

## BAB II

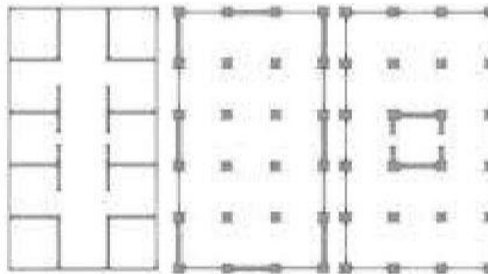
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Dinding Geser (*Shear wall*)

Dinding geser berfungsi menahan beban lateral bangunan bertingkat tinggi yang disebabkan oleh angin maupun beban akibat gempa. Dinding geser pada umumnya bersifat kaku, sehingga deformasi (lendutan) horizontal menjadi kecil. Hal ini akan menahan atap dan juga lantai atas dari goyangan ke samping yang berlebihan saat gempa bumi sedang terjadi. Dinding geser juga dapat digunakan untuk ruang lift, tangga dan mungkin toilet.

Perencanaan dinding geser sebagai elemen struktur penahan beban gempa pada gedung bertingkat dilakukan dengan konsep gaya dalam (yaitu hanya meninjau gaya-gaya dalam akibat kombinasi beban gempa), kemudian setelah itu direncanakan penulangan dinding geser. Berdasarkan letak dan fungsinya, dinding geser dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis yaitu:

- a. *Bearing wall* adalah dinding geser yang juga mendukung sebagian besar beban gravitasi. Tembok-tembok ini juga menggunakan dinding partisi yang berdekatan.
- b. *Frame wall* adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari *frame* beton bertulang. Dinding ini dibangun diantara dua kolom.
- c. *Core wall* adalah dinding geser yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam gedung yang biasanya diisi tangga atau lift. Dinding yang terletak dikawasan inti pusat memiliki fungsi ganda dan dianggap menjadi pilihan paling ekonomis.



**Gambar 2.1** *Bearing wall* (a), *Frame wall* (b), *Core wall* (c)

## 2.2 Elemen Struktur Dinding Geser

Pada umumnya dinding geser dikategorikan berdasarkan geometrinya, yaitu:

- a. *Flexural wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \geq 2$ , dimana desain dikontrol terhadap perilaku lentur.
- b. *Squat wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \leq 2$ , dimana desain dikontrol terhadap perilaku lentur.
- c. *Coupled shear wall* (dinding berangkai), dimana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding geser yang dihubungkan dengan balok-balok penghubung sebagai gaya Tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar dinding tersebut.

Dalam merencanakan dinding geser, perlu diperhatikan bahwa dinding geser yang berfungsi untuk menahan gaya lateral yang besar akibat beban gempa tidak boleh runtuh, apabila dinding geser runtuh maka seluruh keseluruhan struktur bangunan akan runtuh karena tidak ada elemen struktur yang mampu menahan gaya lateral. Oleh karena itu dinding geser harus didesain untuk mampu menahan gaya lateral yang mungkin terjadi akibat beban gempa, dimana berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 tebal minimum tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bentang tertumpu, atau kurang dari 100 mm.

## 2.3 Pembebanan Struktur Bangunan

Beban pada struktur bangunan merupakan salah satu hal penting dalam perencanaan sebuah struktur bangunan. Kesalahan dalam perencanaan beban atau penerapan beban pada perhitungan akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan. Hal tersebut sangat penting untuk merencanakan pembebanan pada struktur dengan sangat teliti agar bangunan yang direncanakan tersebut akan aman saat masa pembangunan dan struktur tersebut digunakan. Struktur bangunan yang direncanakan harus bisa memenuhi persyaratan pembebanan yang mengacu dalam SNI 1727:2013 tentang “Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain” dan SNI 1726:2012 tentang “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung”. Jenis beban yang digunakan dalam perancangan suatu struktur bangunan meliputi berikut ini:

### 2.3.1 Beban Mati (DL)

Beban mati (*Dead Load*) adalah berat dari semua bagian struktur bangunan yang bersifat tetap. Baban mati terdiri dari dua jenis yaitu berat struktur itu sendiri dan berat struktur tambahan (*Superimposed Dead Load*). Beban struktur tambahan adalah beban mati tambahan yang diletakan pada struktur, dimana dapat berupa lantai (ubin/keramik), peralatan mekanikal elektrikal, langit-langit, dan sebagainya. Perhitungan besarnya beban mati suatu elemen dilakukan dengan meninjau berat satuan material tersebut berdasarkan volume elemen.

### 2.3.2 Beban Hidup (LL)

Menurut SNI (1727:2013), beban hidup adalah beban yang diakibatkan pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lainnya yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Pemilihan beban hidup pada perencanaan struktur adalah berdasarkan dari fungsi bangunannya.

**Tabel 2.1** Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum.

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )
Apartemen (lihat rumah tinggal)	
Ruang pertemuan	100 (4,79) <sup>a</sup>
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79) <sup>a</sup>
Lobi	100 (4,79) <sup>a</sup>
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79) <sup>a</sup>
Panggung pertemuan	100 (4,79) <sup>a</sup>
Lantai podium	150 (7,18) <sup>a</sup>
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) <sup>a</sup>
Rumah tinggal	
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)	
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) <sup>a</sup>
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96) <sup>a</sup>
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44) <sup>a</sup>

**Tabel 2.1** Lanjutan Beban hidup terdistribusi merata minimum.

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92) <sup>a</sup>
Semua hunian rumah tinggal lainnya	
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92) <sup>a</sup>
Ruang publik dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79) <sup>a</sup>
Atap	
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96) <sup>a</sup>
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79) <sup>a</sup>

### 2.3.3 Beban Gempa (EQ)

Beban gempa adalah beban *static equivalent* yang disebabkan oleh bergeraknya tanah akibat gempa. Beban gempa rencana yang digunakan adalah respon spektra untuk wilayah tempat gedung apartemen ini berada. Respon spektra yang diambil adalah respon gempa Lombok yang sesuai dengan SNI 1726-2012 tentang “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”.

### 2.3.4 Beban Angin (WL)

Parameter yang digunakan dalam penentuan beban angin yang bekerja pada gedung menurut SNI 1727-2013 adalah sebagai berikut:

- a. Kecepatan angin dasar ( $V$ ) merupakan kecepatan angin rata-rata yang terjadi setiap periode pada suatu wilayah.
- b. Faktor arah angin ( $K_d$ ) hanya akan dimasukkan dalam menentukan beban angin pada kombinasi pembebanan dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Faktor Arah Angin  $K_d$ 

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin $K_d$
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong Asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi Empat	0,90
Segi Enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

- c. Kategori eksposur ( $K_h$ ) ditentukan pada kekasaran permukaan tanah yang ditentukan dari topografi alam, vegetasi, dan fasilitas bangunan.
- d. Kategori topografi ( $K_{zt}$ ) adalah efek peningkatan kecepatan angin pada bukit, bukit memanjang, dan tebing curam yang terisolasi akan menimbulkan perubahan mendadak dalam perhitungan beban angin.
- e. Faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85.
- f. Koefisien eksposur tekanan velositas dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas

Tinggi di atas level tanah, $z$ (m)	Eksposur		
	B	C	D
0-4,6	0,57	0,85	1,03
6,1	0,62	0,9	1,08
7,6	0,66	0,94	1,12
9,1	0,7	0,98	1,16
12,2	0,76	1,04	1,22
15,2	0,81	1,09	1,27
18	0,85	1,13	1,31
21,3	0,89	1,17	1,34
24,4	0,93	1,21	1,38
27,4	0,96	1,24	1,4
30,5	0,99	1,26	1,43
36,3	1,04	1,31	1,48

- g. Koefisien tekan internal dengan klasifikasi desain gedung yang tertutup penuh pada **Tabel 2.4**.

**Tabel 2.4** Koefisien Tekanan Internal

Klasifikasi Ketertutupan	(GC <sub>pi</sub> )
Bangunan Gedung Terbuka	0
Bangunan Gedung Tertutup Sebagian	+0,55 -0,55
Bangunan Gedung Tertutup	+0,18 -0,18

- h. Koefisien tekan dinding akibat gaya angin pada dinding gedung dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

**Tabel 2.5** Koefisien Tekan Dinding

Permukaan	L/B	C <sub>p</sub>
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8
Dinding di sisi angin pergi	0-1	-0,5
	2	-0,3
	>4	-0,2
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0,7

### 2.3.5 Beban Hujan (RL)

Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya. Menurut SNI 1727-2013 pembebanan air hujan pada atap gedung dihitung sebagai berikut:

$$R = 0,0098 \times (ds + dh) \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut (kN/m<sup>2</sup>)

ds = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (mm)

dh = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut diatas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (mm)

### 2.3.6 Kombinasi Pembebanan

Dalam SNI 1727:2013 menguraikan kombinasi beban dan faktor beban harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dari kombinasi berikut:

1.  $1,4 D$
2.  $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L \text{ atau } R)$
3.  $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2 D \pm 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5.  $1,2 D \pm 1,0 E + L$
6.  $0,9 D \pm 1,0 W$
7.  $0,9 \pm 1,0 E$

Dimana :

D = Beban mati

E = Beban gempa

L = Beban hidup

$L_r$  = Beban hidup atap

R = Beban hujan

W = Beban angin

### 2.3.7 Respons Spektrum

Untuk mendapatkan data Respons Spektrum yang digunakan dalam merencanakan gempa, dapat mengunjungi website Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman. Data yang dimasukkan dalam website tersebut adalah lokasi bangunan dan jenis tanahnya. Dengan data lokasi bangunan gedung di kota Lombok dan jenis tanah sedang.

**Tabel 2.6** Data Gempa Lombok

PGA (g)	0,461
$S_s$ (g)	1,033
$S_1$ (g)	0,415
$C_{RS}$	1,062
$C_{RI}$	0,949
$F_{PGA}$	1,039
$F_A$	1,087
$F_V$	1,585

PSA (g)	0,479
S <sub>MS</sub> (g)	1,123
S <sub>MI</sub> (g)	0,658
S <sub>DS</sub> (g)	0,749
S <sub>D1</sub> (g)	0,439
T <sub>0</sub> (detik)	0,117
T <sub>S</sub> (detik)	0,586

### 2.3.8 Kategori Risiko Bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko bangunan dan faktor keutamaan gempa berdasarkan SNI 1726:2012 dapat dilihat pada **Tabel 2.7** dan **Tabel 2.8**.

**Tabel 2.7** Kategori Risiko Bangunan Gedung dan non Gedung

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>- Gedung perkantoran</li> <li>- Pasar</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 tidak termasuk dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi yang memiliki dampak ekonomi yang besar atau gangguan masal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, 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> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul>	III



**Tabel 2.7** Lanjutan Kategori Risiko Bangunan Gedung dan non Gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung 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 penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>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 dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan 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 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> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

**Tabel 2.8** Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

### 2.3.9 Pemilihan Sistem Struktur

Pemilihan sistem struktur yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 1726:2012 tentang Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung yang dapat dilihat pada **Tabel 2.9**.

**Tabel 2.9**  $R$ ,  $C_d$  untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

No	Sistem Penahan-Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons [ $R$ ]	Faktor Pembesaran Defleksi [ $C_d$ ]
1	Rangka baja pemikul momen khusus	8	5,5
2	Rangka batang pemikul momen khusus	7	5,5
3	Rangka baja pemikul momen menengah	4,5	4
4	Rangka baja pemikul momen biasa	3,5	3
5	Rangka baja dengan bresing eksentris	8	4
6	Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	5,5
7	Dinding geser beton bertulang khusus	7	5,5
8	Dinding geser beton bertulang biasa	6	5
9	Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7,5	6
10	Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	6
11	Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	5
12	Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	5

## 2.4 Analisis Apartemen Terhadap Beban Gempa

Besarnya simpangan horisontal (*drift*) bergantung pada kemampuan struktur dalam menahan gaya gempa yang terjadi. Apabila struktur memiliki kekakuan yang besar untuk melawan gaya gempa maka struktur akan mengalami

simpangan horisontal yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur yang tidak memiliki kekakuan yang cukup. Pengaruh beban gempa rencana pada bangunan dalam arah utama harus dianggap efektif 100%. Pengaruh tersebut harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama tetapi efektifitasnya hanya sebesar minimal 30% dan tidak boleh melebihi dari 70%.

Secara umum analisis struktur terhadap beban gempa dibagi menjadi dua macam, yaitu:

1. Analisis beban statik ekuivalen adalah suatu cara analisis struktur dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban statik horizontal yang diperoleh dengan hanya memperhitungkan respons ragam getar yang pertama.
2. Analisis dinamik adalah analisis struktur dimana pembagian gaya geser gempa di seluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik diperlukan untuk mengevaluasi lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur bangunan dan mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Analisis dinamik terbagi menjadi 2, yaitu:
  - a. Analisis ragam respons spectrum adalah analisis dinamik yang dimana total respons didapat melalui superposes dari respons masing-masing ragam getar;
  - b. Analisis riwayat waktu adalah analisis dinamis yang pada pemodelan struktur diberikan suatu catatan rekaman gempa dan respons struktur dihitung langkah demi langkah pada interval tertentu.

#### 2.4.1 Periode Pendekatan Fundamental ( $T_a$ )

Menurut SNI 1726:2012, periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t (h_n)^x \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan  $h_n$  adalah tinggi total struktur dan koefisien  $C_t$  dan  $x$  didapatkan dari **Tabel 2.10**.

**Tabel 2.10** Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$ 

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya gempa 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 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

(Sumber: SNI 1726:2013)

Periode fundamental ( $T$ ) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ). Nilai koefisien  $C_u$  dapat dilihat pada **Tabel 2.11**.

**Tabel 2.11** Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respons spectral 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: SNI 1726:2013)

#### 2.4.2 Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.6, simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja, yaitu pada kinerja batas ultimit. Penentuan simpangan antarlantai tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak

terletak segaris, dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa di tingkat atasnya.

Bagi struktur yang dirancang untuk Kategori Desain Seismik C, D, E atau F yang memiliki ketidakberaturan horisontal pada struktur dengan tipe ketidakberaturan torsi dan ketidakberaturan torsi berlebihan. Simpangan antar lantai desain ( $\Delta$ ) yang harus dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik-titik di atas dan di bawah tingkat yang diperhatikan yang letaknya segaris secara vertikal, di sepanjang salah satu bagian tepi struktur. Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e} \dots \dots \dots (2.3)$$

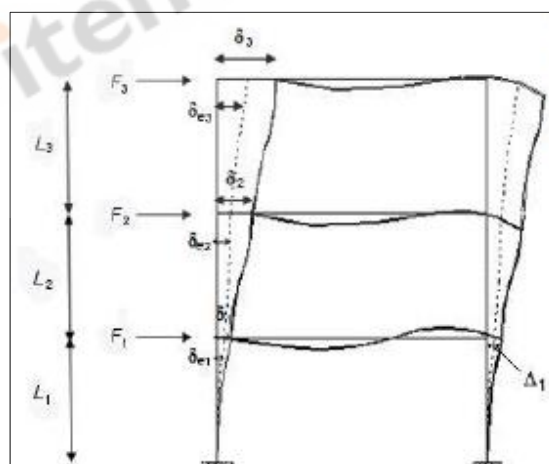
dengan:

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lokasi yang disyaratkan

$I_e$  = faktor keutamaan

Penentuan simpangan untuk mendapatkan simpangan antar lantai dilihat pada **Gambar 2.2**.



**Gambar 2.2** Penentuan Simpangan antar Lantai  
(Sumber : SNI 1726:2012)

dengan:

$F_3$  = gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_{e3}$  = perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_3 = C_d \delta_{e3} / I_e$  = perpindahan yang diperbesar

$$\Delta_3 = (\delta_{e3} - \delta_{e2})C_d/I_e$$

$F_2$  = gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_{e2}$  = perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_2 = C_d\delta_{e2}/I_e$  = perpindahan yang diperbesar

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1})C_d/I_e$$

$F_1$  = gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_{e1}$  = perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_1 = C_d\delta_{e1}/I_e$  = perpindahan yang diperbesar

$$\Delta_1 = C_d\delta_1/I_e \leq \Delta_a$$

Simpangan antar lantai desain ( $\Delta$ ), tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ) yang ditentukan pada **Tabel 2.12**.

**Tabel 2.12** Simpangan antar Lantai Ijin,  $\Delta_a^{a,b}$

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 untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>a</sup>	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

$h_{sx}$  adalah tinggi tingkat dibawah tingkat x

(Sumber: SNI 1726:2012)

## 2.5 Level Kinerja Struktur

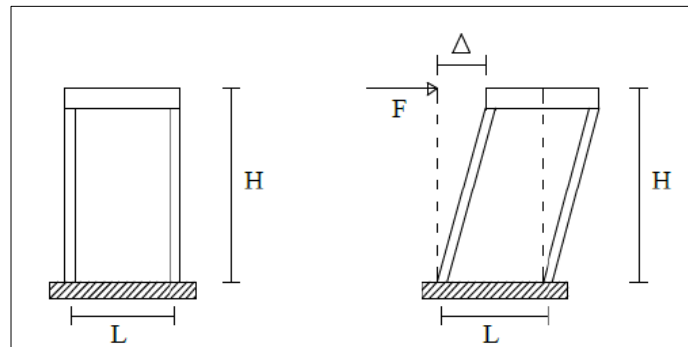
Besarnya simpangan horizontal (*drift*) harus dipertimbangkan sesuai dengan peraturan yang berlaku yaitu kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit. Menurut Mc. Comac (2004) simpangan struktur dapat dinyatakan dalam bentuk *drift index*. *Drift index* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Drift\ Index = \frac{\Delta}{h} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan:

$\Delta$  = besar defleksi maksimum yang terjadi (mm)

$h$  = ketinggian struktur portal (mm)



**Gambar 2.3** Defleksi Lateral

(Sumber: <https://media.neliti.com/media/publications/202131-kinerja-struktur-akibat-beban-gempa-deng.pdf>)

Besarnya *drift index* tergantung pada besarnya beban-beban yang dikenakan pada struktur tersebut. Berdasarkan ATC-40 kinerja struktur bangunan gedung dapat dibagi menjadi kategori sebagai berikut:

1. *Immediate Occupancy (IO)*

Kondisi yang menjelaskan bahwa setelah terjadinya gempa, kerusakan struktur hanya sedikit sehingga dapat dikategorikan struktur bangunan yang aman. Sistem penahanan beban vertikal dan lateral bangunan hamper sama sengan kondisi sebelum terjadi gempa, resiko korban jiwa dari kegagalan struktur tidak terlalu berarti dan dapat segera difungsikan atau dioperasi kembali.

2. *Damage Control (DC)*

Kategori ini merupakan kondisi struktur bangunan yang terjadi pasca gempa. Kerusakan yang terjadi kurang dari 10% dari beban gempa rencana dalam rentang masa layan gedung 50 tahun. Kerusakan berada di antara IO dan LS.

3. *Life Safety (LS)*

Kategori ini merupakan kondisi setelah terjadinya gempa, kerusakan struktural terjadi, akan tetapi struktur masih dapat menahan gempa. Struktur utama tidak runtuh dan dislokasi. Bangunan struktur yang termasuk dalam kondisi ini

adalah struktur bangunan yang dalam pasca gempa yang tidak dapat mendesak sebagai fasilitas penyelamatan. Resiko korban jiwa sangat rendah.

4. *Limited Safety*

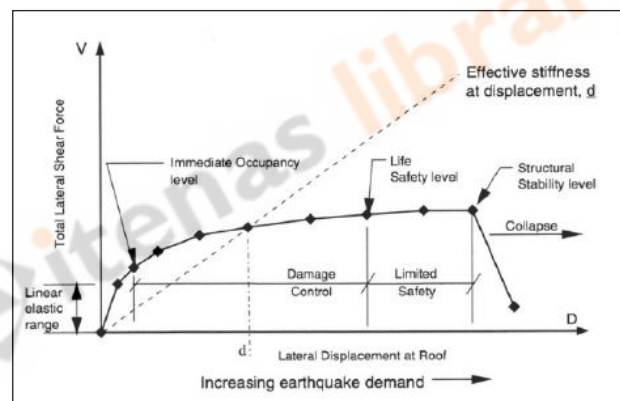
Kategori ini bukan merupakan level spesifik, melainkan kondisi yang menjelaskan bahwa pasca gempa, kerusakan yang terjadi berada di antara *Life Safety* dan *Struktural Stability*.

5. *Structural Stability*

Kategori ini adalah batas dimana struktur mengalami kerusakan yang parah pasca gempa. Kerusakan terjadi pada struktur ataupun nonstruktur. Bangunan tersebut diambang batas runtuh total. Resiko korban jiwa besar

6. *Not Considered*

Pada kategori ini, struktur sudah dalam kondisi runtuh, sehingga hanya dapat dilakukan evaluasi seismik nonstructural atau *retrofit*.



**Gambar 2.4** Kurva Kapasitas  
(Sumber: ATC-40)

**Tabel 2.13** *Deformation Limit* Berbagai Kinerja ATC-40

<b>Intestory Drift Limit</b>	<b>Immendiate Occupancy</b>	<b>Damage Control</b>	<b>Life Safety</b>	<b>Structural Stability</b>
Maximum Total Roof Displ. Ratio ( $X_{max}/H$ )	0,01	0,01 – 0,02	0,02	0,33
Maximum Inelastis Drift	0,005	0,005 – 0,015	No Limit	No Limit



## 2.6 Metode *Time History* (Riwayat Waktu)

Data percepatan permukaan tanah (PGA) berupa akselerogram yaitu grafik perbandingan percepatan permukaan tanah (PGA) terhadap waktu atau durasi saat terjadinya gempa. Data akselerogram ini akan menjadi parameter gempa masukan untuk suatu perancangan atau analisis struktur. Gaya gempa masukan yang digunakan berupa percepatan maksimum permukaan tanah (PGA) dari rekaman gempa sebenarnya. Percepatan tanah puncak harus ditentukan dengan studi spesifik-situs dengan mempertimbangkan pengaruh amplifikasi yang secara spesifik dan percepatan tanah puncak  $PGA_M$  yang berdasarkan pada persamaan berikut ini:

$$PGA_M = F_{PGA} \times PGA \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan:

$PGA_M$  = percepatan tanah puncak  $MCE_G$  yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs,

$PGA$  = percepatan tanah puncak terpetakan,

$F_{PGA}$  = koefisien situs dari **Tabel 2.14**.

**Tabel 2.14** Koefisien Situs,  $F_{PGA}$

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$	$PGA = 0,2$	$PGA = 0,3$	$PGA = 0,4$	$PGA \geq 0,5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.2	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				

(Sumber: SNI 1726:2012)

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 11.1.4 tentang parameter respons gaya harus dikalikan dengan  $I_e/R$ .  $I_e$  adalah faktor keutamaan gempa dan R adalah koefisien modifikasi respons dengan mempertimbangkan katagori risiko desain seismik seperti pada **Tabel 2.15**, **Tabel 2.16**, dan **Tabel 2.17**.

**Tabel 2.15** Faktor Keutamaan Gempa,  $I_e$ 

Kategori Risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

(Sumber: SNI 1726:2012)

**Tabel 2.16** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau II	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: SNI 1726:2012)

**Tabel 2.17** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau II	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{D1} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{D1} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2012)

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan tugas akhir ini dapat dilihat pada **Tabel 2.18**.

**Tabel 2.18** Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
1	Ferdinan Frans (Institut Teknologi Nasional Bandung, 2019)	Kinerja Struktur Bangunan Rumah Toko Bertingkat Modular Dengan Analisis Riwayat Waktu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pada bangunan konvensional :               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Berdasarkan metode statik ekuivalen mode 1 level kinerja struktur adalah <i>Damage Control</i>.</li> <li>b. Berdasarkan metode <i>time history</i> gempa California level kinerja struktur adalah <i>Immediate Occupancy</i>.</li> <li>c. Berdasarkan metode <i>time history</i> gempa Chi-Chi level kinerja struktur adalah <i>Immediate Occupancy</i>.</li> <li>d. Berdasarkan metode <i>time history</i> gempa California level kinerja struktur adalah <i>Damage Control</i>.</li> </ol> </li> <li>2. Pada bangunan ruko modular :               <ol style="list-style-type: none"> <li>e. Berdasarkan metode statik ekuivalen mode 1 level kinerja struktur adalah <i>Damage Control</i>.</li> <li>f. Berdasarkan metode <i>time history</i> gempa California level kinerja struktur adalah <i>Immediate Occupancy</i>.</li> <li>g. Berdasarkan metode <i>time history</i> gempa Chi-Chi level kinerja struktur adalah <i>Damage Control</i>.</li> <li>h. Berdasarkan metode <i>time history</i> gempa California level kinerja struktur adalah <i>Structural Stability</i>.</li> </ol> </li> </ol>
2	Dimas El-Islamy (Institut Teknologi Nasional Bandung, 2019)	Kajian Perbandingan Kinerja Struktur Dinding Geser Komposit	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Berdasarkan analisis periode getar alami struktur antara keenam model semakin besar sesuai dengan tingkatan struktur. Semakin besar periode struktur maka nilai</li> </ol>

		Berdasarkan Tingkatan Gedung	<p>gaya geser yang terjadi semakin besar yang menyebabkan deformasi yang terjadi lebih besar.</p> <p>2. Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan simpangan antar lain telah sesuai dengan persyaratan yaitu simpangan antar lantai tidak lebih dari 75 mm dan simpangan pada atap tidak lebih dari 87,5 mm. Pada struktur dengan dinding geser memiliki simpangan antar lantai yang terjadi pada arah-x dan arah-y yang kurang lebih sama.</p>
3	Braien Octavianus Majore (Universitas Sam Ratulangi Manado, 2015)	Studi Perbandingan Respon Dinamik Bangunan Bertingkat Banyak Dengan Variasi Tata Letak Dinding Geser	<p>Respons dinamik suatu bangunan bertingkat banyak, dalam hal ini simpangan horisontal, dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah tata letak dinding geser. Dinding geser yang diposisikan mendekati pusat massa suatu bangunan, baik sumbu x maupun sumbu y dalam arah ortogonal, menghasilkan nilai simpangan horisontal yang lebih kecil dibandingkan dinding geser yang diposisikan menjauhi pusat massa bangunan tersebut.</p>

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian pertama adalah penelitian ini menggunakan struktur rangka baja sedangkan penelitian pertama menggunakan beton modular. Penelitian kedua menggunakan dinding geser komposit dan tidak menggunakan *time history method* sedangkan penelitian ini menggunakan dinding geser beton dan menggunakan *time history method*. Penelitian ketiga menggunakan struktur rangka beton dan tidak menggunakan *time history method*.