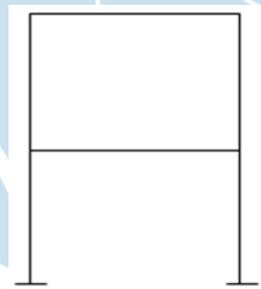


## BAB III

### LANDASAN TEORI

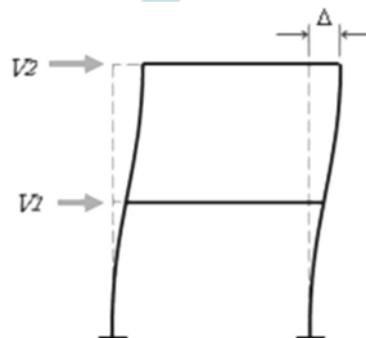
#### 3.1. Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen merupakan rangka momen dimana komponen struktur seperti balok, pelat, kolom dan joint menahan gaya melalui lentur, geser, dan gaya aksial (SNI 2847 2019).



Gambar 3.1 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem Rangka Pemikul Momen sangat baik dalam menahan momen yang terjadi pada struktur. Pada sistem ini, hanya elemen kolom dan balok yang mampu mendisipasi energi saat terjadinya gempa atau gaya lateral. Untuk mendisipasi energi, ada seni-sendi plastis sebagai tempat untuk menyerap energi yang diterima gedung.



Gambar 3.2 Mekanisme Sistem Rangka Pemikul Momen

### **3.2. Sistem Rangka Bresing**

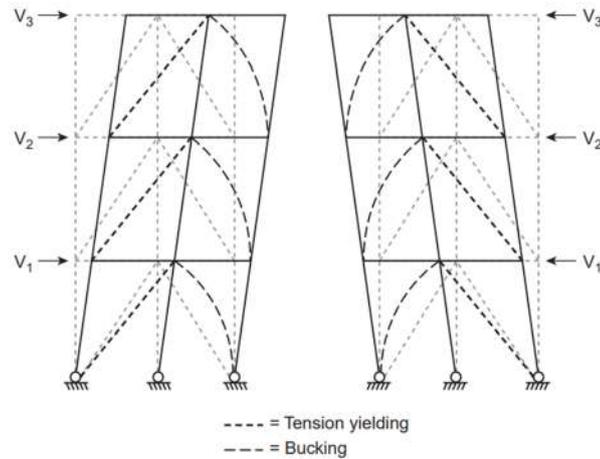
Menurut SNI 1729 2019 sistem rangka bresing merupakan suatu rangka batang vertikal, yang terdapat pada sistem rangka bangunan untuk menahan gaya lateral gempa.

#### **3.2.1. Sistem Rangka Bresing Konsentrik**

Menurut SNI 1726 2019 rangka bresing konsentrik merupakan rangka bresing yang elemen-elemen strukturnya difungsikan utamanya untuk menahan gaya-gaya aksial. Terdapat 2 kategori rangka bresing konsentrik yaitu rangka bresing konsentrik biasa dan rangka bresing konsentrik khusus.

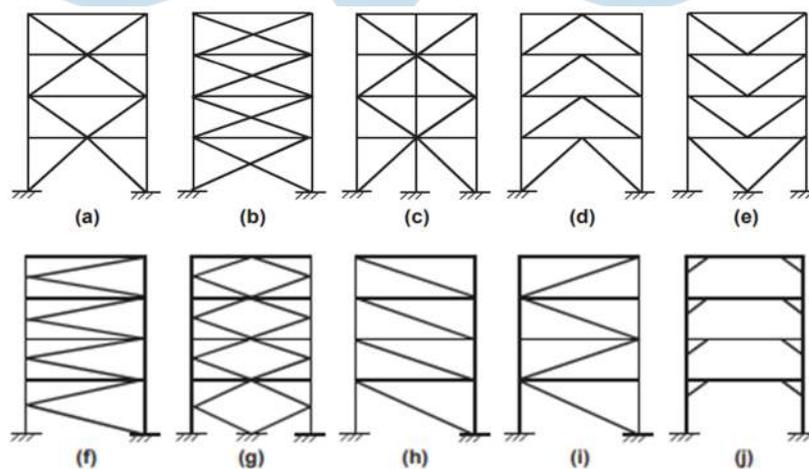
Pada sistem ini kekakuan yang terjadi akibat adanya pengaku atau bresing yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang diterima struktur. Bresing berfungsi sebagai penyerap energi yang diterima struktur melalui pelelehan yang dirancang terjadi pada pelat buhulnya, sehingga struktur memiliki kekuatan dan kekakuan yang sesuai untuk menahan deformasi yang terjadi.

Mekanisme pada sistem ini dapat dilihat pada Gambar 3.3. Pada saat struktur menerima gaya lateral pada arah tertentu, ada bresing yang mengalami tarik dan tekan. Bresing yang mengalami tarik akan mengalami pelelehan pada pelat buhulnya dan bresing tekannya akan mengalami tekuk. Begitu juga sebaliknya jika terjadi beban lateral berkebalikan maka bresing tariknya akan menjadi bresing tekan dan bresing tekan akan menjadi bresing tarik.



Gambar 3.3 Mekanisme Sistem Rangka Bresing Konsentrik

Pada Gambar 3.4 merupakan macam-macam sistem rangka bresing konsentrik. Dari (a) sampai (c) merupakan bresing x, (d) merupakan bresing *Inverted V*, (e) merupakan bresing V, (f) merupakan bresing K, (g) merupakan bresing double K, (h) sampai (i) merupakan bresing diagonal, dan (j) merupakan bresing sudut. Sistem bresing dari (a) sampai (e) diijinkan untuk rangka bresing konsentrik khusus sedangkan dari (f) sampai (j) tidak diperbolehkan untuk sistem rangka bresing konsentrik khusus.



Gambar 3.4 Macam-macam Sistem Rangka Bresing Konsentrik

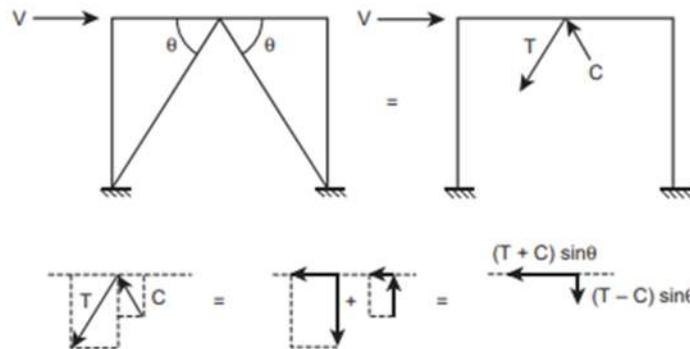
Selain itu kekurangan dari penggunaan bresing yaitu terjadinya tekuk. Tekuk pada bresing dapat menyebabkan kehilangan kekuatan tekannya yang berakibat bresing tidak dapat bekerja seperti semula. Untuk mengantisipasi terjadinya tekuk bresing, nilai kelangsingan yang dimiliki bresing harus sekecil mungkin sehingga nilai  $f_y$  tekan tercapai. Nilai kelangsingan dapat diperkecil dengan memperbesar luas penampang bresing. Menurut AISC 341-16 nilai kelangsingan bresing  $V$  dan *Inverted V* harus memenuhi syarat  $KL/r \leq 4\sqrt{E/F_y}$  dan  $KL/r \leq 200$ .

Pada Tugas Akhir ini digunakan bresing  $V$  dan *Inverted V* sebagai penahan gaya lateralnya. Menurut Bruneau (2011) penggunaan bresing ini mampu mengurangi bentang dari balok pada saat keadaan elastis, tetapi terdapat permasalahan pada saat kondisi pasca elastis. Distribusi beban yang terjadi pada pertemuan antara bresing dan balok dapat menyebabkan gaya yang tidak seimbang yang menyebabkan tarikan kebawah pada baloknya. Hal tersebut terjadi karena gaya tarik pada salah satu bresing dan gaya tekan yang lebih kecil setelah bresing mengalami tekuk. Gaya vertikal terbesar dicapai saat bresing tarik mengalami pelelehan dan bresing tekan mencapai titik terendah setelah tekuk. Oleh karena itu, perlu mempertimbangkan desain balok akibat dari gaya tarik dan tekan bresing yang tidak seimbang tersebut. Resultan gaya yang diterima balok dapat dihitung menggunakan desain kapasitas tarik dan tekan bresing yang dapat dirumuskan pada persamaan (3-1) sampai (3-3) dan dapat dilihat pada Gambar 3.5.

$$T = R_y \cdot F_y \cdot A_g \quad (3-1)$$

$$C_{min} = 0,3 \cdot F_{cr} \cdot A_g \quad (3-2)$$

$$P = (T - C)\sin\theta \quad (3-3)$$

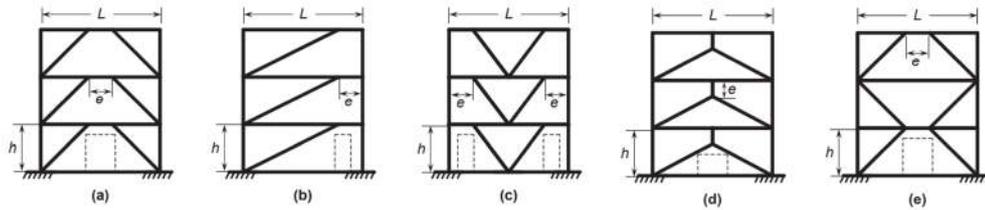


Gambar 3.5 Gaya yang Terjadi pada Balok Akibat Bresing *Inverted V*

Penggunaan bresing  $V$  dan *Inverted V* harus mempertimbangkan gaya tidak seimbang yang dapat mengakibatkan sendi plastis pada tengah balok. Supaya aman jika terjadi sendi plastis pada balok maka balok harus didesain menerus antar kolom dan dapat menahan gaya gravitasi dan gaya vertikal tidak seimbang. Menurut AISC 341-16 untuk mentransfer gaya gempa supaya diterima bresing maka perlu untuk merencanakan kekuatan diafragma dan kolektor. Kekuatan kolektor tidak perlu melebihi kombinasi beban dari peraturan yang berlaku, termasuk gempa yang terlalu kuat.

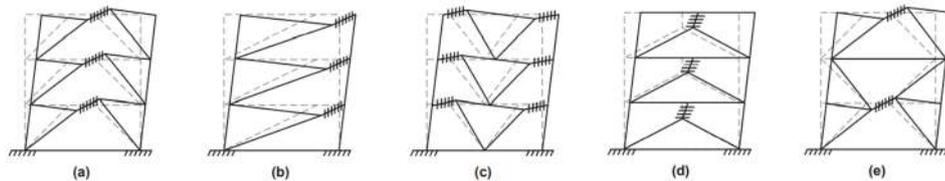
### 3.2.2. Sistem Rangka Bresing Eksentrik

Pada Sistem Rangka Bresing Eksentrik terdapat bagian balok yang disebut link, yang diharapkan hanya link yang mengalami deformasi inelastis saat terjadinya gaya lateral. Link difungsikan untuk mendisipasi energi ketika struktur menerima beban lateral melalui pelelehan yang terjadi pada link. Oleh karena itu, komponen diluar link seperti balok, kolom dan bresing tetap dalam keadaan elastik saat gempa terjadi.



Gambar 3.6 Macam-macam Sistem Rangka Bresing Eksentrik

Mekanisme leleh yang terjadi pada link berupa terjadinya sendi plastis pada kedua ujung link yang dapat dilihat pada Gambar 3.7. Energi terdisipasi akibat dari terbentuknya sendi plastis pada link.



Gambar 3.7 Mekanisme Sistem Rangka Bresing Eksentrik

### 3.3. Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 2847 2019 untuk menentukan kondisi desain yang paling kritis, berbagai kombinasi beban harus dipertimbangkan. Hal ini menjadi sangat penting karena kekuatan dapat lebih dari satu pengaruh beban, seperti kekuatan untuk kombinasi lentur dan kekuatan geser pada komponen struktur dengan beban aksial. Kombinasi pembebanan yang diatur dalam SNI 2847 2019 yaitu sebagai berikut.

1.  $1,4 DL$  (3-4)
2.  $1,2 DL + 1,6 L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$  (3-5)
3.  $1,2 DL + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W)$  (3-6)
4.  $1,2 DL + 1,0 W + 1,0 L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$  (3-7)
5.  $1,2 DL + 1,0 E + 1,0 L$  (3-8)

6.  $0,9 DL + 1,0 W$  (3-9)

7.  $0,9 DL + 1,0 E$  (3-10)

### 3.4. Perencanaan terhadap Gempa

#### 3.4.1. Kategori resiko struktur bangunan dan faktor keutamaan gempa

Menentukan kategori resiko bangunan gedung berdasarkan jenis pemanfaatan dari bangunan. Kategori resiko tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1. menentukan faktor keutamaan gempa berdasarkan kategori resiko gedung, dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Kategori Resiko Struktur

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko 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, peternakan, 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 resiko 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>- 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
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <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>	III

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko 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 resiko 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>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 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 resiko IV</p>	IV

(sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori resiko	Faktor keutamaan gempa, Ie
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

(sumber : SNI 1726:2019)

### 3.4.2. Kelas situs

Tipe kelas situs harus ditetapkan berdasarkan Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kelas Situs

Kelas Situs	$V_s$ (m/detik)	$N$ atau $N_{eh}$	$S_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	>100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
		Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, 20,</li> <li>2. Kadar air, <math>w &gt; 40\%</math></li> <li>3. Kuat geser niralir <math>S_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>	
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi 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 – Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math>m) – Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan Indeks Plastisitas <math>PI &gt; 75</math>) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>S_u &lt; 50</math> kPa</li> </ul>	

(sumber : SNI 1726:2019)

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

Koefisien situs  $F_a$  didapatkan berdasarkan parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode pendek dan koefisien situs  $F_v$  didapatkan berdasarkan pada parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$

terpetakan untuk periode 1 detik. Koefisien  $F_a$  dan  $F_v$  dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5.

Tabel 3.4 Koefisien Situs,  $F_a$

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

(sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 3.5 Koefisien Situs,  $F_v$

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

(sumber : SNI 1726:2019)

Berdasarkan SNI 1726:2019 parameter respons spektral percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, dirumuskan dengan persamaan (3-11) dan (3-12)

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3-11)$$

$$S_{M1} = F_v S_s \quad (3-12)$$

#### 3.4.4. Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek dirumuskan dengan persamaan (3-13) dan parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik dirumuskan dengan persamaan (3-14) (SNI 1729:2019).

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3-13)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3-14)$$

#### 3.4.5. Kategori desain seismik

Berdasarkan SNI 1729:2019 kategori desain seismik dapat ditentukan dengan menggunakan nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  sesuai pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7.

Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,5$	C	D
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

(sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 3.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,2$	C	D
$0,2 \leq S_{D1}$	D	D

(sumber : SNI 1726:2019)

#### 3.4.6. Periode fundamental

Periode fundamental struktur ( $T$ ) tidak boleh melebihi hasil dari perkalian koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dengan periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ).

Tabel 3.8 Koefisien untuk Batas atas Pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(sumber : SNI 1726:2019)

Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, harus ditentukan dengan persamaan (3-12).

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3-12)$$

Tabel 3.9 Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$ 

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

(sumber : SNI 1729:2019)

### 3.4.7. Faktor respon gempa

Berdasarkan SNI 1729:2019, nilai  $C_s$  dapat dirumuskan dengan persamaan (3-15) dan (3-16).

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-15)$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-16)$$

Nilai  $C_s$  tidak boleh kurang dari persamaan (3-17) dan persamaan (3-18).

$$C_s = 0,044S_{DS}I_e \geq 0,01 \quad (3-17)$$

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-18)$$

### 3.4.8. Gaya geser dasar seismik

Gaya dasar seismik ( $V$ ) dalam arah yang ditentukan dapat dirumuskan dengan persamaan (3-19).

$$V = C_s W \quad (3-19)$$

### 3.5. Level Kinerja Struktur

Level kinerja struktur merupakan tingkatan suatu kerusakan maksimum yang diijinkan saat tercapainya gempa dalam intensitas tertentu. Penetapan level kinerja berdasarkan tingkat keselamatan atau faktor keutamaan struktur dengan mempertimbangkan biaya perbaikan dan kerusakan yang terjadi pada struktur. Dasar perencanaan yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk menetapkan level kinerja struktur adalah didasarkan pada FEMA 356. Berdasarkan pada FEMA 356 terdapat 4 macam kriteria level kinerja struktur yaitu :

#### 1. *Operational (O)*

Suatu keadaan dimana setelah gempa terjadi, struktur tidak mengalami perpindahan tetap dan struktur masih mempertahankan kekuatan dan kekakuan aslinya. Hanya elemen non-struktural seperti plafon, partisi yang mengalami kerusakan ringan.

#### 2. *Immediate Occupancy (IO)*

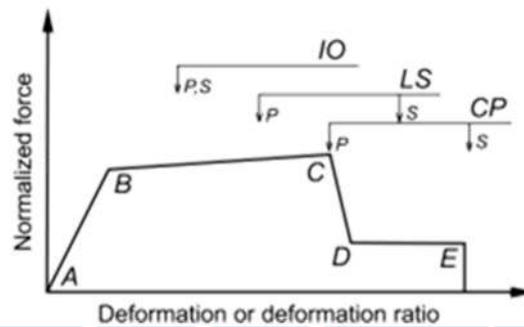
Setelah gempa terjadi, kerusakan pada struktur sangat sedikit terjadi, resiko korban jiwa sangat kecil dan hanya butuh perbaikan kecil pada struktur. Sistem penahan gaya lateral dan vertikal masih mempertahankan kekuatan dan kekakuan struktur seperti sebelum terjadi gempa.

#### 3. *Life Safety (LS)*

Kondisi dimana setelah gempa terjadi struktur mengalami kerusakan yang signifikan, struktur mengalami perpindahan permanen dan struktur masih stabil. Resiko korban jiwa akibat keruntuhan struktur diperkirakan masih rendah.

4. Collapse Prevention (CP)

Struktur sudah berada diambang keruntuhan atau sudah runtuh saat gempa terjadi. Terjadi deformasi permanen yang besar, ada resiko timbulnya korban jiwa akibat keruntuhan struktur, dan struktur tidak aman untuk digunakan kembali.



Gambar 3.8 Level Kinerja Bangunan  
Menentukan level kinerja berdasarkan pada Tabel 3.10 dengan batas

simpangan dari masing-masing level kinerja pada Tabel 3.11.

Tabel 3.10 Target Level Kinerja Bangunan

		Target Level Kinerja Bangunan			
		O	IO	LS	CP
		Level (1-A)	Level (1-B)	Level (3-C)	Level (5-D)
Kala Ulang	72 tahun (50%/50 tahun)	a	b	c	d
	225 tahun (20%/50 tahun)	e	f	g	h
	474 tahun (10%/50 tahun)	i	j	k	l
	2475 tahun (2%/50 tahun)	m	n	o	p

(sumber : FEMA 356)

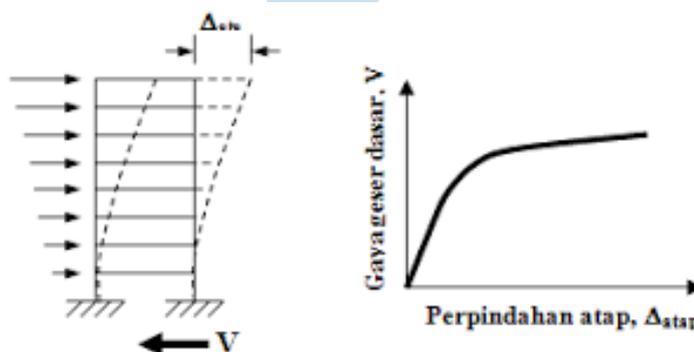
Tabel 3.11 Batas Simpangan Level Kinerja Bangunan

Level Kinerja Struktur	Drift (%)
<i>Operational</i>	0 – 0,5
<i>Immediate Occupancy</i>	0,5 – 1
<i>Live Safety</i>	1 – 2
<i>Collapse Prevention</i>	2 – 4

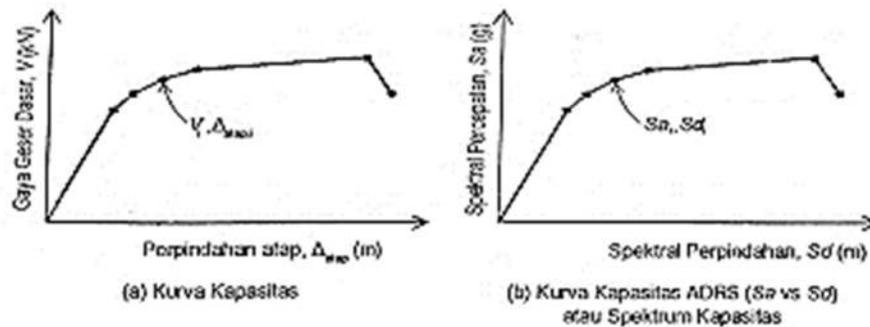
(sumber : FEMA 356)

### 3.6. Kurva Kapasitas

Kurva kapasitas merupakan kurva hubungan antara perpindahan (*displacement*) yang dialami struktur dengan gaya geser dasar (*base shear*). Kurva kapasitas dapat dilihat pada Gambar 3.1 Untuk mendapatkan nilai *performance point*, kurva kapasitas harus diubah menjadi format yang sama dengan spektrum demand yaitu spektrum kapasitas. Format ini dinamakan *Acceleration Displacement Response Spectra (ADRS)* sehingga *displacement* ( $\Delta_{atap}$ ) dan *base shear* ( $V$ ) menjadi format spektral perpindahan ( $S_d$ ) dan spektral percepatan ( $S_a$ ). Perubahan dari kurva kapasitas menjadi spektrum kapasitas dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.9 Kurva Kapasitas



Gambar 3.10 Kurva Kapasitas yang Ditampilkan dalam Format Tradisional dan ADRS

Berdasarkan ATC 40, untuk mengubah kurva kapasitas menjadi spektrum kapasitas dapat digunakan persamaan (3-20) sampai (3-23).

$$S_a = \frac{V/W}{\alpha_1} \quad (3-20)$$

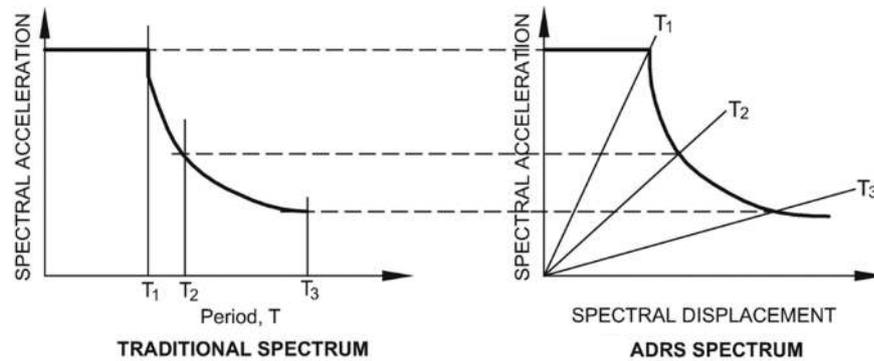
$$S_d = \frac{\Delta_{atap}}{PF_1 \phi_{atap,1}} \quad (3-21)$$

$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \phi_{i,1})/g}{\sum_{i=1}^n (w_i \phi_{i,1}^2)/g} \quad (3-22)$$

$$\alpha_1 = \frac{[\sum_{i=1}^n (w_i \phi_{i,1})/g]^2}{[\sum_{i=1}^n w_i/g][\sum_{i=1}^n (w_i \phi_{i,1}^2)/g]} \quad (3-23)$$

### 3.7. Spektrum Demand

*Spektrum demand* merupakan hasil konversi dari respon spektrum. Sama seperti pada kurva kapasitas, respon spektrum diubah juga menjadi format ADRS, spektral percepatan ( $S_a$ ) dan periode ( $T$ ) diubah menjadi spektral percepatan ( $S_a$ ) dan periode struktur menjadi garis radial dari titik nol. Gambaran lebih jelasnya terdapat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.11 Respon Spektrum yang Ditampilkan dalam Format Tradisional dan ADRS

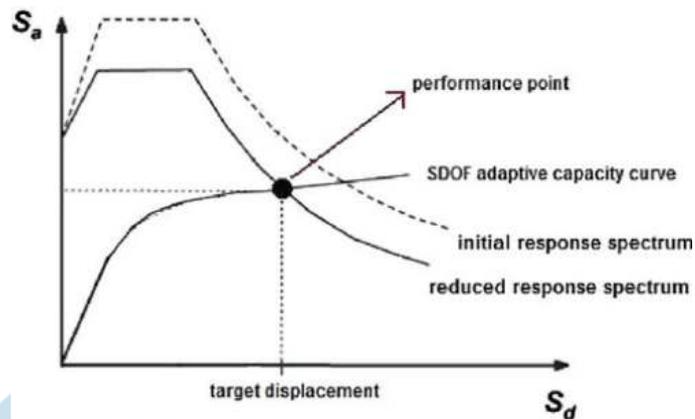
Berdasarkan dari ATC-40, untuk mengkonversi menjadi *spektrum demand* dapat digunakan persamaan (3-24) dan (3-25).

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{S_d}{S_a}} \quad (3-24)$$

$$S_d = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 S_a \quad (3-25)$$

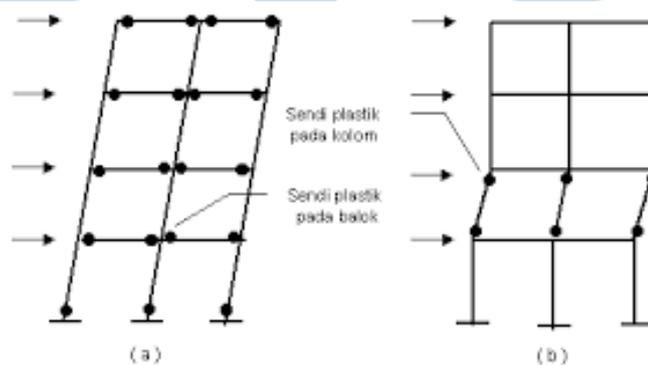
### 3.8. Performance Point

*Performance point* merupakan titik perpotongan antara kurva kapasitas dengan respon spektrum gempa yang telah diubah dengan format *Acceleration Displacement Response Spectra* (ADRS). Dari *performance point* tersebut didapatkan simpangan atap global yang selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi kinerja struktur sesuai dengan level kinerja rencananya. Gambaran tentang perpotongan kurva kapasitas dan respon spektrum terdapat pada Gambar 3.4.

Gambar 3.12 *Performance Point*

### 3.9. Sendi Plastis

Menurut Pranata (2006) pemodelan sendi digunakan untuk mendefinisikan perilaku nonlinear *force-displacement* (momen rotasi) yang dapat ditempatkan pada beberapa tempat berbeda di sepanjang bentang kolom atau balok. Sendi dimodelkan rigid dan tidak memiliki efek pada perilaku linear pada elemen. Sendi plastis dapat terjadi karena beban yang diterima oleh elemen struktur melebihi kapasitasnya. Tahapan-tahapan kerusakan yang terjadi pada struktur yang mengalami pastisitas antara lain *yield*, *crack*, *ultimit*, dan *failure*.



Gambar 3.13 Sendi Plastis pada Balok dan Kolom

Terdapat dua mekanisme kelelahan atau plastisitas pada struktur, yaitu :

1. Mekanisme kelelahan balok (*beam sideway mechanism*)

Balok-balok mengalami plastisitas atau kelelahan terlebih dahulu dibandingkan kolom karena penggunaan kolom-kolom yang kuat (*strong column weak beam*)

2. Mekanisme kelelahan kolom (*column sideway mechanism*)

Akibat penggunaan balok yang kaku dan kuat, kolom-kolom mengalami kelelahan atau terbentuknya sendi plastis (*strong beam weak column*).

