

#### IV. PERATURAN-PERATURAN PADA PERENCANAAN BANGUNAN BAJA SELANDIA BARU

##### 1. UMUM

Dalam merencanakan suatu struktur penahan gempa maka struktur dan semua elemen strukturnya harus direncanakan dan didetail secara daktail. Dalam perencanaan kapasitas agar sistem struktur yang menyerap energi gempa dapat dipenuhi maka harus memiliki daktilitas yang cukup. Daktilitas ini dapat dipenuhi apabila elemen-elemen struktur penahan gempa direncanakan dan didetail menurut peraturan-peraturan yang akan dibahas berikut ini.

Untuk menjamin agar 'Brittle Failure' (keruntuhan geser) tidak terjadi pada elemen di daerah inelastis, maka dianjurkan agar memilih profil dengan karakteristik strain hardening dan batas leleh yang baik, pemberian penyokong untuk mencegah lateral buckling, pemeriksaan perbandingan lebar terhadap ketebalan elemen untuk mencegah terjadinya local buckling yang besar dan pemakaian prosedur yang baik untuk mengurangi kerusakan fabrikasi.

## 2. DAKTILITAS

Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur atau elemen struktur untuk dapat melakukan redistribusi momen pada keadaan inelastis, serta dapat memancarkan energi pada akhir deformasi elastisnya (daerah plastis), yang menghasilkan deformasi tanpa mengurangi kekuatan (strength), sehingga akibat gempa kuat, keruntuhan struktur dapat dihindari meskipun terjadi kerusakan pada struktur dan non struktur.

Agar dapat memberikan tingkat ketahanan terhadap gempa maka struktur dan elemen struktur penahan gempa harus direncanakan sedemikian rupa sehingga memiliki tingkat daktilitas yang cukup untuk menahan beban gempa. Disamping itu perlu diketahui perbedaan antara daktilitas struktur dan daktilitas elemen, karena sifat daktail sangat penting dalam struktur yang mengalami pelelehan akibat beban gempa yang kuat sehingga memungkinkan struktur untuk terhindar dari keruntuhan.

Faktor daktilitas elemen baja bervariasi untuk tarik, tekan, bending dan geser. Faktor daktilitas yang terbesar pada kondisi tarik dan terkecil pada kondisi tekan. Untuk mencapai daktilitas yang cukup maka perlu dihindari timbulnya lokal dan atau lateral buckling.

### 3. KLASIFIKASI STRUKTUR

Semua struktur baja dapat digolongkan menjadi salah satu dari tiga kategori untuk perencanaan gempa. Ketiga kategori struktur meliputi :

#### 1. Struktur dengan Daktilitas Penuh (Kategori 1 Struktur)

Yang termasuk dalam kategori ini adalah struktur yang mampu menahan tuntutan global displacement ductility, dimana perlu untuk membentuk sendi plastis pada elemen utama penahan gempa pada daerah strain hardening. Prosedur perencanaan kapasitas harus digunakan bersamaan dengan syarat pendetailan elemen karena diperlukan untuk menahan deformasi inelastis yang besar tanpa pengurangan kekuatan atau pengurangan kapasitas pemancaran energi gempa.

#### 2. Struktur dengan Daktilitas Terbatas atau Struktur dengan Tuntutan Daktilitas Rendah (Kategori 2)



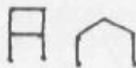
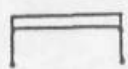

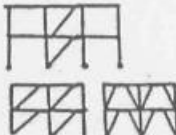
Yang termasuk dalam kategori ini adalah struktur yang mampu menahan tuntutan global displacement ductility, dimana perlu untuk membentuk sendi plastis pada elemen utama penahan gempa. Prosedur perencanaan kapasitas dapat digunakan dengan pengurangan syarat pendetailan elemen karena hanya diperlukan untuk menahan deformasi inelastis yang kecil sampai sedang tanpa pengurangan kekuatan atau kekakuan.

### 3. Elastis Struktur (Kategori 3A atau 3B)

Struktur ini diharapkan dapat memberikan respon elastis dengan tuntutan global displacement ductility yang sangat rendah atau elastis penuh akibat beban gempa yang kuat. Syarat pendetailan elastis cukup mampu untuk menahan deformasi yang terjadi.

### 4. FAKTOR TIPE STRUKTUR (S)

Untuk bangunan baja, faktor tipe struktur S dianjurkan berdasarkan tabel dibawah ini.

Tipe Struktur	Diagram	S	$\mu$
1. <u>Moment-Resisting Frame</u>			
1.1. Category 1 Frame yang direncanakan dengan Strength Design Method.		1,0	4,0
1.2. Category 2 Frame yang direncanakan dengan Strength Design Method.		2,0	2,0
1.3. Portal yang direncanakan dengan Plastic Design Method (tidak melebihi Critical Height dan harus kategori 2).		2,0	2,0
1.4. Category 1 Frame dari bangunan 1 tingkat dengan penggunaan truss sebagai mekanisme hinge forcing sendi plastis terbentuk di kolom.		0,8	4,0
1.5. Kategori 3A Frame yang direncanakan dengan Alternative Design Method.		3,7	1,25
1.6. Category 3B Frame yang direncanakan dengan Alternative Design Method.		5,0	1,0
1.7. Category 2 Vertikal Kanti-lever.		2,0	2,0
2. <u>Eccentrically Braced Frame</u>			
2.1. Kategori EBF direncanakan dan didetail sesuai dengan prosedur Perencanaan Kapasitas EBF		1,0	4,0

Tabel 4.1. Faktor Tipe Struktur (S) (Ref.2)

## 5. TUNTUTAN GLOBAL DISPLACEMENT DUCTILITY

Tuntutan Global Displacement Ductility pada ketiga kategori struktur dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Kategori	Deskripsi	Tuntutan Displacement Ductility	F.type struktur
1	Daktilitas penuh	$\mu > 2$	$S < 2$
2	Daktilitas terbatas	$2 > \mu > 1.25$	$2 < S < 4$
3A	Elastis	$\mu = 1.25$	$S = 4$
3B	Elastis Penuh	$\mu = 1$	$S = 5$

Tabel 4.2. Hubungan antara Kategori Struktur, tuntutan Daktilitas dan Faktor Tipe Struktur. (Ref.2)

## 6. KLASIFIKASI ELEMEN BATANG

Semua elemen batang yang merupakan bagian dari sistem penahan gempa dapat digolongkan menjadi salah satu dari tiga kategori untuk perencanaan gempa. Ketiga kategori tersebut meliputi :

1. Elemen dengan tuntutan daktilitas tinggi  
(Kategori 1 Members)

Elemen-elemen ini mampu menahan tuntutan displacement ductility yang tinggi sesuai dengan yang diperlukan elemen utama penahan gempa kategori 1 struk-

tur.

2. Elemen dengan tuntutan daktilitas rendah  
(Kategori 2 Members)

Elemen-elemen ini mampu menahan tuntutan displacement ductility yang rendah sesuai dengan yang diperlukan. Elemen utama penahan gempa pada kategori 2 struktur atau elemen sekunder penahan gempa pada kategori 1 struktur.

3. Elemen dengan tuntutan daktilitas yang sangat kecil atau tanpa daktilitas (Kategori 3A atau 3B Members)

Elemen-elemen ini mampu menahan tuntutan displacement ductility yang sangat kecil atau tanpa daktilitas. Semua kategori 3A Members mampu mengalami pelelehan pertama tanpa kehilangan kapasitas memikul beban.

## 7. HUBUNGAN ANTARA KATEGORI STRUKTUR DAN KATEGORI ELEMEN

Semua sistim penahan gempa 'kategori 1 struktur' memerlukan prosedur perencanaan kapasitas yang dilakukan sebagai bagian dari "Strength Design Methode". Elemen utama penahan gempa berupa 'kategori 1 member' dan elemen sekunder penahan gempa berupa kategori 1 atau 2 member. Elemen utama penahan gempa 'kategori 2 struktur' memerlukan prosedur perencanaan kapasitas pada kategori 1 atau 2

member dan elemen sekunder penahan gempa berupa kategori 1,2 atau 3A members. Semua elemen penahan gempa 'kategori 2 struktur' tidak memerlukan prosedur perencanaan kapasitas pada kategori 1 atau 2 member.

Kategori Daktilitas Struktur	Dilakukan perencanaan kapasitas	Tipe Sistem Elemen Penahan Gempa	Kategori Minimum Daktilitas Elemen
1	Ya	Primer	1
		Sekunder	2
2	Ya	Primer	2
		Sekunder	3A
2	Tidak	Semua	2
3A	Tidak	Semua	3A
3B	Tidak	Semua	3B

Tabel 4.3. Hubungan Antara Kategori Struktur & Kategori Member. (Ref.2)

## B. FAKTOR OVERSTRENGTH

Faktor Overstrength ialah suatu faktor yang memperhitungkan kenaikan kekuatan penampang yang disebabkan oleh tegangan leleh yang lebih tinggi, strain hardening

dan dimensi penampang yang berlebihan. Faktor overstrength untuk bermacam-macam gaya dapat dilihat pada tabel berikut.

	Category 1 Members		Category 2 Members	
	G250	G350	G250	G350
Strain Hardening	1.10	1.25	1.00	1.10
Material Variation	1.35	1.35	1.35	1.35
Overstrength	1.50	1.70	1.35	1.50

Tabel 4.4. Faktor Overstrength Pada Material Baja (Ref.2)

#### 9. PERSYARATAN MATERIAL

Faktor tipe material  $M = 0.8$  digunakan untuk perencanaan beban gempa. Tegangan leleh maksimum yang digunakan pada kategori 1 tidak melampaui 360 MPa sedangkan untuk kategori 2 tidak melampaui 450 MPa.

#### 10. REDISTRIBUSI

Redistribusi momen yang diperoleh dari analisa elastis dapat dilakukan sesuai dengan persyaratan berikut:


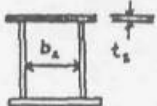

1. Keseimbangan antara gaya-gaya dalam dan gaya-gaya luar harus dipenuhi untuk setiap kondisi pembebanan.

2. Reduksi bending momen tidak melampaui ketentuan berikut :

- Struktur dengan daktilitas penuh 30%
- Struktur dengan daktilitas terbatas 15%
- Struktur elastis 0%

### 11. PERSYARATAN GEOMETRI PENAMPANG UNTUK BALOK

Kategori 1,2 dan 3 members yang memikul beban gempa harus memenuhi syarat geometri penampang yang berfungsi untuk mencegah local instability dari sayap dan badan profil, seperti pada tabel dibawah ini.

	Kategori 1 Member	Kategori 2 Member	Kategori 3A Member	Kategori 3B Member		
Sayap-sayap dan Plat-plat tekan dengan satu tepi tanpa pengaku (misal sayap profil WF)	$b_1\sqrt{F_y}$ ----- $t_w$	$\leq 120$	$\leq 136$	$\leq 156$	$\leq 256$	
Sayap-sayap penampang kotak (dilas) dalam keadaan tekan	$b_2\sqrt{F_y}$ ----- $t_w$	$\leq 500$	$\leq 512$	$\leq 560$	$\leq 560$	
Sayap-sayap penampang persegi berongga dalam keadaan tekan	$b_2\sqrt{F_y}$ ----- $t_w$	$\leq 350$	$\leq 420$	$\leq 635$	$\leq 635$	
Badan-badan dengan kondisi tekan akibat momen	$d_1\sqrt{F_y}$ ----- $t_w$	$\leq 1000$	$\leq 1120$	$\leq 1340$	$\leq 1340$	
Badan-badan akibat aksial tekan uniform		$\leq 500$	$\leq 512$	$\leq 560$	$\leq 560$	

Tabel 4.5. Syarat Geometri Penampang Balok Untuk Kategori 1, 2 dan 3 Member (Ref.2)

Apabila perbandingan kelangsingan badan-badan profil dari kategori 1 dan 2 melampaui  $512/\sqrt{F_y}$ , beban aksial pada batang harus memenuhi persamaan berikut :

$$512 < \frac{d1\sqrt{F_y}}{tb} \leq 688 \text{ maka } \frac{P_u}{P_y} \leq 3.12 - \frac{d1\sqrt{F_y}}{241 tb}$$

$$688 < \frac{d1\sqrt{F_y}}{tb} \leq 1120 \text{ maka } \frac{P_u}{P_y} \leq 0.70 - \frac{d1\sqrt{F_y}}{1600 tb}$$

dimana :

- b1 : Lebar sayap dari ujung sayap sampai tepi badan profil.
- b2 : Jarak antara dua bidang yang berdekatan pada penampang persegi.
- d1 : Tinggi bersih penampang.
- F<sub>y</sub> : Tegangan leleh baja dalam MPa
- t<sub>s</sub> : Tebal sayap.
- t<sub>b</sub> : Tebal badan.

## 12. PERENCANAAN KOLOM

Prinsip perencanaan "Strong Column-Weak Beam" mengutamakan terjadinya sendi plastis pada balok dengan menerapkan prosedur perencanaan kapasitas, karena dapat menjamin tidak terjadinya mekanisme keruntuhan akibat terjadinya sendi plastis pada kolom.

Untuk bangunan bertingkat rendah dengan bentang lebar dan beban gravitasi yang dominan, umumnya

diperlukan kolom dengan kapasitas lentur yang besar, perbandingan  $P_u/P_y$  yang kecil. Demikian pula pada kolom yang diperkenankan terjadi sendi plastis, harus memenuhi syarat-syarat yang tergantung pada perbandingan kelangsingan, momen curvature dan perencanaan beban aksial sebagai berikut :

Daktilitas Kolom	$\frac{P_u}{P_y}$
Daktilitas Penuh	$< 0.5$ dan $< \frac{1 + \beta - \lambda}{1 + \beta + \lambda}$
Daktilitas Terbatas	$< 0.7$ dan $< \frac{1 + \beta - \lambda}{1 + \beta - \lambda}$
Elastis	1

dimana :

$$\lambda = \frac{L}{\pi r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$r$  : Jari-jari inersia terhadap sumbu yang sesuai dengan momen yang bekerja

$L$  : Panjang kolom sebenarnya

$F_y$  : Tegangan leleh baja

$E$  : Modulus elastisitas baja

- $\beta$  : Perbandingan momen-momen ujung kolom  
 :  $M1/M2$  ,  $M2 > M1$   
 $\beta$  bertanda (-), jika single curvature  
 $\beta$  bertanda (+), jika double curvature

Pada kolom tidak diperkenankan terjadi rotasi, keruntuhan akibat lateral torsional buckling (KIP), lokal buckling karena dapat mengurangi kekuatan dan kapasitas penyerapan energi gempa. Kekuatan dan kapasitas rotasi sendi plastis pada kolom sangat tergantung pada kemampuan sayap dan badan profil untuk mencapai regangan yang terjadi pada saat terjadi local buckling yang pertama. Sehingga dianjurkan pembatasan persyaratan penampang profil yang menjamin tidak terjadi perubahan tingkat daktilitas kolom akibat local buckling. Tabel dibawah ini menunjukkan syarat yang harus dipenuhi oleh profil kolom:

Daktilitas Batang	Daktilitas Penuh	Daktilitas Terbatas	Elastis
$\frac{b1}{tw}$ (WF)	$\leq \frac{120}{\sqrt{Fy}}$	$\leq \frac{136}{\sqrt{Fy}}$	$\leq \frac{256}{\sqrt{Fy}}$
$\frac{b1}{tw}$ (kotak)	$\leq \frac{500}{\sqrt{Fy}}$	$\leq \frac{512}{\sqrt{Fy}}$	$\leq \frac{560}{\sqrt{Fy}}$
$\frac{d1}{tb}$	$\leq \frac{500}{\sqrt{Fy}}$	$\leq \frac{512}{\sqrt{Fy}}$	$\leq \frac{560}{\sqrt{Fy}}$

Tabel 4.6. Syarat Geometri Penampang Kolom (Ref.2)

dimana :

b1 : Lebar sayap dari ujung sayap sampai tepi badan profil.

b2 : Jarak antara dua bidang yang berdekatan pada penampang persegi.

d1 : Tinggi bersih penampang.

Fy : Tegangan leleh baja dalam MPa.

ts : Tebal sayap.

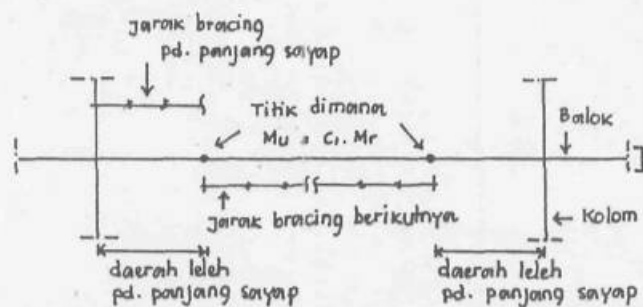
tb : Tebal badan.

### 13. LATERAL INSTABILITY (KETIDAKSTABILAN LATERAL)

Lateral instability dicegah dengan pemberian penyokong samping (lateral restrain) pada bagian kritis disepanjang batang. Persyaratan penyokong samping untuk kategori 1 atau 2 members dimana sendi plastis terjadi akibat lentur atau geser akibat beban gempa kuat, maka penyokong samping harus memenuhi syarat berikut :

	Daerah leleh dari Kategori 1 member		Daerah leleh dari Kategori 2 member	
Panjang sayap dimana $M_u > C_1 M_r$	$> \frac{480 iy}{\sqrt{F_y}}$	$\leq \frac{480 iy}{\sqrt{F_y}}$	$> \frac{640 iy}{\sqrt{F_y}}$	$\leq \frac{640 iy}{\sqrt{F_y}}$
Jarak bracing pada panjang sayap dimana $M_u > C_1 M_r$	$\leq \frac{480 iy}{\sqrt{F_y}}$	diperlu- kan satu bracing	$\leq \frac{640 iy}{\sqrt{F_y}}$	diperlu- kan satu bracing
Jarak ke bracing berikutnya yang berdekatan dengan panjang sayap, dimana $M_u > C_1 M_r$	$\leq \frac{720 iy}{\sqrt{F_y}}$	$\leq \frac{720 iy}{\sqrt{F_y}}$	$\leq \frac{960 iy}{\sqrt{F_y}}$	$\leq \frac{960 iy}{\sqrt{F_y}}$

Petunjuk :



Tabel 4.7. Jarak Penyokong Samping untuk Daerah

Plastis dari Kategori 1 dan Kategori 2

Catatan :

$$C1 = 0.85 \text{ untuk } P_u/P_y \leq 0.15$$

$$C1 = 0.75 \text{ untuk } P_u/P_y > 0.15$$

$i_y$  = Jari-jari inersia terhadap sumbu Y

$F_y$  = Tegangan leleh baja dalam MPa

$M_u$  = Momen rencana

$M_r$  =  $M_p$  atau  $M_{rs}$  yang sesuai

\* Jika  $M_u < C1 M_r$  terjadi pada seluruh batang, maka panjang sendi plastis diambil =  $2.5 h$  yang terjadi pada bagian momen maksimum.

\* Penyokong samping pada daerah elastis untuk kategori 1 dan 2 member harus memenuhi syarat untuk kategori 3 member.