

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

Selama gempa bumi, bangunan mengalami gerakan vertikal dan gerakan horizontal. Gaya inersia atau gaya gempa, baik dalam arah vertikal maupun horizontal, akan timbul di titik-titik pada massa struktur. Dari kedua gaya ini, gaya dalam arah vertikal hanya sedikit mengubah gaya gravitasi yang bekerja pada struktur, sedangkan struktur biasanya direncanakan terhadap gaya vertikal dengan faktor keamanan yang memadai. Oleh karena itu, struktur umumnya jarang sekali runtuh akibat gaya gempa vertikal.

Sebaliknya, gaya gempa horizontal menyerang titik-titik lemah pada struktur yang kekuatannya tidak memadai dan akan langsung menyebabkan keruntuhan/kegagalan. Atas alasan ini, prinsip utama dalam perancangan tahan gempa (*earthquake-resistant design*) ialah meningkatkan kekuatan struktur terhadap gaya lateral yang umumnya tidak memadai. (Muto,1987).

#### **A. Pembebanan**

Dalam menganalisis suatu gedung bertingkat harus memperhatikan peraturan-peraturan yang digunakan pada perancangan gedung tersebut. Bangunan dengan struktur yang baik harus dapat menahan beban-beban yang akan diterima pada bangunan. Beban-beban tersebut telah dijelaskan didalam Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1987 yaitu sebagai berikut:

- a. Beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.
- b. Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban

lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut

- c. Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.
- d. Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal ini pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisis dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.
- e. Beban khusus adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya.

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 5.4.1 Pusat massa lantai tingkat suatu struktur gedung adalah titik tangkap resultant beban mati, dan beban hidup yang sesuai, yang bekerja pada lantai tingkat itu. Pada perencanaan struktur gedung, pusat massa merupakan titik tangkap beban gempa statik ekuivalen atau gaya gempa dinamik. Sedangkan, untuk arah pembebanan berdasarkan SNI 03-1726-2002 pengaruh Gempa Rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pembebanan gempa dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi dengan efektifitas hanya 30%.

## B. Analisis Gempa berdasarkan SNI 03-1726-2002

### 1. Kategori gedung dan faktor keutamaan

Kategori gedung bergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur gedung selama umur gedung dan umur gedung tersebut yang diharapkan. Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan menurut persamaan:

$$I = I_1 I_2 \quad (3.1)$$

Di mana  $I_1$  adalah faktor keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung, sedangkan  $I_2$  adalah faktor keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian umur tersebut. Faktor-faktor keutamaan  $I_1$ ,  $I_2$  dan  $I$  ditetapkan menurut Tabel 3.1

Tabel 3.1 Faktor Keutamaan untuk berbagai kategori gedung dan bangunan.

Sumber : SNI 03-1726-2002

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	$I_1$	$I_2$	$I$
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran.	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monuman	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

## 2. Struktur gedung beraturan dan tidak beraturan

Struktur gedung dapat ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila telah memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
- b. Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan dan walaupun mempunyai tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.
- c. Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut dan walaupun mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.
- d. Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama ortogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.
- e. Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidang muka dan walaupun mempunyai loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur bagian gedung yang menjulang dalam masing-masing arah, tidak kurang dari 75% dari ukuran terbesar denah struktur bagian gedung sebelah bawahnya. Dalam hal ini, struktur rumah atap yang tingginya tidak lebih dari 2 tingkat tidak perlu dianggap menyebabkan adanya loncatan bidang muka.
- f. Sistem struktur gedung memiliki kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak. Tingkat lunak adalah suatu tingkat, di mana kekakuan lateralnya adalah kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan lateral rata-rata 3 tingkat di atasnya. Dalam hal ini,

yang dimaksud dengan kekakuan lateral suatu tingkat adalah gaya geser yang bila bekerja di tingkat itu menyebabkan satu satuan simpangan antar-tingkat.

- g. Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap lantai tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150% dari berat lantai tingkat di atasnya atau di bawahnya. Berat atap atau rumah atap tidak perlu memenuhi ketentuan ini.
- h. Sistem struktur gedung memiliki unsur-unsur vertikal dari sistem penahan beban lateral yang menerus, tanpa perpindahan titik beratnya, kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.
- i. Sistem struktur gedung memiliki lantai tingkat yang menerus, tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat. Walaupun ada lantai tingkat dengan lubang atau bukaan seperti itu, jumlahnya tidak boleh melebihi 20% dari jumlah lantai tingkat seluruhnya.

Untuk struktur gedung beraturan, pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga menurut standar ini analisisnya dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen.

Struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan tersebut dapat ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan. Untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik.

### 3. Wilayah gempa dan spektrum respons

Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 wilayah gempa seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.1, dengan wilayah gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan wilayah gempa 6

dengan kegempaan paling tinggi. Pembagian wilayah gempa ini, didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana dengan perioda ulang 500 tahun, yang nilai rata-ratanya untuk setiap wilayah gempa ditetapkan dalam Gambar 3.1 dan Tabel 3.2

Percepatan puncak muka tanah  $A_0$  apabila tidak didapat dari hasil analisis perambatan gelombang, maka percepatan puncak muka tanah tersebut untuk masing-masing wilayah gempa dan untuk masing-masing jenis tanah ditetapkan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah untuk masing-masing Wilayah Gempa Indonesia.

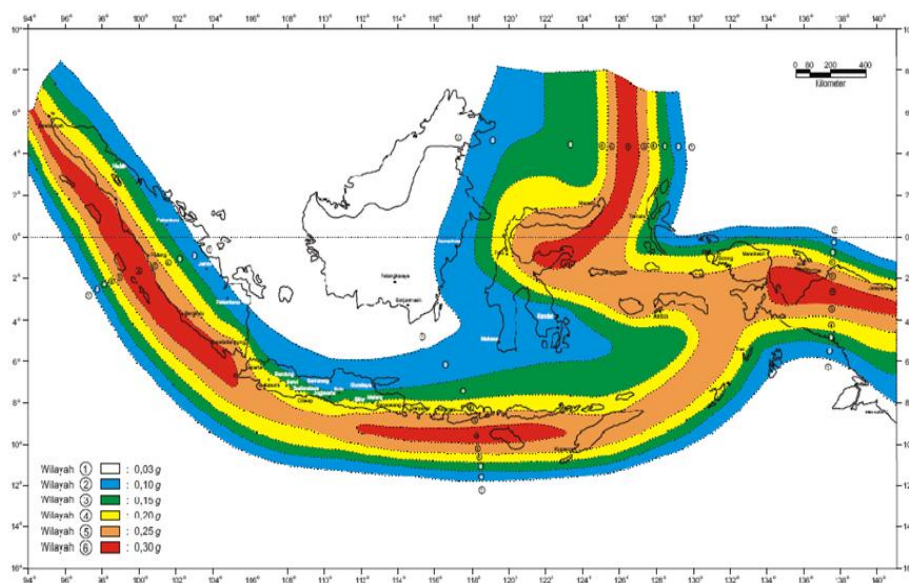
Sumber : SNI 03-1726-2002

Wilayah Gempa	Percepatan puncak batuan dasar ('g')	Percepatan puncak muka tanah $A_0$ ('g')			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,03	0,04	0,08	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi
2	0,10	0,12	0,15	0,23	
3	0,15	0,18	0,22	0,30	
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,29	0,33	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,36	

Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah  $A_0$ , untuk wilayah gempa 1 yang ditetapkan dalam Gambar 3.1 dan Tabel 3.2 ditetapkan juga sebagai percepatan minimum yang harus diperhitungkan dalam perencanaan struktur gedung untuk menjamin kekekaran (*robustness*) minimum pada struktur gedung tersebut.

Untuk menentukan pengaruh gempa gencana pada struktur gedung, yaitu berupa beban geser dasar nominal statik ekuivalen

pada struktur beraturan, gaya geser dasar nominal sebagai respons dinamik ragam pertama pada struktur gedung tidak beraturan dan gaya geser dasar nominal sebagai respons dinamik seluruh ragam yang berpartisipasi pada struktur gedung tidak beraturan untuk masing-masing wilayah gempa ditetapkan Spektrum Respons Gempa Rencana C-T seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.1. Dalam gambar tersebut C adalah Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi dan T adalah waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik. Untuk  $T = 0$  nilai C tersebut menjadi sama dengan  $A_0$ , di mana  $A_0$  merupakan percepatan puncak muka tanah menurut Tabel 3.2



Gambar 3.1 Wilayah Gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan periods ulang 500 tahun.

Sumber : SNI 03-1726-2002

Mengingat pada kisaran waktu getar alami pendek  $0 < T < 0,2$  detik terdapat ketidakpastian, baik dalam karakteristik gerakan tanah maupun dalam tingkat daktilitas strukturnya, Faktor Respons Gempa C menurut Spektrum Respons Gempa Rencana, dalam

kisaran waktu getar alami pendek tersebut, nilainya tidak diambil kurang dari nilai maksimumnya untuk jenis tanah yang bersangkutan.

Dengan menetapkan percepatan respons maksimum  $A_m$  sebesar

$$A_m = 2,5 A_0 \quad (3.2)$$

dan waktu getar alami sudut  $T$ , sebesar 0,5 detik, 0,6 detik dan 1,0 detik untuk jenis tanah berturut-turut Tanah Keras, Tanah Sedang dan Tanah Lunak, Faktor Respons Gempa  $C$  ditentukan oleh persamaan - persamaan sebagai berikut :

untuk:  $T < T_c$  :

$$C = A_m \quad (3.3)$$

untuk  $T > T_c$

$$C = \frac{A_r}{T} \quad (3.4)$$

dengan

$$A_r = A_m \cdot T_c \quad (3.5)$$

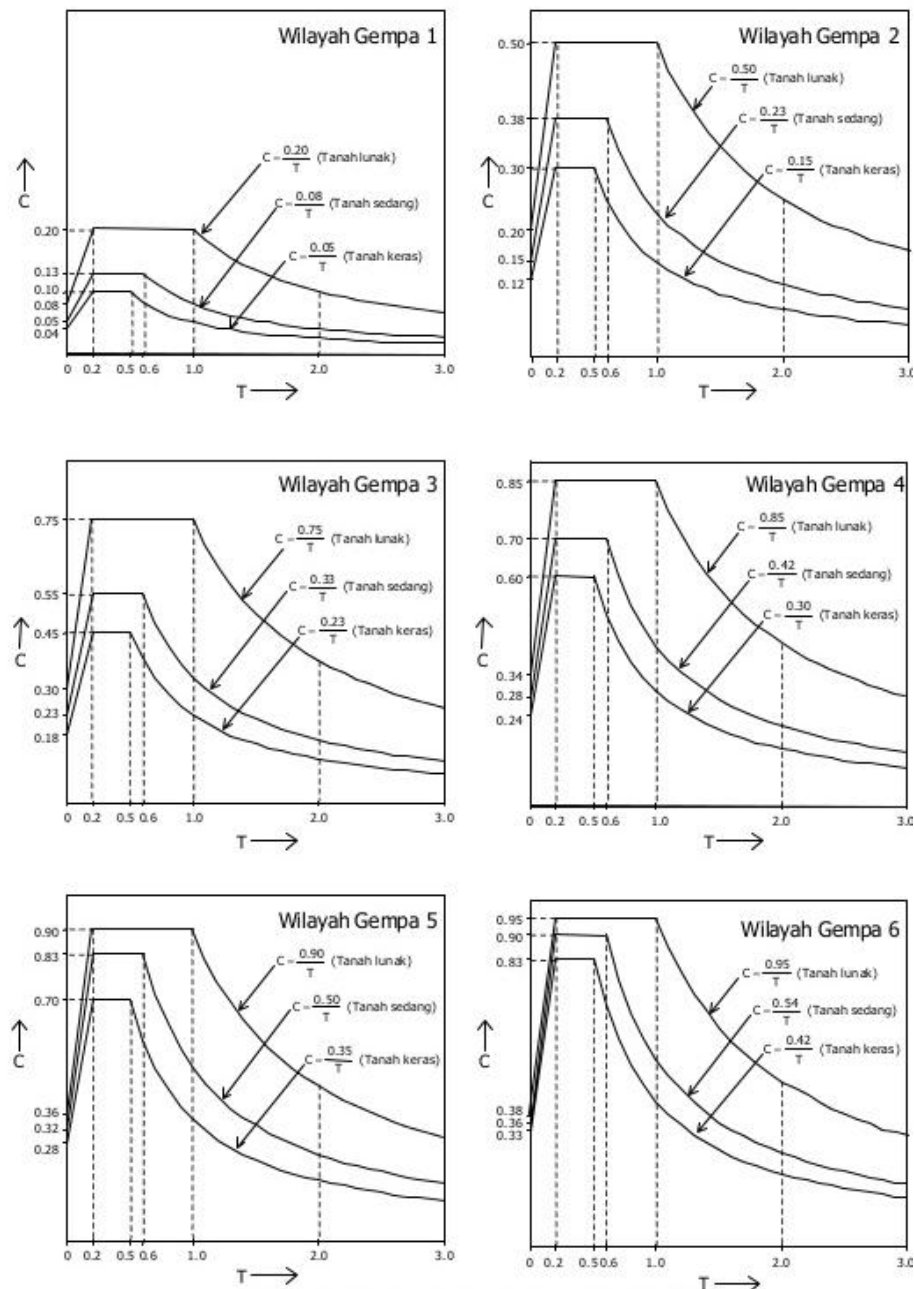
dalam Tabel 3.3, nilai-nilai  $A_m$  dan  $A_r$  dicantumkan untuk masing-masing wilayah gempa dan masing-masing jenis tanah.

Tabel 3.3 Spektrum respons gempa rencana

Sumber : SNI 03-1726-2002

Wilayah Gempa	Tanah Keras $T_c = 0,5$ detik		Tanah Sedang $T_c = 0,5$ detik		Tanah Lunak $T_c = 1,0$ detik	
	$A_m$	$A_r$	$A_m$	$A_r$	$A_m$	$A_r$
1	0,10	0,05	0,13	0,06	0,20	0,20
2	0,30	0,15	0,38	0,23	0,50	0,50
3	0,45	0,23	0,55	0,33	0,75	0,75
4	0,60	0,30	0,70	0,42	0,85	0,85
5	0,70	0,35	0,83	0,50	0,90	0,90
6	0,83	0,42	0,90	0,54	0,95	0,95





Gambar 3.2 Respon Spektrum Gempa Rencana

Sumber : SNI 03-1726-2002

#### 4. Gaya geser

Perhitungan respons dinamik struktur gedung tidak beraturan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana, dapat dilakukan dengan metoda analisis ragam spektrum respons dengan memakai spektrum respons gempa

rencana yang nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi  $I/R$ , di mana  $I$  adalah faktor keutamaan menurut Tabel 3.1, Sedangkan,  $R$  adalah faktor reduksi dari struktur gedung yang bersangkutan menurut Tabel 3.4. dalam hal ini, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam menurut metoda ini harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%.

Nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 80% nilai respons ragam yang pertama. Bila respons dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal  $V_1$  maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan menurut persamaan berikut :

$$V \geq 0,8V_1. \quad (3.6)$$

Untuk memenuhi persyaratan tersebut, maka gaya geser tingkat nominal akibat pengaruh gempa rencana sepanjang tinggi struktur gedung hasil analisis ragam spectrum respons dalam suatu arah tertentu, harus dikali nilainya dengan suatu faktor skala :

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_1}{V_t} \geq 1 \quad (3.7)$$

Di mana  $V$ , adalah gaya geser dasar nominal sebagai respons dinamik ragam yang pertama saja dan  $V_t$  adalah gaya geser dasar nominal yang didapat dari hasil analisis ragam spektrum respons yang telah dilakukan.

##### 5. Faktor reduksi gempa.

Apabila dalam arah pembebanan gempa akibat pengaruh Gempa Rencana sistem struktur gedung terdiri dari beberapa jenis subsistem struktur gedung yang berbeda, faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung itu untuk arah pembebanan

gempa tersebut, dapat dihitung sebagai nilai rata-rata berbobot dengan gaya geser dasar yang dipikul oleh masing-masing jenis subsistem sebagai besaran pembobotnya menurut persamaan :

$$R = \frac{\sum V_s}{\sum V_s / R_s} \quad (3.8)$$

di mana  $R_s$  adalah nilai faktor reduksi gempa masing-masing jenis subsistem struktur gedung dan  $V_s$  adalah gaya geser dasar yang dipikul oleh masing-masing jenis subsistem struktur gedung tersebut, dengan penjumlahan meliputi seluruh jenis subsistem struktur gedung yang ada. Metoda ini hanya boleh dipakai, apabila rasio antara nilai-nilai faktor reduksi gempa dari jenis-jenis subsistem struktur gedung yang ada tidak lebih dari 1,5.

Tabel 3.4 Faktor daktilitas maksimum, faktor reduksi gempa maksimum, faktor tahanan lebih struktur dan faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung

Sumber : SNI 03-1726-2002

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	$\mu_m$	$R_m$	f
1. Sistem dinding penumpu (Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penumpu atau sistem bresing memikul hampir semua beban gravitasi. Beban	1. Dinding geser beton bertulang	2,7	4,5	2,8
	2. Dinding penumpu dengan rangka baja ringan dan bresing tarik	1,8	2,8	2,2
	3. Rangka bresing di mana bresingnya memikul beban gravitasi			
	a. Baja	2,8	4,4	2,2
	b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	1,8	2,8	2,2

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	$\mu_m$	$R_m$	f
lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing).				
2. Sistem rangka gedung (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing).	1. Rangka bresing eksentris baja (RBE)	4,3	7,0	2,8
	2. Dinding geser beton bertulang	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a.Baja	3,6	5,6	2,2
	b.Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	3,6	5,6	2,2
	4. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a.Baja	4,1	6,4	2,2
	5. Dinding geser beton bertulang berangkai daktail	4,0	6,5	2,8
3. Sistem rangka pemikul momen (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur)	6. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail penuh	3,6	6,0	2,8
	7. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail parsial	3,3	5,5	2,8
	1. Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)			
	a.Baja	5,2	8,5	2,8
	b.Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB)			
	a.Baja	2,7	4,5	2,8
b.Beton bertulang	2,1	3,5	2,8	
4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8	
4. Sistem ganda (Terdiri dari: 1) Rangka ruang	1. Dinding geser			
	a. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang	5,2	8,5	2,8

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	$\mu_m$	$R_m$	f
<p>yang memikul seluruh beban gravitasi;</p> <p>2) Pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral;</p> <p>3) kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi /sistem ganda)</p>	b. Beton bertulang dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang	4,0	6,5	2,8
	2. RBE baja			
	a. Dengan SRPMK baja	5,2	8,5	2,8
	b. Dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	3. Rangka bresing biasa			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,0	6,5	2,8
	b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	4,0	6,5	2,8
	d. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	2,6	4,2	2,8
	4. Rangka bresing konsentrik khusus			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,6	7,5	2,8
b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8	
5. Sistem struktur gedung kolom kantilever: (Sistem struktur yang memanfaatkan kolom kantilever untuk memikul beban lateral)	Sistem struktur kolom kantilever	1,4	2,2	2
6. Sistem interaksi dinding geser rangka	Beton bertulang biasa (tidak untuk Wilayah 3, 4, 5 & 6)	3,4	5,5	2,8

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	$\mu_m$	$R_m$	f
7. Subsistem tunggal (Subsistem struktur bidang yang membentuk struktur gedung secara keseluruhan)	1. Rangka terbuka baja	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka terbuka beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	3. Rangka terbuka beton bertulang dengan balok beton pratekan (bergantung pada indeks baja total)	3,3	5,5	2,8
	4. Dinding geser beton bertulang berangkai daktail penuh.	4,0	6,5	2,8
	5. Dinding geser beton bertulang kantilever daktail parsial	3,3	5,5	2,8

#### 6. Simpangan dan kinerja batas layan.

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar-tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, disamping untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung tersebut akibat pengaruh Gempa Nominal yang telah dibagi faktor skala.

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tersebut tidak boleh melampaui  $0,03/R$  kali tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, bergantung yang mana nilainya terkecil.

### C. Analisis Gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012

#### 1. Kategori Resiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Kategori risiko struktur bangunan dapat dibagi menjadi 4 kategori berdasarkan jenis pemanfaatan ataupun penggunaan gedung tersebut. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3.5 sebagai berikut :

Tabel 3.5 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.

Sumber : SNI 03-1726-2012

Jenis Pemanfaatan	Kategori
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <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
<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>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> </ul>	

Jenis Pemanfaatan	Kategori
<ul style="list-style-type: none"> <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 non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan missal 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, ( tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas Manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</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</li> </ul>	IV



Jenis Pemanfaatan	Kategori
<p>fasilitas bedah dan unit gawat darurat</p> <p>-Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</p> <p>-Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya.</p> <p>-Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</p> <p>-Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan padasaat keadaan darurat.</p> <p>-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</p> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 3.5. pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut Tabel 3.6. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 3.6 Faktor Keutamaan Gempa

Sumber : SNI 03-1726-2012.

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

## 2. Wilayah Gempa dan Respons Spektrum

### a. Parameter percepatan terpetakan

Parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektrum percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila  $S_1 \leq 0,04$  g dan  $S_s \leq 0,15$  g, maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A, dan cukup memenuhi persyaratan.

### b. Kelas situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs-nya, maka kelas situs SE Dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF

- c. Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ )

Untuk penentuan respons spektrum percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ). Dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) Yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (3.9)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (3.10)$$

Keterangan:

$S_s$  = parameter respons spektrum percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode pendek;

$S_1$  = parameter respons spektrum percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode 1,0 detik. dan koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  mengikuti Tabel 3.7 dan Tabel 3.8.

Tabel 3.7 Koefisien Situs,  $F_a$

Sumber : SNI 03-1726-2012.

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

## Catatan

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_S$  dapat dilakukan Interpolasi linier.
- (b)  $S_S$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons situs-spesifik.

Tabel 3.8 Koefisien Situs,  $F_V$ 

Sumber : SNI 03-1726-2012.

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_S$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1=0,2$	$S_1=0,3$	$S_1=0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,6	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

## Catatan

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan Interpolasi linier.
- (b)  $S_S$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons situs-spesifik.
- d. Parameter percepatan spektrum desain.

Parameter percepatan spektrum desain untuk periode pendek,  $S_{DS}$  dan pada perioda 1 detik,  $S_{D1}$ , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.11)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.12)$$

e. Spektrum Respons Desain

Spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 3.3 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0.6 \frac{T}{T_0}) \quad (3.13)$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_S$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$ ;
3. Untuk perioda lebih besar dari  $T_S$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.14)$$

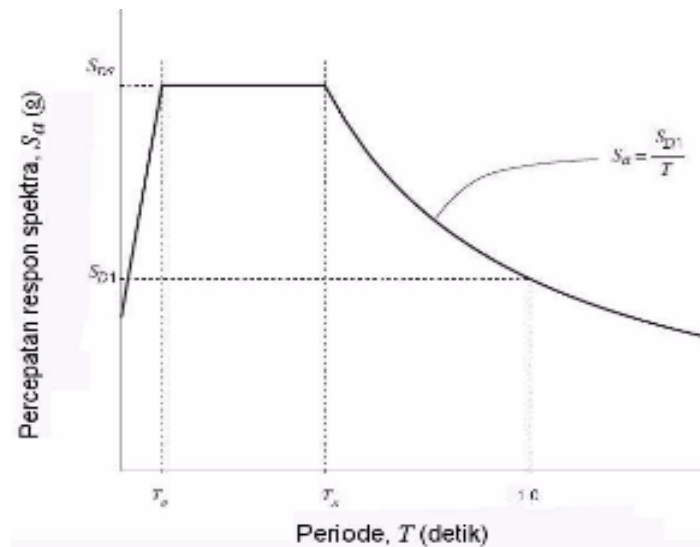
$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek;

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik;

$T$  = periode getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.15)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.16)$$



Gambar 3.3 Spektrum respons desain

Sumber : SNI 03-1726-2012

3. Gaya geser

Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Nilai untuk masing-masing parameter desain terkait gaya yang ditinjau, termasuk simpangan antar lantai tingkat, gaya dukung dan gaya elemen struktur individu untuk masing-masing ragam respons harus dihitung menggunakan properti masing-masing ragam dan spektrum respons dibagi dengan kuantitas  $(R/I_e)$ . Kombinasi respons untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen.

4. Faktor dan koefisien sistem penahan gaya gempa.

Sistem penahan-gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa di masing-masing arah

kedua sumbu ortogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  harus dikenakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Faktor dan koefisien sistem penahan gaya gempa.

Sumber : SNI 03-1726-2012

Sistem Penahan gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, $R$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d$
A. Sistem dinding penumpu			
1. Dinding geser beton bertulang khusus	5	$2\frac{1}{2}$	5
2. Dinding geser beton bertulang biasa	4	$2\frac{1}{2}$	4
3. Dinding geser beton polos didetail	2	$2\frac{1}{2}$	2
4. Dinding geser beton polos biasa	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$
5. Dinding geser pracetak menengah	4	$2\frac{1}{2}$	4
6. Dinding geser pracetak biasa	3	$2\frac{1}{2}$	3
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	$3\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$
10. Dinding geser batu bata polos didetail	2	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$
11. Dinding geser batu bata polos biasa	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$
12. Dinding geser batu bata prategang	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$
13. Dinding geser batu bata ringan (AAC) bertulang biasa	2	$2\frac{1}{2}$	2
14. Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$

Sistem Penahan gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d$
15. Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4
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
17. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	2½	2
18. Sistem dinding rangka ringan (baja canai dingin) menggunakan bresing strip datar	4	2	3½
<b>B.Sistem rangka bangunan</b>			
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5
3. Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	3¼	2	3¼
4. Dinding geser beton bertulang khusus	6	2½	5
5. Dinding geser beton bertulang biasa	5	2½	4½
6. Dinding geser beton polos detail	2	2½	2
7. Dinding geser beton polos biasa	1½	2½	1½
8. Dinding geser pracetak menengah	5	2½	4½
9. Dinding geser pracetak biasa	4	2½	4



Sistem Penahan gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d$
10. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2	4
11. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5	2	4½
12. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3	2	3
13. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	6½	2½	5½
14. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	2½	5
15. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	2½	4¼
16. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	2½	4
17. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	2½	4
18. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	2
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¾
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan	7	2½	4½

Sistem Penahan gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d$
untuk tahanan geser, atau dengan lembaran			
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6
C.Sistem rangka pemikul momen			
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½

Sistem Penahan gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d$
2. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3	3½
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan			
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5

Sistem Penahan gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d$
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	$2\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempayang ditetapkan			
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	$2\frac{1}{2}$	5
2. Dinding geser beton bertulang khusus	$6\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	5
3. Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	$2\frac{1}{2}$
4. Dinding geser batu bata bertulang menengah	$3\frac{1}{2}$	3	3
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	$5\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	$3\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	3
7. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	$4\frac{1}{2}$
8. Dinding geser beton bertulang biasa	$5\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$
F. Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen beton bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa	$4\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	4
G. Sistem kolom kantilever didetail untuk memenuhi persyaratan untuk :			
1. Sistem kolom baja dengan kantilever khusus	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$
2. Sistem kolom baja dengan kantilever biasa	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$

Sistem Penahan gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d$
3. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	2½	1¼	2½
4. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	1½	1¼	1½
5. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	1	1¼	1
6. Rangka kayu	1½	1½	1½
H.Sistem baja tidak didetail secara khusus untuk ketahanan seismik, tidak termasuk sistem kolom kantilever	3	3	3

5. Simpangan dan batasan simpangan antar lantai tingkat

Penentuan simpangan antar tingkat lantai desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi pusat massa di tingkat ( $\delta_x$ )(mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_x}{I} \quad (3.14)$$

Keterangan:

$C_d$  = faktor amplifikasi defleksi dalam Tabel 3.9

$\delta_x$  = Defleksi pada lokasi yang diisyarat.

I = Faktor keutamaan gempa pada Tabel 3.6

Simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_i$ ) seperti dari Tabel 3.10 untuk semua tingkat.

Tabel 3.10 Simpangan antar lantai izin ( $\Delta_i$ )

Sumber : SNI 03-1726-2012

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 system 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 geser 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  $x$