

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Penelitian yang pernah dilakukan berhubungan dengan analisa perbandingan antara kolom bulat dan kolom persegi antara lain adalah :

1. Dalam penelitiannya Agus Yudha Pranata (2018), melakukan analisis perbandingan kolom berbentuk bulat dan persegi pada struktur gedung BKPSDM Kota Padang Panjang dengan hasil bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai displacement karena nilai simpangan struktur yang kecil. Dari perbandingan gaya – gaya dalam, gaya aksial dan gaya geser struktur gedung kolom bulat memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan struktur gedung kolom persegi, hal ini menunjukkan bahwa kolom bulat lebih kuat dalam menahan keruntuhan akibat gaya aksial dan gaya geser. Sedangkan struktur gedung kolom bulat memiliki nilai momen lentur lebih rendah dibandingkan struktur gedung kolom persegi sehingga keruntuhan lentur lebih cepat terjadi pada struktur gedung kolom bulat. Untuk penulangan pada struktur kolom, struktur kolom persegi lebih efisien dikarenakan jumlah tulangan yang dibutuhkan lebih sedikit. Tetapi, kolom bulat dengan tulangan sengkang spiral mampu menyerap deformasi yang cukup besar sebelum keruntuhan. Pada studi ini, penggunaan kolom persegi pada struktur gedung beton bertulang adalah pilihan yang efisien dan tetap perlu mengontrol nilai displacement pada standar yang telah ditentukan.
2. Dalam penelitiannya Riskiawan Ertanto, Dharma Giri, Dharma Putra (2015), melakukan studi analisa perbandingan perilaku struktur pada gedung dengan variasi bentuk penampang kolom beton bertulang menunjukkan bahwa bentuk penampang kolom lingkaran adalah yang paling efektif, ditinjau dari kemampuan kolom dalam menahan gaya aksial dan momen.

3. Dalam penelitiannya Andini Yusmalia (2015), melakukan analisis perbandingan kolom persegi dengan kolom persegi panjang pada ruko 3 lantai dengan hasil bahwa gaya – gaya dalam pada kolom persegi lebih besar dibandingkan dengan kolom persegi panjang. Untuk kolom persegi panjang yang memiliki ketebalan seperti dinding harus diperhitungkan dengan baik kekuatan terhadap struktur yang akan ditopang kolom tersebut.

## **2.2 Kolom**

### **2.2.1 Definisi Kolom**

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996).

Menurut SNI 2847 : 2013 kolom adalah komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melampaui 3 yang digunakan terutama untuk menumpu beban tekan aksial. Untuk komponen struktur dengan perubahan dimensi lateral, dimensi lateral terkecil adalah rata-rata dimensi atas dan bawah sisi yang lebih kecil.

Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin. Beban sebuah bangunan dimulai dari atap. Beban atap akan meneruskan beban yang diterimanya ke kolom. Seluruh beban yang diterima kolom didistribusikan ke permukaan tanah di bawahnya. Kesimpulannya, sebuah bangunan akan aman dari kerusakan bila besar dan jenis pondasinya sesuai dengan perhitungan. Namun, kondisi tanah pun harus benar-benar sudah

mampu menerima beban dari pondasi. Kolom menerima beban dan meneruskannya ke pondasi. Struktur dalam kolom dibuat dari besi dan beton. Keduanya merupakan gabungan antara material yang tahan tarikan dan tekanan. Besi adalah material yang tahan tarikan, sedangkan beton adalah material yang tahan tekanan. Gabungan kedua material ini dalam struktur beton memungkinkan kolom atau bagian struktural lain seperti sloof dan balok bisa menahan gaya tekan dan gaya tarik pada bangunan (Schodek, Daniel L., 1999).

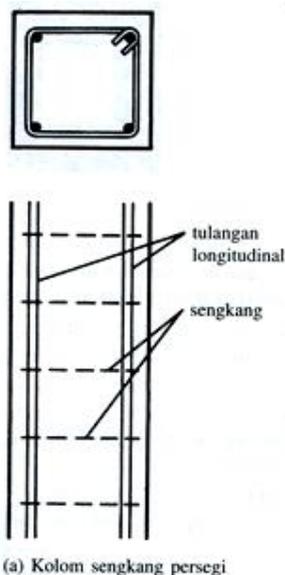
### 2.2.2 Jenis – Jenis Kolom

Kolom di klasifikasikan berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya, cara pembebanan, posisi beban pada penampang dan panjang kolom serta hubungannya dengan dimensi lateral.

Menurut Wang (1986) dan Ferguson (1986), jenis kolom ada 3, antara lain :

#### a. Kolom Ikat (Tie Column)

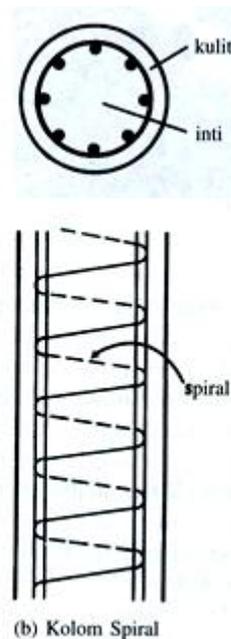
Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak spasi tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral. Tulangan ini berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya. Dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kolom Pengikat Sengkang Lateral

b. Kolom Spiral (Spiral Column)

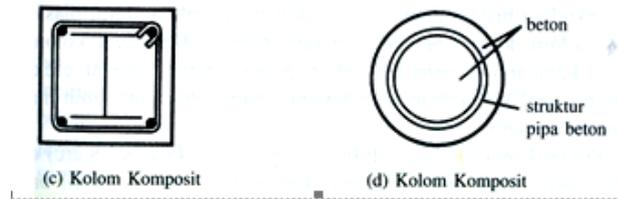
Bentuknya sama dengan yang pertama hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom. Fungsi dari tulangan spiral adalah memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah terjadinya kehancuran seluruh struktur sebelum proses redistribusi momen dan tegangan terwujud. Dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kolom Pengikat Spiral

c. Kolom Komposit (Composite Column)

Merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang. Dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kolom Komposit

## 2.3 Pembebanan

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan harus memenuhi peraturan – peraturan yang berlaku untuk mendapatkan suatu struktur bangunan yang aman secara konstruksi. Pembebanan pada perencanaan struktur bangunan gedung diatur oleh SNI 1727:2013 tentang “Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain”. Sedangkan untuk beban gempa diatur oleh SNI 1726:2012. Macam – macam pembebanan untuk gedung antara lain :

### 2.3.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan struktur bangunan gedung yang terpasang, termasuk lantai, dinding, atap, plafon, tangga, lift, dinding partisi tetap, kolam renang, finishing dan komponen arsitektural dan struktural lainnya peralatan layan yang terpasang lainnya. Berat beban mati terdiri dari :

#### 1. Berat Bahan dan Konstruksi

Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang.

#### 2. Berat Peralatan Layan Tetap

Dalam menentukan beban mati rencana, harus diperhitungkan berat peralatan layan yang digunakan dalam bangunan gedung seperti *plumbing*, mekanikal elektrik, alat pemanas, ventilasi, dan system pengondisian udara.

### **2.3.2 Beban Hidup**

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir dan beban mati. Adapun beban hidup atap yaitu beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir dan beban mati.

Berikut adalah tabel beban hidup yang diatur dalam SNI 1727:2013, antara lain :

Tabel 2.1 Beban hidup terdistribusi merata minimum,  
Lo dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses Ruang kantor Ruang komputer	50 (2,4) 100 (4,79)	2 000 (8,9) 2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) <sup>a</sup>	
Ruang pertemuan Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi Kursi dapat dipindahkan Panggung pertemuan Lantai podium	100 (4,79) <sup>a</sup> 100 (4,79) <sup>a</sup> 100 (4,79) <sup>a</sup> 100 (4,79) <sup>a</sup> 150 (7,18) <sup>a</sup>	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m <sup>2</sup> )	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in.x 2 in. [50 mmx50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan ( pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/Parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) <sup>a,b,c</sup> <sub>c</sub>	

Tabel 2.1 Lanjutan

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat lb (kN)
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) <sup>de</sup> tidak boleh direduksi	<sup>e,f,g</sup>
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1 000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) <sup>a, h</sup>	1 000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) <sup>a</sup>	2 000 (8,90)
Berat	250 (11,97) <sup>a</sup>	3 000 (13,40)
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2 000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2 000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2 000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59) <sup>a</sup>	
Bangsal dansa dan Ruang dansa	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Gimnasium	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) <sup>a,k</sup>	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) <sup>a,k</sup>	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) <sup>l</sup>	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96) <sup>m</sup>	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publik <sup>a</sup> dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	

Tabel 2.1 Lanjutan

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat lb (kN)
Atap Atap datar, berbubung, dan lengkung Atap digunakan untuk taman atap Atap yang digunakan untuk tujuan lain	20 (0,96) <sup>n</sup> 100 (4,79) Sama seperti hunian dilayani <sup>a</sup>	i
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya Awning dan kanopi Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi  5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan	20 (0,96)	2 000 (8,9)  300 (1,33)  300 (1,33)
Sekolah Ruang kelas Koridor di atas lantai pertama Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1 000 (4,5) 1 000 (4,5) 1 000 (4,5)
Bak-bak/ <i>scuttles</i> , rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97) <sup>a,p</sup>	8 000 (35,6) <sup>q</sup>
Tangga dan jalan keluar Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	300 <sup>r</sup> 300 <sup>r</sup>
Gudang diatas langit-langit  Gudang penyimpan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat) Ringan Berat	20 (0,96)  125 (6,00) <sup>a</sup> 250 (11,97) <sup>a</sup>	

Tabel 2.1 Lanjutan

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat lb (kN)
Toko		
Eceran		1 000 (4,45)
Lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,45)
Lantai di atasnya	75 (3,59)	1 000
Grosir, di semua lantai	125 (6,00) <sup>a</sup>	(4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79) <sup>a</sup>	

Sumber : SNI 1727:2013 tentang “Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain”

### 2.3.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang ditimbulkan akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa, perlu diketahui percepatan yang terjadi pada batuan dasar. Beban gempa pada gedung di Indonesia diatur sepenuhnya pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1726-2012.

### 2.3.4 Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja horizontal atau tegak lurus terhadap tinggi bangunan.

### 2.3.5 Beban Hujan

Beban hujan adalah beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh hujan.

## 2.4 Analisis Dinamik Respon Spektrum

### 2.4.1 Parameter Percepatan Gempa

Parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing – masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik.

Berdasarkan sifat – sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 2.2 Klasifikasi Situs

SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40 \%</math>,</li> <li>3. Kuat geser niralir <math>s_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math> m)</li> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan Indeks Plasitisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> </ul> Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa		

Sumber : SNI 1726:2012

#### 2.4.2 Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget ( $MCE_R$ )

Untuk penentuan respon spektral 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 getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor terkait percepatan yang mewakili getaran pada 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 :

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

Keterangan :

$S_s$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode pendek.

$S_1$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Dengan koefisien  $F_a$  dan  $F_v$  di dapat dari tabel berikut .:

Tabel 2.3 Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral 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 <sup>b</sup>				

Sumber : SNI 1726:2012

Tabel 2.4 Koefisien Situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
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	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

Sumber : SNI 1726:2012

### 2.4.3 Parameter Percepatan Spektral Desain

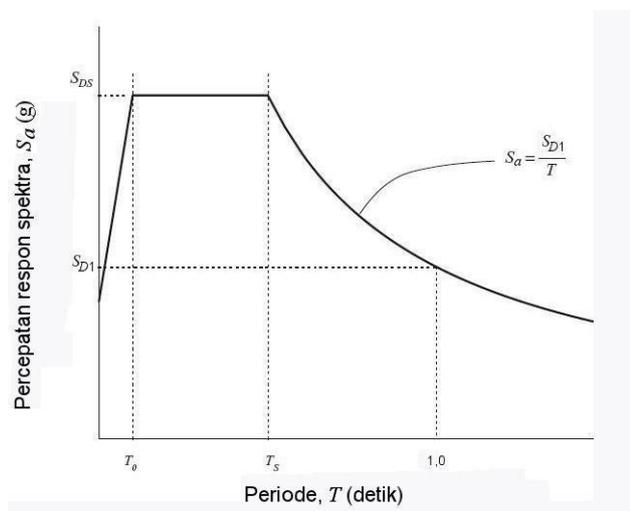
Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek,  $S_{DS}$  dan perioda 1 detik  $S_{D1}$  harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

### 2.4.4 Respons Spektrum Desain

Kurva respons spektrum desain harus mengacu pada gambar berikut dan mengikuti ketentuan di bawah ini :



Gambar 2.4 Respons Spektrum Desain

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

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

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 :

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

Keterangan :

$S_{DS}$  = parameter respons spectral percepatan desain pada perioda pendek.

$S_{D1}$  = parameter respons spectral percepatan desain pada perioda 1 detik.

$T$  = peroda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

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

#### 2.4.5 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan gedung sesuai Tabel 2.5 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut Tabel 2.6.

Tabel 2.5 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<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, 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 non gedung, tidak termasuk kedalam 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 di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	<p>III</p>
---	------------

Sumber : SNI 1726:2012

Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726:2012

#### 2.4.6 Kategori Desain Seismik

Semua struktur harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risiko dan parameter respons spectral percepatan desainnya,  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ .

Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek,  $S_{DS}$

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

Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik,  $S_{D1}$

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	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 : SNI 1726:2012

### 2.4.7 Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.2, pemilihan system struktur untuk berbagai tingkat kegempaan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.9 Pemilihan Sistem Struktur Berdasarkan Tingkat Risiko Gempa

	Tingkat Risiko Kegempaan		
	Rendah	Sedang	Tinggi
	A,B	C	D,E,F
Sistem Penahan Gempa	SRMPB/M/K	SRPMM/K	SRPMK

Sumber : SNI 1726:2012

Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam tabel. Faktor modifikasi respons yang sesuai,  $R$ , faktor kuat lebih sistem,  $\Omega_0$ , dan faktor pembesaran defleksi,  $C_d$ , sebagaimana ditunjukkan dalam tabel harus digunakan pada penentuan gaya geser dasar, gaya geser elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain.

Tabel 2.10 Faktor R,  $\Omega_0$ , Cd Untuk Sistem Penahan Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\phi \Omega_0^g$	Faktor pembebanan defleksi, $i, C^{b,d}$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggistruktur, $h$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
<b>C.Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 <sup>h,i</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

Sumber : SNI 1726:2012

## 2.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan persyaratan kekuatan SNI 2847 – 2013 pasal 9. Kekuatan perlu U harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor, antara lain :

$$U = 1,4D$$

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

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

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$$

$$U = 0,9D + 1,0W$$

$$U = 0,9D + 1,0E$$

Keterangan :

D = Beban mati

L = Beban hidup

R = Beban air hujan

Lr = Beban hidup atap

W = Beban angin

E = Beban gempa

## 2.6 Simpangan

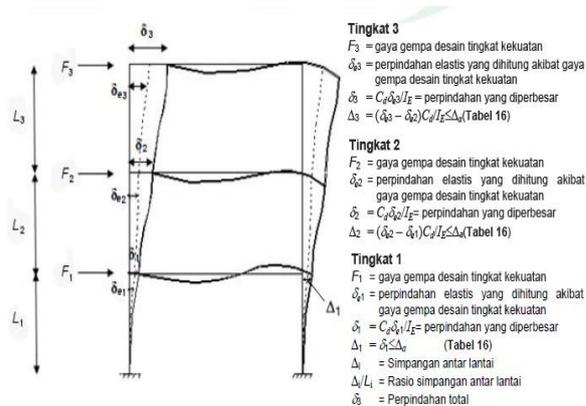
Dalam proses perencanaan struktur, maka simpangan lateral antar tingkat (*story drift*) harus selalu diperiksa untuk menjamin stabilitas struktur, mencegah kerusakan elemen-elemen struktur, serta untuk menjamin kenyamanan pengguna bangunan. Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan tingkat terbawah yang ditinjau.

Defleksi simpangan elastis harus dihitung sesuai persamaan berikut:

$$\delta = \frac{\delta e \cdot Cd}{Ie}$$

Keterangan :

- $Cd$  = Faktor pembesaran defleksi
- $\delta$  = Perpindahan yang diperbesar karena defleksi yang diakibatkan oleh gaya gempa lateral
- $Ie$  = Faktor keutamaan gempa
- $\delta e$  = Simpangan elastis



Gambar 2.5 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ) untuk semua tingkat.

Tabel 2.11 Simpangan Antar Lantai Ijin,  $\Delta a$

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 untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,020 $h_{sx}$	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  $x$ . Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen pada struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F, simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi  $\Delta a/\rho$  untuk semua tingkat.

## 2.7 Eksentrisitas

Berdasarkan SNI Gempa 1726:2012 pasal 5.4.3 dijelaskan bahwa antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana ( $e_d$ ). Apabila ukuran horizontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa dinyatakan 'b', maka untuk mengetahui eksentrisitas rencana ( $e_d$ ), ditentukan dengan persyaratan sebagai berikut :

$$e_d = 1,5e + 0,05 \text{ atau } e_d = e - 0,05b$$

dimana :

$e_d$  = eksentrisitas rencana, m

$e$  = eksentrisitas yang diperoleh dari hasil analisis program komputer, m

$b$  = lebar gedung pada arah tegak lurus arah gempa, m

## 2.8 Penulangan Kolom

Persyaratan penulangan diatur dalam SNI 2847:2013. Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan :

1. Luas tulangan longitudinal,  **$A_{st}$** , untuk komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari  **$0,01A_g$**  atau lebih dari  **$0,08A_g$**  ... (10.9.1)
2. Jumlah minimum batang tulangan longitudinal pada komponen struktur tekan adalah 4 untuk batang tulangan di dalam sengkang pengikat segi empat atau lingkaran, 3 untuk batang tulangan di dalam sengkang pengikat segitiga, dan 6 untuk batang tulangan yang dilingkupi oleh spiral yang memenuhi 10.9.3.....(10.9.2)
3. Semua batang tulangan non-prategang harus dilingkupi oleh pengikat transversal paling sedikit ukuran  $D_s$  10 untuk batang tulangan longitudinal D-32 atau lebih kecil, dan paling sedikit ukuran  $D_s$  13 D-36, D-43, D-57, dan tulangan longitudinal yang dibundel. Kawat ulir atau tulangan kawat las dengan luas penampang ekuivalen diizinkan.....(7.10.5.1)
4. Spasi tulangan geser yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur tidak boleh melebihi  **$d/2$**  pada komponen struktur non-prategang dan  **$0,75h$**  pada komponen struktur prategang, ataupun 600mm.....(11.4.5.1)
5. Bila  $V_s$  melebihi  $0,33 \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$  maka spasi maksimum yang diberikan dalam 11.5.4.1 harus dikurangi dengan setengahnya.....(11.4.5.3)
6.  $A_{vmin}$  untuk komponen struktur prategang dan non-prategang harus dihitung dengan :

$$A_{vmin} = 0,062\sqrt{f_c} \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} \dots\dots\dots(11-13)$$

Tapi tidak boleh kurang dari  **$(0,35 \cdot b_w \cdot s)/f_{yt}$**