

LAMPIRAN

L.1 Hasil Perhitungan Manual Perencanaan Jembatan

L.2 Gambar Kerja dan Detail Sambungan

LAMPIRAN I

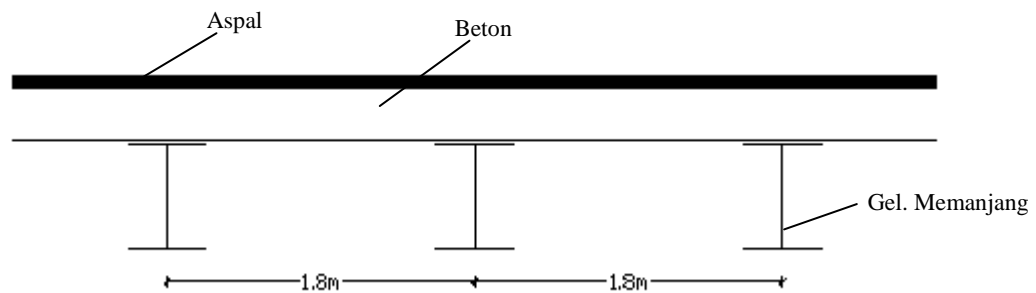
HASIL PERHITUNGAN MANUAL PERENCANAAN

JEMBATAN

L1.1 Perencanaan Awal Jembatan

Pada lampiran ini dijelaskan perhitungan dimensi pelat lantai kendaraan dan gelagar jembatan secara manual tanpa menggunakan program, yaitu sebagai berikut:

L1.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan



Gambar L1.1 Pelat lantai beton yang ditumpu pada gelagar memanjang

Pelat lantai beton yang ditumpu pada gelagar memanjang seperti pada Gambar L1.1 mempunyai ketebalan pelat lantai umumnya 20 cm, dengan lapisan aspal 5 cm. Contoh perhitungan desain tulangan pelat searah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Bentang, } L &= 5 \text{ m} \\ f_c' &= 30 \text{ MPa} \\ f_y &= 240 \text{ MPa} \\ \rho_{min} &= 0,0014 \end{aligned}$$

Berdasarkan TCPSBUBG tabel 8 untuk pelat searah dengan dua tumpuan sederhana,

$$h_{min} = \frac{1}{20} L = \frac{1}{20} 5000 = 250 \text{ mm} \rightarrow \text{diambil, } h = 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{karena } L > 3,5 \text{ m} &\rightarrow d = h - 30 \\ &= 250 - 30 \\ &= 220 \text{ mm} \end{aligned}$$

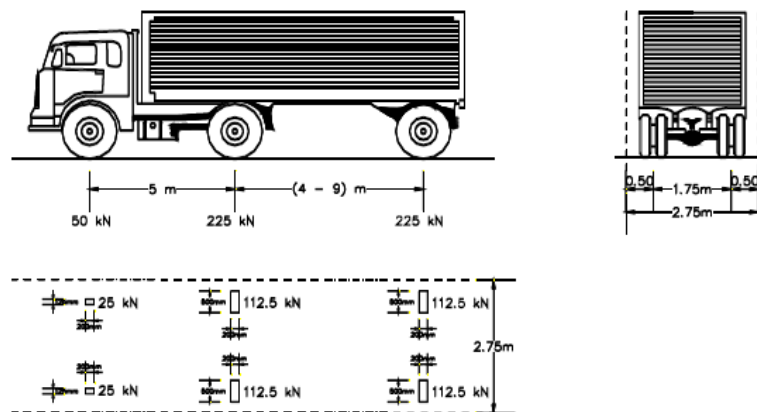
Beban – beban yang bekerja:

1. Beban mati

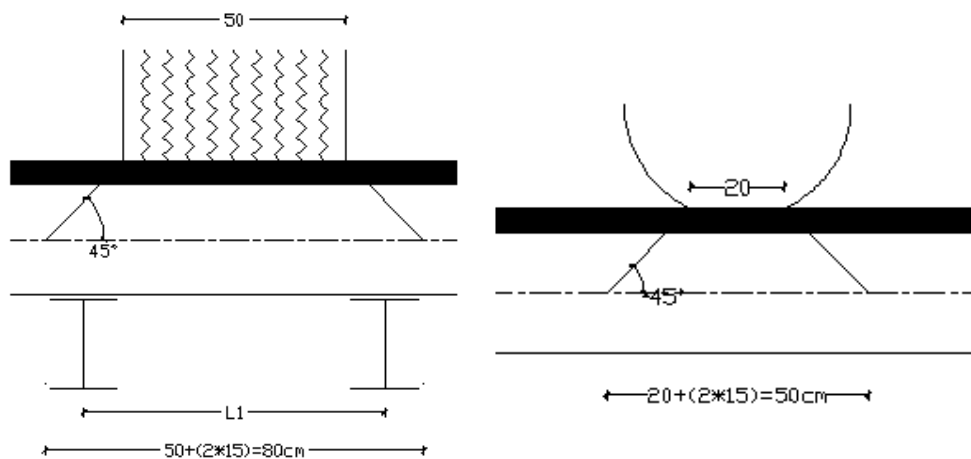
- B.s. aspal	= 0,05 · 22	= 1,1 kN/m
- B.s. beton	= 0,2 · 24	= 4,8 kN/m
w_D		= 5,9 kN/m

2. Beban hidup

Untuk menghitung lantai kendaraan dipergunakan beban truk “T” seperti Gambar L1.2, dengan tekanan roda dianggap menyebar dengan sudut 45° seperti Gambar L1.3, dengan fungsi jembatan kelas II yaitu 70% · 20 t.



Gambar L1.2 Pembebanan truk “T”



Gambar L1.3 Tekanan roda

$$w_L = \frac{(70\% \cdot 20) \cdot 10^3}{80 \cdot 50} = 3,5 \text{ kg/cm}^2 = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

Beban terfaktor (q_u)

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 w_D + 1,6 w_L \\ &= (1,2 \cdot 5,9) + (1,6 \cdot 3,5) \\ &= 12,68 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Momen terfaktor (M_u)

$$\text{Di lapangan, } M_{u, \text{lap}} = \frac{1}{8} q_u L^2 = \frac{1}{8} 12,68 \cdot (5)^2 = +39,625 \text{ kNm}$$

$$\text{Di tumpuan exterior, } M_{u, \text{tump}} = -\frac{1}{24} q_u L^2 = -\frac{1}{24} \cdot 12,68 \cdot (5)^2 = -13,208 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} A_{s, \text{min}} &= \rho_{\text{min}} bh \\ &= 0,0014 \cdot 1000 \cdot 250 \\ &= 350 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} jd &= 0,925 d \\ &= 0,925 \cdot 220 \\ &= 203,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan di lapangan

$$A_{s, \text{perlu}} = \frac{M_u}{\phi \cdot j d \cdot f_y} = \frac{39,625 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 203,5 \cdot 240} = 1014,153 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow A_{s, \text{pakai}} : \text{D19 @ 275} = 1032$$

$$A_{s, \text{pakai}} \geq A_{s, \text{perlu}} \geq A_{s, \text{min}} \rightarrow \text{OK}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1032 \cdot 240}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 9,713$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \cdot 1032 \cdot 240 \left(350 - \frac{9,713}{2} \right) \\ &= 68.388.113,66 \text{ Nmm} \\ &= 68,388 \text{ kNm} \end{aligned}$$

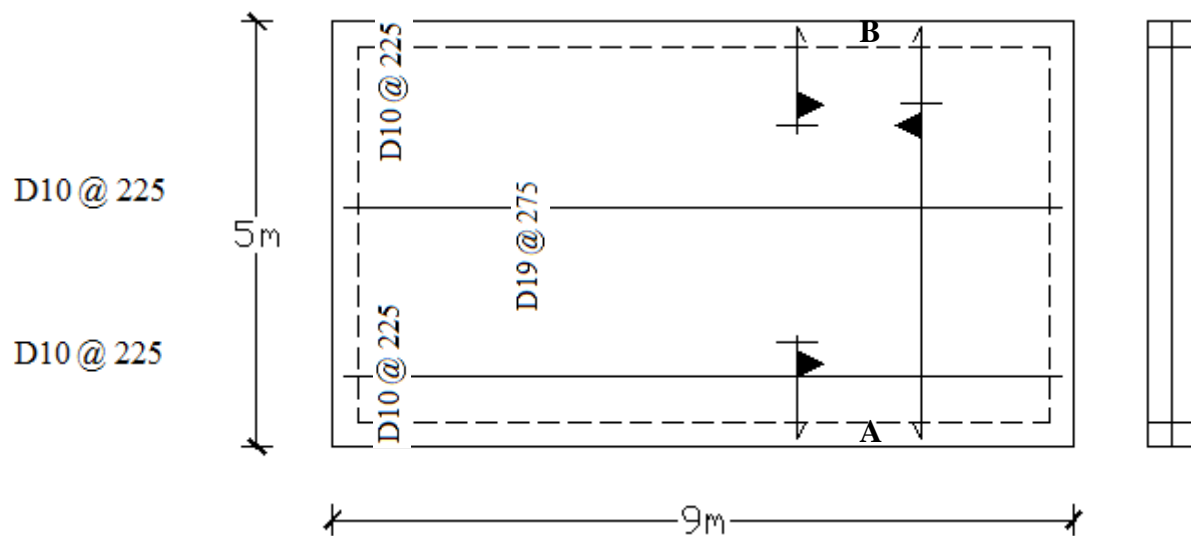
Syarat:

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$68,388 \text{ kNm} \geq 39,625 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK}$$

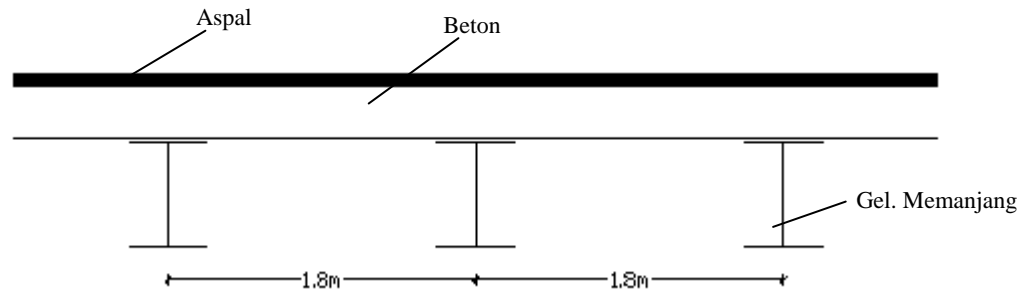
Tabel L1.1 Tulangan pada lantai kendaraan

Lokasi	M_u [kNm]	$A_{s, perlu}$ [mm ²]	$A_{s, min}$ [mm ²]	$A_{s, pakai}$ [mm ²]	a [mm]	ϕM_n [kNm]	Ket.
Lapangan	+39,625	1014,15	350	D19 @ 275 = 1032	9,713	68,388 > M_u	OK
Tump. Ext	- 3,208	338,043	350	D10 @ 225 = 350	3,219	22,877 > M_u	OK
Tul. pembagi			350	D10 @ 225 = 350			



Gambar L1.4 Tulangan pelat lantai

L1.1.2 Perencanaan Gelagar Memanjang



Beban-belan pada gelagar memanjang:

1. Beban mati

- B.s. aspal	=	$0,05 \cdot 1,8 \cdot 22$	=	1,98 kN/m	=	198 kg/m
- B.s. beton	=	$0,2 \cdot 1,8 \cdot 24$	=	8,64 kN/m	=	864 kg/m
-		B. s gelagar memanjang	=		=	44,1 kg/m
(taksir IWF 250)						

$$g = 242,964 \text{ kg/m}$$

$$= 0,243 \text{ t/m}$$

2. Beban hidup

$$\text{Terbagi rata : } P' = \frac{p}{2,75} \cdot \frac{b}{1,1} = \frac{2,2}{2,75} \cdot \frac{1,8}{1,1} = 1,309 \text{ t/m}$$

$$\text{Terpusat : } P'' = \frac{p}{2,75} \cdot \frac{b}{1,1} = \frac{12}{2,75} \cdot \frac{1,8}{1,1} = 7,14 \text{ t}$$

Direncanakan sebagai balok menerus, maka:

$$K = 1 + \frac{20}{50 + 5} = 1,364$$

$$M_{max} (M_u) = 75\% \cdot \left(\frac{1}{8} \cdot 0,243 \cdot 5^2 + \left[\frac{1}{8} \cdot 1,309 \cdot 5^2 + \frac{1}{4} \cdot 7,14 \cdot 5 \right] \cdot 1,364 \right)$$

$$= 13,88 \text{ t.m}$$

$$= 138.800.000 \text{ Nmm}$$

Perhitungan dimensi

Profil yang digunakan adalah profil *IWF* 250x175x7x11.

- Karakteristik profil *IWF* 250x175x7x11

$$\begin{aligned} h &= 224 \text{ mm} & t_w &= 7 \text{ mm} \\ b &= 175 \text{ mm} & t_f &= 11 \text{ mm} \\ A &= 5624 \text{ mm}^2 & e &= 99,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Data material

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastisitas } (E_s) &: 2 \cdot 10^5 \text{ MPa} \\ \text{Tegangan leleh } (f_y) &: 240 \text{ MPa} \\ \text{Tegangan sisa } (f_r) &: 70 \text{ MPa} \\ \text{Faktor reduksi} &: \phi = 0,9 \end{aligned}$$

- Menghitung momen plastis (M_p)

$$\begin{aligned} M_p &= C \cdot 2e \\ &= \left(\frac{1}{2} A \cdot f_y \right) \cdot 2e \\ &= \left(\frac{1}{2} \cdot 5624 \cdot 240 \right) \cdot 2 \cdot 99,3 \\ &= 134.031.168 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Cek penampang profil

- Menentukan batas tekuk lokal:

Kelangsingan elemen penampang

$$\begin{aligned} \lambda_s &= \frac{b}{2t} = \frac{175}{2 \cdot 11} = 7,955 \\ \lambda_b &= \frac{h'}{t} = \frac{224 - (2 \cdot 7) - (2 \cdot 16)}{7} = 25,429 \end{aligned}$$

Kelangsingan batas

$$\begin{aligned} \lambda_{ps} &= 11 & ; \lambda_{pb} &= 108,4 \\ \lambda_{rs} &= 28,4 & ; \lambda_{rb} &= 164,6 \end{aligned}$$

$$\left. \begin{array}{l} \therefore \lambda_s = 7,955 < \lambda_{ps} = 11 \\ \lambda_b = 25,429 < \lambda_{pb} = 108,4 \end{array} \right\} \text{struktur penampang kompak} \\ (M_n = M_p)$$

- syarat:

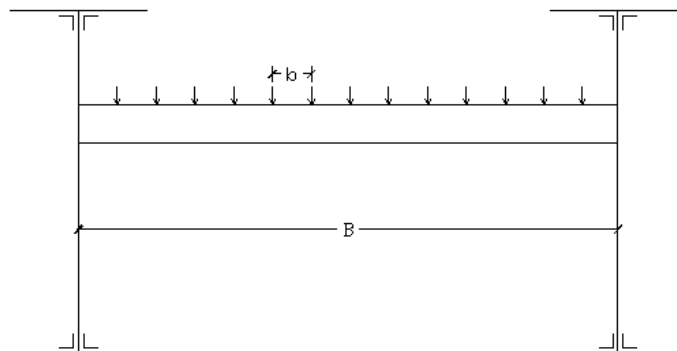
$$M_u \leq \phi M_n$$

$$138.800.000 \text{ Nmm} \leq (0,9 \cdot 206.631.384)$$

$$138.800.000 \text{ Nmm} \leq 185.968.245,6 \text{ Nmm} \rightarrow \text{OK}$$

∴ Dari hasil diatas maka profil *IWF* 250x175x7x11 dapat digunakan.

L1.1.3 Perencanaan Gelagar Melintang



Gambar L1.5 Potongan melintang

Beban – beban yang bekerja:

1. Beban mati

- B.s. aspal	=	$0,05 \cdot 5 \cdot 22$	=	5.6 kN/m	=	560 kg/m
- B.s. beton	=	$0,2 \cdot 5 \cdot 24$	=	24 kN/m	=	2400 kg/m
- B.s gelagar memanjang (taksir IWF 250)	=		=		=	44.1 kg/m
- B.s gelagar melintang (taksir IWF 400)	=		=		=	200 kg/m
					<hr/>	
					g	= 3204.1 kg/m
						= 3.2041 t/m

2. Beban hidup

Beban pada jalur lalu lintas:

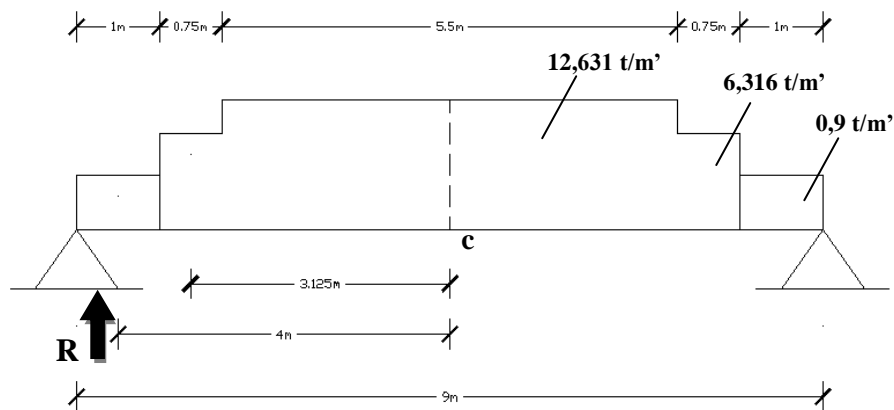
$$P' = \frac{2,2}{2,75} \cdot 5 = 4 \text{ t/m'}$$

$$P'' = \frac{12}{2,75} = 4,36 \text{ t/m'}$$

$$P''' = 60\% \cdot 500 \cdot 5 = 900 \text{ kg/m} = 0,9 \text{ t/m'}$$

$$= 9,26 \text{ t/m'} \cdot 1,364$$

$$= 12,631 \text{ t/m'}$$



Gambar L1.6 Beban pada jalur lalu lintas

$$\begin{aligned} R &= (0,9 \cdot 1) + (6,316 \cdot 0,75) + (12,631 \cdot 2,75) \\ &= 0,9 + 4,737 + 34,735 \\ &= 40,372 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_c &= (40,372 \cdot 5,5) - (0,9 \cdot 4) - (4,737 \cdot 3,125) - (34,735 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,75) \\ &= 222,046 - 3,6 - 14,803 - 47,761 \\ &= 155,882 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Direncanakan sebagai balok menerus, maka:

$$M_g = \frac{1}{10} \cdot 3,2041 \cdot 9^2 = 25,95 \text{ t.m}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{total}} &= 155,882 + 25,95 \\ &= 181,84 \text{ t.m} \\ &= 1.818.400.000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Perhitungan dimensi

Profil yang digunakan adalah profil *IWF* 400x400x45x70.

- Karakteristik profil *IWF* 400x400x45x70

$$\begin{aligned} h &= 498 \text{ mm} & t_w &= 45 \text{ mm} \\ b &= 432 \text{ mm} & t_f &= 70 \text{ mm} \\ A &= 77010 \text{ mm}^2 & e &= 187,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Data material

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastisitas } (E_s) &: 2 \cdot 10^5 \text{ MPa} \\ \text{Tegangan leleh } (f_y) &: 370 \text{ MPa} \\ \text{Tegangan sisa } (f_r) &: 70 \text{ MPa} \\ \text{Faktor reduksi} &: \phi = 0,9 \end{aligned}$$

- Menghitung momen plastis (M_p)

$$\begin{aligned} M_p &= C \cdot 2e \\ &= \left(\frac{1}{2} A \cdot f_y \right) \cdot 2e \\ &= \left(\frac{1}{2} \cdot 77010 \cdot 240 \right) \cdot 2 \cdot 187,7 \\ &= 3.469.146.480 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Cek penampang profil

- Menentukan batas tekuk lokal:

Kelangsingan elemen penampang

$$\lambda_s = \frac{b}{2t} = \frac{432}{2 \cdot 70} = 3,08$$

$$\lambda_b = \frac{h'}{t} = \frac{432 - (2 \cdot 45) - (2 \cdot 22)}{45} = 6,62$$

Kelangsingan batas

$$\lambda_{ps} = 11 \quad ; \quad \lambda_{pb} = 108,4$$

$$\lambda_{rs} = 28,4 \quad ; \quad \lambda_{rb} = 164,6$$

$$\begin{array}{l} \therefore \lambda_s = 3,08 < \lambda_{ps} = 11 \\ \lambda_b = 6,62 < \lambda_{pb} = 108,4 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \lambda_s \\ \lambda_b \end{array}} \right\} \text{struktur penampang kompak} \\ \text{\hspace{10em}} (M_n = M_p)$$

- syarat:

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$1.818.400.000 \text{ Nmm} \leq (0,9 \cdot 3.469.146.480)$$

$$1.818.400.000 \text{ Nmm} \leq 3.122.231.832 \text{ Nmm} \rightarrow \text{OK}$$

∴ Dari hasil diatas maka profil *IWF* 400x400x45x70 dapat digunakan.

L1.1.4 Perencanaan Gelagar Induk/Rangka

Beban – beban yang bekerja:

1. Beban mati

- B.s. aspal	=	$0,05 \cdot 5 \cdot 22$	=	5,6 kN/m	=	560 kg/m
- B.s. beton	=	$0,2 \cdot 5 \cdot 24$	=	24 kN/m	=	2400 kg/m
- B.s gelagar memanjang (taksir <i>IWF</i> 250)					=	44,1 kg/m
- B.s gelagar melintang (taksir <i>IWF</i> 400)					=	200 kg/m
- B.s gelagar induk (taksir <i>IWF</i> 400)					=	200 kg/m
- B.s <i>bracing</i> (taksir <i>IWF</i> 200)					=	56,2 kg/m
					<hr/>	
					g	= 3416,2 kg/m
						= 3,4162 t/m

2. Beban hidup

Beban pada jalur lalu lintas:

$$\text{Terbagi rata : } P' = \frac{p}{2,75} \cdot \frac{b}{1,1} = \frac{2,2}{2,75} \cdot \frac{1,8}{1,1} = 1,309 \text{ t/m}$$

$$\text{Terpusat : } P'' = \frac{p}{2,75} \cdot \frac{b}{1,1} = \frac{12}{2,75} \cdot \frac{1,8}{1,1} = 7,14 \text{ t}$$

Direncanakan sebagai balok menerus, maka:

$$K = 1 + \frac{20}{50 + 5} = 1,364$$

$$\begin{aligned} M_{max} (M_u) &= 75\% \cdot \left(\frac{1}{8} \cdot 3,4162 \cdot 5^2 + \left[\frac{1}{8} \cdot 1,309 \cdot 5^2 + \frac{1}{4} \cdot 7,14 \cdot 5 \right] \cdot 1,364 \right) \\ &= 21,32 \text{ t.m} \\ &= 213.200.000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Perhitungan dimensi

Profil yang digunakan adalah profil *IWF* 350x350x12x19.

- Karakteristik profil *IWF* 350x350x12x19

$$\begin{array}{ll} h &= 350 \text{ mm} & t_w &= 12 \text{ mm} \\ b &= 350 \text{ mm} & t_f &= 19 \text{ mm} \\ A &= 17390 \text{ mm}^2 & e &= 136,9 \text{ mm} \end{array}$$

- Data material

$$\begin{array}{ll} \text{Modulus Elastisitas } (E_s) &: 2 \cdot 10^5 \text{ MPa} \\ \text{Tegangan leleh } (f_y) &: 240 \text{ MPa} \\ \text{Tegangan sisa } (f_r) &: 70 \text{ MPa} \\ \text{Faktor reduksi} &: \phi = 0,9 \end{array}$$

- Menghitung momen plastis (M_p)

$$\begin{aligned} M_p &= C \cdot 2e \\ &= \left(\frac{1}{2} A \cdot f_y \right) \cdot 2e \\ &= \left(\frac{1}{2} \cdot 17390 \cdot 240 \right) \cdot 2 \cdot 146,4 \\ &= 611.015.040 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Cek penampang profil
 - Menentukan batas tekuk lokal:

Kelangsingan elemen penampang

$$\lambda_s = \frac{b}{2t} = \frac{350}{2 \cdot 19} = 9,21$$

$$\lambda_b = \frac{h'}{t} = \frac{350 - (2 \cdot 12) - (2 \cdot 20)}{12} = 23,83$$

Kelangsingan batas

$$\lambda_{ps} = 11 \quad ; \quad \lambda_{pb} = 108,4$$

$$\lambda_{rs} = 28,4 \quad ; \quad \lambda_{rb} = 164,6$$

$$\begin{array}{l} \because \lambda_s = 9,21 < \lambda_{ps} = 11 \\ \lambda_b = 23,83 < \lambda_{pb} = 108,4 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \lambda_s \\ \lambda_b \end{array}} \right\} \text{struktur penampang kompak} \\ \text{\hspace{10em}} (M_n = M_p)$$

- syarat:

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$213.200.000 \text{ Nmm} \leq (0,9 \cdot 611.015.040)$$

$$213.200.000 \text{ Nmm} \leq 549.913.536 \text{ Nmm} \quad \rightarrow \text{OK}$$

- ∴ Dari hasil diatas maka profil *IWF* 350x350x12x19 dapat digunakan.

LAMPIRAN II

GAMBAR KERJA

L2.1 Gambar Kerja

Terlampir gambar kerja yaitu denah dan potongan jembatan dalam 2D serta detail sambungan pada tiap titik buhul. Gambar kerja dapat dilihat pada halaman berikutnya.