

# *Earthquake Resistant Design of High-Rise Building Based On The Newest Indonesian National Standard*



Forensic Civil Engineering Seminar 2016 (FoRCES), UTM,  
4-5 Oktober, Kuala Lumpur, Malaysia

**Prof. Dr. Ir. Antonius, MT**



**Universitas Islam Sultan Agung  
Department of Civil Engineering**



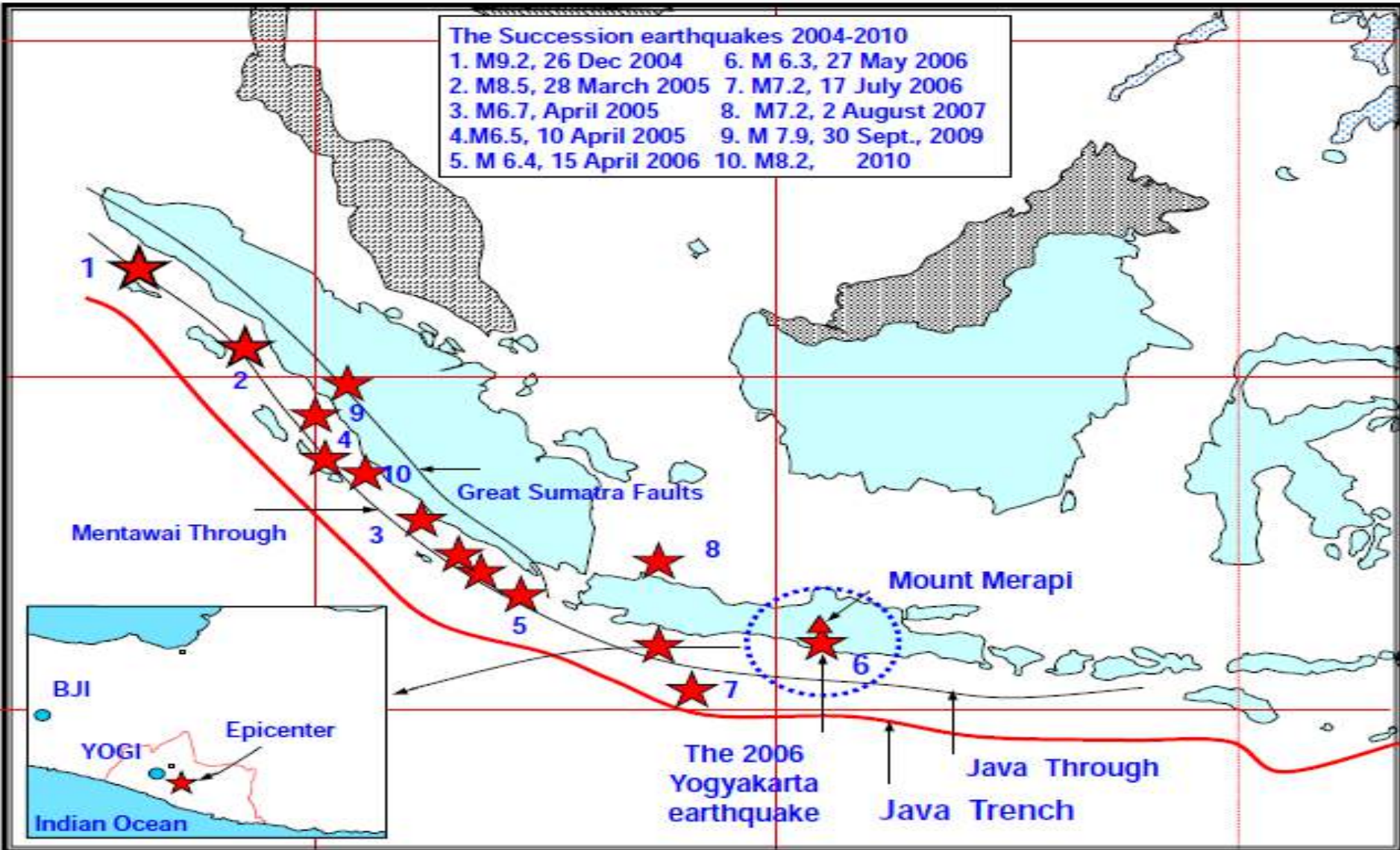
# **RECENT EATHQUAKES AND THEIR IMPACT ON STRUCTURES**



# A Series of Earthquake Events in Indonesia (2004-2010)

## The Succession earthquakes 2004-2010

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| 1. M9.2, 26 Dec 2004    | 6. M 6.3, 27 May 2006    |
| 2. M8.5, 28 March 2005  | 7. M7.2, 17 July 2006    |
| 3. M6.7, April 2005     | 8. M7.2, 2 August 2007   |
| 4. M6.5, 10 April 2005  | 9. M 7.9, 30 Sept., 2009 |
| 5. M 6.4, 15 April 2006 | 10. M8.2, 2010           |



# MAJOR DISASTERS IN INDONESIA

DISASTER	LOCATION	VICTIMS
Earthquake and Tsunami	Aceh, December 26th 2004	186.983 died, 42.883 lost (United Nations)
Earthquake	Yogyakarta , May 27th 2006	> 6000 died
Earthquake	West Sumatera , September 30th 2009	6.234 died (SATKORLAK PB)
Earthquake and Landslide	Cianjur (West Java), September 2nd 2009	33 died
Flood	Wasior , October 4th 2010	158 died
Tsunami	Mentawai, October 25th 2010	286 died, 252 lost
Volcano eruption	Yogyakarta, November 5th 2010	275 died (BNPB)
Tornado	South Sulawesi, March 19th 2012	1 died
Earthquake	Aceh and Sumatra, April 11st 2012	4 died

# Overall Physical Damages on Suburban Houses due to the 2006 Yogyakarta Earthquake

	Totally destroyed	Damaged	Total	Private	Public
Yogyakarta Province	88,249	98,342	186,591	186,591	0
Bantul	46,753	33,137	79,889	79,889	
Sleman	14,801	34,231	49,031	49,031	
Gunung Kidul	15,071	17,967	33,038	33,038	
Yogyakarta City	4,831	3,591	8,422	8,422	
Kulonprogo	6,793	9,417	16,210	16,210	
Central Java	68,414	103,689	172,103	172,103	0
Klaten	65,849	100,817	166,666	166,666	
Sukoharjo	1,185	488	1,673	1,673	
Magelang	499	729	1,228	1,228	
Purworejo	144	760	904	904	
Boyolali	715	825	1,540	1,540	
Wonogiri	23	70	93	93	
<b>Total</b>	<b>156,662</b>	<b>202,031</b>	<b>358,693</b>	<b>358,693</b>	<b>0</b>

*Source: Estimates of Joint Assessment Team*

# Death toll and number of people injured during the 2006 Yogyakarta Earthquake

Province and District	Death Toll	Number Injured
Yogyakarta	4,659	19,401
Bantul	4,121	12,026
Sleman	240	3,792
Yogyakarta City	195	318
Kulonprogo	22	2,179
Gunung Kidul	81	1,086
Central Java	1,057	18,526
Klaten	1,041	18,127
Magelang	10	24
Boyolali	4	300
Sukoharjo	1	67
Wonogiri	-	4
Purworejo	1	4
Total	5,716	37,927

*Source: Yogyakarta Media Center, June 7, 2006*



# ***Earthquake Resistant Design of Structure***

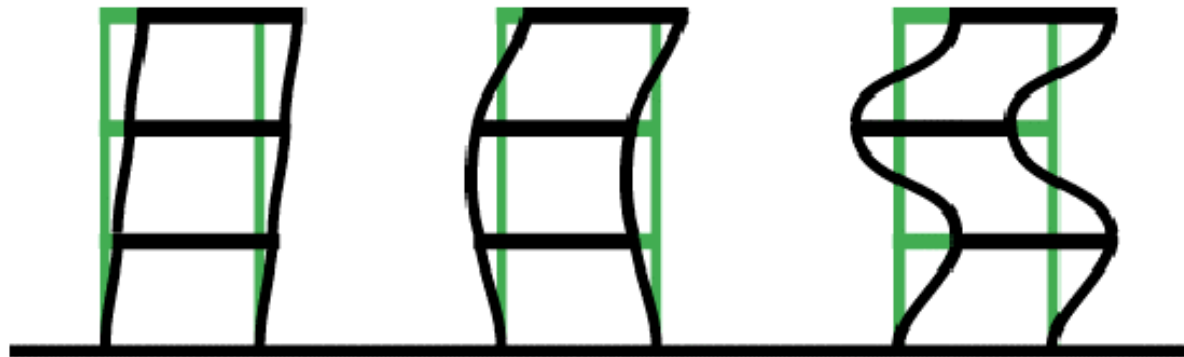


# Mode of Vibration

---

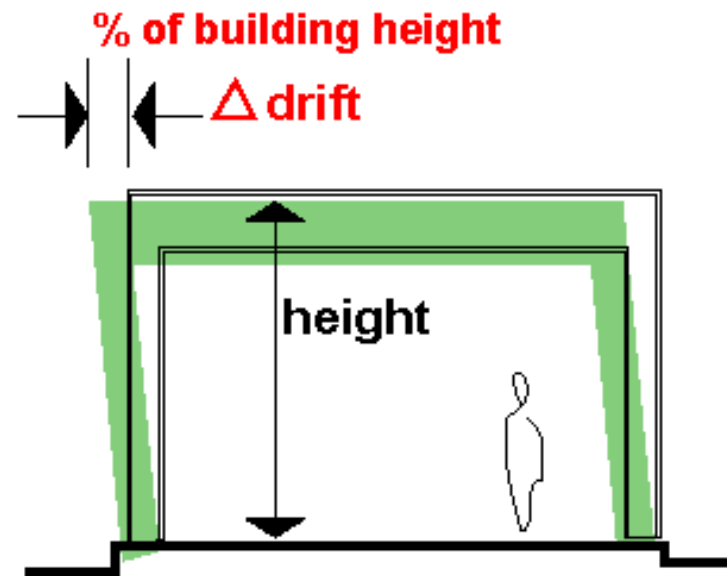
## MODES OF VIBRATION

**Tall buildings** will undergo several **modes of vibration**, but for seismic purposes (except for very tall buildings) the **fundamental period**, or first mode is usually the most significant.



## DRIFT and DEFORMATION

story drift ratio



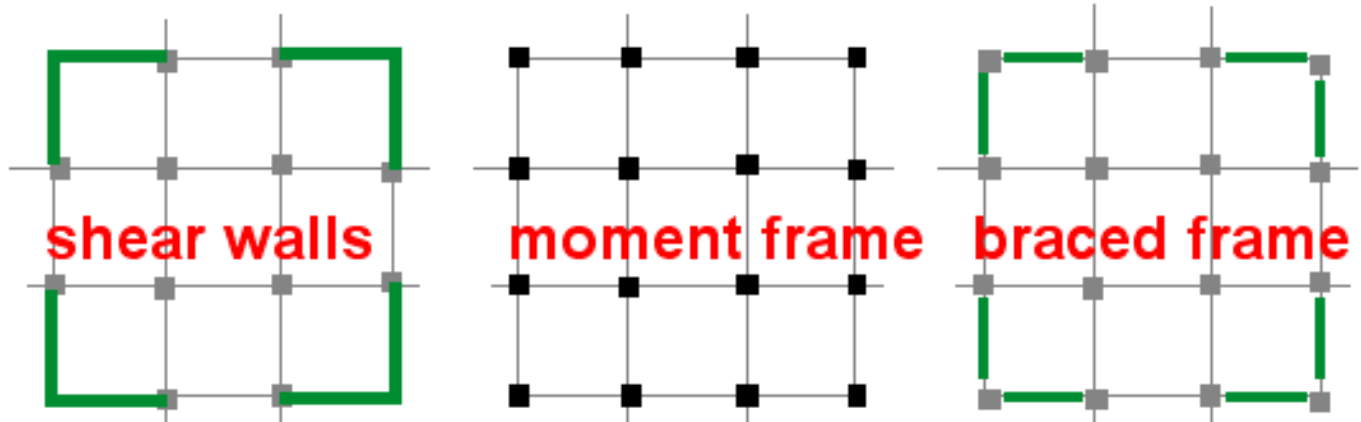


# ***System of Earthquake Resistant Design***

# Structural Basic

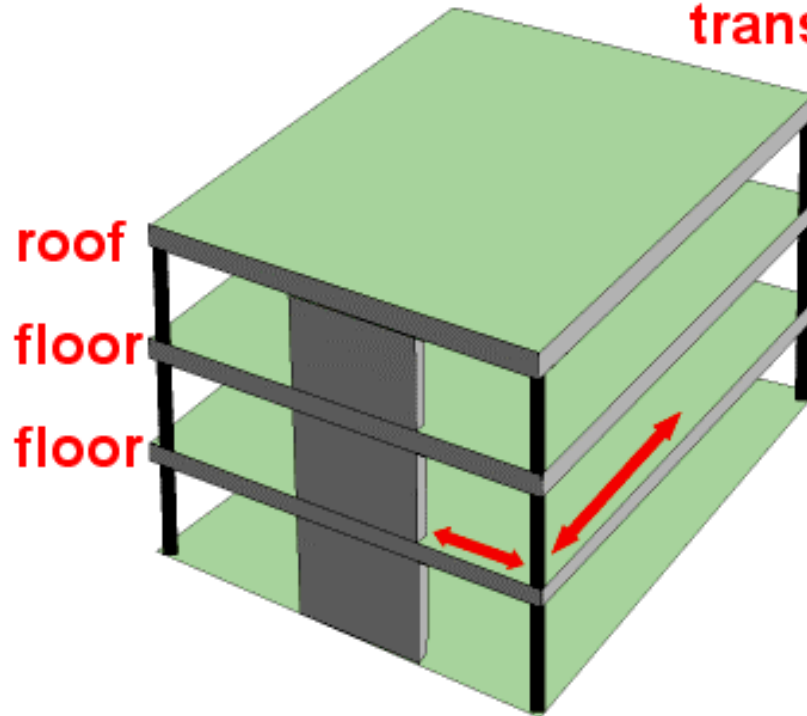
## LATERAL FORCE RESISTING SYSTEMS

basic types



# Diafragma

the roof and floor structures  
**transfer the lateral forces**  
to the columns and  
shear walls

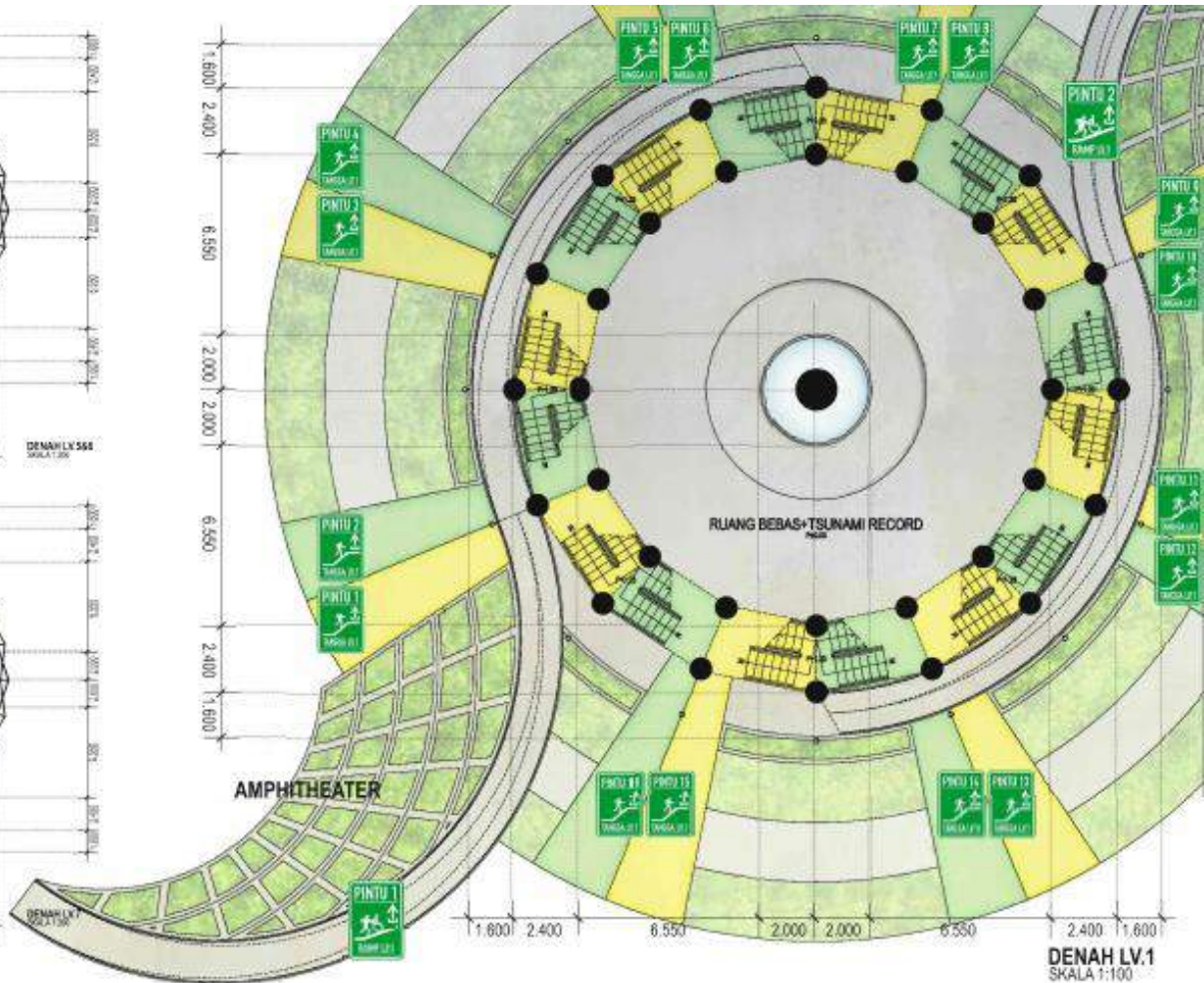
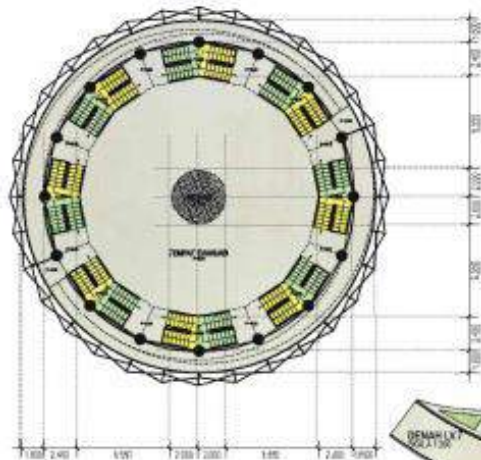
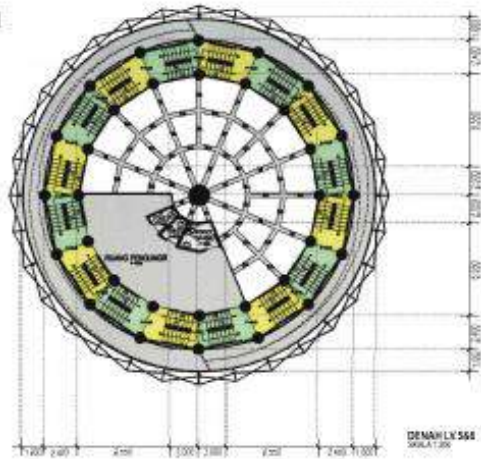


An aerial architectural rendering of a modern building complex. The central feature is a large, curved building with a facade of perforated metal panels. At the top of this building is a circular courtyard with a central paved area and a fountain. The building is surrounded by lush greenery, including trees and a large, curved green roof structure. In the background, a cityscape with various buildings and a road is visible under a bright sky with a sun flare.

Geometry factor: Ideal

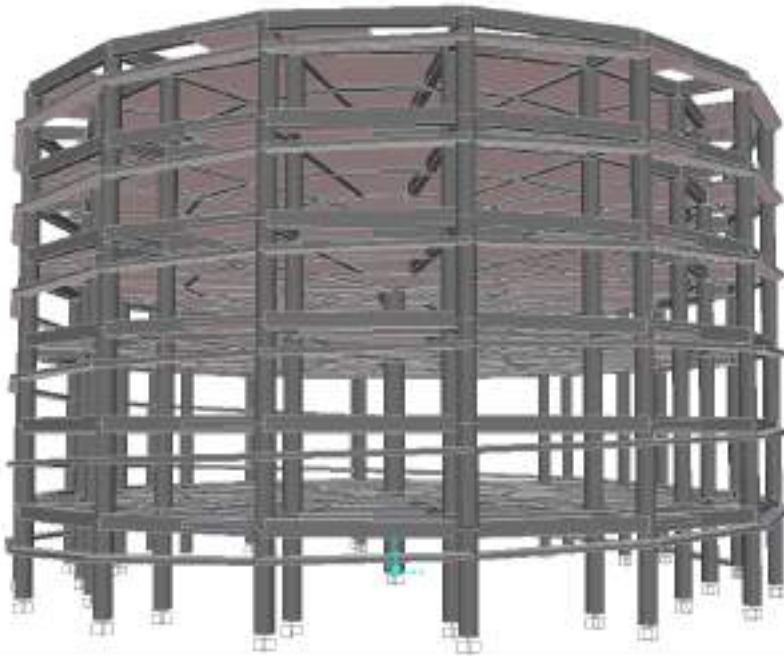


DENAH  
LAYOUT PLAN

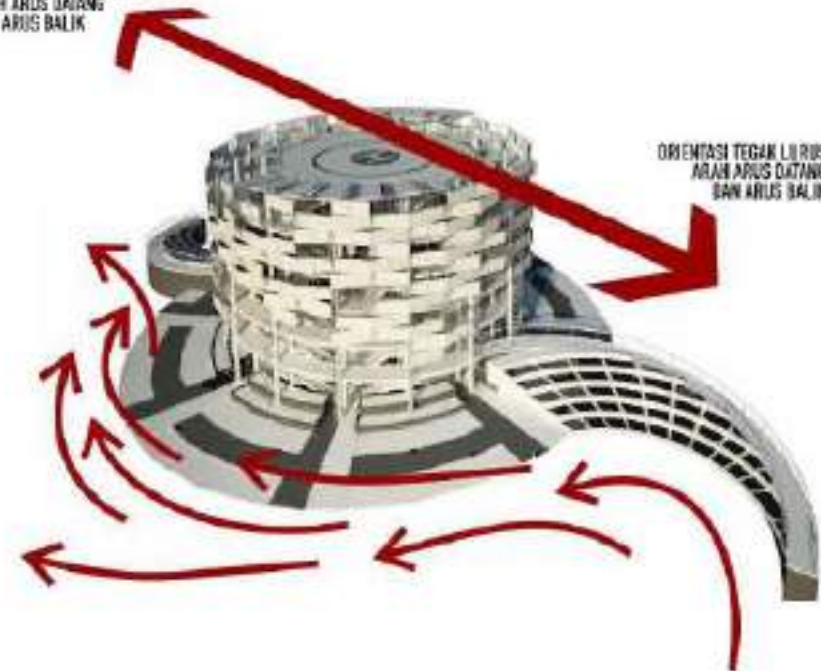




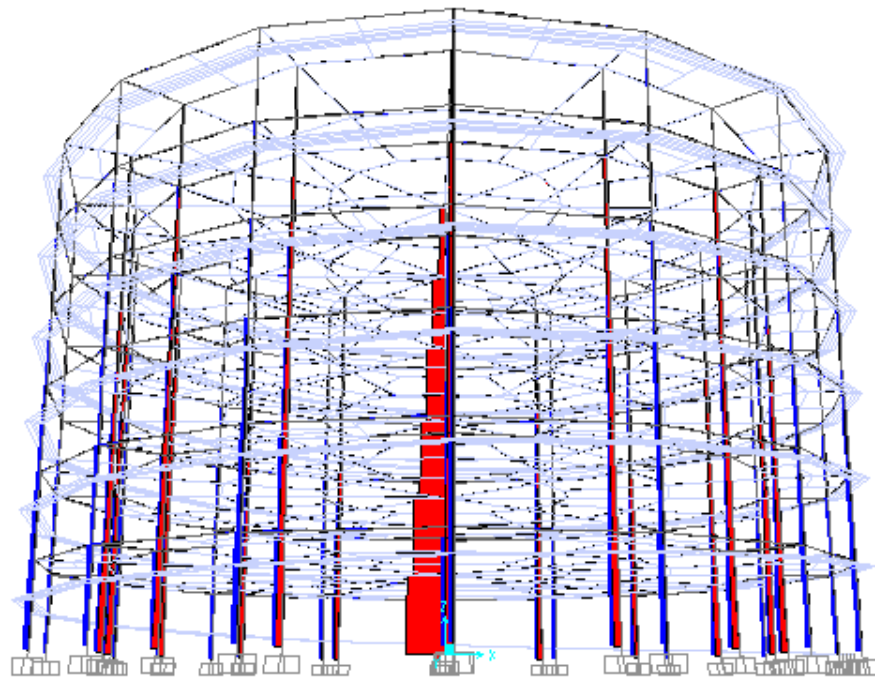
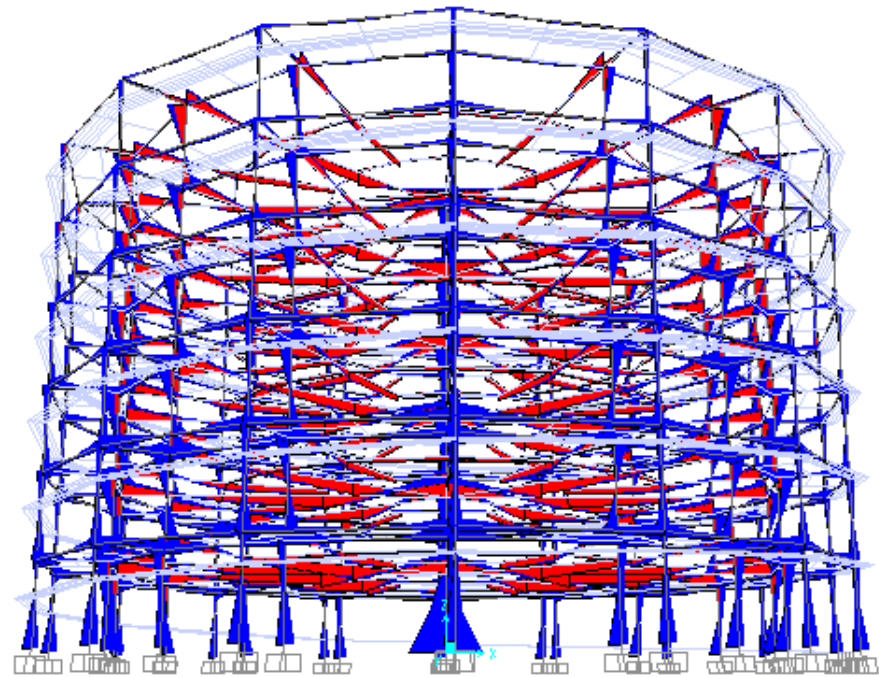
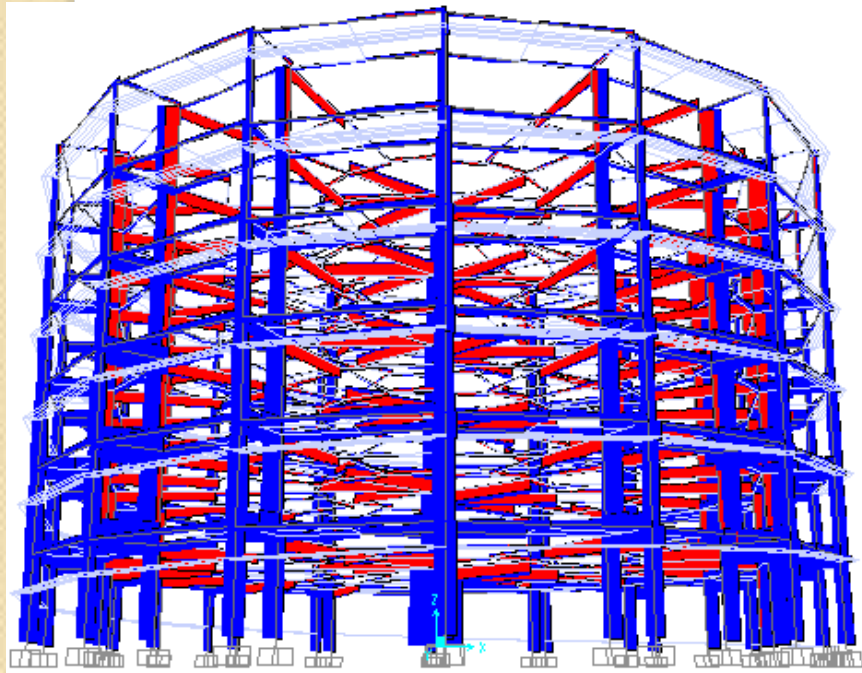
# IDEALISASI SISTEM STRUKTUR

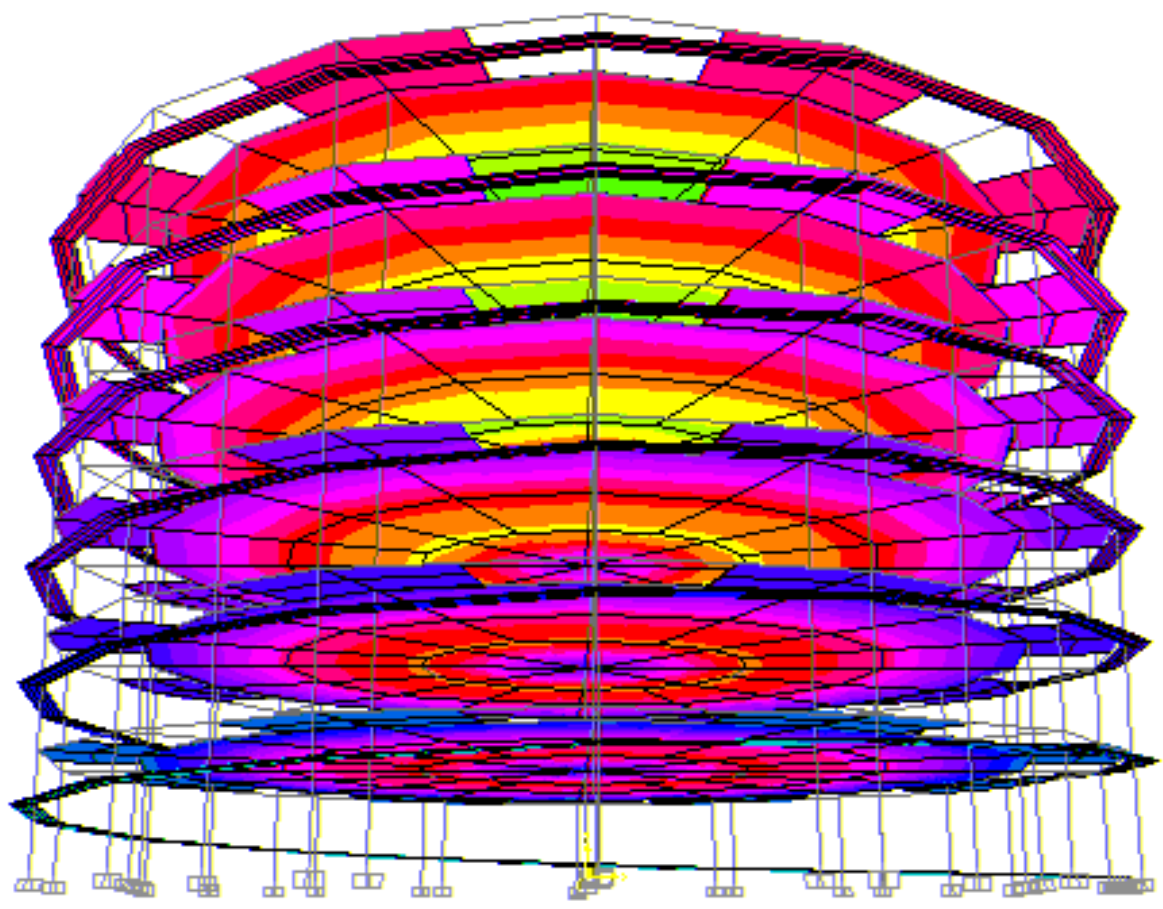


ORIENTASI TEGAK LURUS  
ARAH ARUS DATANG  
DAN ARUS BALIK



ORIENTASI TEGAK LURUS  
ARAH ARUS DATANG  
DAN ARUS BALIK

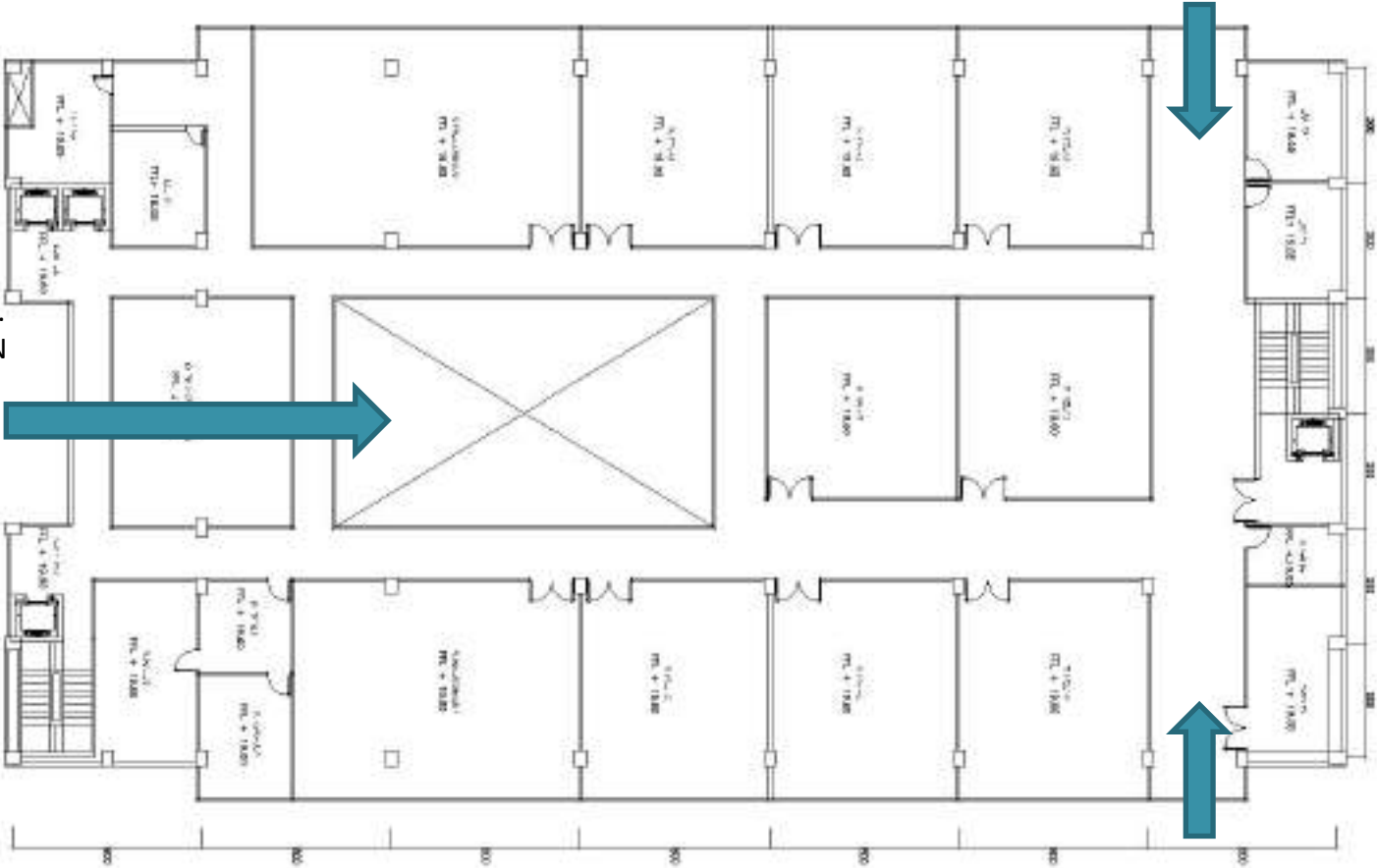




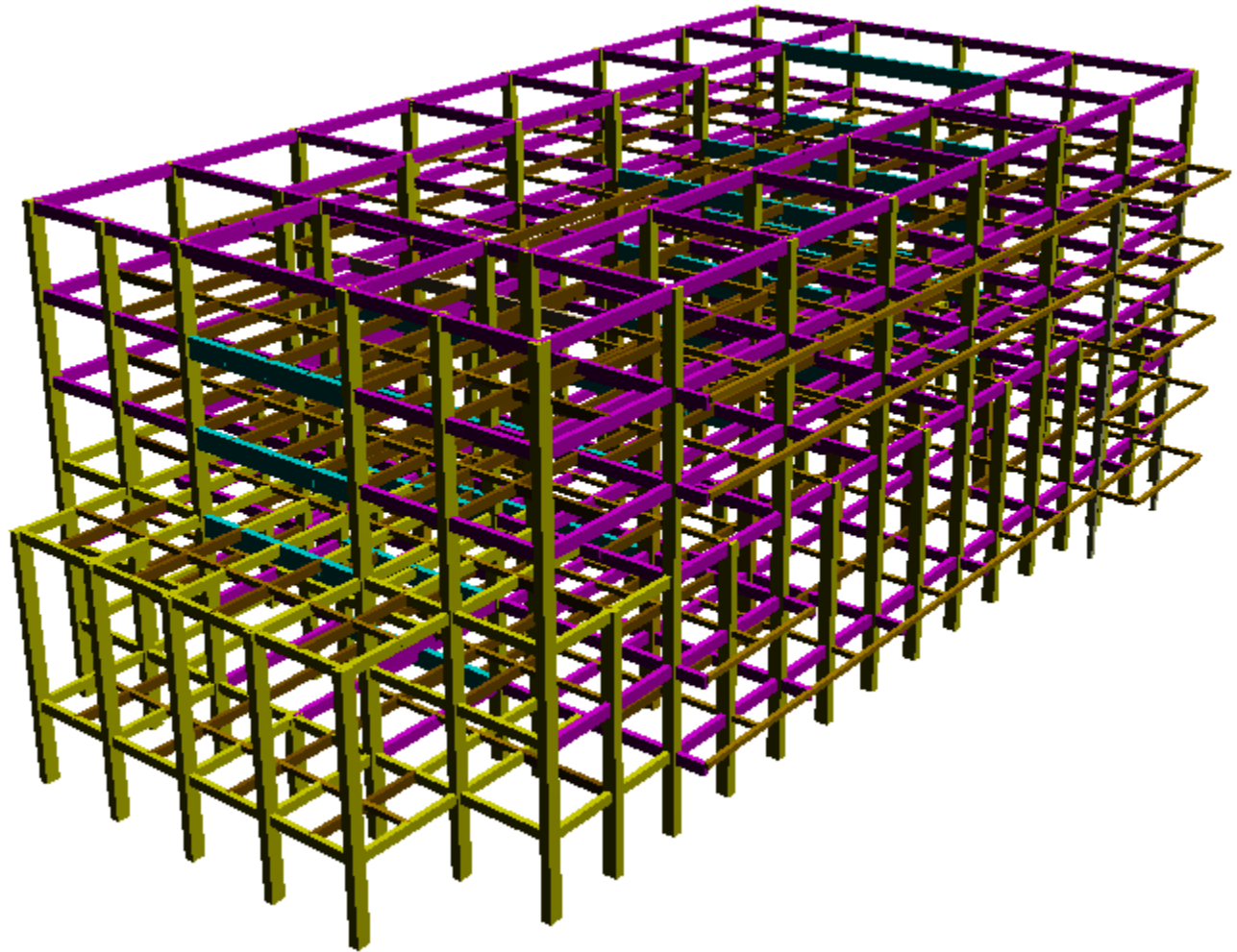
# Typical Building

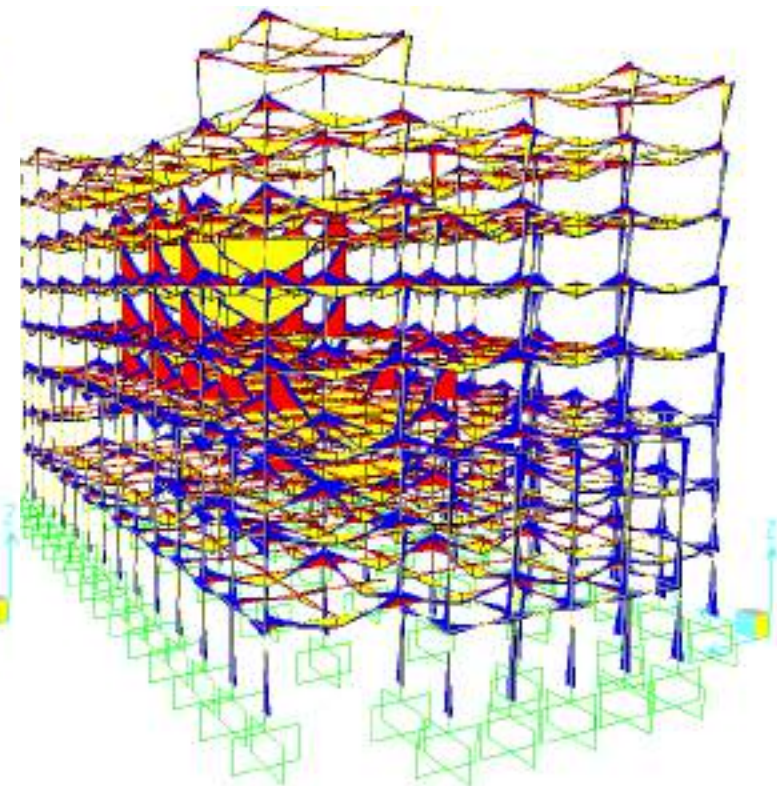
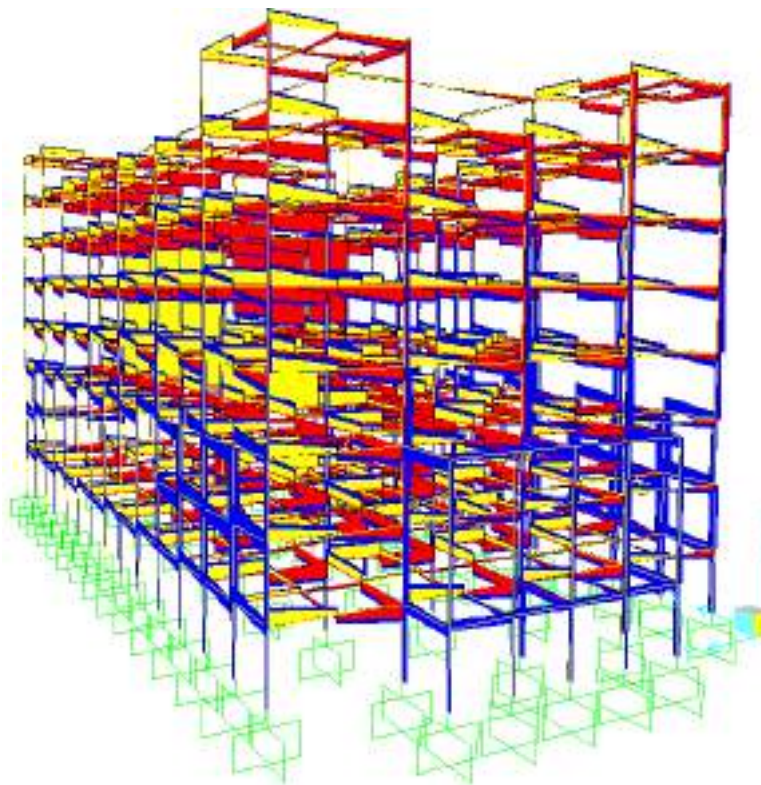


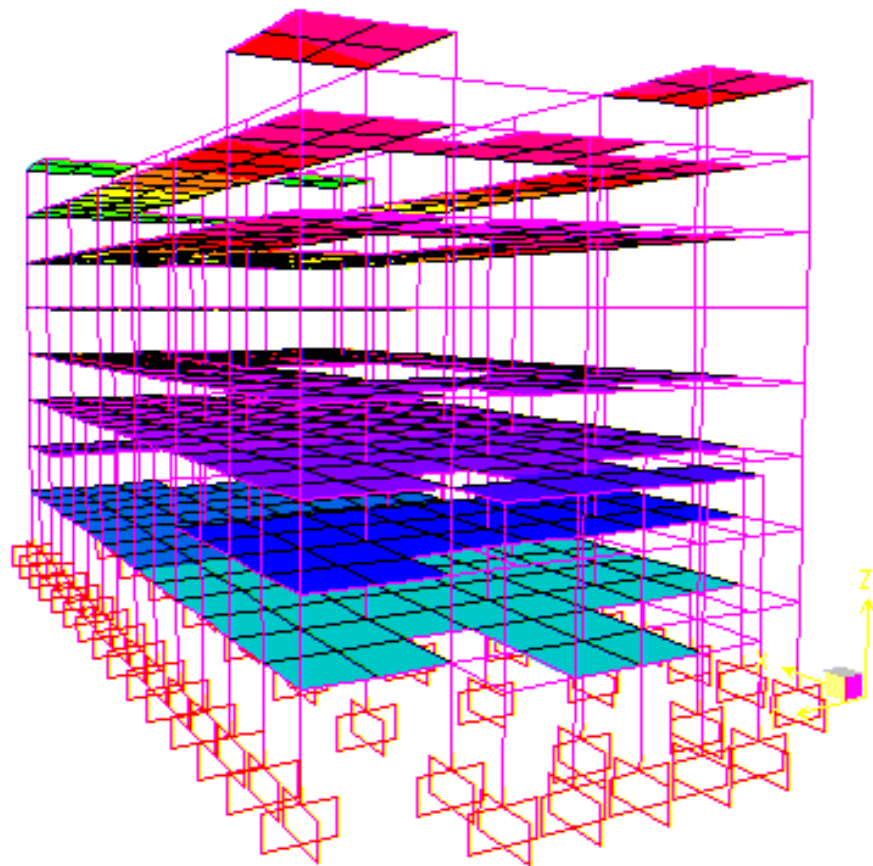
ADA VOID DAN BID.  
BUKAAN DI BAGIAN  
MUKA BANGUNAN  
SBG CROSS  
VENTILATION,  
PENYEBAR  
PENCAHAYAAN  
ALAMI



# Frame



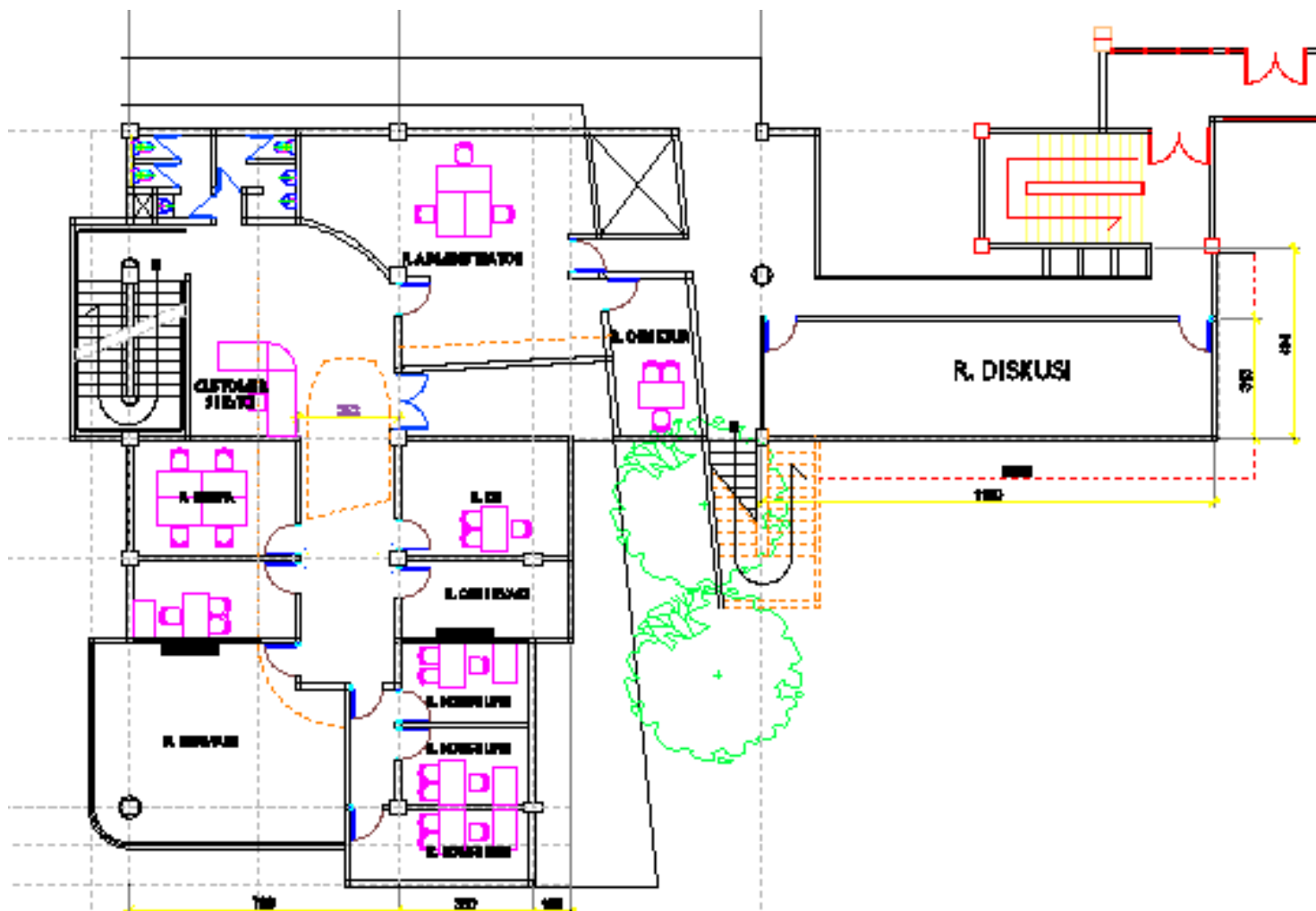




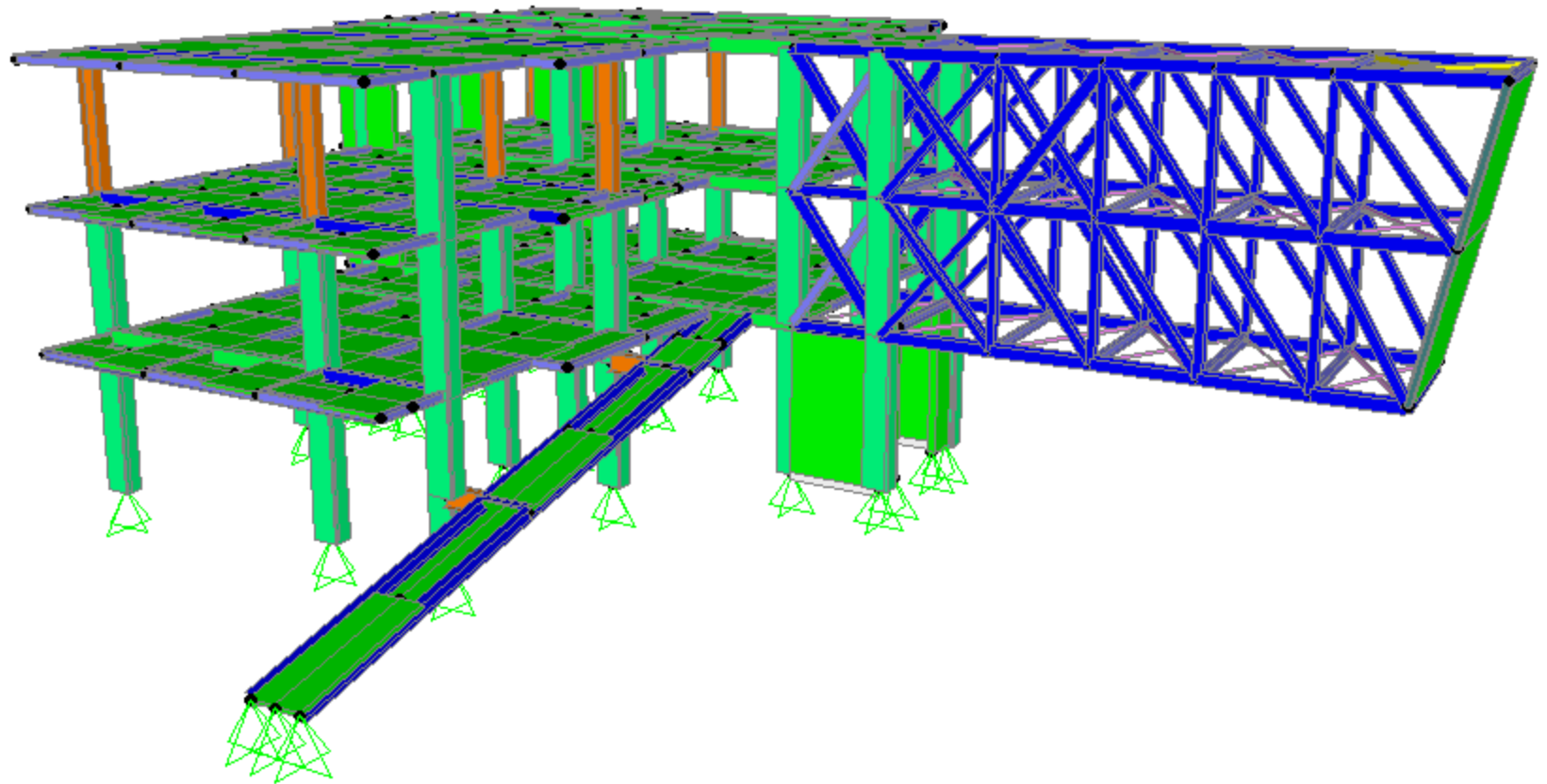


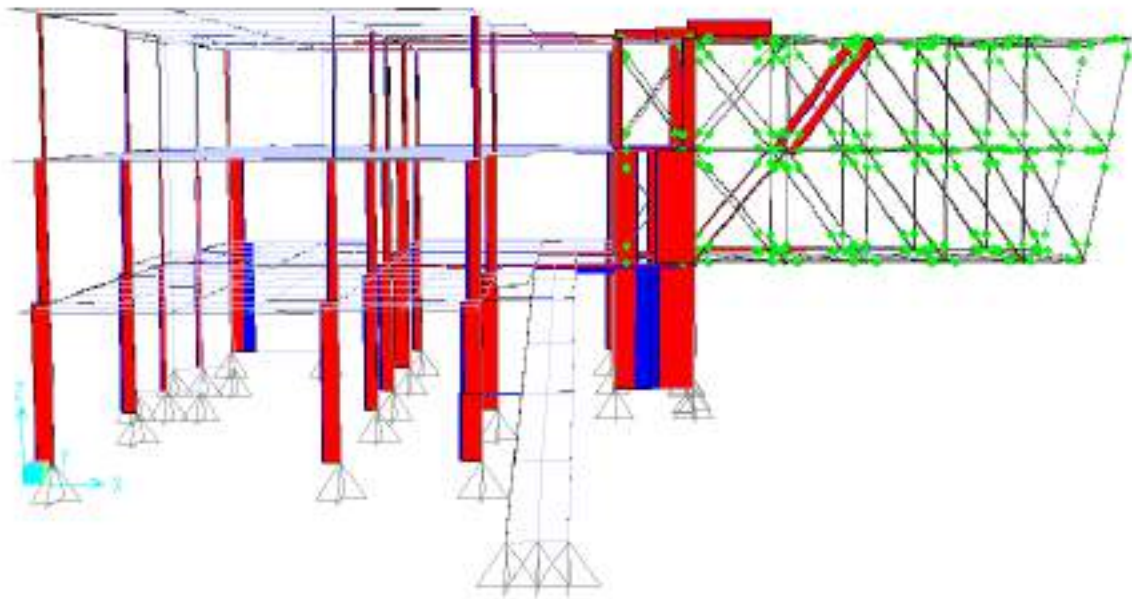
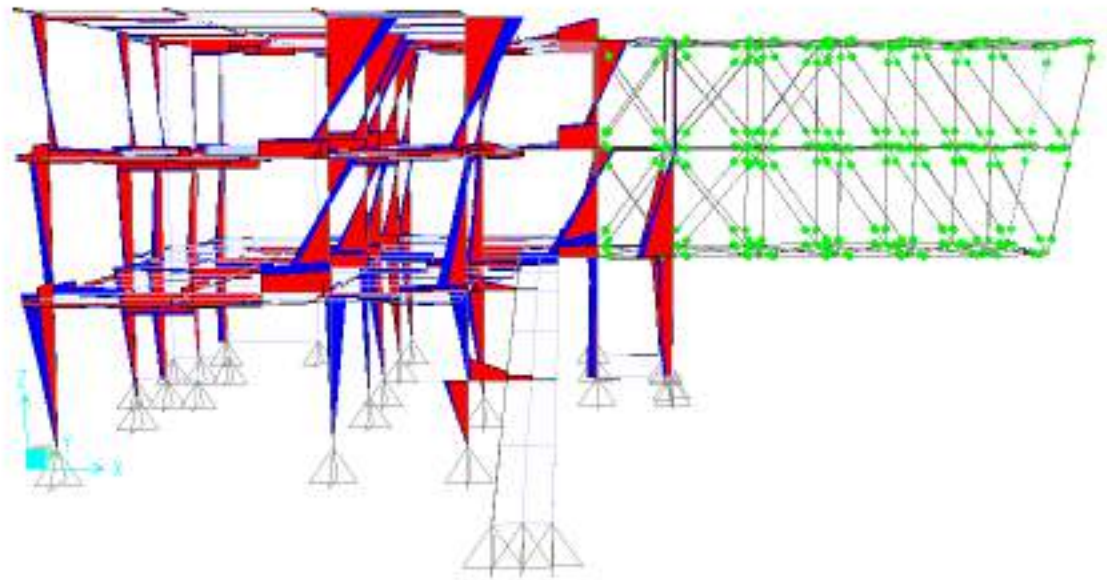
# Building with Cantilever

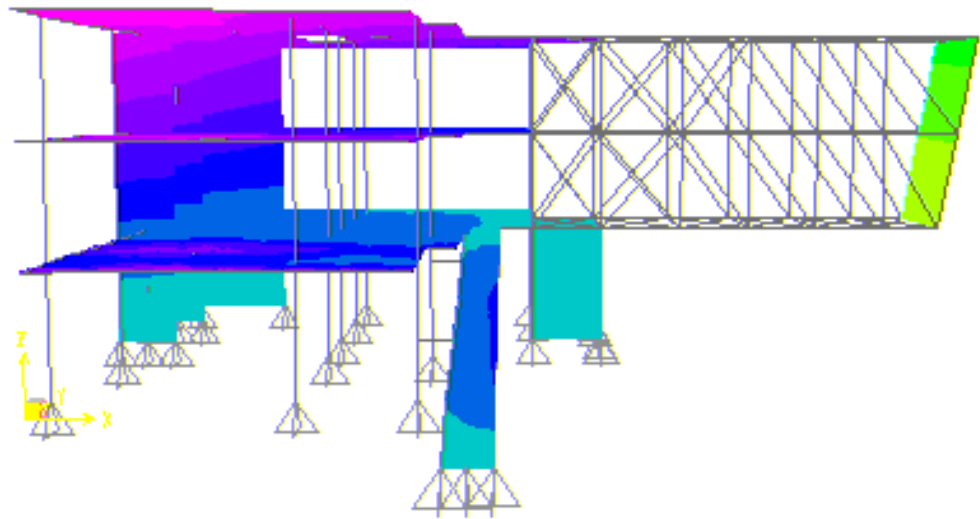




# Frame Structure

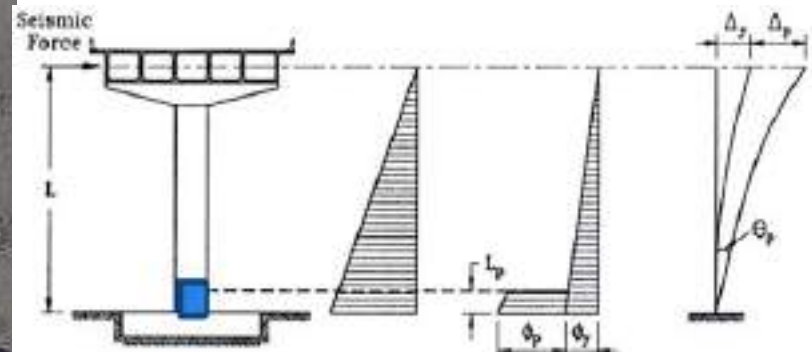
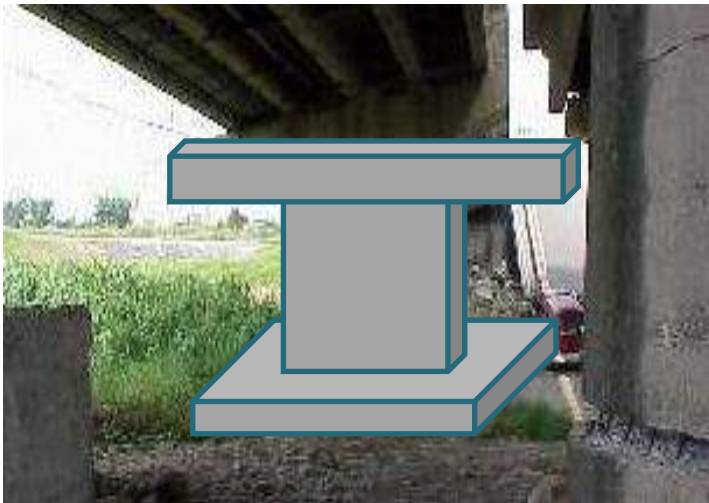







# Bridge Pier

- In the seismic design of RC columns of building and bridge piers, the potential plastic hinge regions need to be carefully detailed for ductility in order to ensure that the shaking from large earthquakes will not cause collapse



## ***Main Provision for Strucural Concrete***

- Minimum concrete compressive strength,  $f'_c = 17$  MPa (K-200);
- For Earthquake Resistant Structures,  $f'_c = 20$  MPa (K-250);
- Reinforcing steel used must be deform type, Undeform steel only spiral or tendons;
- Provision of steel above is not for wiremesh.



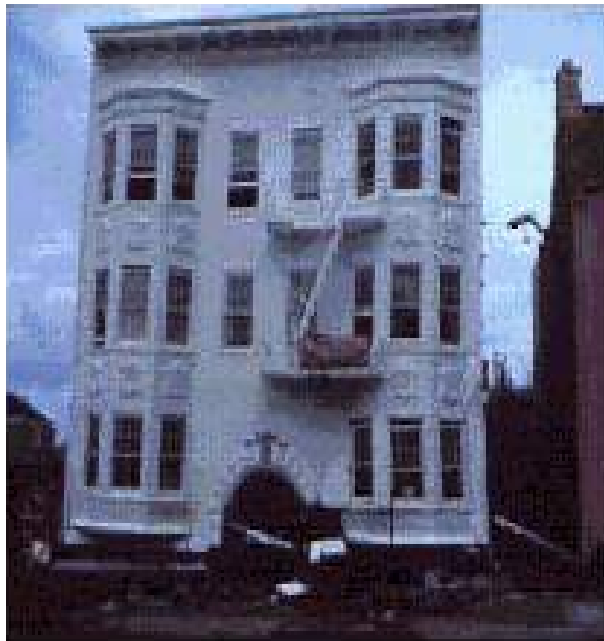
# Structural characteristics that result in behavior are less well against earthquakes

- Short columns
- Configuration of structure, regular vs irregular
- Soft storey
- Strong beam – column weak
- Un-uniform of stiffness distribution, both vertical and horizontal
- Non-structural component
- Unreinforced Masonry



# *Example of Soft Story Failure*

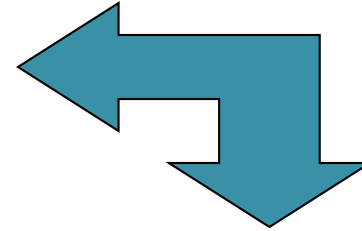
**soft stories**



# Soft-Storey Effect for Structure

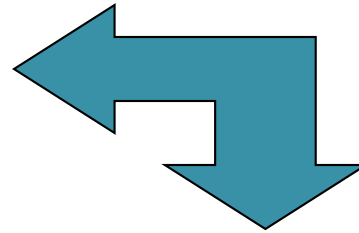


Padang Earthquake 2009

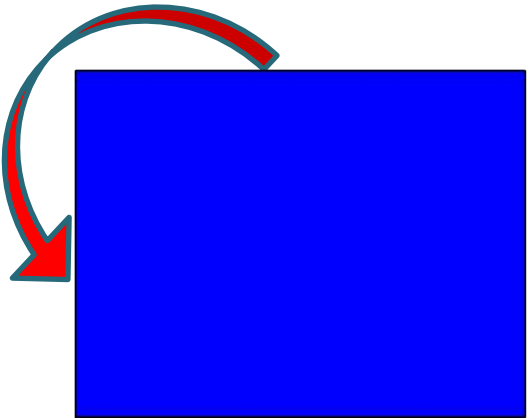




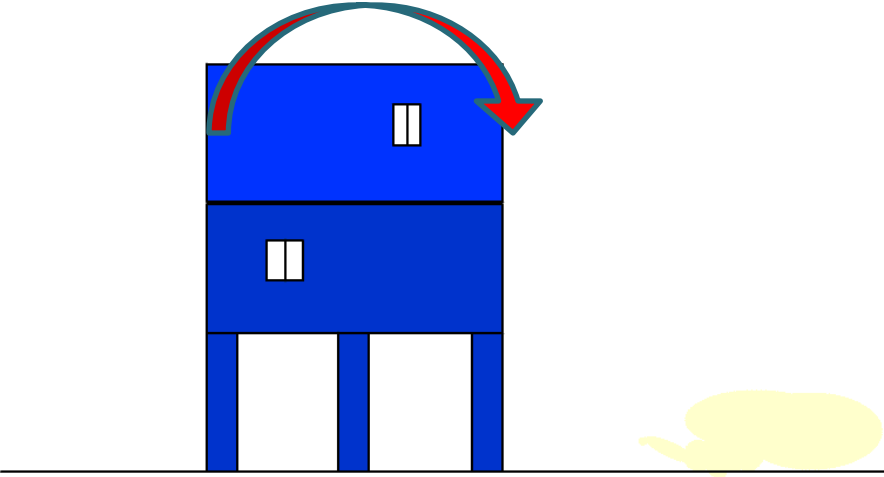
Jogjakarta Earthquake 2006



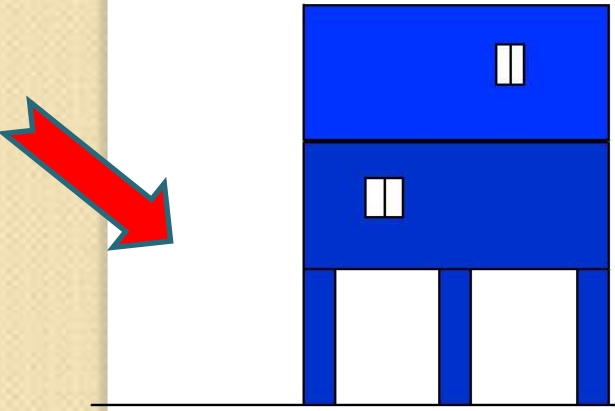
# Failure Mechanisms of Building caused soft-storey effect



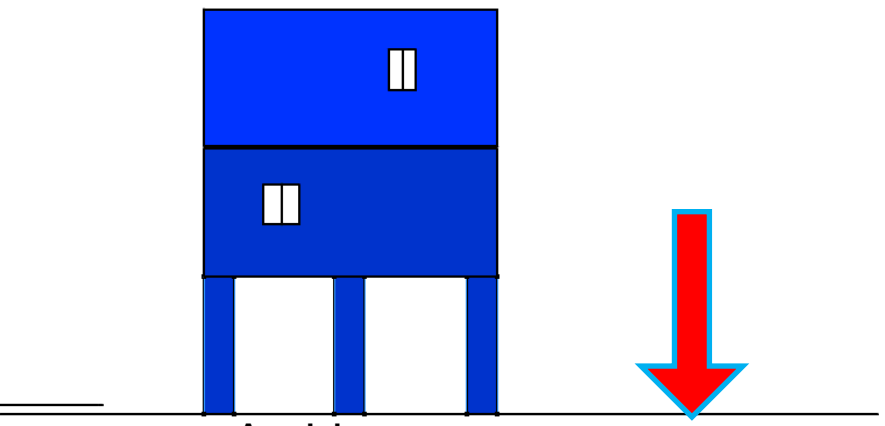
Memutar (Rotation)



Guling (Overtuning)

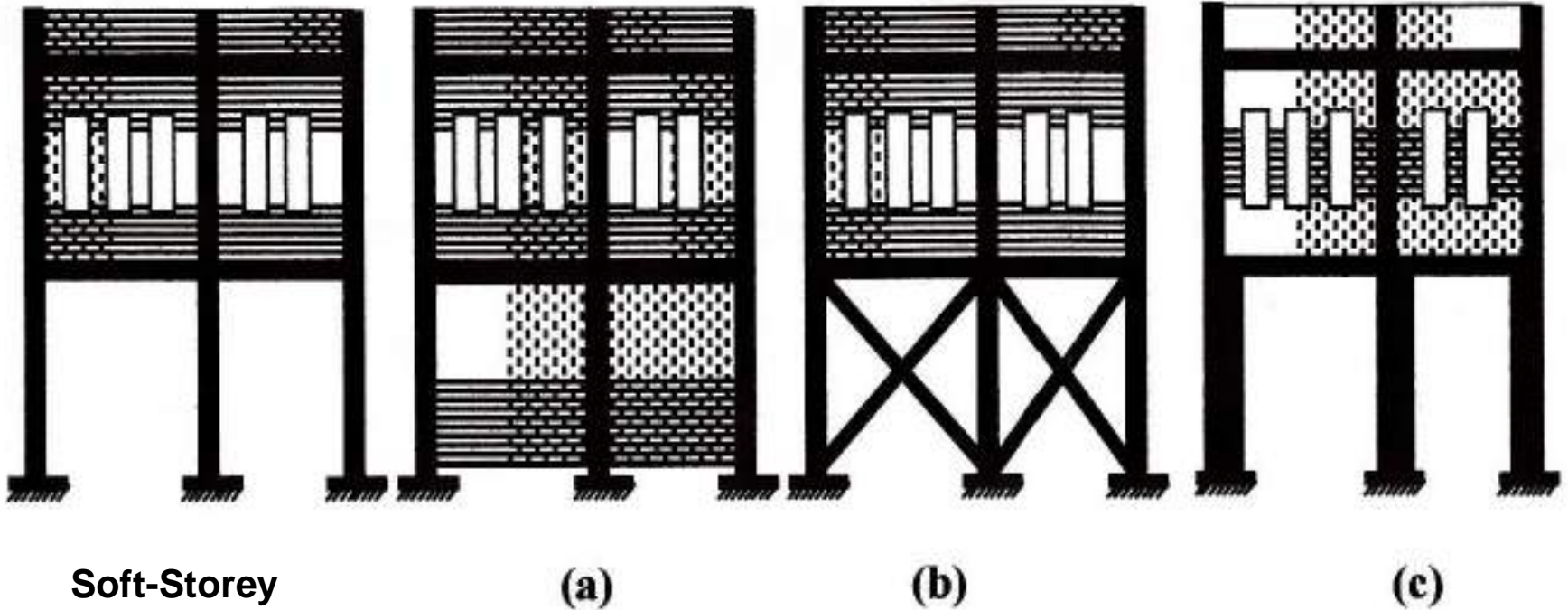


Collapse  
(Softstorey effect)



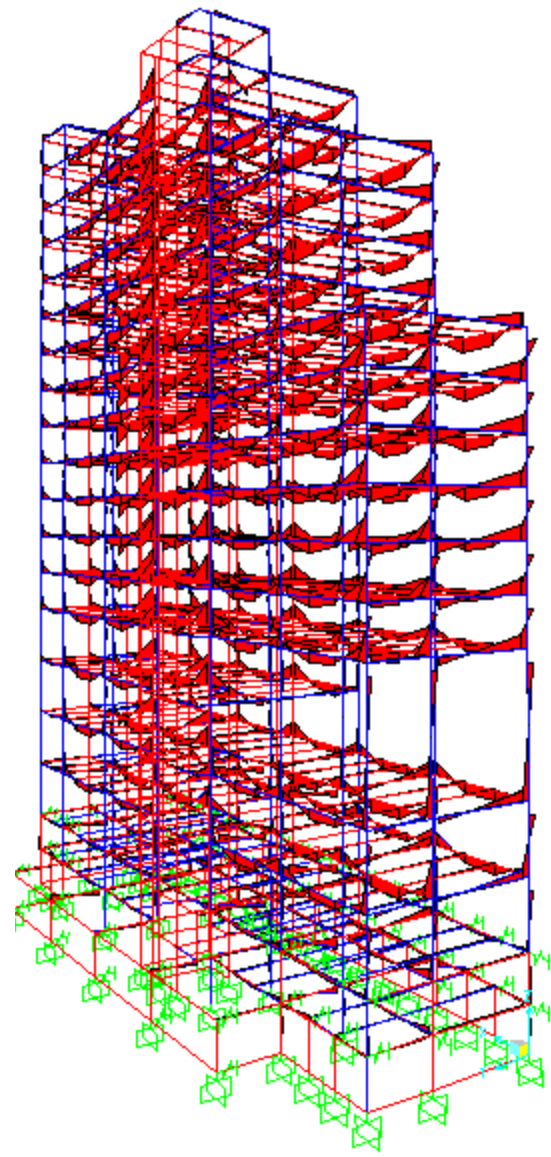
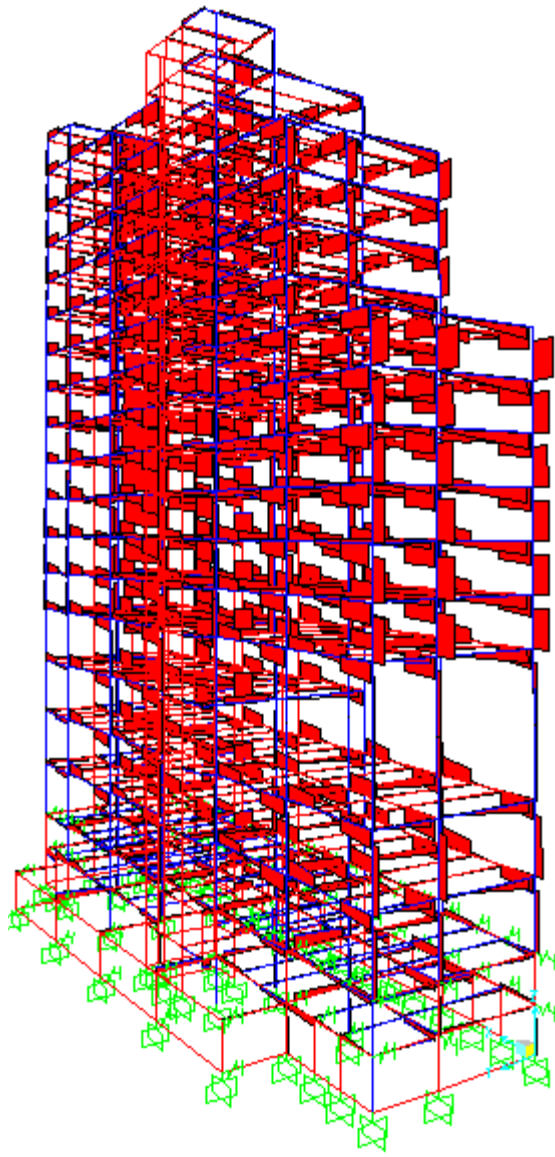
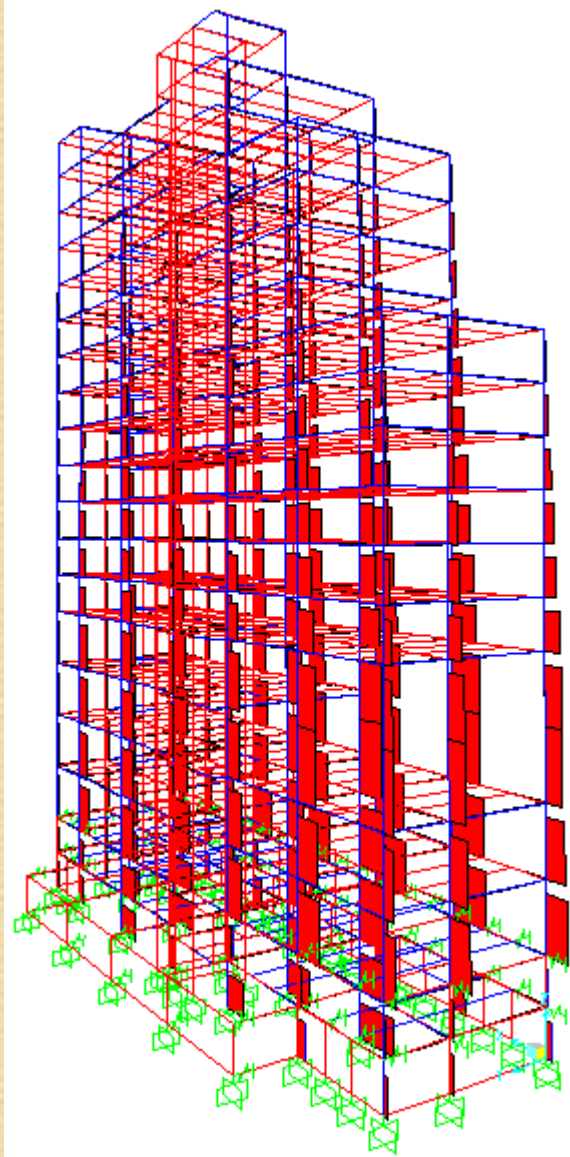
Amblas  
(Liquifaction)

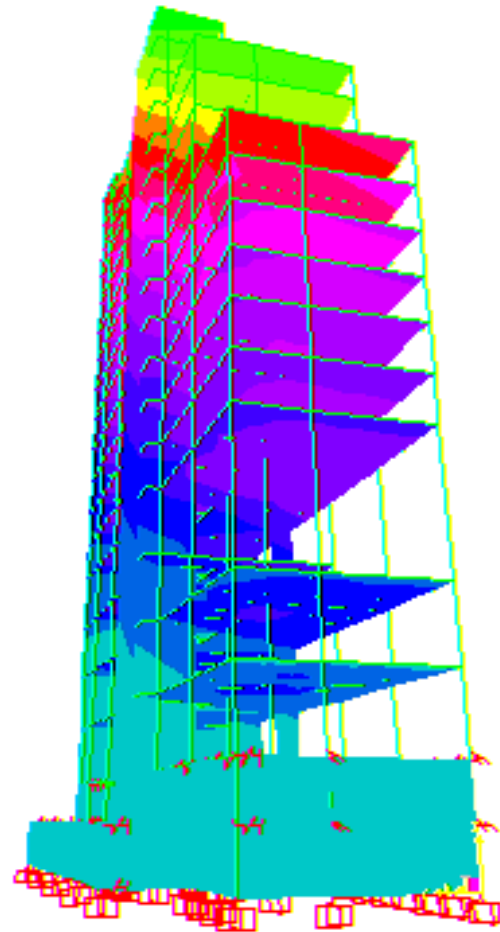
# Stiffness Installation for Building with Soft-Storey



# Building with Soft Storey

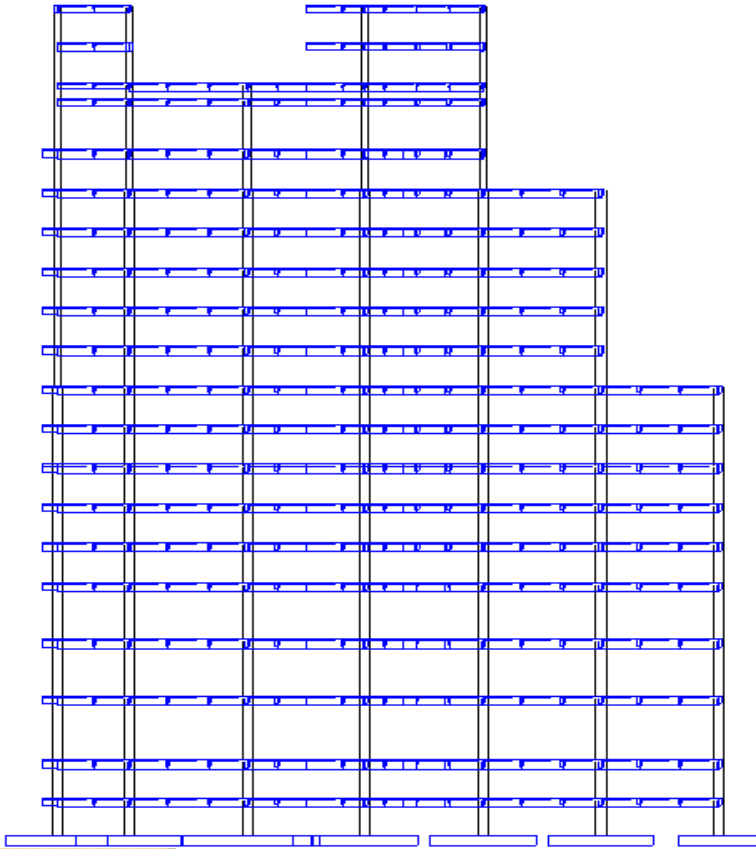








# Earthquake Resistant Design of High-rise building Based On The Newest Indonesian Standard



Arah z



Arah y



Isometri

## **Materials**

Concrete K-350 ( $f'_c \sim 30$  MPa)

Main reinforcement : deform  $f_y = 400$  MPa

Design standard:

RC : SNI 2847-2013

Earthquake resistant : SNI 1726-2012.

## **Dimension**

Column 1<sup>st</sup> floor-7<sup>th</sup> floor : 400/1000,

- 8<sup>th</sup> floor 15<sup>th</sup> floor : 400/800,

- columns above : 400/600.

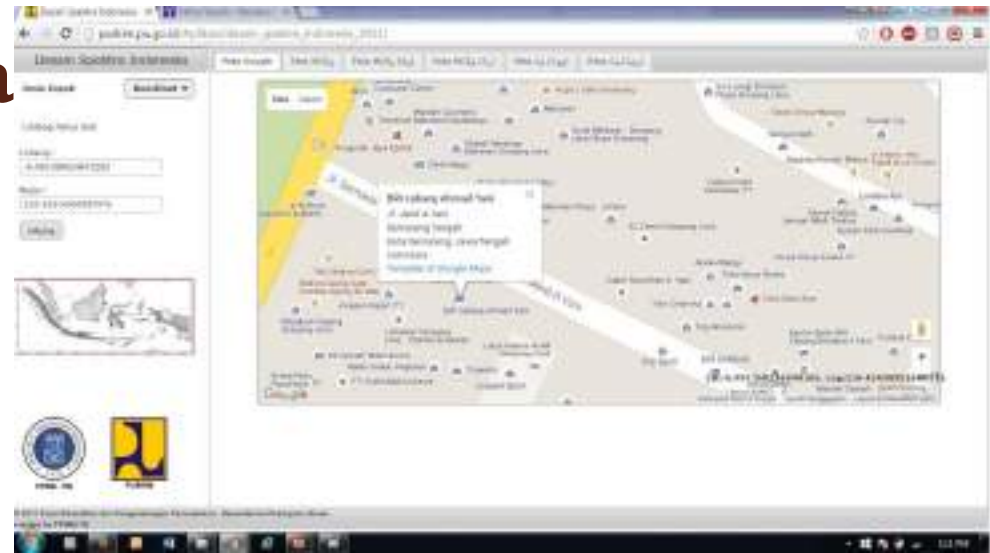
- Main beams : 350/750

- Thick of plates : 120 mm

- Shear wall : 400 mm

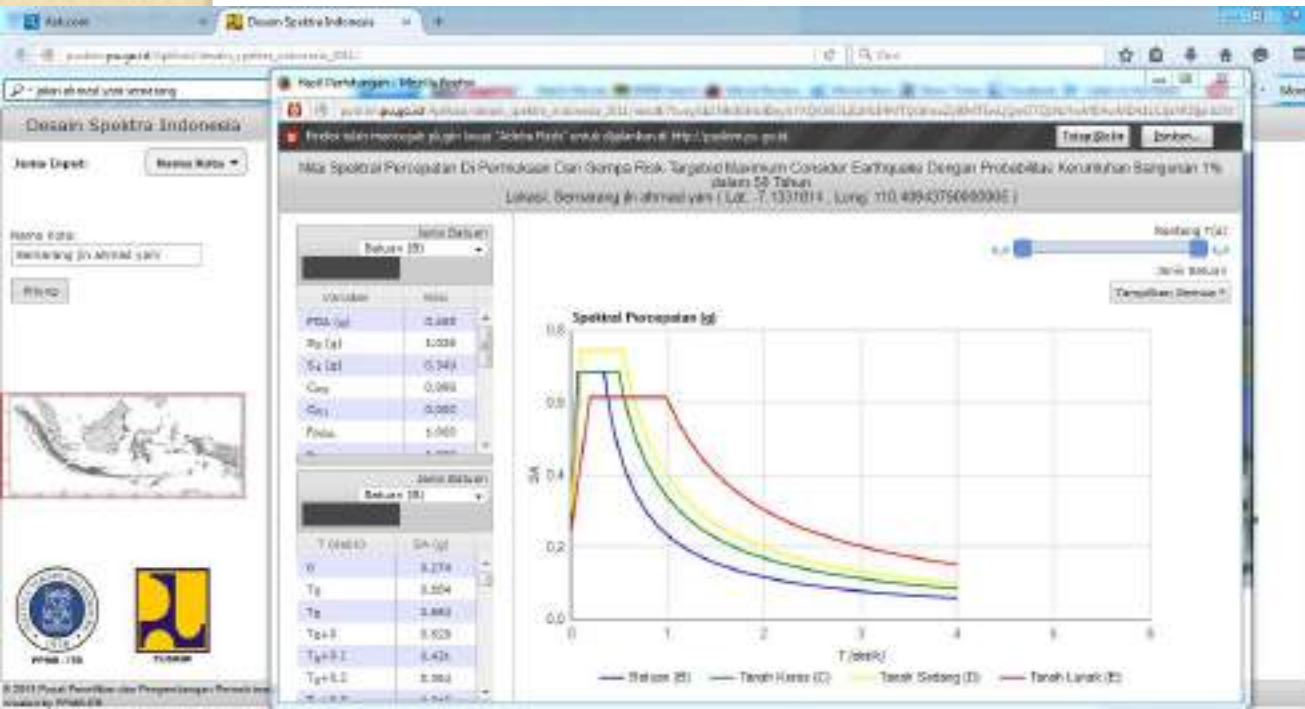
- Structure at Semarang city
- Design with full ductility
- Earthquake reduction factor (R) : 8
- Dynamic analysis

# I. Estimation of $S_s$ and



- Map of Earthquake Zonation, Semarang

- Respons of Spectrum



$S_s = 1,011 \text{ g}$  dan  $S_1 = 0.336 \text{ g}$

## 2. Risk Category of Building and $I_e$

Tabel 1- Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung pertanahan</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul>	III
Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan masal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul>	III
Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III

Tabel 1- Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (lanjutan)

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul>	IV
Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

Tabel 2- Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

$$I_e = 1$$

# 3. Seismic Design Category (KDS)

## 3.1. Classification of Soil

Tabel 3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$\bar{V}_z$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{60}$	$\bar{s}_v$ (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"><li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tercementasi lunak,</li><li>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan H &gt; 3 m),</li><li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan H &gt; 7,5 m dengan Indeks Plastisitas, PI &gt; 75),</li><li>- Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan H &gt; 35 m dengan <math>s_v &lt; 50</math> kPa.</li></ul>		

N SPT = 15

# 3. Seismic Design category (KDS)

## 3.2. Estimation Coefisien Fa and Fv

$$S_s \sim 1,011 \text{ g}$$

$$S_1 \sim 0,336 \text{ g}$$

Tabel 4 Koefisien situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

**CATATAN:**

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 5 Koefisien situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

**CATATAN :**

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Interpolasi : ( SOFTWARE SANSPRO V.50 )

For  $S_s = 1,011 \text{ g}$   $F_a = 0,900$

For  $S_1 = 0,336 \text{ g}$   $F_v = 2,656$

SNI 1726-2012, page 22

### 3.3. Value of $S_{DS}$ dan $S_{DI}$

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= 2/3 \cdot F_a \cdot S_s \\
 &= 2/3 \cdot 0.900 \cdot 1,011 \\
 &= 0,6066 \quad (\mathbf{S_{DS} = 0,607 \text{ by Sanspro}})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{DI} &= 2/3 \cdot F_v \cdot S_i \\
 &= 2/3 \cdot 2,656 \cdot 0,336 \\
 &= 0,5745 \quad (\mathbf{S_{DI} = 0,595 \text{ by Sanspro}})
 \end{aligned}$$

SNI 1726-2012, page 24

### 3.4. Seismic Design Category

Tabel 6-Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

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

$$S_{DS} = 0,6066 \text{ g}$$

Seismic Design Category: D

Tabel 7-Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai $S_{DI}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

$$S_{DI} = 0,5745 \text{ g}$$



# 4. Estimation of Structural System and Factors $R$ , $C_d$ , dan $\Omega_0$

Tabel 9-Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_x$ (m) <sup>d</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>e</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>d</sup>
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2%	2%	2%	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bracing terkekang terhadap tekuk	8	2%	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	3	6	TB	TB	48	48	30
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5%	TB	TB	48	30	T1
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4%	3	4	TB	TB	10 <sup>d</sup>	T1 <sup>d</sup>	T1
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3%	3	3	TB	TB	T1	T1	T1
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	3	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	T1	T1	T1
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	T1	T1	T1	T1
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	T1	T1	T1
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	6%	48	48	30	T1	T1
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	T1	T1	T1	T1
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembausan	3%	3 <sup>f</sup>	3%	10	10	10	10	10
<b>D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan</b>								
1. Rangka baja dengan bracing eksentris	8	2%	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bracing konsentris khusus	7	2%	6%	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2%	5%	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2%	5	TB	TB	T1	T1	T1
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bracing eksentris	8	2%	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bracing konsentris khusus	8	2%	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7%	2%	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2%	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2%	5	TB	TB	T1	T1	T1
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	6%	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3%	TB	TB	T1	T1	T1
12. Rangka baja dengan bracing terkekang terhadap tekuk	8	2%	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2%	6%	TB	TB	TB	TB	TB
<b>E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan</b>								
1. Rangka baja dengan bracing konsentris khusus	8	2%	5	TB	TB	10	T1	T1 <sup>d</sup>
2. Dinding geser beton bertulang khusus	6%	2%	5	TB	TB	48	30	30

## Special Frame

Coefisien Modification Response : 8  
 Overstrength factor  $\Omega_0$  : 3  
 Magnification factor  $C_d$  : 5.5

# 5. Design of Spectrum Responses

## Spectrum Respons Disain

SANSPRO Earthquake Equivalent Load Generator

Basic Data: Earthquake Codes | Lateral Load (Single Diaphragm) | Lateral Load (Multiple Diaphragm) | Lateral Load (Choi) | Storey Shear Check

Generic Code: Indonesia - PP10/EU-1300 | Indonesia - SNI-1726-2002 | UBC-94 | UBC-97 | EC-8/EN1998 | Indonesia SM 1726-2012 | Mexico 1993

Seismic Use Group:   
 I: Agricultural/Farming, temporary building, storage/warehouse, Security Post, Small structures   
 II: Residential, Shop/House/Office, Retail, Office Apartment, Mall, Hotel, Factory   
 III: Cinema, Auditorium, Assembly Hall, Stadium, Small Hospital/Clinic, Police, Childcare, Retirement, Telecommunication, Power plant, Water Plant, Waste Water   
 IV: Monumental, Schools, Campuses, Large Hospital, Emergency Facilities, Fire Station, Police, Disaster Shelter, Nuclear Plant, Backup/Large Power Plant, Aviation, Detonator

Building Type for T Calculation:   
 Steel Moment Resisting Frame   
 RC Moment Resisting Frame   
 Concrete Filled Tubes   
 Other Building

Soil Class:   
 A - Hard Rock   
 B - Rock   
 C - Soft Rock, Dense Soil   
 D - Soft Soil   
 E - Soil   
 F - Site Specific

Use Input Site Specific from Map:   
 Site: 0.001 51 0.338   
 Select an Indonesian City (2013): remaining   
 Note: Check S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub> from map

Redundancy Factor (Phi):   
 Phi: 1.308 Ctr: 0.0

Limit for Time Period To:   
 T<sub>max</sub> = 0.15H/F = 1.35 sec   
 T<sub>min</sub> = 1.4 O.H\*0.9 = 1.50 sec

Structural System Name:   
 X: Shear | Moment-Resisting Frame System, Special Moment Resisting F   
 Z: Shear | Moment-Resisting Frame System, Special Moment Resisting F

Base Shear Formula: V = from 3 or 4 formulas   
 Compute  Scale  S<sub>1</sub>  S<sub>2</sub>  P&A  Ch  C<sub>1</sub>

Compute Floor Weight | Generate | Save Graph | Get Max Force | OK | Cancel | Help

**The eq maps are from final version of SNI-1726-2012**

**Calculation Result for Earthquake Load:**

Parameter	Code	Value	Unit	Note
Width, B	33.000	16.380	m	
T_Cool, D	0.047	0.047		T=0.17(2M)
Period, T	1.065	1.065	sec	
Seismic C1	0.008	0.008		NOT USED
Seismic C2	0.008	0.008		NOT USED
Seismic C3	0.008	0.008		NOT USED
Seismic C4	0.008	0.008		NOT USED
Design Cd	0.091	0.091		W&C1, base
Weight, W	3342367.258	3342367.259	kg	
Base Shear, V	303469.300	303469.308	kg	
Extra Coef., C <sub>F1</sub>	0.075	0.075		xV
Extra Force, F <sub>1</sub>	22713.258	22713.259	kg	

Spectrum Response Curve - EC-2009, SDC = D (Simplified)

SANSPRO Earthquake Equivalent Load Generator

Basic Data: Earthquake Codes | Lateral Load (Single Diaphragm) | Lateral Load (Multiple Diaphragm) | Lateral Load (Choi) | Storey Shear Check

Generic Code: Indonesia - PP10/EU-1300 | Indonesia - SNI-1726-2002 | UBC-94 | UBC-97 | EC-8/EN1998 | Indonesia SM 1726-2012 | Mexico 1993

Seismic Use Group:   
 I: Agricultural/Farming, temporary building, storage/warehouse, Security Post, Small structures   
 II: Residential, Shop/House/Office, Retail, Office Apartment, Mall, Hotel, Factory   
 III: Cinema, Auditorium, Assembly Hall, Stadium, Small Hospital/Clinic, Police, Childcare, Retirement, Telecommunication, Power plant, Water Plant, Waste Water   
 IV: Monumental, Schools, Campuses, Large Hospital, Emergency Facilities, Fire Station, Police, Disaster Shelter, Nuclear Plant, Backup/Large Power Plant, Aviation, Detonator

Building Type for T Calculation:   
 Steel Moment Resisting Frame   
 RC Moment Resisting Frame   
 Concrete Filled Tubes   
 Other Building

Soil Class:   
 A - Hard Rock   
 B - Rock   
 C - Soft Rock, Dense Soil   
 D - Soft Soil   
 E - Soil   
 F - Site Specific

Use Input Site Specific from Map:   
 Site: 1.026 51 0.349   
 Select an Indonesian City (2013):   
 Note: Check S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub> from map

Redundancy Factor (Phi):   
 Phi: 1.308 Ctr: 0.0

Limit for Time Period To:   
 T<sub>max</sub> = 0.15H/F = 1.35 sec   
 T<sub>min</sub> = 1.4 O.H\*0.9 = 1.50 sec

Structural System Name:   
 X: Shear | Moment-Resisting Frame System, Special Moment Resisting F   
 Z: Shear | Moment-Resisting Frame System, Special Moment Resisting F

Base Shear Formula: V = from 3 or 4 formulas   
 Compute  apply  S<sub>1</sub>  P&A  Ch  C<sub>1</sub>

Compute Floor Weight | Generate | Save Graph | Get Max Force | OK | Cancel | Help

**The eq maps are from final version of SNI-1726-2012**

**Calculation Result for Earthquake Load:**

Parameter	Code	Value	Unit	Note
Earthquake Zone, Z	1.0	0.380		
Importance, I	1.008	1.080		
Ductility, R	2.008	2.080		
Height, H	32.580	32.500	m	
Width, B	35.140	16.300	m	
T_Cool, D	0.047	0.047		T=0.17(2M)
Period, T	1.065	1.065	sec	
Seismic C1	0.071	0.071		S&H(1/1)T
Seismic C2	0.077	0.077		S&H(1/1)
Seismic C3	0.008	0.080		NOT USED
Seismic C4	0.027	0.027		0.04PS d&1
Design Cd	0.071	0.071		W&C1, base

Spectrum Response Curve - EC-2009, SDC = D

## 6. Estimation of Natural Time Period

- Untuk struktur dengan ketinggian < 12 tingkat dimana sistem penahan gaya seismik terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m :

$$T_a = 0,1N$$

Keterangan:  
N = jumlah tingkat

- Untuk struktur dengan ketinggian > 12 tingkat :

$$T_a = C_t h_n^x$$

Keterangan:  
h<sub>n</sub> adalah ketinggian struktur dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi yang akan koefisien C<sub>t</sub> dan x ditentukan dari Tabel 5.

- Batas Periode Maksimum :

$$T_{max} = C_U T_a$$

Rusunawa memiliki ketinggian < 12 tingkat namun tinggi tingkat rata-rata tidak melebihi 3 m, sehingga dipakai rumus :

$$T_a = C_t h_n^x$$

### Menentukan nilai Cu, Ct dan x

Tabel 14 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S <sub>d1</sub>	Koefisien C <sub>u</sub>	koef. X	
≥ 0,4	1,4	0,595	
0,3	1,4	0,30	0,4
0,2	1,3	1,4	1,4
0,15	1,3		
≤ 0,1	1,2		
		S <sub>d1</sub>	= 0,595
		C <sub>u</sub>	= 1,40

Tabel 15 Nilai parameter periode pendekatan C<sub>t</sub> dan x

Tipe struktur	C <sub>t</sub>	x	
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disejajarkan dan tidak diabaikan atau ditubangkan dengan komponen yang lebih kecil dan akan menegangi rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa			
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>x</sup>	0,8	
Rangka beton pemikul momen	0,0465 <sup>x</sup>	0,9	
Rangka baja dengan bracing elastis	0,0721 <sup>x</sup>	0,75	
Rangka baja dengan bracing melintang terhadap tekuk	0,0721 <sup>x</sup>	0,75	
Selain sistem struktur lainnya	0,148	0,75	
		C <sub>t</sub>	= 0,0488
		x	= 0,75

# 7. Base Shear Computation

$$V = C_s W$$

Keterangan:

$C_s$  = koefisien respons seismik

$W$  = berat seismik efektif

Koefisien respons seismik,  $C_s$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Nilai  $C_s$  yang dihitung tidak perlu melebihi berikut ini:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$C_s$  harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

Pasal 7.8.1 SNI 1726:2012

Pasal 7.8.1.1 SNI 1726:2012

Untuk  $S_I \geq 0,6g$ , nilai  $C_s$  harus tidak kurang dari :

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

## 8. Estimation Lateral Earthquake, $F_x$

Pasal 7.8.3 SNI 1726:2012

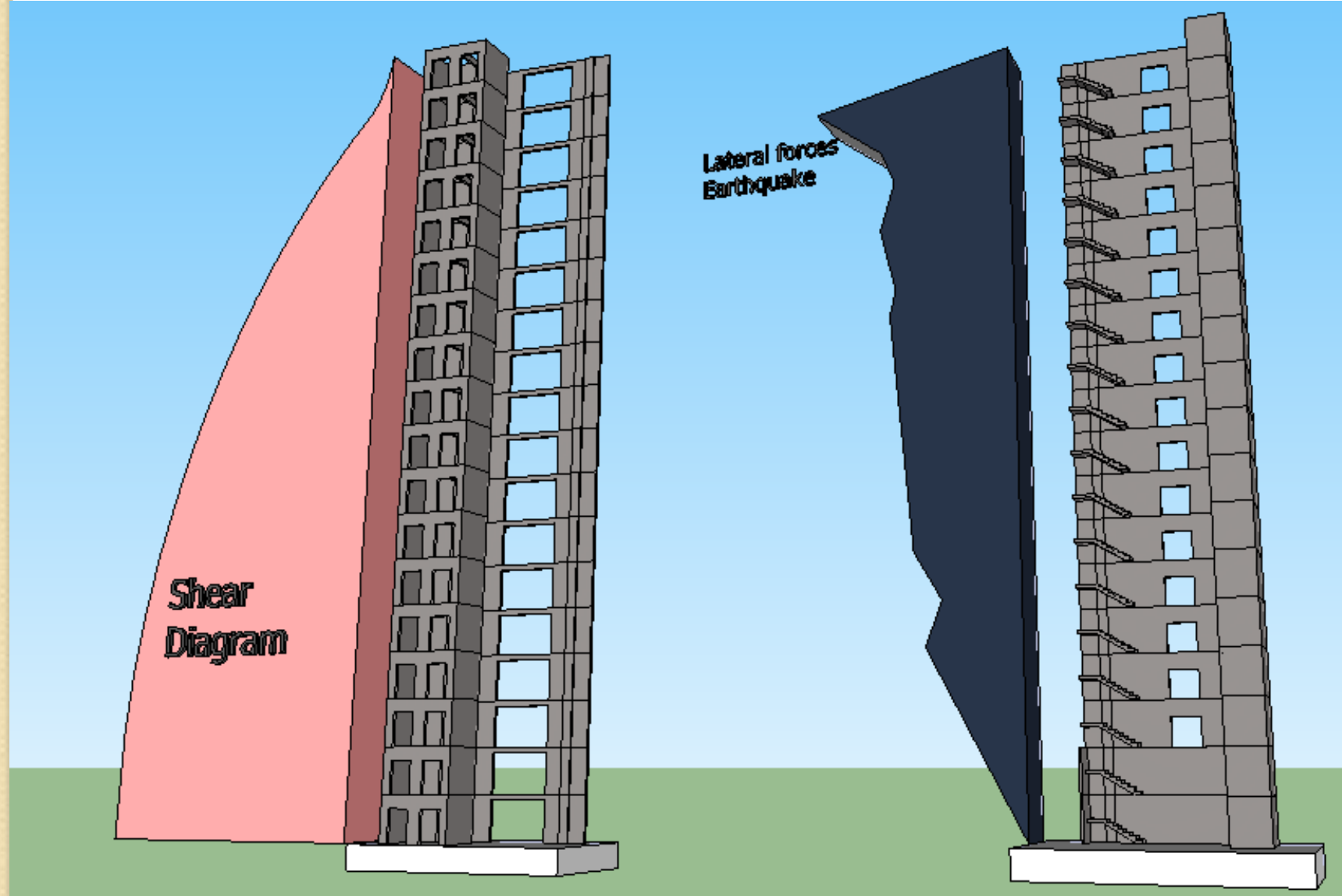
$$F_x = C_{vx} V \quad C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

T (sec)	k
$T \leq 0.5$	1
$0.5 \leq T \leq 2.5$	interpolasi
$T \geq 2.5$	1

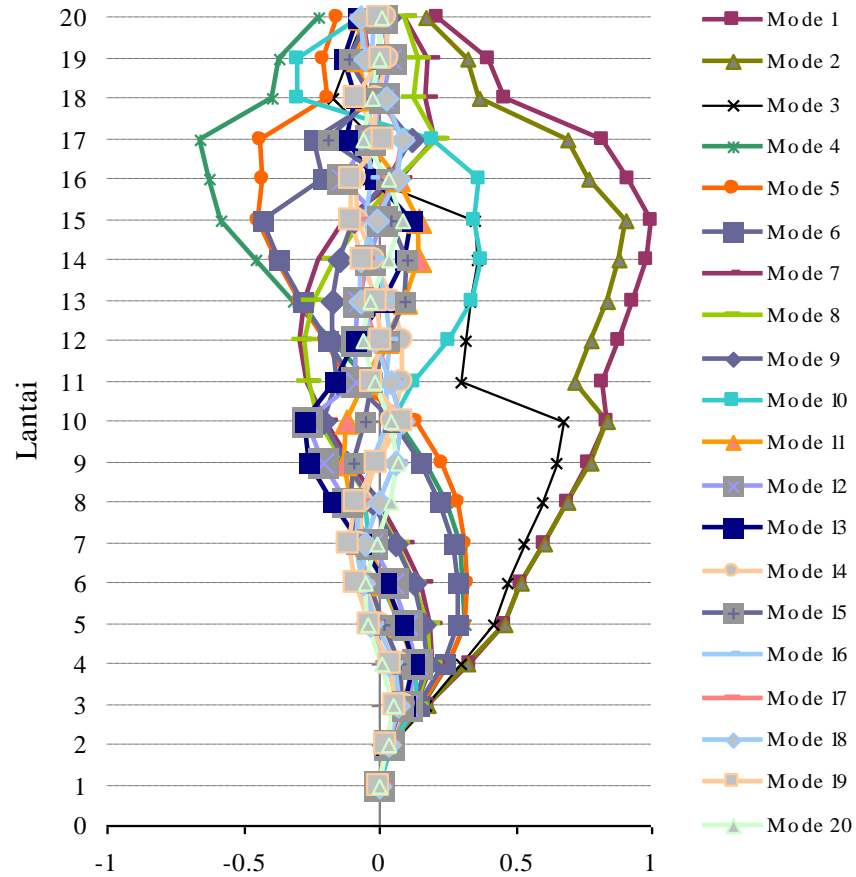
### Keterangan:

- $C_{vx}$  adalah faktor distribusi vertikal;
- $V$  adalah gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN);
- $w_i$  and  $w_x$  adalah bagian berat seismik efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat  $i$  atau  $x$ ;
- $h_i$  and  $h_x$  adalah tinggi (m) dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$ ;
- $k$  adalah eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :
  - untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang,  $k = 1$
  - untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih,  $k = 2$
  - untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik,  $k$  harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

# BASE SHEAR



# Mode of Vibration

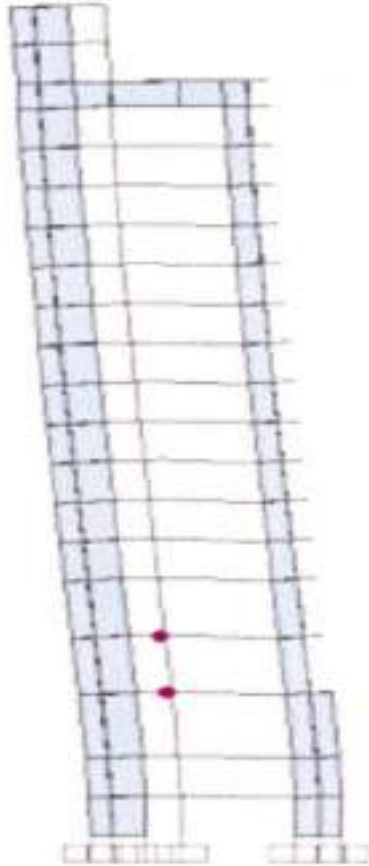


# Push-over Analysis

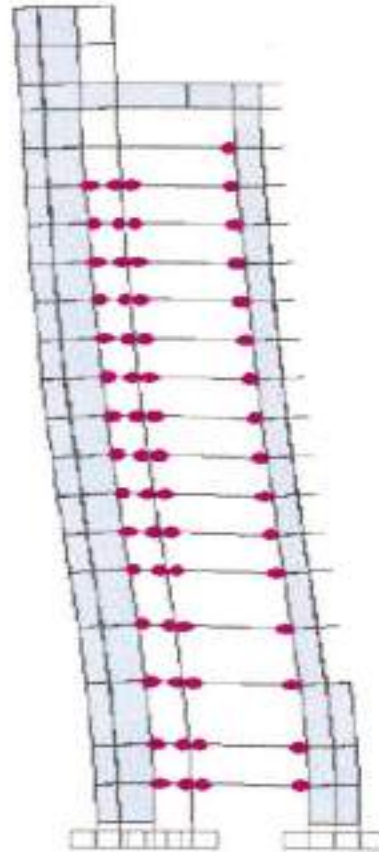
Step	Displacement m	Base Force Kgf	A to B
0	0	0	7112
1	0.021516	261293.28	7110
2	0.083429	783819.98	6846
3	0.104374	894495.91	6753
4	0.104374	869837.41	6752
5	0.104406	868682.53	6752
6	0.104796	870293.18	6751
7	0.104799	825061.93	6749
8	0.104895	824423.83	6748



Push-Over Step-1



Push-Over Step-2



Push-Over Step-3

