

PERENCANAAN ULANG DIMENSI STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA NAMU UKUR UTARA SEI BINGAI KABUPATEN LANGKAT

Dani Cahyadi¹, Laila Fadilah Rizki², Rhini Wulan Dary³

Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan^{1,2}, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan
Manajemen Rekayasa Konstruksi Gedung³, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan
danicahyadi@students.polmed.ac.id¹, lailafadilahrizki@students.polmed.ac.id²,
rhiniwulandary@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Pembangunan sarana transportasi, khususnya jembatan, memiliki peran krusial dalam perkembangan sumber daya manusia dan ekonomi. Jembatan memungkinkan jalan melintasi rintangan seperti sungai dan lembah, sehingga perencanaannya harus mempertimbangkan berbagai faktor termasuk kondisi lingkungan dan dana yang tersedia. Jembatan Namu Ukur Utara, yang dibangun pada tahun 1995 dengan standar peraturan lama, kini memerlukan perencanaan ulang akibat peningkatan volume kendaraan dan kerusakan yang terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung beban pada rangka, menentukan profil baja pada struktur atas Jembatan Namu Ukur Utara. Penelitian dilakukan dengan survei langsung ke tempat, *pre-eliminatory design*, menghitung dimensi, dan kontrol lendutan. Hasil penelitian ini didapatkan gelagar memanjang profil WF 800.300.26.14, gelagar melintang profil WF 900.300.28.16, rangka batang profil WF 350.350.22.14, ikatan angin profil L 80.80.10.

Kata Kunci : Perencanaan Ulang, Jembatan Rangka Baja, Struktur Atas

PENDAHULUAN

Jembatan Namu Ukur Utara merupakan jembatan rangka baja yang dibangun pada tahun 1995 menggunakan peraturan pembebanan lama yakni SKBI-1.3.28. 1987 tentang Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya. Jembatan ini sebagai salah satu prasarana transportasi yang sangat penting dalam mendukung kegiatan perekonomian dan pariwisata di daerah tersebut. Seiring bertambahnya tempat wisata di sekitar Jembatan Namu Ukur Utara maka volume kendaraan yang melintasi jembatan ini juga meningkat dan padat. Adapun sering terjadi kerusakan seperti retak dan berlobang menyebabkan kemacetan parah. Akibatnya sangat mengganggu kenyamanan pengendara yang melintas, sehingga dapat berdampak buruk bagi masyarakat luas.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini menggunakan peraturan yang berlaku yaitu SNI 1725-2016 tentang Pembebanan Untuk Jembatan dan Panduan Bidang Jalan & Jembatan No.02/M/BM/2021 tentang Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan yang dirancang oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga sebagai acuan dasar dalam perencanaan ulang dimensi jembatan rangka baja. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung beban pada rangka, menentukan profil baja pada struktur atas Jembatan Namu Ukur Utara.

TINJAUAN PUSTAKA

Definisi

Jembatan memiliki fungsi sebagai penghubung antara dua jalan yang terputus oleh satu rintangan, seperti lembah, sungai, danau dan saluran irigasi. Tujuan dari pembangunan jembatan ini adalah untuk mempermudah akses dan mobilitas antara dua area yang terpisah tersebut. Jembatan berguna untuk membantu kegiatan sehari-hari, oleh karena itu jembatan yang akan dibangun harus sesuai dan memenuhi syarat kekakuan, lendutan, dan ketahanan terhadap beban yang bekerja. Konstruksi suatu jembatan terdiri atas bangunan atas, bangunan bawah, dan pondasi. Bangunan atas dapat digunakan rangka baja ataupun balok *girder*, rantai, trotoar, dan sandaran. Sedangkan bangunan bawah berupa *abutment*. Pondasi dapat menggunakan pondasi tiang pancang ataupun sumuran, tergantung dari kondisi tanah dasarnya.

Jembatan rangka baja adalah struktur jembatan yang terdiri dari rangkaian batang – batang baja yang saling terhubung melalui pengelasan atau menggunakan baut. Beban – beban yang bekerja pada jembatan ini akan ditransfer atau didistribusikan melalui batang – batang baja tersebut. Gaya tekan dan tarik akan berlangsung melalui titik – titik sambungan. Garis netral batang akan bertemu pada titik sambungan yang harus saling bersilangan pada satu titik tertentu untuk menghindari terjadinya momen sekunder.

Jenis-jenis Jembatan

Bentuk dan jenis jembatan sangat dipengaruhi oleh lokasinya. Lokasi dipengaruhi oleh kondisi suatu daerah dan harus disesuaikan dengan kebutuhan masyarakat di daerah tersebut. Dengan kata lain, bentuk jembatan harus layak dan ekonomis. Berikut jenis – jenis jembatan berdasarkan fungsi, lokasi, bahan yang digunakan, dan strukturnya:

1. Jembatan dapat dibedakan sesuai dengan fungsinya sebagai berikut.
 - a. Jembatan jalan raya (*highway bridge*)
 - b. Jembatan jalan kereta api (*railway bridge*)
 - c. Jembatan pejalan kaki atau penyeberangan (*pedestrian bridge*)
2. Jembatan dapat dibedakan sesuai dengan lokasinya sebagai berikut.
 - a. Jembatan di atas sungai
 - b. Jembatan di atas danau
 - c. Jembatan di atas lembah
 - d. Jembatan di atas jalan raya (*fly over*)
 - e. Jembatan di atas saluran irigasi/drainase (*culvert*)
 - f. Jembatan di dermaga (*jetty*)
3. Jembatan dapat dibedakan sesuai dengan bahan digunakan sebagai berikut.
 - a. Jembatan kayu (*log bridge*)
 - b. Jembatan beton (*concrete bridge*)
 - c. Jembatan beton prategang (*prestressed concrete bridge*)
 - d. Jembatan baja (*steel bridge*)
 - e. Jembatan komposit (*composite bridge*)
4. Jembatan dapat dibedakan sesuai dengan strukturnya sebagai berikut.
 - a. Jembatan plat (*slab bridge*)
 - b. Jembatan plat rongga (*voided slab bridge*)
 - c. Jembatan gelagar (*girder bridge*)
 - d. Jembatan rangka (*truss bridge*)
 - e. Jembatan pelengkung (*arch bridge*)
 - f. Jembatan gantung (*suspension bridge*)
 - g. Jembatan kabel (*cable stayed bridge*)
 - h. Jembatan cantilever (*cantilever bridge*)

Tipe-tipe Jembatan Rangka Baja

Ada banyak tipe dan variasi jembatan rangka baja yang telah dikembangkan oleh para ahli. Beberapa contoh diantaranya yakni sebagai berikut:

1. Jembatan Rangka Baja tipe *Warren (Warren Truss)*
Tipe jembatan ini ditemukan oleh James Warren dan Willoughby Theobald Monzani pada tahun 1848 di Britania Raya.
2. Jembatan Rangka Baja tipe *Pratt (Pratt Truss)*
Tipe jembatan rangka batang ini ditemukan oleh Thomas dan Caleb Pratt pada tahun 1844.
3. Jembatan Rangka Baja tipe *Parker (Parker Truss)*
Tipe jembatan rangka tipe ini merupakan jembaran jenis *pratt* yang dimodifikasi oleh Charles H. Parker dengan batang atas yang bersudut (*polygound*) dan lurus pada rangka batang paling atas.
4. Jembatan Rangka Baja tipe *Howe (Howe Truss)*

Tipe jembatan rangka batang ini ditemukan oleh William Howe di Massachussetts pada tahun 1840 di Amerika Serikat. Jembatan ini kebalikan dari tipe *pratt* dimana elemen diagonalnya mengarah ke atas dan menerima tekanan sedangkan batang vertikalnya menerima tegangan.

Bagian – Bagian Dari Struktur Atas Jembatan Rangka Baja

Jembatan rangka tipe *warren* merupakan jembatan rangka baja yang sederhana dalam strukturnya dan penerapannya di lapangan. Struktur utama rangkanya dibuat trapesium dan rangka batangnya dibuat dalam bentuk segitiga sehingga struktur seperti ini akan stabil dalam menahan gaya aksial dan lateralnya. Batang – batang diagonal pada rangka utama dan ikatan angin berfungsi mengikat *joint – joint* pada batang utamanya sehingga menjadi batang yang stabil. Berikut ini adalah bagian – bagian jembatan rangka baja:

1. Struktur rangka batang
2. Gelagar memanjang (*Stringer*)
3. Gelagar melintang (*Cross Girder*)
4. Ikatan angin (*Lateral Bracing*)
5. Plat lantai (*Deck Plate*)
6. Tiang sandaran (*Railing*)
7. Plat buhul (*Gusset Plate*)
8. Lantai kendaraan
9. Lantai trotoar
10. *Bearing, Seismic Buffer, dan Lateral Stop*

Perencanaan Rangka Jembatan

Jembatan rangka baja merupakan suatu jembatan dengan sistem struktur utama berupa sistem rangka yang memikul beban dengan aksi tarik dan tekan. Beban-beban ini berasal dari sistem dek. Perencanaan rangka Jembatan Namu Ukur Utara menggunakan Panduan Bidang Jalan & Jembatan No.02/M/BM/2021 tentang Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan.

a. Tahanan Tarik

Tahanan tarik merupakan tahanan pada komponen struktur yang memikul beban tarik. Tahanan tarik ditinjau berdasarkan dua kondisi yaitu pada kondisi leleh dan kondisi fraktur.

Pilih nilai terkecil antara

$$P_r = \phi_y P_{ny} = \phi_y F_y A_g \quad (1)$$

Atau

$$P_r = \phi_u P_{nu} = \phi_u F_u A_n R_p U \quad (2)$$

Keterangan:

P_{ny} adalah tahanan aksial tarik nominal untuk pelelehan pada penampang bruto (N)

F_y adalah kuat leleh minimum yang dispesifikasikan (MPa)

A_g adalah luas bruto penampang dari komponen (mm^2)

P_{nu} adalah tahanan aksial tarik nominal untuk fraktur pada penampang neto efektif (N)

F_u adalah kuat tarik minimum yang dispesifikasikan (MPa)

A_n adalah luas neto penampang komponen tarik (mm^2)

R_p adalah faktor reduksi untuk lubang diambil sama dengan 0,90 untuk lubang bau yang ditumbuk (*punched*) ukuran penuh dan 1,0 untuk lubang baut yang dibor (*drilled*) ukuran penuh atau dengan cara ditumbuk (*subpunched*) lalu diputar dengan alat ream (*reamed*) sampai mencapai ukuran tertentu

U adalah faktor reduksi untuk memperhitungkan pengaruh *shear lag* dalam sambungan yang memikul gaya tarik; 1,0 untuk komponen dimana pengaruh gaya disalurkan ke semua elemen.

ϕ_y adalah faktor reduksi untuk pelelehan pada penampang bruto

ϕ_u adalah faktor reduksi untuk fraktur pada penampang neto

b. Tahanan Tekan

Tahanan rencana dari komponen tekan, P_r dapat diambil sebagai berikut:

$$P_r = \phi_c P_n \quad (3)$$

Keterangan:

P_n adalah tahanan aksial tekan nominal (N)

ϕ_c adalah faktor reduksi untuk aksial tekan

METODE PENELITIAN

Objek Penelitian

Objek yang akan ditinjau untuk penelitian adalah dimensi struktur atas jembatan rangka baja pada Jembatan Namu Ukur Utara. Jembatan Namu Ukur Utara berlokasi di Desa Namu Ukur Utara, Kecamatan Sei Bingai, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara.

Tahapan Penelitian

Langkah-langkah perencanaan ulang dimensi struktur atas terhadap Jembatan Namu Ukur Utara adalah:

- 1) Pengumpulan Data
- 2) Tahap Awal Perencanaan (*Preliminary Design*)
- 3) Perhitungan Dimensi
- 4) Kontrol Lendutan dan Menghitung Hasil Analisis
- 5) Penyampaian Kesimpulan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perolehan Data

Data yang peroleh adalah Jembatan rangka baja dengan panjang bentang 45 m. Jembatan ini terdiri dari dua lajur jalan raya dengan lebar total jembatan sebesar 8 m.

Tahap Awal Perencanaan (*Preliminary Design*)

Dalam tahap awal perencanaan (*Preliminary Design*) data-data profil untuk perencanaan ulang dimensi struktur atas Jembatan Namu Ukur Utara yakni berupa *stringer* menggunakan profil IWF 800.300.26.14, *cross beam* menggunakan profil IWF 900.300.28.16, rangka menggunakan profil HWF 350.350.22.14, dan ikatan angin menggunakan profil L 80.80.10.

Perhitungan Dimensi

A. Komponen Lentur *Stringer*

Komponen lentur *stringer* menggunakan profil IWF 800.300.26.14 dengan mutu baja BJ 50. Besaran momen terjadi akibat beban yang bekerja yaitu $M_{u_ultimit} = 933,35$ kNm. Momen tahanan, dapat dihitung sebagai berikut:

Hitung ketahanan terhadap tekuk lokal pelat sayap tekan

Untuk pelat sayap tekan dengan *bracing* tidak menerus, maka berdasarkan AASHTO LRFD 2017 Pasal A6.3.2:

Tentukan rasio kelangsingan untuk pelat sayap tekan:

$$\lambda_f = 5,77$$

Tentukan rasio kelangsingan untuk pelat sayap kompak:

$$\lambda_{pf} = 11,928$$

Jika $\lambda_f \leq \lambda_{pf}$

$5,77 \leq 11,928$ OK (Penampang dengan pelat sayap kompak)

Sehingga tekuk lokal pelat sayap tekan adalah

$$M_{nc1} = R_{pc} \times M_y = 1,02 \times 2264,172 = 2318,68$$

Periksa tekuk torsi lateral pelat sayap tekan

Jari – jari girasi efektif:

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \times \left(1 + \frac{1}{6} \times \left(\frac{h_c \times t_w}{b_{fc} \times t_{fc}}\right)\right)}} = \frac{300}{\sqrt{12 \times \left(1 + \frac{1}{6} \times \left(\frac{748 \times 14}{300 \times 26}\right)\right)}} = 78,29 \text{ mm}$$

Panjang tanpa *bracing* (L_b) adalah 5000 mm

Hitung batasan panjang tanpa *bracing* (L_p) untuk mencapai tahanan lentur nominal:

$$L_p = 1,0 \times r_t \times \sqrt{\frac{E_s}{F_{yc}}} = 1,0 \times 78,29 \times \sqrt{\frac{200000}{290}} = 2055,88 \text{ mm}$$

$$L_b \geq L_p$$

$$5000 \text{ mm} \geq 2055,88 \text{ mm}$$

Hitung tegangan pelat sayap tekan pada saat mencapai leleh nominal penampang (F_{yr}):

$$0,7 \times F_y = 203 \text{ MPa}$$

S_{xt} : Modulus elastis penampang terhadap sumbu mayor dari penampang ke pelat sayap tarik

$$S_{xt} = \frac{M_y}{F_{yt}} = \frac{2264,172}{290} = 7807,487 \text{ mm}^3$$

S_{xc} : Modulus elastis penampang terhadap sumbu mayor dari penampang ke pelat sayap tekan

$$S_{xc} = \frac{M_y}{F_{yc}} = \frac{2264,172}{290} = 7807,487 \text{ mm}^3$$

$$R_h \times F_y \times \frac{S_{xt}}{S_{xc}} = 1 \times 290 \times \frac{7807,487}{7807,487} = 290 \text{ MPa}$$

Tegangan leleh pelat badan (F_{yw})

$$F_{yw} = 290 \text{ MPa}$$

$$F_{yr} = \min \times \left(0,7 \times F_y, R_h \times F_y \times \frac{S_{xt}}{S_{xc}}, F_{yw} \right)$$

$$F_{yr} = \min \times (203; 290; 290) = 203 \text{ MPa}$$

$$0,5 \times F_y = 145 \text{ MPa}$$

$$F_{yr} \geq 0,5 \times F_y$$

$$203 \text{ MPa} \geq 145 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Konstanta torsi St. Venant (J_s)

$$J_s = \frac{D \times t_w^3}{3} + \frac{b_c \times t_c^3}{3} + \left(1 - 0,63 \times \frac{t_c}{b_c} \right) + \frac{b_t \times t_t^3}{3} \times \left(1 - 0,63 \times \frac{t_t}{b_t} \right)$$

$$J_s = \frac{748 \times 14^3}{3} + \frac{300 \times 26^3}{3} + \left(1 - 0,63 \times \frac{26}{300} \right) + \frac{300 \times 26^3}{3} \times \left(1 - 0,63 \times \frac{26}{300} \right)$$

$$J_s = 4103407 \text{ mm}^4$$

Hitung ketinggian antara garis pusat pelat sayap (h)

$$h = 0,5 \times t_c + D + 0,5 \times t_t = 0,5 \times 26 + 748 + 0,5 \times 26 = 774 \text{ mm}$$

Hitung batas panjang tidak terkekang (L_r) untuk mencapai leleh nominal awal pada kedua pelat sayap:

$$L_r = 1,95 \times r_t \times \frac{E_s}{F_{yr}} \times \sqrt{\frac{J_s}{S_{xc} \times h}} \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6,76 \times \left(\frac{F_{yr}}{E_s} \times \frac{S_{xc} \times h}{J_s} \right)^2}}$$

$$L_r = 1,95 \times 78,29 \times \frac{200000}{203} \times \sqrt{\frac{4103407}{7807,487 \times 774}} \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6,76 \times \left(\frac{300}{200000} \times \frac{7807,487 \times 774}{4103407} \right)^2}}$$

$$L_r = 175272,2 \text{ mm}$$

$$L_p < L_b < L_r$$

$$2055,88 \text{ mm} < 5000 \text{ mm} < 175272,2 \text{ mm}$$

Jika $L_p < L_b < L_r$ maka:

$$C_b = 1$$

Sehingga tekuk torsi lateral pelat sayap tekan berdasarkan AASHTO LRFD 2017 Pasal A6.3.3 adalah:

$$R_{pc} \times M_y = 2318,68 \text{ kNm}$$

$$M_{nc2} = C_b \times \left[1 - \left(1 - \frac{F_{yr} \times S_{xc}}{R_{pc} \times M_y} \right) \times \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \times R_{pc} \times M_y$$

$$M_{nc2} = 1 \times \left[1 - \left(1 - \frac{203 \times 7807,487}{2318,68} \right) \times \left(\frac{5000 - 2055,88}{175272,2 - 2055,88} \right) \right] \times 2318,68$$

$$M_{nc2} = 2279,3 \text{ kNm}$$

$$M_{nc2} \leq R_{pc} \times M_y$$

$$2279,3 \text{ kNm} \leq 2318,68 \text{ kNm}$$

$$M_{nc} = \min(M_{nc1}, M_{nc2}) = \min(2318,68; 2279,3) = 2279,3 \text{ kNm}$$

$$f_1 = 0$$

$$M_{u_ultimit} = 933,35 \text{ kNm}$$

$$M_{nc} = 2279,3 \text{ kNm}$$

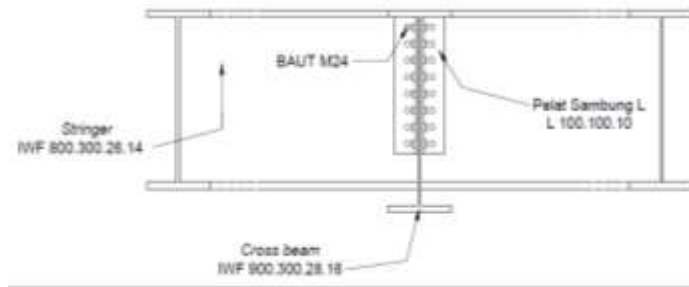
$$\phi_f = 0,9$$

$$\phi_f \times M_{nc} = 2051,37 \text{ kNm}$$

$$M_{u_ultimit} + \frac{1}{3} \times f_1 \times S_{xc} \leq \phi_f \times M_{nc}$$

$$933,35 \text{ kNm} \leq 2051,37 \text{ kNm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Dengan nilai $M_{u_ultimit} \leq M_n$ sehingga profil IWF 800.300.26.14 dapat digunakan sebagai komponen lentur *stinger*. Gambar rencana komponen lentur dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Komponen lentur *stringer*

B. Komponen Lentur *Cross Beam*

Komponen lentur *cross beam* menggunakan profil IWF 900.300.28.16 dengan mutu baja BJ 50. Besaran momen terjadi akibat beban yang bekerja yaitu $M_{u_ultimit} = 1866,685$ kNm. Momen tahanan, dapat dihitung sebagai berikut:

Hitung ketahanan terhadap tekuk lokal pelat sayap tekan

Tentukan rasio kelangsingan untuk pelat sayap tekan:

$$\lambda_f = 5,36$$

Tentukan rasio kelangsingan untuk pelat sayap kompak:

$$\lambda_{pf} = 11,928$$

Jika $\lambda_f \leq \lambda_{pf}$

$5,77 \leq 11,928$ OK (Penampang dengan pelat sayap kompak)

Sehingga tekuk lokal pelat sayap tekan adalah

$$M_{nc1} = R_{pc} \times M_y = 2950,5$$

Periksa tekuk torsi lateral pelat sayap tekan

Jari – jari girasi efektif:

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \times \left(1 + \frac{1}{6} \times \left(\frac{h_c \times t_w}{b_{fc} \times t_{fc}}\right)\right)}} = \frac{300}{\sqrt{12 \times \left(1 + \frac{1}{6} \times \left(\frac{844 \times 16}{300 \times 28}\right)\right)}} = 76,91 \text{ mm}$$

Panjang tanpa *bracing* (L_b) adalah 1500 mm

Hitung batasan panjang tanpa *bracing* (L_p) untuk mencapai tahanan lentur nominal:

$$L_p = 1,0 \times r_t \times \sqrt{\frac{E_s}{F_{yc}}} = 2019,75 \text{ mm}$$

$$L_b \leq L_p$$

$$1500 \text{ mm} \leq 2019,75 \text{ mm}$$

Sehingga tekuk torsi lateral pelat sayap tekan adalah:

$$M_{nc2} = R_{pc} \times M_y = 2950,5 \text{ kNm}$$

$$M_{nc} = \min(M_{nc1}, M_{nc2}) = 2950,5 \text{ kNm}$$

$$f_1 = 0$$

$$M_{u_ultimit} = 1866,685 \text{ kNm}$$

$$M_{nc} = 2950,5 \text{ kNm}$$

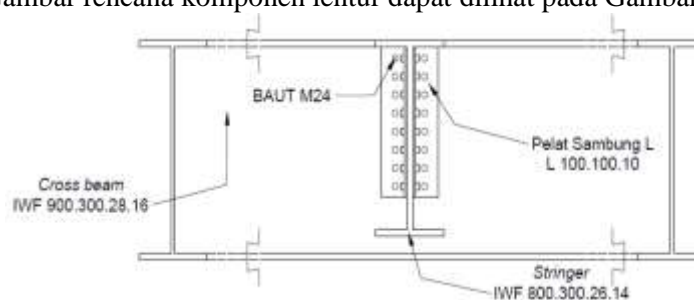
$$\phi_f = 0,9$$

$$\phi_f \times M_{nc} = 2655,45 \text{ kNm}$$

$$M_{u_ultimit} + \frac{1}{3} \times f_1 \times S_{xc} \leq \phi_f \times M_{nc}$$

$$1866,685 \text{ kNm} \leq 2655,45 \text{ kNm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

Dengan nilai $M_{u_ultimit} \leq M_n$ sehingga profil IWF 900.300.28.16 dapat digunakan sebagai komponen lentur *cross beam*. Gambar rencana komponen lentur dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Komponen lentur *cross beam*

C. Komponen Tekan dan Tarik (Rangka)

Pada komponen tekan dan tarik digunakan profil HWF 350.350.22.14. Untuk perhitungan gaya-gaya batang diolah menggunakan bantuan program SAP 2000 v22. Data hasil perhitungan gaya-gaya batang yang telah diperoleh secara lengkap pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil perhitungan gaya-gaya batang

Beban	Nama Batang	Nilai Gaya (kN)	
		Tarik	Tekan
Akibat Beban Mati Sendiri	Batang 1	-	170,34
	Batang 2	170,34	-
	Batang 3	-	136,27
	Batang 4	136,27	-
	Batang 5	-	102,2
	Batang 6	102,2	-
	Batang 7	-	68,14
	Batang 8	68,14	-
	Batang 9	-	34,07
	Batang 10	34,07	-
	Batang 11	-	0
Akibat Beban Mati Pelat Lantai	Batang 1	-	592,93
	Batang 2	592,93	-
	Batang 3	-	474,34
	Batang 4	474,34	-
	Batang 5	-	355,76
	Batang 6	355,76	-
	Batang 7	-	237,17
	Batang 8	237,17	-
	Batang 9	-	118,59
	Batang 10	118,59	-
	Batang 11	-	0
Akibat Beban Mati Tambahan	Batang 1	-	220,83
	Batang 2	220,83	-
	Batang 3	-	176,67
	Batang 4	176,67	-
	Batang 5	-	132,5
	Batang 6	132,5	-
	Batang 7	-	88,33
	Batang 8	88,33	-
	Batang 9	-	44,17
	Batang 10	44,17	-
	Batang 11	-	0
Akibat Beban Lajur	Batang 1	-	687,27
	Batang 2	687,27	-
	Batang 3	-	549,81
	Batang 4	549,81	-
	Batang 5	-	412,36
	Batang 6	412,36	-
	Batang 7	-	274,91
	Batang 8	274,91	-
	Batang 9	-	137,45
	Batang 10	137,45	-
	Batang 11	-	0
Akibat Beban Truk	Batang 1	-	273,97
	Batang 2	273,97	-
	Batang 3	-	23,06
	Batang 4	23,06	-

Analisis program SAP 2000 v22 didapatkan gaya-gaya aksial yang bekerja pada rangka baja jembatan. Rangka baja nomor 2 terjadi gaya aksial tarik dan rangka baja nomor 3 terjadi gaya aksial tekan. Berdasarkan hasil analisis maka gaya aksial ultimit ditentukan oleh beban hidup (beban lajur)

Kombinasi ultimit tarik dengan beban lajur:

$$P_{u_lajur_tarik} = 1,3P_{MS_tarik} + 1,1P_{MS_tarik} + 2P_{MA_tarik} + 1,8P_{LL_lajur_tarik}$$

$$P_{u_lajur_tarik} = 1,3 \times 592,927 + 1,1 \times 170,34 + 2 \times 220,83 + 1,8 \times 687,27$$

$$P_{u_lajur_tarik} = 2552,4077 \text{ kN}$$

Kombinasi ultimit tekan dengan beban lajur:

$$P_{u_lajur_tekan} = 1,3P_{MSS_tekan} + 1,1P_{MS_tekan} + 2P_{MA_tekan} + 1,8P_{LL_lajur_tekan}$$

$$P_{u_lajur_tekan} = 1,3 \times 474,34 + 1,1 \times 136,27 + 2 \times 176,67 + 1,8 \times 549,81$$

$$P_{u_lajur_tekan} = 2041,923 \text{ kN}$$

1) Tahanan tekan nominal (P_n)

Sebelum menentukan tahanan tekan nominal, komponen tekan dengan penampang tidak langsung harus di periksa tahanan nominal leleh (P_o) terhadap tahanan kritis tekuk elastik (P_e) dengan persyaratan sebagai berikut:

$$\text{Tahanan nominal leleh } (P_o) \quad P_o = 290 \times 20200 = 5858 \text{ kN}$$

$$\frac{P_{e1}}{P_o} = \frac{7475,203}{5858} = 1,276$$

$$\frac{P_{e2}}{P_o} = \frac{6392,266}{5858} = 1,091$$

Tahanan tekan nominal ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{n1} = \left(0,658 \times \left(\frac{P_o}{P_{e1}}\right)\right) \times P_o = \left(0,658 \times \left(\frac{5858}{7475,203}\right)\right) \times 5858 = 3020,66 \text{ kN}$$

$$P_{n2} = \left(0,658 \times \left(\frac{P_o}{P_{e2}}\right)\right) \times P_o = \left(0,658 \times \left(\frac{5858}{6392,266}\right)\right) \times 5858 = 3532,399 \text{ kN}$$

Diambil tahanan tekan nominal (P_n) yang terkecil yaitu $P_{n1} = 3020,66 \text{ kN}$

$$\phi_{tekan} \times P_{n1} = 0,9 \times 3020,66 = 2718,594 \text{ kN}$$

Rasio tahanan tekan nominal dan tekan yang terjadi di batang

$$P_{u_tekan} = 2036,443 \text{ kN}$$

$$P_{u_tekan} < \phi_{tekan} \times P_{n1}$$

$$2036,443 \text{ kN} < 2718,594 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Jadi, gaya dalam (gaya aksial tekan) struktur yang terjadi lebih kecil dari kapasitas struktur yang disediakan.

2) Tahanan tarik terfaktor

Tahanan tarik terfaktor diambil nilai terkecil diantara dua persamaan di bawah ini

$$P_{r1} = \phi_{tarik_leleh} \times P_{ny} = \phi_{tarik_leleh} \times F_y \times A_g$$

$$P_{r2} = \phi_{tarik_fraktur} \times P_{ny} = \phi_{tarik_fraktur} \times F_u \times A_n \times R_p \times U$$

Tahanan tarik terfaktor kondisi 1 (kondisi leleh dari luas penampang kotor)

$$A_{gp} = 20200 \text{ mm}^2$$

$$P_{ny} = F_y \times A_g = 290 \times 20200 = 5858 \text{ kN}$$

$$P_{r1} = \phi_{tarik_leleh} \times P_{ny} = 0,9 \times 5858 = 5272,2 \text{ kN}$$

Tahanan tarik terfaktor kondisi 2 (kondisi fraktur dari luas penampang bersih)

$$\text{Luas netto efektif } A_e = A_n \times U = 17824 \times 0,946 = 16863,7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Faktor reduksi untuk lubang baut yang di bor } R_p = 1$$

Tahanan nominal kondisi fraktur

$$P_{nu} = F_u \times A_e \times R_p = 500 \times 16863,7 \times 1 = 8431,83 \text{ Kn}$$

Tahanan tarik terfaktor kondisi fraktur

$$P_{r2} = \phi_{tarik_fraktur} \times P_{nu} = 0,9 \times 8431,83 = 6323,87$$

Tahanan tarik terfaktor diambil nilai yang terkecil diantara dua kondisi, maka digunakan:

$$P_r = \min(P_{r1}, P_{r2}) = \min(5272,2; 6323,87) = 5272,2 \text{ kN}$$

Rasio tahanan tarik nominal dan tarik yang terjadi di batang

$$P_{u_tarik} = 2552,4077 \text{ kN}$$

$$P_{u_tarik} < P_r$$

$$2552,4077 \text{ kN} < 5272,2 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

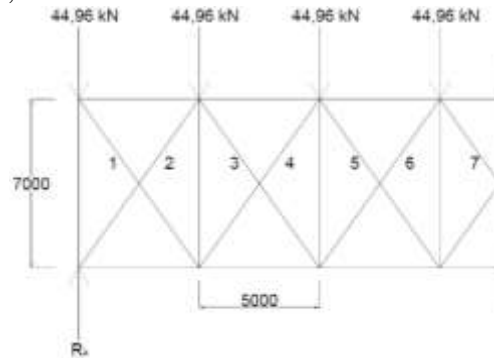
Jadi, gaya dalam (gaya aksial tarik) struktur yang terjadi lebih kecil dari kapasitas struktur yang disediakan.

D. Ikatatan Angin

Profil yang di gunakan pada ikatan angin yaitu profil L 80.80.10. Dalam perencanaan ikatan angin ini batanng yang ditinjau adalah batang 1. Metode *ritter* digunakan untuk mendapatkan gaya aksial yang bekerja pada batang 1.

$$EW_s = 44,96 \text{ kN}$$

$$R_A = (EW_s \times 10)/2 = 224,806 \text{ kN}$$



Gambar 3. Potongan ikatan angin

$$\Sigma MC = 0 \rightarrow R_A \times 5 - EW_s \times 5 - \text{Batang 1} \times (\sqrt{7^2 + 5^2})/2 = 0$$

$$\frac{\sqrt{7^2 + 5^2}}{2} = 4,301 \text{ m}$$

$$\text{Batang 1} = \frac{R_A \times 5 - EW_s \times 5}{4,301} = \frac{224,806 \times 5 - 44,96 \times 5}{4,301} = 209,07 \text{ kN}$$

Untuk kombinasi pada beban angin struktur diambil pada kombinasi Kuat III dan Layan I

$$P_{u_Kuat_III} = 1,4 \times 209,07 = 292,692 \text{ kN}$$

$$P_{u_Layan_I} = 0,4 \times 209,07 = 83,6363 \text{ kN}$$

Untuk menentukan profil yang digunakan, maka ambil rasio pendekatan menggunakan tahanan tarik pada penampang, $P_n = f_y \times A_g$, dimana P_n di anggap P_u , maka dapat dibuat rumus:

$$A_{g_Kuat_III} = \frac{P_u}{f_y} = \frac{292,692}{290} = 10,0928 \text{ cm}^2$$

Setelah memperoleh nilai A_g , maka direncanakan profil L 80.80.10 dengan nilai $A_g = 15,1 \text{ cm}^2$ dimana lebih besar dari pada nilai A_g .

Kontrol kekuatan batang tarik

Batas leleh

$$P_n = \phi \times f_y \times A_g = 0,9 \times 290 \times 15,1 = 394,11 \text{ kN} > 292,692 \text{ kN}$$

Batas putus

$$A_n = 15,1 - 1 \times 2,7 \times 1 = 12,4 \text{ mm}^2$$

$$P_U = \phi \times f_u \times A_n \times U = 0,9 \times 500 \times 12,4 \times 0,8 = 372 \text{ kN} > 292,692 \text{ kN}$$

Jadi, nilai batas leleh dan batas putus lebih besar daripada nilai gaya aksial terjadi sehingga profil yang digunakan pada ikatan angin aman.

SIMPULAN

profil *stringer* menggunakan IWF 800.300.26.14, profil *cross beam* menggunakan IWF 900.300.28.16, profil rangka menggunakan HWF 350.350.22.14, profil ikatan angin menggunakan L 80.80.10.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, terkhususnya dari Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) yang mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications (4 ed.). (2017).

Badan Standarisasi Nasional. (2020). *SNI 1729-2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. Jakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). *Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan*. Jakarta.