

BAB V

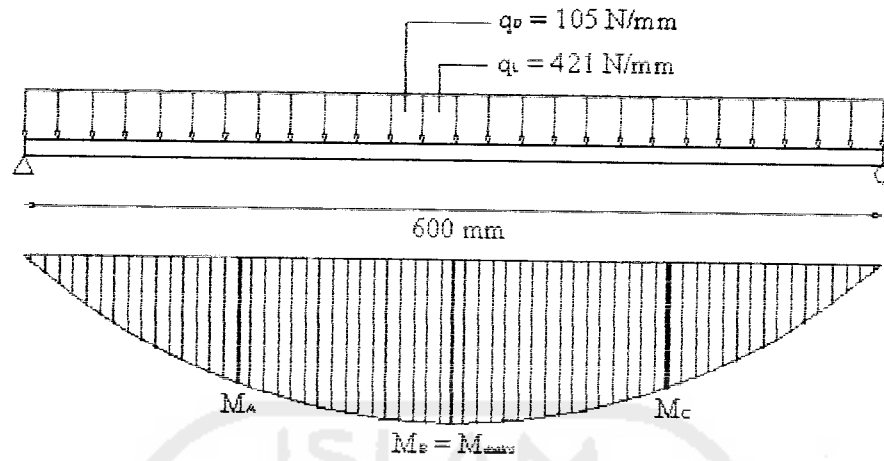
VALIDASI PROGRAM

Program yang telah dibuat dapat diterima dan digunakan dalam aplikasi desain apabila program tersebut valid. Untuk mengetahui validasi program maka diperlukan suatu pengujian terhadap program tersebut.

Pengujian yang dilakukan pada program ini adalah membandingkan hasil hitungan program dengan hitungan manual terhadap beberapa contoh soal. Apabila hasilnya sama maka program telah cukup valid dan dapat digunakan dalam aplikasi desain. Beberapa contoh soal tersebut adalah sebagai berikut ;

1. Pilihlah penampang WF produksi PT. Gunung Garuda dengan berat teringan untuk balok bertumpuan sederhana dari **Gambar 5.1** di bawah. Beban yang bekerja adalah 105 N/mm beban mati (termasuk berat sendiri) dan 421 N/mm beban hidup. Asumsikan pembatasan defleksi tidak perlu diperhatikan. Gunakan baja dengan tegangan leleh $F_y = 250$ Mpa dan *Load and Resistance Factor design*.





Gambar 5.1 Soal nomor 1

Analisis struktur :

$$q_u = 1,2 \cdot q_d + 1,6 \cdot q_l = 1,2 \cdot 105 + 1,6 \cdot 421$$

$$= 799,6 \text{ N/mm}$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 = 1/8 \cdot 799,6 \cdot 600^2$$

$$= 35982000 \text{ Nmm}$$

$$C_b = 1,14$$

A. Hitungan Program

Data masukan ;

$$F_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$L_b = 600 \text{ mm}$$

$$C_b = 1,14$$

$$M_u = 35982000 \text{ Nmm}$$

Hasil hitungan program adalah sebagai berikut :

DATA HITUNGAN				
Fy = 250	Mpa			
Lb = 600	mm			
Mu = 35982000	Nmm			
Cb = 1.14				

DAFTAR PROFIL GUNUNG GARUDA YANG EKONOMIS									
Berdasarkan urutan berat			Berdasarkan urutan tinggi						
No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi.Mn$ (Nmm)	No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi.Mn$ (Nmm)
1	WF200X100	18.2	198	36000000	1	WF150X150	31.5	150	49275000
2	WF200X100	21.3	200	41400000	2	WF175X175	40.2	175	74250000
3	WF250X125	25.7	248	64125000	3	WF200X100	18.2	198	36000000
4	WF250X125	29.6	250	72900000	4	WF200X100	21.3	200	41400000
5	WF150X150	31.5	150	49275000	5	WF200X200	49.9	200	106200000
6	WF300X150	32	298	95400000	6	WF250X125	25.7	248	64125000
7	WF300X150	36.7	300	108225000	7	WF250X125	29.6	250	72900000
8	WF175X175	40.2	175	74250000	8	WF250X250	72.4	250	195075000
9	WF350X175	41.4	346	144225000	9	WF300X150	32	298	95400000
10	WF350X175	49.6	350	174375000	10	WF300X150	36.7	300	108225000

Gambar 5.2 Hasil hitungan program soal nomor 1

Profil dengan berat teringan dari hasil hitungan program tersebut adalah profil WF200X100.

B. Hitungan manual

Data masukan :

$$F_y = 250 \text{ Mpa.} \quad C_b = 1,14.$$

$$L_b = 600 \text{ mm.} \quad Mu = 35982000 \text{ Nmm}$$

Coba profil WF200X100

Data profil WF200X100;

$$\text{Berat} = 18,2 \text{ Kg/m} \quad r_y = 22,1 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi} = 198 \text{ mm} \quad Z_x = 160000 \text{ mm}^3$$

$$A = 2318 \text{ mm}^2 \quad J = 28227 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 b_f/2t_f &= 7,071 & C_w &= 10324264360 \text{ mm}^4 \\
 h/t_w &= 40,89 & F_r &= 70 \text{ Mpa} \\
 S_x &= 150596 \text{ mm}^3 & E &= 210000 \text{ Mpa} \\
 I_y &= 1140000 \text{ mm}^4 & G &= 81000 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Menentukan kategori penampang sayap :

$$\lambda_s = 7,071$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{ps} &= \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} \\
 &= 10,75
 \end{aligned}$$

karena $\lambda_s < \lambda_{ps}$ maka penampang sayap adalah kompak

Menentukan kategori penampang badan :

$$\lambda_b = 40,89$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{pb} &= \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} \\
 &= 106,25
 \end{aligned}$$

karena $\lambda_b < \lambda_{pb}$ maka penampang badan adalah kompak

Menentukan kategori bentang :

$$L_b = 600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 r_x \sqrt{(E/F_c)} = 1,76 \cdot 221 \sqrt{(210000/250)} \\
 &= 1127,31 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

karena $L_b < L_p$ maka termasuk bentang pendek

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal sayap

(ϕM_{nls}) ;

Karena penampang sayap kompak maka $\phi M_{nls} = \phi M_p$

$$\begin{aligned}\phi M_p &= 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y \\ &= 0,9 \cdot 160000 \cdot 250 \\ &= 36000000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal badan

(ϕM_{ntb}) ;

Karena penampang badan kompak maka $\phi M_{ntb} = \phi M_p$

$$\begin{aligned}\phi M_p &= 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y \\ &= 0,9 \cdot 160000 \cdot 250 \\ &= 36000000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk puntir lateral

(ϕM_{ntpl}) ;

Karena termasuk kategori bentang pendek maka $\phi M_{ntpl} = \phi M_p$

$$\begin{aligned}\phi M_p &= 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y \\ &= 0,9 \cdot 160000 \cdot 250 \\ &= 36000000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Menentukan kuat momen nominal yang dipakai ϕM_n

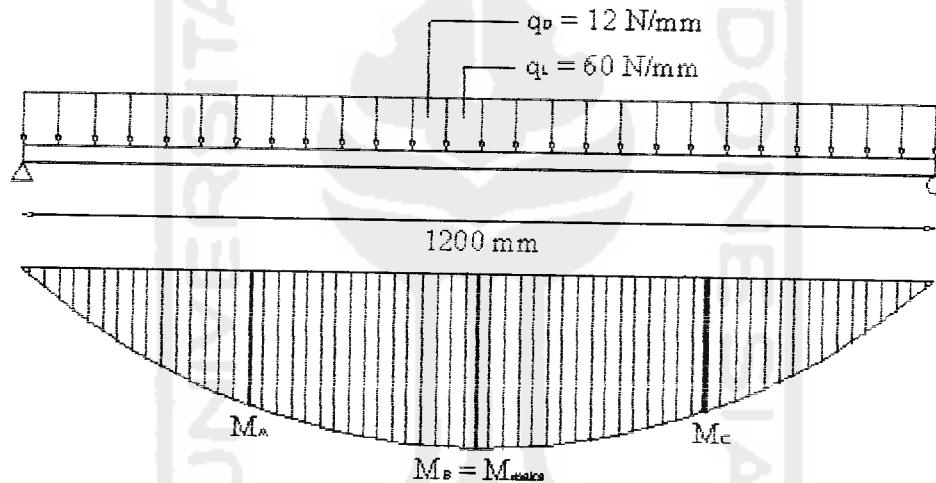
Karena $\phi M_{nls} = \phi M_{ntb} = \phi M_{ntpl}$, maka $\phi M_n = \phi M_{nls}$ atau ϕM_{ntb} atau ϕM_{ntpl} , sehingga ;

$$\phi M_n = 36000000 \text{ Nmm}$$

Cek kekuatan profil ;

$\phi M_n = 36000000 \text{ Nmm} > M_u = 35982000 \text{ Nmm}$, sehingga profil WF200X100 dapat dipakai.

2. Pilihlah penampang WF produksi Gunung Garuda dengan berat teringan untuk balok bertumpuan sederhana dari **Gambar 5.3** di bawah. Beban yang bekerja adalah 12 N/mm beban mati (termasuk berat sendiri) dan 60 N/mm beban hidup. Asumsikan pembatasan defleksi tidak perlu diperhatikan. Gunakan baja dengan tegangan leleh $F_y = 250 \text{ Mpa}$ dan *Load and Resistance Factor design*.



Gambar 5.3 Soal nomor 2

Analisis struktur ;

$$q_u = 1,2 \cdot q_d + 1,6 \cdot q_l = 1,2 \cdot 12 + 1,6 \cdot 60$$

$$= 110,4 \text{ N/mm}$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 = 1/8 \cdot 110,4 \cdot 1200^2$$

$$= 19872000 \text{ Nmm}$$

$$C_b = 1,14$$

A. Hitungan Program

Data masukan ;

$$F_y = 250 \text{ Mpa.}$$

$$L_b = 1200 \text{ mm.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$M_u = 19872000 \text{ Nmm.}$$

Hasil hitungan program adalah sebagai berikut :

DATA HITUNGAN			
$F_y = 250$	Mpa		
$L_b = 1200$	mm		
$M_u = 19872000$	Nmm		
$C_b = 1,14$			

DAFTAR PROFIL GUNUNG GARUDA YANG EKONOMIS									
Berdasarkan urutan berat				Berdasarkan urutan tinggi					
No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi \cdot M_n$ (Nmm)	No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi \cdot M_n$ (Nmm)
1	WF150X75	14	150	19980000	1	WF125X125	23.8	125	30600000
2	WF200X100	18.2	198	36000000	2	WF150X100	21.1	148	31050000
3	WF150X100	21.1	148	31050000	3	WF150X75	14	150	19980000
4	WF200X100	21.3	200	41400000	4	WF150X150	31.5	150	49275000
5	WF125X125	23.8	125	30600000	5	WF175X175	40.2	175	74250000
6	WF250X125	25.7	248	64125000	6	WF200X100	18.2	198	36000000
7	WF250X125	29.6	250	72900000	7	WF200X100	21.3	200	41400000
8	WF150X150	31.5	150	49275000	8	WF200X200	49.9	200	106200000
9	WF300X150	32	298	95400000	9	WF250X125	25.7	248	64125000
10	WF300X150	36.7	300	108225000	10	WF250X125	29.6	250	72900000

Gambar 5.4 Hasil hitungan program soal nomor 2

Profil dengan berat teringan dari hasil hitungan program tersebut adalah profil WF150X75.

B. Hitungan manual

Data masukan ;

$$F_y = 250 \text{ Mpa.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$L_b = 1200 \text{ mm.}$$

$$M_u = 19872000 \text{ Nmm}$$

Coba profil WF150X75

Data profil WF150X75;

$$\text{Berat} = 14 \text{ Kg/m}$$

$$r_y = 16,6 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi} = 150 \text{ mm}$$

$$Z_x = 88800 \text{ mm}^3$$

$$A = 1785 \text{ mm}^2$$

$$J = 22816,7 \text{ mm}^4$$

$$b_f/2t_f = 5,36$$

$$C_w = 2516185547 \text{ mm}^4$$

$$h/t_w = 27,2$$

$$F_y = 70 \text{ Mpa}$$

$$S_x = 88800 \text{ mm}^3$$

$$E = 210000 \text{ Mpa}$$

$$I_y = 495000 \text{ mm}^4$$

$$G = 81000 \text{ Mpa}$$

Menentukan kategori penampang sayap ;

$$\lambda_s = 5,36$$

$$\lambda_{ps} = \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$$= 10,75$$

karena $\lambda_s < \lambda_{ps}$ maka penampang sayap adalah kompak

Menentukan kategori penampang badan ;

$$\lambda_b = 27,2$$

$$\lambda_{pb} = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}}$$

$$= 106,25$$

karena $\lambda_b < \lambda_{pb}$ maka penampang badan adalah kompak

Menentukan kategori bentang ;

$$L_b = 1200 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{(E/F_y)} = 1,76 \cdot 16,6 \cdot \sqrt{(210000/250)}$$

$$= 846,76 \text{ mm}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = \frac{\pi}{88800} \sqrt{\frac{210000 \cdot 81000 \cdot 22816,7 \cdot 1785}{2}}$$

$$= 20821,86 \text{ Mpa}$$

$$X_2 = 4 \frac{C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{GJ} \right)^2 = 4 \frac{2516185547}{495000} \left(\frac{88800}{81000 \cdot 22816,7} \right)^2$$

$$= 0,00004694/\text{Mpa}^2$$

$$L_r = \frac{r_y \cdot X_1}{(F_y - F_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (F_y - F_r)^2}}$$

$$= \frac{16,6 \cdot 20821,86}{(250 - 70)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,00004694 (250 - 70)^2}}$$

$$= 3088,97 \text{ mm}$$

karena $L_p < L_b < L_r$ maka termasuk bentang menengah

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal sayap

(ϕM_{nls}) ;

Karena penampang sayap kompak maka $\phi M_{nls} = \phi M_p$

$$\phi M_p = 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y$$

$$= 0,9 \cdot 88800 \cdot 250$$

$$= 19980000 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal badan

(ϕM_{ntlb}) ;

Karena penampang badan kompak maka $\phi M_{ntlb} = \phi M_p$

$$\phi M_p = 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y$$

$$= 0,9 \cdot 88800 \cdot 250$$

$$= 19980000 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk puntir lateral

(ϕM_{ntpl}) ;

Karena termasuk kategori bentang menengah maka kita hitung dulu ϕM_{nm}

$$M_r = S_x \cdot (F_y - F_r) = 88800 \cdot (250 - 70)$$

$$= 15984000 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_r = 0,9 \cdot 15984000 = 14385600 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_{nm} = C_b \cdot \left[M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq \phi M_p$$

$$= 1,14 \left[19980000 - (19980000 - 14385600) \left(\frac{1200 - 846,76}{3088,97 - 846,76} \right) \right]$$

$$= 21772464,01 \text{ Nmm}$$

karena $\phi M_{nm} > \phi M_p$ maka ;

$$\phi M_{ntpl} = \phi M_p$$

$$= 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y = 0,9 \cdot 88800 \cdot 250$$

$$= 19980000 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal yang dipakai ϕM_n .

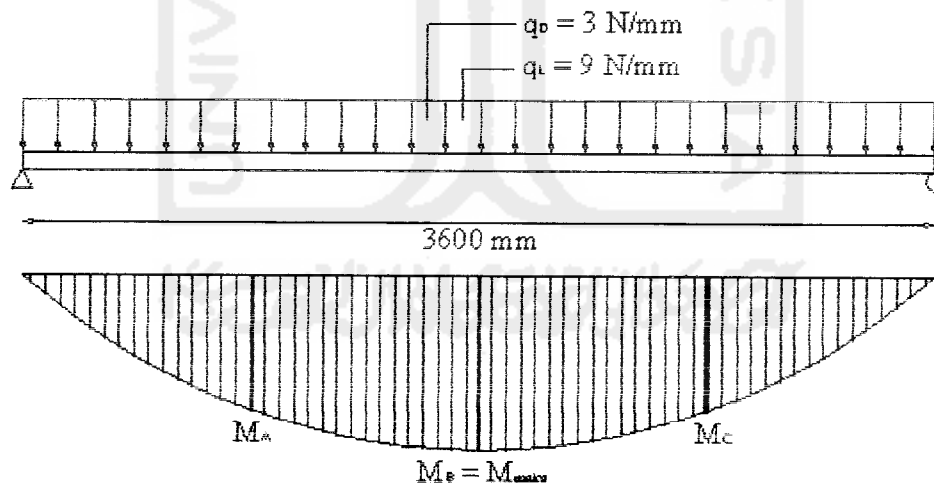
Karena $\phi M_{ntpl} = \phi M_{ntls} = \phi M_{ntlb} =$, maka $\phi M_n = \phi M_{ntls}$ atau ϕM_{ntlb} atau ϕM_{ntpl} , sehingga ;

$$\phi M_n = 19980000 \text{ Nmm}$$

Cek kekuatan profil ;

$\phi M_n = 19980000 \text{ Nmm} > M_u = 19872000 \text{ Nmm}$, sehingga profil WF150X75 dapat dipakai.

3. Pilihlah penampang WF produksi Gunung Garuda dengan berat teringan untuk balok bertumpuan sederhana dari **Gambar 5.5** di bawah. Beban yang bekerja adalah 3 N/mm beban mati (termasuk berat sendiri) dan 9 N/mm beban hidup. Asumsikan pembatasan defleksi tidak perlu diperhatikan. Gunakan baja dengan tegangan leleh $F_y = 250 \text{ Mpa}$ dan *Load and Resistance Factor design*.



Gambar 5.5 Soal nomor 3

Analisis struktur ;

$$q_u = 1,2 \cdot q_d + 1,6 \cdot q_l = 1,2 \cdot 3 + 1,6 \cdot 9$$

$$= 18 \text{ N/mm}$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 = 1/8 \cdot 18 \cdot 3600^2$$

$$= 29160000 \text{ Nmm}$$

$$C_b = 1,14$$

A. Hitungan Program

Data masukan ;

$$F_y = 250 \text{ Mpa.}$$

$$L_b = 3600 \text{ mm.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$M_u = 29160000 \text{ Nmm.}$$

Hasil hitungan program adalah sebagai berikut :

<u>DATA HITUNGAN</u>			
$F_y = 250$	Mpa		
$L_b = 3600$	mm		
$M_u = 29160000$	Nmm		
$C_b = 1.14$			

DAFTAR PROFIL GUNUNG GARUDA YANG EKONOMIS									
Berdasarkan urutan berat				Berdasarkan urutan tinggi					
No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi \cdot M_n$ (Nmm)	No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi \cdot M_n$ (Nmm)
1	WF150X100	21.1	148	29389309.4	1	WF125X125	23.8	125	30600000
2	WF200X100	21.3	200	34541958.82	2	WF150X100	21.1	148	29389309.4
3	WF125X125	23.8	125	30600000	3	WF150X150	31.5	150	49275000
4	WF250X125	25.7	248	56815048.62	4	WF175X175	40.2	175	74250000
5	WF250X125	29.6	250	66071180.82	5	WF200X100	21.3	200	34541958.82
6	WF150X150	31.5	150	49275000	6	WF200X200	49.9	200	106200000
7	WF300X150	32	298	89416099.7	7	WF250X125	25.7	248	56815048.62
8	WF300X150	36.7	300	102787980.7	8	WF250X125	29.6	250	66071180.82
9	WF175X175	40.2	175	74250000	9	WF250X250	72.4	250	195075000
10	WF350X175	41.4	346	143113055.4	10	WF300X150	32	298	89416099.7

Gambar 5.6 Hasil hitungan program soal nomor 3

T. Adh

Profil dengan berat teringan dari hasil hitungan program tersebut adalah profil WF150X100.

B. Hitungan manual

Data masukan ;

$$F_y = 250 \text{ Mpa.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$L_b = 3600 \text{ mm.}$$

$$M_u = 29160000 \text{ Nmm}$$

Coba profil WF150X100

Data profil WF150X100;

$$\text{Berat} = 21,1 \text{ Kg/m}$$

$$r_y = 23,7 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi} = 148 \text{ mm}$$

$$Z_x = 138000 \text{ mm}^3$$

$$A = 2684 \text{ mm}^2$$

$$J = 57960 \text{ mm}^4$$

$$b_f/2t_f = 5,56$$

$$C_w = 7245375000 \text{ mm}^4$$

$$h/t_w = 21,67$$

$$F_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$S_x = 137837,84 \text{ mm}^3$$

$$E = 210000 \text{ Mpa}$$

$$I_y = 1510000 \text{ mm}^4$$

$$G = 81000 \text{ Mpa}$$

Menentukan kategori penampang sayap ;

$$\lambda_s = 5,56$$

$$\lambda_{ps} = \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$$= 10,75$$

karena $\lambda_s < \lambda_{ps}$ maka penampang sayap adalah kompak

Menentukan kategori penampang badan ;

$$\lambda_b = 21,67$$

$$\lambda_{pb} = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}}$$

$$= 106,25$$

karena $\lambda_b < \lambda_{pb}$ maka penampang badan adalah kompak

Menentukan kategori bentang :

$$L_b = 3600 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{(E/F_y)} = 1,76 \cdot 23,7 \sqrt{(210000/250)}$$

$$= 1208,93 \text{ mm}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = \frac{\pi}{137837,84} \sqrt{\frac{210000 \cdot 81000 \cdot 57960 \cdot 2684}{2}}$$

$$= 26216,46 \text{ Mpa}$$

$$X_2 = 4 \frac{C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{GJ} \right)^2 = 4 \frac{7245375000}{1510000} \left(\frac{137837,84}{81000 \cdot 57960} \right)^2$$

$$= 0,00001655 / \text{Mpa}^2$$

$$L_r = \frac{r_y X_1}{(F_y - F_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (F_y - F_r)^2}}$$

$$= \frac{23,7 \cdot 26216,46}{(250 - 70)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,00001655 (250 - 70)^2}}$$

$$= 5165,51 \text{ mm}$$

karena $L_p < L_b < L_r$ maka termasuk bentang menengah

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal sayap

(ϕM_{ntls}) :

Karena penampang sayap kompak maka $\phi M_{ntls} = \phi M_p$

$$\begin{aligned}\phi M_p &= 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y \\ &= 0,9 \cdot 138000 \cdot 250 \\ &= 31050000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal badan

(ϕM_{ntlb}) ;

Karena penampang badan kompak maka $\phi M_{ntlb} = \phi M_p$

$$\begin{aligned}\phi M_p &= 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y \\ &= 0,9 \cdot 138000 \cdot 250 \\ &= 31050000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk puntir lateral

(ϕM_{ntpl}) ;

Karena termasuk kategori bentang menengah maka kita hitung dulu ϕM_{nm}

$$\begin{aligned}M_r &= S_x \cdot (F_y - F_r) = 137837,84 \cdot (250 - 70) \\ &= 24810811,2 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_{nm} &= 0,9 \cdot C_b \cdot \left[M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq \phi M_p \\ &= 0,9 \cdot 1,14 \cdot \left[34500000 - (34500000 - 24810811,2) \left(\frac{3600 - 1208,93}{5165,59 - 1208,93} \right) \right] \\ &= 29389309,38 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

karena $\phi M_{nm} < \phi M_p$ maka ;

$$\begin{aligned}\phi M_{ntpl} &= \phi M_{nm} \\ &= 29389309,38 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Menentukan kuat momen nominal yang dipakai ϕM_n

Karena $\phi M_{ntpl} < \phi M_{ntls}$ dan $\phi M_{ntls} = \phi M_{ntlb}$, maka $\phi M_n = \phi M_{ntpl}$, sehingga ;

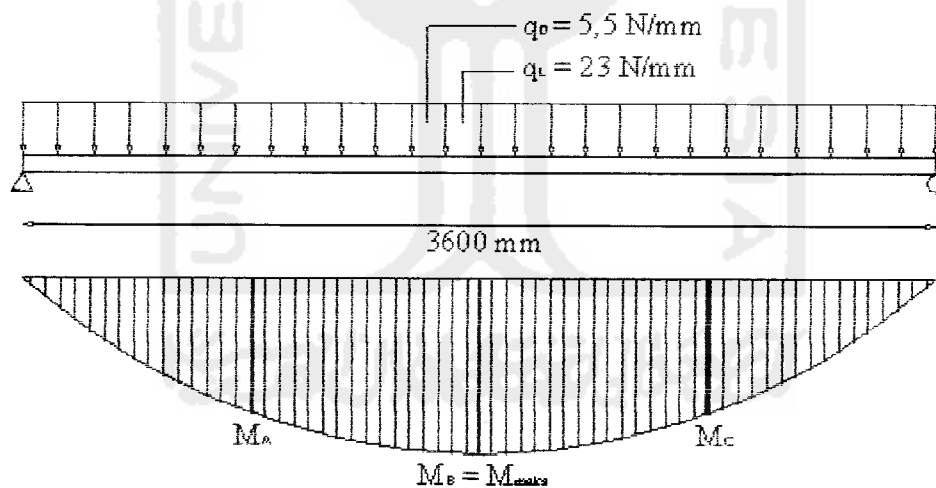
$$\phi M_n = 29389309,38 \text{ Nmm}$$

Cek kekuatan profil ;

$$\phi M_n = 29389309,38 \text{ Nmm} > Mu = 29160000 \text{ Nmm}, \text{ sehingga profil WF150X100}$$

dapat dipakai.

4. Pilihlah penampang WF produksi Gunung Garuda dengan berat teringan untuk balok bertumpuan sederhana dari **Gambar 5.7** di bawah. Beban yang bekerja adalah 5,5 N/mm beban mati (termasuk berat sendiri) dan 23 N/mm beban hidup. Asumsikan pembatasan defleksi tidak perlu diperhatikan. Gunakan baja dengan tegangan leleh $F_y = 340 \text{ Mpa}$ dan *Load and Resistance Factor design*.



Gambar 5.7 Soal nomor 4

Analisis struktur ;

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \cdot q_d + 1,6 \cdot q_l = 1,2 \cdot 5,5 + 1,6 \cdot 23 \\ &= 43,4 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 = 1/8 \cdot 43,4 \cdot 3600^2$$

$$= 70308000 \text{ Nmm}$$

$$C_b = 1,14$$

A. Hitungan Program

Data masukan ;

$$F_y = 340 \text{ Mpa.}$$

$$L_b = 3600 \text{ mm.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$M_u = 70308000 \text{ Nmm.}$$

Hasil hitungan program adalah sebagai berikut ;

DATA HITUNGAN			
$F_y = 340$	Mpa		
$L_b = 3600$	mm		
$M_u = 70308000$	Nmm		
$C_b = 1,14$			

DAFTAR PROFIL GUNUNG GARUDA YANG EKONOMIS									
Berdasarkan urutan berat				Berdasarkan urutan tinggi					
No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi \cdot M_n$ (Nmm)	No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi \cdot M_n$ (Nmm)
1	WF250X125	29.6	250	70570928.83	1	WF175X175	40.2	175	100980000
2	WF300X150	32	298	118702138.5	2	WF200X200	49.9	200	144432000
3	WF300X150	36.7	300	136190589.7	3	WF250X125	29.6	250	70570928.83
4	WF175X175	40.2	175	100980000	4	WF250X250	72.4	250	265302000
5	WF350X175	41.4	346	190163289.3	5	WF300X150	32	298	118702138.5
6	WF350X175	49.6	350	233522899	6	WF300X150	36.7	300	136190589.7
7	WF200X200	49.9	200	144432000	7	WF300X300	94	300	411131443.8
8	WF400X200	56.6	396	309060000	8	WF350X175	41.4	346	190163289.3
9	WF400X200	66	400	364140000	9	WF350X175	49.6	350	233522899
10	WF250X250	72.4	250	265302000	10	WF350X350	137	350	703800000

Gambar 5.8 Hasil hitungan program soal nomor 4

Profil dengan berat teringan dari hasil hitungan program tersebut adalah profil WF250X125.

B. Hitungan manual

Data masukan ;

$$F_y = 340 \text{ Mpa.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$L_b = 3600 \text{ mm.}$$

$$M_u = 70308000 \text{ Nmm}$$

Coba profil WF250X125

Data profil WF250X125;

$$\text{Berat} = 29,6 \text{ Kg/m}$$

$$r_y = 27,9 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi} = 250 \text{ mm}$$

$$Z_x = 324000 \text{ mm}^3$$

$$A = 3766 \text{ mm}^2$$

$$J = 77454 \text{ mm}^4$$

$$b_f/2t_f = 6,94$$

$$C_w = 42539794920 \text{ mm}^4$$

$$h/t_w = 38,67$$

$$F_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$S_x = 324000 \text{ mm}^3$$

$$E = 210000 \text{ Mpa}$$

$$I_y = 2940000 \text{ mm}^4$$

$$G = 81000 \text{ Mpa}$$

Menentukan kategori penampang sayap ;

$$\lambda_s = 6,94$$

$$\lambda_{ps} = \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{340}}$$

$$= 9,22$$

karena $\lambda_s < \lambda_{ps}$ maka penampang sayap adalah kompak

Menentukan kategori penampang badan ;

$$\lambda_b = 38,67$$

$$\lambda_{pb} = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{340}}$$

$$= 99144000 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal badan

(ϕM_{ntlb}) ;

Karena penampang badan kompak maka $\phi M_{ntlb} = \phi M_p$

$$\phi M_p = 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y$$

$$= 0,9 \cdot 324000 \cdot 340$$

$$= 99144000 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk puntir lateral

(ϕM_{ntpl}) ;

Karena termasuk kategori bentang panjang maka kita hitung dulu ϕM_{npge}

$$M_r = S_x \cdot (F_y - F_r) = 324000 \cdot (340 - 70)$$

$$= 90720000 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_{npge} = 0,9 \left[\frac{\pi}{L_b} \sqrt{\left(\frac{\pi E}{L_b} \right)^2 C_w I_y + E I_y GJ} \right] \leq \phi M_p$$

$$= 0,9 \left[\frac{\pi}{3600} \sqrt{\left(\frac{\pi 210000}{3600} \right)^2 42539794920 \cdot 2940000 + 210000 \cdot 2940000 \cdot 81000 \cdot 77454} \right]$$

$$= 70570928,8 \text{ Mpa}$$

karena $\phi M_{npge} < \phi M_p$ maka ;

$$\phi M_{ntpl} = \phi M_{npge}$$

$$= 70570928,8 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal yang dipakai ϕM_n

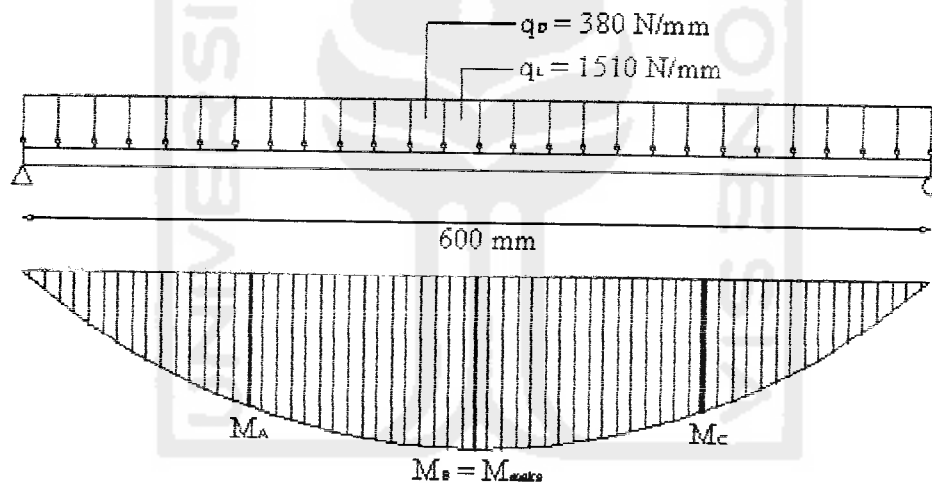
Karena $\phi M_{ntpl} < \phi M_{ntls}$ dan $\phi M_{ntls} = \phi M_{ntlb}$, maka $\phi M_n = \phi M_{ntpl}$, sehingga ;

$$\phi M_n = 70570928,8 \text{ Nmm}$$

Cek kekuatan profil :

$\phi M_n = 70570928,8 \text{ Nmm} > M_u = 70308000 \text{ Nmm}$, sehingga profil WF250X125 dapat dipakai.

5. Pilihlah penampang WF produksi Gunung Garuda dengan berat teringan untuk balok bertumpuan sederhana dari **Gambar 5.9** di bawah. Beban yang bekerja adalah 380 N/mm beban mati (termasuk berat sendiri) dan 1510 N/mm beban hidup. Asumsikan pembatasan defleksi tidak perlu diperhatikan. Gunakan baja dengan tegangan leleh $F_y = 340 \text{ Mpa}$ dan *Load and Resistance Factor design*.



Gambar 5.9 Soal nomor 5

Analisis struktur ;

$$q_u = 1,2 \cdot q_d + 1,6 \cdot q_l = 1,2 \cdot 380 + 1,6 \cdot 1510$$

$$= 2872 \text{ N/mm}$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 = 1/8 \cdot 2872 \cdot 600^2$$

$$= 129240000 \text{ Nmm}$$

$$C_b = 1,14$$

A. Hitungan Program

Data masukan ;

$$F_y = 340 \text{ Mpa.}$$

$$L_b = 600 \text{ mm.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$M_u = 129240000 \text{ Nmm.}$$

Hasil hitungan program adalah sebagai berikut ;

DATA HITUNGAN				
$F_y = 340$				Mpa
$L_b = 600$				mm
$M_u = 129240000$				Nmm
$C_b = 1.14$				

DAFTAR PROFIL GUNUNG GARUDA YANG EKONOMIS				
Berdasarkan urutan berat				
No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi \cdot Mn$ (Nmm)
1	WF300X150	32	298	129557550.8
2	WF300X150	36.7	300	147186000
3	WF350X175	41.4	346	194793238.7
4	WF350X175	49.6	350	237150000
5	WF200X200	49.9	200	144432000
6	WF400X200	56.6	396	309060000
7	WF400X200	66	400	364140000
8	WF250X250	72.4	250	265302000
9	WF450X200	76	450	455940000
10	WF500X200	89.6	500	584460000

Berdasarkan urutan tinggi				
No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi \cdot Mn$ (Nmm)
1	WF200X200	49.9	200	144432000
2	WF250X250	72.4	250	265302000
3	WF300X150	32	298	129557550.8
4	WF300X150	36.7	300	147186000
5	WF300X300	94	300	411131443.8
6	WF350X175	41.4	346	194793238.7
7	WF350X175	49.6	350	237150000
8	WF350X350	137	350	703800000
9	WF400X200	56.6	396	309060000
10	WF400X200	66	400	364140000

Gambar 5.10 Hasil hitungan program soal nomor 5

Profil dengan berat teringan dari hasil hitungan program tersebut adalah profil WF300X150.

B. Hitungan manual

Data masukan ;

$$F_y = 340 \text{ Mpa.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$L_b = 600 \text{ mm.}$$

$$M_u = 129240000 \text{ Nmm}$$

Coba profil WF300X150

Data profil WF300X150;

$$\text{Berat} = 32 \text{ Kg/m}$$

$$r_y = 32,9 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi} = 298 \text{ mm}$$

$$Z_x = 424000 \text{ mm}^3$$

$$A = 4080 \text{ mm}^2$$

$$J = 66497,92 \text{ mm}^4$$

$$b_f/2t_f = 9,3125$$

$$C_w = 92732836970 \text{ mm}^4$$

$$h/t_w = 51,273$$

$$F_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$S_x = 424161,07 \text{ mm}^3$$

$$E = 210000 \text{ Mpa}$$

$$I_y = 4420000 \text{ mm}^4$$

$$G = 81000 \text{ Mpa}$$

Menentukan kategori penampang sayap ;

$$\lambda_s = 9,3125$$

$$\lambda_{ps} = \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{340}}$$

$$= 9,2195$$

$$\lambda_{rs} = \frac{370}{\sqrt{(F_y - F_r)}} = \frac{370}{\sqrt{(340 - 70)}}$$

$$= 22,52$$

karena $\lambda_{ps} < \lambda_s < \lambda_{rs}$, maka penampang sayap tidak kompak.

Menentukan kategori penampang badan ;

$$\lambda_b = 51,273$$

$$\lambda_{pb} = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{340}}$$

$$= 91,11$$

karena $\lambda_b < \lambda_{pb}$ maka penampang badan adalah kompak

Menentukan kategori bentang ;

$$L_b = 600 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{(E/F_y)} = 1,76 \cdot 32,9 \sqrt{(210000/340)}$$

$$= 1439,06 \text{ mm}$$

karena $L_b < L_p$ maka termasuk bentang pendek

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal sayap

(ϕM_{ntls}) ;

Karena penampang sayap tidak kompak maka $\phi M_{ntls} = \phi M_{nstk}$

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 424000 \cdot 340 = 144160000 \text{ Nmm}$$

$$M_r = S_x \cdot (F_y - F_r) = 424161,07 \cdot (340 - 70) = 114523488,9 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_{stk} = 0,9 \left[M_p - (M_p - M_r) \left[\frac{\lambda_s - \lambda_{ps}}{\lambda_{rs} - \lambda_{ps}} \right] \right] \leq \phi M_p$$

$$= 0,9 \left[144160000 - (144160000 - 114523488,9) \left[\frac{9,3125 - 9,2196}{22,52 - 9,2196} \right] \right]$$

$$= 129557550,6 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal badan

(ϕM_{ntls}) ;

Karena penampang badan kompak maka $\phi M_{ntlb} = \phi M_p$

$$\phi M_p = 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y$$

$$= 0,9 \cdot 424000 \cdot 340$$

$$= 129744000 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk puntir lateral

(ϕM_{ntpl});

Karena termasuk kategori bentang pendek maka $\phi M_{ntpl} = \phi M_{npk}$

$$\phi M_{npk} = \phi M_p$$

$$= 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y$$

$$= 0,9 \cdot 424000 \cdot 340$$

$$= 129744000 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal yang dipakai ϕM_n

Karena $\phi M_{ntls} < \phi M_{ntlb}$ dan $\phi M_{ntlb} = \phi M_{ntpl}$, maka $\phi M_n = \phi M_{ntls}$, sehingga ;

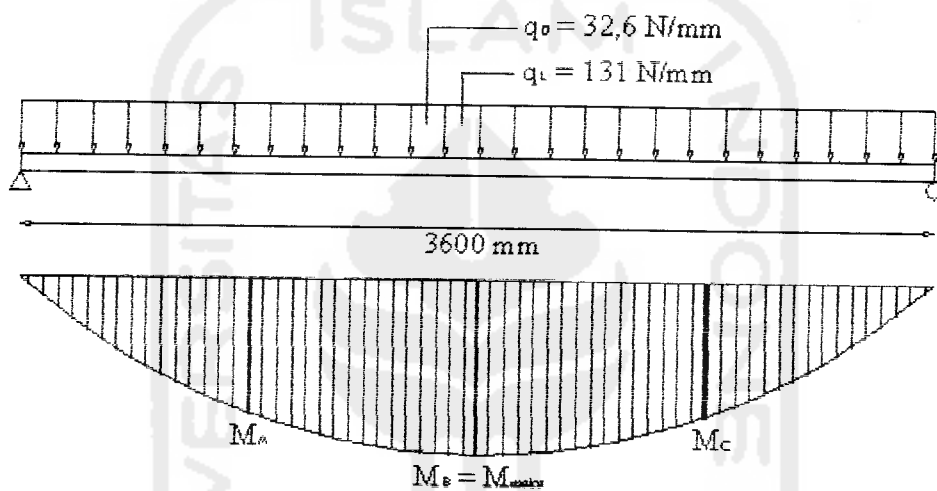
$$\phi M_n = 129557550,6 \text{ Nmm}$$

Cek kekuatan profil ;

$$\phi M_n = 129557550,6 \text{ Nmm} > M_u = 12924000 \text{ Nmm}, \text{ sehingga profil WF300X150}$$

dapat dipakai.

6. Pilihlah penampang WF produksi Gunung Garuda dengan berat teringan untuk balok bertumpuan sederhana dari **Gambar 5.6** di bawah. Beban yang bekerja adalah 32,6 N/mm beban mati (termasuk berat sendiri) dan 131 N/mm beban hidup. Asumsikan pembatasan defleksi tidak perlu diperhatikan. Gunakan baja dengan tegangan leleh $F_y = 450$ Mpa dan *Load and Resistance Factor design*.



Gambar 5.11 Soal nomor 6

Analisis struktur ;

$$q_u = 1,2 \cdot q_d + 1,6 \cdot q_l = 1,2 \cdot 32,6 + 1,6 \cdot 131$$

$$= 248,72 \text{ N/mm}$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 = 1/8 \cdot 248,72 \cdot 3600^2$$

$$= 402926400 \text{ Nmm}$$

$$C_b = 1,14$$

A. Hitungan Program

Data masukan ;

$$F_y = 450 \text{ Mpa.}$$

$$L_b = 3600 \text{ mm.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$M_u = 402926400 \text{ Nmm.}$$

Hasil hitungan program adalah sebagai berikut :

DATA HITUNGAN				
$F_y = 450$	Mpa			
$L_b = 3600$	mm			
$M_u = 402926400$	Nmm			
$C_b = 1,14$				

DAFTAR PROFIL GUNUNG GARUDA YANG EKONOMIS									
Berdasarkan urutan berat					Berdasarkan urutan tinggi				
No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi \cdot M_n$ (Nmm)	No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi \cdot M_n$ (Nmm)
1	WF400X200	56.6	396	403067934.6	1	WF300X300	94	300	535282963.9
2	WF400X200	66	400	481950000	2	WF350X350	137	350	915795653.8
3	WF450X200	76	450	603450000	3	WF400X200	56.6	396	403067934.6
4	WF500X200	89.6	500	773550000	4	WF400X200	66	400	481950000
5	WF300X300	94	300	535282963.9	5	WF400X400	172	400	1319765457
6	WF600X200	106	600	1038407481	6	WF450X200	76	450	603450000
7	WF350X350	137	350	915795653.8	7	WF500X200	89.6	500	773550000
8	WF600X300	151	588	1628100000	8	WF600X300	151	588	1628100000
9	WF400X400	172	400	1319765457	9	WF600X200	106	600	1038407481
10	WF700X300	185	700	2332800000	10	WF700X300	185	700	2332800000

Gambar 5.12 Hasil hitungan program soal nomor 6

Profil dengan berat teringan dari hasil hitungan program tersebut adalah profil WF400X200.

B. Hitungan manual

Data masukan ;

$$F_y = 450 \text{ Mpa.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$L_b = 3600 \text{ mm.}$$

$$M_u = 402926400 \text{ Nmm}$$

Coba profil WF400X200

Data profil WF400X200;

Berat = 56,6 Kg/m	$r_y = 44,8 \text{ mm}$
Tinggi = 396 mm	$Z_x = 1010000 \text{ mm}^3$
$A = 7216 \text{ mm}^2$	$J = 219340 \text{ mm}^4$
$b_f/2t_f = 9,05$	$C_w = 5.3538E+11 \text{ mm}^4$
$h/t_w = 53,43$	$F_r = 70 \text{ Mpa}$
$S_x = 1010101,01 \text{ mm}^3$	$E = 210000 \text{ Mpa}$
$I_y = 14500000 \text{ mm}^4$	$G = 81000 \text{ Mpa}$

Menentukan kategori penampang sayap ;

$$\lambda_s = 9,05$$

$$\lambda_{ps} = \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{450}}$$

$$= 8,01$$

$$\lambda_{rs} = \frac{370}{\sqrt{(F_y - F_r)}} = \frac{370}{\sqrt{(450 - 70)}}$$

$$= 18,98$$

karena $\lambda_{ps} < \lambda_s < \lambda_{rs}$, maka penampang sayap tidak kompak.

Menentukan kategori penampang badan ;

$$\lambda_b = 53,43$$

$$\lambda_{pb} = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{450}}$$

$$= 79,20$$

karena $\lambda_b < \lambda_{pb}$ maka penampang badan adalah kompak

Menentukan kategori bentang :

$$L_b = 3600 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{(E/F_y)} = 1,76 \cdot 44,8 \sqrt{(210000/450)}$$

$$= 1703,31 \text{ mm}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = \frac{\pi}{1010101,01} \sqrt{\frac{210000 \cdot 81000 \cdot 219340 \cdot 7216}{2}}$$

$$= 11411,15 \text{ Mpa}$$

$$X_2 = 4 \frac{C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{GJ} \right)^2 = 4 \frac{5,3538E+11}{14500000} \left(\frac{1010101,01}{81000 \cdot 219340} \right)^2$$

$$= 0,0004774/\text{Mpa}^2$$

$$L_r = \frac{r_y \cdot X_1}{(F_y - F_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (F_y - F_r)^2}}$$

$$= \frac{44,8 \cdot 11411,15}{(450 - 70)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,0004774(450 - 70)^2}}$$

$$= 4116,48 \text{ mm}$$

karena $L_p < L_b < L_r$ maka termasuk bentang menengah

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal sayap

(ϕM_{ntls}) ;

Karena penampang sayap tidak kompak maka $\phi M_{ntls} = \phi M_{nstk}$

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 1010000 \cdot 450 = 454500000 \text{ Nmm}$$

$$M_r = S_x \cdot (F_y - F_r) = 1010101,01 \cdot (450 - 70) = 383838383,8 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_{ntls} = 0,9 \left[M_p - (M_p - M_r) \left[\frac{\lambda_s - \lambda_{ps}}{\lambda_{rs} - \lambda_{ps}} \right] \right] \leq \phi M_p$$

$$= 0,9 \left[454500000 - (454500000 - 383838383,8) \left(\frac{9,05 - 8,01}{18,98 - 8,01} \right) \right]$$

$$= 403067934,9 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal badan

(ϕM_{ntlb}) ;

Karena penampang badan kompak maka $\phi M_{ntlb} = \phi M_p$

$$\phi M_{ntlb} = 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y$$

$$= 0,9 \cdot 1010000 \cdot 450$$

$$= 409050000 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk puntir lateral

(ϕM_{ntpl}) ;

Karena termasuk kategori bentang menengah maka kita hitung dulu ϕM_{nm}

$$M_r = S_x \cdot (F_y - F_r) = 1010101,01 \cdot (450 - 70)$$

$$= 383838383,8 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_{nm} = 0,9 \cdot C_b \cdot \left[M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq \phi M_p$$

$$= 0,9 \cdot 1,14 \cdot \left[454500000 - (454500000 - 383838383,8) \left(\frac{3600 - 1703,31}{4116,48 - 1703,31} \right) \right]$$

$$= 409334769 \text{ Nmm}$$

karena $\phi M_{nm} > \phi M_p$ maka ;

$$\phi M_{ntpl} = \phi M_p$$

$$= 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y = 0,9 \cdot 1010000 \cdot 450$$

$$= 409050000 \text{ Nmm}$$

B. Hitungan manual

Data masukan ;

$$F_y = 340 \text{ Mpa.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$L_b = 3600 \text{ mm.}$$

$$M_u = 70308000 \text{ Nmm}$$

Coba profil WF250X125

Data profil WF250X125;

$$\text{Berat} = 29,6 \text{ Kg/m}$$

$$r_y = 27,9 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi} = 250 \text{ mm}$$

$$Z_x = 324000 \text{ mm}^3$$

$$A = 3766 \text{ mm}^2$$

$$J = 77454 \text{ mm}^4$$

$$b_f/2t_f = 6,94$$

$$C_w = 42539794920 \text{ mm}^4$$

$$h/t_w = 38,67$$

$$F_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$S_x = 324000 \text{ mm}^3$$

$$E = 210000 \text{ Mpa}$$

$$I_y = 2940000 \text{ mm}^4$$

$$G = 81000 \text{ Mpa}$$

Menentukan kategori penampang sayap ;

$$\lambda_s = 6,94$$

$$\lambda_{ps} = \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{340}}$$

$$= 9,22$$

karena $\lambda_s < \lambda_{ps}$ maka penampang sayap adalah kompak

Menentukan kategori penampang badan ;

$$\lambda_b = 38,67$$

$$\lambda_{pb} = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{340}}$$

$$= 91,11$$

karena $\lambda_b < \lambda_{pb}$ maka penampang badan adalah kompak

Menentukan kategori bentang :

$$L_b = 3600 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{(E/F_y)} = 1,76 \cdot 27,9 \cdot \sqrt{(210000/340)}$$

$$= 1220,36 \text{ mm}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = \frac{\pi}{324000} \sqrt{\frac{210000 \cdot 81000 \cdot 77454 \cdot 3766}{2}}$$

$$= 15272,29 \text{ Mpa}$$

$$X_2 = 4 \frac{C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{GJ} \right)^2 = 4 \frac{42539794920}{2940000} \left(\frac{324000}{81000 \cdot 77454} \right)^2$$

$$= 0,0001544/\text{Mpa}^2$$

$$L_r = \frac{r_y \cdot X_1}{(F_y - F_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (F_y - F_r)^2}}$$

$$= \frac{27,9 \cdot 15272,29}{(340 - 70)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,0001544 (340 - 70)^2}}$$

$$= 3347,89 \text{ mm}$$

karena $L_p < L_r < L_b$ maka termasuk bentang panjang

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal sayap

(ϕM_{ntls}) ;

Karena penampang sayap kompak maka $\phi M_{ntls} = \phi M_p$

$$\phi M_p = 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y$$

$$= 0,9 \cdot 324000 \cdot 340$$

Menentukan kuat momen nominal yang dipakai ϕM_n

Karena $\phi M_{ntls} < \phi M_{ntlb}$ dan $\phi M_{ntlb} = \phi M_{ntpl}$, maka $\phi M_n = \phi M_{ntls}$, sehingga ;

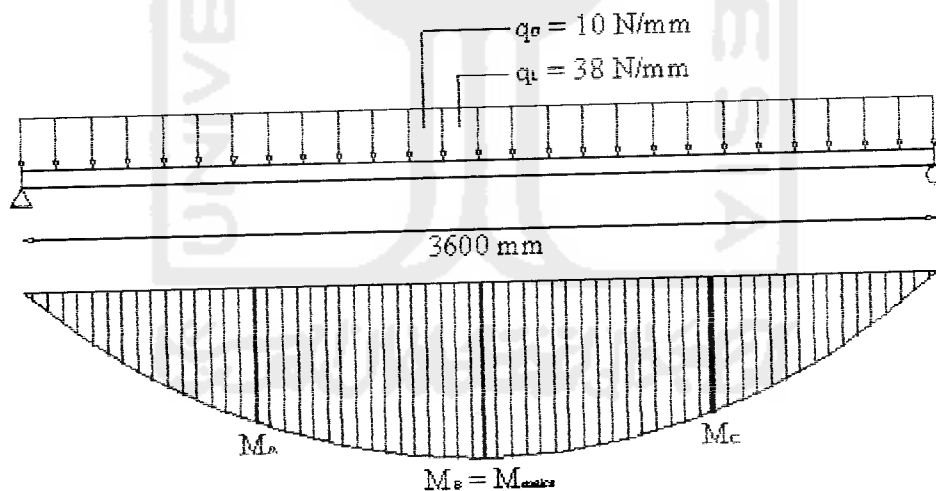
$$\phi M_n = 403067934,9 \text{ Nmm}$$

Cek kekuatan profil ;

$$\phi M_n = 403067934,9 \text{ Mpa} > M_u = 402926400 \text{ Nmm, sehingga profil WF400X200}$$

dapat dipakai.

7. Pilihlah penampang WF produksi Gunung Garuda dengan berat teringan untuk balok bertumpuan sederhana dari **Gambar 5.7** di bawah. Beban yang bekerja adalah 10 N/mm beban mati (termasuk berat sendiri) dan 38 N/mm beban hidup. Asumsikan pembatasan defleksi tidak perlu diperhatikan. Gunakan baja dengan tegangan leleh $F_y = 340 \text{ Mpa}$ dan *Load and Resistance Factor design*.



Gambar 5.13 Soal nomor 7

Analisis struktur ;

$$q_u = 1,2 \cdot q_d + 1,6 \cdot q_l = 1,2 \cdot 10 + 1,6 \cdot 38$$

$$= 72,8 \text{ N/mm}$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2 = 1/8 \cdot 72,8 \cdot 3600^2$$

$$= 117936000 \text{ Nmm}$$

$$C_b = 1,14$$

A. Hitungan Program

Data masukan ;

$$F_y = 340 \text{ Mpa.}$$

$$L_b = 3600 \text{ mm.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$M_u = 117936000 \text{ Nmm.}$$

Hasil hitungan program adalah sebagai berikut ; Tabel - - -

DATA HITUNGAN			
$F_y = 340$	Mpa		
$L_b = 3600$	mm		
$M_u = 117936000$	Nmm		
$C_b = 1,14$			

DAFTAR PROFIL GUNUNG GARUDA YANG EKONOMIS									
Berdasarkan urutan berat				Berdasarkan urutan tinggi					
No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	ϕ . Mn (Nmm)	No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	ϕ . Mn (Nmm)
1	WF300X150	32	298	118702138.5	1	WF200X200	49.9	200	144432000
2	WF300X150	36.7	300	136190589.7	2	WF250X250	72.4	250	265302000
3	WF350X175	41.4	346	190163289.3	3	WF300X150	32	298	118702138.5
4	WF350X175	49.6	350	233522899	4	WF300X150	36.7	300	136190589.7
5	WF200X200	49.9	200	144432000	5	WF300X300	94	300	411131443.8
6	WF400X200	56.6	396	309060000	6	WF350X175	41.4	346	190163289.3
7	WF400X200	66	400	364140000	7	WF350X175	49.6	350	233522899
8	WF250X250	72.4	250	265302000	8	WF350X350	137	350	703800000
9	WF450X200	76	450	455940000	9	WF400X200	56.6	396	309060000
10	WF500X200	89.6	500	584460000	10	WF400X200	66	400	364140000

Gambar 5.14 Hasil hitungan program soal nomor 7

Tabel : - -

Profil dengan berat teringan dari hasil hitungan program tersebut adalah profil

WF300X150.

B. Hitungan manual

Data masukan ;

$$F_y = 340 \text{ Mpa.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$L_b = 3600 \text{ mm.}$$

$$M_u = 117936000 \text{ Nmm}$$

Coba profil WF300X150

Data profil WF300X150;

$$\text{Berat} = 32 \text{ Kg/m}$$

$$r_y = 32,9 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi} = 298 \text{ mm}$$

$$Z_x = 424000 \text{ mm}^3$$

$$A = 4080 \text{ mm}^2$$

$$J = 66497,92 \text{ mm}^4$$

$$b_f/2t_f = 9,3125$$

$$C_w = 92732836970 \text{ mm}^4$$

$$h/t_w = 51,273$$

$$F_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$S_x = 424161,07 \text{ mm}^3$$

$$E = 210000 \text{ Mpa}$$

$$I_y = 4420000 \text{ mm}^4$$

$$G = 81000 \text{ Mpa}$$

Menentukan kategori penampang sayap ;

$$\lambda_s = 9,31$$

$$\lambda_{ps} = \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{340}}$$

$$= 9,22$$

$$\lambda_{rs} = \frac{370}{\sqrt{(F_y - F_r)}} = \frac{370}{\sqrt{(340 - 70)}}$$

$$= 22,52$$

karena $\lambda_{ps} < \lambda_s < \lambda_{rs}$, maka penampang sayap tidak kompak.

Menentukan kategori penampang badan ;

$$\lambda_b = 51,27$$

$$\lambda_{pb} = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{340}}$$

$$= 91,11$$

karena $\lambda_b < \lambda_{pb}$ maka penampang badan adalah kompak

Menentukan kategori bentang ;

$$L_b = 3600 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{(E/F_y)} = 1,76 \cdot 32,9 \sqrt{(210000/340)}$$

$$= 1439,06 \text{ mm}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = \frac{\pi}{424161,07} \sqrt{\frac{210000 \cdot 81000 \cdot 66497,92 \cdot 4080}{2}}$$

$$= 11250,98 \text{ Mpa}$$

$$X_2 = 4 \frac{C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{GJ} \right)^2 = 4 \frac{92732836970}{44200000} \left(\frac{424161,07}{81000 \cdot 66497,92} \right)^2$$

$$= 0,00005204 / \text{Mpa}^2$$

$$L_r = \frac{r_y X_1}{(F_y - F_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (F_y - F_r)^2}}$$

$$= \frac{32,9 \cdot 11250,98}{(340 - 70)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,00005204 (340 - 70)^2}}$$

$$= 3688,86 \text{ mm}$$

karena $L_p < L_b < L_r$ maka termasuk bentang menengah

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal sayap

(ϕM_{ntls}) :

Karena penampang sayap tidak kompak maka $\phi M_{ntls} = \phi M_{nstk}$

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 424000 \cdot 340 = 144160000 \text{ Nmm}$$

$$M_r = S_x \cdot (F_y - F_r) = 424161,07 \cdot (340 - 70) = 114523488,9 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \phi M_{stk} &= 0,9 \left[M_p - (M_p - M_r) \left[\frac{\lambda_s - \lambda_{ps}}{\lambda_{rs} - \lambda_{ps}} \right] \right] \leq \phi M_p \\ &= 0,9 \left[144160000 - (144160000 - 114523488,9) \left[\frac{9,3125 - 9,2196}{22,52 - 9,2196} \right] \right] \\ &= 129557550,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal badan

(ϕM_{ntlb}) :

Karena penampang badan kompak maka $\phi M_{ntlb} = \phi M_p$

$$\phi M_p = 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y$$

$$= 0,9 \cdot 424000 \cdot 340$$

$$= 129744000 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk puntir lateral

(ϕM_{ntpl}) :

Karena termasuk kategori bentang menengah kita hitung dulu ϕM_{nm}

$$M_r = S_x \cdot (F_y - F_r) = 424161,07 \cdot (340 - 70)$$

$$= 114523488,9 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_{nm} = 0,9 \cdot C_b \cdot \left[M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq \phi M_p$$

$$= 0,9 \cdot 1,14 \cdot \left[144160000 - (144160000 - 114523488,9) \left(\frac{3600 - 1439,06}{3688,86 - 1439,06} \right) \right]$$

$$= 118702138,5 \text{ Nmm}$$

karena $\phi M_{nm} < \phi M_p$ maka ;

$$\phi M_{ntpl} = \phi M_{nm}$$

$$= 118702138,5 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal yang dipakai ϕM_n

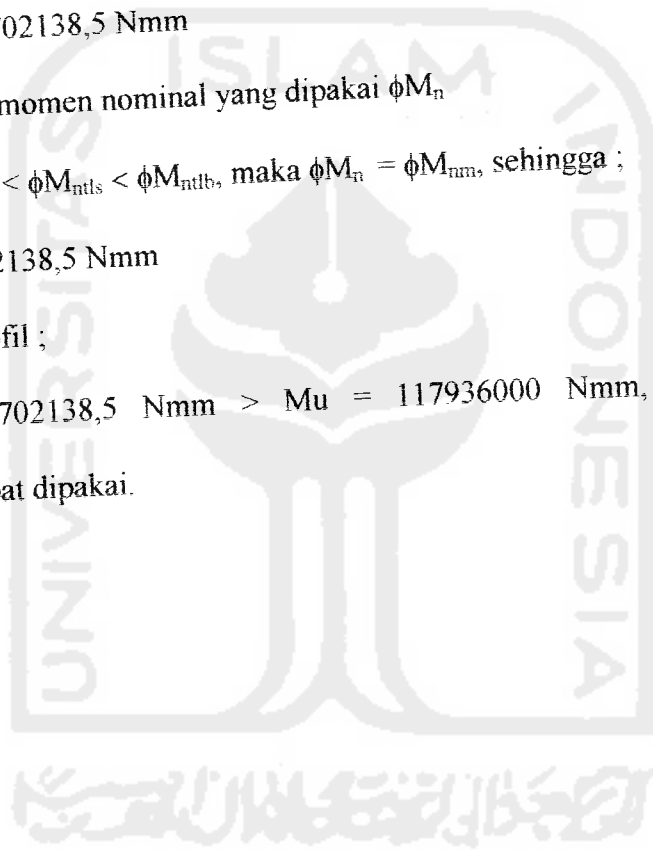
Karena $\phi M_{ntpl} < \phi M_{ntls} < \phi M_{ntlb}$, maka $\phi M_n = \phi M_{nm}$, sehingga ;

$$\phi M_n = 118702138,5 \text{ Nmm}$$

Cek kekuatan profil ;

$$\phi M_n = 118702138,5 \text{ Nmm} > M_u = 117936000 \text{ Nmm}, \text{ sehingga profil}$$

WF300X150 dapat dipakai.



$$L_b = 12000 \text{ mm.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$M_u = 252000000 \text{ Nmm.}$$

Hasil hitungan program adalah sebagai berikut ;

DATA HITUNGAN									
$F_y = 340$	Mpa								
$L_b = 12000$	mm								
$M_u = 252000000$	Nmm								
$C_b = 1.14$									
DAFTAR PROFIL GUNUNG GARUDA YANG EKONOMIS									
Berdasarkan urutan berat					Berdasarkan urutan tinggi				
No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi.Mn$ (Nmm)	No.	Profil	Berat (Kg/m)	Tinggi (mm)	$\phi.Mn$ (Nmm)
1	WF300X300	94	300	253551355.3	1	WF300X300	94	300	253551355.3
2	WF350X350	137	350	637949062.3	2	WF350X350	137	350	637949062.3
3	WF600X300	151	588	522536500.8	3	WF400X400	172	400	959690222.1
4	WF400X400	172	400	959690222.1	4	WF600X300	151	588	522536500.8
5	WF700X300	185	700	744498807	5	WF700X300	185	700	744498807
6	WF800X300	210	800	898890214.4	6	WF800X300	210	800	898890214.4
7	0	0	0	0	7	0	0	0	0
8	0	0	0	0	8	0	0	0	0
9	0	0	0	0	9	0	0	0	0
10	0	0	0	0	10	0	0	0	0

Gambar 5.16 Hasil hitungan program soal nomor 8

Profil dengan berat teringan dari hasil hitungan program tersebut adalah profil WF300X300.

B. Hitungan manual

Data masukan ;

$$F_y = 340 \text{ Mpa.}$$

$$C_b = 1,14.$$

$$L_b = 12000 \text{ mm.}$$

$$M_u = 252000000 \text{ Nmm}$$

Coba profil WF300X300

Data profil WF300X300;

Berat = 94 Kg/m	$r_y = 75,1 \text{ mm}$
Tinggi = 300 mm	$Z_x = 1360000 \text{ mm}^3$
A = 11980 mm ²	$J = 765000 \text{ mm}^4$
$b_f/2t_f = 10$	$C_w = 1,37067E+12 \text{ mm}^4$
$h/t_w = 27$	$F_r = 70 \text{ Mpa}$
$S_x = 1360000 \text{ mm}^3$	$E = 210000 \text{ Mpa}$
$I_y = 67500000 \text{ mm}^4$	$G = 81000 \text{ Mpa}$

Menentukan kategori penampang sayap ;

$$\lambda_s = 10$$

$$\lambda_{ps} = \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{340}}$$

$$= 9,22$$

$$\lambda_{rs} = \frac{370}{\sqrt{(F_y - F_r)}} = \frac{370}{\sqrt{(340 - 70)}}$$

$$= 22,52$$

karena $\lambda_{ps} < \lambda_s < \lambda_{rs}$, maka penampang sayap adalah tidak kompak.

Menentukan kategori penampang badan ;

$$\lambda_b = 27$$

$$\lambda_{pb} = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{340}}$$

$$= 91,11$$

karena $\lambda_b < \lambda_{pb}$ maka penampang badan adalah kompak

Menentukan kategori bentang ;

$$L_b = 12000 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{(E/F_y)} = 1,76 \cdot 75,1 \sqrt{(210000/340)}$$

$$= 3284,91 \text{ mm}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = \frac{\pi}{1360000} \sqrt{\frac{210000 \cdot 81000 \cdot 765000 \cdot 11980}{2}}$$

$$= 20394,23 \text{ Mpa}$$

$$X_2 = 4 \frac{C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{GJ} \right)^2 = 4 \frac{1,37067E+12}{67500000} \left(\frac{1360000}{81000 \cdot 765000} \right)^2$$

$$= 0,00003913/\text{Mpa}^2$$

$$L_r = \frac{r_y \cdot X_1}{(F_y - F_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (F_y - F_r)^2}}$$

$$= \frac{75,1 \cdot 20394,23}{(340 - 70)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,00003913(340 - 70)^2}}$$

$$= 9764,05 \text{ mm}$$

karena $L_p < L_r < L_b$ maka termasuk bentang panjang

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal sayap

(ϕM_{ntls}) ;

Karena penampang sayap tidak kompak maka $\phi M_{ntls} = \phi M_{nstk}$

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 1360000 \cdot 340 = 462400000 \text{ Nmm}$$

$$M_r = S_x \cdot (F_y - F_r) = 1360000 \cdot (340 - 70) = 367200000 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_{stik} = 0,9 \left[M_p - (M_p - M_r) \left[\frac{\lambda_s - \lambda_{ps}}{\lambda_{rs} - \lambda_{ps}} \right] \right] \leq \phi M_p$$

$$= 0,9 \left[462400000 - (462400000 - 367200000) \left[\frac{10 - 9,22}{22,52 - 9,22} \right] \right]$$

$$= 411131443,5 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk lokal badan

(ϕM_{ntlb}) :

Karena penampang badan kompak maka $\phi M_{ntlb} = \phi M_p$

$$\phi M_p = 0,9 \cdot Z_x \cdot F_y$$

$$= 0,9 \cdot 1360000 \cdot 340$$

$$= 416160000 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal profil berdasarkan stabilitas tekuk puntir lateral

(ϕM_{ntpl}) :

Karena termasuk kategori bentang panjang maka kita hitung dulu ϕM_{npg}

$$\phi M_{npg} = 0,9 \left[\frac{\pi}{L_b} \sqrt{\left(\frac{\pi E}{L_b} \right)^2 C_w I_y + EI_y GJ} \right] \leq \phi M_p$$

$$= 0,9 \left[\frac{\pi}{12000} \sqrt{\left(\frac{\pi 210000}{12000} \right)^2 1,37067E + 12,67500000 + 210000 \cdot 67500000 \cdot 81000 \cdot 765000} \right]$$

$$= 253551313,4 \text{ Nmm}$$

Karena $\phi M_{npg} < \phi M_p$ maka

$$\phi M_{ntpl} = \phi M_{npg}$$

$$= 253551355,2 \text{ Nmm}$$

Menentukan kuat momen nominal yang dipakai ϕM_n

Karena $\phi M_{ntpl} < \phi M_{ntls} < \phi M_{ntlb}$ =, maka $\phi M_n = \phi M_{ntpl}$, sehingga :

$$\phi M_n = 253551355,2 \text{ Nmm}$$

Cek kekuatan profil ;

$$\phi M_n = 253551355,2 \text{ Nmm} > M_u = 252000000 \text{ Nmm, sehingga profil}$$

WF300X300 dapat dipakai.

