

BAB V

ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG

Analisis ini diperlukan untuk mengetahui kekuatan struktur dalam menahan beban-beban yang bekerja baik oleh gaya internal maupun oleh gaya eksternal. Pada konstruksi tanpa penopang (*Unshored Beam*), dimana dukungan sementara pada balok tidak digunakan dalam menahan beban konstruksi, spesifikasi LRFD-I3-1 menyatakan bahwa penampang baja (*steel beam*) harus didesain untuk mendukung beban-beban pada tahap konstruksi yakni berat pelat dan berat balok dan beban hidup (orang dan peralatan konstruksi) sebelum beton mencapai kekuatannya $0,75 f'c$.

Pada saat beton telah mencapai kekuatannya maka seluruh beban-beban layanan yang bekerja akan ditahan oleh penampang komposit, untuk itu LRFD menyarankan agar balok baja harus dicek terhadap beban konstruksi yang bekerja sebelum beton mencapai kekuatannya, yakni 75% kuat desain.

Dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan analisis kapasitas tampang pada balok dan kolom. Analisis kapasitas tampang dilakukan dengan mengambil sampel elemen struktur yang dibebani oleh gaya-gaya maksimum. Gaya-gaya maksimum ini diperoleh dari analisis mekanika dengan program SAP90

5.1. Analisis Kapasitas Tampang Balok sebagai Balok Komposit

Hasil analisa mekanika struktur portal melintang balok lantai tipe B dengan SAP90, File F3F diperoleh momen-momen terfaktor maksimum sebagai berikut :

Momen pada daerah negatif/tumpuan : 1954,54 KN-m (elm.5 = balok lantai)

Momen pada daerah positif/lapangan : 981,75 KN-m (elm.5 = balok lantai)

Tebal Pelat (ts) = 125 mm = 4,92 in

Lebar efektif (b_E) = 225 cm = 88,58 in

Mutu beton (f'_c) = 3,5 ksi = 24 MPa

Mutu baja profil (F_y) = 36 Ksi = 248 Mpa

Profil W36X150

5.1.1. Kapasitas momen pada daerah momen positif (ϕM_n^+)

$C = A_s \cdot F_y = 44,2 \cdot 36 = 1591$ kips (menentukan)

$= 0,85 \cdot f'_c \cdot A_c = 0,85 \cdot 3,5 \cdot (118 \cdot 4,92) = 1727,166$ Kips

$$a = \frac{C}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_E} = \frac{1591,2}{0,85 \cdot 3,5 \cdot 118} = 4,52 \text{ in} < t_s = 4,92 \text{ in}$$

$M_n = A_s \cdot F_y \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot d + t_s - \frac{1}{2} a \right) = 44,2 \cdot 36 \left(\frac{1}{2} \cdot 35,55 + 4,92 - \frac{1}{2} \cdot 4,52 \right)$
 $= 32516,172 \text{ K-in} = 2709,681 \text{ K-ft}$

$\phi M_n^+ = 0,85 \cdot (2709,681) = 2303,2288 \text{ K-ft}$

$= 3123,1782 \text{ KN-m} > M_u^+ = 981,75 \text{ KN-m}$ (aman)

Atau dari interpolasi pada Composite Beam Selection Table diperoleh :

$\phi M_n^+ = 3032,30 \text{ K-ft} > M_u^+ = 981,75 \text{ KN-m}$ (aman)

5.1.2. Analisis Kapasitas Tampang Balok sebagai Baja Murni (non-composit)

Sebagai sampel diambil elemen struktur balok lantai arah melintang dengan pembebanan type B, yang dianalisis kapasitas tampangnya dengan membandingkan dengan hasil SAP 90 F3F. Tabel *LRFD "LOAD FACTOR DESIGN SELECTION TABLE"* diperoleh :

Profil W36X150 : $L_p = 10,3$ ft, $L_r = 30,2$ ft, $BF = 29,4$, $\phi_b M_p = 1570$ K-ft

Dari SAP90 diperoleh : $L_b = 9,065$ ft

Maka : $L_b < L_p < L_r$

$\phi M_n = \phi_b M_n = 1570$ K-ft = $2128,92$ KN-m $> M_u = 1954,54$ KN-m (Aman)

Kapasitas momen balok W36X150 memadai untuk menahan pembebanan yang terjadi. Selanjutnya analisa kapasitas balok pada daerah momen positif dan momen negatif disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 7. Kontrol Kapasitas Balok Tipe A

Portal	Balok	L (m)	Profil	Mu yang terjadi		Mu kapasitas	
				M ⁺ (KN-m)	M ⁻ (KN-m)	M ⁺ (KN-m)	M ⁻ (KN-m)
Membujur	BI. Atap	15	W33X118	804,84	1485,1	2347,46	1493,97
	BI. Lantai		W33X221	1783,12	2933,21	4197,13	3132,36
Melintang	BI. Atap	9	W14X34	84,02	164,33	388,03	193,39
	BI. Lantai		W24X68	233,39	558,16	1071,67	607,91
Melintang	BA. Atap	9	W12X22	197,676	-	238,176	-
	BA. Lantai		W16X31	346,216	-	385,846	-

Tabel 8. Kontrol Kapasitas Balok Tipe B

Portal	Balok	L (m)	Profil	Mu yang terjadi		Mu kapasitas	
				M ⁺ (KN-m)	M ⁻ (KN-m)	M ⁺ (KN-m)	M ⁻ (KN-m)
Membujur	BI. Atap	15	W21X62	205,99	413,49	915,50	444,52
	BI. Lantai		W30X108	549,14	1083,66	1998,34	1126,38
Melintang	BI. Atap	9	W27X84	406,84	743,04	1421,16	893,60
	BI. Lantai		W36X150	981,75	1954,54	3032,30	2128,92
Membujur	BA. Atap	15	W18X46	574,096	-	619,346	-
	BA.Lantai		W24X68	1005,178	-	1094,889	-

Tabel 9. Kontrol Kapasitas Balok Tipe C

Portal	Balok	L (m)	Profil	Mu yang terjadi		Mu kapasitas	
				M ⁺ (KN-m)	M ⁻ (KN-m)	M ⁺ (KN-m)	M ⁻ (KN-m)
Membujur	BI. Atap	15	W36X135	1011,57	1710,18	5024,49	1834,37
	BI. Lantai		W36X230	1995,38	3160,56	3087,88	3457,80
Melintang	BI. Atap	9	W14X38	96,33	205,74	1295,93	219,78
	BI. Lantai		W24X76	274,32	678,91	314,02	693,51
Melintang	BA. Atap	9	W14X26	276,723	-	338,279	-
	BA.Lantai		W18X35	457,975	-	514,565	-

Tabel 10. Kontrol Kapasitas Balok Tipe D

Portal	Balok	L (m)	Profil	Mu yang terjadi		Mu kapasitas	
				M ⁺ (KN-m)	M ⁻ (KN-m)	M ⁺ (KN-m)	M ⁻ (KN-m)
Membujur	BI. Atap	15	W27X84	402,07	805,48	1704,59	825,09
	BI. Lantai		W33X141	885,99	1714,5	3223,52	1745,98
Melintang	BI. Atap	9	W27X94	794,92	889,02	1824,22	1018,36
	BI. Lantai		W36X150	1327,32	2082,08	3424,69	2128,92
Membujur	BA. Atap	15	W24X62	1077,9	-	1171,014	-
	BA.Lantai		W27X84	1698,756	-	1704,221	-

5.2. Analisis Kapasitas Tampang Kolom Komposit

Kolom dianggap sebagai struktur balok-kolom komposit, sehingga di kontrol terhadap interaksi gaya aksial dan lentur. Hasil analisa mekanika dengan SAP90 File F3F, diketahui gaya-gaya yang bekerja pada kolom untuk penempatan balok anak tipe B sebagai berikut :

	Portal Membujur	Portal Melintang
Gaya Aksial (P) (KN)	1817,62	4598,83
Momen Ujung (M1) (KN-m)	561,06	1221,33
Momen Ujung (M2) (KN-m)	387,95	990,43

Data kolom komposit W14×283 encased 24'×24' dengan $f'_c=3,5$ Ksi (24 Mpa) dapat dilihat dari "Composite Columns" LRFD-1986 sebagai berikut :

$$K_{\text{Membujur}} = K_y = 1,35 ; K_{\text{Melintang}} = K_x = 1,32 ; L = 5 \text{ m} = 16,40 \text{ ft}$$

$$K_y.L = 22,14 ; K_x.L = 21,65$$

Dari tabel "Composite Columns" diperoleh :

$$\phi P_n = 4113,7 \text{ Kips} = 18295,7376 \text{ KN}$$

$$\phi_b M_{nx} = 2580 \text{ K-ft} = 3498,48 \text{ KN-m}$$

$$\phi_b M_{ny} = 1570 \text{ K-ft} = 2128,92 \text{ KN-m}$$

$$P_{ex} = 971 \times 10^4 / 21,65^2 = 20715,882 \text{ kips} = 92144,24 \text{ KN}$$

$$P_{ey} = 971 \times 10^4 / 22,14^2 = 19809,0659 \text{ kips} = 88031,18 \text{ KN}$$

$$P_u = P_x + P_y + W_k = 1817,62 + 4598,83 + 252 = 6668,45 \text{ KN}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{6668,45}{18297,7376} = 0,36 \geq 0,2 \quad , \text{ maka rumus yang digunakan adalah}$$

formula :

$$C_{mx} = 0,6 - 0,4 \cdot (M_1/M_2) = 0,6 + 0,4 (990,43/1221,33) = 0,9244$$

$$B_{1x} = \frac{C_{mx}}{\left(1 - \frac{P_u}{P_{ex}}\right)} = \frac{0,9244}{\left(1 - \frac{6668,45}{92049,3469}\right)} = 0,9966 \leq 1, \text{ maka } B_{1x} = 1$$

$$\begin{aligned} M_{ux} &= B_{1x} \cdot M_{nt} + B_{2x} \cdot M_{lt} \\ &= 1 \cdot (1221,33) + 0 = 1221,33 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

$$C_{my} = 0,6 - 0,4 \cdot (M_1/M_2) = 0,6 + 0,4 (387,98/561,06) = 0,8766$$

$$B_{1y} = \frac{C_{my}}{\left(1 - \frac{P_u}{P_{ey}}\right)} = \frac{0,8766}{\left(1 - \frac{6668,45}{88110,7251}\right)} = 0,9484 \leq 1, \text{ maka } B_{1y} = 1$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= B_{1y} \cdot M_{nt} + B_{2y} \cdot M_{lt} \\ &= 1 \cdot (561,06) + 0 = 561,06 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

Cek terhadap interaksi aksial momen dengan rumus LRFD H1-1b

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1$$

$$\frac{6668,45}{18297,7376} + \frac{8}{9} \left(\frac{1221,33}{3498,48} + \frac{561,06}{2128,92} \right) = 0,909 \leq 1,0$$

Keterangan : Profil W14×283 encased 24"×24" aman terhadap interaksi gaya aksial dan momen lentur.

Tabel 11. Kontrol Kapasitas Kolom

Penempatan	TIPE A		TIPE B		TIPE C		TIPE D	
	Membujur	Melintang	Membujur	Melintang	Membujur	Melintang	Membujur	Melintang
P (KN)	4311,14	1425,91	1817,62	4598,83	6489,69	1782,42	3841,75	4896,42
M1 (KN-m)	1178,19	444,91	561,06	1221,33	1234,82	573,41	744,16	1258,35
M2 (KN-m)	963,84	295,22	387,95	990,43	966,56	347,38	572,9	1013,61
Pu (KN)	5963,85		6668,45		8545,11		9015,37	
K	1,3	1,41	1,35	1,32	1,34	1,47	1,31	1,36
KL (ft)	21,33	23,13	22,15	21,65	21,98	24,11	21,49	22,31
Profil	W12X252, encased 22"X24"		W14X283, encased 24"X24"		W14X311, encased 24"X26"		W14X342, encased 24"X26"	
ϕP_n (KN)	15786,6192		18295,736		19545,8019		21503,9227	
$\phi b M_n$ (KN-m)	2834,04	1600,08	2123,92	3498,48	3918,84	2332,32	2495,04	4271,4
Pe (KN)	84859,95	60609,55	88031,18	92144,24	115085,18	81110,34	111724,89	121535,89
Pu / ϕP_n	0,3778		0,3678		0,4372		0,4192	
Cm	0,9272	0,8654	0,8766	0,9244	0,9131	0,8423	0,9079	0,9222
β_1	0,9973	0,9599	0,9484	0,9965	0,9863	0,9415	0,9876	0,9961
Mu (KN-m)	1178,19	444,91	561,06	1221,33	1234,82	573,41	744,16	1258,35
Kontrol Kolom	0,9945		0,9124		0,9358		0,9462	