

ANALISA SAMBUNGAN BATANG TARIK STRUKTUR BAJA DENGAN METODE ASD DAN METODE LRFD

Ghinan Azhari¹

Jurnal Konstruksi
Sekolah Tinggi Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia
Email : jurnal@sttgarut.ac.id

¹azharighinan@gmail.com

Abstrak – Analisa ini memberikan penjelasan mengenai sambungan batang tarik dengan berdasarkan metode tegangan kerja (*Allowable Stress Design, ASD*) dan berdasarkan metode beban terfaktor (*Load and Resistance Factor Design, LRFD*). Metode ASD dalam perencanaan struktur baja telah cukup lama digunakan, namun beberapa tahun terakhir metode desain dalam struktur baja mulai beralih ke metode lain yang lebih rasional, yakni metode LRFD. Metode ini didasarkan pada ilmu probabilitas, sehingga dapat mengantisipasi segala ketidakpastian dari material maupun beban. Oleh karena itu metode LRFD ini dianggap cukup andal. Metode LRFD untuk perencanaan struktur baja yang diatur dalam SNI 03-1729-2002, berdasarkan pada metode FOSM. Batang tarik umumnya terdapat pada struktur rangka batang, batang tarik ini sangat efektif dalam memikul beban. Batang ini dapat terdiri dari profil tunggal ataupun profil-profil tersusun. Dalam menentukan kekuatan nominal penampang suatu batang tarik, harus ditinjau terhadap tiga macam kondisi keruntuhan yang menentukan, yaitu kondisi leleh dari luas penampang kotor/bruto, di daerah yang jauh dari sambungan, kondisi fraktur/putus dari luas penampang efektif pada daerah sambungan, serta kondisi geser blok pada sambungan. Faktor tahanan komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial harus kuat terhadap tarik leleh dan terhadap kuat tarik fraktur. Luas penampang netto batang tarik yang disambung dengan paku keling (*rivet*) atau baut (*bolt*) harus dilubangi. Ini mengakibatkan berkurangnya luas penampang yang dibutuhkan untuk memikul gaya tarik, sehingga kekuatan tarik batang akan berkurang, SNI 03-1729-2002 menyebutkan dalam suatu potongan jumlah luas lubang tidak boleh melebihi 15% luas penampang utuh. Dalam metode LRFD untuk menentukan kekuatan nominal penampang suatu batang tarik, harus ditinjau terhadap tiga macam kondisi keruntuhan yang menentukan dari kondisi leleh geser dari luas penampang kotor/bruto, kondisi fraktur/putus dari luas penampang efektif pada daerah sambungan, kondisi geser blok pada sambungan dan dari ketiga kondisi keruntuhan tersebut diambil nilai terkecil yaitu 114 kN. Untuk metode ASD kekuatan batang tarik pada beban maksimum yang dapat dipikul kurang dari 6,3 ton, dan untuk pembebanan sementara kurang dari 8,2 ton.

Kata Kunci – *Allowable Stress Design (ASD)*, *Load and Resistance Factor Design (LRFD)*, batang tarik

I. PENDAHULUAN

Dua metode yang sering digunakan dalam perencanaan struktur baja adalah perencanaan berdasarkan tegangan kerja/*working stress design (Allowable Stress Design/ASD)* dan perencanaan kondisi batas/*limit states design (Load and Resistance Factor Design/LRFD)*. Metode ASD dalam perencanaan struktur baja telah digunakan dalam kurun waktu kurang lebih 100 tahun. Dan dalam 20 tahun terakhir prinsip perencanaan struktur baja mulai beralih ke konsep LRFD yang jauh lebih rasional dengan berdasarkan pada konsep probabilitas. Untuk lebih memahami latar belakang pengembangan metode LRFD dengan ilmu probabilitas. Dalam metode LRFD tidak diperlukan analisa probabilitas secara penuh, terkecuali untuk situasi-situasi tidak umum yang tidak diatur

dalam peraturan. Oleh karena itu metode LRFD ini dianggap cukup andal. Metode LRFD untuk perencanaan struktur baja yang diatur dalam SNI 03-1729-2002.

Ada beberapa tingkatan dalam desain probabilitas. Metode probabilitas penuh *Fully Probabilistic Method* merupakan cara analisa yang paling kompleks. Metode probabilitas penuh memerlukan data-data tentang distribusi probabilitas dari tiap-tiap variabel acak (seperti tahanan, beban dan lain-lain) serta korelasi antar variabel tersebut. Metode *First-Order Second Moment* (FOSM) yang menggunakan karakteristik statistik yang lebih mudah dari tahanan dan beban. Metode ini mengasumsikan bahwa beban Q dan tahanan R saling bebas secara statistik. Metode LRFD untuk perencanaan struktur baja yang diatur dalam SNI 03-1729-2002, berdasarkan pada metode FOSM.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Konsep Dasar Perencanaan.

Dalam struktur baja ada dua konsep dasar perencanaan, yaitu perencanaan berdasarkan beban terfaktor (*Load and Resistance Factor Design/LRFD*) dan perencanaan berdasarkan tegangan kerja (*Allowable Stress Design/ASD*).

1. Perencanaan Berdasarkan LRFD

Secara umum suatu struktur dikatakan aman apabila memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i$$

Dimana, R_n = tahanan nominal
 ϕ = faktor tahanan
 γ_i = faktor beban
 Q_i = beban mati, beban hidup, angin dan gempa.

Kombinasi muatan (SNI 03-1729-2002, 6.2.2),

- 1,4 D .
- 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_a atau H).
- 1,2 D + 1,6 (L_a atau H) + ($\gamma_L L$ atau 0,8 W).
- 1,2 D + 1,3 W + $\gamma_L L$ + 0,5 (L_a atau H).
- 1,2 D ± 1,0 E + $\gamma_L L$.
- 0,9 D ± (1,3 W atau 1,0 E).

Keterangan:

- D = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap.
- L = beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.
- L_a = beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
- H = beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.
- W = beban angin.
- E = beban gempa, yang ditentukan menurut SNI 03-1726-2002.

Dengan,

$\gamma_L = 0,5$ bila $L < 5$ kPa, dan $\gamma_L = 1$ bila $L \geq 5$ kPa.

Faktor beban untuk L di dalam kombinasi pembebanan pada persamaan harus sama dengan 1,0

untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah dimana beban hidup $> 5 \text{ kPa}$ (500 kg/m^2). Dari enam kombinasi muatan diatas dipilih beban kerja yang paling menentukan (paling besar).

2. Perencanaan Berdasarkan ASD

Perencanaan dalam struktur baja harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Untuk pembebanan tetap,

$$\sigma \leq \frac{f_y}{1,5}$$

- Akibat pembebanan sementara,

$$\sigma \leq (1,3) \frac{f_y}{1,5}$$

Pada bagian kanan persamaan menggambarkan kekuatan bahan, dimana f_y adalah tegangan leleh baja sesuai mutu baja, dan sebelah kiri menggambarkan tegangan yang terjadi yang dihasilkan sejumlah beban (beban mati, hidup, angin dan/atau gempa dan lain-lain) yang bekerja.

Kombinasi muatan (PPPURG 1987),

- a. Pembebanan tetap,

$$D + L$$

- b. Pembebanan sementara,

$$D + L + W$$

$$D + L + E$$

Keterangan:

D = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap.

L = beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

W = beban angin.

E = beban gempa, yang ditentukan menurut (SNI 03-1726-2002).

III. METODE PENELITIAN

A. Kekuatan Tarik Nominal Metode LRFD

Dalam menentukan kekuatan nominal penampang suatu batang tarik, harus ditinjau terhadap tiga macam kondisi keruntuhan yang menentukan, yaitu :

- a. Kondisi leleh dari luas penampang kotor/bruto, didaerah yang jauh dari sambungan.
- b. Kondisi fraktur/putus dari luas penampang efektif pada daerah sambungan.
- c. Kondisi geser blok pada sambungan.

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor N_u harus memenuhi:

$$N_u \leq \phi N_n$$

Dimana,

N_n = kekuatan nominal penampang.

ϕ = faktor tahanan/reduksi

1. Pada kondisi leleh dari luas penampang bruto

Bila kondisi leleh yang menentukan, maka kekuatan nominal N_n dari batang tarik harus memenuhi persamaan berikut,

$$N_n = A_g \cdot f_y$$

Dimana,

A_g = luas penampang bruto (mm^2)

f_y = tegangan leleh sesuai mutu baja (MPa)
 Pada kondisi ini faktor tahanan adalah $\phi = 0,90$

2. Pada kondisi fraktur/putus dari luas penampang efektif/netto pada sambungan

Pada batang tarik yang mempunyai lubang, pada daerah penampang yang berlubang tersebut bentuk tegangan tarik tidak linear, terjadi konsentrasi tegangan pada tepi lubang.

Apabila kondisi fraktur/putus yang menentukan maka kekuatan nominal tarik (N_n) tersebut harus memenuhi persamaan sebagai berikut,

$$N_n = A_e \cdot f_u \quad 5$$

Dimana,

A_e = luas penampang efektif/netto (mm^2)

f_u = tegangan putus sesuai mutu baja (Mpa).

Pada kondisi ini faktor tahanan adalah $\phi = 0,75$.

3. Kekuatan Tarik Nominal Metode ASD

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial N harus memenuhi :

- Untuk pembebanan tetap,
 $\sigma \leq (0,75) \cdot f_y/1,5$
- Akibat pembebanan sementara,
 $\sigma \leq (0,75) \cdot (1,3) f_y/1,5$

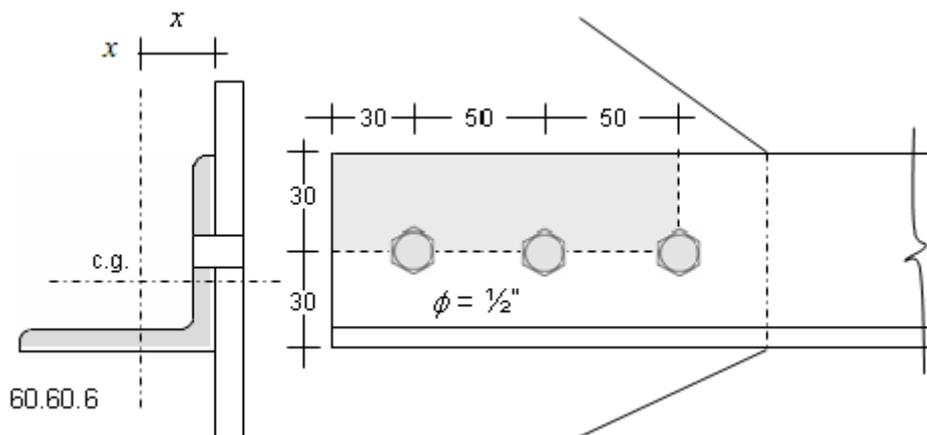
Dimana,

σ = tegangan tarik beban kerja.
 $= N_n/A_g$ (ditempat sambungan A_{net}).

0,75 = faktor tahanan yang diberikan apabila penampang berlubang memikul gaya tarik, (ditempat sambungan, ditempat lain = 1,0).

f_y = tegangan leleh sesuai mutu baja (MPa).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Sambungan Batang Tarik B_J...

Data-data :

Mutu baja BJ-34, $f_y = 210$ Mpa, $f_u = 340$ Mpa

Baut $\frac{1}{2}$ ", $d_n = 12,7$ mm, lubang $d = 12,7$ mm + 2 mm = 14,7 mm

$x = e = 16,9$ mm, luas profil bruto $A_g = 6,91$ $\text{cm}^2 = 691$ mm^2 , $i_x = i_y = r = 1,82$ cm

Panjang batang tarik, $L_k = 2,50$ m

A. Metode LRFD

Faktor tahanan komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial (tabel 6.4.2 SNI 03-1729-2002),

- terhadap kuat tarik leleh $\phi = 0,90$
- terhadap kuat tarik fraktur $\phi = 0,75$

1. Kekuatan tarik nominal terfaktor (Nu)

Kekuatan tarik nominal terfaktor dihitung sebagai berikut:

a). Kondisi leleh

$$Nu \leq \phi N_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,90 \cdot (691 \text{ mm}^2) \cdot (210 \text{ Mpa}) = 130599 \text{ N} = 130,6 \text{ kN}$$

b). Kondisi fraktur/putus terletak pada sambungan

Luas penampang netto (potongan melalui satu lobang paku),

$$A_{net} = (691 \text{ mm}^2) - (14,7 \text{ mm}) \cdot (6 \text{ mm}) = 602,8 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto efektif,

$$U = 1 - (x/L) \leq 0,9$$

$$= 1 - (16,9/100) = 0,831 < 0,9$$

Maka,

$$A_e = U \cdot A_{net} = 0,831 \cdot (602,8 \text{ mm}^2) = 500,93 \text{ mm}^2$$

$$\phi N_n = \phi \cdot A_e \cdot f_u = 0,75 \cdot (500,93 \text{ mm}^2) \cdot (340 \text{ Mpa}) = 126737 \text{ N} = 127,7 \text{ kN}$$

c). Kondisi geser blok

Luas,

$$A_{gt} = (6 \text{ mm}) \cdot (30 \text{ mm}) = 180 \text{ mm}^2$$

$$A_{gv} = (6 \text{ mm}) \cdot (130 \text{ mm}) = 780 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = (180 \text{ mm}^2) - \frac{1}{2} \cdot (14,7 \text{ mm}) \cdot (6 \text{ mm}) = 135,9 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = (780 \text{ mm}^2) - 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot (14,7 \text{ mm}) \cdot (6 \text{ mm}) = 559,5 \text{ mm}^2$$

$$f_u \cdot A_{nt} = (340 \text{ Mpa}) \cdot (135,9 \text{ mm}^2) = 58701 \text{ N} = 5,8 \text{ ton}$$

$$0,6 f_u A_{nv} = 0,6 \cdot (340 \text{ Mpa}) \cdot (559,5 \text{ mm}^2) = 114138 \text{ N} = 11,4 \text{ ton.}$$

$$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 f_u \cdot A_{nv}$$

Maka kekuatan tarik nominal,

$$N_n = 0,6 f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt} = 114138 + (210 \text{ Mpa}) \cdot (180 \text{ mm}^2) = 151938 \text{ N}$$

Kekuatan tarik nominal terfaktor,

$$\phi N_n = 0,75 \cdot (151938 \text{ N}) = 113953,5 \text{ N} = 114 \text{ kN}$$

Yang menentukan adalah yang terkecil dari ketiga kondisi tersebut, yaitu $N_u \leq \phi N_n = 114 \text{ kN}$ atau

$$N_u \leq \phi N_n = 11,4 \text{ ton.}$$

2. Kelangsingan

Kelangsingan batang tarik dihitung sebagai berikut,

$$\lambda = L_k/r = 250/1,82 = 137 < 240 \text{ (memenuhi)}$$

3. Luas penampang netto minimum

Luas penampang minimum (SNI 03-1729-2002 fs.10.2.2.),

$$A_{net} > 85 \% A_g = 0,85 \cdot (691 \text{ mm}^2) = 587,35 \text{ mm}^2 < 602,8 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Luas penampang netto yang terjadi masih di atas syarat luas penampang minimum

B. Metode ASD

Luas penampang netto (potongan melalui satu lobang),

$$A_{net} = (691 \text{ mm}^2) - (14,7 \text{ mm}) \cdot (6 \text{ mm}) = 602,8 \text{ mm}^2$$

Faktor tahanan 0,75 untuk penampang batang tarik berlobang

Kekuatan batang tarik dihitung sebagai berikut,

a. Pembebanan Tetap.

$$\sigma \leq (\text{faktor tahanan}) \cdot \frac{f_y}{1,5}, \text{ atau}$$

$$\frac{P}{A_{net}} \leq (0,75) \cdot \frac{f_y}{1,5}, \text{ atau}$$

$$P \leq (0,75) \cdot (602,8 \text{ mm}^2) \cdot \frac{210 \text{ MPa}}{1,5} = 63294 \text{ N} = 63,3 \text{ kN} = 6,3 \text{ ton}$$

b. Pembebanan Sementara

$$\sigma \leq (\text{faktor tahanan}) \cdot (1,3) \cdot \frac{f_y}{1,5}, \text{ atau}$$

$$\frac{P}{A_{net}} \leq (0,75) \cdot (1,3) \cdot \frac{f_y}{1,5}, \text{ atau}$$

$$P \leq (0,75) \cdot (602,8 \text{ mm}^2) \cdot (1,3) \cdot \frac{210 \text{ MPa}}{1,5} = 82282,2 \text{ N} = 82,3 \text{ kN} = 8,2 \text{ ton}$$

Maka, untuk pembebanan tetap, beban maksimum yang dapat dipikul kurang dari 6,3 ton, dan untuk pembebanan sementara kurang dari 8,2 ton.

V. PENUTUP

9

a. Kesimpulan

Dalam struktur baja ada dua konsep dasar perencanaan, yaitu perencanaan berdasarkan tegangan kerja (*Allowable Stress Design*, ASD) dan perencanaan berdasarkan beban terfaktor (*Load and Resistance Factor Design*, LRFD). Dalam metode LRFD untuk menentukan kekuatan nominal penampang suatu batang tarik, harus ditinjau terhadap tiga macam kondisi keruntuhan yang menentukan, yaitu kondisi leleh dari luas penampang kotor/bruto yang dihasilkan sebesar 130,6 kN, kondisi fraktur/putus dari luas penampang efektif pada daerah sambungan sebesar 127,7 kN, serta kondisi geser blok pada sambungan sebesar 114 kN, dan diambil nilai kekuatan nominal terkecil yaitu 114 kN. Untuk metode ASD kekuatan batang tarik ditentukan dengan pembebanan tetap pembebanan sementara. Maka untuk pembebanan tetap, beban maksimum yang dapat dipikul kurang dari 6,3 ton, dan untuk pembebanan sementara kurang dari 8,2 ton.

b. Saran

Tahanan nominal suatu struktur tarik ditentukan oleh tiga macam tipe keruntuhan yakni leleh dari penampang bruto, fraktur dari penampang efektif dan geser blok pada sambungan. Sedapat mungkin dalam mendesain suatu komponen struktur tarik, keruntuhan yang terjadi adalah leleh dari penampang brutonya, agar diperoleh tipe keruntuhan yang daktail. Kinerja suatu batang tarik dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, namun hal yang perlu diperhatikan adalah masalah sambungan karena adanya sambungan pada suatu batang tarik akan memperlemah batang tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen PU; Pedoman Tata Cara Perhitungan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002
- [2] Departemen PU; 1987; Pedoman Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1987, Yayasan Penerbit PU; Jakarta
- [3] Setiawan, Agus; 2008; Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD; Penerbit Erlangga; Jakarta
- [4] Peraturan Perencanaan Bangunan Baja; 1987; Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- [5] Departemen PU; Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002; Jakarta