

BAB V

PEMBAHASAN

Pada Bab V ini akan diberikan pembahasan mengenai perhitungan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Disini akan dibagi menjadi 5 subbab yaitu analisis tegangan ijin, lentur, geser, lendutan, *end block*.

5.1. Analisis Tegangan ijin

Untuk membatasi adanya kelebihan tegangan baik pada saat transfer maupun pada saat layan maka perlu dilakukan kontrol tegangan ijin beton sebelum proses disain. Untuk proses itu perlu dilakukan asumsi tegangan rata-rata, dari hasil perhitungan Bab IV dapat dilihat bahwa semakin lebar bentang *flat plate* maka semakin besar asumsi tegangan rata-rata. Disyaratkan oleh *ACI Code* untuk pelat prategang dua arah *unbonded tendon* dalam memperkirakan tegangan rata-rata yang diakibatkan gaya prategang efektif sebesar 0,86 MPa sampai 3,5 MPa. Tegangan rata-rata akibat gaya prategang efektif yang digunakan dalam TA ini dapat dilihat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Tegangan Rata-rata (MPa)

Lebar bentang (m)	7 x 6	8 x 6	8 x 7	8 x 8	9 x 8
Arah B ₁ - B ₂	1,4	2	2	2	2
Arah B ₃ - B ₄	2,8	2,2	3,2	3,4	3,5 (tidak aman)
Arah B ₅ - B ₆	0,9	0,9	0,9	2	2
Arah B ₇ - B ₈	1,8	1,5	1,8	3,4	3,5 (tidak aman)

Dari Tabel 5 dapat kita lihat bahwa untuk flat plate beton prategang bentang yang masih efektif untuk digunakan adalah 8m x 8m.

5.2 Analisa Lentur

Permukaan tarik pada *flat plate* beton prategang saat menerima beban diperbolehkan terjadi tegangan tarik atau diperbolehkan terjadi retak – retak halus, tetapi tidak boleh melebihi tegangan ijin. Untuk itu perlu dilakukan kontrol tegangan pada saat beban transfer dan layan. Saat transfer, ketika beton belum mencapai kekuatan maksimum (f_c), kekuatan beton diambil sebesar f_{ci} ($0,75f_c$).

Pada kondisi ini gaya prategang yang digunakan belum mengalami kehilangan prategangan dan belum sepenuhnya bekerja. Pada saat layan, gaya prategang telah mengalami kehilangan gaya prategangan dan beban telah sepenuhnya bekerja sehingga untuk kontrol diambil kekuatan maksimum (f_c).

Prategang efektif (f_{se}) diambil dengan memperhitungkan kehilangan gaya prategang yang diakibatkan oleh relaksasi baja, penyusutan beton, rangkai beton, gesekan dan tergelincinya 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 sampai 3,5 MPa. Dalam analisa ini diambil besar asumsi tegangan rata-rata sedemikian rupa, sehingga tegangan beton pada saat transfer dan layan tidak melebihi tegangan ijin. Dari hasil perhitungan pada Bab IV 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 semakin 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 methods*), 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). Selanjutnya besar dari momen disain didapatkan dengan perhitungan analisa struktur metode cross atau dengan bantuan program SAP 90. Dari hasil perhitungan pada Bab IV 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 digunakan untuk menahan lentur pada lebar portal ekuivalen tersebut akan di distribusikan di jalur kolom (*column stripp*) sebanyak 65% - 75%, sisanya di distribusikan ke jalur tengah (*middle stripp*). Pada perencanaan diatas jumlah tendon yang diberikan pada jalur kolom lebih besar karena harus menahan beban pada 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 diatas transfer momen ultimit (M_t) sebagai lentur yang terjadi jauh lebih kecil dari kapasitas lentur penampang, baik pada tumpuan luar maupun dalam. Hal tersebut disebabkan oleh panjang bentangan yang sama sehingga momen tak seimbang yang terjadi jauh lebih kecil.

5.3. Geser

Analisa geser disini adalah 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 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*).

Dari hasil analisa geser pada Bab IV 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 di transfer sebagai geser (M_t) semakin kecil. Hasil analisa ini juga 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 *flate plate* beton prategang diatas, tulangan geser berupa profil I tidak dapat digunakan karena syarat minimum untuk meletakkan flens tekan profil I dari serat tekan beton sebesar $0,3d$ tidak terpenuhi (Nilson, 1995). Oleh karena itu 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 karena momen yang tak terimbangi (M_t) lebih besar sedangkan luasan penampang kritis lebih kecil, sehingga prosentase tulangan geser sengkang yang dipakai pada tiap sisi lebih besar.

5.4. 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 $1/240$ karena 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 kedua 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 ekuivalen, jalur kolom dan jalur tengah. Karena anggapan awal bahwa dukungan dianggap jepit penuh, maka perlu adanya koreksi rotasi rangka kedua perletakan sebesar perbandingan M_{umb} dengan kekakuan kolom ekuivalen, 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 dengan menggunakan variasi eksentrisitas menunjukkan bahwa semakin besar eksentrisitas maka lendutan yang terjadi semakin kecil. Hal itu disebabkan karena momen yang tidak terimbangi (M_{unb}) yang semakin kecil. Lendutan yang ditinjau hanya pada bentangan pinggir karena karena eksentrisitas bentangan pinggir lebih kecil dibandingkan bentangan tengah. Lendutan total jangka panjang yang terjadi lebih kecil dari lendutan batas, sehingga perencanaan layak digunakan.

5.5. 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 mengakibatkan terjadinya retak longitudinal pada daerah ujung penampang. Pada perencanaan diatas hanya terjadi penulangan sengkang pada daerah penonjolan, dikarenakan momen maksimum yang terjadi hanya momen negatif tekan. Hal itu 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.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA