

## BAB VII

### PEMBAHASAN

Program perencanaan balok profil yang telah dibuat dipengaruhi oleh beberapa parameter penting. Parameter-parameter tersebut adalah rasio kelangsingan ( $\lambda$ ), panjang tak berpenopang lateral ( $L_b$ ), tegangan leleh ( $F_y$ ), momen beban layan terfaktor ( $M_u$ ), dan faktor gradien momen ( $C_b$ ). Parameter-parameter di atas merupakan data masukan pada program kecuali rasio kelangsingan ( $\lambda$ ).

Rasio kelangsingan ( $\lambda$ ) tersebut berpengaruh dalam menentukan jenis penampang profil (berdasarkan batas-batas rasio kelangsingan menurut ketentuan AISC). Setiap jenis penampang mempunyai ketentuan-ketentuan yang bisa berbeda untuk menghitung kuat momen nominal penampang profil ( $\phi M_n$ ).

Panjang tak berpenopang lateral ( $L_b$ ) berpengaruh dalam menentukan jenis bentang struktur (berdasarkan batas-batas panjang tak berpenopang lateral menurut draft SNI). Setiap jenis bentang struktur mempunyai ketentuan-ketentuan yang bisa berbeda untuk menghitung kuat momen nominal penampang profil ( $\phi M_n$ ).

Tegangan leleh ( $F_y$ ) juga berpengaruh dalam menentukan kuat momen nominal penampang profil ( $\phi M_n$ ). Hal tersebut terlihat dalam rumus-rumus untuk menghitung kuat momen nominal penampang profil ( $\phi M_n$ ) yang menyertakan secara langsung variabel  $F_y$ .

Momen beban layanan terfaktor ( $M_u$ ) merupakan parameter utama untuk menentukan profil yang mampu mendukung beban yang ada dengan cara membandingkan momen beban layanan terfaktor ( $M_u$ ) dengan kuat momen nominal penampang profil ( $\phi M_n$ ) tersebut.

Faktor gradien momen ( $C_b$ ) merupakan faktor yang nilainya dipengaruhi oleh jenis dan bentuk pembebanan pada struktur dan berfungsi sebagai faktor pengali terhadap kuat momen nominal penampang profil ( $\phi M_n$ ) berdasarkan stabilitas tekuk puntir lateral.

Program yang telah dibuat juga dapat digunakan untuk meneliti pengaruh salah satu parameter terhadap parameter lainnya dan pengaruh parameter terhadap jenis penampang dan jenis bentang. Untuk lebih jelasnya, hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 7.1**, **Tabel 7.2** dan **Tabel 7.3**.

Pada **Tabel 7.1** dapat dilihat bahwa batas rasio kelangsingan elemen sayap tiap profil untuk mencapai tegangan leleh ( $\lambda_{rs}$ ) dan batas rasio kelangsingan elemen sayap profil untuk mencapai tegangan plastis ( $\lambda_{ps}$ ) menurun seiring dengan peningkatan tegangan leleh  $F_y$ , sedangkan rasio kelangsingan elemen sayap ( $\lambda_s$ ) adalah tetap. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan leleh sayap suatu profil (mutu baja semakin tinggi), maka elemen sayap akan semakin tidak kompak dan mudah tertekuk. Seperti yang telah kita ketahui bahwa untuk meningkatkan baja digunakan bahan tambah karbon yang bersifat getas. Sehingga semakin tinggi mutu suatu baja maka sifat daktilnya akan semakin berkurang dan perilakunya jika dikenai beban semakin tidak teratur.

**Tabel 7.1** Kategori penampang sayap tiap profil pada  $F_y=250$  MPa,  $F_y=340$  MPa dan  $F_y=450$  MPa.

KATEGORI PENAMPANG SAYAP													
No	Nama Profil	Fy = 250 Mpa			Kategori sayap	Fy = 340 Mpa			Kategori sayap	Fy = 450 Mpa			Kategori sayap
		$\lambda_{ts}$	$\lambda_{ps}$	$\lambda_{rs}$		$\lambda_{ts}$	$\lambda_{ps}$	$\lambda_{rs}$		$\lambda_{ts}$	$\lambda_{ps}$	$\lambda_{rs}$	
1	WF100X100	6.25	10.75	27.58	kompak	6.25	9.22	22.52	kompak	6.25	8.014	18.98	kompak
2	WF125X125	6.94	10.75	27.58	kompak	6.94	9.22	22.52	kompak	6.94	8.014	18.98	kompak
3	WF150X75	5.36	10.75	27.58	kompak	5.36	9.22	22.52	kompak	5.36	8.014	18.98	kompak
4	WF150X100	5.56	10.75	27.58	kompak	5.56	9.22	22.52	kompak	5.56	8.014	18.98	kompak
5	WF150X150	7.5	10.75	27.58	kompak	7.5	9.22	22.52	kompak	7.5	8.014	18.98	kompak
6	WF175X175	7.95	10.75	27.58	kompak	7.95	9.22	22.52	kompak	7.95	8.014	18.98	kompak
7	WF200X100	7.07	10.75	27.58	kompak	7.07	9.22	22.52	kompak	7.07	8.014	18.98	kompak
8	WF200X100	6.25	10.75	27.58	kompak	6.25	9.22	22.52	kompak	6.25	8.014	18.98	kompak
9	WF200X200	8.33	10.75	27.58	kompak	8.33	9.22	22.52	kompak	8.33	8.014	18.98	tidak kompak
10	WF250X125	7.75	10.75	27.58	kompak	7.75	9.22	22.52	kompak	7.75	8.014	18.98	kompak
11	WF250X125	6.94	10.75	27.58	kompak	6.94	9.22	22.52	kompak	6.94	8.014	18.98	kompak
12	WF250X250	8.93	10.75	27.58	kompak	8.93	9.22	22.52	kompak	8.93	8.014	18.98	tidak kompak
13	WF300X150	9.31	10.75	27.58	kompak	9.31	9.22	22.52	tidak kompak	9.31	8.014	18.98	tidak kompak
14	WF300X150	8.33	10.75	27.58	kompak	8.33	9.22	22.52	kompak	8.33	8.014	18.98	tidak kompak
15	WF300X300	10	10.75	27.58	kompak	10	9.22	22.52	tidak kompak	10	8.014	18.98	tidak kompak
16	WF350X175	9.67	10.75	27.58	kompak	9.67	9.22	22.52	tidak kompak	9.67	8.014	18.98	tidak kompak
17	WF350X175	7.95	10.75	27.58	kompak	7.95	9.22	22.52	kompak	7.95	8.014	18.98	kompak
18	WF350X350	9.21	10.75	27.58	kompak	9.21	9.22	22.52	kompak	9.21	8.014	18.98	tidak kompak
19	WF400X200	9.05	10.75	27.58	kompak	9.05	9.22	22.52	kompak	9.05	8.014	18.98	tidak kompak
20	WF400X200	7.69	10.75	27.58	kompak	7.69	9.22	22.52	kompak	7.69	8.014	18.98	kompak
21	WF400X400	9.52	10.75	27.58	kompak	9.52	9.22	22.52	tidak kompak	9.52	8.014	18.98	tidak kompak
22	WF450X200	7.14	10.75	27.58	kompak	7.14	9.22	22.52	kompak	7.14	8.014	18.98	kompak
23	WF500X200	6.25	10.75	27.58	kompak	6.25	9.22	22.52	kompak	6.25	8.014	18.98	kompak
24	WF600X200	5.88	10.75	27.58	kompak	5.88	9.22	22.52	kompak	5.88	8.014	18.98	kompak
25	WF600X300	7.5	10.75	27.58	kompak	7.5	9.22	22.52	kompak	7.5	8.014	18.98	kompak
26	WF700X300	6.25	10.75	27.58	kompak	6.25	9.22	22.52	kompak	6.25	8.014	18.98	kompak
27	WF800X300	5.77	10.75	27.58	kompak	5.77	9.22	22.52	kompak	5.77	8.014	18.98	kompak

**Tabel 7.2** Kategori penampang badan tiap profil pada  $F_y=250$  MPa,  $F_y=340$  MPa dan  $F_y=450$  MPa.

KATEGORI PENAMPANG BADAN													
No	Nama Profil	Fy = 250 Mpa			Kategori badan	Fy = 340 Mpa			Kategori badan	Fy = 450 Mpa			Kategori badan
		$\lambda_{tb}$	$\lambda_{pb}$	$\lambda_{rb}$		$\lambda_{tb}$	$\lambda_{pb}$	$\lambda_{rb}$		$\lambda_{tb}$	$\lambda_{pb}$	$\lambda_{rb}$	
1	WF100X100	14	106.3	161.3	kompak	14	91.11	138.3	kompak	14	79.2	120.2	kompak
2	WF125X125	16.5	106.3	161.3	kompak	16.5	91.11	138.3	kompak	16.5	79.2	120.2	kompak
3	WF150X75	27.2	106.3	161.3	kompak	27.2	91.11	138.3	kompak	27.2	79.2	120.2	kompak
4	WF150X100	21.7	106.3	161.3	kompak	21.7	91.11	138.3	kompak	21.7	79.2	120.2	kompak
5	WF150X150	18.6	106.3	161.3	kompak	18.6	91.11	138.3	kompak	18.6	79.2	120.2	kompak
6	WF175X175	20.4	106.3	161.3	kompak	20.4	91.11	138.3	kompak	20.4	79.2	120.2	kompak
7	WF200X100	40.9	106.3	161.3	kompak	40.9	91.11	138.3	kompak	40.9	79.2	120.2	kompak
8	WF200X100	33.5	106.3	161.3	kompak	33.5	91.11	138.3	kompak	33.5	79.2	120.2	kompak
9	WF200X200	22	106.3	161.3	kompak	22	91.11	138.3	kompak	22	79.2	120.2	kompak
10	WF250X125	46.4	106.3	161.3	kompak	46.4	91.11	138.3	kompak	46.4	79.2	120.2	kompak
11	WF250X125	38.7	106.3	161.3	kompak	38.7	91.11	138.3	kompak	38.7	79.2	120.2	kompak
12	WF250X250	24.7	106.3	161.3	kompak	24.7	91.11	138.3	kompak	24.7	79.2	120.2	kompak
13	WF300X150	51.3	106.3	161.3	kompak	51.3	91.11	138.3	kompak	51.3	79.2	120.2	kompak
14	WF300X150	43.4	106.3	161.3	kompak	43.4	91.11	138.3	kompak	43.4	79.2	120.2	kompak
15	WF300X300	27	106.3	161.3	kompak	27	91.11	138.3	kompak	27	79.2	120.2	kompak
16	WF350X175	54.7	106.3	161.3	kompak	54.7	91.11	138.3	kompak	54.7	79.2	120.2	kompak
17	WF350X175	46.9	106.3	161.3	kompak	46.9	91.11	138.3	kompak	46.9	79.2	120.2	kompak
18	WF350X350	26	106.3	161.3	kompak	26	91.11	138.3	kompak	26	79.2	120.2	kompak
19	WF400X200	53.4	106.3	161.3	kompak	53.4	91.11	138.3	kompak	53.4	79.2	120.2	kompak
20	WF400X200	46.8	106.3	161.3	kompak	46.8	91.11	138.3	kompak	46.8	79.2	120.2	kompak
21	WF400X400	27.5	106.3	161.3	kompak	27.5	91.11	138.3	kompak	27.5	79.2	120.2	kompak
22	WF450X200	46.9	106.3	161.3	kompak	46.9	91.11	138.3	kompak	46.9	79.2	120.2	kompak
23	WF500X200	46.8	106.3	161.3	kompak	46.8	91.11	138.3	kompak	46.8	79.2	120.2	kompak
24	WF600X200	51.5	106.3	161.3	kompak	51.5	91.11	138.3	kompak	51.5	79.2	120.2	kompak
25	WF600X300	45.7	106.3	161.3	kompak	45.7	91.11	138.3	kompak	45.7	79.2	120.2	kompak
26	WF700X300	50.2	106.3	161.3	kompak	50.2	91.11	138.3	kompak	50.2	79.2	120.2	kompak
27	WF800X300	53.4	106.3	161.3	kompak	53.4	91.11	138.3	kompak	53.4	79.2	120.2	kompak

Pada **Tabel 7.2** dapat dilihat bahwa batas rasio kelangsingan elemen badan tiap profil untuk mencapai tegangan leleh ( $\lambda_{rb}$ ) dan batas rasio kelangsingan elemen badan tiap profil untuk mencapai tegangan plastis ( $\lambda_{pb}$ ) menurun seiring dengan peningkatan tegangan leleh ( $F_y$ ), sedangkan rasio kelangsingan elemen badan ( $\lambda_b$ ) adalah tetap. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan leleh badan suatu profil (mutu baja semakin tinggi), maka elemen badan akan semakin tidak kompak dan mudah tertekuk.

Kemudian berdasarkan **Tabel 7.1** dan **7.2** di atas, semua penampang profil I produksi PT. Gunung Garuda dengan tegangan leleh  $F_y = 250$  Mpa adalah kompak, sehingga dapat dipastikan bahwa peristiwa tekuk lokal tidak akan terjadi pada tegangan leleh tersebut. Untuk tegangan leleh yang lebih tinggi, terdapat beberapa profil dengan penampang sayap tidak kompak (penampang kompak sebagian), yaitu pada tegangan leleh  $F_y = 340$  Mpa adalah; WF300X150 berat 9,31 Kg/m, WF300X300 berat 10 Kg/m, WF350X175 berat 9,67 Kg/m, dan WF400X400 berat 9,52 Kg/m, sedangkan pada tegangan leleh  $F_y = 450$  Mpa adalah; WF 200X200 berat 8,33 Kg/m, WF250X250 berat 8,93 Kg/m, WF300X150 berat 9,31 Kg/m, WF300X150 berat 8,33 Kg/m, WF300X300 berat 10 Kg/m, WF350X175 berat 9,67 Kg/m, WF350X350 berat 9,21 Kg/m, WF400X200 berat 9,05 Kg/m, dan WF400X400 berat 9,52 Kg/m.

Batas panjang tak berpenopang lateral profil untuk mencapai tegangan leleh ( $L_r$ ) maupun batas panjang tak berpenopang lateral profil untuk mencapai tegangan plastis ( $L_p$ ) digunakan untuk menentukan kategori bentang suatu struktur berdasarkan panjang tak berpenopang lateral struktur tersebut.

**Tabel 7.3** Batas panjang tak berpenopang lateral  $L_p$  dan  $L_r$  tiap profil pada  $F_y=250$  MPa,  $F_y=340$  MPa dan  $F_y=450$  MPa.

Nilai $L_p$ dan $L_r$							
No.	Nama Profil	$F_y = 250$ Mpa		$F_y = 340$ Mpa		$F_y = 450$ Mpa	
		$L_p$ (mm)	$L_r$ (mm)	$L_p$ (mm)	$L_r$ (mm)	$L_p$ (mm)	$L_r$ (mm)
1	WF100X100	1259.94	7009.83	1080.39	4767.74	939.103	3492.79
2	WF125X125	1586.4	7704.18	1360.33	5188.33	1182.43	3747.83
3	WF150X75	846.76	3088.97	726.091	2254.99	631.138	1770.53
4	WF150X100	1208.93	5165.51	1036.65	3627.83	901.082	2755.94
5	WF150X150	1912.86	8715.25	1640.27	6041.08	1425.76	4527.61
6	WF175X175	2234.22	9577.16	1915.83	6692.67	1665.29	5058.97
7	WF200X100	1127.31	3417.01	966.663	2612.35	840.25	2117.29
8	WF200X100	1132.41	3709.37	971.037	2781.07	844.052	2225.51
9	WF200X200	2560.68	10455	2195.77	7359.4	1908.62	5602.92
10	WF250X125	1423.17	4146.88	1220.36	3205.37	1060.77	2615.8
11	WF250X125	1423.17	4396.74	1220.36	3347.89	1060.77	2706.5
12	WF250X250	3208.51	12294.8	2751.27	8751.54	2391.48	6731.31
13	WF300X150	1678.22	4701.21	1439.06	3688.86	1250.87	3037.91
14	WF300X150	1678.22	4908.52	1439.06	3807.63	1250.87	3114.07
15	WF300X300	3830.82	13469.6	3284.9	9764.05	2855.33	7624.81
16	WF350X175	1979.17	5473.08	1697.13	4306.8	1475.19	3552.86
17	WF350X175	2014.88	5846.15	1727.75	4527.22	1501.8	3698.72
18	WF350X350	4509.25	16770.6	3866.65	12000.6	3361	9272.6
19	WF400X200	2285.23	6387.42	1959.57	5003.57	1703.31	4116.48
20	WF400X200	2315.84	6774.49	1985.81	5229.64	1726.12	4264.34
21	WF400X400	5151.97	18613.4	4417.78	13397.2	3840.05	10402.4
22	WF450X200	2244.42	6590.42	1924.58	5107.04	1672.9	4174.17
23	WF500X200	2208.72	6601.6	1893.96	5102.8	1646.28	4164.24
24	WF600X200	2101.6	6211.89	1802.1	4853.29	1566.44	3986.54
25	WF600X300	3494.16	10316.6	2996.22	7931.77	2604.39	6451.44
26	WF700X300	3458.45	10293.1	2965.6	7916.81	2577.78	6440.85
27	WF800X300	3376.84	9967.61	2895.62	7713.2	2516.95	6298.83

Pada **Tabel 7.3** dapat dilihat bahwa batas panjang tak berpenopang lateral profil untuk mencapai tegangan leleh ( $L_r$ ) maupun batas panjang tak berpenopang lateral profil untuk mencapai tegangan plastis ( $L_p$ ) tiap profil menurun seiring dengan peningkatan tegangan leleh ( $F_y$ ). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan leleh ( $F_y$ ) maka kategori bentang struktur semakin panjang, sehingga akan semakin mudah terjadi peristiwa tekuk puntir lateral.

Profil dengan batas panjang tak berpenopang lateral ( $L_p$ ) dan ( $L_r$ ) minimum pada tegangan leleh  $F_y = 250$  Mpa,  $F_y = 340$  Mpa dan  $F_y = 450$  Mpa adalah profil

WF150X75, sedangkan profil dengan batas panjang tak berpenopang lateral  $L_p$  dan  $L_r$  maksimum pada tegangan leleh  $F_y = 250$  Mpa,  $F_y = 340$  Mpa dan  $F_y = 450$  Mpa adalah profil WF400X400.

Kuat momen lentur maksimum suatu balok baja profil I adalah berupa kuat momen plastis  $M_p$ , yang dapat tercapai apabila penampang sayap maupun badan balok kompak dan bentang strukturnya pendek, sehingga tidak terjadi tekuk lokal maupun tekuk puntir lateral.

Untuk menilai validitas program yang telah dibuat, diperlukan perbandingan antara hasil hitungan program dengan hasil hitungan secara manual. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 7.4** dan **Tabel 7.5**.

**Tabel 7.4** Hasil hitungan program

No. Soal	Data masukan			Cb	Profil terpilih	$\phi M_n$ (Nmm)	$\phi M_p$ (Nmm)	$\phi M_{ntls}$ (Nmm)	$\phi M_{ntlb}$ (Nmm)	$\phi M_{ntpl}$ (Nmm)
	$F_y$ (Mpa)	$L_b$ (mm)	$M_u$ (Nmm)							
1	250	600	35982000	1.14	WF200X100	36000000	36000000	36000000	36000000	36000000
2	250	1200	19872000	1.14	WF150X75	19980000	19980000	19980000	19980000	19980000
3	250	3600	29160000	1.14	WF150X100	29389309	31050000	31050000	31050000	29389309
4	340	3600	70308000	1.14	WF250X125	70570928	99144000	99144000	99144000	70570928
5	340	600	129240000	1.14	WF300X150	129557550	1.3E+08	129557550	1.3E+08	1.3E+08
6	450	3600	402926400	1.14	WF400X200	403067934	4.09E+08	403067934	4.09E+08	4.09E+08
7	340	3600	117936000	1.14	WF300X150	118702138	1.3E+08	129557550	1.3E+08	1.19E+08
8	340	12000	252000000	1.14	WF300X300	253551355	4.16E+08	411131444	4.16E+08	2.54E+08

No. Soal	Kategori penampang sayap	Kategori penampang badan	Kategori bentang	Kondisi yang membatasi kekuatan profil
1	Sayap kompak	Badan kompak	Bentang pendek	Tekuk lokal dan tekuk puntir lateral
2	Sayap kompak	Badan kompak	Bentang menengah	Tekuk lokal dan tekuk puntir lateral
3	Sayap kompak	Badan kompak	Bentang menengah	Tekuk puntir lateral
4	Sayap kompak	Badan kompak	Bentang panjang	Tekuk puntir lateral
5	Sayap tidak kompak	Badan kompak	Bentang pendek	Tekuk lokal sayap
6	Sayap tidak kompak	Badan kompak	Bentang menengah	Tekuk lokal sayap
7	Sayap tidak kompak	Badan kompak	Bentang menengah	Tekuk puntir lateral
8	Sayap tidak kompak	Badan kompak	Bentang panjang	Tekuk puntir lateral

Tabel 7.5 Hasil hitungan secara manual

No. Soal	Data masukan			Cb	Profil terpilih	$\phi M_n$ (Nmm)	$\phi M_p$ (Nmm)	$\phi M_{ntls}$ (Nmm)	$\phi M_{ntlb}$ (Nmm)	$\phi M_{ntpl}$ (Nmm)
	$F_y$ (Mpa)	Lb (mm)	$M_u$ (Nmm)							
1	250	600	35982000	1.14	WF200X100	36000000	36000000	36000000	36000000	36000000
2	250	1200	19872000	1.14	WF150X75	19980000	19980000	19980000	19980000	19980000
3	250	3600	29160000	1.14	WF150X100	29389309	31050000	31050000	31050000	29389309
4	340	3600	70308000	1.14	WF250X125	70570928	99144000	99144000	99144000	70570928
5	340	600	129240000	1.14	WF300X150	129557550	1.3E+08	129557550	1.3E+08	1.3E+08
6	450	3600	402926400	1.14	WF400X200	403067934	4.09E+08	403067934	4.09E+08	4.09E+08
7	340	3600	117936000	1.14	WF300X150	118702138	1.3E+08	129557550	1.3E+08	1.19E+08
8	340	12000	252000000	1.14	WF300X300	253551355	4.16E+08	411131444	4.16E+08	2.54E+08

No. Soal	Kategori penampang sayap	Kategori penampang badan	Kategori bentang	Kondisi yang membatasi kekuatan profil
1	Sayap kompak	Badan kompak	Bentang pendek	Tekuk lokal dan tekuk puntir lateral
2	Sayap kompak	Badan kompak	Bentang menengah	Tekuk lokal dan tekuk puntir lateral
3	Sayap kompak	Badan kompak	Bentang menengah	Tekuk puntir lateral
4	Sayap kompak	Badan kompak	Bentang panjang	Tekuk puntir lateral
5	Sayap tidak kompak	Badan kompak	Bentang pendek	Tekuk lokal sayap
6	Sayap tidak kompak	Badan kompak	Bentang menengah	Tekuk lokal sayap
7	Sayap tidak kompak	Badan kompak	Bentang menengah	Tekuk puntir lateral
8	Sayap tidak kompak	Badan kompak	Bentang panjang	Tekuk puntir lateral

Pada Tabel 7.4 dan Tabel 7.5 dapat dilihat bahwa program telah memenuhi prosedur hitungan dalam diagram alir dan profil terpilih hasil hitungan program dengan profil terpilih hasil hitungan manual telah sama.