

KONSEP PERENCANAAN KONSTRUKSI BAJA BANGUNAN GEDUNG

Ir. Dewi Linggasari, M.T.
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara
Vincent
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara
Kharistio Xavira
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

Abstrak

Struktur baja merupakan salah satu elemen utama yang perlu diperhatikan dalam pembangunan bangunan gedung pada masa kini. Komponen struktur yang benar dapat mendukung terjadinya perencanaan bangunan yang berkeselamatan dan berkelanjutan. Adapun komponen yang diperhatikan dalam struktur baja adalah batang tarik, batang tekan, balok lentur, serta sambungan. Pengetahuan mengenai komponen-komponen ini diharapkan dapat membantu memahami fungsi komponen struktural lebih lanjut, seiring dengan perencanaan sesuai dengan aturan (*peraturan*) yang berlaku.

Kata kunci: Struktur baja, peraturan, pembebanan

7.1. Pendahuluan

Perkembangan konstruksi saat ini telah berkembang pesat dengan banyaknya penelitian dan dipakainya berbagai bahan material konstruksi, berupa baja, beton dan kayu. Material konstruksi merupakan yang awal dalam suatu perencanaan, dengan mempertimbangkan dasar dari kekuatan (*tegangan*), kekakuan (*deformasi*) dan daktilitas (perilaku keruntuhan).

Material baja memiliki sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan beton dan kayu. Merencanakan konstruksi dengan menggunakan material baja secara optimal akan menghasilkan sistem pondasi yang lebih ringan dibandingkan konstruksi beton bertulang. Selain itu, bangunan baja menguntungkan dalam konstruksi bangunan tahan gempa, karena sifatnya ringan dan mempunyai sifat material yang daktil dan berkekuatan tinggi.

Baja merupakan bahan material konstruksi yang ketersediaannya sepenuhnya dari hasil industri. Agar perencanaan struktur baja bekerja dengan lancar, maka diperlukan informasi yang berisi tentang spesifikasi produk hasil industri dan ketersediaan di pasar. Ketersediaan baja di pasar meningkat disebabkan oleh pesatnya permintaan baja. Tidak heran jika kapasitas produksi baja di suatu negara dijadikan indikasi kemajuan ekonomi.

Pembuatan baja relatif kompleks dibandingkan material lain. Pada dasarnya baja adalah logam *alloy* (campuran) antara besi dan karbon yang menyatu akibat peleburan pada suhu tinggi dengan kandungan karbon mencapai 1,7% atau 85 kali lipat dibanding kandungan karbon pada besi tempa. [1]

Pengolahan baja cair dalam tungku peleburan dipengaruhi komposisi kimianya sedangkan pengolahan baja padat (panas) dengan cara penggilingan (*rol*) mempengaruhi tingkat ketepatan dari bentuk profil baja

Pembentukan profil baja diatur oleh peraturan (*peraturan*) dengan toleransi ijin tertentu. Hasil profil baja yang dibentuk dengan penggilingan disebut profil *hot-rolled* atau profil canai panas yang berbentuk I, WF, channel atau C, siku, pelat datar dan lain-lain.

7.2. Prinsip Dasar pada Konstruksi Baja

7.2.1. Filosofi Konsep untuk Konstruksi Baja

Perhitungan desain struktur harus mempunyai nilai yang dikaitkan dengan angka-angka numerik dan rumus-rumus yang implementasinya harus teliti dan akurat. Contohnya seperti sambungan baut pada baja, ukuran baut harus dalam milimeter (mm) agar dapat hasil dan konstruksi yang baik. Hal-hal tersebut dapat dikatakan bahwa pekerjaan di bidang teknik adalah eksak, kaku, perlu ketelitian tinggi (presisi) yang konsisten serta tidak menerima toleransi kesalahan. Kesan “eksak” dan “pasti” dalam hal desain baja ini sebenarnya kurang tepat. Perhitungan dan perencanaan desain baja harus sesuai peraturan perencanaan dalam hal ini biasa disebut SNI sesuai standar perencanaan. Meskipun begitu, tidak ada yang “pasti” dalam hal mendesain. Kalaupun ternyata dapat dianggap "pasti", itupun tidak mutlak, relatif terbatas. Masih bisa terjadi sesuatu di luar rencana. Jadi yang dapat dilakukan adalah dengan memperkecil risiko. Sebab itu mengapa filosofi desain struktur baja memerlukan pendekatan berbasis statistik dan probabilitas, yang secara khusus disebut *Load Resistance Factor Design* atau LRFD. [1]

Dengan demikian, perencana perlu mengetahui aturan-aturan apa saja yang perlu dibaca dan dipahami untuk memastikan bahwa rancangannya telah memenuhi standar mutu tertentu. Karena peraturan pada dasarnya adalah suatu kesepakatan para insinyur, dan juga yang namanya bencana adalah suatu yang tidak terduga, maka materi peraturan setiap beberapa tahun sekali selalu diperbarui, yaitu agar tetap relevan dengan perkembangan jaman. Jadi dalam memakai suatu peraturan maka tahun terbitnya perlu dilihat juga. Untuk peraturan yang berlaku di Indonesia saat ini, yaitu SNI 1729 dan yang terbaru adalah keluaran tahun 2020. Sebelumnya yang dipakai adalah keluaran tahun 2015.

Peraturan SNI Struktur Baja mengadopsi penuh dari peraturan America, yaitu *American Society of Civil Engineers* (ASCE) dan *American Institute of Steel Construction* (AISC). ASCE adalah peraturan untuk beban rencana pada perencanaan struktur, termasuk faktor beban dan kombinasi untuk mendapatkan kondisi batas (*ultimate*). Seandainya struktur dapat didesain kuat terhadap ketentuan ini, maka saat terjadi bencana (dalam batas rencana), akan aman kondisinya. AISC adalah perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, yaitu mampu bekerja optimal pada kondisi beban kerja rencana. Syarat yang diperlukan adalah kuat (*strength*) dan kaku (*stiffness*), sedangkan persyaratan daktail (*ductility*) masih terbatas lokal setempat saja, seperti terbentuknya penampang plastis pada profil kompak, atau distribusi gaya secara inelastis pada sistem sambungan.

Beban-beban yang harus dihitung dalam merencanakan suatu bangunan:

- **Beban Mati (*Dead Load*)**

Beban mati terdiri dari berat semua bahan material konstruksi yang terdapat pada bangunan tersebut, tembok, lantai, atap, anak tangga, partisi pemisah yang permanen, atau apa-apa yang mendukung kepentingan arsitektur bangunan dan struktur itu sendiri. Untuk kepentingan perencanaan maka beban mati dapat dibagi menjadi elemen struktur dan non-struktur.

- **Beban hidup (*Live Load*)**

Besarnya beban hidup untuk struktur gedung dan struktur jembatan akan berbeda, termasuk faktor keamanan yang dipilih. Beban hidup untuk struktur gedung akan lebih terprediksi, jika dibanding jembatan.

Tabel 7.1 Beban desain minimum sesuai dengan fungsi bangunan [2]

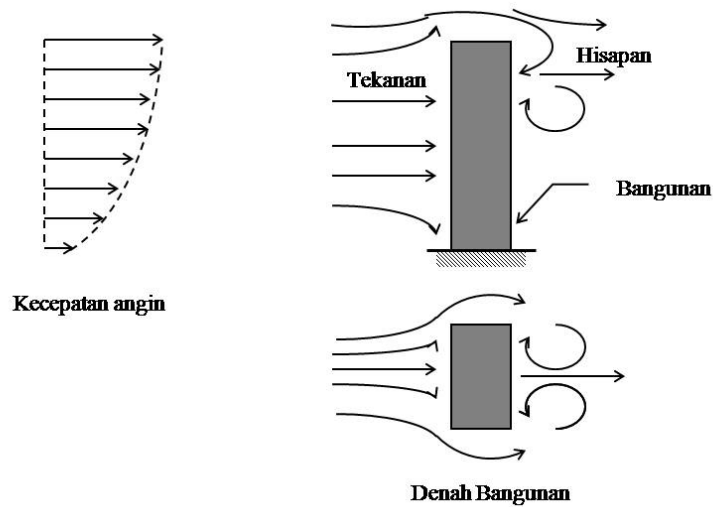
Hunian atau penggunaan	Merata, L_g psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Rumah tinggal					
Hunian satu dan dua keluarga					
Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang	10 (0,48)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.1
Loteng yang tidak dapat dihuni dengan gudang	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.2
Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua ruang kecuali tangga	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua hunian rumah tinggal lainnya					
Ruang pribadi dan kondornya	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Ruang publik	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Koridor ruang publik	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Atap					
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		4.8.1
Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,70)	Ya (4.8.3)	-		
Atap vegetatif dan atap lansekap					
Atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk penggunaan lainnya	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		
Awning dan kanopi					
Atap konstruksi fabric yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24)	Tidak (4.8.2)	-		
Rangka penumpu layar penutup	5 (0,24) berdasarkan area tributari dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka	Tidak (4.8.2)	-	200 (0,89)	
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	Ya (4.8.2)			4.8.1
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja					
Titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap atau suatu titik sepanjang komponen struktur utama pendukung atap diatas pabrik, gudang penyimpanan dan pekerjanya, dan garasi bengkel		-	-	2000 (8,90)	
Semua komponen struktur atap utama lainnya		-	-	300 (1,33)	
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan				300 (1,33)	

Dapat dilihat pada Tabel 7.1 bahwa bangunan yang sangat penting melibatkan banyak manusia didesain lebih besar. Contoh untuk ruang *ballroom* harus didesain sebesar 4.79 kN/m².

- Beban angin (*Wind Load*)

Dalam bangunan struktur yang lebih tinggi, angin merupakan massa udara yang kebanyakan bergerak secara horizontal dari area bertekanan udara tinggi ke area bertekanan udara rendah sehingga pada bangunan tinggi, tekanan tersebut dapat membuat gedung bergoyang apabila terjadi angin yang sangat kencang. Perhitungan

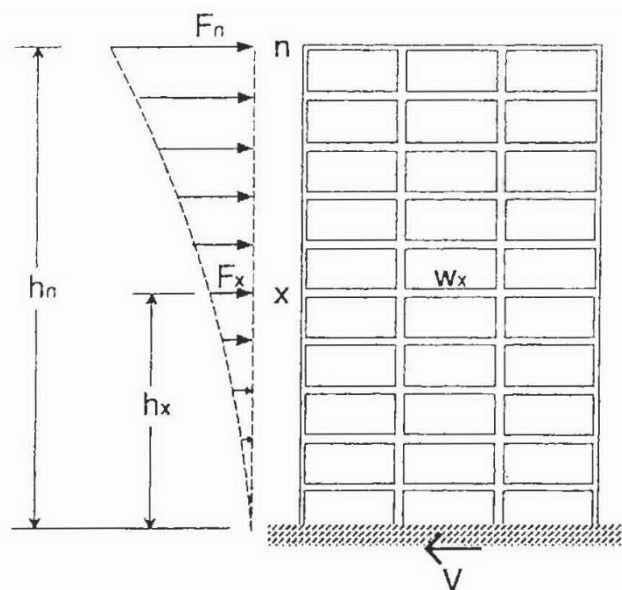
desain beban angin sudah diatur berdasarkan ASCE pasal 26 [3] diadopsi oleh Indonesia dalam SNI 1727:2020 pasal 26. [2]



Gambar 7.1. Beban Angin [4]

- Beban Gempa (*Earthquake load*)

Indonesia merupakan daerah rawan gempa yang berada di Cincin Api Pasifik sehingga desain bangunan-bangunan yang ada di Indonesia harus berdasarkan *peraturan* perencanaan gempa yang diatur dalam SNI 1726:2019 yang terbaru [5]. Kerusakan bangunan akibat gempa yang terjadi sangat merugikan banyak pihak terutama orang-orang yang kehilangan tempat tinggal. Gempa yang terjadi di Indonesia terus berkembang dari yang terjadi gempa kecil hingga gempa besar yang terjadi di Aceh pada 26 Desember 2004. Sehingga peraturan perencanaan gempa juga diperbaharui terus sesuai desain rencana gempa. Di perencanaan 2019, Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 %. [5]



Gambar 7.2. Beban Gempa [4]

Perencanaan struktur baja terdapat 2 ketentuan, yaitu Ketentuan standar LRFD (*Load Resistance Factor Design*) dan ketentuan standar ASD (*Allowable Stress Design*). Perencanaan struktur baja biasanya dilihat dari sisi kekuatan batas, maka LRFD yang sering digunakan atau dalam bahasa Indonesia Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK). Perencanaan LRFD dianggap memenuhi syarat jika kuat perlu, R_u lebih kecil dari kuat rencana, R_n dengan faktor tahanan yang nilainya bervariasi tergantung perilaku aksi komponen yang ditinjau atau biasa ditulis dengan persamaan berikut:

$$R_u \leq \phi R_n$$

R_u adalah nilai maksimum dari berbagai kombinasi beban, artinya kapasitas penampang baja dari berbagai tahanan, contohnya seperti tarik, tekan, atau lentur, lebih kuat dari nilai beban luarnya. Nilai ϕ pada baja tergantung tahanan yang dihitung.

Tabel 7.2. Nilai tahanan berdasarkan peraturan AISC [6]

Komponen Struktur	Faktor Tahanan (ϕ)
Lentur	0.90
Tarik aksial	
- Tarik leleh	0.90
- Tarik fraktur	0.75
Geser	0.90
Sambungan baut	
- Baut geser	0.75
- Baut tarik	0.75
- Kombinasi geser dan tarik	0.75
- Baut tumpu	0.75
Sambungan Las	
- Las tumpul penetrasi penuh	0.90
- Las sudut/tumpul penetrasi Sebagian	0.75
- Las pengisi	0.75

7.2.2. Batang Tarik

Baja memiliki kemampuan untuk menerima gaya aksial tekan dan tarik, Tetapi baja lebih kuat untuk menerima gaya tarik. Untuk gaya tekan baja kurang mampu karena profil baja mempunyai bentuk tipis. Elemen struktur baja yang terlihat "relatif langsing" dibanding elemen lainnya dapat dipastikan akan berfungsi sebagai batang tarik. Karena mutu material baja relatif tinggi, dimensi batang tariknya bisa sangat langsing. Secara teoritis, kondisi kelangsingan hanya diperhitungkan untuk elemen tekan, untuk mengantisipasi tekuk. Tetapi kelangsingan untuk batang tarik disarankan berdasarkan pengalaman praktis segi ekonomis, kemudahan pembuatan, dan risiko rusak yang kecil selama konstruksi maka

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

Nilai r adalah jari-jari inersia penampang. Selain itu, elemen yang sangat langsing biasanya cenderung bergoyang atau bergetar, dan itu membuat tidak nyaman bagi penghuninya. Saran tidak berlaku jika batang tariknya struktur penggantung (*hanger*) atau jika memakai penampang pejal (*rod*).

Contoh pada batang tarik, yaitu pada struktur gantung, jembatan rangka batang (sebagian ada yang tarik), ikatan angin, dll. Pada batang tarik, Kondisi pembebanan menyebabkan batangnya selalu mengalami prategang. Itu akan meningkatkan kekakuannya, fenomena seperti yang terjadi pada senar gitar yang dikencangkan. Oleh sebab itu pada struktur gantung, jembatan rangka batang, ikatan angin dapat bekerja efektif sebagai batang tarik, dan sekaligus mempertahankan geometrinya untuk tetap lurus.



Gambar 7.3. Rangka Batang struktur jembatan [11]

Sambungan pada rangka batang biasanya berupa lubang-lubang yang diisi baut. Baut tersebut berada di ujung-ujung sambungan pada rangka batang untuk menyambungkan antar rangka. Untuk itu sebaiknya perencanaan batang tarik dan sambungannya harus bersamaan, sebab saling berhubungan.

1. Reduksi luas penampang

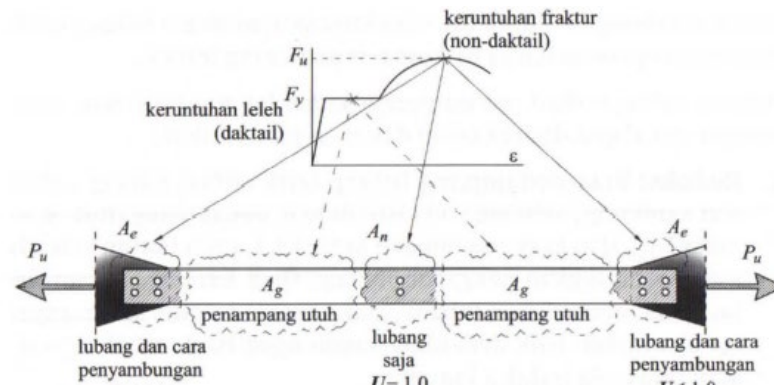
Penampang diberi lubang membuat luas penampang menjadi berkurang. sehingga ada istilah luas penampang utuh atau *gross* (A_g) dan luas penampang netto (A_n), yaitu luasan setelah dikurangi lubang. Karena sambungan las tidak memerlukan lubang, maka secara teoritis sambungan las akan lebih baik dibanding sambungan baut, sebab $A_n = A_g$ atau tidak ada reduksi luasan.

2. Efektivitas Sambungan

Agar gaya dapat disalurkan maka elemen batang harus disambung ke bagian elemen yang lain. Untuk kemudahan pelaksanaan atau keterbatasan alat sambungnya, maka bidang permukaan penampang batang tarik tersebut tidak semuanya tersambung secara sempurna. Sehingga menimbulkan aliran tegangan yang tidak merata yang disebut efek *shear lag* yang harus diperhitungkan[4] .

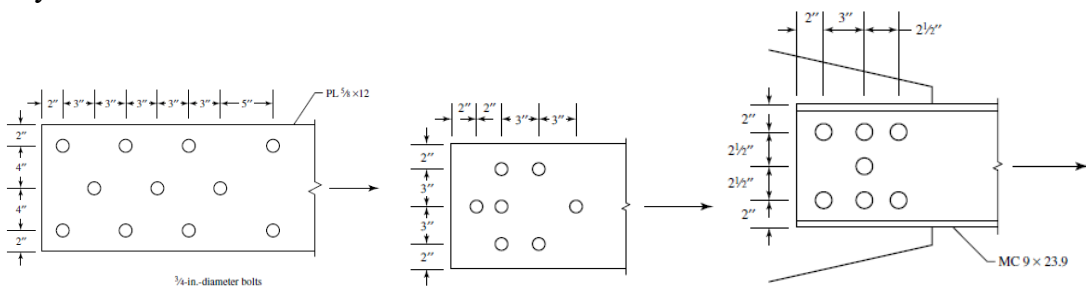
Ketentuan diatas berlaku pada batang tarik.

Konsep perencanaan batang tarik dapat digambarkan sebagai berikut

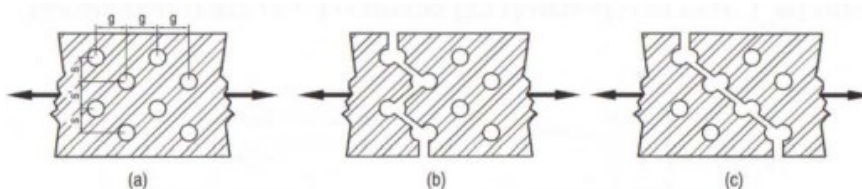


Gambar 7.5. Konsep perencanaan batang Tarik [4]

Diameter lubang baut relatif kecil dibanding dimensi penampang, tetapi jika jumlahnya banyak dan berdekatan tentu berpengaruh. Lubang-lubang segaris, tegak lurus arah gaya, maka A_n adalah luas penampang terkecil pada potongan dengan lubang terbanyak. Pada kasus lain, jika jumlah baut-bautnya banyak, penempatan lubang dapat memakai pola *staggered* atau zigzag. Agar dengan luasan sama, dapat memuat lebih banyak baut.



Gambar 7.6. Contoh pelubangan staggered untuk baut [1]

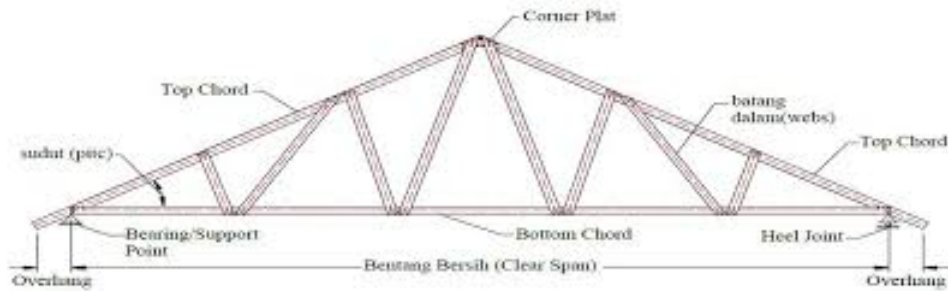


Gambar 7.7. Contoh keruntukan pada lubang *staggered* [4]

Pola keruntukan yang harus dihitung dalam perencanaan batang tarik ada 3, yaitu:

- Pola keruntukan leleh $\rightarrow \phi P_n = 0.9 \times A_g \times f_y$
- Pola keruntukan fraktur $\rightarrow \phi P_n = 0.75 \times A_e \times f_u$
- Geser blok, yaitu pola kegagalan geser pada baut

Perencanaan batang tarik baja harus memenuhi ketiga kondisi tersebut yaitu kapasitas profil dan bautnya. Meskipun batang tarik bisa dibuat sekecil mungkin dan optimal, tetapi kekuatannya ditentukan juga oleh sistem sambungan yang digunakan. Jika dipakai sambungan baut mutu tinggi, ada bagian dari batang tarik tersebut yang dilubangi dan itu mempengaruhi kekuatan batang tarik. Pengaruh adanya lubang pada batang tarik masuk pada parameter luas penampang netto (A_n). Selain itu cara batang tarik disambung, apakah semua elemen dapat tersambung baik atau hanya sebagian saja, dapat menyebabkan efek shear lag yang mengurangi kapasitasnya. Pengaruhnya diperhitungkan memakai parameter luas penampang efektif (A_e). [6]



Gambar 7.8. Contoh rangka batang yang biasa digunakan untuk kuda-kuda atap [4]

7.2.3. Batang Tekan

Batang tekan merupakan suatu komponen struktur yang memikul beban aksial tekan sentris tepat pada titik berat penampang atau pada kolom dengan gaya aksial saja. Momen akan tetap timbul pada tumpuan jika terdapat ketidak lurusan batang atau ketidak tepatan pembebanan. Namun dapat diabaikan jika relatif kecil.

Parameter material pada batang tekan hanya f_y yang harus diperhatikan sedangkan f_u jarang tercapai. Parameter geometri atau konfigurasi bentuk fisik juga mempengaruhi batang tekan, yaitu luas penampang, pengaruh bentuk penampang terhadap kekakuan lentur (I_{min}) dan panjang batang dan kondisi pertambahan atau tumpuan, yang diwakili oleh panjang efektif (KL) atau dapat disimpulkan pengaruh parameter geometri merupakan rasio kelangsingan batang (KL/r_{min}) dimana r_{min} adalah radius girasi pada arah tekuk.

Komponen struktur tekan perlu dianalisa untuk diketahui apakah penampang diklasifikasikan ke dalam penampang tidak langsing atau langsing dengan cara mengevaluasi rasio lebar-tebal (b/t) tiap elemen-elemen penampang.

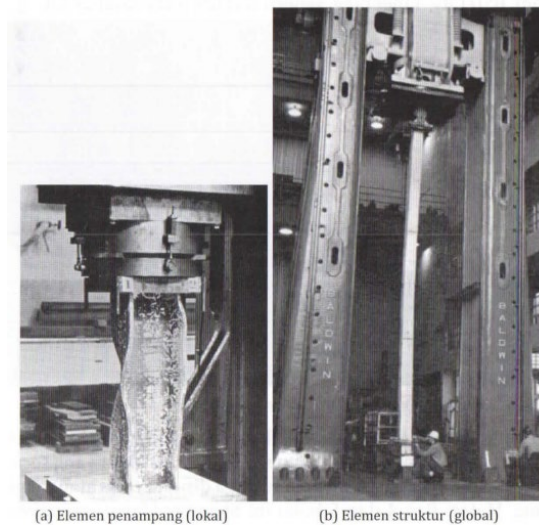
Tabel 7.3. Klasifikasi elemen pada batang tekan aksial [8]

Kelas	Deskripsi Elemen	Rasio Lebar terhadap Tebal	Batas Rasio Lebar terhadap Tebal _u (nonlangsing/langsing)	Contoh
Elemen tidak diperkaku	1 Sayap Profil I gilas panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I gilas panas, kaki berdiri bebas dari sepasang siku disambung dengan kontak menerus, sayap kanal dan sayap T	b/t	$0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	2 Sayap profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun	b/t	$0,64 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ [a]	
	3 Kaki siku tunggal, kaki siku ganda dengan pemisah, dan semua elemen tidak diperkaku lainnya	b/t	$0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	4 Badan T	d/t	$0,75 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
Elemen diperkaku	5 Badan profil I simetris ganda dan penampang profil I tersusun dan kanal	h/t_w	$1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	6 Dinding PSR persegi panjang	b/t	$1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	7 Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara baris-baris pengencang atau las	b/t	$1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	8 Semua elemen diperkaku lainnya	b/t	$1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	9 PSR bulat	D/t	$0,11 \frac{E}{f_y}$	

[a] $k_c = 4 \sqrt{h/t_w}$, tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,35 atau lebih besar dari 0,76 dalam perhitungan.

Syarat kestabilan dalam mendesain komponen struktur tekan sangat perlu diperhatikan, mengingat adanya bahaya tekuk (*buckling*) pada komponen-komponen tekan yang langsing [9].

Tekuk merupakan suatu proses dimana struktur tidak mampu mempertahankan bentuk aslinya akibat pembebanan yang berlebih. Tekuk dapat dibedakan menjadi dua, yaitu tekuk lokal pada elemen penampang dan tekuk global pada kolom atau batang tekan secara menyeluruh. Tekuk hanya terjadi pada elemen langsing dan menerima gaya tekan.

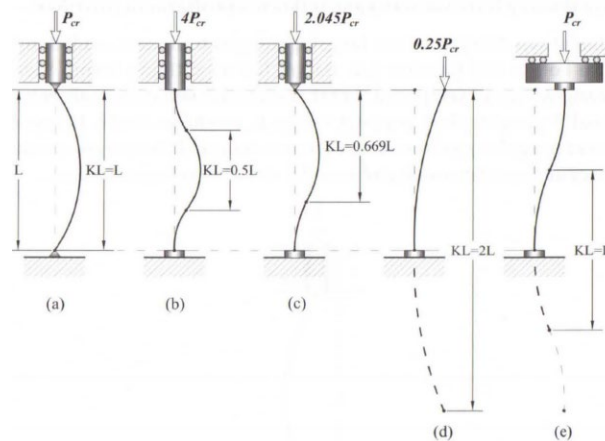


Gambar 7.9. Fenomena *buckling* pada kolom baja [4]

Dalam memprediksi kekuatan kolom diperlukan panjang efektif kolom atau KL dengan cara mencari bentuk tekuk yang berkesesuaian dengan rumus Euler menjadi: [1]

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{KL^2}$$

Kemudian disederhanakan pada ilustrasi berikut sesuai tipe perletakkannya.



Gambar 7.10. Konsep panjang efektif dan daya dukung kolom [4]

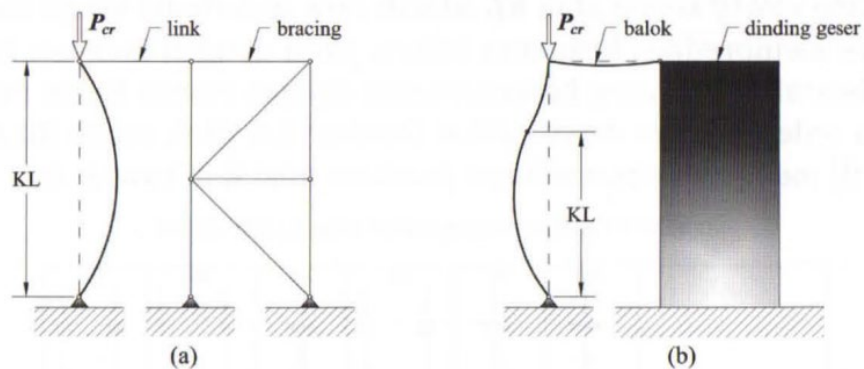
Penentuan nilai K untuk kolom berdiri sendiri dapat dilihat pada gambar berikut.

TABLE C-C2.2 Approximate Values of Effective Length Factor, K						
Buckled shape of column is shown by dashed line.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code						

Gambar 7.11. Panduan nilai K (faktor panjang efektif) [6]

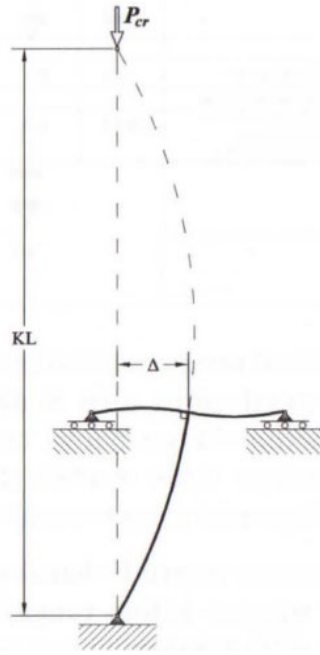
Dalam hal ini, struktur dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori berdasarkan nilai K , yaitu:

- Rangka tidak bergoyang: $0,5 \leq K \leq 1,0$
Terjadi jika nodal ujung-ujung kolom tidak berpindah saat dibebani.



Gambar 7.12. Rangka tidak bergoyang [4]

- Rangka bergoyang: $1,0 \leq K \leq \infty$
Terjadi jika nodal mengalami perpindahan saat dibebani.

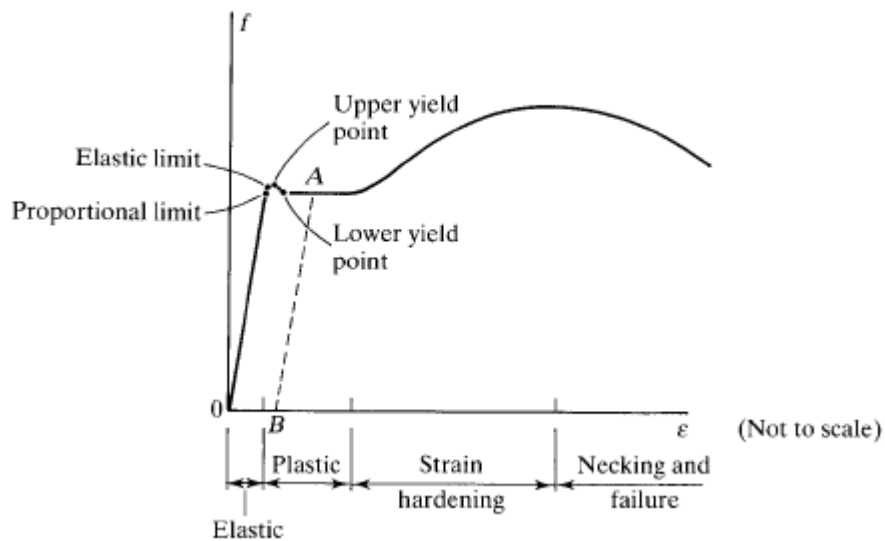


Gambar 7.13. Rangka bergoyang [4]

7.2.4. Balok Lentur

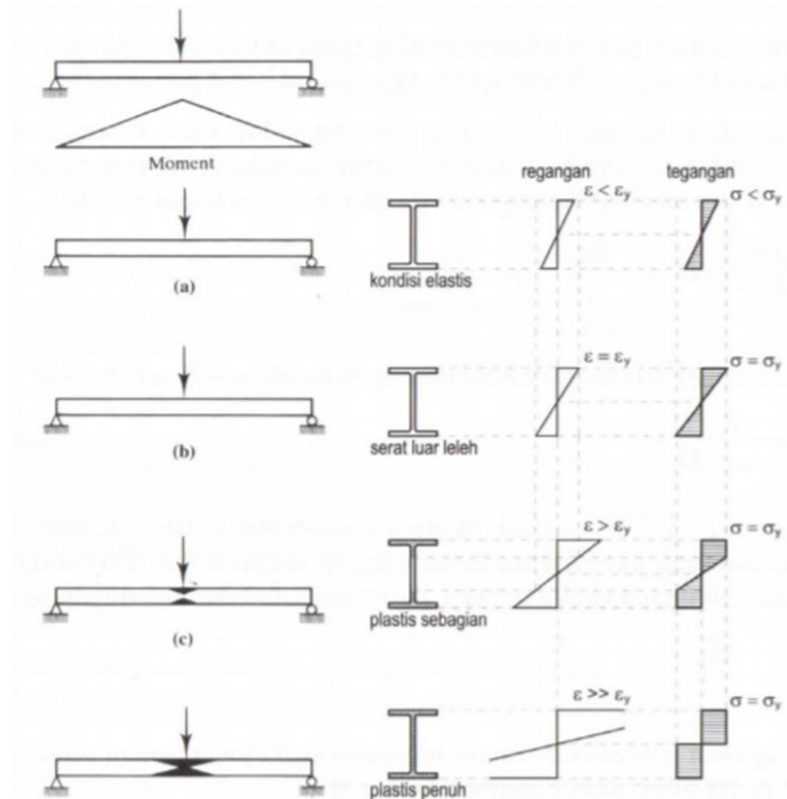
Untuk menentukan kekuatan balok lentur adalah menentukan perilaku patah elemen struktur bila dibebani. Seperti yang ditunjukkan oleh kurva tegangan-regangan ketika mencari sifat mekanik suatu material, perilaku elemen tegangan-tarik relatif sederhana. Dalam kasus deformasi yang sangat besar di bawah kondisi beban konstan, kekuatan tarik tergantung pada tegangan leleh (F_y). Kekuatan tarik pada kondisi ini sangat penting dalam menentukan daktilitas suatu struktur. [4]

Dalam kondisi leleh dan pembebanan tetap ditambahkan, maka material akan meningkatkan daya dukung (*strain-hardening*), tetapi pada akhirnya akan mencapai kekuatan maksimumnya jika dipaksa sepanjang fenomena *necking* (luas penampang menyusut) sehingga pada akhirnya apabila dipaksa akan mencapai kekuatan ultimit (F_u). Setelah itu, terjadinya keretakan (retak) mulai muncul dan akhirnya rusak (rapuh).



Gambar 7.14. Perilaku keruntuhan batang tarik baja daktil [1]

Perilaku plastis balok lentur dapat dilihat ketika momen ditingkatkan, tegangan serat luar mencapai tegangan leleh. Pada saat terjadi plastis, maka terjadi deformasi permanen. Perilaku balok penampang kompak dan ikatan lateral cukup yang dibebani sampai terjadi penampang plastis. [4]



Gambar 7.15. Pembebanan Elastis Akibat Momen [4]

Kondisi elastis berakhir pada saat serat terluar mencapai leleh (F_y) akibat momen (M_y) (Gambar 7.15) Selain itu, perilaku plastik dimulai. Jika terus ditekankan, tegangannya konstan (F), tetapi ada peningkatan deformasi (rotasi) dan perambatan tegangan leleh ke serat lain. Akhirnya, semua bagian mengalami leleh dan dibentuk oleh penampang plastis (Gambar 7.15). Kekakuan lentur sudah tidak ada dalam kondisi tersebut. Sehingga jika sedikit beban ditambahkan, maka akan menimbulkan rotasi yang besar. Perilaku seperti itu juga disebut sebagai pembentukan sendi plastis.

M_y adalah momen balok yang menyebabkan serat penampang sisi luar tepat mencapai leleh. Parameternya adalah S_x atau modulus penampang elastis sehingga $M_y = S_x \cdot F_y$. Adapun M_p adalah momen balok yang menyebabkan adanya penampang plastis. Parameternya adalah Z_x atau modulus penampang plastis sehingga $M_p = Z_x \cdot F_y$. Terkait fenomena elastis-plastis balok, plastis mulai terbentuk.

7.2.5. Sambungan

Struktur baja terdiri dari elemen-elemen kecil berupa profil baja dengan bentuk dan ukuran relatif yang digabung satu dengan lainnya hingga membentuk elemen struktur yang lebih besar. Proses penggabungan di bengkel kerja dilakukan dengan alat bantu yang presisi, serta mudah diawasi agar mutunya terkontrol. Elemen struktur ini diangkut ke lapangan untuk kemudian dirakit sesuai rencana setelah selesai dirakit. Terdapat dua jenis sambungan yang umum digunakan yaitu baut dan las. Penggunaan baut mutu tinggi [10] dipasang dengan kunci pas biasa tanpa prategang (mekanisme tumpu).

Bentuk dan ukuran lubang baut yang dipilih sangat penting dalam penentuan kinerjanya, khususnya untuk sambungan tipe geser. Adanya ukuran lubang yang sedikit lebih besar merupakan penyebab terjadinya slip pada sambungan tipe geser ini.

Esensi penting perencanaan sambungan adalah dapat memastikan elemen-elemen yang disambung memenuhi kriteria perencanaan. Bagian paling menentukan adalah alat sambung itu sendiri, yang relatif terbatas dan tertentu, yaitu baut. Meskipun distribusi gaya-gaya yang bekerja bervariasi, sesuai konfigurasi dari tata letaknya, tetapi untuk perencanaan dianggap terbagi rata pada semua baut. Asumsi ini bisa dan benar jika baut tidak hanya kuat dan kaku tetapi juga harus bersifat duktail. Perilaku duktail menyangkut kondisi inelastis-nonlinier, tidak tergantung dari material penyusunnya saja, tetapi juga proses selama pembuatannya. Itu alasan mengapa sistem sambungan struktur utama hanya boleh dengan baut mutu tinggi.

Sambungan las adalah sambungan antara dua atau lebih permukaan logam dengan cara mengaplikasikan pemanasan lokal pada permukaan benda yang disambung. Perkembangan teknologi pengelasan saat ini memberikan alternatif yang luas untuk penyambungan komponen mesin atau struktur. Las (welding) jika dilakukan secara benar, merupakan suatu cara penyambungan logam yang relatif sempurna. Logam sambungan seakan-akan menjadi seperti satu kesatuan lagi. Oleh karena itu las menjadi satu-satunya cara yang dipakai untuk menyambung pipa logam [6]. Perencanaan kedua jenis sambungan ini perlu didesain dengan berbagai pertimbangan sesuai dengan aturan yang berlaku agar dapat mempertahankan konsep keselamatan dan berkelanjutan.

7.3. Penutup

Berdasarkan hasil pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa elemen dari struktur baja terdiri dari elemen-elemen dan perannya dalam struktur bangunan sebagai berikut:

1. Batang tarik
Sebagai penahan bentuk geometri struktur. Pada perencanaan batang tarik harus memenuhi kondisi dari pola keruntuhan leleh, fraktur, dan geser blok.
2. Batang tekan
Sebagai pemikul beban tekan sentris pada titik berat penampang dengan syarat kestabilan yang perlu diperhatikan karena adanya bahaya tekuk (buckling)
3. Balok lentur
Dalam balok lentur perlu dipertimbangkan kekuatan tarik balok karena sangat menentukan daktilitas suatu struktur.
4. Sambungan
Pada sambungan terdapat jenis sambungan menggunakan baut dan las akibat adanya keterbatasan ukuran yang dapat dibawa oleh moda transportasi, sehingga dilakukan penyambungan bagian-bagian baja. Sambungan baut umumnya dipakai dalam rangka batang yang dipasang dengan kunci pas biasa tanpa prategang dengan beban statis dan tanpa getaran. Sambungan las memberikan alternatif yang luas untuk penyambungan komponen mesin atau struktur dan tergolong cara penyambungan logam yang relatif sempurna jika dilakukan secara benar.

7.4. Referensi

- [1] W. T. Segui, *Steel Design* (5th ed.), 2012.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1727: Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, Jakarta, 2020.
- [3] American Society of Civil Engineers, *ASCE/SEI 7-16: Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*, 2017.

- [4] W. Dewobroto, *Struktur Baja Perilaku Analisis & Desain - AISC 2010*, Lumina Press, 2015.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1726: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*, Jakarta, 2019.
- [6] American Institute for Steel Construction, *Specification for Structural Steel Buildings*, 2020.
- [7] E. Mulyandari, “Mengenal Bagian Struktur Atap Baja,” 22 Juli 2010. [Online]. Available: <https://ernimulyandari.wordpress.com/2010/07/22/mengenal-bagian-struktur-atap-baja/>. [Accessed 7 September 2021].
- [8] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1729: Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, Jakarta, 2020.
- [9] A. Setiawan, *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*, Jakarta, 2008.
- [10] ASTM A325-14, *Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated 120/105 ksi Minimum Tensile Strength*, ASTM International, 2014.

7.5. Penulis

Ir. Dewi Linggasari, M.T. Lulus Sarjana Teknik Sipil Universitas Tarumanagara, Desember 1984, Lulus magister Teknik Sipil Untar 2004, menjadi dosen Universitas Tarumanagara tahun 1985. Bekerja di PT. Dacrea pada 1984–1986. Menjabat sebagai Structural Engineer pada Pelabuhan Laut Balik Papan dan Banjarmasin bersama PT. Diagram dan Pacific Consultant Engineer (Japan) pada tahun 1984–1985. Tahun 1985–1986 melakukan *review* ulang drainase Bandar Udara Soekarno-Hatta. Menjabat sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Sipil periode 2012–2018 dan Sekretaris Program Studi Sarjana Teknik Sipil periode 2018 sampai sekarang di Universitas Tarumanagara. Mengajar mata kuliah Struktur Baja.

Vincent. Mahasiswa angkatan 2018 yang sedang menempuh pendidikan di Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara. Pada saat ini sedang menjalani semester 7 mengambil kerja praktik dan magang.

Kharistio Xavira. Mahasiswa angkatan 2018 yang sedang menempuh pendidikan di Program Studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Tarumanagara. Saat ini aktif dalam organisasi IMASTA sebagai anggota dan sedang kerja praktik bangunan bertingkat.