

PERANCANGAN STRUKTUR TAHAN GEMPA

SNI.03-1726-2002

**TATA CARA PERENCANAAN KETAHANAN
GEMPA UNTUK BANGUNAN GEDUNG**

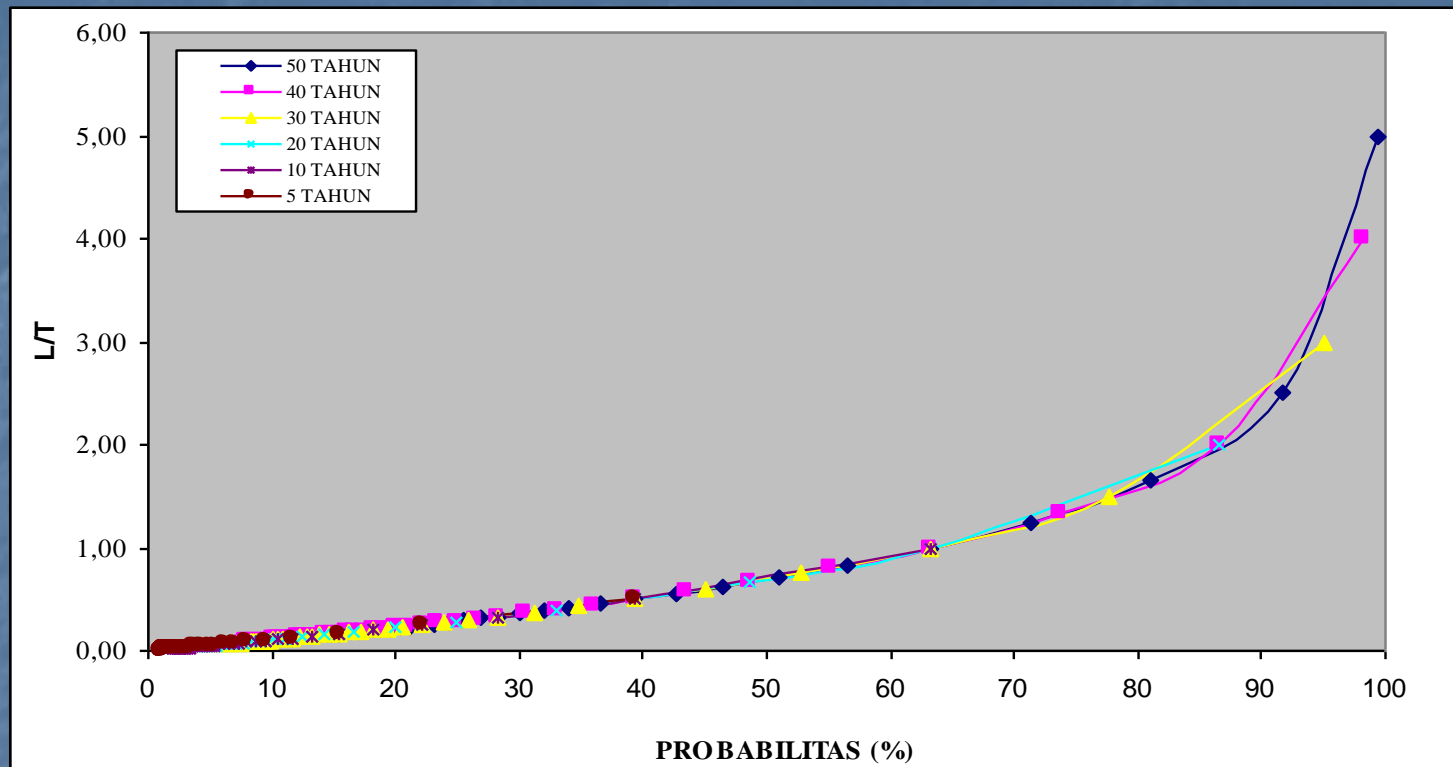
FILOSOFI GEMPA

1. MENGHIDARI TERJADINYA KORBAN JIWA MANUSIA
2. MEMBATASI KERUSAKAN, SEHINGGA STRUKTUR MASIH DAPAT DIPERBAIKI
3. MEMBATASI KETIDAKNYAMANAN PENGHUNIAN
4. MEMPERTAHANKAN SETIAP LAYANAN VITAL DARI FUNGSI GEDUNG

JENIS GEMPA	PROBABILITAS KEJADIAN GEMPA*)	PERSYARATAN	FILOSOFI GEMPA
GEMPA RINGAN	60%	TIDAK BOLEH ADA KERUSAKAN	3, 4
GEMPA SEDANG	30%	NON STRUKTUR BOLEH RUSAK, TETAPI STRUKTUR UTAMA TIDAK BOLEH RUSAK	2, 3, 4
GEMPA KUAT	10%	STRUKTUR BOLEH RUSAK, TETAPI BANGUNAN TIDAK BOLEH RUNTUH (KORBAN JIWA DAPAT DIHINDARI)	1, 2, 4

**) RASIO UMUR RENCANA BANGUNAN TERHADAP KALA ULANG GEMPA RENCANA*

PROBABILITAS KEJADIAN GEMPA



$$P = \{ 1 - e^{(-L/T)} \} \times 100\%$$

dimana : P = probabilitas kejadian gempa (%)

L = umur rencana bangunan (tahun)

T = kala ulang gempa rencana (tahun)

METODE PERANCANGAN

1. ANALISA BEBAN GEMPA STATIK EKUIVALEN

2. ANALISA BEBAN GEMPA DINAMIK

2.a. ANALISA RAGAM SPECTRUM RESPON

2.b. ANALISA RESPON DINAMIK RIWAYAT WAKTU

CATATAN :

- *SNI.03-1726-2002 **TIDAK MENGATUR** UNTUK GEDUNG DENGAN SISTEM BASE ISOLASI, BANGUNAN YANG TIDAK UMUM, STRUKTUR JEMBATAN, BANGUNAN AIR, DERMAGA, PELABUHAN, OFFSHORE BUILDING, **RUMAH TINGGAL SEDERHANA***

ANALISA BEBAN GEMPA STATIK EKUIVALEN



- GEMPA RENCANA DIDASARKAN PADA KALA ULANG GEMPA 500 TAHUN DENGAN PROBABILITAS 10%.
- WILAYAH GEMPA (LIHAT [TABEL & PETA](#))
- STRUKTUR BANGUNAN [GEDUNG BERATURAN](#)
- BEBAN GEMPA PADA DASAR GEDUNG :

$$V = \frac{C_1 I}{R} W_1$$

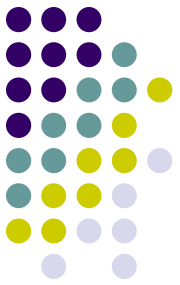
STRUKTUR GEDUNG BERATURAN



- **TINGGI STRUKTUR GEDUNG MAKS 10 TINGKAT (ATAU 40 METER)**
- **DENAH GEDUNG SERAGAM & BENTUK PERSEGI PANJANG,**
DENGAN SYARAT :
TANPA TONJOLAN, MAKS 25% DARI DIMENSI ARAH TONJOLAN TSB.
TANPA COAKAN SUDUT, MAKS 15% DARI DIMENSI SISI GEDUNG.
- **BENTUK PORTAL SERAGAM TIAP TINGKAT, TIDAK ADA LONCATAN BIDANG MUKA, MIN 75% DARI DIMENSI TERBESAR DENAH STRUKTUR DIBAWAHNYA.**
- **KEKAKUAN LATERAL SERAGAM TIAP TINGKAT,**
 $K_{\text{TINGKAT } KE-i} > 70\%$ DARI TINGKAT DIATASNYA, ATAU
 $K_{\text{TINGKAT } KE-i} > 80\%$ DARI $K_{\text{RATA-RATA}}$ 3 TINGKAT DIATASNYA.
- **BERAT LANTAI SERAGAM, $W_{\text{LANTAI } KE-i} < 150\%$ DARI BERAT LANTAI $W_{\text{LANTAI } i+1}$ ATAU $W_{\text{LANTAI } i-1}$**
- **STRUKTUR MEMILIKI SISTEM PENAHAN BEBAN LATERAL YANG MENERUS (KOLOM, DINDING GESER, VERTIKAL OUTRIGGER), DAN ARAHNYA TEGAK LURUS DAN SEJAJAR SUMBU UTAMA DENAH GEDUNG.**
- **SISTEM LANTAI MENERUS, TANPA BUKAAN/LOBANG,**
MAKS 50% LUAS SELURUH LANTAI TINGKAT, ATAU
MAKS 20% DARI JUMLAH LANTAI TINGKAT KESELURUHAN.

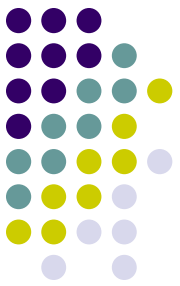


PARAMETER-PARAMETER BEBAN GEMPA DASAR (V)



- FAKTOR RESPON GEMPA, C_1
- WAKTU GETAR ALAMI GEDUNG, T_1
- FAKTOR KEUTAMAAN, I
- FAKTOR REDUKSI GEMPA, R
- BERAT TOTAL GEDUNG, W_t





Hitungan bobot bangunan, W

Berat lantai ke-i (*contoh perhitungan*)

Plat lantai : tebal pelat x Luas Lantai x BJ bahan = kg

Dinding /partisi : tebal x tinggi x panjang x berat dinding/m² = kg

Kolom : luas kolom x jumlah x tinggi x BJ bahan = kg

Balok : luas balok x panjang x BJ bahan = kg

Assesoris (misal ; sandaran, tangga, plafond, deck) = kg

Berat mati (DL) = kg

Beban hidup(LL) : beban guna x luas lantai = kg

Total berat lantai ke-i, **W_i** = kg

Hitungan total bobot bangunan ,

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n$$



FAKTOR REDUKSI GEMPA, R



- TERGANTUNG DARI DAKTILITAS STRUKTUR, (Lihat Tabel & Grafik)
- TERGANTUNG FAKTOR BEBAN, $f_1 = 1,6$



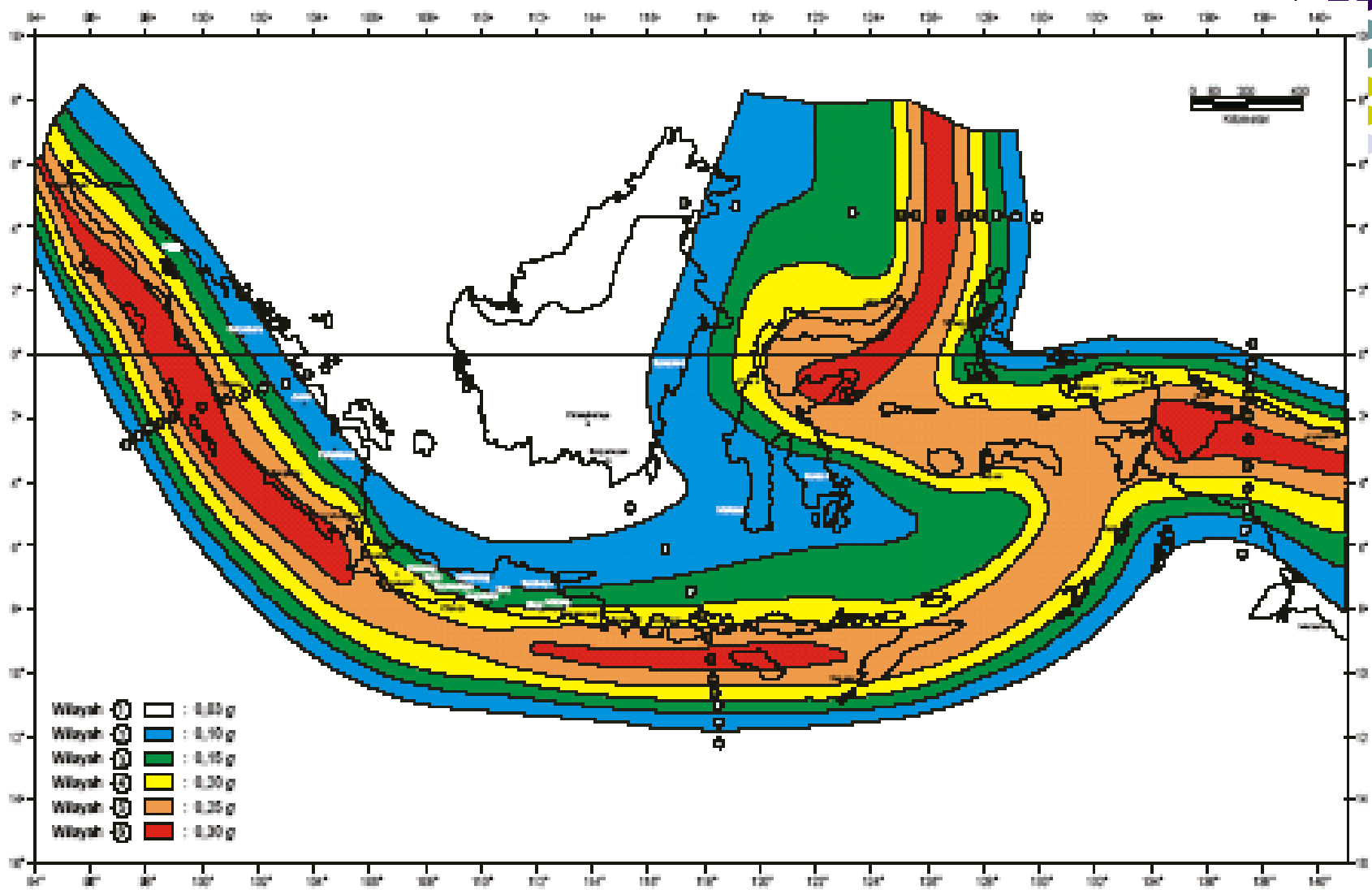
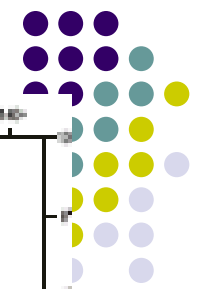
PEMBAGIAN ZONE WILAYAH GEMPA DI INDONESIA*)



ZONE / WILAYAH	PERCEPATAN PUNCAK BATUAN DASAR (X g)	PERCEPATAN PUNCAK MUKA TANAH (X g)			
		TANAH KERAS	TANAH SEDANG	TANAH LUNAK	TANAH KHUSUS
1	0,03	0,04	0,05	0,08	PERLU EVALUASI KHUSUS DISETIAP LOKASI
2	0,10	0,12	0,15	0,20	
3	0,15	0,18	0,23	0,30	
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,28	0,32	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,38	

*) menurut SNI 03- 1726-2002

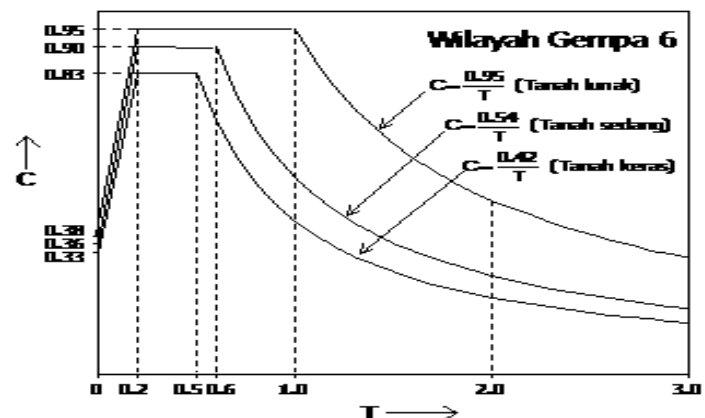
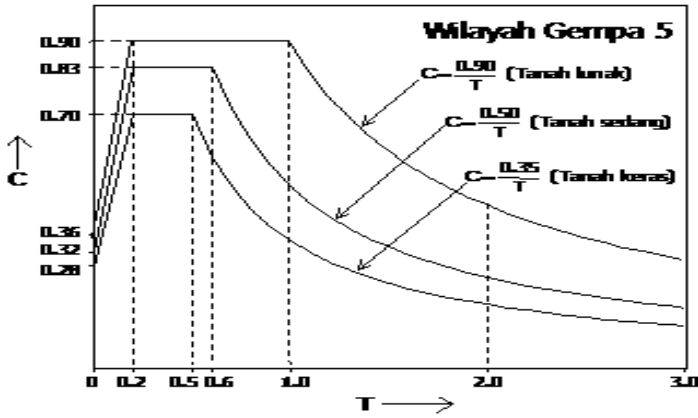
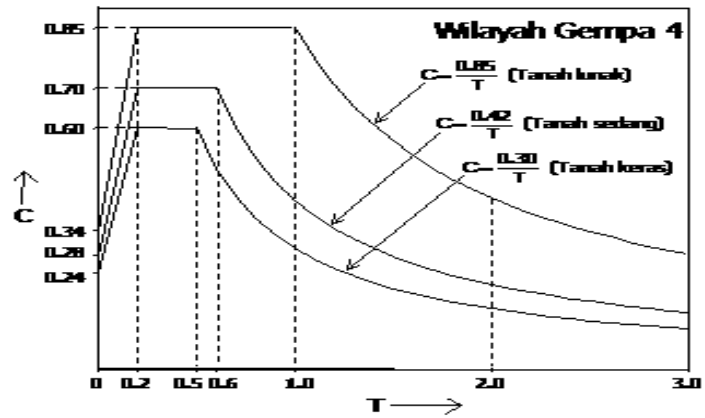
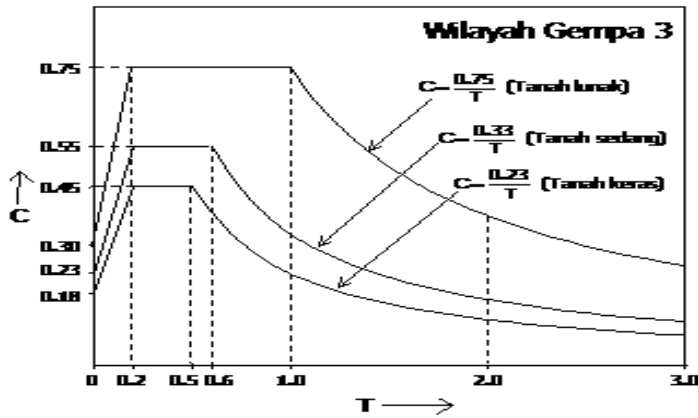
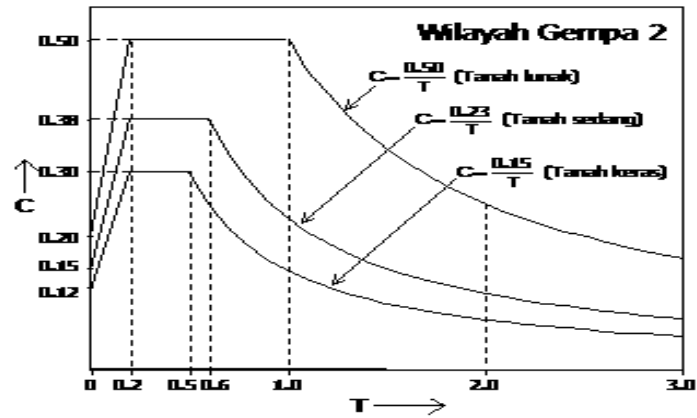
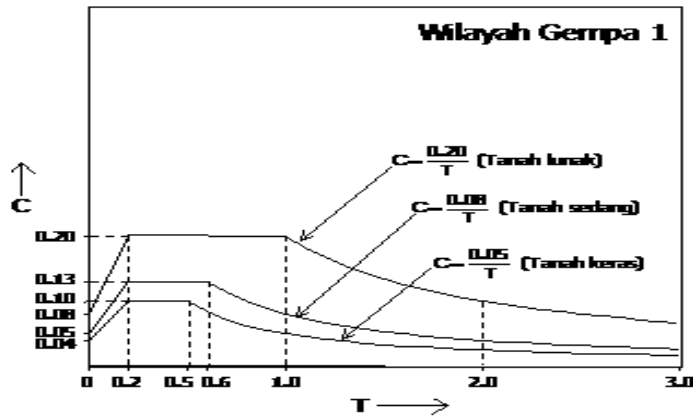
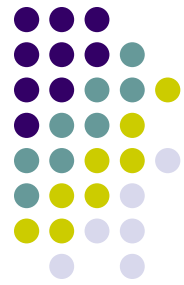




Peta Gempa Indonesia SNI 03- 1726-2002



Respons Spektrum Gempa Rencana SNI 03-1726-2002



WAKTU GETAR ALAMI FUNDAMENTAL (RUMUS RAYLEIGHT)



$$T_1 = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i d_i^2}{g \sum_{i=1}^n F_i d_i}} < \zeta n$$

W_i = berat gedung lantai ke- i

F_i = beban gempa pada lantai ke- i

d_i = defleksi relatif pada lantai ke- i

n = jumlah lantai (tingkat)

ζ = koefisien yang tergantung wilayah gempa ([lihat tabel](#))

Koefisien batasan waktu getar alami, ξ



WILAYAH GEMPA	ξ
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

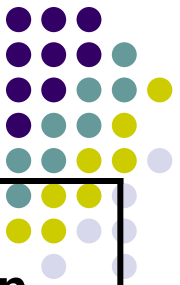


FAKTOR KEUTAMAAN GEDUNG



- TERGANTUNG PROBABILITAS KEJADIAN GEMPA YANG DIHARAPKAN SELAMA UMUR BANGUNAN (I_1)
- TERGANTUNG FUNGSI DAN KATEGORI GEDUNG (I_2)
- FAKTOR KEUTAMAAN, $I = I_1 \times I_2$

FAKTOR KEUTAMAAN UNTUK BERBAGAI KATEGORI GEDUNG & BANGUNAN



Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I_1	I_2	I
Gedung umum ; penghunian, perniagaan, perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa ; rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan darurat, fasilitas media elektronik	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya ; gas, minyak bumi, asam, bahan beracun	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki diatas menara	1,5	1,0	1,5

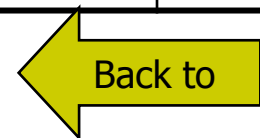
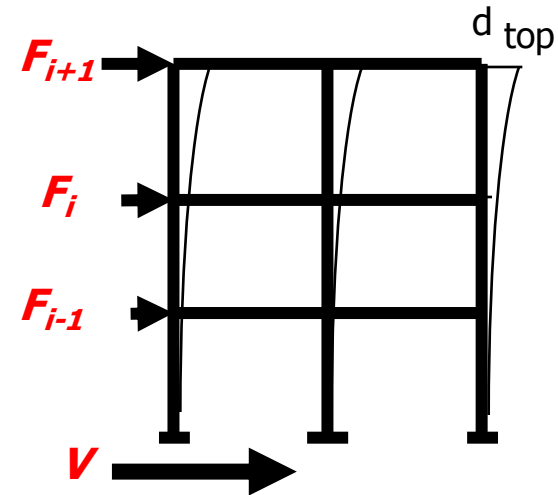
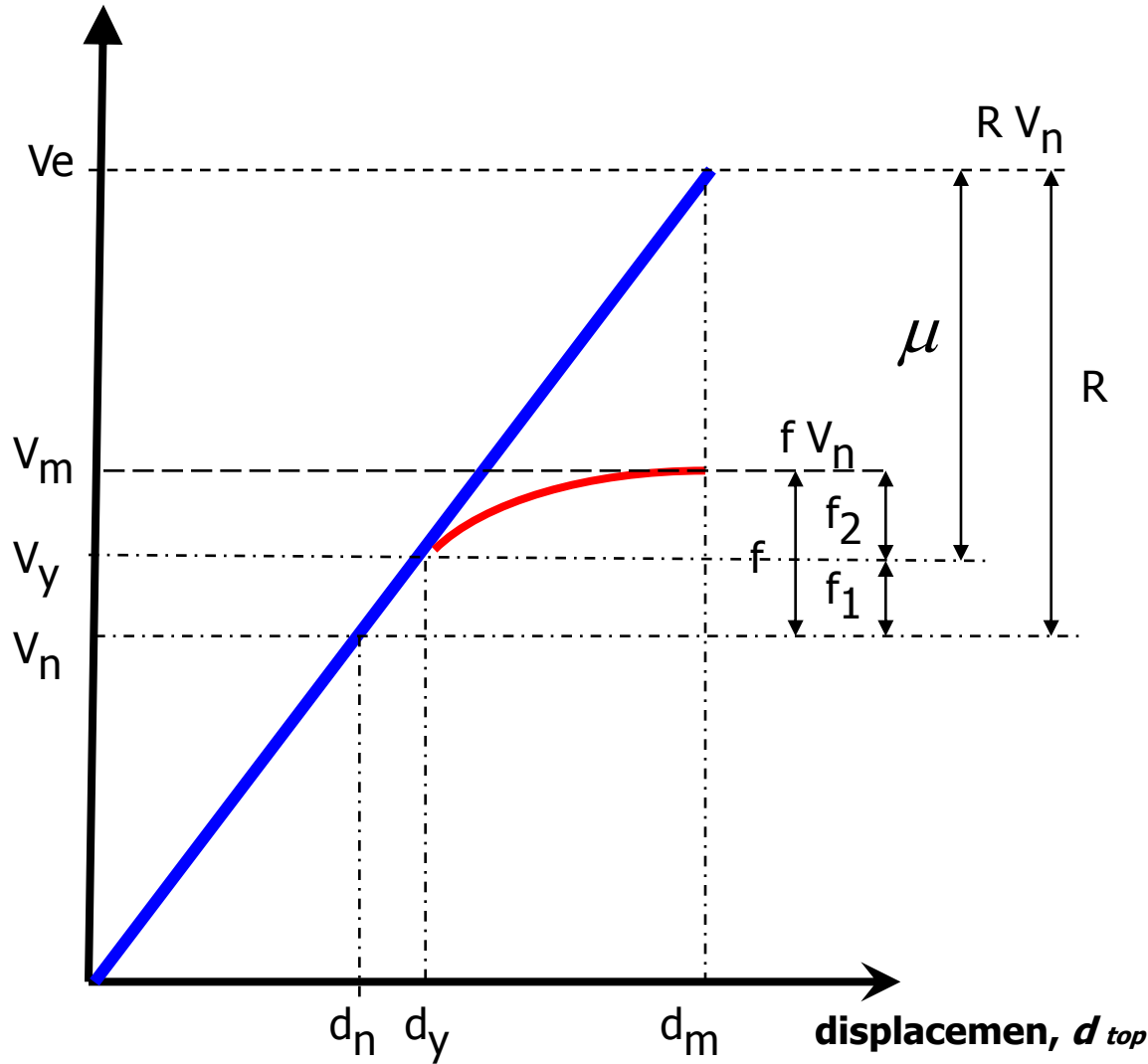


DIAGRAM BEBAN-SIMPANGAN STRUKTUR GEDUNG

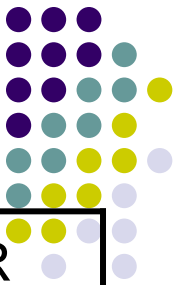


Beban gempa dasar, V



 elastik
 daktail

PARAMETER DAKTILITAS STRUKTUR GEDUNG



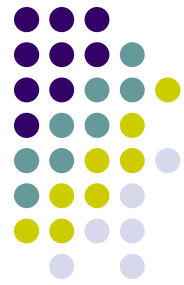
TARAF KINERJA STRUKTUR GEDUNG	μ	R
ELASTIS PENUH	1,0	1,6
DAKTAIL PARSIAL	1,5	2,4
	2,0	3,2
	2,5	4,0
	3,0	4,8
	3,5	5,6
	4,0	6,4
	4,5	7,2
	5,0	8,0
DAKTAIL PENUH	5,3	8,5

$R = \mu f_1$ dimana ; f_1 = faktor kuat lebih beban dan bahan

μ = faktor daktilitas struktur



Tabel 3 Faktor daktilitas maksimum, faktor reduksi gempa maksimum, faktor tahanan lebih struktur dan faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung



Sistem dan subaistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	μ_m	R_m Pers. (6)	f Pers. (39)
1. Sistem dinding penumpu (Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penumpu atau sistem bresing memikul hampir semua beban gravitasi. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing).	1. Dinding geser beton bertulang	2,7	4,5	2,8
	2. Dinding penumpu dengan rangka baja ringan dan bresing tarik	1,8	2,8	2,2
	3. Rangka bresing di mana bresingnya memikul beban gravitasi			
	a. Baja	2,8	4,4	2,2
	b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	1,8	2,8	2,2
2. Sistem rangka gedung (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing).	1. Rangka bresing eksentris baja (RBE)	4,3	7,0	2,8
	2. Dinding geser beton bertulang	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a. Baja	3,8	5,6	2,2
	b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	3,6	5,6	2,2
	4. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a. Baja	4,1	6,4	2,2
5. Dinding geser beton bertulang berangkal daktil	4,0	6,5	2,8	
6. Dinding geser beton bertulang kantilever daktil penuh	3,6	6,0	2,8	
7. Dinding geser beton bertulang kantilever daktil parsial	3,3	5,5	2,8	
3. Sistem rangka pemikul momen (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur)	1. Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)			
	a. Baja	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)	3,3	5,5	2,8
3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB)				
a. Baja	2,7	4,5	2,8	
b. Beton bertulang	2,1	3,5	2,8	
4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8	
5. Sistem ganda (Terdiri dari: 1) rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi; 2) pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral; 3) kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi /sistem ganda)	1. Dinding geser			
	a. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang	4,0	6,5	2,8
	2. RBE baja			
	a. Dengan SRPMK baja	5,2	8,5	2,8
	b. Dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,0	6,5	2,8
	b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
c. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	4,0	6,5	2,8	
d. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	2,6	4,2	2,8	
4. Rangka bresing konsentrik khusus				
a. Baja dengan SRPMK baja	4,6	7,5	2,8	
b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8	
5. Sistem struktur gedung kolom kantilever: (Sistem struktur yang memanfaatkan kolom kantilever untuk memikul beban lateral)	Sistem struktur kolom kantilever	1,4	2,2	2

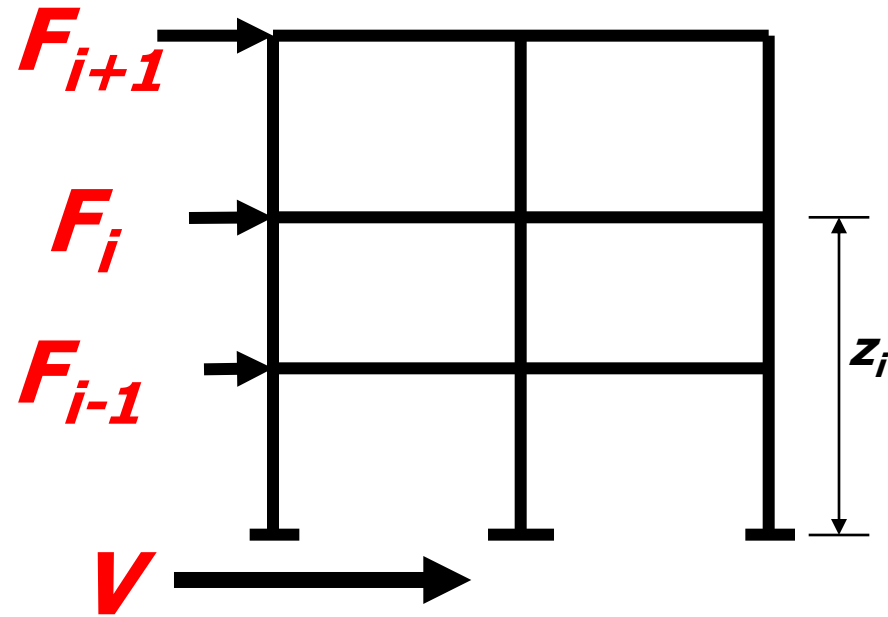
6. Sistem interaksi dinding geser dengan rangka	Beton bertulang biasa (tidak untuk Wilayah 3, 4, 5 & 6)	3,4	5,5	2,8
7. Subsistem tunggal (Subsistem struktur bidang yang membentuk struktur gedung secara keseluruhan)	1. Rangka terbuka baja	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka terbuka beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	3. Rangka terbuka beton bertulang dengan balok beton pratekan (bergantung pada indeks baja total)	3,3	5,5	2,8
	4. Dinding geser beton bertulang berangkal daktil penuh.	4,0	6,5	2,8
	5. Dinding geser beton bertulang kantilever daktil parsial	3,3	5,5	2,8



DISTRIBUSI BEBAN GEMPA PADA STRUKTUR BANGUNAN

BEBAN GEMPA TIAP LANTAI

$$F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_{i=1}^n W_i z_i} V$$



Dimana :

W_i = berat lantai tingkat ke- i

Z_i = ketinggian lantai tingkat ke- i dari dasar gedung

DISTRIBUSI BEBAN GEMPA PADA GEDUNG

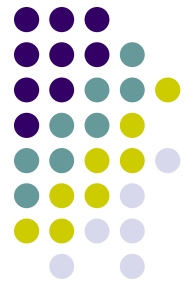


ARAH LONGITUDINAL

- ARAH UTAMA GEDUNG, BEKERJA 100%
- ARAH TEGAK LURUS SB-UTAMA GEDUNG, BEKERJA 30% PADA SAAT BERSAMAAN

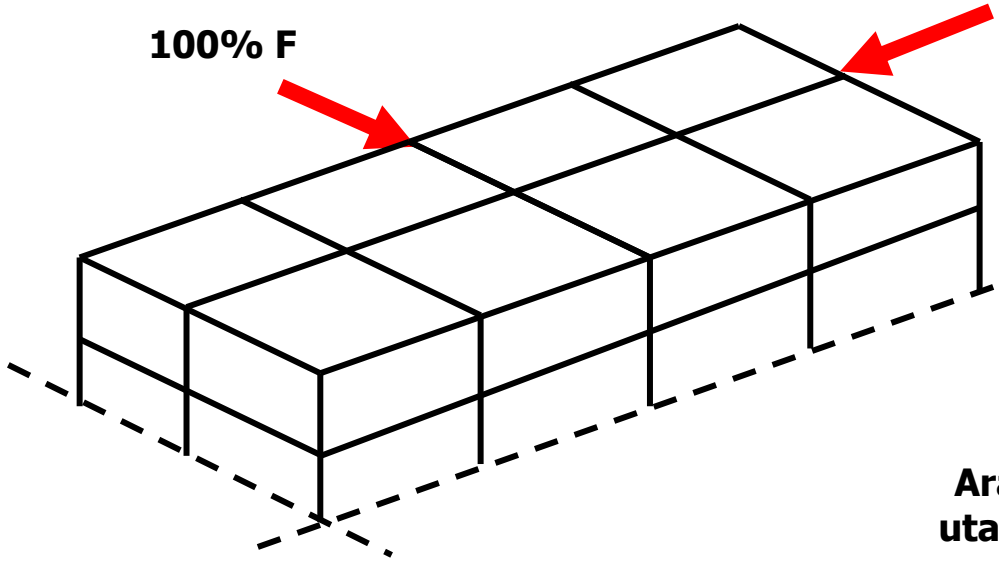
ARAH TRANVERSAL

- BEBAN GEMPA TIAP LANTAI DIBAGI DENGAN JUMLAH PORTAL YANG DITINJAU

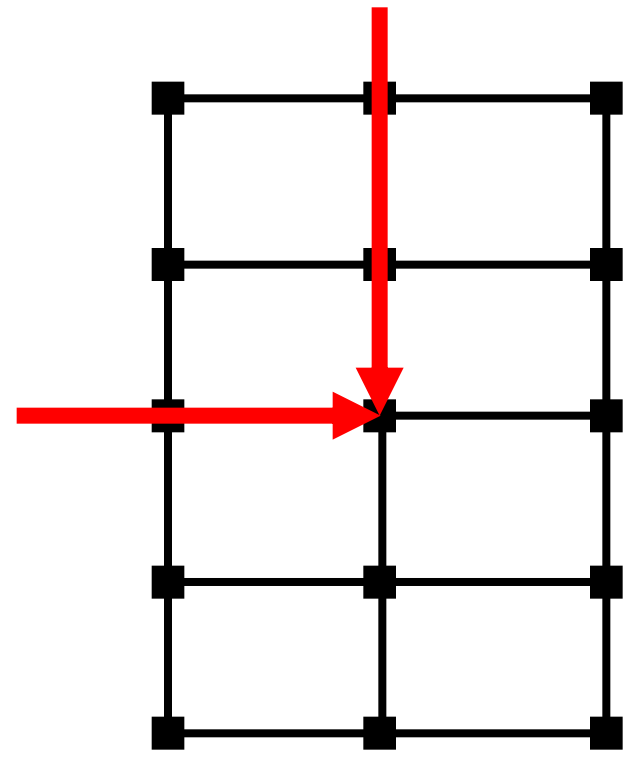


30% F

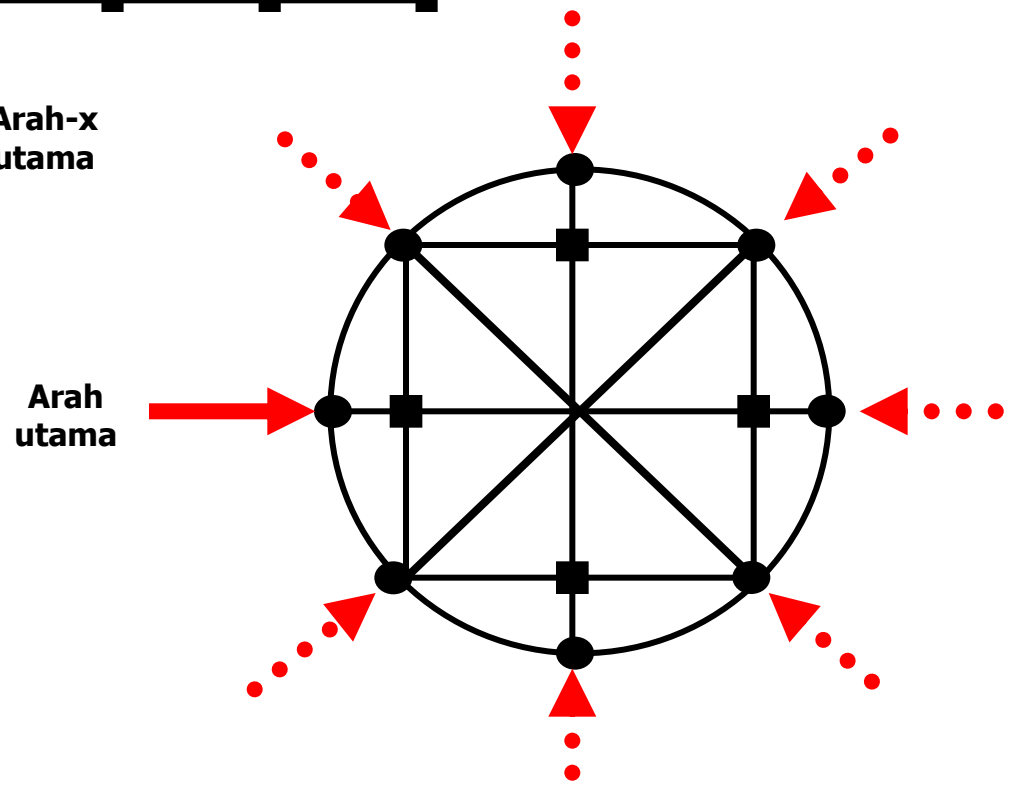
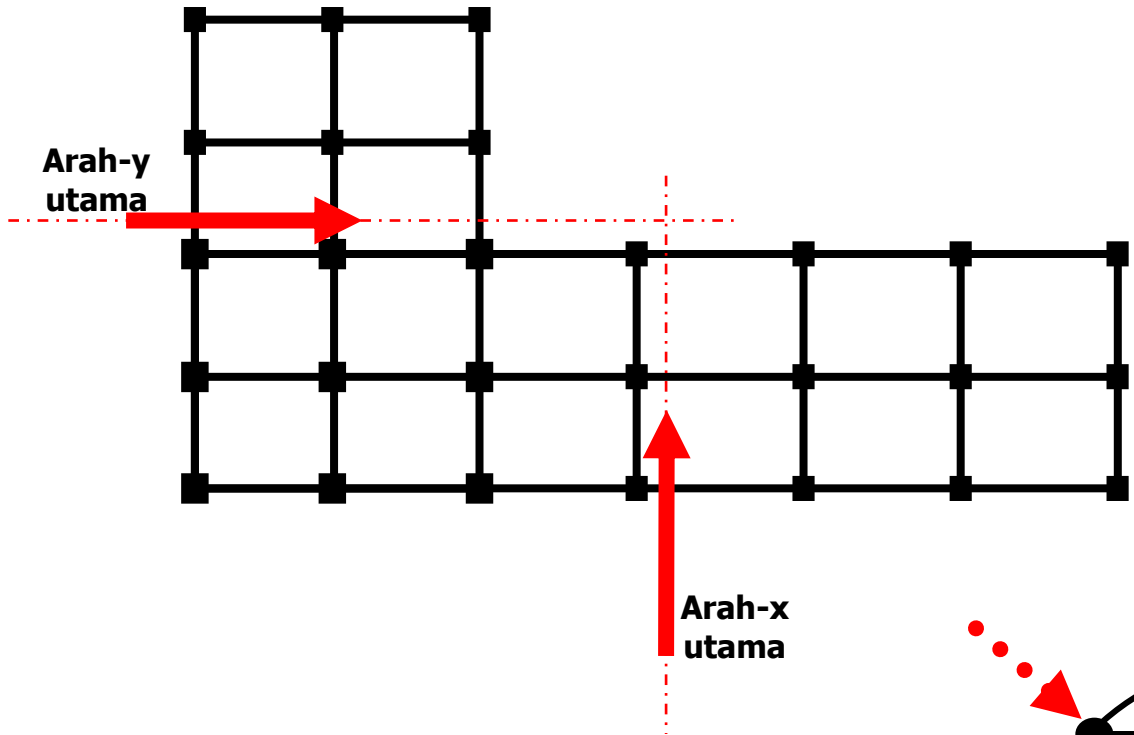
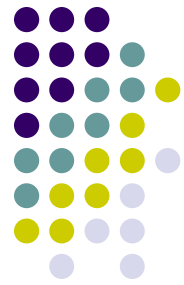
100% F



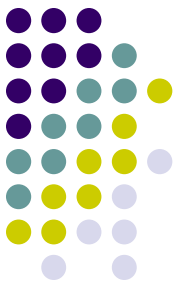
Arah utama



Denah Lantai



Distribusi beban gempa tiap portal



$$P_{i_x} = \frac{F_{i_x}}{N_x} \dots\dots\dots \text{beban gempa pada arah - x}$$

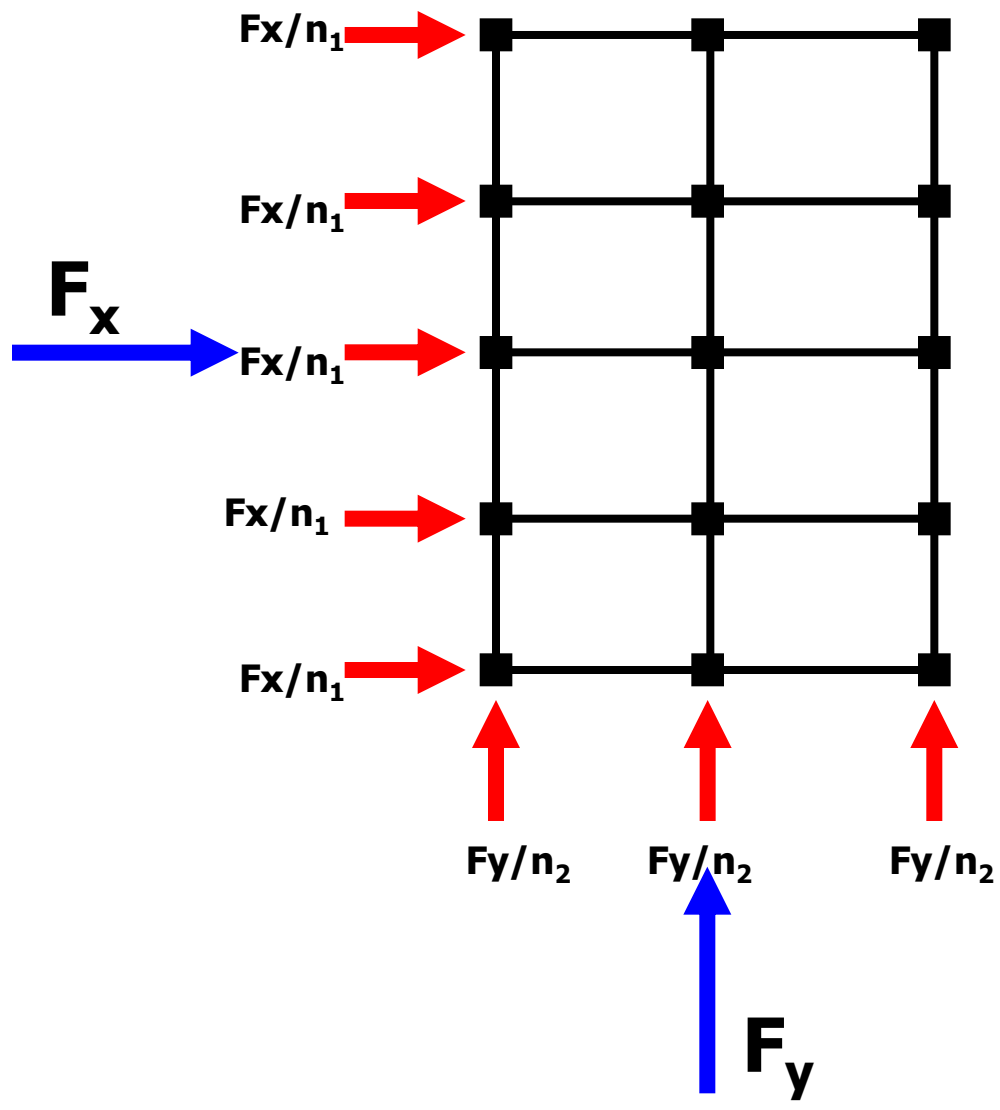
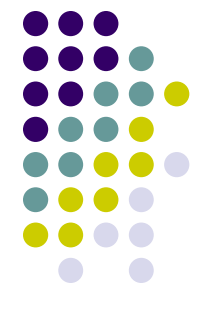
$$P_{i_y} = \frac{F_{i_y}}{N_y} \dots\dots\dots \text{beban gempa pada arah - y}$$

Keterangan :

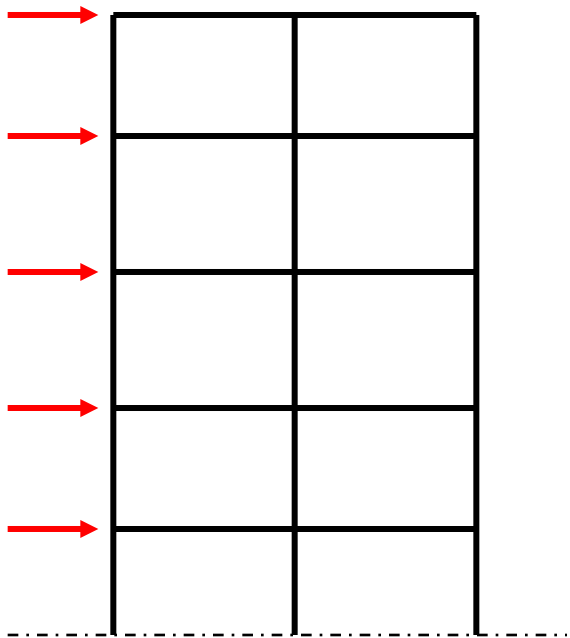
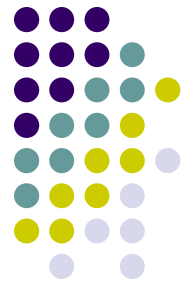
P_x, P_y beban gempa tiap portal pada arah x dan y

F_x, F_y beban gempa tiap lantai pada arah x dan y

N_x, N_y jumlah portal arah x dan y

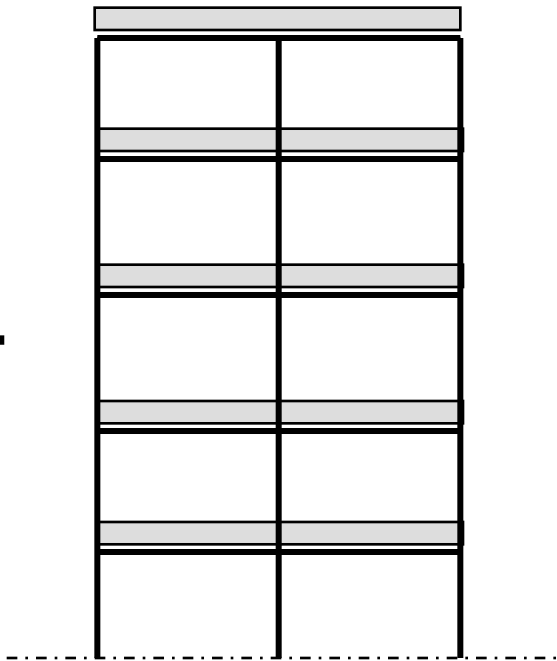


$n_1 = 5$ (jumlah portal arah-x)
 $n_2 = 3$ (jumlah portal arah-y)



Beban gempa (E)

+



Beban gravitasi (DL+LL)

FAKTOR BEBAN DAN REDUKSI KEKUATAN



- **BEBAN ULTIMIT**

$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R)$ Beban tetap

$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$ Beban sementara
atau

$U = 0,9 D \pm 1,0 E$ Beban sementara

$Q_U =$ Beban ulimit

- **KEMAMPUAN STRUKTUR**

$$R_U = \Phi R_n$$

dimana Φ = reduksi kekuatan (lihat Tabel)

- **SYARAT ; $R_U > Q_U$ STRUKTUR AMAN**

Perancangan Beton Bertulang

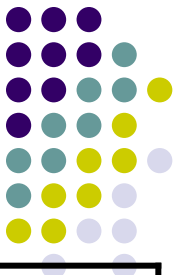


Faktor Beban

Beban	SK SNI T-15-1991-03	SNI 03-xxxx-2002
Beban Mati		$U = 1,4 D$
Beban Mati & Hidup	$U = 1,2 D + 1,6 L$	$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R)$
Beban Angin	$U = 0,75 (1,2 D + 1,6 L + 1,6 W)$ $U = 0,9 D + 1,3 W$	$U = 1,2 D + 1,0 L + 0,5 (A \text{ atau } R) + 1,6 W$ $U = 0,9 D + 1,6 W$
Beban Gempa	$U = 1,05 (D + L_R + E)$ $U = 0,9 (D + E)$	$U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E$ $U = 0,9 D + 1,0 E$
Tekanan Tanah	$U = 1,2 D + 1,6 L + 1,6 H$	$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R) + 1,6 H$
Temperatur	$U = 0,75 (1,2 D + 1,6 L + 1,2 T)$ $U = 1,2 (D + T)$	$U = 0,75 (1,2 D + 1,6 L + 1,2 T)$ $U = 1,2 (D + T)$
Beban Dinamik	Diperhitungkan pd L: Fak.Kejut x L	Diperhitungkan pd L: Fak.Kejut x L
Beban Fluida	Ditambahkan: 1,2 F	$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R) + 1,2 F$ $U = 1,4 D + 1,4 F$
Tumbukan P		Ditambahkan: 1,2 P

Faktor beban → mengapa berbeda utk tiap jenis beban?

Perancangan Beton Bertulang



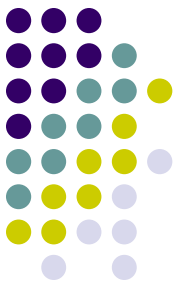
Faktor Reduksi Kekuatan ϕ

Beberapa nilai ϕ yg penting, untuk:		SNI T-15-1991-03	SNI 03-xxxx-2002
Lentur, tanpa beban aksial		0,80	0,80
Aksial tarik		0,80	0,80
Aksial tarik dengan lentur		0,80	0,80
Aksial tekan		0,70 - 0,65	0,70 - 0,65

Faktor reduksi kekuatan \rightarrow a.l. untuk memperhitungkan adanya kemungkinan:

- kesalahan hitung (pemodelan/penyederhanaan perilaku bahan dan perilaku str.beton bertulang; pembulatan angka2),
- kekurangan mutu bahan,
- kekurangan dimensi,
- ketelitian pelaksanaan (mis. letak baja tulangan).

PERLEMAHAN PENAMPANG AKIBAT BEBAN GEMPA



- Struktur gedung menerima beban siklis
- Penampang mengalami perlemahan akibat perubahan daerah tarik dan tekan yang berulang.
- Faktor reduksi, ϕ momen inersia penampang

Jenis penampang struktur	Faktor reduksi, ϕ
Kolom dan balok beton bertulang pada rangka terbuka	75%
Dinding geser kantilever	60%
Dinding geser berangkai (kopel)	
-Komponen tarik aksial	50%
-Komponen tekan aksial	80%
-Balok perangkai dengan tulangan diagonal	40%
-Balok perangkai dengan tulangan memanjang	20%

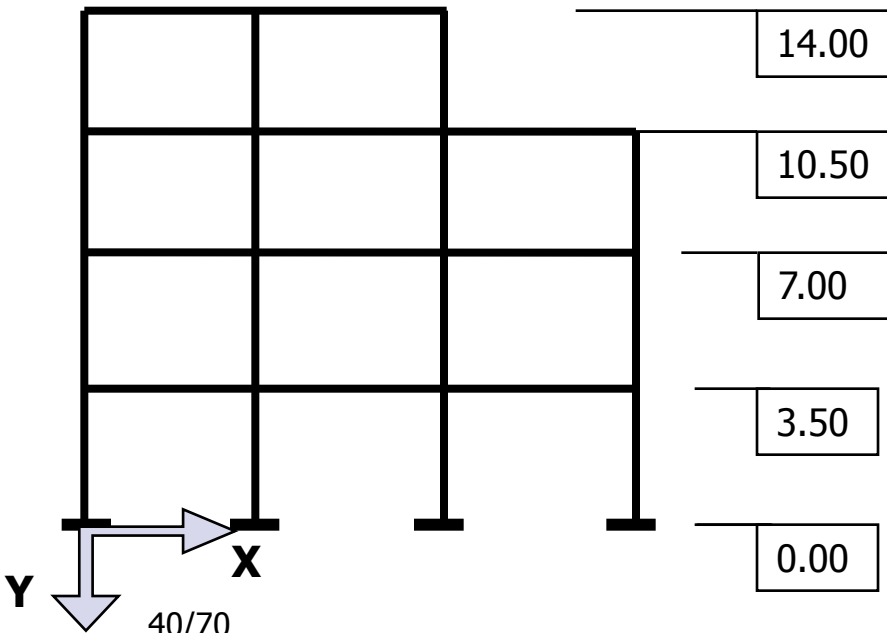
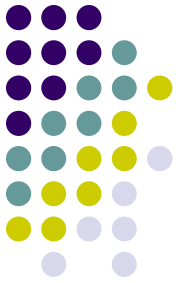
Data-data Struktur Bangunan



- Fungsi Bangunan : Apartemen
- Lokasi bangunan : Kota Malang
- Beban guna : 300 kg/m² (termasuk lantai-atap).
- Material bangunan : Beton bertulang
- Tebal lantai : 12 cm tiap lantai
- Dinding luar : pasangan bata
- Dinding dalam : multipleks (bs = 50 kg/m²)

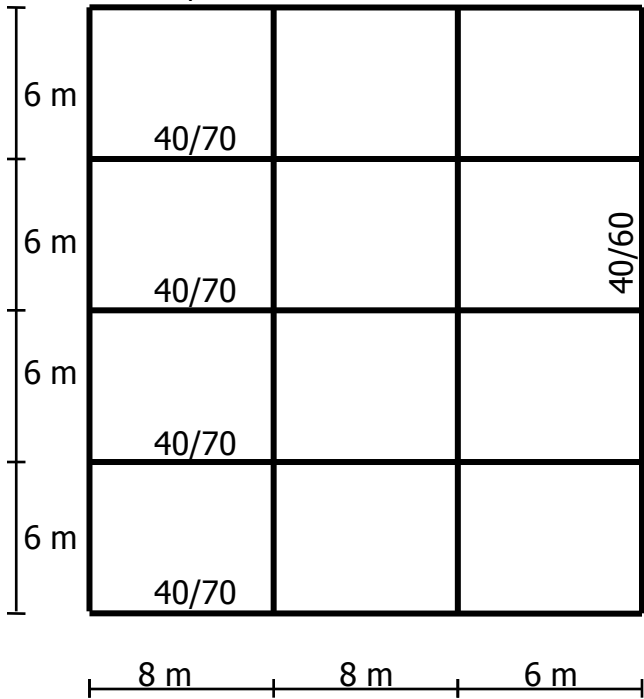
Hitung :

1. Beban gempa dasar (ton) arah x, y
2. Beban geser tingkat (ton) arah x, y pada setiap portal

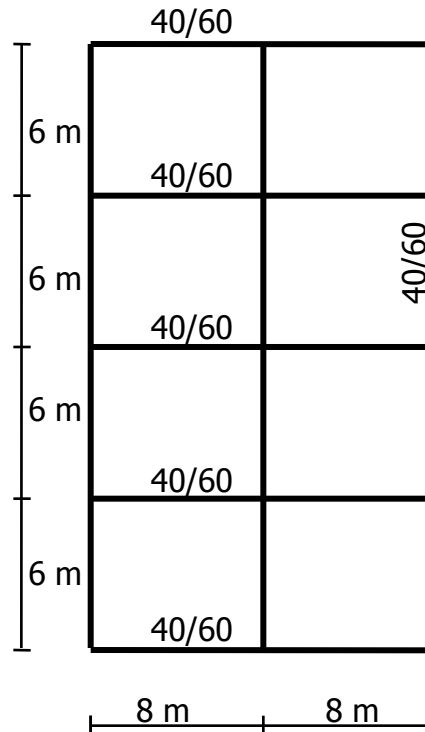


Data-data kolom

Uraian	Dimensi kolom (cm/cm)
Tingkat-1	90/90
Tingkat-2	90/90
Tingkat-3	80/80
Tingkat-4	70/70



Lantai 2 dan 3



Lantai 4 dan atap