

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisa Lentur

Permukaan tarik pada pelat datar (*flat plate*) beton prategang, pada saat menerima beban diperbolehkan terjadi tegangan tarik atau diperbolehkan terjadi retak-retak halus, tapi tidak boleh melebihi tegangan ijin. Untuk itu perlu dilakukan kontrol tegangan pada saat beban transfer dan layan. Saat transfer, ketika beton belum mencapai kekuatan tekan maksimum (f'_c), kekuatan beton diambil sebesar f'_{ci} ($0,75f'_c$). Pada kondisi ini gaya prategang yang digunakan belum mengalami kehilangan prategangan dan beban belum sepenuhnya bekerja. Pada saat layan, gaya prategang telah mengalami kehilangan gaya prategangan dan beban telah sepenuhnya bekerja sehingga untuk kontrol diambil kekuatan beton maksimum (f'_c).

Prategang efektif (f_{se}) diambil dengan memperhitungkan kehilangan gaya prategang yang diakibatkan oleh relaksasi tegangan baja, penyusutan beton, rangkai beton, gesekan dan tergelincirnya angkur yang dalam analisis ini diasumsikan sebesar 20% dari total prategang. Disyaratkan oleh ACI Code untuk pelat prategang dua arah untuk memperkirakan tegangan rata-rata yang diakibatkan oleh gaya prategang efektif sebesar 0,86 MPa sampai 3,5 MPa. Dalam analisa ini diambil besar asumsi tegangan rata rata sedemikian rupa, sehingga tegangan beton yang terjadi pada saat transfer dan layan tidak melebihi tegangan ijin. Hasil perhitungan tabel 4.6 sampai tabel 4.11 dapat disimpulkan bahwa semakin besar asumsi tegangan rata-rata dan eksentrisitas, maka gaya prategang efektif semakin bertambah sehingga tegangan tarik berkurang hal ini

disebabkan W_{unb} semakin kecil sehingga M_{unb} juga berkurang. Tegangan desak yang terjadi juga sangat kecil, jauh dari tegangan ijinnya hal ini disebabkan M_{unb} kecil.

Perhitungan momen total dilakukan dengan pendekatan portal ekuivalen (*equivalent frame method*), yaitu dengan cara membagi panel menjadi dua bagian portal yang saling tegak lurus, kemudian dianalisa untuk masing masing arahnya. Portal ini terdiri dari kolom, jalur kolom dan jalur tengah. Kekakuan kolom aktual, kolom ekuivalen, dan slab digunakan untuk menentukan koefisien distribusi momen (DF). Besar momen jepit ujung (FEM) dihitung $wl^2/12$ dan faktor induksi (COF) diambil sebesar 0,5. Selanjutnya besar dari momen disain dicari dengan menggunakan metode Cross. Hasil perhitungan tabel 4.6 sampai dengan tabel 4.11 dan gambar 4.6, gambar 4.10, gambar 4.14, gambar 4.18, gambar 4.22, gambar 4.26 dapat disimpulkan bahwa kapasitas momen penampang bertambah besar apabila asumsi tegangan rata-rata yang diberikan semakin besar. Begitu juga apabila eksentrisitas yang direncanakan semakin besar maka kapasitas momen penampang semakin besar.

Analisa perimbangan beban digunakan untuk menentukan besar beban yang dapat diimbangi oleh prategang (W_{bal}) yang tergantung pada eksentrisitas dan besar gaya prategangan. Jika momen primer (M_p) adalah momen akibat gaya prategang dan M_{bal} adalah momen akibat W_{bal} , maka selisih antara keduanya merupakan momen sekunder. Momen disain terfaktor (M_u) didapat dari selisih antara momen akibat beban ultimit dan momen sekunder. Dengan demikian momen sekunder akan mengurangi momen ultimit yang disebabkan oleh beban luar ($1,2WD + 1,6WL$).

Kapasitas penampang (M_n) harus lebih besar dari momen disain terfaktor (M_u) yang terjadi, apabila M_n kurang dari momen yang terjadi, maka bila mungkin

memperbesar eksentrisitas atau dilakukan penambahan tulangan prategang atau non prategang. Tulangan prategang (tendon) yang dipergunakan untuk menahan lentur pada lebar portal ekuivalen tersebut akan didistribusikan ke jalur kolom (*column strip*) sebanyak 65% sampai 75%, sisanya didistribusikan ke jalur tengah (*middle strip*). Pada perencanaan di atas jumlah tendon yang diberikan pada jalur kolom lebih besar karena harus menahan beban dari jalur tengah.

Sebagian momen tak seimbang disalurkan sebagai lentur yang bekerja pada lebar pelat efektif, untuk itu perlu dilakukan kontrol kapasitas penampang pada lebar efektif tersebut. Pada perencanaan di atas transfer momen ultimit (M_t) sebagai lentur yang terjadi jauh lebih kecil dari kapasitas lentur penampang, baik pada tumpuan luar maupun dalam, hal ini disebabkan oleh panjang bentangan yang sama, sehingga momen tak seimbang yang terjadi menjadi kecil.

5.2 Geser

Analisa geser di sini adalah analisa tegangan geser yang disebabkan oleh gaya geser vertikal V_u dan transfer momen total M_t yang diantisipasi oleh keliling penampang kritis b_o di sisi kolom pada kedalaman d dari sisi tekan beton. Kuat geser nominal V_n didapatkan dari kapasitas geser beton V_c dan kapasitas tulangan geser V_s . Disain ini akan dicapai angka keamanan apabila tegangan geser yang terjadi lebih kecil dari kapasitas geser total V_n . Apabila tegangan geser yang terjadi melebihi kapasitas geser beton V_c , maka dilakukan penambahan tulangan geser, dan apabila masih belum terantisipasi oleh tulangan geser biasa, maka perlu penggunaan profil kepala geser (*shearhead*).

Hasil analisa geser tabel 4.6 sampai tabel 4.9 dan gambar 4.7, gambar 4.11, gambar 4.15, gambar 4.19 dapat disimpulkan bahwa apabila asumsi tegangan rata-rata yang diberikan semakin besar maka kuat geser beton bertambah besar, sedangkan gaya geser yang terjadi akan semakin kecil sebab momen yang ditransfer sebagai geser (M_t) semakin kecil. Hasil perhitungan tabel 4.10 dan tabel 4.10 menunjukkan bahwa eksentrisitas tidak berpengaruh pada kapasitas geser beton karena tinggi penampang kritis diambil sebesar $0,8h$, sedangkan gaya geser yang terjadi akan semakin besar apabila eksentrisitas semakin besar dikarenakan M_t semakin besar.

Pada disain pelat datar (*flat plate*) beton prategang di atas, tulangan geser berupa profil I tidak dapat digunakan dikarenakan syarat minimum untuk meletakkan *flens* tekan profil I dari serat tekan beton sebesar $0,3d$ tidak terpenuhi, sehingga untuk mengantisipasi kelebihan tegangan geser digunakan tulangan geser berupa sengkang tertutup $\phi 12$ mm. Geser pada kolom pojok merupakan geser paling kritis dibandingkan pada kolom lainnya dikarenakan momen yang tidak terimbangi (M_t) lebih besar sedangkan luas penampang kritis lebih kecil, sehingga prosentase tulangan geser sengkang yang dipakai pada tiap sisi lebih besar.

5.3 Lendutan

Perhitungan lendutan pada tengah panel dilakukan dengan menjumlahkan lendutan yang terjadi pada kedua arahnya, yaitu dengan cara menjumlahkan lendutan tengah bentang dari jalur kolom dalam satu arah dengan lendutan tengah bentang dari jalur tengah dalam arah lainnya. Analisa lendutan maksimum mengambil batasan lendutan sebesar $1/240$ dikarenakan struktur diperkirakan tidak akan rusak akibat

lendutan yang besar dan lendutan yang dihitung adalah lendutan jangka panjang akibat dari semua beban.

Dalam menghitung lendutan pada panel pelat datar, langkah pertama menganggap panel tersebut terjepit penuh pada semua sisinya, sehingga panel pelat akan mengalami deformasi berbentuk silindris yang diakibatkan oleh beban yang tidak terimbangi W_{umb} . Lendutan tersebut dipengaruhi oleh distribusi momen pada jalur kolom dan jalur tengah yang diambil berdasarkan distribusi tendon. Lendutan juga dipengaruhi oleh kekakuan portal ekivalen, jalur kolom dan jalur tengah. Karena anggapan awal bahwa dukungan dianggap jepit penuh, maka perlu adanya koreksi rotasi rangka pada kedua perletakkan sebesar perbandingan M_{umb} dengan kekakuan kolom ekivalen, sehingga lendutan tengah bentang akibat rotasi dapat diperhitungkan. Selanjutnya lendutan total pada jalur kolom dan jalur tengah didapatkan dengan menjumlahkan lendutan akibat W_{umb} dan akibat rotasi. Lendutan total akhir memperhitungkan defleksi jangka panjang yang dipengaruhi faktor *creep* beton. Dalam analisa ini diambil faktor *creep* sama dengan 2.

Hasil perhitungan tabel 4.14 dengan beberapa variasi eksentrisitas dapat disimpulkan bahwa semakin besar eksentrisitas maka lendutan yang terjadi semakin kecil, hal ini dikarenakan momen yang tidak terimbangi (M_{umb}) yang terjadi semakin kecil. Lendutan yang ditinjau hanya pada bentangan pinggir karena eksentrisitas bentangan pinggir lebih kecil dibandingkan bentangan tengah. Lendutan total jangka panjang yang terjadi lebih kecil dari lendutan batas, sehingga perencanaan layak digunakan.

5.4 Endblock

Pada daerah ujung (*endblock*) diperlukan pelat angkur untuk menyalurkan gaya prategang ke permukaan penampang dan penulangan untuk mengantisipasi tegangan yang terjadi pada daerah pembengkakan (*spalling zone*), daerah penonjolan (*bursting zone*) dan daerah tarik (*tensile stress zone*). Perubahan tegangan tekan longitudinal, dari terpusat menjadi terdistribusi secara linier menghasilkan tegangan tarik transversal (vertikal) yang dapat menyebabkan terjadinya retak longitudinal pada daerah ujung penampang. Pada perencanaan di atas hanya terjadi penulangan sengkang pada daerah penonjolan, dikarenakan momen maksimum yang terjadi (tabel 4.15) hanya momen negatif tekan, hal ini disebabkan letak tendon tepat pada c.g.c sehingga eksentrisitas nol.

Luas pelat angkur A_1 dicari dengan mengambil perbandingan A_2/A_1 maksimal 2,7, dikarenakan pada perbandingan itu penyaluran tegangan dari pelat A_1 ke pelat A_2 masih efektif. Dari hasil analisa perhitungan tegangan yang terjadi pada pelat *endblock* yang direncanakan tidak melampaui kekuatan tekan ijin beton, baik pada saat transfer maupun layan sehingga dapat disimpulkan perencanaan penulangan daerah ujung (*endblock*) aman digunakan.