

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### A. Tinjauan Pustaka

Dalam penulisan tugas akhir ini peneliti menggali informasi dari beberapa penelitian sebelumnya sebagai bahan perbandingan, baik mengenai kekurangan atau kelebihan yang sudah ada.

Analisis sistem struktur terhadap ketidakberaturan horizontal sebelumnya telah dilakukan, meskipun dengan metode dan pendekatan analisis yang berbeda. Beberapa penelitian yang berkaitan dan pernah dibuat adalah sebagai berikut:

**Tabel 1. Penelitian Terdahulu**

No.	Nama	Judul penelitian	Hasil Penelitian
1	Kalangi <i>et al.</i> (2021)	Analisis Pengaruh Penempatan Dinding Geser Terhadap Perilaku Dinamik Struktur Bangunan	Penelitian ini membandingkan tiga alternatif perencanaan struktur terhadap respons gempa. Hasilnya menunjukkan bahwa alternatif 2 paling efisien, dengan perpindahan struktur yang paling kecil terhadap sumbu X (19,787 mm) dan Y (17,220 mm), jauh di bawah batas maksimum 40 mm. Alternatif ini juga memenuhi syarat sistem ganda, di mana kontribusi portal terhadap gaya translasi signifikan pada mode shape 1 dan 2

**Berlanjut**

Lanjutan Tabel 1.

No.	Nama	Judul penelitian	Hasil Penelitian
			dengan partisipasi massa kumulatif >90%, sesuai dengan ketentuan analisis dinamik.
2	Hidayati <i>et al.</i> (2023)	Analisa Ketidakberaturan Horizontal dan Vertikal Pada Struktur Gedung Beton Bertulang	Penelitian ini menganalisis geometri struktur terhadap ketidakberaturan horizontal dan vertikal. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur tidak mengalami ketidakberaturan horizontal Tipe 1a, 1b, 3, 4, dan 5, namun teridentifikasi memiliki ketidakberaturan Tipe 2 (ketidakberaturan sudut dalam), sehingga diperlukan peningkatan gaya desain diafragma sebesar 25% pada tahap perencanaan. Sementara itu, secara vertikal, struktur tidak menunjukkan ketidakberaturan Tipe 1a, 1b, 2, 3, 4, 5a, maupun 5b, sehingga perencanaan struktur dapat dilakukan tanpa harus memenuhi persyaratan khusus terkait ketidakberaturan vertikal.
3	Khairudin (2023)	Analisis Struktur Gedung Berlantai Dengan Shear Wall Tube Type Terhadap Beban Gempa	Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan sistem ganda dengan dinding geser tipe tube pada struktur gedung 15 lantai lebih efektif dibandingkan dengan sistem SRPMK. Sistem ganda memberikan kinerja struktur yang lebih kaku serta berat total yang lebih ringan, dengan

Berlanjut

Lanjutan Tabel 1.

No.	Nama	Judul penelitian	Hasil Penelitian
			selisih massa struktur mencapai sekitar 7,084% lebih kecil dibandingkan SRPMK.
4	Banerjee (2020)	<i>Defining Optimum Location of Shear Wall in an Irregular Building by Considering Torsion</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa dinding geser merupakan elemen struktural yang sangat efektif dalam meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gaya lateral. Namun, efektivitas tersebut sangat dipengaruhi oleh lokasi penempatannya. Apabila dinding geser diposisikan secara tidak seimbang terhadap pusat massa dan pusat kekakuan, dapat terjadi eksentrisitas yang signifikan dan menghasilkan gaya torsi yang merugikan. Oleh karena itu, konfigurasi dinding geser perlu dirancang dengan memperhatikan keseimbangan antara pusat massa dan pusat kekakuan agar dapat meminimalkan tidak hanya perpindahan lateral, tetapi juga efek torsi pada struktur secara keseluruhan.
5	Kumar et al. (2017)	<i>Assessment of Location of Centre of Mass and Centre of Rigidity for Different Setback Buildings</i>	Bangunan dengan ketidakaturan geometris kini semakin sering dijumpai, baik karena kebutuhan arsitektural maupun pertimbangan fungsional pengguna.

Berlanjut

Lanjutan Tabel 1.

No.	Nama	Judul penelitian	Hasil Penelitian
			<p>Dalam konteks perencanaan struktur tahan gempa, posisi pusat massa dan pusat kekakuan menjadi parameter penting yang harus diperhitungkan. Berdasarkan hasil studi, diketahui bahwa pada struktur dengan konfigurasi vertikal yang teratur, pusat massa dan pusat kekakuan terletak di tengah bidang denah. Sebaliknya, pada struktur dengan ketidakteraturan vertikal seperti bangunan bertingkat setback, kedua pusat tersebut mengalami pergeseran menuju area dengan massa atau kekakuan yang lebih besar.</p>

## B. Landasan Teori

Pada bagian ini akan membahas dasar yang mendukung penelitian, termasuk pemahaman tentang material dan elemen struktur yang digunakan dalam pemodelan untuk menganalisis ketidakberaturan horizontal akibat perbedaan antara pusat massa dan pusat kekakuan.

### 1. Sistem Struktur Penahan Gaya Lateral

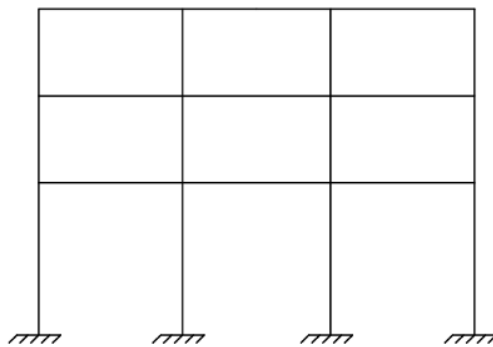
Sistem penahan gaya lateral merupakan bagian dari struktur bangunan yang berfungsi untuk menahan dan menyalurkan gaya gempa ke elemen-elemen vertikal hingga ke pondasi. Sistem ini berperan penting dalam menjaga kestabilan dan kekakuan bangunan saat terjadi gempa. Secara umum, sistem ini dapat berupa Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), di mana elemen balok dan kolom bekerja sama menahan beban gravitasi sekaligus beban gempa. Selain itu, terdapat juga Sistem Ganda (*Dual System*) yang mengombinasikan rangka pemikul momen dengan elemen dinding geser (*shear wall*). Kombinasi ini membuat struktur lebih kaku dan kuat dalam menahan gaya lateral, sehingga deformasi bangunan dapat dikendalikan dengan lebih baik.

#### a. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Menurut SNI 1276:2019, sistem struktur rangka menahan beban-beban lateral melalui mekanisme lentur. Sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka

Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).

- 1) Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), merupakan sistem struktur beton bertulang yang umumnya digunakan untuk bangunan di zona gempa rendah.
- 2) Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), merupakan sistem struktur beton bertulang yang dirancang untuk bangunan di zona gempa sedang.
- 3) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), merupakan sistem struktur beton bertulang yang dirancang untuk bangunan di zona gempa tinggi. Sistem ini menerapkan prinsip *strong column-weak beam* secara penuh ( $\sum M_{nc} \geq 1,2\sum M_{nb}$ ).

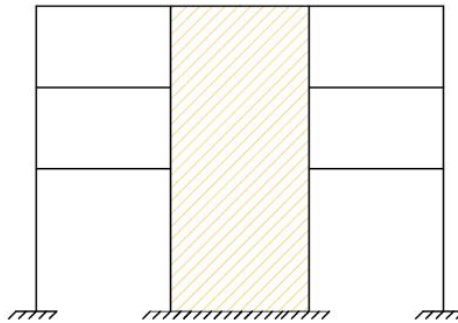


**Gambar 2. Sistem Rangka Pemikul Momen**

b. Sistem Ganda (*Dual System*)

Sistem ganda merupakan sistem struktur yang menggabungkan antara sistem rangka dan dinding geser. Dimana kedua sistem ini bekerja sama dalam memberikan kekakuan dan stabilitas bangunan terhadap gaya lateral yang diterima. Menurut SNI 1726:2019, sistem rangka harus mampu

memikul paling sedikit 25% gaya seismik desain. Beban gempa total harus ditahan bersama oleh rangka momen dan dinding geser sesuai proporsi kekakuan masing-masing sistem.



**Gambar 3. Sistem Ganda (Dual System)**

## 2. Parameter Perencanaan Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019

### a. Kategori Risiko Bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa

Sesuai SNI 1726:2019, setiap bangunan diklasifikasikan berdasarkan tingkat risikonya terhadap gempa. Faktor ini digunakan untuk mengalikan gaya gempa agar struktur penting memiliki ketahanan lebih tinggi dibandingkan bangunan biasa. Berikut adalah tabel untuk kategori risiko bangunan dan tabel faktor keutamaan gempa dapat dilihat pada **Tabel 2.** dan **Tabel 3.**

**Tabel 2. Kategori Risiko Bangunan**

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: - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I

**Berlanjut**

Lanjutan Tabel 2.

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	<b>II</b>
<p>Gedung dan non-gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <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> <p>Gedung dan nongedung, yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas pengaman air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan, dan/atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun yang atau peledak di mana jumlah kandungan</p>	<b>III</b>

Berlanjut

Lanjutan Tabel 2.

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
<p>Gedung dan non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah ibadah</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, tsunami, 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> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	<b>IV</b>

(Sumber: Tabel 3 SNI 1726:2019)

Tabel 3. Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber: Tabel 4 SNI 1726:2019)

b. Klasifikasi Kelas Situs

Kelas situs menggambarkan kondisi tanah di lokasi bangunan yang sangat memengaruhi respons struktur terhadap gempa. Tanah yang lunak cenderung memperbesar getaran, sementara tanah keras akan meredamnya.

**Tabel 4. Klasifikasi Kelas Situs**

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_u$ (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
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ , 3. Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempeng sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{S}_u < 50$ kPa		

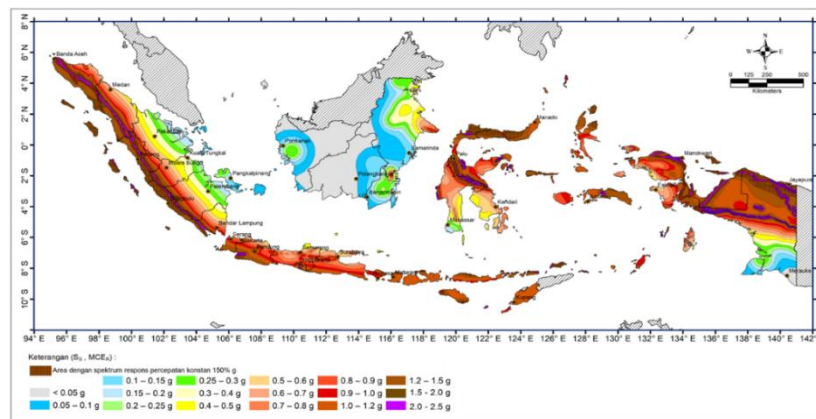
(Sumber: Tabel 5 SNI 1726:2019)

Keterangan:

- $\bar{V}_s$  = Kecepatan rata-rata gelombang geser  
 $\bar{N}_{ch}$  = Tahanan penetrasi standar rata-rata  
 $\bar{S}_u$  = Kuat geser niralir rata-rata

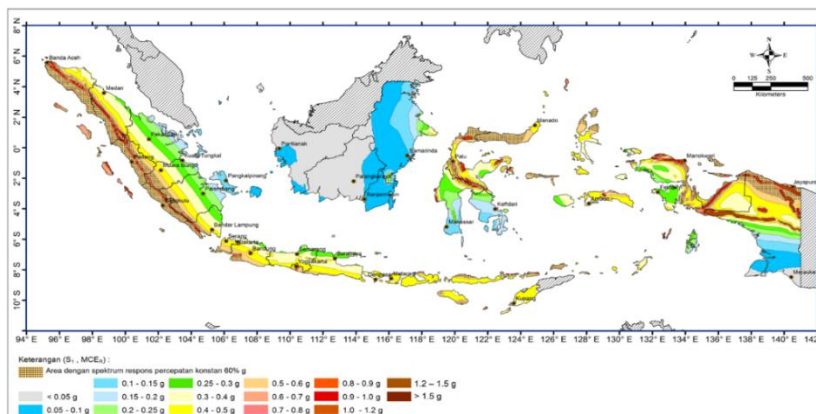
c. Koefisien Situs dan Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa

Untuk menentukan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, digunakan dua parameter dasar dari peta bahaya gempa nasional, yaitu  $S_s$  dan  $S_1$ . Nilai  $S_s$  mewakili percepatan spektral gempa pada periode pendek (0,2 detik), dan  $S_1$  menunjukkan percepatan spektral gempa pada periode 1 detik, dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



(Sumber: Gambar 15 SNI 1726:2019)

**Gambar 4. Peta parameter gerak tanah  $S_s$  untuk gempa maksimum yang dipertimbangkan ( $MCE_R$ ) di wilayah Indonesia dengan periode spektrum respons 0,2 detik**



(Sumber: Gambar 16 SNI 1726:2019)

**Gambar 5. Peta parameter gerak tanah  $S_1$  untuk gempa maksimum yang dipertimbangkan ( $MCE_R$ ) di wilayah Indonesia dengan periode spektrum respons 1,0 detik**

Selanjutnya, untuk menyesuaikan pengaruh kondisi tanah di lokasi tertentu, digunakan koefisien situs seismik, yaitu  $F_a$  dan  $F_v$ . Untuk koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  dapat dilihat pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

**Tabel 5. Koefisien Situs  $F_a$**

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_S$					
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,0$	$S_S = 1,25$	$S_S \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

(Sumber: Tabel 6 SNI 1726:2019)

**Tabel 6. Koefisien Situs  $F_v$**

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS^{(a)}$					

(Sumber: Tabel 7 SNI 1726:2019)

Nilai parameter respons spektral percepatan  $S_{MS}$  (untuk periode pendek) dan  $S_{M1}$  (untuk periode 1 detik) dapat dihitung menggunakan rumus pada **Persamaan 1** dan **Persamaan 2**.

$$S_{MS} = F_a S_S \quad (1)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (2)$$

Keterangan:

$S_{MS}$  = Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek

- $S_{M1}$  = Parameter respons spektral percepatan pada periode 1 detik  
 $F_a$  = Koefisien situs percepatan untuk periode pendek  
 $F_V$  = Koefisien situs percepatan untuk periode 1 detik  
 $S_S$  = Percepatan spektral gempa pada periode pendek  
 $S_1$  = Percepatan spektral gempa pada periode 1 detik

d. Parameter Respons Spektral Percepatan Desain

Parameter respons spektral percepatan desain periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ), dapat dihitung menggunakan rumus pada

**Persamaan 3 dan Persamaan 4.**

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (4)$$

Keterangan:

- $S_{DS}$  = Parameter respons spektral percepatan desain periode pendek  
 $S_{D1}$  = Parameter respons spektral percepatan desain periode 1 detik

e. Spektrum Respons Desain

Berikut ini adalah hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan spektrum respons percepatan desain ( $S_a$ ).

1) Penentuan  $T_0$ ,  $T_s$ ,  $T_L$

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (5)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (6)$$

$T_L$  = Penentuan periode panjang ditunjukkan pada **Gambar 6**

2) Penentuan nilai  $S_a$ , jika periode yang lebih kecil dari  $T_0$ .

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (7)$$

- 3) Penentuan nilai  $S_a$ , jika periode yang lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ ,  $S_a$  sama dengan  $S_{DS}$ .
- 4) Penentuan nilai  $S_a$ , jika periode lebih besar dari  $T_s$  tetapi lebih kecil atau sama dengan  $T_L$ .

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (8)$$

- 5) Penentuan nilai  $S_a$ , jika periode lebih besar dari  $T_L$ .

$$S_a = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \quad (9)$$

Keterangan:

$S_{DS}$  = Parameter respons spektral percepatan desain periode pendek

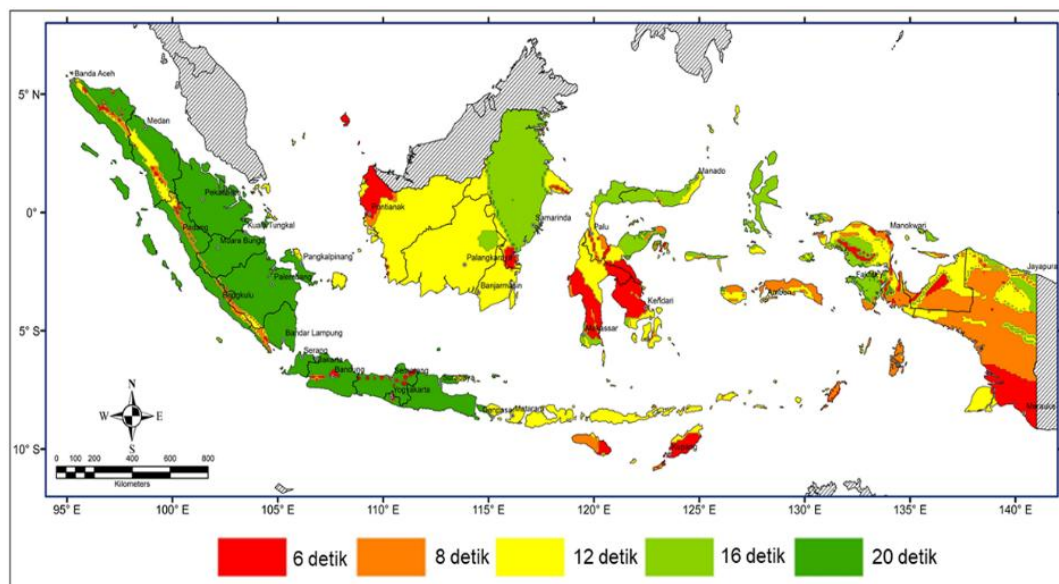
$S_{D1}$  = Parameter respons spektral percepatan desain periode 1 detik

$T$  = Periode getar fundamental struktur

$T_0$  = Periode transisi awal

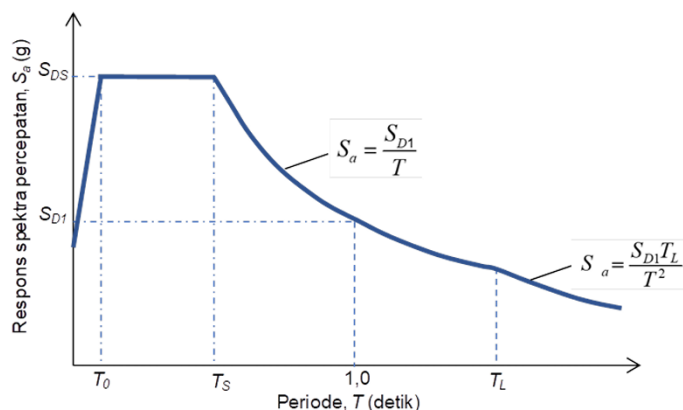
$T_s$  = Periode transisi akhir

$T_L$  = Periode panjang



(Sumber: Gambar 20 SNI 1726:2019)

**Gambar 6. Peta Transisi Periode Panjang,  $T_L$**



(Sumber: Gambar 3 SNI 1726:2019)

**Gambar 7. Spektrum Respons Desain**

f. Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik ditentukan berdasarkan kategori risiko bangunan dan nilai  $S_{DS}$  serta  $S_{D1}$ . Penentuan kategori desain seismik dapat dilihat pada **Tabel 7** dan **Tabel 8**.

**Tabel 7. Kategori Desain Seismik Berdasarkan  $S_{DS}$**

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau III 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

(Sumber: Tabel 8 SNI 1726:2019)

**Tabel 8. Kategori Desain Seismik Berdasarkan  $S_{D1}$**

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau III atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber: Tabel 9 SNI 1726:2019)

g. Faktor Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismik tiap bangunan berbeda sesuai dengan pemilihan sistem struktur yang digunakan. Ada pun beberapa faktor dari sistem pemikul gaya seismik yaitu, koefisien modifikasi repons ( $R$ ), faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ), dan faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ). Untuk tabel faktor sistem pemikul gaya seismik dapat dilihat pada **Tabel 9**.

**Tabel 9. Faktor  $R$ ,  $\Omega_0$ , dan  $C_d$  untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik**

Sistem pemikul gaya seismik	$R$	$\Omega_0$	$C_d$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m)				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D	E	F
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
<b>D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya seismik yang ditetapkan</b>								
Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI

(Sumber: Tabel 12 SNI 1726:2019)

h. Faktor Redundansi

Berdasarkan SNI 1726:2019, struktur yang didesain untuk kategori seismik D, E, dan F harus menggunakan faktor redundansi ( $\rho$ ) sebesar 1,3. Namun demikian, nilai  $\rho$  dapat diambil 1,0 apabila salah satu dari dua ketentuan berikut terpenuhi:

- 1) Pada setiap lantai, elemen-elemen struktur yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar pada arah analisis tertentu harus memenuhi ketentuan yang tercantum dalam Tabel 15 SNI 1726:2019.
- 2) Untuk struktur dengan denah yang teratur pada semua tingkat, sistem penahan gaya seismik minimum harus terdiri dari setidaknya dua bentang pada perimeter yang berfungsi sebagai penahan gaya gempa, dan elemen-elemen ini harus tersusun pada setiap sisi bangunan dalam kedua arah ortogonal. Pada setiap lantai, sisi yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar harus diperhitungkan. Panjang total bentang dari dinding geser dihitung sebagai rasio antara panjang dinding geser terhadap tinggi lantai (atau dua kali lipat rasio panjang dinding terhadap tinggi tingkat,  $h_{sx}$ ), dan hasilnya harus sesuai dengan persyaratan dalam Tabel 15 SNI 1726:2019 untuk sistem rangka baja ringan atau beton bertulang.

i. Kombinasi dan Pengaruh Beban Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2019, seluruh bagian struktur, termasuk komponen utama maupun fondasi, harus direncanakan agar memiliki kekuatan rencana yang setidaknya setara atau lebih besar dari pengaruh beban-beban terfaktor, sesuai dengan kombinasi pembebanan yang ditentukan pada persamaan berikut.

$$1,4D$$

(10)

$$1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R) \quad (11)$$

$$1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + 1,0 (L \text{ atau } W) \quad (12)$$

$$1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } W) \quad (13)$$

$$0,9D + 1,0W \quad (14)$$

$$1,2D + E_v + E_h + L \quad (15)$$

$$0,9D - E_v + E_h \quad (16)$$

Pengaruh beban seismik horizontal ( $E_h$ ) dan pengaruh beban seismik vertikal ( $E_v$ ) dapat ditentukan berdasarkan **Persamaan 17** dan **Persamaan 18**.

$$E_h = \rho Q_E \quad (17)$$

$$E_v = 0,2S_{DS}D \quad (18)$$

Sesuai dengan SNI 1726:2019 dan SNI 1727:2020, pada perencanaan struktur dicari kombinasi pembebanan yang paling kritis untuk menentukan kuat perlu. Berikut adalah kombinasi pembebanan yang digunakan.

$$1,4D \quad (19)$$

$$1,2D + 1,6L \quad (20)$$

$$(1,2 + 0,2S_{DS})D + \rho E_X + 0,3\rho E_Y + L \quad (21)$$

$$(1,2 + 0,2S_{DS})D + \rho E_X - 0,3\rho E_Y + L \quad (22)$$

$$(1,2 + 0,2S_{DS})D - \rho E_X + 0,3\rho E_Y + L \quad (23)$$

$$(1,2 + 0,2S_{DS})D - \rho E_X - 0,3\rho E_Y + L \quad (24)$$

$$(1,2 + 0,2S_{DS})D + 0,3\rho E_X + \rho E_Y + L \quad (25)$$

$$(1,2 + 0,2S_{DS})D + 0,3\rho E_X - \rho E_Y + L \quad (26)$$

$$(1,2 + 0,2S_{DS})D - 0,3\rho E_X + \rho E_Y + L \quad (27)$$

$$(1,2 + 0,2S_{DS})D - 0,3\rho E_X - \rho E_Y + L \quad (28)$$

$$(0,9 - 0,2S_{DS})D + \rho E_X + 0,3\rho E_Y \quad (29)$$

$$(0,9 - 0,2S_{DS})D + \rho E_X - 0,3\rho E_Y \quad (30)$$

$$(0,9 - 0,2S_{DS})D - \rho E_X + 0,3\rho E_Y \quad (31)$$

$$(0,9 - 0,2S_{DS})D - \rho E_X - 0,3\rho E_Y \quad (32)$$

$$(0,9 - 0,2S_{DS})D + 0,3\rho E_X + \rho E_Y \quad (33)$$

$$(0,9 - 0,2S_{DS})D + 0,3\rho E_X - \rho E_Y \quad (34)$$

$$(0,9 - 0,2S_{DS})D - 0,3\rho E_X + \rho E_Y \quad (35)$$

$$(0,9 - 0,2S_{DS})D - 0,3\rho E_X - \rho E_Y \quad (36)$$

Keterangan:

$D$  = Pengaruh dari beban mati

$L$  = Pengaruh dari beban hidup

$L_r$  = Pengaruh dari beban hidup atap

$R$  = Beban air hujan

$W$  = Beban angin

$E_h$  = Pengaruh beban seismik horizontal

$E_v$  = Pengaruh beban seismik vertikal

$S_{DS}$  = Parameter respons spektral percepatan desain periode pendek

$\rho$  = Faktor redundansi

$E_X$  = Pengaruh beban gempa arah X

$E_Y$  = Pengaruh beban gempa arah Y

#### j. Periode Fundamental Struktur Bangunan

Periode Fundamental Struktur ( $T$ ) adalah waktu yang dibutuhkan bangunan untuk menyelesaikan satu siklus penuh ayunan bolak-balik saat terjadi gempa. Nilai ini digunakan sebagai parameter utama dalam analisis respons dinamik struktur terhadap beban gempa.

**Tabel 10. 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

(Sumber: Tabel 17 SNI 1726:2019)

**Tabel 11. Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$** 

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0732	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber: Tabel 18 SNI 1726:2019)

Berdasarkan SNI 1726:2019, periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) dapat dihitung dengan **Persamaan 37**.

$$T_a = C_t h_n^x \quad (37)$$

Keterangan:

- $T_a$  = Periode fundamental pendekatan (detik)  
 $C_t$  dan  $x$  = Koefisien parameter periode pendekatan  
 $h_n$  = Tinggi bangunan (m)

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.2, periode fundamental struktur hasil analisis tidak boleh melebihi batas atas yang ditentukan, yaitu sebesar hasil perkalian antara koefisien batas atas periode ( $C_u$ ) dan periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ). Ketentuan ini dimaksudkan agar hasil

analisis tidak menghasilkan periode yang terlalu besar, yang dapat menyebabkan perhitungan gaya gempa menjadi tidak realistis. Periode struktur dari *ETABS* ( $T_{comp}$ ) dapat digunakan sebagai perbandingan dengan memenuhi syarat sebagai berikut:

- 1) Jika  $T_{comp} < T_a < C_u T_a$ , maka digunakan  $T = T_a$
- 2) Jika  $T_a < T_{comp} < C_u T_a$ , maka digunakan  $T = T_{comp}$
- 3) Jika  $T_a < C_u T_a < T_{comp}$ , maka digunakan  $T = C_u T_a$

k. Gaya Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar seismik ( $V$ ) dapat dihitung dengan rumus pada

**Persamaan 38.**

$$V = C_s W \quad (38)$$

Koefisien seismik ( $C_s$ ) dihitung dengan rumus pada **Persamaan 39.**

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} \quad (39)$$

Untuk  $T \leq T_L$ , nilai koefisien seismik ( $C_s$ ) yang dihitung tidak perlu melebihi perhitungan dari **Persamaan 40**, dan koefisien seismik ( $C_s$ ) harus tidak kurang dari **Persamaan 41.**

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (40)$$

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (41)$$

Keterangan:

$V$  = Gaya geser dasar seismik  
 $W$  = Berat seismik efektif  
 $C_s$  = Koefisien seismik

### 3. Pusat Massa (*Center of Mass*)

Pusat massa adalah suatu titik yang menunjukkan posisi rata-rata dari seluruh bagian sistem, dengan memperhatikan bobot atau massa masing-masing bagian. Sebaran massa dalam sistem dianggap seimbang terhadap pusat massa, dan posisi koordinat pusat massa ditentukan berdasarkan rata-rata posisi massa yang tertimbang. Saat terjadi gempa, gaya inersia akibat percepatan akan muncul pada setiap lantai bangunan dan bekerja pada titik yang mewakili konsentrasi massa dari lantai tersebut. Pada bangunan dengan distribusi massa yang simetris, posisi pusat massa setiap lantai biasanya berada pada lokasi yang sama. Tetapi jika distribusi massa tidak merata di sepanjang tinggi bangunan, maka lokasi pusat massa dapat berbeda-beda di tiap lantainya (Kumar *et al.*, 2017).

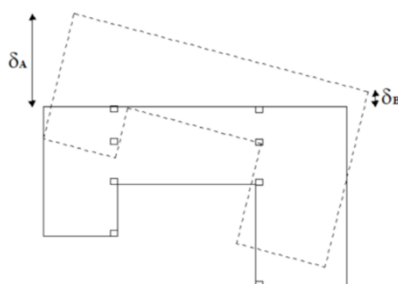
### 4. Pusat Kekakuan (*Center of Rigidity*)

Pusat kekakuan merupakan titik pada suatu lantai bangunan dimana jika beban gempa lateral diberikan tepat pada titik tersebut, maka lantai tidak akan mengalami rotasi. Konsep ini berlaku apabila pelat lantai dimodelkan sebagai diafragma kaku, yang berarti semua titik pada lantai tersebut bergerak secara bersamaan sebagai satu bidang kaku terhadap deformasi datar. Lokasi pusat kekakuan sepenuhnya ditentukan oleh sifat kekakuan elemen struktur dan tidak dipengaruhi oleh jenis atau beban yang bekerja (Kumar *et al.*, 2017).

## 5. Ketidakberaturan Horizontal

### a. Ketidakberaturan Torsi

Suatu struktur dikatakan memiliki ketidakberaturan torsi ketika simpangan maksimum di salah satu ujung bangunan melebihi 1,2 kali simpangan rata-rata di kedua ujung struktur, dan dikatakan ketidakberaturan torsi berlebihan jika simpangan maksimum di salah satu ujung bangunan melebihi 1,4 kali simpangan rata-rata di kedua ujung struktur.



(Sumber: Gambar 5 SNI 1726:2019)

**Gambar 8. Ilustrasi Ketidakberaturan Torsi**

Struktur yang mengalami ketidakberaturan torsi untuk kategori desain seismik C, D, E, F harus mempunyai pengaruh yang diperhitungkan dengan mengalikan momen torsi tak terduga ( $M_{ta}$ ) dengan faktor pembesaran torsi ( $A_x$ ). Faktor pembesaran momen torsi ( $A_x$ ) tidak boleh kurang dari 1,0 dan tidak perlu melebihi 3,0.

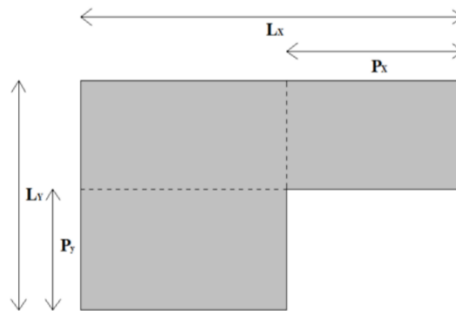
$$A_x = \left( \frac{\delta_{max}}{1,2\delta_{avg}} \right)^2 \quad (42)$$

Keterangan:

- $A_x$  = Faktor pembesaran momen torsi
- $\delta_{max}$  = perpindahan maksimum di tingkat x (mm)
- $\delta_{avg}$  = Rata-rata perpindahan di titik terjauh struktur di tingkat x (mm)

b. Ketidakberaturan Sudut Dalam

Kondisi ini dijumpai jika bentuk denah struktur memiliki lekukan di mana proyeksi bidang struktur pada lokasi sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi keseluruhan struktur pada arah tersebut.



(Sumber: Gambar 5 SNI 1726:2019)

**Gambar 9. Ilustrasi Ketidakberaturan Sudut Dalam**

c. Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma

Ketidakberaturan ini terjadi apabila terdapat bukaan pelat lantai atau atap yang berfungsi sebagai diafragma tidak menerus, atau memiliki perubahan kekakuan mendadak dengan luas area terputus lebih dari 50% dari total luas diafragma pada lantai tersebut. Akibatnya, transfer gaya lateral ke elemen vertikal (kolom atau dinding geser) menjadi tidak seragam.

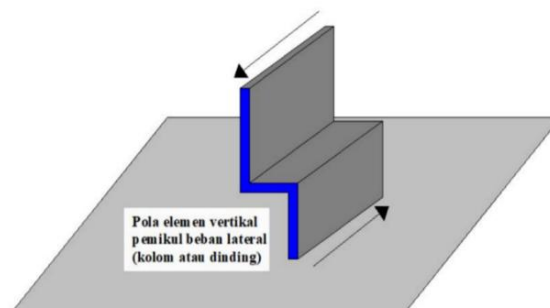


(Sumber: Gambar 5 SNI 1726:2019)

**Gambar 10. Ilustrasi Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma**

d. Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang

Jenis ketidakberaturan ini terjadi bila terdapat diskontinuitas pada jalur penerusan gaya lateral secara vertikal. Misalnya, elemen dinding geser tidak sejajar pada lantai-lantai di atas dan bawah, sehingga lintasan gaya gempa menjadi terputus.

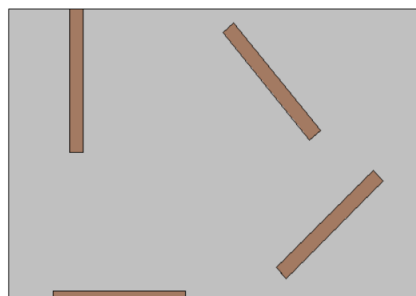


(Sumber: Gambar 5 SNI 1726:2019)

**Gambar 11. Ilustrasi Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang**

e. Ketidakberaturan Sistem Nonparalel

Ketidakberaturan sistem nonparalel terjadi apabila elemen vertikal pemikul gaya lateral (seperti dinding geser atau rangka momen) tidak sejajar dengan sumbu utama bangunan atau tidak saling paralel satu sama lain. Kondisi ini menyebabkan gaya seismik terbagi secara tidak merata di antara sistem penahan lateral.



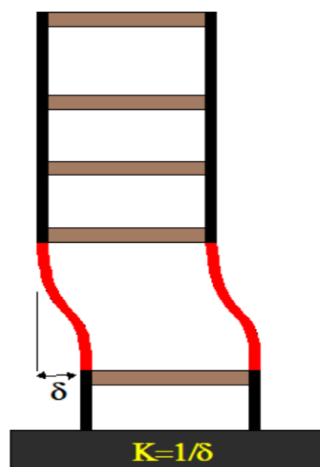
(Sumber: Gambar 5 SNI 1726:2019)

**Gambar 12. Ilustrasi Ketidakberaturan Sistem Nonparalel**

## 6. Ketidakberaturan Vertikal

### a. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak

Ketidakberaturan ini terjadi ketika suatu lantai memiliki kekakuan lateral yang jauh lebih kecil dibandingkan lantai di atasnya. Struktur dikategorikan tingkat lunak bila kekakuannya kurang dari 70% dari lantai di atasnya atau 80% dari rata-rata tiga lantai di atasnya, dan disebut tingkat lunak berlebihan bila kekakuannya bahkan kurang dari 60% atau 70% dari nilai rata-rata tersebut.

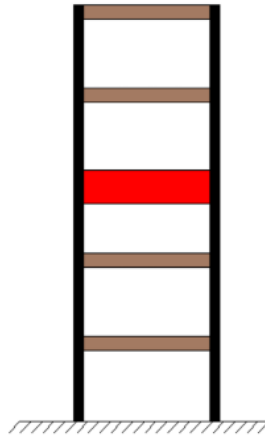


(Sumber: Gambar 6 SNI 1726:2019)

**Gambar 13. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak**

### b. Ketidakberaturan Berat (Massa)

Ketidakberaturan berat atau ketidakberaturan massa terjadi ketika distribusi massa (berat struktur) antar lantai tidak merata, sehingga salah satu lantai memiliki massa yang jauh lebih besar dibandingkan lantai lainnya. Peningkatan massa secara mendadak akan memengaruhi distribusi gaya inersia akibat gempa, sehingga perlu dilakukan pemeriksaan khusus pada lantai tersebut.

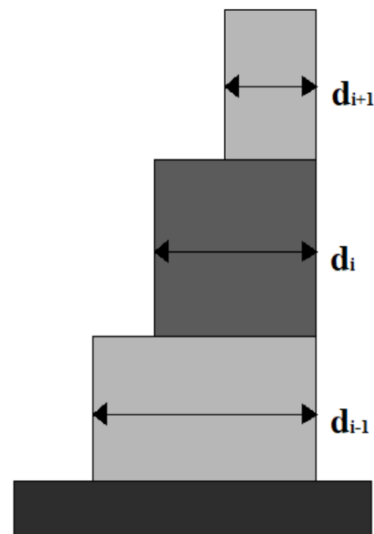


(Sumber: Gambar 6 SNI 1726:2019)

**Gambar 14. Ketidakberaturan Berat (Massa)**

c. Ketidakberaturan Geometri Vertikal

Ketidakberaturan ini didefinisikan sebagai perubahan bentuk struktur secara vertikal, di mana dimensi horizontal sistem penahan gaya lateral pada suatu lantai melebihi 130% dari dimensi lantai di atasnya atau di bawahnya. Contohnya adalah bangunan dengan bentuk bertingkat mengecil atau melebar pada bagian tertentu.

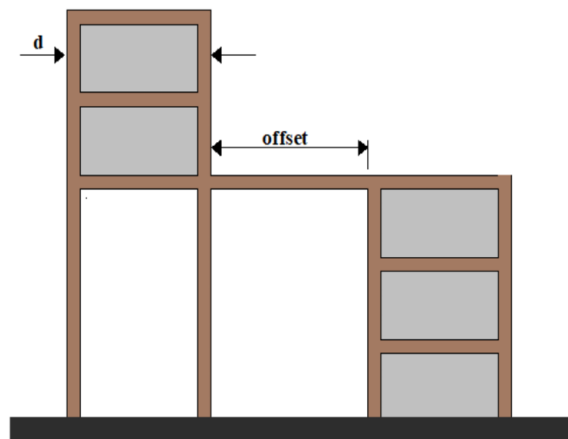


(Sumber: Gambar 6 SNI 1726:2019)

**Gambar 15. Ketidakberaturan Geometri Vertikal**

d. Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral

Ketidakterusan ini terjadi apabila elemen penahan gaya lateral, seperti dinding geser atau rangka, tidak menerus dari lantai bawah ke atas. Ketidakterusan elemen ini mengakibatkan terputusnya jalur penyaluran gaya, sehingga elemen lain harus menanggung beban yang lebih besar. Kondisi seperti ini umumnya terjadi pada bangunan dengan perubahan tata letak struktur di tiap lantai, seperti hilangnya dinding geser atau kolom.

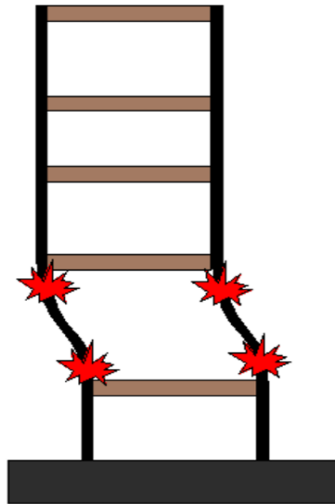


(Sumber: Gambar 6 SNI 1726:2019)

**Gambar 16. Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral**

e. Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat

Ketidakterusan ini terjadi ketika kekuatan lateral suatu lantai jauh lebih kecil dibandingkan lantai di atasnya. Suatu tingkat dikategorikan lemah jika kekuatannya kurang dari 80% kekuatan lantai di atasnya, dan disebut lemah berlebihan jika kekuatannya turun hingga di bawah 65%.



(Sumber: Gambar 6 SNI 1726:2019)

**Gambar 17. Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat**

#### 7. Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat adalah selisih perpindahan lateral antar lantai akibat beban gempa. Simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) ditentukan sebagai selisih antara perpindahan pada pusat massa lantai di atas dan lantai di bawah tingkat yang sedang ditinjau. Simpangan pusat massa dapat dihitung dengan **Persamaan 43**.

$$\bar{\delta}_x = \frac{C_d \bar{\delta}_{xe}}{I_e} \quad (43)$$

Keterangan:

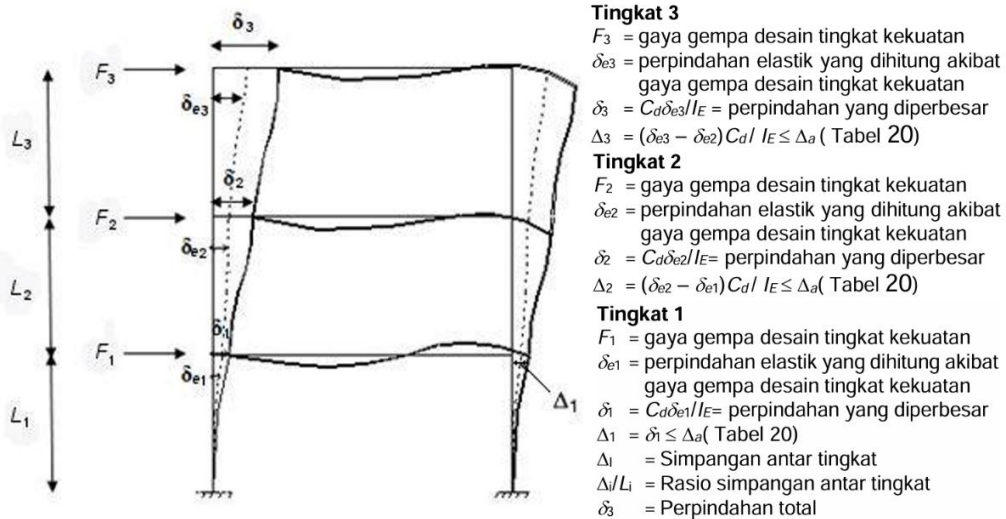
$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi  
 $\bar{\delta}_{xe}$  = Simpangan di tingkat-x (mm)  
 $I_e$  = Faktor keutamaan gempa

Berdasarkan SNI 1726:2019, simpangan antar tingkat ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin ( $\Delta_a$ ) berdasarkan **Tabel 12**.

Tabel 12. Simpangan Antar Tingkat Izin ( $\Delta_a$ )

Struktur	Kategori risiko		
	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 mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

(Sumber: Tabel 20 SNI 1726:2019)



(Sumber: Pasal 7.8.6 SNI 1726:2019)

Gambar 18. Penentuan Simpangan Antar Tingkat

## 8. Pengaruh P-Delta

Pengaruh P-Delta menggambarkan efek sekunder yang timbul akibat interaksi antara beban aksial vertikal ( $P$ ) dan simpangan lateral ( $\Delta$ ) struktur. Dalam SNI 1726:2019 pasal 7.8.7, efek P-Delta perlu dihitung jika berpotensi memengaruhi keseimbangan struktur secara signifikan. Nilai koefisien stabilitas ( $\theta$ ) dapat dihitung dari **Persamaan 44**.

$$\theta = \frac{P_x \Delta l_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (44)$$

Keterangan:

- $P_x$  = Beban desain vertikal total pada dan diatas tingkat-x (kN)
- $\Delta$  = Simpangan antar tingkat desain
- $l_e$  = Faktor keutamaan gempa
- $V_x$  = Gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan x-1
- $h_{sx}$  = Tinggi tingkat dibawah tingkat x (mm)
- $C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

Koefisien stabilitas ( $\theta$ ) tidak boleh melebihi  $\theta_{max}$  dimana rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser antar tingkat ( $\beta$ ) dapat diambil sebesar 1,0, yang ditentukan dari **Persamaan 45**.

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \quad (45)$$

Keterangan:

- $\theta_{max}$  = Batas stabilitas struktur
- $\beta$  = Rasio kebutuhan geser untuk tingkat x dan x-1

## 9. Diafragma

Diafragma adalah elemen horizontal (lantai atau atap) yang berfungsi sebagai balok pelat yang sangat lebar. Diafragma berperan mengumpulkan gaya inersia (massa) dari lantai akibat getaran gempa, kemudian mendistribusikan gaya inersia tersebut ke elemen vertikal pemikul gaya seismik (seperti kolom, dinding geser, atau bracing)

Berdasarkan SNI 1726:2019, gaya desain diafragma dapat dihitung menggunakan **Persamaan 46**.

$$F_{px} = \frac{\sum_{i=x}^n F_i}{\sum_{i=x}^n W_i} W_{px} \quad (46)$$

Keterangan:

$F_{px}$  = Gaya desain diafragma di tingkat-x

$F_i$  = Gaya desain yang diterapkan di tingkat-i

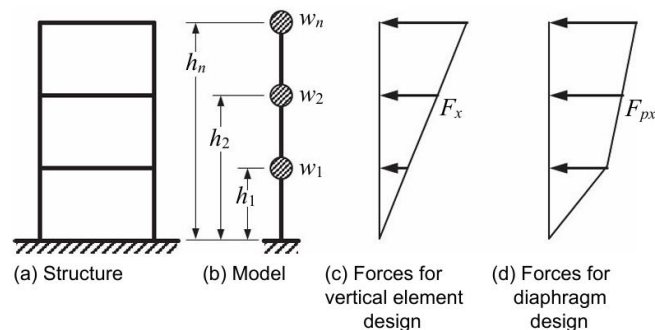
$W_i$  = Tributari berat sampai tingkat-i

$W_{px}$  = Tributari berat sampai diafragma di tingkat-x

Gaya desain diafragma ( $F_{px}$ ) yang ditentukan pada **Persamaan 46**, tidak boleh kurang dari **Persamaan 47** dan tidak boleh melebihi **Persamaan 48**.

$$F_{px} = 0,2S_{DS}I_eW_{px} \quad (47)$$

$$F_{px} = 0,4S_{DS}I_eW_{px} \quad (48)$$



(Sumber: NIST GCR 16-917-42)

**Gambar 19. Ilustrasi Gaya Gempa untuk Gaya Desain Diafragma**

## 10. Elemen Kord

Elemen kord bekerja menahan gaya tarik dan tekan di tepi pelat diafragma, terutama di sekitar area yang terhubung dengan sistem penahan lateral. Berdasarkan NIST GCR 16-917-42, tulangan tekan dan tarik untuk elemen kord dapat dihitung dengan **Persamaan 49** dan **Persamaan 50**. Luas tulangan perlu kord dapat dihitung pada **Persamaan 51**.

$$C_u = \frac{M_u}{d} \quad (49)$$

$$T_u = \frac{M_u}{d} \quad (50)$$

$$A_s = \frac{T_u}{\phi f_y} \quad (51)$$

Keterangan:

- $C_u$  = Gaya tekan pada elemen kord (kN)
- $T_u$  = Gaya tarik pada elemen kord (kN)
- $M_u$  = Momen terfaktor pada penampang (kN)
- $d$  = Jarak antara kord tarik dan kord tekan (mm)
- $A_s$  = Luas tulangan perlu (mm<sup>2</sup>)
- $\phi$  = Faktor reduksi kekuatan ( $\phi = 0,9$ )

Penulangan geser harus memenuhi **Persamaan 52**. Kuat geser nominal dapat dihitung menggunakan **Persamaan 53** dan tidak perlu melebihi **Persamaan 54**. Kebutuhan penulangan kekangan (*confinement*) harus memenuhi **Persamaan 55**.

$$\phi V_u > \phi V_n \quad (52)$$

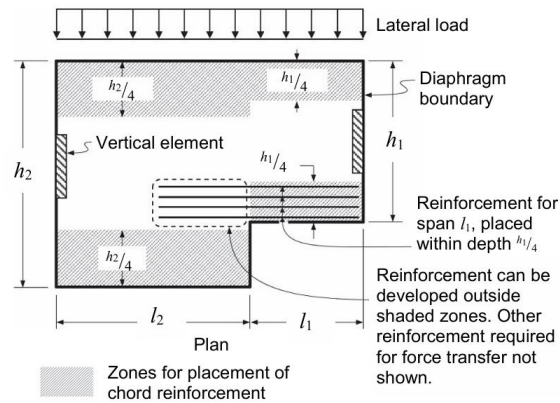
$$\phi V_n = \phi A_{cv} 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} \quad (53)$$

$$\phi V_{n,max} = \phi A_{cv} 0,67 \sqrt{f'_c} \quad (54)$$

$$C_u > 0,2 f'_c A_g \quad (55)$$

Keterangan:

- $V_u$  = Geser terfaktor pada penampang (kN)
- $V_n$  = Kuat geser nominal (kN)
- $V_{n,max}$  = Kuat geser nominal maksimum (kN)
- $A_{cv}$  = Luas beton efektif terhadap gaya geser (mm<sup>2</sup>)
- $A_g$  = Luas bruto penampang beton (mm<sup>2</sup>)
- $f'_c$  = Mutu beton (MPa)
- $\lambda$  = Faktor reduksi untuk sifat mekanis beton ringan (1,0)
- $\phi$  = Faktor reduksi kekuatan ( $\phi = 0,75$ )



(Sumber: NIST GCR 16-917-42)

**Gambar 20. Ilustrasi Distribusi Tulangan Kord pada Diafragma**

## 11. Elemen Kolektor

Elemen kolektor adalah elemen yang bertugas mengumpulkan dan menyalurkan gaya geser dalam bidang diafragma menuju sistem penahan lateral seperti dinding geser atau rangka momen. Untuk elemen kolektor yang menerima gaya tekan dapat dihitung menggunakan **Persamaan 29**.

$$\phi P_o = \phi 0,85 f'_c A_g \quad (29)$$

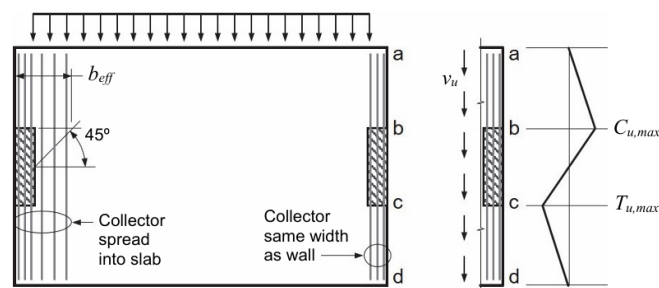
Keterangan:

$P_o$  = Kuat tekan aksial (kN)

$f'_c$  = Mutu beton (MPa)

$A_g$  = Luas bruto penampang beton ( $\text{mm}^2$ )

$\phi$  = Faktor reduksi kekuatan ( $\phi = 0,65$ )



(Sumber: NIST GCR 16-917-42)

**Gambar 21. Gaya Pada Elemen Kolektor**