balok yang ditinjau adalah 3.338 dan daktilitas elemen Kolom yang ditinjau adalah 2.175.

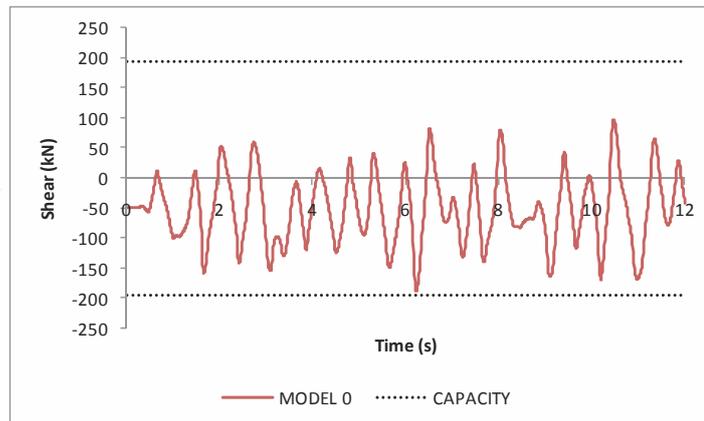


**Gambar 4.9** Momen - Curvature Balok Leleh Pertama Model 0

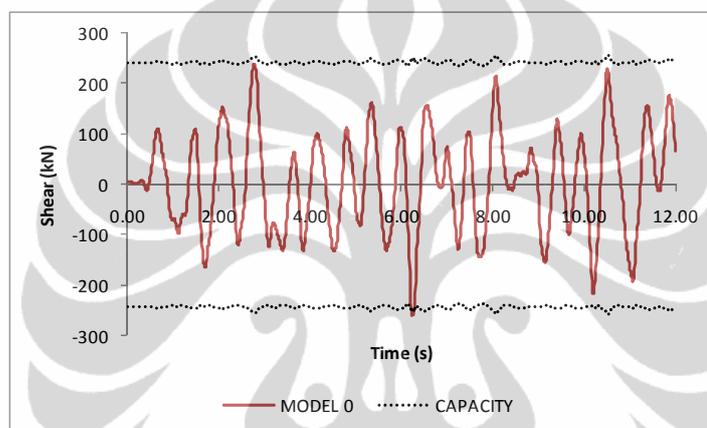


**Gambar 4.10** Momen - Curvature Kolom Leleh Pertama Model 0

Untuk pengecekan gaya dalam geser elemen balok dan kolom, diambil dari elemen yang pertama leleh. Kapasitas balok dan kolom diambil dari tulangan geser yang terpasang. Balok yang dicek terhadap kapasitas geser adalah Balok ID 59, sedangkan Kolom yang dicek terhadap kapasitas geser adalah Kolom ID 238. Hasil pengecekan ditunjukkan pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



**Gambar 4.11** Gaya Dalam Geser Elemen Balok Model 0



**Gambar 4.12** Gaya Dalam Geser Elemen Kolom Model 0

#### 4.1.4.2 Model Ruko Dengan Dinding Bata

Model Ruko dengan dinding bata merupakan disain lanjutan dari Model 0 yang telah dimodifikasi. Dimensi dan penulangan setiap elemen masih digunakan sama seperti Model 0, hanya saja model ditambahkan dengan model Diagonal Compression Strut sebagai model dinding bata pada sisi Ruko. Elemen diagonal strut hanya menahan gaya tekan aksial, sehingga pada ujung ujung elemen dibebaskan terhadap momen dan torsi dan dibatasi untuk tidak menerima gaya tarik. Untuk perilaku inelastic diberikan hinge (sendi plastis) pada bagian tengah strut. Tipe kegagalan sendi plastis untuk strut ada tipe kegagalan getas.

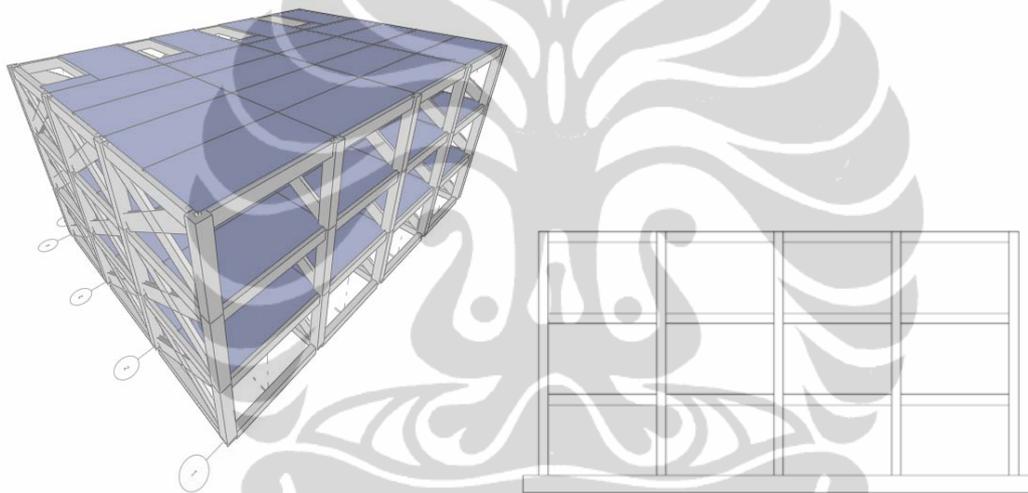
Ada 11 model struktur Ruko yang dilakukan, hal ini disesuaikan dengan variasi yang dilakukan. 7 model untuk variasi konfigurasi bukaan (Model A-1 sampai Model A-7), 3 model untuk variasi jumlah Ruko (Model B-1 sampai Model B-3), 3 model untuk variasi jumlah lantai (Model C-1 sampai Model C-3),

dan 2 model untuk variasi eksitasi beban dinamik (Model D-1 dan Model D-2). Hanya saja Model A-6, Model B-2, Model C-2, Model D-2 merupakan satu model.

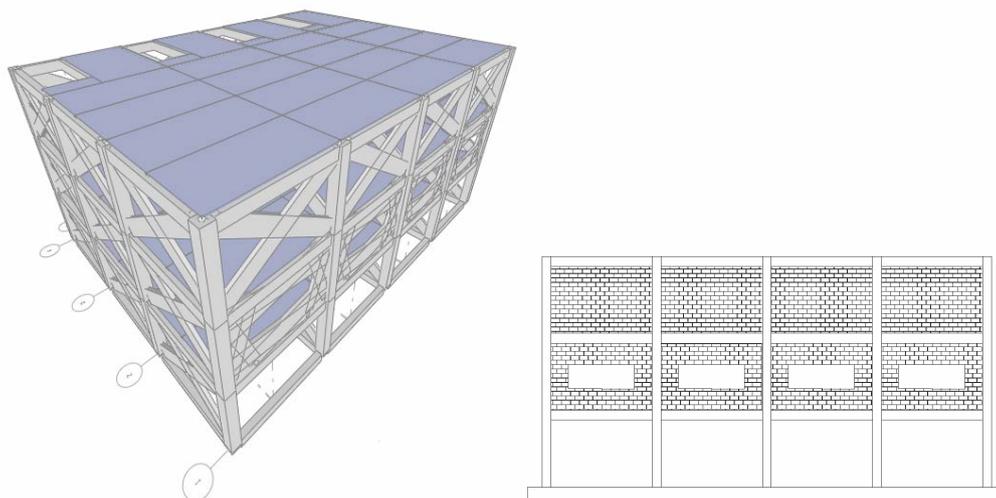
#### 4.2 Variasi konfigurasi Bukaan Dinding Bata

Variasi konfigurasi bukaan pada dinding bata hanya dilakukan pada dinding bata bagian depan Ruko saja. Untuk variasi konfigurasi bukaan dinding bata digunakan 7 model yang berbeda. Pembagian model ini dilakukan sesuai dengan variasi pada Tabel 3.5.

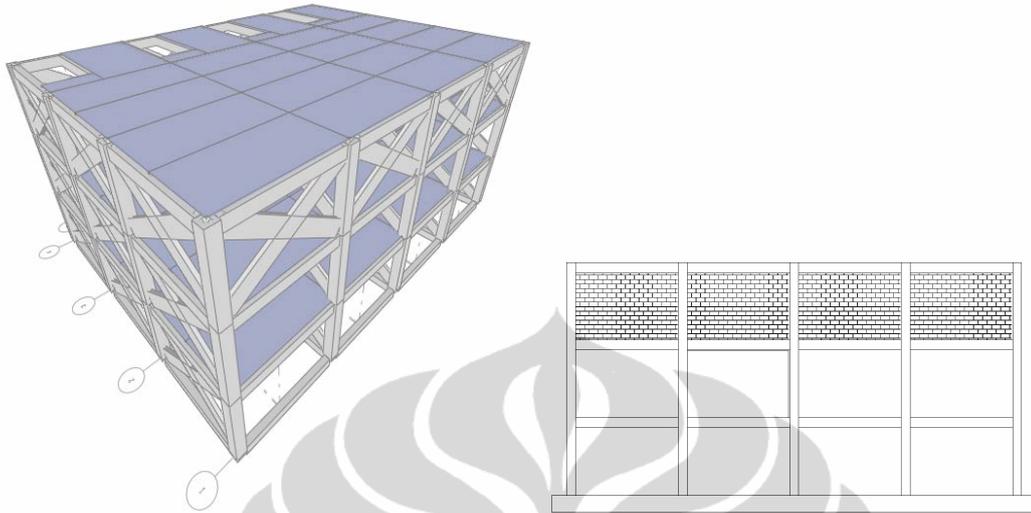
**Model A-1** digunakan untuk variasi dimana tidak terdapat dinding bata (bukaan penuh) pada bagian depan Ruko.



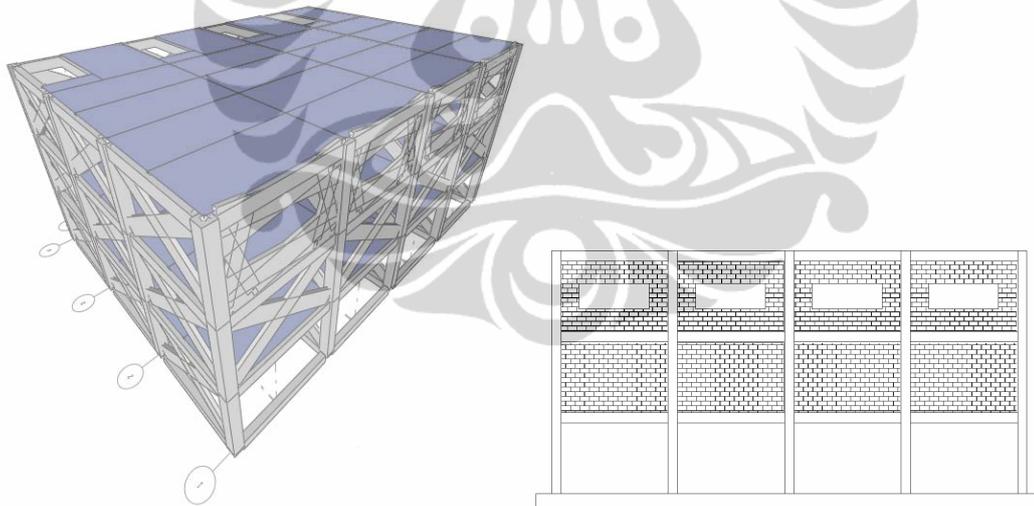
**Model A-2** digunakan untuk variasi dimana dinding bata pada lantai 2 terdapat bukaan riil dan lantai 3 tertutup penuh.



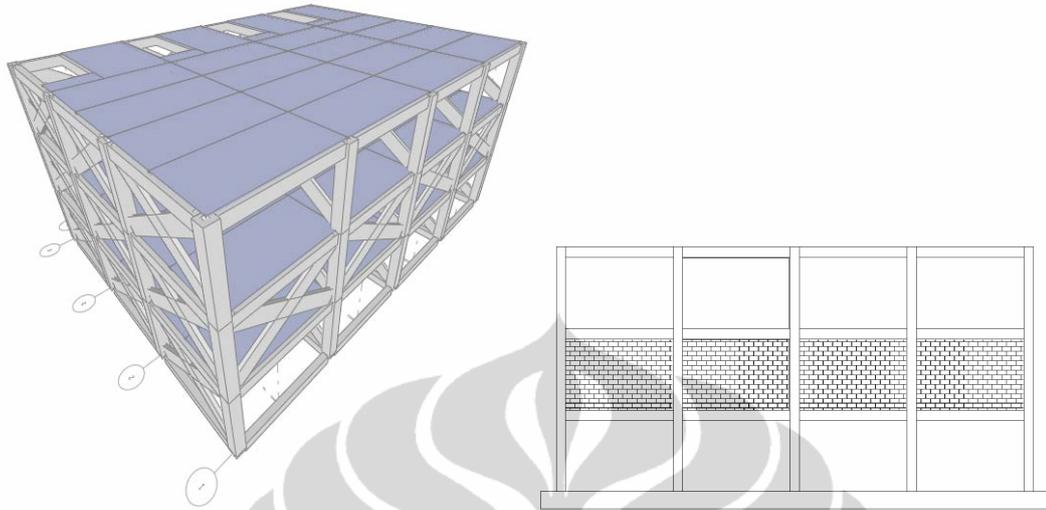
**Model A-3** digunakan untuk variasi dimana dinding bata pada lantai 2 tidak terdapat dinding bata (bukaan penuh) dan lantai 3 tertutup penuh.



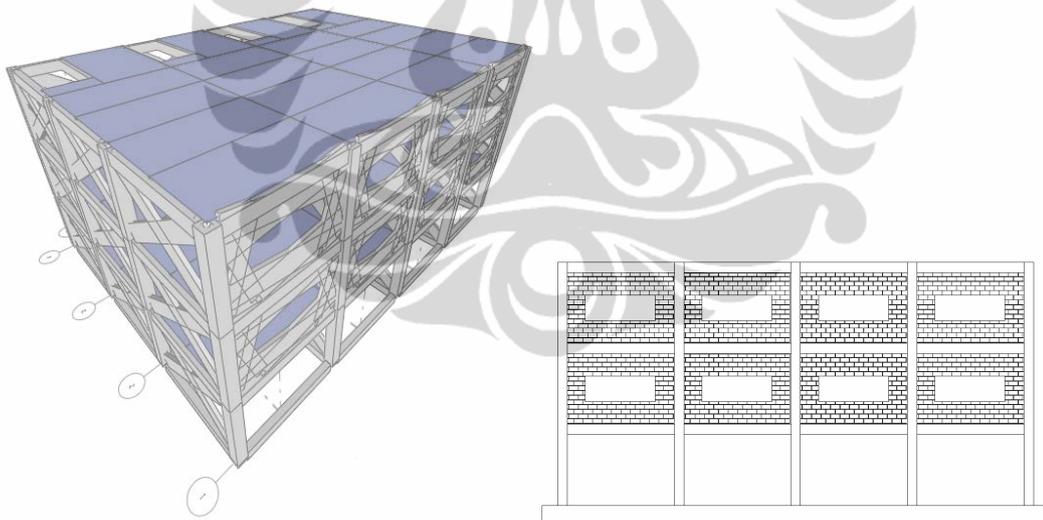
**Model A-4** digunakan untuk variasi dimana dinding bata pada lantai 3 terdapat bukaan riil dan lantai 2 tertutup penuh.



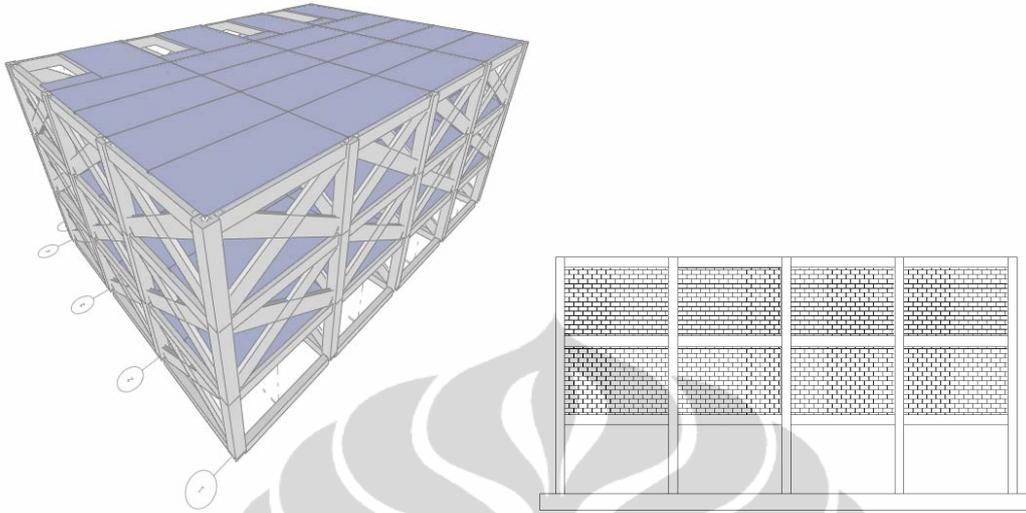
**Model A-5** digunakan untuk variasi dimana dinding bata pada lantai 3 tidak terdapat dinding bata (bukaan penuh) dan lantai 2 tertutup penuh.



**Model A-6** digunakan untuk variasi dimana dinding bata pada lantai 2 dan 3 terdapat bukaan riil.

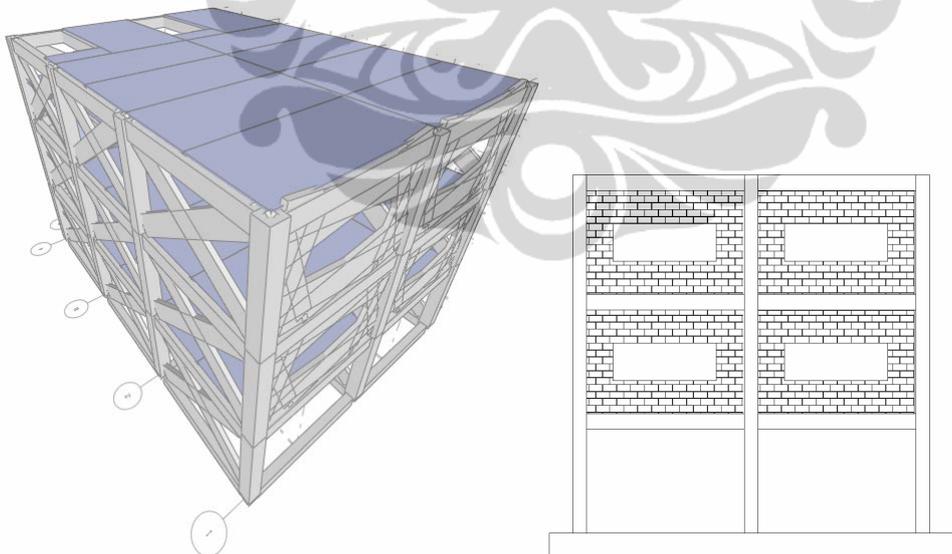


**Model A-7** digunakan untuk variasi dimana dinding bata pada lantai 2 dan 3 tidak terdapat dinding bata (bukaan penuh).

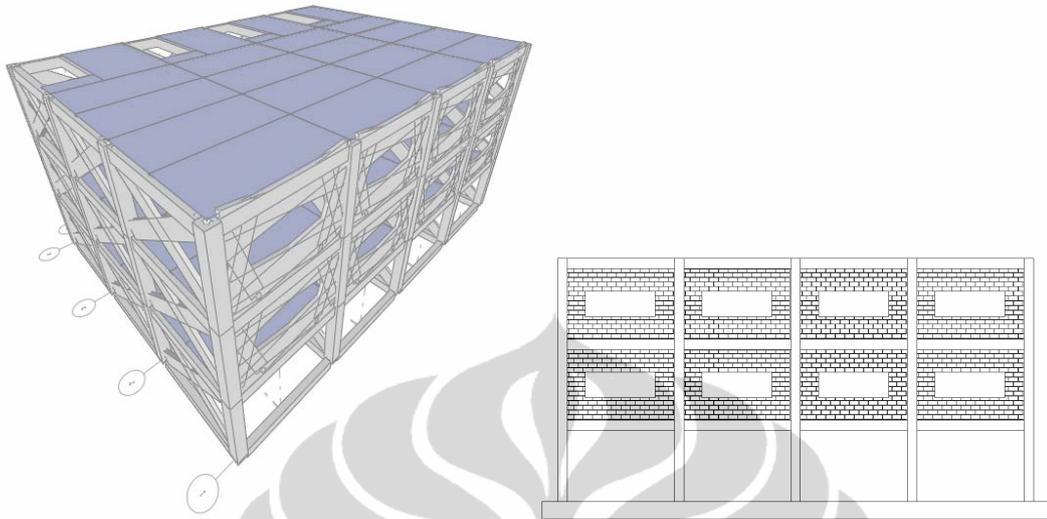


#### 4.3 Variasi Jumlah Ruko

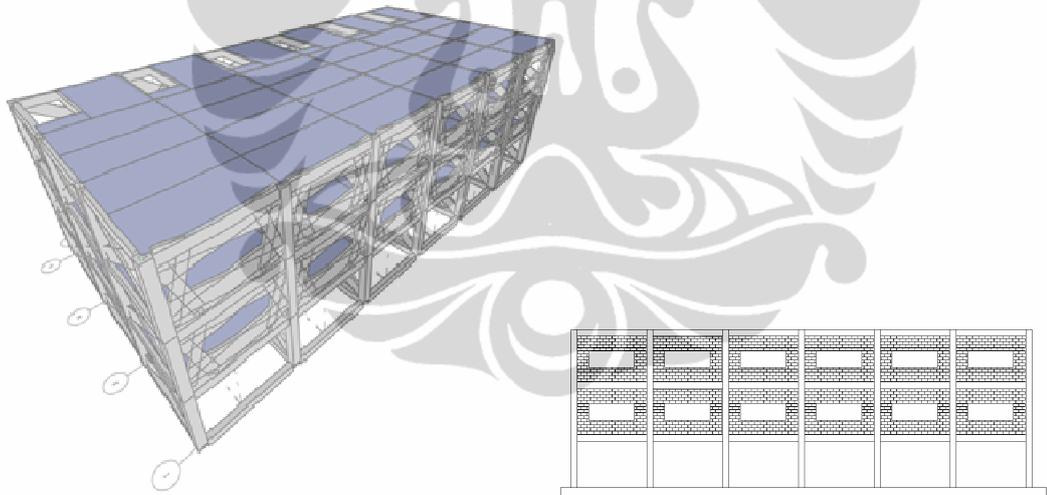
**Model B-1** digunakan untuk variasi dimana terdapat 2 Ruko dalam satu blok dengan dinding bata pada lantai 2 dan 3 terdapat bukaan riil.



**Model B-2** digunakan untuk variasi dimana dinding bata pada lantai 2 dan 3 terdapat bukaan riil.

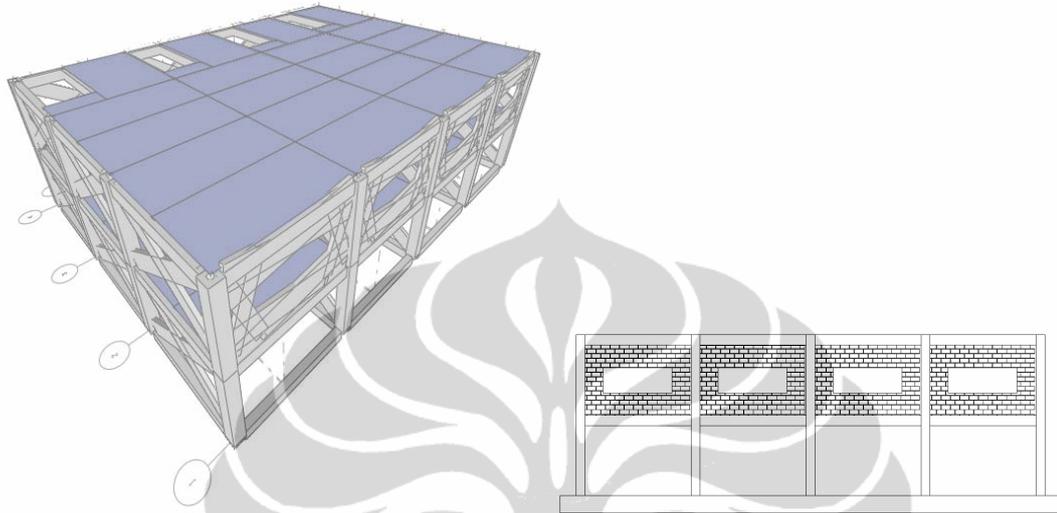


**Model B-3** digunakan untuk variasi dimana terdapat 6 Ruko dalam satu blok dengan dinding bata pada lantai 2 dan 3 terdapat bukaan riil.

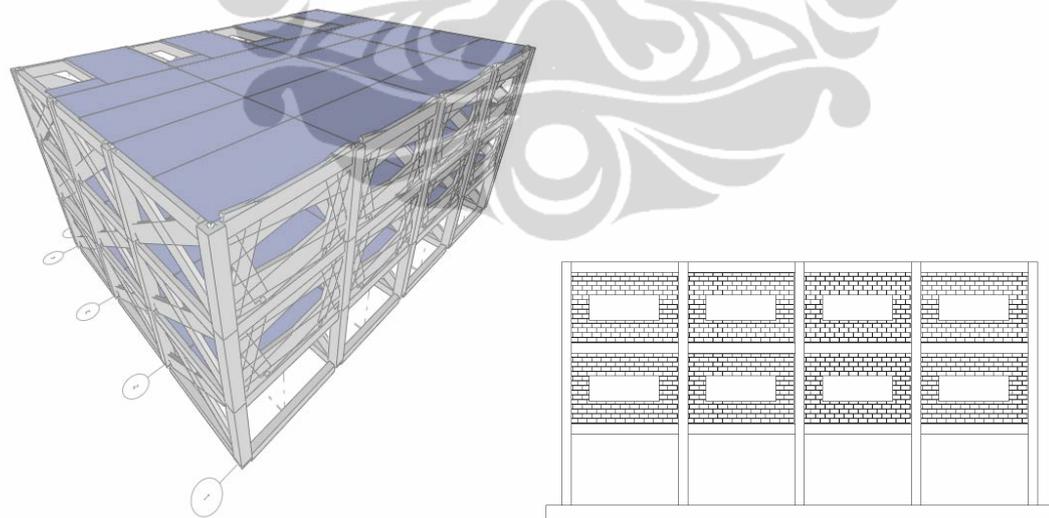


#### 4.4 Variasi Jumlah Lantai Ruko

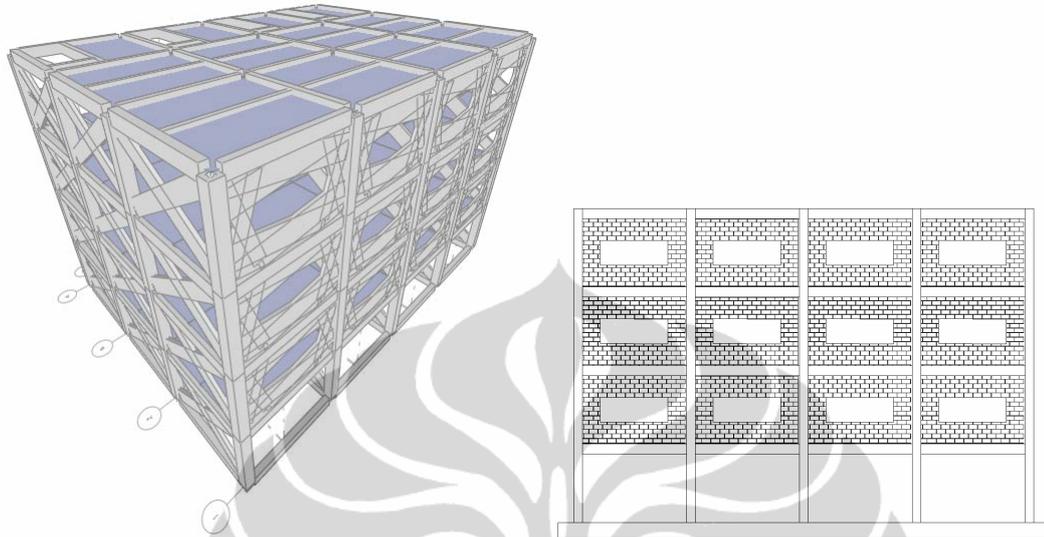
**Model C-1** digunakan untuk variasi dimana Ruko mempunyai 2 lantai dengan dinding bata pada lantai 2 terdapat bukaan riil.



**Model C-2** digunakan untuk variasi dimana dinding bata pada lantai 2 dan 3 terdapat bukaan riil.

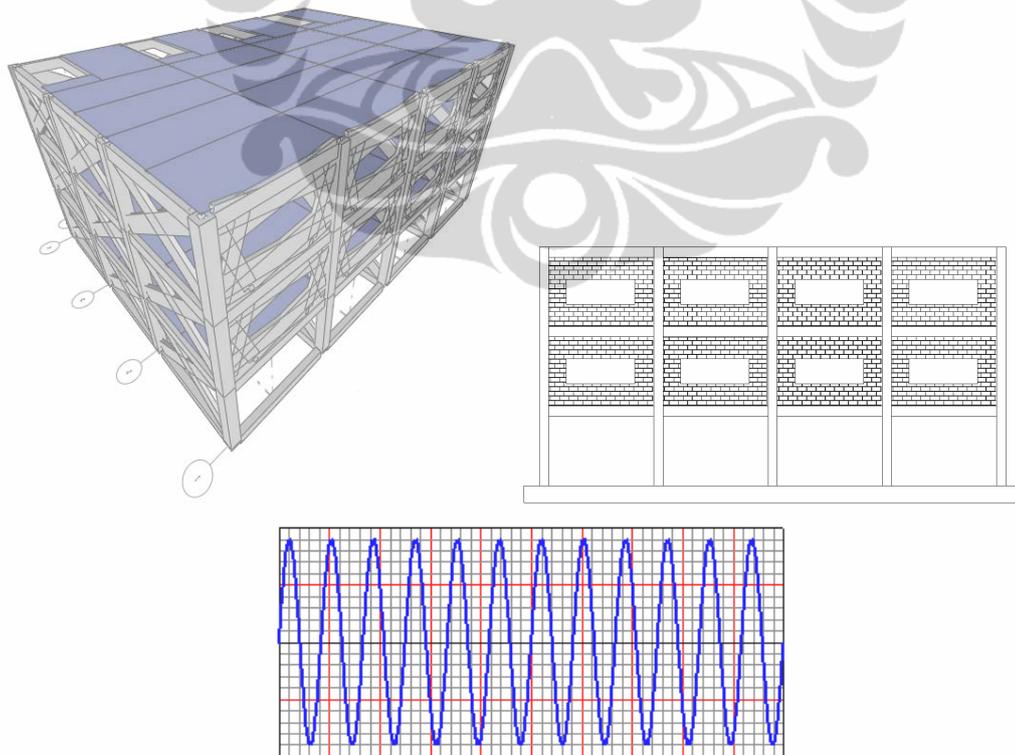


**Model C-3** digunakan untuk variasi dimana Ruko mempunyai 4 lantai dengan dinding bata pada semua lantai mempunyai bukaan riil.



#### 4.5 Variasi Eksitasi Beban Dinamik

**Model D-1** sama halnya dengan Model D-2, Model A-6, Model B-2 dan Model C-2, hanya saja eksitasi yang diberikan berbentuk percepatan sinusoidal.



**Gambar 4.13** Eksitasi Beban Sinusoidal Yang Dikerjakan Pada Model D-1