

BAB V

HASIL DESAIN DAN PEMBAHASAN

6.1 Umum

Dalam penulisan tugas akhir ini dilakukan analisis linear atau analisis orde pertama. Analisis dilakukan pada kolom slender prategang dengan dimensi 400 mm x 400 mm yang dianggap langsing dengan nilai kelangsingan $kl_u/r = 31$. Dengan metode pembesaran momen pada analisis orde pertama diperoleh nilai faktor pembesar baik untuk portal yang dipengaruhi gaya lateral δ_s , maupun portal yang tidak dipengaruhi gaya lateral δ_{ns} . Nilai tersebut digunakan sebagai faktor pengali pada momen sehingga diperoleh momen yang diperbesar M_c . Dari nilai ini akan diperoleh momen yang diperlukan setelah dibagi dengan faktor reduksi.

6.2 Hasil Desain

Dari analisis dan desain perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan metode-metode di atas terhadap konfigurasi material, dimensi dan beban-beban yang bekerja pada struktur portal yang ditinjau serta dengan langkah dan teknik perhitungan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, dapat diketahui hasil akhir yang tertera pada tabel berikut ini.

Tabel 5.1 Hasil analisis untuk kolom 2 slender prategang

No		Beban Gravitasi	Beban Gravitasi + Gempa
1	e_{min}	27mm	27mm
2	E_c	30095 Mpa	30095 MPa
3	I_z	2.133.333.333 mm ⁴	2.133.333.333 mm ⁴
4	β_d	0,758	0,758
5	EI	1,461x10 ¹³ Nmm ²	1,461x10 ¹³ Nmm ²
6	I_{cr}	6.066.666.667 mm ⁴	6.066.666.667 mm ⁴
7	ψ_A	0,2	0,33
8	ψ_{13}	0,2	0,33
9	K	1,05	1,1
10	kl_u/r	31	31
11	P_c	10.677 kN	40.810 kN
12	δ_{ns}	1,24	1,20
13	δ_s	-	1,14
14	M_c	210,428 kNm	386,384 kNm
15	P_n yang diperlukan	2182,643 kN	1904,551 kN
16	M_n yang diperlukan	300,611 kNm	551,977 kNm
17	e yang diperlukan	138 mm	290 mm
18	$A'_{ps} = A_{ps}$	493,5 mm ²	493,5 mm ²
19	c_b	220 mm	220 mm
20	β	0,762	0,762
21	a_b	167,64 mm	167,64 mm
22	C_{cnb}	2336,902 kN	2336,902 kN
23	T'_{snb}	304,176 kN	304,176 kN
24	T_{snb}	707,948 kN	707,948 kN
25	P_{nb}	1324,778 kN	1324,778 kN
26	M_{nb}	271,501 kN	271,501 kN
27	e_b	251 mm	251 mm
28	C	291	-
29	β	0,762	-
30	C_{cn}	3091,084 kN	-
31	T'_{sn}	287,756 kN	-
32	T_{sn}	593,014 kN	-
33	P_n	2210,314 kN	-

34	M_u	321,294 kNm	-
35	e	145 mm	-

Tabel 5.2 Hasil analisis diagram interaksi P-M kolom beton prategang

Titik	C mm	a mm	P_u kN	M_u kN-m	ϕ	P_u kN	M_u kN-m	e mm
1	∞	400	5102,22	0	0,7	3571,55	0	0
2	400	304,80	3479,05	235,56	0,7	2435,34	164,89	68
5	300	228,60	2318,12	317,51	0,7	1622,68	222,26	137
4	220	167,64	1324,78	332,07	0,7	927,35	232,45	251
6	150	114,30	329,98	316,44	0,8	263,98	253,15	959
3	77	59	0	261,77	0,8	0	209,42	∞

Tabel 5.3 Hasil analisis diagram interaksi P-M kolom beton bertulang biasa

Titik	c mm	a mm	P_u kN	M_u kN-m	ϕ	P_u kN	M_u kN-m	e mm
1	∞	400	5936,40	0	0,7	4155,48	0	0
2	400	304,8	4495,66	224,46	0,7	3146,96	157,12	50
6	330	251,46	3684,99	292,62	0,7	2579,49	204,83	79
7	300	228,6	3334,73	310,11	0,7	2334,31	217,08	93
4	210	160	2213,20	324,29	0,7	1549,24	227,0	146
8	150	114,3	1593,34	286,83	0,7	1115,34	200,78	180
5	77	58,67	729,08	185,48	0,7	510,36	129,84	254
3	32,9	25	0	72,37	0,8	0	57,90	∞

6.3 Pembahasan

Pembahasan ini didasarkan pada hasil yang didapat dari perencanaan kolom 6 akibat adanya beban uniaksial serta perilaku kolom terhadap momen yang terjadi.

6.3.1 Eksentrisitas, beban dan momen pada kolom

Sistem prategang penuh diterapkan pada perencanaan struktur kolom yang diinginkan tidak terjadi tegangan tarik pada beton. Adanya kemungkinan terjadi gaya bolak-balik pada struktur dan mencegah kekeliruan penempatan tendon, maka penempatan tendon terletak di dua sisi yaitu tarik dan tekan dengan jumlah, mutu dan diameter yang sama.

Pada prinsipnya, pemberian prategang pada penampang dari suatu kolom ditujukan untuk meningkatkan tampang efektif dari beton tersebut, sehingga luasan beton yang aktif dalam menahan gaya aksial tekan menjadi lebih besar. Dengan luasan efektif yang besar tetapi hasil akhir gaya aksial tekan yang dapat ditahan (P_n) kecil karena adanya pengurangan gaya akibat tendon bagian tekan.

Dalam contoh perbandingan diagram interaksi kolom, terlihat bahwa kolom dengan ukuran 400 x 400 mm, untuk kolom beton bertulang pada kondisi *balance* garis netral $c_b = 210$ mm tetapi dengan sistem prategang dapat menaikkan garis netral c_b menjadi 220 mm. Hal ini disebabkan karena pada beton bertulang untuk menentukan garis netral c_b tanpa memperhitungkan gaya internal pada baja tetapi hanya didasarkan terhadap keadaan beton pada saat hancur dan baja saat luluh, sementara pada beton prategang untuk menentukan garis netral c_b dipengaruhi adanya penambahan nilai regangan pada tendon akibat adanya efek prategang, sehingga digunakan sistem *trial and error* sampai mendapatkan momen maksimal. Nilai c ini mengakibatkan kemampuan desak beton (C_c) pada kolom beton prategang menjadi lebih besar.

Pada kolom beton bertulang lebih efektif apabila menerima beban sentris karena tulangan pada bagian desak ikut membantu beton dalam menahan desak, sehingga mengakibatkan kemampuan menahan gaya desak beton bertambah. Sementara kolom beton prategang yang menerima beban sentris tidak efektif karena adanya tegangan pada tendon bagian desak yang justru akan menjadi seperti beban aksial pada bagian desak beton yang berarti mengurangi kemampuan beton dalam menahan desak. Oleh sebab itu, untuk kolom beton prategang beban aksial tekan yang dapat ditahan $P_n = 5102,22$ kN lebih kecil dibandingkan kolom beton bertulang $P_n = 5936,40$ kN.

Kolom beton prategang lebih efektif apabila menerima beban eksentris karena adanya tegangan internal pada tendon sehingga kapasitas momen akan bertambah. Sementara untuk kolom beton bertulang tidak efektif karena tegangan pada tulangan bagian desak justru akan mengurangi kapasitas momen. Oleh sebab itu, pada kondisi beban eksentris, nilai momen untuk kolom beton prategang $M_n = 261,77$ kN-m lebih besar daripada kolom beton bertulang $M_n = 72,37$ kN-m.

Efek tegangan pada tendon seperti terlihat dalam persamaan 3.12 yang mengandung dua faktor yang lain dari beton bertulang yaitu faktor ϵ_{pe} dan ϵ_{ce} . Nilai regangan desak beton ϵ_{cu} yang dirumuskan pada persamaan tersebut justru mempunyai tanda negatif untuk bagian desak. Dengan nilai ϵ_{pe} dan ϵ_{ce} akan menaikkan regangan pada tendon dibandingkan beton bertulang.

Diagram interaksi kolom (gambar 4.12), terlihat nilai M_u max tidak terjadi pada keadaan *balance*, tetapi M_u max terjadi pada titik koordinat 6 yang terletak di bawah $0,1 \cdot \bar{f}_c \cdot A_g$. Ini menunjukkan nilai momen yang lebih besar dari M_u max, karena adanya pengali dengan nilai faktor reduksi kekuatan ϕ yang nilainya ditingkatkan menjadi 0,8 untuk sengkang ikat pada komponen struktur prategang. Ini berbeda ketika diletakkan pada beton bertulang yang nilainya 0,9 dan M_u max tetap terjadi pada keadaan *balance*.

6.3.2 Pengaruh kelangsingan dari kolom beton prategang

Secara umum, penggunaan sistem beton prategang pada kolom akan membantu kolom dalam menahan gaya lateral akibat angin maupun gempa dan defleksi akibat beban yang terjadi. Dengan gaya prategang (tegangan internal), maka tekuk yang terjadi dapat berkurang dibandingkan kolom beton bertulang. Nilai tekuk ini, berpengaruh terhadap rasio kelangsingan kolom yang terjadi. Semakin besar nilai tekuk, rasio kelangsingan juga akan semakin besar. Pada beton prategang, kolom akan memungkinkan untuk membentuk kolom yang lebih langsing, yang berarti rasio kelangsingannya mampu lebih tinggi dari kolom beton bertulang.

6.3.3 Analisis dan desain kolom prategang

Dari analisis dan desain pada kolom slender prategang ini, persyaratan yang harus dipenuhi adalah kapasitas kolom P_n dan eksentrisitas e harus bernilai mendekati dengan P_n dan eksentrisitas e yang diperlukan. Sementara persyaratan yang dipakai

untuk momen adalah kapasitas momen M_n harus lebih besar dari momen M_n yang diperlukan.

Pada kolom eksterior dan interior selain kolom 6 dan 10, eksentrisitas dan beban aksial yang dihasilkan nilainya terlalu besar atau terlalu kecil dengan yang diperlukan, sehingga tidak sesuai dengan persyaratan yang diinginkan seperti yang tercantum pada persamaan 3.6 dan 3.15. Untuk kolom eksterior dan interior pada lantai satu meskipun rasio kelangsingannya lebih tinggi tetapi beban aksial dan eksentrisitas yang terjadi nilainya terlalu besar atau terlalu kecil dari yang diperlukan, sehingga tidak memenuhi persyaratan.

Setelah melalui proses perhitungan pada kapasitas kolom prategang, hanya kolom 6 dan 10 yang memenuhi persyaratan diatas dengan dengan nilai $P_n = 2210,314 \text{ kN} \approx P_n = 2182,643 \text{ kN}$ dan $e = 145 \text{ mm} \approx e = 138 \text{ mm}$. Pada perencanaan tersebut dihasilkan ukuran penampang kolom $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ dengan lima strand tujuh kawat 270K diameter 12,7 mm pada masing-masing sisi sejajar sumbu netral.