

Mata Kuliah : Struktur Beton Lanjutan  
Kode : TSP - 407  
SKS : 3 SKS

# *Desain Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*

Pertemuan - 10

- **TIU :**
  - Mahasiswa dapat mendesain berbagai elemen struktur beton bertulang
  
- **TIK :**
  - Mahasiswa dapat menghitung Gaya Geser Dasar Seismik dan distribusi vertikalnya

- Sub Pokok Bahasan :
  - Spektrum Respon Desain
  - Pemilihan Sistem Struktur
  - Periode Alami Struktur
  - Gaya Geser Dasar Seismik
  - Simpangan Antar Lantai
  - Efek P- $\Delta$
  - Kombinasi Beban

## • Spektrum Respon Desain

- Spektrum Respon Desain dapat dibentuk setelah nilai dari  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  dihitung. Kurva spektrum respon desain dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 15.4 serta mengikuti ketentuan sebagai berikut :
- **Untuk  $T < T_0$** , spektrum respon percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan :

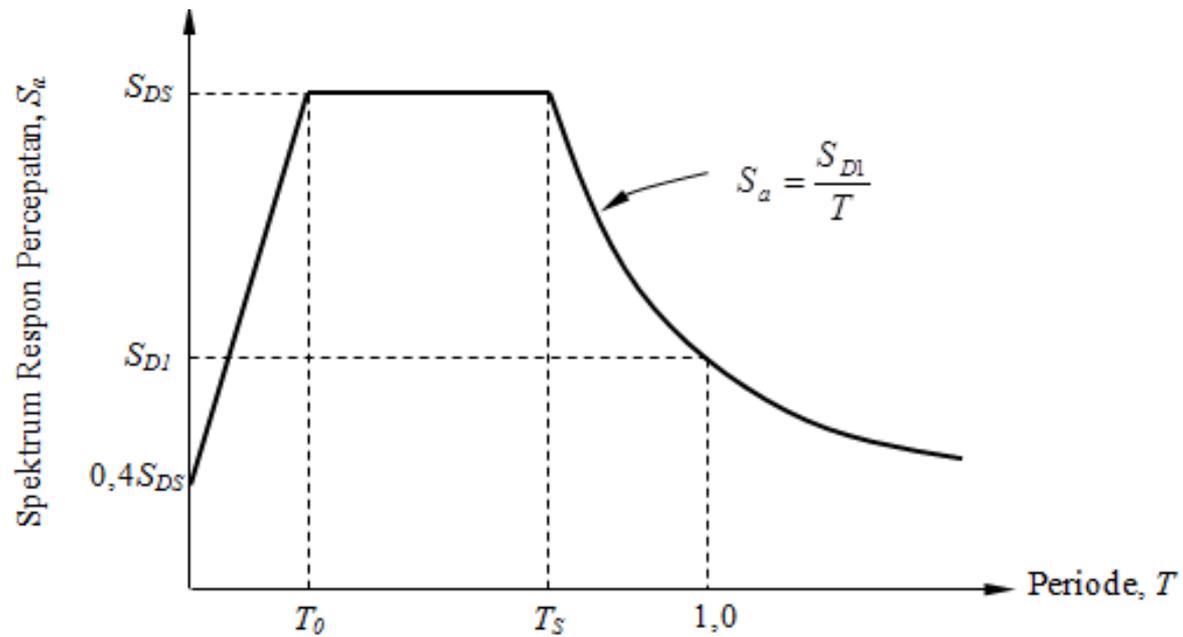
$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \qquad T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

- **Untuk  $T_0 < T < T_S$** , spektrum respon percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

- **Untuk  $T > T_S$** , spektrum respon percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$



**Gambar 15.4** Spektrum Respon Desain

- **Pemilihan Sistem Struktur**
- Sistem struktur penahan gaya gempa lateral dan vertikal harus dipilih berdasarkan KDS-nya serta ketinggian struktur. Tipe-tipe sistem struktur yang dipilih dapat ditentukan dengan mengacu pada Tabel 15.8 berikut ini.

**Tabel 15.8** Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk Sistem Penahan Gaya Seismik

Sistem Penahan-Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons, $R$	Faktor Kuat-Lebih Sistem, $\Omega_e$	Faktor Pembesaran Defleksi, $C_d$	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur (m)				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
<b>A. SISTEM DINDING PENUMPU</b>								
1. Dinding geser beton bertulang khusus	5	2½	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser beton polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser beton polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
5. Dinding geser pracetak menengah	4	2½	4	TB	TB	12 <sup>k</sup>	12 <sup>k</sup>	12 <sup>k</sup>
6. Dinding geser pracetak biasa	3	2½	3	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	2½	3½	TB	TB	48	48	30
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	2½	2½	TB	TB	TI	TI	TI
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	1½	TB	48	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
11. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
13. Dinding geser batu bata ringan (AAC) bertulang biasa	2	2½	2	TB	10	TI	TI	TI
14. Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
15. Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
16. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
17. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	2½	2	TB	TB	10	TI	TI
18. Dinding rangka baja ringan (baja canai dingin) menggunakan <i>bracing strip</i> datar	4	2	3½	TB	TB	20	20	20

B. SISTEM RANGKA BANGUNAN								
1. Rangka baja dengan <i>bracing</i> eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
2. Rangka baja dengan <i>bracing</i> konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30
3. Rangka baja dengan <i>bracing</i> konsentris biasa	3½	2	3½	TB	TB	10	10	TI
4. Dinding geser beton bertulang khusus	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
5. Dinding geser beton bertulang biasa	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
6. Dinding geser beton polos detail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser beton polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI

Sistem Penahan-Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons, $R$	Faktor Kuat-Lebih Sistem, $\Omega_s$	Faktor Pembesaran Defleksi, $C_d$	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur (m)				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
8. Dinding geser pracetak menengah	5	2½	4½	TB	TB	12	12	12
9. Dinding geser pracetak biasa	4	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit dengan <i>bracing</i> eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
11. Rangka baja dan beton komposit dengan <i>bracing</i> konsentris khusus	5	2	4½	TB	TB	48	48	30
12. Rangka baja dan beton komposit dengan <i>bracing</i> biasa	3	2	3	TB	TB	TI	TI	TI
13. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	6½	2½	5½	TB	TB	48	48	30
14. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
15. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
16. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	2½	4	TB	TB	48	48	30
17. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
18. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	2	TB	48	TI	TI	TI
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan <i>bracing</i> terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30



<b>C. SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN</b>									
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI	
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4,5	3	4	TB	TB	10	TI	TI	
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3,5	3	3	TB	TB	TI	TI	TI	
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI	
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI	
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI	
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI	
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI	
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3°	3½	10	10	10	10	10	

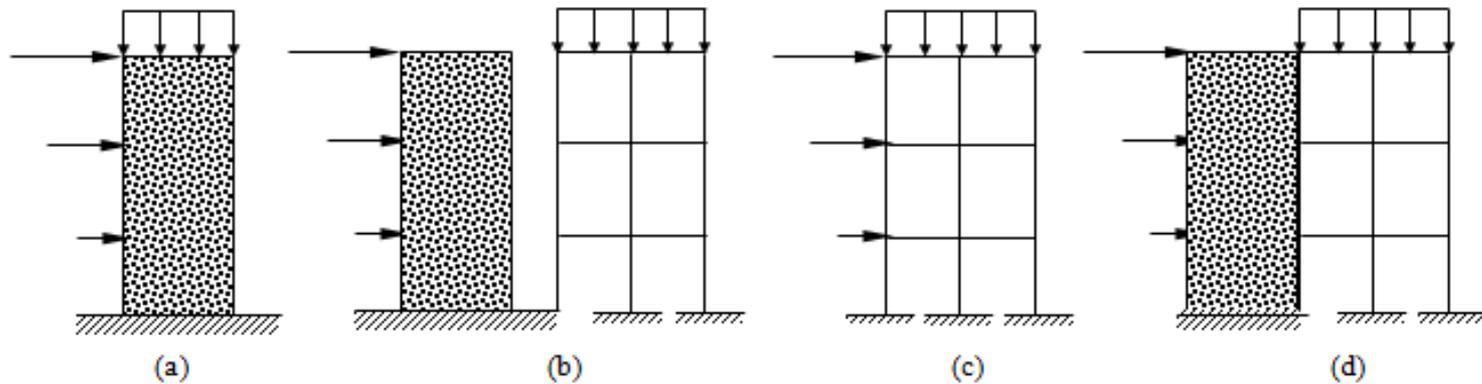
D. SISTEM GANDA DENGAN RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS YANG MAMPU MENAHAN PALING SEDIKIT 25% GAYA GEMPA YANG DITETAPKAN								
1. Rangka baja dengan <i>bracing</i> eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan <i>bracing</i> konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB

Sistem Penahan-Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons, $R$	Faktor Kuat-Lebih Sistem, $\Omega_0$	Faktor Pembesaran Defleksi, $C_d$	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur (m)				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan <i>bracing</i> eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan <i>bracing</i> konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan <i>bracing</i> terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

	a	b	c	d	e	f	g	h
<b>E. SISTEM GANDA DENGAN RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH YANG MAMPU MENAHAN PALING SEDIKIT 25% GAYA GEMPA YANG DITETAPKAN</b>								
1. Rangka baja dengan <i>bracing</i> konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI
2. Dinding geser beton bertulang khusus	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30
3. Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	2½	TB	48	TI	TI	TI
4. Dinding geser baru bata bertulang menengah	3½	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan <i>bracing</i> konsentris khusus	5½	2½	4½	TB	TB	48	30	TI
6. Rangka baja dan beton komposit dengan <i>bracing</i> biasa	3½	2½	3	TB	TB	TI	TI	TI
7. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
8. Dinding geser beton bertulang biasa	5½	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
<b>F. SISTEM INTERAKTIF DINDING GESER-RANGKA DENGAN RANGKA PEMIKUL MOMEN BETON BERTULANG BIASA DAN DINDING GESER BETON BERTULANG BIASA</b>	4½	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI
<b>G. SISTEM KOLOM KANTILEVER DIDETAIL UNTUK MEMENUHI PERSYARATAN :</b>								
1. Sistem kolom baja dengan kantilever khusus	2½	1½	2½	10	10	10	10	10
2. Sistem kolom baja dengan kantilever biasa	1½	1½	1½	10	10	TI	TI	TI
3. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	2½	1½	2½	10	10	10	10	10
4. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	1½	1½	1½	10	10	TI	TI	TI
5. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	1	1½	1	10	TI	TI	TI	TI
6. Rangka kayu	1½	1½	1½	10	10	10	TI	TI
<b>H. SISTEM BAJA TIDAK DIDETAIL SECARA KHUSUS UNTUK KETAHANAN GEMPA, TIDAK TERMASUK SISTEM KOLOM KANTILEVER</b>	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI

Keterangan :

- a Faktor modifikasi respons,  $R$ , untuk penggunaan pada keseluruhan standar.
- b Faktor pembesaran defleksi,  $C_d$
- c TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diiijinkan.



**Gambar 15.5** Jenis Sistem Struktur (a) Sistem Dinding Penumpu; (b) Sistem Rangka Bangunan;  
(c) Sistem Rangka Pemikul Momen; (d) Sistem Ganda

- **Periode Alami Struktur**

- Periode alami struktur,  $T$ , dalam arah yang ditinjau tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dari Tabel 15.9 dan periode alami pendekatan,  $T_a$ , yang dihitung berdasarkan persamaan

$$T_a = C_t h_n^x$$

- Dengan  $h_n$  adalah ketinggian struktur (dalam meter) di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, sedangkan koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari Tabel 15.10.

Tabel 15.9 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_U$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 15.10 Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,80
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,90
Rangka baja dengan bracing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bracing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

- Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan periode alami pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat serta sistem penahan gaya gempa berupa rangka penahan momen beton dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m :

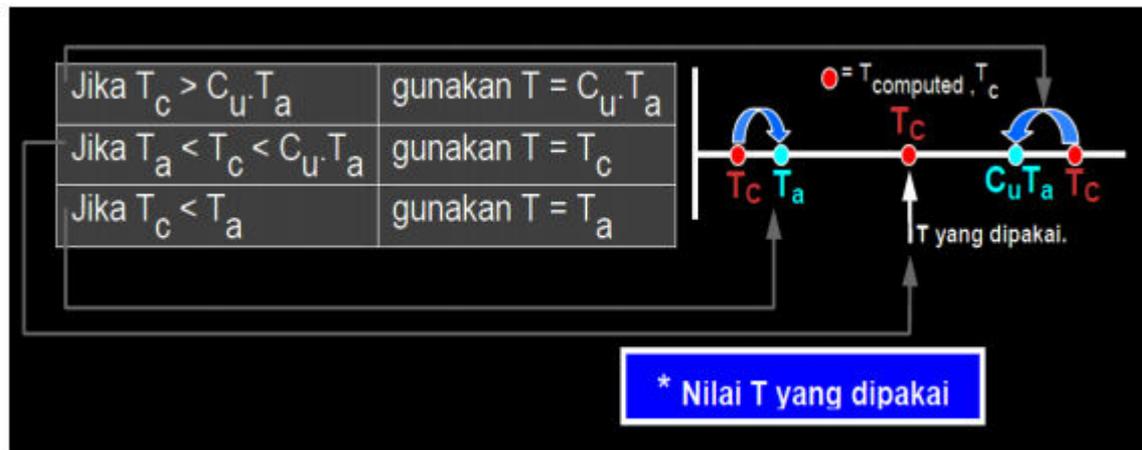
$$T_a = 0,1N$$

- dengan  $N$  adalah jumlah tingkat.
- Apabila periode alami struktur diperoleh dari hasil analisis menggunakan software ( $T_c$ ), maka periode alami struktur yang diambil ( $T$ ) harus ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut :

$$\text{Jika } T_c > C_u T_a \quad \text{maka } T = C_u T_a$$

$$\text{Jika } T_a < T_c < C_u T_a \quad \text{maka } T = T_c$$

$$\text{Jika } T_c < T_a \quad \text{maka } T = T_a$$



- **Gaya Geser Dasar Seismik**

- Gaya geser dasar akibat gempa bumi, dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

- $V = C_s W$

- dengan :

$C_s$  adalah koefisien respon seismik

$W$  adalah berat seismik efektif

Besaran koefisien respon seismik,  $C_s$ , dapat dihitung sebagai berikut :

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

- dengan :

$S_{DS}$  adalah parameter percepatan spektrum respon desain pada periode pendek 0,2 detik

$R$  adalah faktor modifikasi respon

$I_e$  adalah faktor keutamaan

Nilai  $C_s$  tidak perlu melebihi : 
$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

- Namun tidak boleh kurang dari :  $C_s = 0,044S_{DS}I_e \geq 0,01$
- Untuk struktur-struktur yang memiliki lokasi pada daerah dengan nilai  $S_1$  sama dengan atau lebih besar daripada 0,6g, maka  $C_s$  tidak boleh kurang daripada :

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

Berat seismik efektif struktur,  $W$ , harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya yaitu :

- Dalam daerah yang digunakan untuk penyimpanan: minimum sebesar 25 persen beban hidup lantai (beban hidup lantai di garasi publik dan struktur parkir terbuka, serta beban penyimpanan yang tidak melebihi 5 persen dari berat seismik efektif pada suatu lantai, tidak perlu disertakan).
- Jika ketentuan untuk partisi disyaratkan dalam disain beban lantai: diambil sebagai yang terbesar di antara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar  $0,48 \text{ kN/m}^2$ .
- Berat operasional total dari peralatan yang permanen.
- Berat lansekap dan beban lainnya pada taman atap dan luasan sejenis lainnya.

Gaya geser dasar seismik yang telah dihitung, selanjutnya didistribusikan ke semua tingkat menjadi gaya gempa lateral ( $F_x$ ) yang besarnya ditentukan sebagai berikut :

$$F_x = C_{vx} V$$

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

• dengan :

$C_{vx}$  adalah faktor distribusi vertikal

$V$  adalah gaya geser dasar seismik

$w_i, w_x$  adalah bagian berat seismik efektif total struktur ( $W$ ) yang dikenakan pada tingkat  $i$  atau  $x$

$h_i, h_x$  adalah tinggi dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$

$k$  adalah eksponen yang terkait dengan periode struktur, ditentukan sebagai berikut :

= 1, untuk struktur dengan  $T \leq 0,5$  detik

= 2, untuk struktur dengan  $T \geq 2,5$  detik

= 2, atau dilakukan interpolasi linier antara 1 dan 2, untuk  $0,5 < T < 2,5$

- Selanjutnya pada setiap elemen vertikal sistem penahan gaya seismik di tingkat yang ditinjau harus didistribusikan geser tingkat desain gempa ( $V_x$ ) yang besarnya adalah :

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i$$

## • **Simpangan Antar Lantai**

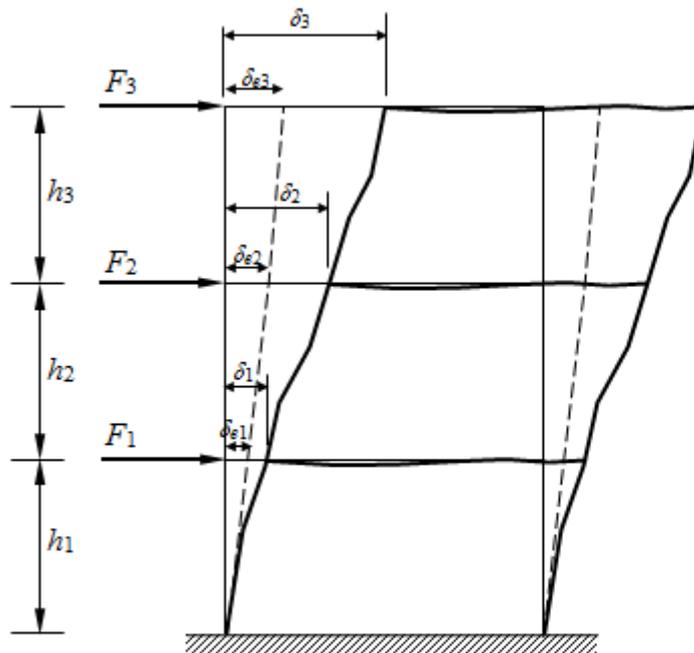
- Gaya gempa lateral akan menghasilkan simpangan struktur dalam arah lateral.
- Dalam proses perencanaan struktur, maka simpangan lateral antar lantai tingkat (*story drift*) harus selalu diperiksa untuk menjamin stabilitas struktur, mencegah kerusakan elemen-elemen non struktural, serta untuk menjamin kenyamanan pengguna bangunan.
- Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) harus dihitung sesuai persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

Dengan :

$C_d$  adalah faktor pembesaran defleksi (lihat Tabel 15.8)  
 $\delta_{xe}$  adalah defleksi pada lokasi lantai yang ditinjau yang diakibatkan gaya gempa lateral  
 $I_e$  adalah faktor keutamaan struktur

## • Simpangan Antar Lantai



### Tingkat 3

- $F_3$  = gaya gempa desain tingkat kekuatan  
 $\delta_{e3}$  = perpindahan elastis akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan  
 $\delta_3 = C_d \delta_{e3} / I_e =$  perpindahan yang diperbesar  
 $\Delta_3 = (\delta_{e3} - \delta_{e2}) C_d / I_e < \Delta_a$

### Tingkat 2

- $F_2$  = gaya gempa desain tingkat kekuatan  
 $\delta_{e2}$  = perpindahan elastis akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan  
 $\delta_2 = C_d \delta_{e2} / I_e =$  perpindahan yang diperbesar  
 $\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I_e < \Delta_a$

### Tingkat 1

- $F_1$  = gaya gempa desain tingkat kekuatan  
 $\delta_{e1}$  = perpindahan elastis akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan  
 $\delta_1 = C_d \delta_{e1} / I_e =$  perpindahan yang diperbesar  
 $\Delta_1 = \delta_{e1} C_d / I_e < \Delta_a$

Gambar 15.6 Perhitungan Simpangan Antar Lantai

- Simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ) seperti ditentukan dalam Tabel 15.11 berikut ini.

Tabel 15.11 Simpangan Antar Lantai Ijin,  $\Delta_a$

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	0,025 $h_{sx}$	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$
Struktur dinding batu bata lainnya	0,007 $h_{sx}$	0,007 $h_{sx}$	0,007 $h_{sx}$
Semua struktur lainnya	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$

$h_{sx}$  adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x.

- Untuk sistem penahan gaya seismik yang terdiri dari hanya rangka momen pada struktur yang dirancang untuk Kategori Desain Seismik D, E, atau F, simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi  $\Delta_a/\rho$  untuk semua tingkat. Nilai  $\rho$  harus ditentukan sebesar 1,3.

- **Efek  $P-\Delta$**

- Pengaruh  $P-\Delta$  pada geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan dan simpangan antar lantai tingkat yang timbul oleh pengaruhnya, tidak disyaratkan untuk diperhitungkan apabila koefisien stabilitas ( $\theta$ ) menurut persamaan berikut ini sama dengan atau kurang dari 0,1 :

$$\theta = \frac{P_x \cdot \Delta \cdot I_e}{V_x \cdot h_{sx} \cdot C_d}$$

dengan :

$\theta$  = koefisien stabilitas

$P_x$  = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat  $x$ ; bila menghitung  $P_x$ , faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0

$\Delta$  = simpangan antar lantai tingkat desain, terjadi secara serentak dengan  $V_x$

$I_e$  = faktor keutamaan hunian

$V_x$  = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat  $x$  dan  $x - 1$

$h_{sx}$  = tinggi tingkat di bawah tingkat  $x$

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi dalam Tabel 15.8

- **Efek  $P-\Delta$**
- Koefisien stabilitas ( $\theta$ ) harus tidak melebihi  $\theta_{max}$  yang ditentukan sebagai berikut :

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta \cdot C_d} \leq 0,25$$

Dengan :

$\theta_{max}$  = koefisien stabilitas maksimum

$\beta$  = rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat  $x$  dan  $x - 1$ .

Rasio ini diijinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi, lihat Tabel 15.8

- **Contoh 15.2**
- Hitunglah gaya geser dasar gempa dan distribusi gaya lateral tingkat pada struktur rangka beton bertulang pemikul momen khusus 6 lantai yang difungsikan sebagai rumah sakit, berlokasi pada daerah dengan nilai  $S_s = 1,5$  dan  $S_1 = 0,6$  serta kelas situs SB. Tinggi lantai adalah 3,5 m serta berat tiap lantai adalah 7.500 kN. Periksa terhadap deformasi lateral struktur.

- **Kombinasi Beban**
- Struktur, komponen elemen struktur dan elemen-elemen pondasi harus dirancang sedemikian sehingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor yang dihasilkan dari kombinasi pembebanan sebagai berikut :
  1.  $1,4D$
  2.  $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
  3.  $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
  4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
  5.  $1,2D + 1,0E + L$
  6.  $0,9D + 1,0W$
  7.  $0,9D + 1,0E$
- Faktor beban untuk  $L$  pada kombinasi 3, 4 dan 5 dapat diambil sama dengan 0,5 kecuali untuk ruangan garasi, ruang pertemuan dan semua ruang yang beban hidupnya lebih dari  $500 \text{ kg/m}^2$ .

- **Kombinasi Beban**

- Pengaruh beban gempa,  $E$ , harus dihitung sesuai dengan ketentuan berikut ini :
- Untuk penggunaan dalam kombinasi 5, maka  $E$  ditentukan sebagai berikut :

$$E = E_h + E_v$$

- Untuk penggunaan dalam kombinasi 7,  $E$  ditentukan sesuai persamaan berikut :

$$E = E_h - E_v$$

- dengan :

$E_h$  adalah pengaruh gaya seismik horizontal =  $\rho Q_E$

$E_v$  adalah pengaruh gaya seismik vertikal =  $0,2S_{DS}D$

$Q_E$  adalah pengaruh gaya seismik horizontal dari  $V$

$\rho$  adalah koefisien redundansi, dapat diambil sebesar 1,00 untuk KDS A, B dan C, dan 1,30 untuk KDS D, E dan F. Nilai  $\rho$  tidak perlu lebih besar dari 1,30.

$S_{DS}$  adalah parameter percepatan spektrum respon desain pada periode pendek

- **Kombinasi Beban**
- Selanjutnya kombinasi 5 akan menjadi :
  - $(1,2 + 0,2S_{DS})D + rQ_E + L$
- Sedangkan kombinasi 7 akan menjadi :
  - $(0,9 - 0,2S_{DS})D + rQ_E$