

BAB II

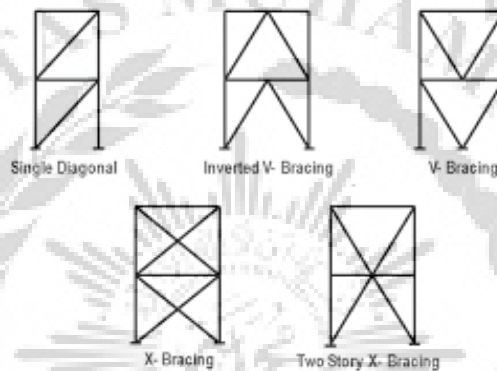
TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum

Menurut *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-1729-2002), tujuan dari perencanaan struktur adalah menghasilkan suatu struktur yang stabil, cukup kuat, mampu layan, awet, dan memenuhi tujuan-tujuan lainnya seperti ekonomi dan kemudahan pelaksanaan. Suatu struktur disebut stabil jika tidak mudah terguling, miring, atau tergeser selama umur rencana bangunan. Resiko terhadap kegagalan struktur dan hilangnya kemampulayanan selama umur rencananya juga harus diminimalisir dalam batas-batas yang masih dapat diterima. Suatu struktur yang awet semestinya tidak memerlukan biaya perawatan yang terlalu berlebihan selama umur layannya.

Baja adalah logam paduan yang tersusun dari besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1% berat sesuai *grade*-nya. Karbon memberikan pengaruh besar pada sifat baja. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*) (Beumer, 1994).

Sistem rangka *bracing* adalah struktur yang mampu menahan gaya lateral. Pada kebanyakan gedung, dinding bukanlah bagian dari elemen struktural, namun berfungsi sebagai pengaku dan penyekat atau pemisah antar ruang bangunan. Untuk menjadikan dinding tersebut sebagai dinding struktural, maka salah satunya adalah dengan memasang pengegang (*bracing*) yang dapat bertindak sebagai kolom praktis pada dinding (Key, 1988).



Gambar 2.1 Jenis-jenis Pengaku (*Bracing*)

B. Landasan Teori

1. Sifat Baja

Dalam perencanaan struktur baja, SNI 03-1729-2002 mengambil beberapa sifat-sifat mekanik dari material baja yang sama yaitu:

- Modulus Elastisitas, $E = 200000 \text{ MPa}$
- Modulus Geser, $G = 80000 \text{ MPa}$
- Angka *poisson* = 0,3
- Koefisien muai panjang, $\alpha = 12.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

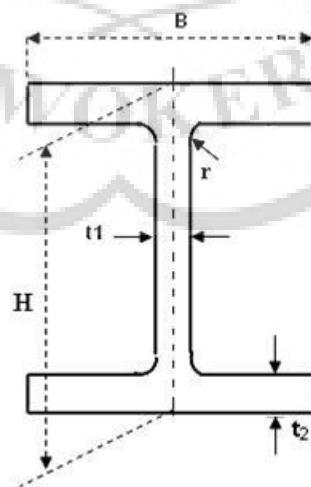
Sedangkan berdasarkan tegangan leleh dan tegangan putusnya, SNI 03-1729-2002 mengklasifikasikan mutu dari material baja menjadi 5 kelas mutu yang disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Mekanis Baja

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum f_u (MPa)	Tegangan Leleh Minimum f_y (MPa)	Regangan Minimum %
BJ34	340	210	22
BJ37	370	240	20
BJ41	410	250	18
BJ50	500	290	16
BJ55	550	410	13

2. Profil *Wide-Flange*

Profil *Wide Flange* adalah profil berpenampang H atau I yang dihasilkan dari proses canai panas (*Hot rolling mill*). Baja Profil *WF-beam* memiliki dimensi tinggi badan (H), lebar sayap (B), tebal badan (t_1), tebal sayap (t_2) merata dari ujung hingga pangkal radius (r) dengan penjelasan seperti pada gambar.

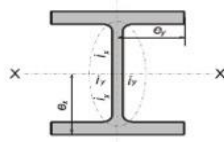


Gambar 2.2 Profil Baja *Wide-Flange*

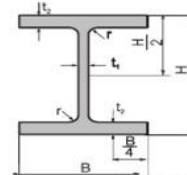
Wide Flange Shape

Product Specifications

Hot Rolled



Geometrical moment of inertia $I = Ai^2$
 Radius of gyration of area $I = \sqrt{I/A}$
 Modulus of section $z = I/e$
 (A = sectional area)



According JIS G 3192

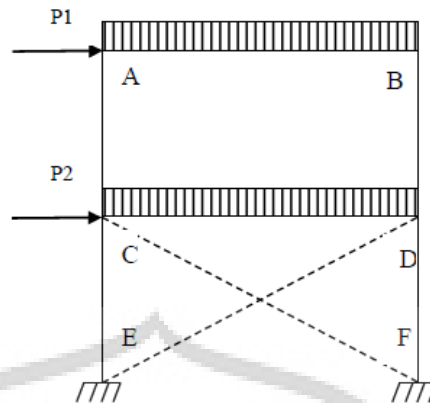
Metric Size

Nominal Dimensional mm	Standard Sectional Dimension				Section Area A cm ²	Unit Weight kg/m	Informative Reference					
	H x B mm	t mm	r mm	r mm			Geometrical Moment Of Inertia		Radius Of Gyration Of Area		Modulus Of Section	
							I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	i _x cm	i _y cm	Z _x cm ³	Z _y cm ³
100 x 100	100 x 100	6	8	10	21.90	17.20	383	134	4.18	2.47	76.50	26.7
125 x 125	125 x 125	6.5	9	10	30.31	23.80	847	293	5.29	3.11	136.00	47.00
150 x 75	150 x 75	5	7	8	17.85	14.00	666	50	6.11	1.66	8.88	13.20
150 x 100	150 x 100	6	9	11	26.84	21.10	1.020	151	6.17	2.37	138.00	30.10
150 x 150	150 x 150	7	10	11	40.14	31.50	1.840	563	6.39	3.75	219.00	75.10
175 x 175	175 x 175	7.5	11	12	51.21	40.20	2.880	984	7.50	4.38	330.00	112.00
200 x 100	198 x 99	4.5	7	11	23.18	18.20	1.580	114	8.26	2.21	160.00	23.00
200 x 150	200 x 100	5.5	8	11	27.16	21.30	1.840	134	8.24	2.22	184.00	26.80
200 x 150	194 x 150	6	9	12	38.80	30.60	2.675	507	8.30	3.60	275.80	67.60
200 x 200	200 x 200	8	12	13	63.63	49.90	4.720	1.600	8.62	5.02	472.00	160.00
250 x 125	248 x 124	5	8	12	32.88	25.70	3.540	255	10.40	2.79	285.00	41.10
250 x 125	250 x 125	6	9	12	37.86	29.60	4.050	294	10.40	2.79	324.00	47.00
250 x 250	250 x 250	9	14	16	92.18	72.40	10.800	3.660	10.80	6.29	867.00	292.00
300 x 150	298 x 149	5.5	8	13	40.80	32.00	6.320	442	12.40	3.29	424.00	59.30
300 x 150	300 x 150	6.5	9	13	46.78	36.70	7.210	508	12.40	3.29	481.00	67.70
300 x 300	300 x 300	10	15	18	119.80	94.00	20.400	6.750	13.10	7.51	1.380.00	450.00
350 x 175	348 x 174	6	9	14	52.88	41.40	11.100	792	14.50	3.88	641.00	91.00
350 x 175	350 x 175	7	11	14	63.14	49.60	13.600	984	14.70	3.95	775.00	112.00
350 x 350	350 x 350	12	19	20	173.9	137.00	40.300	13.600	15.20	8.84	2.300.00	778.00
400 x 200	398 x 199	7	11	16	72.16	56.60	20.000	1.450	16.70	4.48	1.010.00	145.00
400 x 200	400 x 200	8	13	16	84.1	66.00	23.700	1.740	16.80	4.54	1.190.00	174.00
400 x 400	400 x 400	13	21	22	218.7	172.00	66.600	22.400	17.50	10.10	3.330.00	1120.00
450 x 200	450 x 200	9	14	18	98.8	76.00	33.500	1.870	18.60	4.40	1.490.00	187.00
500 x 200	500 x 200	10	16	20	114.2	89.60	47.800	2.140	20.50	4.33	1.910.00	214.00
600 x 200	600 x 200	11	17	22	134.4	106.00	77.600	2.280	24.00	4.12	2.590.00	228.00
600 x 200	588 x 300	12	20	28	192.5	151.00	118.000	9.020	24.80	6.85	4.020.00	601.00
700 x 300	700 x 300	13	24	28	235.5	185.00	201.000	10.800	29.30	6.78	5.780.00	722.00
800 x 300	800 x 300	14	26	28	267.4	210.00	292.000	11.700	33.00	6.82	7.290.00	782.00
900 x 300	900 x 300	16	28	28	309.8	243.00	411.000	12.600	36.40	6.39	9.140.00	843.00

Gambar 2.3 Tabel Profil Baja Wide-Flange

3. Definisi Balok dan Kolom Baja

Elemen balok-kolom umumnya dijumpai pada struktur-struktur statis tak tertentu. Misalkan pada struktur portal statis tak tertentu pada gambar.



Gambar 2.4 Struktur Portal Statis Tak Tentu

Akibat kondisi pembebanan yang bekerja, maka batang AB tidak hanya memikul beban merata saja namun juga memikul beban lateral P1. Dalam hal ini efek lentur dan gaya tekan P1 yang bekerja pada batang AB harus dipertimbangkan dalam proses desain penampang batang AB, maka batang AB harus didesain sebagai suatu elemen balok-kolom. Selain, batang AB yang di *design* sebagai elemen balok-kolom, batang AC, BD, CE, DF, juga didesain sebagai elemen balok kolom. Karena selain memikul gaya aksial akibat reaksi dari balok-balok AB dan CD, efek lentur dan efek gaya aksial yang bekerja tidak bisa diabaikan salah satunya. Berbeda dengan batang CD yang hanya didominasi oleh efek lentur, gaya lateral P2 telah dipikul oleh pengaku-pengaku (*bracing*) bentuk X. Sehingga batang CD dapat di *design* sebagai suatu elemen balok tanpa pengaruh gaya aksial.

4. Panjang Tekuk dan Kelangsingan Penampang

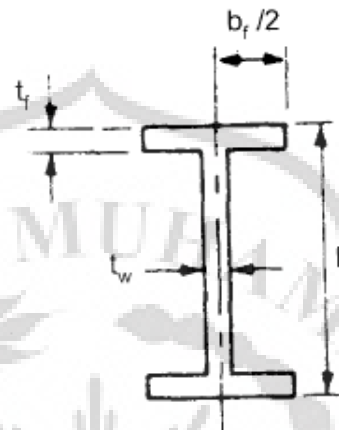
Panjang efektif suatu kolom secara sederhana dapat didefinisikan sebagai jarak di antara dua titik pada kolom tersebut yang mempunyai momen sama dengan nol, atau didefinisikan pula sebagai jarak di antara dua titik belok dari kelengkungan kolom.

Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai ℓ_e teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai ℓ_e yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Kode ujung						

Gambar 2.5 Nilai Faktor Panjang Tekuk (SNI 03-1729-2002)

Nilai k untuk komponen struktur tekan dengan dengan kondisi-kondisi tumpuan ujung yang ideal seperti dalam Gambar 2.4 tanpa *bracing* (struktur bergoyang) dapat ditentukan secara mudah dengan menggunakan ketentuan-ketentuan di atas, namun untuk suatu komponen struktur menggunakan *bracing* (struktur tak bergoyang) maka nilai $k \leq 1$

Kelangsingan pada baja profil WF dapat dilihat pada gambar 2.7



$$b_f / 2t_f \leq 250 / \sqrt{f_y}$$

$$h / t_w \leq 665 / \sqrt{f_y}$$

Gambar 2.6 Kelangsingan Penampang WF

5. Tahanan Tekan Nominal

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris, akibat beban terfaktor N_u , menurut SNI 03-1729-2002, pasal 9.1 harus memenuhi:

$$N_u \leq \phi_c \cdot N_n$$

Dengan : $\phi_c = 0,85$

$N_u =$ beban terfaktor

$N_n =$ kuat tekan nominal komponen struktur = $A_g \cdot f_{cr}$

Tegangan kritis untuk daerah elastic, dituliskan sebagai:

$$\frac{f_{cr}}{f_y} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2 \cdot f_y} = \frac{1}{\lambda_c^2}$$

Sehingga $\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} = \sqrt{\frac{f_y}{E}}$

Daya dukung nominal N_n struktur tekan dihitung sebagai berikut :

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \frac{f_y}{\omega}$$

Dengan besarnya ω ditentukan oleh λ_c , yaitu :

Untuk $\lambda_c < 0,25$ maka $\omega = 1$

Untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$ maka $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$

Untuk $\lambda_c > 1,2$ maka $\omega = 1,25\lambda_c^2$

6. Komponen Struktur Tekan Tersusun

Kelangsingan pada arah sumbu bahan (sumbu x) dihitung dengan :

$$\lambda_x = \frac{k \cdot L_x}{r_x}$$

Kelangsingan pada arah sumbu y dihitung dengan :

$$\lambda_y = \frac{k \cdot L_y}{r_y}$$

Dengan : L_x, L_y = Panjang komponen struktur tekan arah x dan arah y

k = faktor panjang tekuk

r_x, r_y = jari-jari girasi komponen struktur

7. Desain Balok Terkekang Lateral

Tahanan balok dalam desain LRFD harus memenuhi persyaratan:

$$\phi_b \cdot M_n > M_u$$

Dengan : $\phi_b = 0,90$

$$M_n = \text{tahanan momen nominal}$$

$$M_u = \text{momen lentur akibat beban terfaktor}$$

Dalam perhitungan tahanan momen nominal dibedakan antara penampang kompak, tidak kompak, dan langsing seperti halnya saat membahas batang tekan. Batasan penampang kompak, tidak kompak, dan langsing adalah:

1. Penampang kompak : $\lambda < \lambda_p$
2. Penampang tidak kompak : $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$
3. Langsing : $\lambda > \lambda_r$

Penampang Kompak

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak :

$$M_n = M_p = Z \cdot f_y$$

Dengan : $M_p = \text{tahanan momen plastis}$

$$Z = \text{modulus plastis}$$

$$f_y = \text{kuat leleh}$$

Penampang Tidak Kompak

Tahanan momen nominal pada saat $\lambda = \lambda_r$ adalah :

$$M_n = M_r = (f_y - f_r) \cdot S$$

Dengan : M_r = tahanan leleh dan

S = modulus penampang

f_r = tegangan sisa (70 Mpa untuk penampang dilas
panas 115 Mpa untuk penampang yang dilas

Bagi penampang tidak kompak yang mempunyai $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$,
maka besarnya tahanan momen nominal dicari dengan melakukan
interpolasi linear, sehingga diperoleh :

$$M_n = \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} M_p + \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} M_r$$

Dengan : λ = kelangsingan penampang balok

λ_r, λ_p = Batasan rasio kelangsingan

8. Analisa Pembebanan

Dalam hal ini, pembebanan struktur didasarkan pada Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987. Analisa pembebanan dan kombinasi pembebanan dilakukan dengan bantuan program SAP2000.

1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati ialah berat dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk dinding-dinding, pemisah-pemisah, kolom-kolom, lantai-lantai, atap-atap, penyelesaian-penyelesaian dan mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisah dari gedung.

2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk bebanbeban pada lantai yang berasal dari barangbarang 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.

3. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Dalam perencanaan gedung tahan gempa, analisa dibagi menjadi tiga metode yaitu analisa gempa dinamik, analisa beban static ekuivalen dan spektrum respons desain. Analisis yang akan digunakan pada penelitian ini ialah spektrum respons desain.

Untuk mengetahui nilai spektrum respons desain harus memenuhi ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- a) Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respon percepatan desain S_a dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots(2.13)$$

- b) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_S spektrum respon perencanaan desain S_a sama dengan S_{DS} .
- c) Untuk periode lebih besar dari T_S , spektrum respons percepatan desain S_a , diambil berdasarkan rumus berikut :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

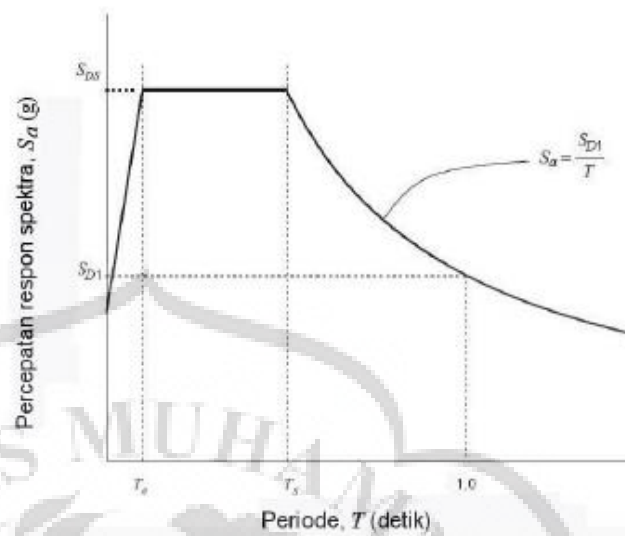
S_{DS} : parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek.

S_{D1} : parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1,0 detik.

T : periode respon fundamental struktur.

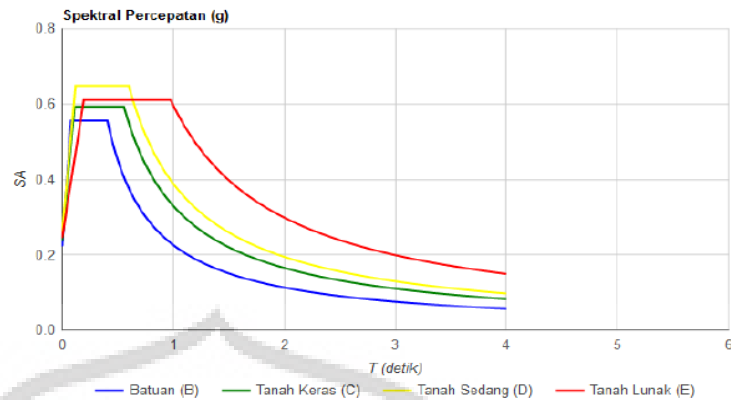
$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots(2.16)$$



Gambar 2.7. Spektrum Respons Desain
(Sumber : SNI 1726:2012)

Nilai spektrum respon desain juga dapat diketahui dengan menggunakan aplikasi desain spektra indonesia yang diakses melalui internet dengan membuka website Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman – Kementerian Pekerjaan Umum. Di bawah ini merupakan gambar respon desain yang diperoleh melalui Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman – Kementerian Pekerjaan Umum.



Gambar 2.8. Spektum Respon Desain Wilayah Penelitian

(sumber:http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011)

4. Kombinasi Pembebanan

Dalam analisis struktur dan perencanaan struktur memerlukan perhitungan kombinasi pembebanan (*Load Combination*) yang terjadi struktur gedung. Terdapat beberapa kombinasi pembebanan, namun yang digunakan dalam analisis dan perencanaan struktur penelitian ini yaitu :

- a) $1,2 D + 1,6 L$
- b) $1,2 D + 1 L + 1 RS-X + 0,3 RS-Y$
- c) $1,2 D + 1 L + 1 RS-Y + 0,3 RS-X$

9. Program SAP2000

Program SAP2000 merupakan pengembangan SAP (structure Analysis Program) yang dibuat oleh Prof. Edward L. Wilson from University of California at Berkeley, US sekitar tahun 1970. pada tahun 1975 dibentuklah perusahaan Computer & Structure, Inc.

dipimpin oleh Ashraf Habibullah yang bertujuan untuk melayani keperluan komersial.

Secara garis besar tahapan analisis dan desain pada SAP2000 yaitu :

1. Tahap Pemodelan

Pemodelan atau pembuatan model struktur yaitu penentuan model struktur 2D atau 3D dan pembuatan frame.

2. Tahap Pendefinisian

Pendefinisian yaitu mengisi data properties material, dimensi tampang, jenis pembebanan dan kombinasi pembebanan.

3. Tahap Analisis

Analisis dari struktur yang sudah dibentuk dan di input pembebanan dengan menampilkan gaya – gaya dalam (BMD, SFD, NFD) dan deformasi (translasi dan rotasi).

4. Tahap Output

Output yaitu hasil dari perhitungan atau analisis struktur yang sudah dibuat dalam bentuk gambar ataupun data yang sudah dapat dicetak.

10. Perhitungan Kebutuhan Material

Dalam merencanakan redesain pada balok dan kolom baja diperlukan perhitungan ukuran atau luasan dari bangunan yang akan dipasang. Kebutuhan material dari baja balok dan kolom tersebut dapat dihitung setelah desain konstruksi sudah selesai dengan tetap memperhitungkan aspek keamanan (*Safety*), efisiensi dan optimalisasi.