

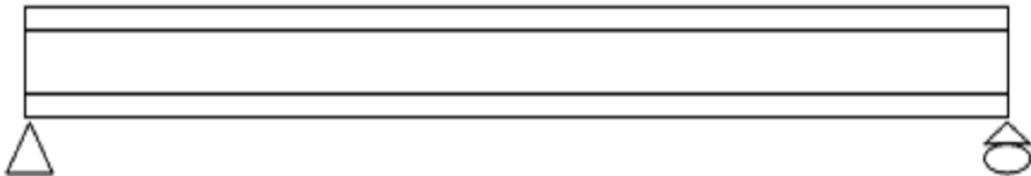
## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Perencanaan Balok Baja dengan Metode *Load Resistance and Factor Design*

Analisis dari pembuatan program ini didasari secara teoritis dengan perhitungan desain balok dengan metode *load resistance and factor design* (LRFD). Pada analisis ini, perlu dilakukan pengecekan terhadap batasan rasio kelangsingan untuk penampang kompak balok kemudian dengan mengasumsikan balok berada pada kondisi inelastis maka dapat menentukan panjang bentang balok yang kemudian akan didapatkan kuat nominal momen lentur dan geser dari penampang balok.

#### a. Tumpuan dan pembebanan

Tumpuan yang diberikan pada balok merupakan tumpuan sederhana yaitu sendi-rol. Pembebanan dilakukan dengan meninjau berat sendiri balok dan beban terpusat yang didistribusikan pada seluruh penampang profil, seperti pada Gambar 2.1 berikut,



Gambar 2.1 Balok baja dengan tumpuan sendi-rol

b. Pembebanan balok baja

Secara umum dalam struktur, pembebanan yang terjadi pada balok adalah beban terpusat dan beban merata yang terdiri atas berat sendiri balok. Desain ini menjadi dasar untuk menentukan kondisi balok yang akan didesain, masing-masing kondisi balok saat terbebani tergantung dari profil yang dipilih. Analisis yang dilakukan adalah pengecekan kelangsingan profilnya, apakah profilnya kompak, tak kompak atau profil terlalu kuat sehingga kurang ekonomis dan dapat diganti dengan profil lain yang lebih sesuai. Setelah terpenuhi kondisi lenturnya maka berikutnya adalah tahanan gesernya, tahanan geser akan lebih menentukan pada bentang yang lebih pendek.

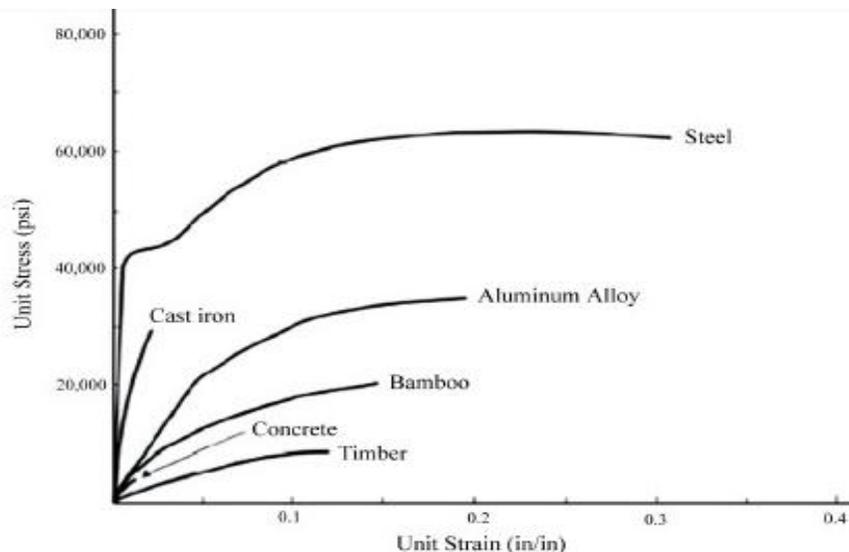
**B. Sifat Material Baja**

Kriteria perencanaan struktur adalah memenuhi syarat kekuatan, kekakuan dan daktilitas. Kekuatan dikaitkan dengan besarnya tegangan yang mampu dipikul tanpa rusak, baik berupa deformasi besar (*yielding*) atau *fracture* (terpisah). Faktor kekakuan adalah besarnya gaya untuk menghasilkan satu unit deformasi, parameternya berupa Modulus Elastisitas

Tabel 2.1 Kekuatan mekanik beberapa macam bahan material konstruksi

Material	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Modulus Elastisitas (Mpa)	Kuat (Mpa)		Rasio Kuat + BJ (IE+6 * 1/mm)
			Leleh	Ultimate	
Serat Karbon	1760	150.305		5650	321
Baja A 36	7850	200.000	250	400 – 500	5,1 -7
Baja A 992	7850	200.000	345	450	5,7
Alumunium	2723	68.947	180	200	7,3
Besi Cor	7000	190.000		200	2,8
Bambu	400	18.575		60	15
Kayu	640	11.000		40	6,25
Beton	2200	21.000- 33.000		20 – 50	0,9 - 2,3

Jadi jika parameter kekuatan, kekakuan dan daktilitas digunakan untuk pemilihan material konstruksi maka dapat dikatn bahwa material baja adalah yang unggul dibandingkan beton dan kayu.. Ini indikasi jika perencanaannya optimal maka bangunan dengan konstruksi baja tentunya akan menghasilkan sistem pondasi yang lebih ringan dibanding konstruksi beton, meskipun masih kalah dibanding kayu atau bambu.



Gambar 2.2 Grafik kekuatan mekanik beberapa material kontruksi

Dikaitkan efisiensi antara material baja dengan kayu atau bambu, maka baja hanya unggul karena kualitas mutu bahannya yang lebih homogen dan konsisten sehingga lebih handal. hal itu tidak mengherankan karena material baja adalah produk industri yang dapat terkontrol dengan baik.

Beberapa keuntungan yang diperoleh dari baja sebagai bahan struktur adalah sebagai berikut:

1. Mempunyai kekuatan yang tinggi, sehingga dapat mengurangi ukuran struktur serta mengurangi berat dari stuktur itu sendiri.
2. Keseragaman dan keawetan yang tinggi.
3. Bersifat elastis, hingga memiliki tegangan yang cukup tinggi mengikuti Hukum Hooke. Momen inersia dari profil baja juga dapat dihitung dengan pasti sehingga memudahkan dalam analisis struktur.
4. Daktilitas yang cukup tinggi, karena suatu batang baja yang menerima tegangan tarik yang tinggi akan mengalami regangan tarik cukup besar sebelum terjadi keruntuhan.
5. Beberapa keuntungan lainnya adalah kemudahan penyambungan antara elemen satu dengan yang lain menggunakan alat sambung las atau baut. Pembuatan baja melalui proses gilas panas mengakibatkan baja mudah dibentuk menjadi penampang yang diinginkan. Kecepatan pelaksanaan konstruksi baja juga menjadi suatu keunggulan material baja.

Selain keuntungan-keuntungan yang disebutkan tersebut, material baja juga memiliki beberapa kekurangan, terutama dari sisi pemeliharaan. Konstruksi baja yang berhubungan langsung dengan udara atau air secara periodik harus dilapisi dengan cat. Perlindungan terhadap bahaya kebakaran juga harus menjadi perhatian yang serius, karena material baja akan mengalami penurunan kekuatan secara drastis akibat kenaikan temperatur yang cukup tinggi, selain itu baja merupakan konduktor panas yang baik sehingga nyala api dalam suatu bangunan justru akan menyebar lebih cepat. Kelemahan lainnya adalah masalah tekuk yang merupakan fungsi dari kelangsingan suatu penampang.

Baja yang akan digunakan dalam suatu struktur dapat diklasifikasikan menjadi baja karbon, baja paduan rendah mutu tinggi, dan baja paduan. Sifat-sifat mekanik dalam baja tersebut seperti tegangan leleh dan tegangan putusnya diatur dalam ASTM A6/A6M.

#### 1. Baja Karbon

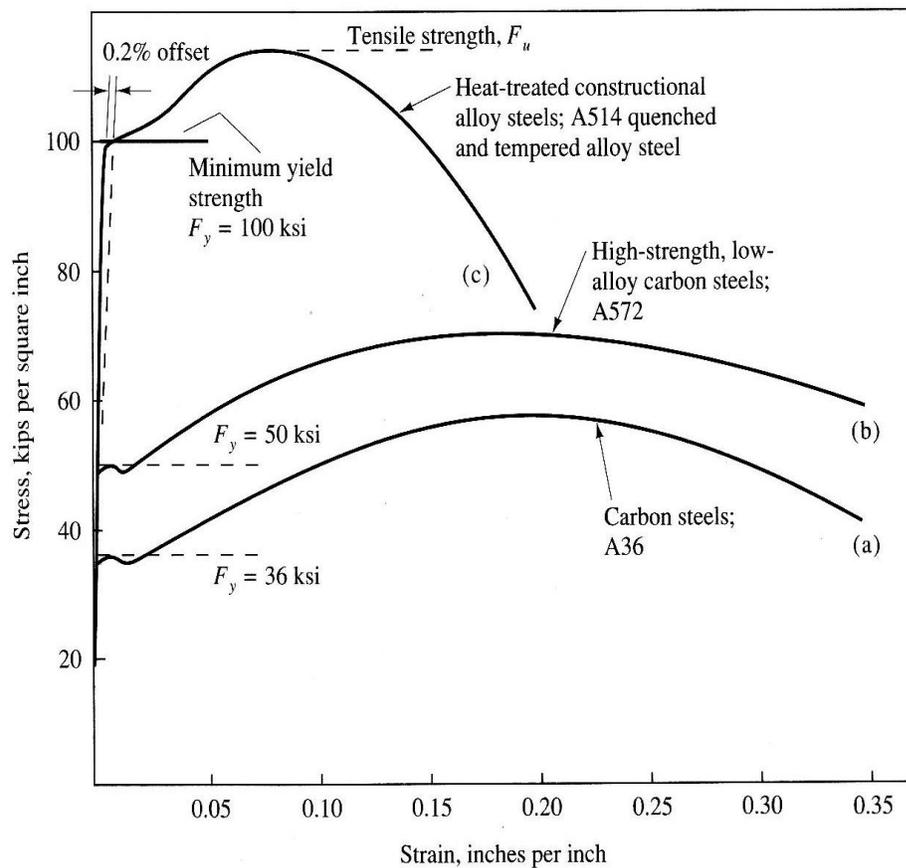
Sebutan baja karbon berlaku untuk baja yang mengandung unsur bukan besi dengan persentase maksimum sebagai berikut:

- Karbon            1,7%
- Mangan           1,65%
- Silikon            0,60%
- Tembaga         0,60%

Karbon dan mangan adalah unsur utama untuk menaikkan kekuatan besi murni.

Baja karbon terbagi menjadi empat kategori: karbon rendah (kurang dari 0,15%);

karbon lunak (0,15 – 0,29%); karbon sedang (0,30 – 0,59%); karbon tinggi (0,60 – 1,70%). Baja karbon struktural termasuk kategori karbon lunak, baja seperti A36 (*ekuivalen* dengan baja SS400) mengandung karbon maksimum yang berkisar antara 0,25% dan 0,29% tergantung pada tebalnya. Baja struktural ini memiliki titik leleh yang jelas seperti yang ditunjukkan pada kurva (a) dalam Gambar 2.3. Naiknya persentase karbon dapat meningkatkan tegangan leleh namun menurunkan daktilitas, salah satunya membuat pekerjaan las menjadi lebih sulit. Baja karbon umumnya memiliki tegangan leleh ( $f_y$ ) antara 210 – 250 MPa.



Gambar 2.3 Kurva Tegangan-Regangan Umum

## 2. Baja paduan rendah mutu tinggi

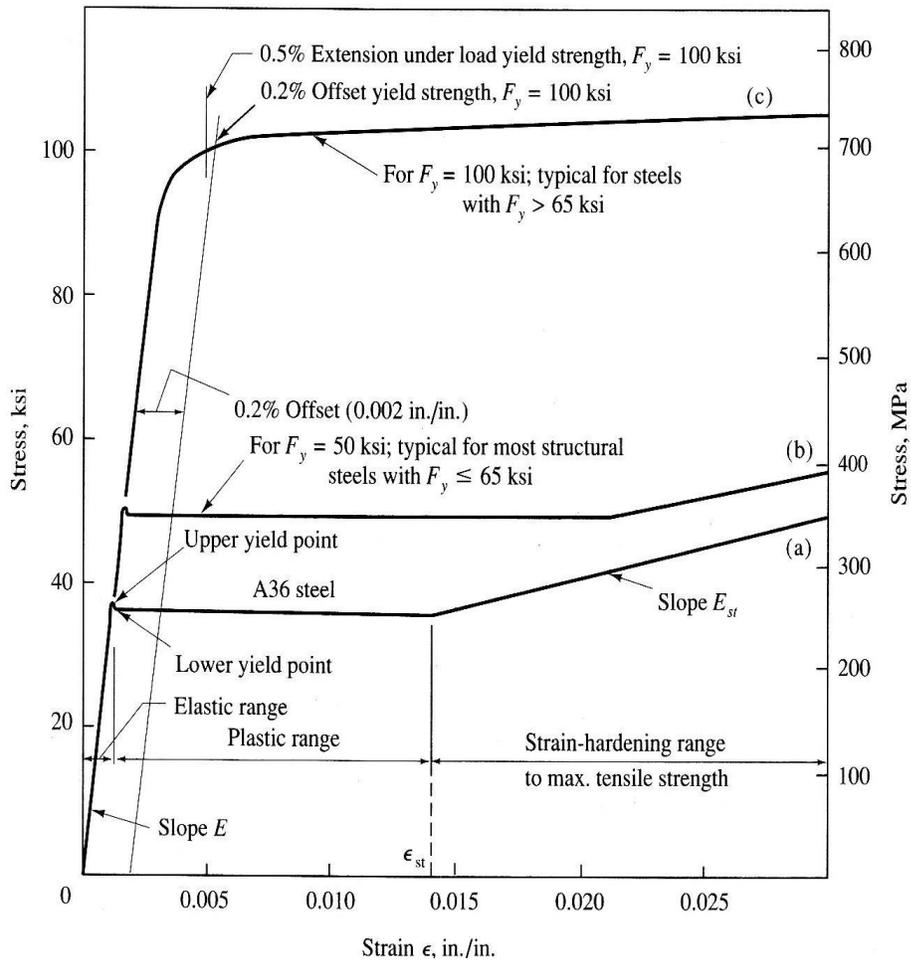
Yang termasuk dalam kategori baja paduan rendah mutu tinggi (*high strength low alloy steel/HSLA*) mempunyai tegangan leleh berkisar antara 290 – 550 MPa dengan tegangan putus ( $f_u$ ) antara 415 – 700 MPa. Penambahan sedikit bahan-bahan paduan seperti Chromium, Columbium, Mangan, Molybden, Nikel, Fosfor, Vanadium, atau Zirkonium dapat memperbaiki sifat-sifat mekaniknya. Jika baja karbon mendapatkan kekuatannya seiring dengan penambahan persentase karbon, maka bahan-bahan paduan ini mampu memperbaiki sifat mekanik baja dengan membentuk mikrostruktur dalam bahan baja yang lebih halus.

## 3. Baja paduan

Baja paduan rendah (*low alloy*) dapat ditempa dan dipanaskan untuk memperoleh tegangan leleh antara 550 – 760 MPa. Tegangan leleh dari baja paduan biasanya ditentukan sebagai tegangan yang terjadi saat timbul regangan permanen sebesar 0,2% atau dapat ditentukan pula sebagai regangan mencapai 0,5%.

Kurva tegangan-regangan yang umum akibat tarikan diperlihatkan pada Gambar 2.1 untuk tiga kategori baja tersebut. Kekakuan yang sama juga terjadi pada tekanan bila tekuk (*buckling*) dicegah dengan memberikan tumpuan. Bagian dari setiap kurva tegangan-regangan pada Gambar 2.1 yang biasa digunakan dalam perencanaan diperbesar pada Gambar 2.2.

Besarnya tegangan pada kurva tegangan-regangan pada Gambar 2.1 ditentukan dengan membagi beban dengan luas penampang lintang semula benda uji, sedangkan regangannya (per inchi) dihitung sebagai perpanjangan dibagi dengan panjang semula. Kurva seperti ini disebut kurva tegangan-regangan teknik dan menaik hingga tegangan maksimum (disebut kekuatan tarik), kemudian kurva menurun bersamaan dengan kenaikan regangan dan tegangan berhenti seketika. Pada bahannya sendiri, tegangan terus menaik hingga putus. Yang disebut kurva tegangan sesungguhnya atau regangan sesungguhnya diperoleh dengan menggunakan penampang lintang semula (walaupun penampang mengecil) dan regangan tambahan sesaat (*instantaneous incremental strain*). Kurva tegangan-regangan teknik boleh digunakan dalam praktek untuk menentukan beban maksimum yang dapat dipikul (kekuatan tarik batas).



Gambar 2.4 Kurva Tegangan-Regangan

Dalam perencanaan struktur baja, SNI 03-1792-2002 mengambil beberapa sifat mekanik dari material baja yang sama yaitu:

Modulus Elastisitas,  $E$  = 200.000 MPa

Modulus Geser,  $G$  = 80.000 MPa

Angka Poisson = 0,30

Koefisien muai panjang =  $12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

### C. Tekuk Lateral Balok

Tekuk lateral adalah tekuk arah tegak lurus bidang kerja gaya luar, terjadi pada balok-balok langsing dimana  $I_y \leq I_x$ . Pembebanan pada bidang web balok akan menghasilkan tegangan yang sama besar antara titik A dan B. Namun adanya ketidaksempurnaan balok dan eksentrisitas beban, maka akan mengakibatkan perbedaan tegangan antara A dan B. Tegangan residu juga mengakibatkan distribusi tegangan yang tidak sama sepanjang lebar sayap.

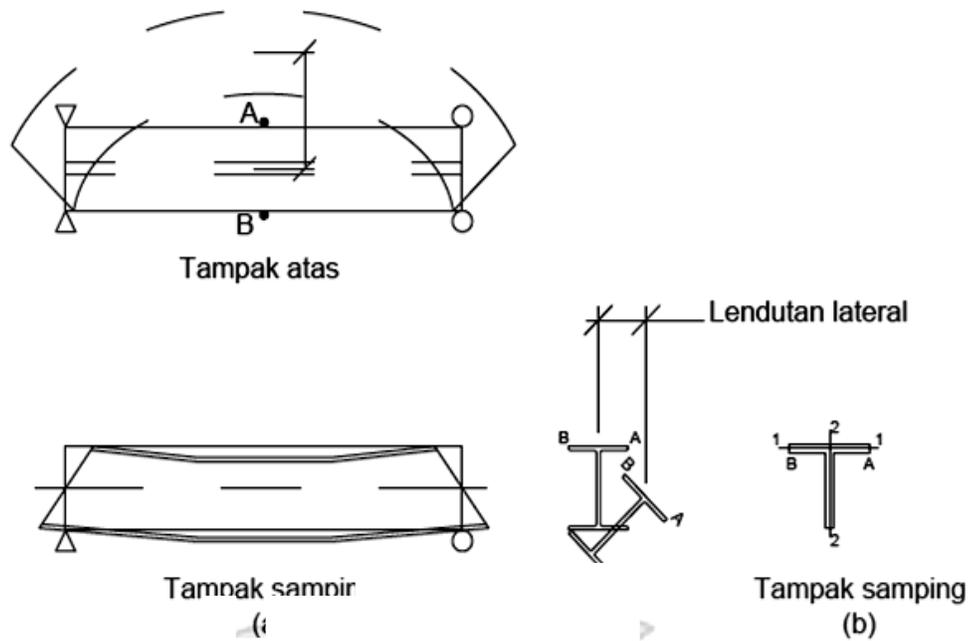
*Flens* tekan dari balok dapat dianggap sebagai kolom. Sayap yang diasumsikan sebagai kolom ini akan tertekuk dalam arah lemahnya akibat lentur terhadap suatu sumbu seperti 1-1. Namun karena *web* balok memberikan sokongan untuk mencegah tekuk dalam arah ini, maka *flens* akan cenderung tertekuk oleh lentur pada sumbu 2-2. Karena bagian tarik dari balok berada dalam kondisi stabil, maka proses tekuk lentur dalam arah lateral tersebut tersebut akan dibarengi dengan proses torsi sehingga terjadilah tekuk lentur .

Tekuk torsi lateral adalah kondisi batas yang menentukan kekuatan sebuah balok. Sebuah balok mampu menahan momen maksimum hingga mencapai momen plastis ( $M_p$ ), tercapai atau tidaknya momen plastis, keruntuhan dari sebuah struktur balok adalah salah satu dari peristiwa berikut :

1. Tekuk lokal dari torsi tekan .
2. Tekuk lokal dari *web* dalam tekan lentur.
3. Tekuk torsi lateral.

Ketiga macam keruntuhan tersebut dapat terjadi pada kondisi elastis maupun inelastis. Gambar 2.2 menunjukkan perilaku dari sebuah balok yang dibebani momen konstan  $M$  dengan bentang tak terkekang  $L$  :

1. Jika  $L$  cukup kecil ( $L \leq L_{pd}$ ) maka momen plastis,  $M_p$  tercapai dengan deformasi yang besar. Deformasi yang besar ditunjukkan oleh kapasitas rotasi  $R$ . tidak cukup kuatnya *flens* maupun *web* menjadi faktor utama dari tercapainya momen plastis profil, jika profil kompak maka momen plastis profil mampu tercapai.



Gambar 2.5 a, b, c Tekuk Puntir Lateral Pada Balok

#### D. Desain Balok I

Setiap komponen struktur yang memikul momen lentur, harus memenuhi Persamaan 1 berikut,

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \quad \dots\dots\dots(1)$$

dengan

$\phi_b$  = faktor reduksi untuk lentur (sebesar 0,9)

$M_n$  = kuat nominal momen lentur dari penampang

$M_u$  = momen lentur terfaktor

Besarnya kuat nominal momen lentur dari penampang ditentukan sebagai berikut:

##### **Kasus 1: $M_n = M_p$ ( $R \geq 3$ )**

Agar penampang dapat mencapai kuat nominal  $M_n = M_p$ , maka penampang harus kompak untuk mencegah terjadinya tekuk lokal. Syarat penampang kompak ditentukan sesuai dengan Tabel 7.5-1 SNI 03-1729-2002, yaitu  $\lambda$  untuk *flens* ( $b/2t_f$ ) dan untuk *web* ( $h/t_w$ ) tidak boleh melebihi  $\lambda_p$ . Batasan nilai untuk  $\lambda_p$  ditampilkan pada Tabel 2.2. Selain harus kompak, pengaku vertikal harus diberikan sehingga panjang bentang tak terkekang, L tidak melebihi  $L_{pd}$  yang diperoleh dari persamaan 2

$$L_{pd} = \frac{25000 + 15000\left(\frac{M_1}{M_2}\right)}{f_y} \cdot r_y \quad \dots\dots\dots(2)$$

Tabel 2.2 Batasan Rasio Kelangsingan  $\lambda_p$  untuk Penampang Kompak Balok I

Tegangan Leleh $f_y$ (MPa)	Tekuk Lokal Flens $\frac{b}{2t_f} = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$	Tekuk Lokal Web $\frac{h}{t_w} = \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	Tekuk Torsi Lateral $\frac{L}{r_y} = \frac{790}{\sqrt{f_y}}$
210	11,73	115,93	54,52
240	10,97	108,44	50,99
250	10,75	106,25	49,96
290	9,98	98,65	46,39
410	8,4	82,97	39,02

**Kasus 2:  $M_n = M_p$  ( $R < 3$ )**

Agar penampang dapat mencapai momen plastis  $M_p$  dengan kapasitas rotasi  $R < 3$ , maka penampang harus kompak dan tidak terjadi tekuk lokal ( $b/2t_f$  dan  $h/t_w < \lambda_p$ ).

Pengaku lateral harus diberikan sehingga bentang tak terkekang  $L$  tidak melebihi

$L_p$  yang ditentukan oleh persamaan 3 (untuk  $C_b = 1$ )

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{f_y}} \cdot r_y \dots\dots\dots(3)$$

**Kasus 3:  $M_p > M_n \geq M_r$**

Dalam kasus 3 terjadi tekuk torsi lateral untuk penampang kompak ( $\lambda \leq \lambda_p$ ). Kuat momen nominal didekati dengan hubungan *linear* antara titik 1 ( $L_p, M_p$ ) dengan titik 2 ( $L_r, M_r$ ) pada Gambar 2.6. kuat momen lentur nominal dalam kasus 3 ditentukan dalam SNI 03-1729-2002 (pasal 8.3.4).

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] \leq M_p \dots\dots\dots(4)$$

$M_r$  adalah kuat nominal yang tersedia untuk beban layan ketika serat terluar penampang mencapai tegangan  $f_y$  (termasuk tegangan residu) dan dapat diekspresikan sebagai Persamaan 5 berikut

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r) \dots\dots\dots(5)$$

dengan

$f_y$  = tegangan leleh profil

$f_r$  = tegangan residu (70 MPa untuk penampang di rol dan 115 MPa untuk penampang di las)

$S_x$  = modulus penampang

Panjang  $L_r$  diperoleh dari Persamaan 11

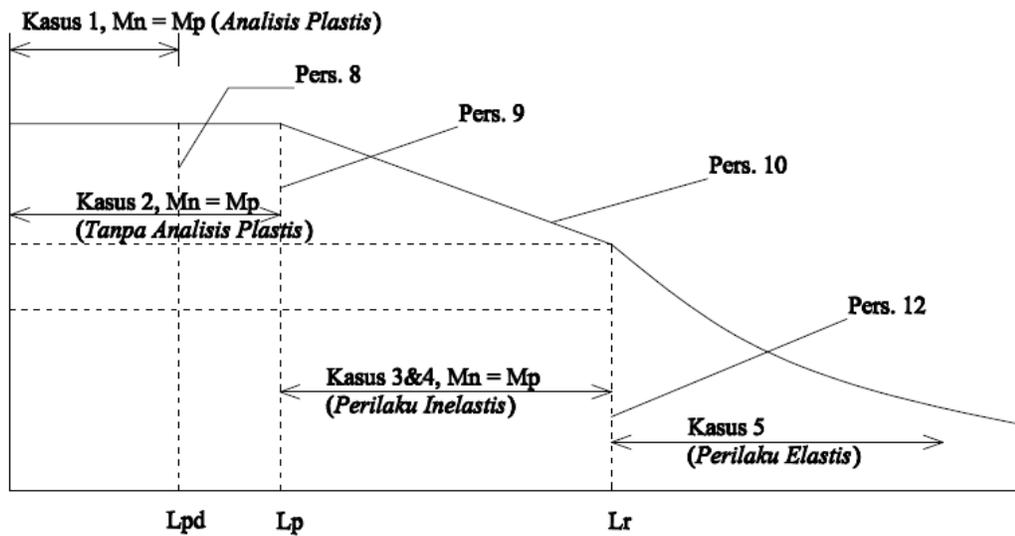
$$L_r = \frac{X_1 \cdot r_y}{f_L} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot f_L^2}} \dots\dots\dots(6)$$

dengan,

$$f_L = f_y - f_r \dots\dots\dots(7)$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}} \dots\dots\dots(8)$$

$$X_2 = 4 \cdot \left( \frac{S_x}{G \cdot J} \right)^2 \cdot \frac{C_w}{I_y} \dots\dots\dots(9)$$



Gambar 2.6 Kuat Momen Lentur Nominal Akibat Tekuk Torsi Lateral

**Kasus 4:  $M_p > M_n \geq M_r$**

Kasus ini terjadi jika:

1.  $L_p < L < L_r$
2.  $\lambda_p < (\lambda = b/2.t_f) < \lambda_r$  (*flens* tak kompak)
3.  $\lambda_p < (\lambda = h/t_w) < \lambda_r$  (*web* tak kompak)

Kuat momen lentur nominal dalam kasus 4 harus dihitung berdasarkan keadaan yang paling kritis dari tekuk lokal flens, tekuk lokal web serta tekuk torsi lateral.

Untuk membatasi terhadap tekuk lokal flens serta tekuk lokal web, SNI 03-1729-2002 (pasal 8.2.4) merumuskan:

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \dots\dots\dots(10)$$

Sedangkan kondisi batas untuk tekuk torsi lateral ditentukan berdasarkan

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] \leq M_p \quad \dots\dots\dots(11)$$

Dengan faktor pengali momen,  $C_b$ , ditentukan oleh persamaan

$$C_b = \frac{12,5.M_{\max}}{2,5.M_{\max} + 3.M_A + 4.M_B + 3.M_C} \leq 2,3 \quad \dots\dots\dots(12)$$

Dengan,

- $M_{\max}$  = momen maksimum pada bentang yang ditinjau
- $M_A$  = momen pada  $\frac{1}{4}$  bentang tak terkekang
- $M_B$  = momen pada tengah bentang tak terkekang
- $M_C$  = momen pada  $\frac{3}{4}$  bentang tak terkekang

Kuat momen lentur nominal dalam kasus 4 ini diambil dari nilai yang terkecil antara Persamaan 10 dan Persamaan 11. Batasan rasio kelangsingan penampang,  $\lambda_r$  untuk penampang tak kompak ditampilkan dalam Tabel 2.3 .

Tabel 2.3 Batasan Rasio Kelangsingan  $\lambda_r$  untuk Penampang Kompak Balok I

Tegangan Leleh $f_y$ (MPa)	Tekuk Lokal Flens $\frac{b}{2.t_f} = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$	Tekuk Lokal Web $\frac{h}{t_w} = \frac{2550}{\sqrt{f_y}}$
210	2,64	175,97
240	2,18	164,60
250	2,06	161,28
290	1,68	149,74
410	1,09	125,94

**Kasus 5:  $M_n > M_r$**

Kasus 5 terjadi apabila  $L > L_r$  dan kelangsingan dari flens serta web tak melebihi  $\lambda_r$  (penampang kompak). Kuat nominal momen lentur dalam kondisi ini ditentukan sebagai berikut:

$$M_n = C_b \cdot \frac{\pi}{L} \cdot \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J + \left(\frac{\pi \cdot E}{L}\right)^2 \cdot I_y \cdot C_w} \dots\dots\dots(13)$$

Persamaan 13 dapat pula dituliskan dengan menggunakan variabel  $X_1$  dan  $X_2$  seperti pada Persamaan 7 dan 8, sehingga menjadi:

$$M_n = \frac{C_b \cdot S_x \cdot X_1 \cdot \sqrt{2}}{L/r_y} \cdot \sqrt{1 + \frac{X_1^2 \cdot X_2}{2 \cdot \left(L/r_y\right)^2}} \dots\dots\dots(14)$$

**E. Kuat Geser Penampang IWF**

Perencanaan balok yang memiliki bentang panjang biasanya lebih ditentukan oleh syarat lendutan daripada syarat tahanan. Balok dengan bentang-bentang menenengah, ukuran profil lebih ditentukan akibat lentur pada balok. Pada balok dengan bentang-bentang pendek, tahanan geser lebih menentukan dalam pemilihan profil.

Tahanan geser penampang gilas pada balok sebagian besar ditahan oleh *web*, jika *web* dalam kondisi stabil, kuat geser nominal pelat *web* ditentukan oleh SNI 03-1792-2002 pasal 8.8.3 yaitu :

$$V_n = 0,60f_y A_w \dots\dots\dots(15)$$

Dengan,  $f_y$  = kuat leleh web

$A_w$  = luas penampang web

$\phi$  = 0,9

$\phi V_n \geq V_u$

## F. PEMROGRAMAN

### 1. Pengetian program dan pemrograman

Pemrograman komputer, menurut binanto kata program dan pemrograman dapat diartikan sebagai berikut:

- a. Mendeskripsikan instruksi-instruksi tersendiri yang biasanya disebut *source code* yang dibuat oleh *programmer*.
- b. Mendeskripsikan suatu keseluruhan bagian dari *software* yang *executable*.
- c. Program merupakan himpunan atau kumpulan instruksi tertulis yang dibuat oleh *programmer* atau suatu bagian *executable* dari suatu *software*.
- d. Pemrograman berarti membuat program komputer.
- e. Pemrograman merupakan suatu kumpulan urutan perintah ke komputer untuk mengerjakan sesuatu. Perintah-perintah ini membutuhkan suatu bahasa tersendiri yang dapat dimengerti oleh komputer.

Sedangkan menurut Yulikuspartono mengemukakan bahwa, “program merupakan sederetan instruksi atau *statement* dalam bahasa yang dimengerti oleh komputer yang bersangkutan”, serta kata pemrograman menurut

Sugiyono program adalah “suatu rangkaian instruksi-instruksi dalam bahasa komputer yang disusun secara logis dan sistematis”.

Sebelum program diterapkan, maka program harus bebas terlebih dahulu dari kesalahan-kesalahan. Oleh sebab itu program harus diuji untuk menemukan kesalahan-kesalahan yang mungkin dapat terjadi. Kesalahan dari program yang mungkin terjadi dapat diklasifikasikan dalam tiga bentuk kesalahan menurut Hartono antara lain :

a. Kesalahan Bahasa (*Language Errors*)

Adalah kesalahan dalam penulisan *source* program yang tidak sesuai dengan yang telah diisyaratkan.

b. Kesalahan dalam Proses (*Run Time Progres*)

Adalah kesalahan saat *executable* program dijalankan.

c. Kesalahan Logika (*logical Errors*)

Adalah kesalahan logika saat pembuatan program.

## 2. Pemrograman PHP

Pemrograman PHP atau *Hypertext Preprocessor* adalah suatu pemrograman yang digunakan secara luas untuk penanganan pembuatan atau pengembangan sebuah situs web yang dapat digunakan bersamaan dengan HTML. PHP dibuat oleh Rasmus lerdorf pada tahun 1994, pada versi pertamanya PHP adalah singkatan dari *Personal Home Page Tools*, ditulis kembali pada pertengahan tahun 1995 dan diberi nama PHP/FI (*Forms interperter*), yaitu versi kedua dari PHP dengan penambahan dukungan terhadap SQL dan

setelah pertengahan tahun 1999 versi ketiga PHP mulai dikenal dengan singkatan *Hyper text Prossesor*, dan pada saat itu penggunaanya lebih dari 1 juta *site*.

PHP adalah bahasa yang menginterpretasikan perintah sebuah file yang berisi kode pemrograman atau *script* yang dijalankan, selanjutnya *interpreter* ini akan memerintahkan komputer kita untuk menjalankan perintah sesuai dengan permintaan *script*. PHP dapat disisipkan dihalaman HTML, sehingga memudahkan dan mempercepat dan membuat aplikasi web, oleh karena itu PHP sangat berguna untuk membuat *website - website* yang dinamis.