

PERENCANAAN JEMBATAN BAJA PIPA AIR DIAMETER 1900 MM DI KABUPATEN PASURUAN STA. 10+660 (STUDI PADA PENGGUNAAN BALOK LENTUR WF.350.175.7.11)

Agus Sulaksono¹⁾, Arifin Nursandah²⁾, Himatul Farichah³⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No. 59 Surabaya, 60113
Email: sulaksonoagus27@gmail.com

²⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No. 59 Surabaya, 60113
Email: arifien.nursandahums@gmail.com

³⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No. 59 Surabaya, 60113
Email: himatulfarichah@ft.um-surabaya.ac.id

Abstract

It is an important tool in the distribution and transmission process of clean water with a discharge of 4000 liters per second from the Umbulan water spring to the reservoir of PDAMs in Pasuruan city, Sidoarjo, Surabaya and Gresik. With a pipe diameter of 1900 mm which of course also requires planning a pipe bridge when crossing the river (river crossing).

The loading regulation used to plan this bridge refers to the Indonesian National Standard (SNI) 1725: 2016, the structure of the steel frame as the structure of the bridge refers to the regulations of SNI 03-1729-2002 the LRFD method. The calculation phase of the main and secondary bearer construction is carried out by calculating the workloads, then analyzed with the SAP2000 program. Then the control calculation is carried out followed by connection and placement calculations. Under the bridge structure calculation of the pile foundation was carried out after interpreting the results of the Cone Penetration Test (sondir) soil investigation using the Schmertmann-Nottingham method. From the results of the planning obtained the profile and dimensions used on the pipe bridge

Keywords : Steel bridge, water pipe

Abstrak

Adalah sarana yang penting dalam proses distribusi dan transmisi air bersih dengan debit 4000 liter per detik dari sumber mata air Umbulan menuju reservoir PDAM di kota Pasuruan, Sidoarjo, Surabaya dan Gresik. Dengan ukuran pipa diameter 1900 mm yang tentu juga memerlukan perencanaan jembatan pipa disaat melewati sungai (river crossing).

Peraturan pembebanan yang dipakai untuk merencanakan jembatan ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 1725:2016, struktur rangka baja sebagai struktur atas jembatan mengacu pada peraturan SNI 03-1729-2002 metode LRFD. Tahap perhitungan konstruksi pemikul utama dan sekunder dilakukan dengan menghitung beban-beban yang bekerja, kemudian dianalisa dengan program SAP2000. Kemudian dilakukan perhitungan kontrol dilanjut perhitungan sambungan serta perletakan. Pada struktur bawah jembatan dilakukan perhitungan pondasi tiang pancang setelah menginterpretasi hasil penyelidikan tanah Cone Penetration Test (sondir) memakai metode Schmertmann-Nottingham. Dari hasil perencanaan didapatkan profil dan dimensi yang dipakai pada jembatan pipa

Kata kunci : Jembatan baja, pipa air

1. PENDAHULUAN

Sebagai perwujudan pelayanan air minum di Propinsi Jawa Timur, Pemerintah Jawa Timur menyiapkan pembangunan Sistem Penyediaan Air Minum Umbulan melalui Proyek Kerjasama Pemerintah-Swasta. Proyek ini direncanakan menghasilkan debit 4000 liter/detik dengan memanfaatkan sumber mata air Umbulan, Tapak, dan Kali Rejoso. Distribusi air bersih tersebut untuk melayani sekitar 1,3 juta jiwa atau sekitar 310.000 Sambungan Rumah (SR) di lima kabupaten/kota di Jawa Timur, yaitu Kota Surabaya (1000 liter per detik), Kabupaten Sidoarjo (1200 liter per detik), Kota Pasuruan (110 liter per detik), Kabupaten Pasuruan (410 liter per detik), dan Kabupaten Gresik (1000 liter per detik) melalui sistem pemompaan dan jaringan pipa transmisi.
(A.Muhajir detik news 20 Juli 2017) .

Pipa transmisi yang digunakan dalam proyek ini berdiameter 1900 mm yang terbentang dari Pasuruan sampai Gresik dengan panjang pipa transmisi ±93 km.P.Dani,Kompas.com – 21 Juli 2017. Fasilitas yang akan dibangun dalam menunjang keberhasilan proyek Umbulan antara lain Bangunan Intake,Head Pond, Kolam reservoir, Bangunan Pompa, Bangunan Power, Bangunan Elektrik, akomodasi, bangunan Perkantoran dan pipa transmisi diameter 1900mm yang terbentang dari Pasuruan sampai Gresik dengan panjang pipa transmisi ±93 km.
(P.Dani,Kompas.com – 21 Juli 2017). Tujuan dari penulisan Skripsi ini adalah dapat merencanakan suatu struktur jembatan rangka baja yang memenuhi kelayakan dan mempunyai kekuatan yang cukup untuk pipa baja diameter 1900 mm. Dengan peraturan

pembebanan sesuai SNI 1725:2016 dan perhitungan rangka batang sesuai ketentuan SNI 03-1729-2002.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Bangunan Atas dan Analisis Pembebanan

Pada perencanaan jembatan yang perlu diperhatikan adalah beban-beban yang terjadi pada jembatan. Beban-beban tersebut akan mempengaruhi besarnya dimensi dari struktur jembatan serta banyak tulangan yang digunakan. Pada peraturan teknik jembatan Standar Nasional Indonesia SNI-1725-2016 aksi-aksi (beban) digolongkan berdasarkan sumbernya yaitu

a. Beban mati

Berat dari semua bagian suatu bangunan yang bersifat tetap selama masa layan struktur, termasuk unsur-unsur tambahan, finishing, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari bangunan.

Tabel 1. Berat material bangunan

No	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal	22	2245
2	Besi tuang	71	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan	17.2	1755
4	Kenkil dipadatkan	18.8-22.7	1920-2315
5	Beton aspal	22	2245
6	Beton ringan	12.25-19.6	1250-2000
7	Beton f _c <35 MPa	22-25	2320
	35<f _c <105 MPa	22+0.022	2240+2.29
8	Baja	78.5	7850
9	Kayu	7.8	800
10	Kayu keras	11	1125

Sumber : SNI 1725:2016

b. Berat sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dianggap tetap.

Tabel 2. Faktor berat sendiri bahan bangunan

Tipe beban	Faktor beban γ _{MS}			
	Batas layan γ _{MS}	batas ult γ _{MS}		
	Bahan	Basa	terkurangi	
tetap	Baja	1	1.1	0.9
	Aluminium	1	1.1	0.9
	Beton pracetak	1	1.2	0.85
	Beton cor ditempat	1	1.3	0.75
	Kayu	1	1.4	0.7

Sumber : SNI 1725:2016

c. Beban Angin

Tekanan angin yang ditentukan pada pasal ini diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (VB) sebesar 90 hingga 126 km/jam.(SNI 1725:2016).

Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm diatas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana, VDZ, harus dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{dz} = 2,5 V_o (V_{10}/(V_b)) \ln (z/z_o) \dots\dots\dots 1.1$$

Dengan :

VDZ= adalah kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam).

V10 = adalah kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam).

VB = adalah kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm.

Z = adalah elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung (Z > 10000 mm).

Vo = adalah kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi, sebagaimana ditentukan dalam Tabel 3, untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam).

Zo = adalah panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorologi, ditentukan pada Tabel 3 (mm).

Tabel 3 Nilai Vo dan Zo variasi permukaan hulu

Kondisi Lahan terbuka	Sub urban	Kota
Vo (Km/jam)	13,2	17,6 19,3
Zo (mm)	70	1000 2500

Sumber : SNI 1725:2016

d. Beban Gempa

Jembatan pipa ini dalam katagori jembatan bentang tunggal, berdasarkan SNI 2833:2016 pasal 6.2, analisa gempa tidak diperlukan untuk jembatan bentang tunggal disemua zona gempa. Namun demikian hubungan struktur atas jembatan dan kepala jembatan harus direncanakan dengan gaya rencana sesuai pasal 5.9 dimana jembatan bentang tunggal pada semua zona gempa, gaya gempa rencana minimum pada hubungan bangunan atas dan bangunan bawah harus tidak lebih kecil dari perkalian As (koefisien percepatan puncak muka tanah) dengan beban permanen struktur yang sesuai.

Tabel 4. Persyaratan analisis minimum untuk pengaruh gempa

Zona Gempa	Jembatan bentang tunggal	Jembatan dengan bentang > 1					
		Jembatan lainnya		Jembatan penting		Jembatan sangat penting	
		Beraturan	Tidak beraturan	Beraturan	Tidak beraturan	Beraturan	Tidak beraturan
1	Tidak	*	*	*	*	*	*
2	dibutuhkan	SM/UL	SM	SM/UL	MM	MM	MM
3	analisa	SM/UL	MM	MM	MM	MM	TH
4	gempa	SM/UL	MM	MM	MM	TH	TH

* Tidak diperlukan analisis dinamik

UL Metode beban elastis (uniform load)

SM Metode spectra moda tunggal (single mode elastic)

MM Metode spectra multimoda (multimode mode elastic)

TH Metode riwayat waktu (time history)

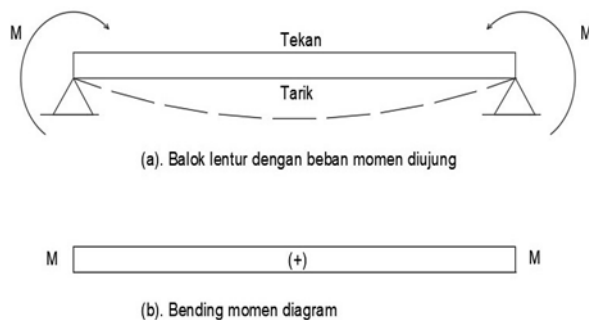
Sumber: SNI 2833-2016

2.2. Balok Lentur

Tabel 5. Klasifikasi elemen batang memikul lentur

Elemen	Rasio lebar-tebal	λ_p Kompak / non kompak	λ_r non kompak/langsing
sayap profil gilas I-WF, UNP, Tee	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
sayap profil tersusun IWF simetri ganda dan tunggal	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_l}}$
lengan profil siku tunggal	b/t	$0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
sayap profil IWF, UNP momen	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
lengan profil Tee	d/t	$0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
badan profil I simetri ganda dan UNP	h/tw	$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
badan profil I simetri tunggal	h_c/tw	$\frac{h_c/h_p \sqrt{\frac{E}{F_y}}}{0.54 \cdot \frac{M_p}{M_y} - 0.09}$	$0.57 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
sayap profil kotak ketebalan	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.4 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
pelat sayap penutup/dia fragma antar alat sambung	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.4 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
sayap profil kotak ketebalan	h/t	$2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.7 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
pipa	D/t	$0.07 \frac{E}{F_y}$	$0.31 \frac{E}{F_y}$

Sumber : Wiryanto, D



Gambar 1. Stabilitas balok lentur

Fenomena tekuk torsi lateral sangat perlu diperhitungkan pada perencanaan balok, merupakan salah satu kondisi batas geometri yang menentukan kuat lentur nominal. Parameternya adalah:

- a. Bentuk
- b. Dimensi profil
- c. Jarak antara pertambahan lateral (Lb)

Jika jarak pertambahan lateral (Lb) semakin pendek maka semakin kecil resiko terjadinya LTB tetapi struktur menjadi lebih mahal. Sehingga mencari jarak Lb yang proporsional adalah prinsip desain balok lentur. Momen kritis yang menimbulkan LTB dirumuskan :

$$M_{cr} = \pi/L (E \cdot I_y \cdot G \cdot J) \dots \dots \dots 1.2$$

Dengan :

E = modulus elastis baja, 200000 MPa.

I_y = momen inersia pada arah sumbu lemah.

G = modulus geser elastisitas material, 80000 MPa.

J = Konstanta torsi penampang.

L = Bentang balok tanpa pertambahan lateral .

- a. Bentuk momen dan factor C_b

Diagram momen untuk menghitung momen kritis terhadap tekuk torsi lateral dianggap konstan linier sepanjang L_b, jika momen diagram tidak konstan atau momen gradien, maka cukup dimodifikasi dengan memberi faktor C_b > 1 dengan rumus :

$$C_b = (12.5 M_{maks}) / (2.5 M_{maks} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c) \dots \dots \dots 1.3$$

Dengan M_{maks}, M_a, M_b, M_c, adalah nilai absolut momen maksimum, momen di ¼ L, ½ L, dan ¾ L, dengan L adalah jarak pertambahan lateral atau L_b. Nilai C_b = 1 adalah nilai aman.

- b. Kuat lentur nominal

Secara umum dapat dinyatakan bahwa kuat lentur rencana balok memenuhi persyaratan :

$$M_u \leq \Phi M_n \dots \dots \dots 1.4$$

Dengan :

M_u = Kuat lentur perlu.

Φ = Faktor ketahanan lentur, sebesar 0.9.

M_n = Kuat lentur nominal balok ditinjau terhadap berbagai kondisi batas.

- 1). Material leleh (momen plastis)

Kuat batas leleh Y (yielding)

$$M_n = M_p = F_y \times Z_x \dots \dots \dots 1.5$$

Dengan :

M_n = Kuat lentur nominal balok, Nm.

M_p = Momen lentur penampang plastis, Nm.

F_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja, MPa.

Z_x = Modulus plastis penampang terhadap sumbu kuat, mm².

- 2). Tekuk torsi lateral

Sebelum penampang plastis terbentuk sempurna, lebih dulu mencari L_p atau jarak pertambahan lateral maksimum dengan rumus:

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{E/F_y} \dots \dots \dots 1.6$$

Dengan :

E = modulus elstis baja = 200000 MPa.

F_y = kuat leleh minimum, tergantung mutu baja, MPa.

r_y = radius girasi balok terhadap sumbu lemah.

- c. Jarak antar pertambahan lateral (LB)

Jika L_b jarak pertambahan lateral yang dipasang pada balok, maka untuk L_b ≤ L_p diperoleh :

$$M_n = M_p \dots \dots \dots 1.7$$

Bila L_b > L_p, tetapi tetap efisien maka ditetapkan batasan L_r. Besarnya tegangan residu pada sayap terdesak ditentukan sebesar 0.3 F_y, sehingga tegangan efektif yang dimanfaatkan sebesar 0.7 F_y, maka :

$$L_r = 1.95 \cdot r_{ts} \cdot E / (0.7 \cdot F_y) \sqrt{(J C / (S_x \cdot h_o)) + \sqrt{(J C / (S_x \cdot h_o))^2 + 6.76 (0.7 F_y / E)^2}} \dots \dots \dots 1.8$$

Dengan :

J = konstanta torsi, mm⁴.

S_x = modulus elastis penampang terhadap sumbu kuat, mm³.

H_o = jarak antara titik berat elemen sayap, mm.

Profil I atau WF simetri ganda , C = 1.

$$r_{ts}^2 = \sqrt{(I_y \cdot C_w) / S_x} \dots\dots\dots 1.9$$

C_w untuk profil I, lihat digambar 2.6

Jika L_b = L_r maka M_n = 0,7 x S_x x F_y.

Jika L_p ≤ L_b ≤ L_r, maka dihitung dengan interpolasi sederhana :

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \cdot \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p \dots\dots\dots 1.10$$

Penampang dengan profil sayap nonkompak :

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \cdot \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \dots\dots 1.11$$

Penampang dengan profil sayap langsing :

$$M_n = (0,9 E \cdot K_c \cdot S_x) / \lambda^2 \dots\dots\dots 1.12$$

Dengan : λ = 1/2 bf/tf

λ_{pf} = λ_p = batas kelangsingan sayap kompak (tabel 5).

λ_{rf} = λ_r = batas kelangsingan sayap nonkompak (tabel 5).

$$k_c = 4 / \sqrt{(h/t_w)} \text{ dan } 0,35 \leq k_c \leq 0,76.$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahap pertama membaca studi kepustakaan dengan membaca dan mengutip isi buku yang berhubungan langsung dengan permasalahan yang ditinjau untuk melengkapi dan membantu menyelesaikan perencanaan jembatan rangka baja.

Tahap kedua menentukan pembebanan dari data dilapangan dengan sejumlah bahan yang ada disamping memulai penggambaran pre-desain jembatan pipa dengan menentukan tipe jembatan rangka baja. Tahap selanjutnya membuat permodelan dengan program SAP 2000 sehingga dapat meentukan profil baja yang sesuai dengan pembebanan yang telah ditentukan, dilanjutkan dengan menganalisa dan pembahasan disertai perhitungan dan kontrol profil baja.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Profil Jembatan

Type : Warren truss

Lebar jembatan : 2,5 meter

Bentang : 25 meter

Mutu Baja : BJ37

Jumlah bagian : 8 bagian

F_y : 240 MPa

Panjang per bagian: 3,125 meter

F_u : 370 MPa

Tinggi jembatan : 3 meter

Berat pipa : 568 Kg/m

B. Pembebanan

Beban sendiri adalah berat bagian tersebut dan elemen struktur lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah :

$$\text{Berat pipa} + \text{Berat sadel pipa} + \text{Berat pelat pengaku} = (568 \times 3,125) + (41,73) + (2 \times 28,41) = 1874 \text{ Kg} \approx \mathbf{2000 \text{ Kg}}$$

Beban hidup adalah berat air dalam pipa dikalikan panjang per bagian jembatan, adalah:

$$\text{Berat air dalam pipa} = \pi \times r^2 \times \gamma = 3,14 \times 0,95^2 \times 1000 = 2834 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Panjang per bagian pipa} = 3,125 \text{ m}$$

$$\text{Beban hidup} = 2834 \times 3,125 = 8856 \text{ Kg}$$

$$\text{Berat air awal masuk pipa} = 1,3 \times 8856 = \mathbf{11513 \text{ Kg}}$$

Beban saat inspeksi = **100 Kg**

Beban angin

$$V_{dz} = 2,5 V_o \left(\frac{V_{10}}{V_b} \right) \ln \left(\frac{z}{z_o} \right)$$

Elevasi rangka atas jembatan +22.960 , elevasi tanah +11.771 jarak atas dan bawah 11,189 meter.

V_o sub urban = 17,6 km/jam (Tabel 2.3,hal.10)

Z_o sub urban = 1000 mm (Tabel 2.3,hal 10)

V_b kecepatan rencana 90 km/jam

V₁₀ kecepatan angin rata rata diatas jembatan = 30 km/jam

$$V_{dz} = 2,5 \times 17,6 \times (30/90) \ln (11189/1000)$$

$$V_{dz} = 35,26 \text{ km/jam}$$

Beban angin pada struktur (E_{ws}) bagian tekan :

$$PD = PB \left(\frac{V_{dz}}{V_b} \right)^2$$

PB = 0,0024 MPa, (tabel

$$PD = 244,73 \left(\frac{35,26}{90} \right)^2 = 37,56 \text{ km/jam}$$

Bentang jembatan : 25 meter

Jumlah titik buhul : 16 buah

Tinggi jembatan : 3 meter

Kecepatan dasar angin : 37,56 km/jam

Tinggi pipa + sadel : 2,14 meter

Beban angin pada jembatan: 2817 Kg/m²

Luas permukaan : 75 m²

Beban angin tiap buhul : 175 Kg

Rangkuman pembebanan struktur atas jembatan :

a. Beban mati = 2000 Kg

b. Beban hidup = 11513 Kg

c. Beban angin = 175 Kg

d. Beban saat inspeksi = 100 Kg

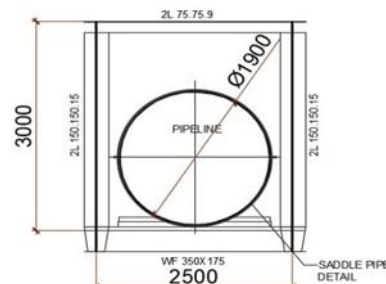
Dengan program SAP 2000 penulis mendapatkan profil balok lentur dibawah pipa diameter 1900 mm adalah WF 350.175.7.11.

a.Perhitungan profil WF.350.175.7.11

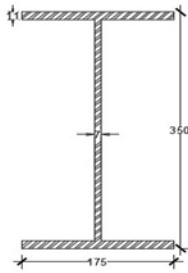


TAMPAK BAWAH JEMBATAN

Gambar 2. Balok lentur

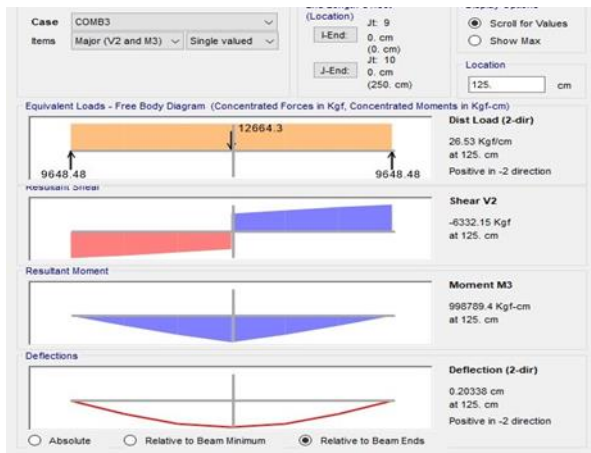


Gambar 3. Pipa diatas profil WF 350.175.7.11



Gambar 6. Profil WF 350.175.7.11

Berat	= 49,6 Kg/m	i_x (r_x)	= 14,7 cm
H	= 350 mm	i_y (r_y)	= 3,95 cm
B	= 175 mm	Z_x	= 841 cm ³
tw	= 7 mm	Z_y	= 112 cm ³
tf	= 11 mm	$J = 1/3(2t^3b + tw^3h)$	= 19,4 cm ³
r	= 14 mm	E	= 200000 MPa
A	= 6310 mm ²	G	= 82 MPa
I_x	= 13600 cm ⁴	f_y	= 240 Mpa
I_y	= 984 cm ⁴	$1/2$ bf/tf	= 8,0
h/tw	= 50	ho	= 33,9 cm
L	= 250 cm	S_x	= $I_x / (H/2) = 777$ cm ³



Gambar 7. Output SAP 2000 untuk Balok

Dari output SAP 2000 P yang bekerja pada beam sebesar 12664,3 Kg.

Kontrol beam WF.350.175.7.11

M maks = 998789 Kgcmm

Kuat lentur :

1) Pengaruh tekuk torsi lateral

$$L_p = 1,76 \times r_y \times \sqrt{(E/f_y)} = 1,76 \times 3,95 \times \sqrt{200000/240} = 200,69 \text{ cm}$$

$$X_1 = \pi / S_x \sqrt{(EGJA/2)} = 3,14/777 \times \sqrt{(200000 \cdot 82 \cdot 19,4 \cdot 6310/2)}$$

$$= 128989,77 \text{ cm}$$

$$C_w = (I_y \times h_o^2)/4 = 282705,66 \text{ cm}^6$$

$$X_2 = 4 \times (S_x/GJ)^2 \times C_w/I_y = 4 \times (777/82 \cdot 19,4)^2 \times 282705,66/984$$

$$= 0,0000028$$

$$r_{ts}^2 = \sqrt{(I_y \times c_w)/S_x} = \sqrt{(984 \times 282705,66)/777} = \sqrt{21,46} = 4,63 \text{ cm}$$

$$L_r = r_y (X_1/f_l) \sqrt{(1 + \sqrt{(1 + X_2 \cdot f_l^2)})}$$

$$f_l = 0,7 \times f_y = 168 \text{ MPa} = 1713 \text{ Kg/cm}^2$$

$$L_r =$$

$$3,95 \times (128989,77/1713) \times \sqrt{(1 + \sqrt{(1 + 0,0000028 \times 1713^2)})} = 596 \text{ cm}$$

$$\mathbf{L_p} = 200,69 \text{ cm} ; \mathbf{L_b} = 250 \text{ cm} \text{ dan } \mathbf{L_r} = 596 \text{ cm}$$

Maka : $L_p < L_b < L_r$

$$\text{Sehingga : } M_n = c_b [M_p - (M_p - 0,7 \cdot f_y \cdot S_x) \times L_b - L_p/L_r - L_p] \leq M_p$$

2) Kuat lentur penampang pada kondisi plastis :

$$M_p = Z_x \times F_y = 841 \times 240 = 201840 \text{ Mpa} = 2058203 \text{ Kgcmm}$$

$$\Phi M_p = 0,9 \times 2058203 = 1852383 \text{ Kgcmm}$$

Kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah :

$$M_n = c_b [M_p - (M_p - 0,7 \cdot f_y \cdot S_x) \times L_b - L_p/L_r - L_p] \leq M_p$$

$$0,7 \times F_y \times S_x = 0,7 \times 240 \times 777 = 1331346 \text{ Kgcmm}$$

3) Cek klasifikasi profil :

Cek klasifikasi profil :

$$K_c = 4/\sqrt{(h/tw)} = 4/\sqrt{(350/7)} = 0,57$$

,simetri ganda maka:

$$f_l = 0,7 \times f_y = 1713 \text{ Kg/cm}^2$$

$$1/2 \text{ bf/tf} = 1/2 \cdot 175 / 7 = 12,5$$

$$\lambda = \text{bf}/2\text{tf} = 175 / (2 \cdot 7) = 12,5$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \times ([E/f_y])^{1/2} = 11$$

$$\lambda_{rf} = 0,95 \times ([(K_c \cdot E)/f_l])^{1/2} = 24,65$$

$$\lambda_{rf} > 1/2 \text{ bf/tf} < \lambda_{pf} = 24,65 > 12,5 > 11$$

.....profil sayap non kompak.

$$\lambda_{pw} = 3,76 \times ([E/f_y])^{1/2} = 108,5$$

$$\lambda_{rw} = 5,7 \times ([E/f_y])^{1/2} = 164,54$$

$$h/tw = (350 - 2 \cdot 11) / 7 < \lambda_{rw}$$

$$47 < 164,54 \text{Profil badan kompak}$$

4) Faktor Cb, faktor gradien pengaruh bentuk momen :

Hasil dari SAP 2000 untuk menentukan momen pada

$1/3$ L, $1/2$ L dan $3/4$ L adalah :

$$M_a = 711653 = 2134959 \text{ Kgcmm}$$

$$M_b = 998789 = 3995156 \text{ Kgcmm}$$

$$M_c = 545455 = 1636365 \text{ Kgcmm}$$

$$12,5 \text{ Mmaks} = 12,5 \times 998789 = 12484862,5 \text{ Kgcmm}$$

$$2,5 \text{ Mmaks} = 2,5 \times 998789 = 2496972 \text{ Kgcmm}$$

$$C_b = (12,5 \text{ Mmaks}) / (2,5 \text{ Mmaks} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c)$$

$$C_b = 2484862,5 / (2496972 + 2134959 + 3995156 + 1636365) > 1,0$$

$$C_b = 1,22 > 1,0$$

5) Kondisi batas tekuk torsi lateral :

$$M_n = 1,22 [2058203 - (2058203 - 1331346) \times ((250 - 200,69) / (596 - 200,69))] \leq M_p$$

$$M_n = 2393500 \text{ Kgcmm} > 2058203 \text{ Kgcmm}...$$

tidak terjadi LTB

$$\text{Diambil } M_n = M_p = 2058203 \text{ Kgcmm}$$

6) Kondisi batas tekuk lokal sayap

Data profil

$$1/2 \text{ bf/tf} = 12,50$$

$$\lambda_{pf} = 11,0$$

$$\begin{aligned}\lambda_{rf} &= 24,65 \\ 0.7x_{fy}x_{Sx} &= 1331346 \\ \lambda &= 12,50 \\ M_n &= [M_p - (M_p - 0.7.F_y.S_x) x [\lambda - \lambda_{pf} / \lambda_{rf} - \lambda_{pf}] \\ &\quad (F3-1 \text{ hal.409}) \\ M_n &= 2058203 - (2058203 - 1331346) x ((12.5 - 11) / (24.65 - 11)) = 1976912 \text{ Kgcm} \dots \text{Menentukan}\end{aligned}$$

7) Kuat lentur balok : ditentukan oleh tekuk lokal sayap
 $\Phi M_n > M_u = 0,9 x 1976912 = 1779220.63$
 $\Phi M_n > M_u = 1779221 \text{ Kgcm} > 998789 \text{ Kgcm}$
..OK

8) Kuat geser balok
Koefisien tekuk dan geser pelat badan K_v dan C_v adalah :

$$\begin{aligned}h/t_w &= 46,86 \text{ mm} < 260 \\ K_v &= 5,00 \\ 1.10 (K_v.E / F_y)^{1/2} &= 71 \\ 1.37 (K_v.E / F_y)^{1/2} &= 88 \\ h/t_w < 1.10 (K_v.E / F_y)^{1/2} \\ 46,86 < 71,00\end{aligned}$$

Kuat geser nominal dibatasi adanya leleh pada pelat badan, tidak ada pengaruh tekuk.

$$\begin{aligned}C_v &= 1,0 \\ V_n &= 0.6 x F_y x A_w x C_v \\ A_w &= d x t_w = 35975,7 \text{ Kg} \\ A_w &= 350 x 7 = 24,5 \\ \Phi V_n &= 0,9 x 35975,7 = 32378 > 6332 \text{ Kg} \\ \text{Tahap selanjutnya adalah jika ingin menghindari digunakannya pelat pengaku pada setiap beban terpusat, atau mengontrol apakah beban terpusat tersebut dapat dipindah secara bebas, maka perlu ditinjau kondisi batas sebagai berikut :}\end{aligned}$$

a. Cek kekuatan pelat sayap

$$\begin{aligned}\text{Bengkok setempat pelat (flange local bending)} \\ R_n &= 6,25 x f_y x t_f^2 \\ \Phi &= 0,9 \\ \phi R_n - 1 &= 0,9 x 6,25 x 240 x 11^2 = 1665713 \gg 998789 \\ &\text{(tidak perlu pelat pengaku)}\end{aligned}$$

b. Pelehan setempat pelat sayap (Web local yielding)

$$\begin{aligned}\text{Lebar tumpuan beban } l_b &= \frac{1}{2} x b_f = 87,5 \text{ mm} \\ R_n &= f_y f x t_w x (5.k + l_b) \dots \dots \text{(j10-3 hal.392)} \\ \Phi &= 1 \\ \Phi R_n - 2 &= 1 x 240 x 7 x (5 x 25 + 87,5) \\ &= 3640400 \gg \gg 998789 \text{ (aman)} \\ \text{Crippling pelat badan (Web crippling)} \\ R_n &= 0.8 x t_w^2 [1 + 3l_b/d ([(t_f/t_w)]^{1.5})] \sqrt{E} \\ &\quad x f_y x t_f/t_w \\ \Phi &= 0,75 \\ \phi R_n - 3 &= 0,75 x 0.8 x 7^2 [1 + 87.5/350 ([(11/7)]^{1.5})] \\ &\quad \sqrt{(200000 x 240 x 11/7)} \\ \phi R_n - 3 &= 1281686 \gg \gg 998789 \text{ (aman)} \\ \text{cek (h / t_w) / (l_b / b_f)} &= (328/7) / (87.5/175) \\ &= 46.86/0.5 \\ &= 9,4 > 1,7\end{aligned}$$

Maka ketentuan tekuk kesamping bisa diabaikan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Kesimpulan dari analisa Balok Lentur ini adalah sebagai berikut :

- 1) Pemilihan profil WF 350.175.7.11 sebagai profil pemikul beban pipa diameter 1900 mm dan air 4000 liter per detik didalamnya sudah memenuhi syarat.
- 2) Pengaruh Tekuk Torsi Lateral pada profil tersebut sesuai dengan ketentuan $L_p < L_b < L_r$ sehingga ditentukan $M_n = c_b [M_p - (M_p - 0,7.f_y.s_x) x L_b - L_p / L_r - L_p] \leq M_p$.
- 3) Klasifikasi profil adalah profil sayap non-kompak dan profil badan kompak.
- 4) Pada kondisi batas tekuk torsi lateral profil tidak mengalami LTB.

B. SARAN

- 1) Dalam Penggunaan program SAP2000 perlu ketelitian, agar mendapatkan profil baja yang tepat.
- 2) Perlu mencoba dengan profil yang berbeda agar dapat membandingkan antara dua atau lebih profil yang efektif.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Agus,S, 2008. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LFRD* (Berdasarkan SNI 03-1729-2002).Jakarta: Erlangga
- A.Muhajir.*Detik News*.20 Juli 2017
- Dani.*Kompas.com*.21 Juli 2017
- Dewobroto,W, 2015.*Struktur Baja, Perilaku, Analisis, dan Desain-AISC2010*, Jakarta, Lumina Press.
- Standar Nasional Indonesia,2002.SNI T-03-1729-2002.*Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Standar Nasional Indonesia,2016.SNI 1725:2016 *Pembebanan untuk jembatan*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Standar Nasional Indonesia,2016.SNI 2833:2016. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*, Jakarta:Badan Standarisasi Nasional