

BAB IV

PERENCANAAN GEMPA BANGUNAN BAJA MENURUT PERATURAN NEW ZEALAND

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.

Untuk menjamin agar ” *Brittle Failure* ” (keruntuhan getas) tidak terjadi pada elemen didetail inelastis maka dianjurkan agar memiliki 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. KATAGORI STRUKTUR

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

2.1 Struktur dengan Daktilitas Penuh (Katagori 1 Struktur)

Yang termasuk dalam katagori ini adalah struktur yang mampu menahan tuntutan *global displacement ductility* ($\mu > 3$), dimana perlu untuk membentuk sendi plastis pada elemen utama penahan gempa pada daerah *strain hardening*.

Prosedur perencanaan kapasitas harus digunakan bersama-sama dengan syarat pendetailan elemen karena diperlukan untuk menahan deformasi inelastis yang besar tanpa pengurangan kekuatan atau pengurangan kapasitas pemancaran energi gempa.

2.2. Struktur dengan Daktilitas Terbatas atau Struktur dengan Tuntutan Daktilitas Rendah (katagori 2 Struktur)

Yang termasuk dalam katagori ini adalah struktur yang mampu menahan tuntutan global displacement ductility ($3.0 \geq \mu > 1.25$), 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.

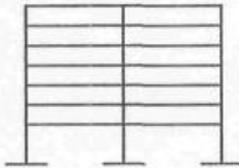
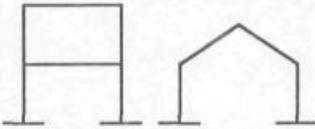
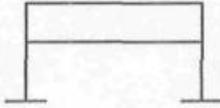
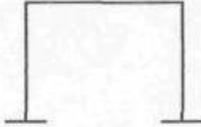
2.3 Elastis Struktur (Katagori 3A atau 3B)

Struktur ini diharapkan memberi respon elastis dengan tuntutan global displacement ductility yang sangat rendah ($\mu = 1.25$) atau elastis penuh ($\mu = 1.0$) akibat beban gempa yang kuat. Syarat pendetailan elastis cukup mampu untuk menahan deformasi yang terjadi.

3. FAKTOR TIPE STRUKTUR (S)

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

Tabel 4.1
Tipe Struktur dan Daktilitas Moment Resisting Frame

TIPE STRUKTUR MOMENT RESISTING FRAME	DIAGRAM	S	μ
Catagory 1 frame yang direncanakan dengan Strength Design Method		1.0	4.0
Catagory 2 frame yang direncanakan dengan Strength Design Method		2.0	2.0
Portal yang direncanakan dengan Plastic Design Method (tidak melebihi critical height dan harus catagory 2)		2.0	2.0
Catagory 1 frame dari bangunan 1 tingkat dengan penggunaan truss sebagai mekanisme hinge forcing sendi plastic terbentuk di kolom.		0.8	0.4
Catagory 3A frame yang direncanakan dengan Alternatif Design Method		3.7	1.25
Catagory 3B frame yang direncanakan dengan Alternatif Design Method		5.0	1.0
Catagory 2 Vertical Cantilever		2.0	2.0

4. TUNTUTAN GLOBAL DISPLACEMENT DUCTILITY

Tuntutan global displacement ductility pada ketiga katagori struktur dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2
Hubungan antara Katagori Struktur , Tuntutan Daktilitas dan Tipe Struktur

KATAGORI	DESKRIPSI	TUNTUTAN DISPLACEMENT DUCTILITY	FAKTOR TIPE 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	$\mu = 1$	$S = 5$

5. KLASIFIKASI ELEMEN BATANG

Semua elemen batang yang merupakan bagian dari sistem penahan gempa dapat digolongkan menjadi salah satu dari tiga katagori untuk perencanaan gempa.

Ketiga katagori tersebut meliputi :

01. Elemen dengan tuntutan daktilitas tinggi (Katagori 1 members)

Elemen-elemen ini mampu menahan tuntutan displacement ductility yang tinggi sesuai dengan yang diperlukan elemen utama penahan gempa katagori 1 struktur.

02. Elemen dengan tuntutan daktilitas rendah (Katagori 2 members)

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

03. Elemen dengan tuntutan daktilitas yang sangat kecil atau tanpa daktilitas (Katagori 3A atau 3B members)

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

6. HUBUNGAN ANTARA KATAGORI STRUKTUR DAN KATAGORI ELEMEN

Semua sistem penahan gempa 'katagori 1 struktur' memerlukan prosedur perencanaan kapasitas yang dilakukan sebagai bagian dari 'Strength Design Method'. Elemen utama penahan gempa berupa katagori 1 members dan elemen sekunder penahan gempa berupa katagori 1, 2 atau 3A members. Semua elemen penahan gempa 'katagori 2 struktur' tidak memerlukan prosedur perencanaan kapasitas katagori 1 atau 2 member.

Tabel 4.3
 Hubungan antara katagori struktur dan katagori member

KATAGORI DAKTILITAS STRUKTUR	DILAKUKAN PERENCANAAN KAPASITAS	TIPE SISTEM ELEMEN PENAHAN GEMPA	KATAGORI MINIMUM DAKTILITAS ELEMEN
1	Ya	Primer	1
		Sekunder	2
2	Ya	Primer	2
		Sekunder	3A
2	Tidak	Semua	2
3A	Tidak	Semua	3A
3A	Ya	Primer	3A
		Sekunder	3B
3B	Tidak	Semua	3B

7. CAPACITY DESIGN

Perencanaan *Capacity Design* untuk elemen primer penahan gempa harus didesain dengan konsep design capacity agar mampu memberikan aksi perlawanan gaya-gaya rencana, sedangkan untuk elemen sekunder didesain dengan konsep ideal capacity agar mampu memberikan perlawanan dari gaya-gaya *overstrength* dari proses *capacity design*.

Design capacity adalah merupakan nominal desain (R_n) dikalikan dengan faktor resistensi (ϕ), sedangkan ideal capacity adalah $1/0.9$ kali *design capacity*.

8. FAKTOR OVERSTRENGTH

Faktor *overstrength* adalah 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 :

Tabel 4.4
Faktor Overstrength pada material baja

	CATEGORY 1 MEMBERS	CATEGORY 2 MEMBERS		CATEGORY 3A MEMBERS		
	G.250	G250	G350	G.250	G350	G.450
Strain Hardening	1.10	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00
Material Variation	1.20	1.20	1.25	1.20	1.25	1.25
OVERSTRENGTH	1.30	1.20	1.35	1.20	1.25	1.25

9. PERSYARATAN METERIAL

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

10. REDISTRIBUSI

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

01. Keseimbangan antara gaya-gaya dalam dan gaya-gaya luar harus dipenuhi untuk setiap kondisi pembebanan.
02. Reduksi bending momen tidak melampaui ketentuan sebagai berikut :
 - ° Struktur dengan daktilitas penuh 30%
 - ° Struktur dengan daktilitas terbatas 15%
 - ° Struktur Elastis 0%

11. PERSYARATAN GEOMETRI PENAMPANG

Batang katagori 1, 2, 3A dan 3B harus memenuhi batas kelangsingan elemen. Pada skripsi ini dipakai salah satu jenis baja yang ada pada peraturan New Zealand 1992, yaitu jenis "*Stress Relieved (SR)*".

Tabel 4.5
Persyaratan geometri penampang

Plate element type	Longitudinal edges supported	Residual stresses	Category 1 or 2	Category 3A	Category 3B
Flat (Uniform Compression)	One	SR	10	11	25
		HR	9	10	25
		LW, CF	8	9	22
		HW	8	9	22
Flat (Maximum compression at Unsupported edge, zero stress or tension at supported edge)	One	SR	10	11	25
		HR	9	10	25
		LW, CF	8	9	22
		HW	8	9	22
Flat (Uniform Compression)	Both	SR	30	40	90
		HR	30	40	90
		LW, CF	30	40	90
		HW	30	35	90
Flat (Compression at one edge, tension at the other)	Both	All	82	101	161
Circular hollow sections		SR	50	65	120
		HR	50	65	120
		LW, CF	42	60	120
		HW	42	60	120
<i>Note :</i>					
SR : stress relieved					
HR : hot- rolled					
CF : cold formed					
LW : lightly welded longitudinally					
HW : heavily welded longitudinally					

12. PERENCANAAN BALOK

Prosedur perencanaan balok menggunakan konsep design capacity dengan faktor resistensi (ϕ) yang dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6
"Strength Reduction Factor"

Tipe Elemen	Strength reduction factor (ϕ)
Elemen tarik	0.90
Elemen tekan	0.90
Elemen lentur	0.90
Elemen yang mengalami aksi kombinasi	0.90

A. Perencanaan momen

Elemen portal yang menerima momen searah sumbu kuat harus memenuhi :

$$M_{fbr} \leq \phi \cdot M_{bs} \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

dimana :

M_{fbr} = momen balok pada muka kolom

M_{bs} = kapasitas momen nominal penampang

B. Perencanaan gaya geser

$$V_b \leq 0.8 \phi V_w \quad \dots\dots\dots(4.2)$$

dimana :

V_b = Gaya geser yang terjadi pada as kolom

$V_w = 0.6 F_y \cdot A_w$

13. PERENCANAAN KOLOM

Prosedur perencanaan kolom menggunakan perencanaan *ideal capacity* dengan faktor reduksi (ϕ') yang didapat dari :

$$\phi' = \phi / 0.9 \dots\dots\dots(4.3)$$

dimana : ϕ = "strength reduction factor" (Tabel 4.6)

A. Perencanaan gaya aksial

Jika rasio gaya normal rencana dengan kapasitas aksial ideal penampang lebih besar dari 0.15 (katagori elemen 1, 2, 3A) harus memenuhi :

$$N' \leq \phi' \cdot N_s \cdot \left[\frac{1 + \beta m - \sqrt{N_s / N_{ol}}}{1 + \beta m + \sqrt{N_s / N_{ol}}} \right] \dots\dots\dots(4.4)$$

dimana :

$$\beta m = 0$$

$$N_s = \text{kapasitas aksial nominal penampang } N_{ol} = \frac{\pi^2 E \cdot I}{L^2}$$

I = momen inersia searah momen rencana

L = panjang elemen

B. Persamaan interaksi balok dan kolom

Untuk momen uniaksial bekerja pada sumbu kuat :

$$M_{cuf} \leq \phi' \cdot M_{rx} \dots\dots\dots(4.5)$$

dimana :

M_{cuf} = momen rencana pada muka balok

$$\begin{aligned}
 M_{rx} &= \text{kapasitas momen penampang yang direduksi akibat gaya aksial} \\
 &= 1.18 M_{cs} (1 - N_{cu} / \phi' N_s) \leq M_{cs}
 \end{aligned}$$

Untuk momen biaksial

$$\frac{N_{cu}}{\phi' N_s} + \frac{M_{cufx}}{\phi' M_{cs}} + \frac{M_{cufy}}{\phi' M_{cs}} \leq 1 \quad \dots\dots\dots(4.6)$$

Pada skripsi ini hanya ditinjau momen terhadap sumbu x saja.

14. LATERAL INSTABILITY (KETIDAKSTABILAN LATERAL)

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

Tabel 4.7
 Penahan Lateral Balok

Syarat	Katagori			
	1	2	3A	3B
$M_{fbr} > c_1 \cdot \phi \cdot M_{bs}$	>1.5 Db	>1.5 Db	>1.0 Db	*
$M_{fbr} \leq c_1 \cdot \phi \cdot M_{bs}$	>1.0 Db	>1.0 Db	>1.0 Db	*

Keterangan :

* Lateral bracing diberikan untuk menjaga supaya kondisi

$$\phi' M_b \geq M_u$$

dimana :

M_b = Nominal member capacity

Db = Tinggi balok.

c_1 = 0.85 untuk $N/\phi' N_s \leq 0.15$

- Untuk dinding yang terpisah dari struktur :

$$\delta e = \frac{\delta_{rel} \cdot S \cdot M}{K} \leq 0,01 \cdot h_i \cdot \beta \quad \dots\dots\dots(4.7)$$

- Untuk dinding yang tidak terpisah dari struktur :

$$\delta e = \frac{\delta_{rel} \cdot S \cdot M}{K} \leq 0,006 \cdot h_i \cdot \beta \quad \dots\dots\dots(4.8)$$

dimana :

δ_{rel} = selisih simpangan lateral antar tingkat yang terjadi.

S = faktor tipe struktur.

M = faktor material.

K = 2.0 untuk analisa statis.

h_i = tinggi antar tingkat.

β = perbandingan defleksi antar tingkat akibat translasi geser dibawah beban gempa

= 0.9 (typical)