

BAB III
ANALISA DAN DESAIN PENAMPANG
TERHADAP LENTUR

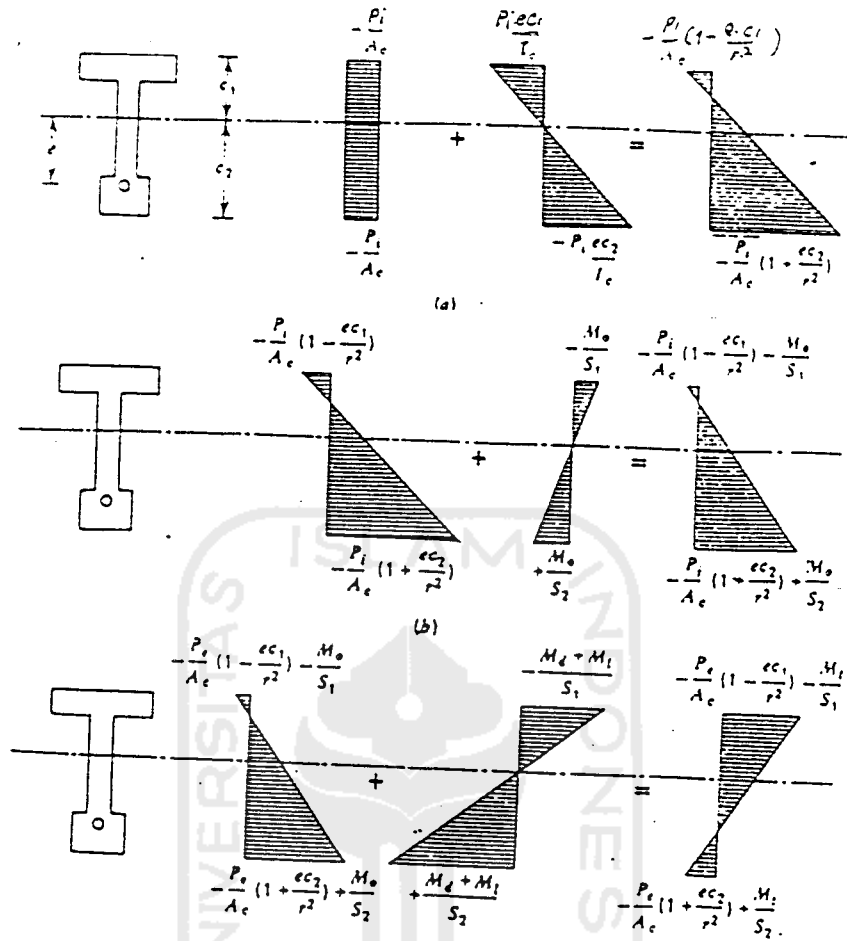
3.1. Analisis lentur dengan metode elastis

Di dalam pengembangan persamaan-persamaan elastis untuk tegangan lentur, efek gaya prategang, momen akibat beban mati dan akibat beban hidup dihitung secara terpisah. Tegangan-tegangan yang terpisah tersebut kemudian disuperposisikan. Apabila gaya prategang P_i dikerjakan dengan eksentrisitas e dibawah pusat penampang dengan luasan A_c dan jarak serat atas dan bawah berturut-turut adalah c_1 dan c_2 , maka akan menyebabkan terjadinya tegangan tekan sebesar $-P_i/A_c$. Akibat eksentrisitas kabel untuk serat atas $+ P_i \cdot e \cdot c_1 / I_c$ dan untuk serat bawah $- P_i \cdot e \cdot c_2 / I_c$. Dengan demikian tegangan total yang terjadi akibat gaya prategang untuk serat atas (f_a) dan untuk serat bawah (f_b) adalah:

$$f_a = - \frac{P_i}{A_c} + \frac{P_i \cdot e \cdot c_1}{I_c} = - \frac{P_i}{A_c} \left[1 - \frac{e \cdot c_1}{r^2} \right] \quad (3.1)$$

$$f_b = - \frac{P_i}{A_c} - \frac{P_i \cdot e \cdot c_2}{I_c} = - \frac{P_i}{A_c} \left[1 + \frac{e \cdot c_2}{r^2} \right] \quad (3.2)$$

dimana $r^2 = I_c/A_c$



Gambar 3.1. Distribusi tegangan pada penampang balok prategang. (a) akibat gaya prategang, (b) akibat gaya prategang berat sendiri balok (c) akibat gaya prategang efektif balok + beban service. [7]

Umumnya setelah gaya prategang bekerja dan akibat adanya eksentrisitas, balok akan mengalami defleksi keatas (*camber*). Berat sendiri balok W_0 menyebabkan tambahan momen sebesar M_0 bekerja, menjadikan tegangan penampang adalah:

$$f_a = - \frac{P_i}{A_c} \left[1 - \frac{e \cdot c_1}{r^2} \right] - \frac{M_o \cdot c_1}{I_c} \quad (3.3)$$

$$f_b = - \frac{P_i}{A_c} \left[1 + \frac{e \cdot c_2}{r^2} \right] + \frac{M_o \cdot c_2}{I_c} \quad (3.4)$$

Karena kekuatan tergantung "waktu", maka terjadi kehilangan tegangan akibat dari shringkage, creep dan relaksasi akibatnya secara berangsur-angsur gaya prategang berkurang dari P_i menjadi P_e , yang sering disebut kehilangan prategang (*loss of prestressed*). Saat beban service bekerja penuh (beban mati dan beban hidup) digunakan, maka tegangan menjadi:

$$f_a = - \frac{P_e}{A_c} \left[1 - \frac{e \cdot c_1}{r^2} \right] - \frac{(M_o + M_d + M_l) \cdot c_1}{I_c} \quad (3.5)$$

$$f_b = - \frac{P_e}{A_c} \left[1 + \frac{e \cdot c_2}{r^2} \right] + \frac{(M_o + M_d + M_l) \cdot c_2}{I_c} \quad (3.6)$$

Tegangan pada penampang beton yang diijinkan menurut SKSNI T-15 1991 untuk komponen struktur lentur. Tegangan ijin beton sesuai dengan kondisi gaya prategang dan tegangan beton pada tahap beban kerja, tidak boleh melampaui nilai berikut^[6]:

Tabel 3.1. Tegangan izin beton untuk komponen struktur lentur

- 1) tegangan beton sesaat sesudah pemindahan gaya prategang (sebelum kehilangan tegangan yang merupakan fungsi waktu) tidak boleh melampaui nilai berikut:
 - (1) serat terluar mengalami tegangan tekan $0,60 f'_{ci}$
 - (2) serat terluar mengalami tegangan tarik kecuali seperti yang diijinkan dalam (3)..... $f'_{ci}/4$
 - (3) serat terluar pada ujung komponen struktur yang didukung sederhana mengalami tegangan..... $f'_{ci}/2$ bila tegangan tarik terhitung melampaui nilai tersebut diatas, maka harus dipasang tulangan tambahan (non-prategang atau prategang) dalam daerah tarik untuk memikul gaya tarik total dalam beton, yang dihitung berdasarkan asumsi suatu penampang utuh.
- 2) tegangan beton pada tingkat beban kerja (sesudah memperhitungkan semua kehilangan prategang yang mungkin terjadi) tidak boleh melampaui nilai berikut:
 - (1) Serat terluar mengalami tegangan tekan..... $0,5 f'_{c}$
 - (2) tegangan pada serat terluar dalam daerah tarik yang pada awalnya mengalami tekan..... $f'_{c}/2$
 - (3) tegangan pada serat terluar dalam daerah tarik yang pada awalnya mengalami tekan dari komponen (kecuali pada sistem plat dua arah) dimana analisis didasarkan pada transformasi penampang retak dan hubungan bilinier dari momen lendutan jangka panjang memenuhi persyaratan 3.2.5 butir 4 dan persyaratan mutu beton memenuhi ayat 3.16.7 butir 3 sub butir (2)..... f'_{c}
- 3) tegangan ijin beton dalam ayat 3.11.4 butir 1 dan 3.11.4 butir 2 boleh dilampaui bila dapat ditunjukkan dengan pengujian atau analisis bahwa kemampuan strukturnya tidak berkurang.

3.2. Analisa Tampang Berdasarkan Keadaan Batas

Analisa dapat diartikan sebagai penentuan tegangan dan regangan yang terjadi pada beton dan baja bila diketahui komponennya baik mutu bahan, beban yang bekerja dan ukuran penampang. Tujuan dari analisa pada keadaan batas ialah untuk menentukan momen perlawanan nominal dari suatu tampang. Dengan anggapan bahwa dimensi tampang, sifat-sifat bahan, posisi dan luasan tulangan diketahui.

Tegangan-tegangan baja dan beton dalam keadaan batas bersifat sudah tidak linier lagi. Untuk dapat menganalisa distribusi tegangan dan regangan yang exact dan teliti dalam keadaan batas ini dipandang sudah tidak efisien lagi. Oleh karena itu untuk sederhana dan mempercepat perhitungan momen perlawanan nominal maka perlu diberikan asumsi sebagai berikut:

1. Distribusi regangan pada penampang tetap linier sampai beban batas.
2. Antara besi tulangan dan beton terjadi lekatan yang sempurna. Yaitu perubahan regangan pada tulangan akibat pembebanan akan sama dengan perubahan regangan beton pada serat tulangan yang diakibatkan oleh beban yang sama.

Disamping asumsi diatas , SK SNI T-15-1991-03 menambah asumsi sebagai berikut:[3,4]

1. Regangan batas dari beton $\epsilon_{cu} = 0,003$ dengan mengabaikan kekuatan dari beton, bentuk dari penampang dan kuantitas dari tulangan.
2. Kekuatan tarik dari beton diabaikan, titik dimana tegangan sama dengan nol menyatakan batas antara tampang retak dan tak retak.
3. Tegangan tekan dari beton diidealisir dengan bentuk segi empat, dimana besar tegangana sama dengan $0,85 f_c'$ dan setinggi $a = \beta_1 \cdot c$

SKSNI pasal 3.2.3 menggunakan faktor reduksi kekuatan (ϕ) didalam disain, yaitu untuk menghitung kemungkinan kehilangan perlawanan akibat ketidak sempurnaan dalam bahan dan pelaksanaan yang tidak diharapkan. Untuk itu dapat dilihat pada tabel 3.2.[6]

Desain Momen perlawanan nominal = ϕ Momen perlawanan nominal

Tabel 3.2. Tabel faktor reduksi.

1. lentur tanpa beban aksial	0,80
2. beban aksial dan beban aksial dengan lentur.	
a. aksial tarik,dan aksial tarik dengan lentur	0,80
b. aksial tekan,dan aksial tekan dengan lentur:	
komponen struktur dengan tulangan spiral maupun	
seengkang ikat	0,70
komponen struktur dengan tulangan seengkang biasa ...	0,65
3. geser dan torsi	0,60
4. tumpuan pada beton	0,70

3.2.1. Analisa keadaan batas tendon terekat (bonded).

Analisa tampang akibat lentur dengan teori kuat batas (*ultimite strenght*) untuk mengetahui kemampuan batas tampang dalam menahan beban yang bekerja, dengan demikian dapat ditentukan besarnya kapasitas batas tampang. Apabila kapasitas momen batas tampang lebih kecil dari beban yang dipikul, maka struktur tersebut tidak aman. Untuk menentukan kekuatan lentur batas, ACI memberikan batasan-batasan untuk kondisi berikut ini^[3]:

1. Kehancuran yang terjadi, terutama akibat lentur, bukan kehancuran akibat geser, lekatan atau pengangkuran yang dapat mengurangi kekuatan tampang.
2. Balok dan tulangan prategang terekat (*bounded*).

3. Beban batas adalah beban statik, pembebanan seperti kejut, kelelahan (*fatigue*) untuk jangka waktu yang lama tidak dipertimbangkan.

Metode kuat batas ini didasarkan pada prinsip sederhana kopel penahan pada beton prategang seperti pada balok beton bertulang biasa. Pada beban batas kopel terdiri dari gaya T akibat tarik baja dan C akibat desak beton yang bekerja dengan lengan d .

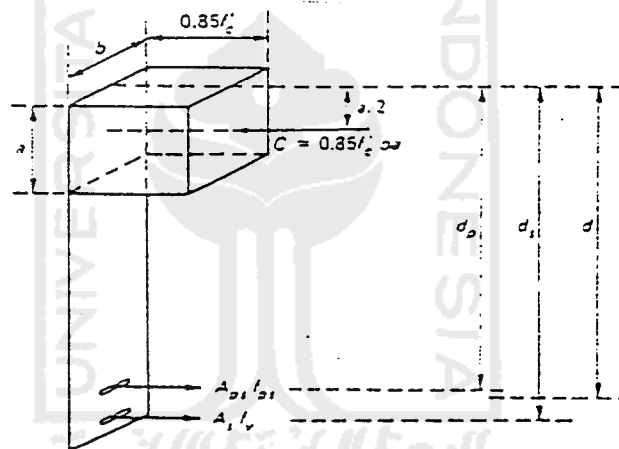


Figure 5.6 Rectangular section: forces at ultimate.

Gambar 3.2. Tegangan batas. [4]

Seperti pada uraian mengenai tulangan prategang dan non-prategang, ragam kehancuran akibat tingkat kemampuan tulangan berpengaruh terhadap besarnya kemampuan batas tampang. Ragam kehancuran penampang beton prategang

dapat dimulai oleh baja ataupun beton, tergantung keadaan tulangan.

Kehancuran akibat lentur biasanya terjadi pada balok bertulangan lemah, dimana kehancuran dimulai dengan perpanjangan baja yang berlebihan dan diakhiri dengan hancurnya beton. Jika tulangan kuat, beton akan hancur terlebih dahulu sebelum baja tertarik sampai keadaan plastis. Batasan yang jelas dan nyata antara prosentase penulangan untuk balok bertulangan kuat atau lemah, sehingga didapat keadaan seimbang (balance) yaitu saat baja hancur maka beton juga mulai hancur sangat sukar ditetapkan karena baja prategang tidak menunjukkan batas leleh yang tepat. Indeks penulangan (w_p) yang mendekati nilai batas dan menjamin kehancuran plastis diberikan oleh ACI sebagai berikut,

$$w_p = \frac{\rho_p \cdot f_{ps}}{f'_c} \leq 0,3 \quad (3.7)$$

dengan, $\rho_p = \frac{A_{ps}}{b \cdot d}$

Pada keadaan saat baja prategang (A_{ps}) dan baja non-prategang (A_s) digunakan bersama-sama serta kemungkinan juga digunakan baja tekan tulangan non-prategang (A_s'),

maka perbandingan penulangan batas diberikan sebagai berikut:

$$(w + w_p - w') \leq 0,30 \quad (3.8)$$

dengan,

$$w = \frac{\rho \cdot f_y}{f'c} \quad \rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$w' = \frac{\rho' \cdot f_y}{f'c} \quad \rho' = \frac{A_s'}{b \cdot d}$$

Jika tendon terekat (bounded) dengan grouting maka tegangan baja pada kapasitas momen batas balok adalah :

$$f_{ps} = f_{pu} \left[1 - \frac{\tau_p \cdot \rho_p \cdot f_{pu}}{\beta_1 \cdot f'c} \right] \quad (3.9)$$

dengan,

$\tau_p = 0,28$	jika $\geq 0,90 f_{pu}$
$\tau_p = 0,4$	jika $\geq 0,85 f_{pu}$
$\beta_1 = 0,85$	jika $f'c \leq 30 \text{ Mpa}$
$\beta_1 = 0,85 - 0,008 \cdot (f'c - 30)$	jika $30 < f'c < 55 \text{ Mpa}$
$\beta_1 = 0,65$	jika $f'c \geq 55$

Dari gambar (3.2) diperoleh,

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$C = T1 \quad (3.10a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$C = T_1 + T_2 \quad (3.10b)$$

dengan

$$T_1 = A_{ps} \cdot f_{ps} \quad (3.11a)$$

$$T_2 = A_s \cdot f_y \quad (3.11b)$$

Dengan menggunakan pendekatan metode Whitney tegangan desak beton adalah :

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \quad (3.12)$$

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = A_{ps} \cdot f_{ps} \quad (3.13a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y \quad (3.13b)$$

Bila lengan momen adalah d , maka batas kekuatan nominal menurut ACI adalah,

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2) \quad (3.14)$$

dari persamaan 3.13 maka,

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (3.15a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$a' = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (3.15b)$$

$$d = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot dp + A_s \cdot f_y \cdot ds}{A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y} \quad (3.16a)$$

Dengan anggapan blok tegangan berbentuk empat persegi panjang maka,

$$z = d - a/2$$

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$M_n = A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot (dp - a/2) \quad (3.17a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$M_n = (A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y) \cdot (d - a/2)$$

$$M_n = A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot (dp - a'/2) + A_s \cdot f_y \cdot (ds - a'/2) \quad (3.17b)$$

Untuk penampang persegi panjang dengan $\rho_p = A_{ps}/bd$ dan faktor reduksi menurut SKSNI (untuk lentur $\phi = 0,8$), sehingga momen batas desain adalah :

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

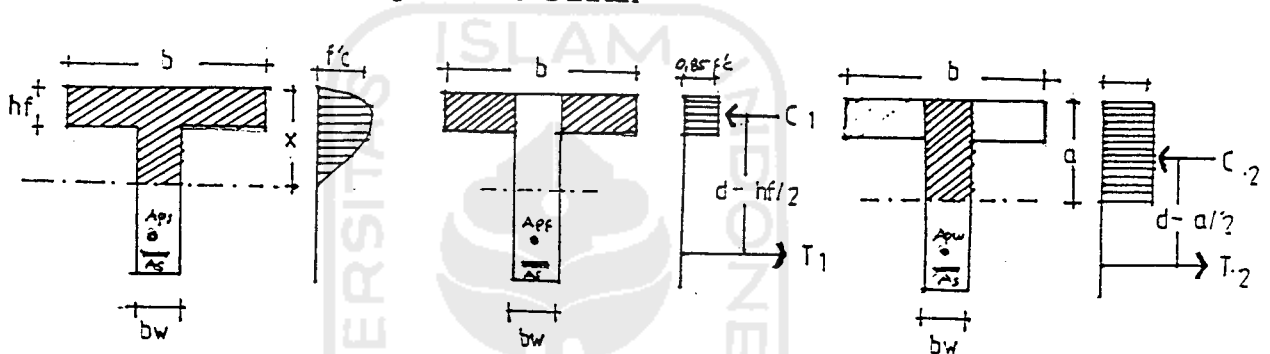
$$M_n = \phi [A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot (dp - a/2)] \quad (3.18a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot (d_p - a'/2) + A_s \cdot f_y \cdot (d_s - a'/2)] \quad (3.18b)$$

Dalam menghitung kapasitas momen batas pada balok tampang T, terlebih dahulu perlu diketahui letak blok desak pada penampang beton. Keadaan tersebut diatas dapat digolongkan menjadi jika :

1) blok desak terjadi di badan



Gambar 3.3. Balok tampang T dengan blok desak dibadan. [4]

Daerah tekan yang diarsir pada gambar 3.3 tidak berbentuk empat persegi panjang, maka momen batas dapat dipandang terdiri dari dua bagian, yaitu bagian beton pada badan yang setara dengan baja prategang A_{ps} dengan lengan $(d - a/2)$ dan bagian sayap yang setara dengan baja A_{pf} dengan lengan momen $(d - hf/2)$. Dengan demikian

kapasitas momen nominal tampang dihitung dengan rumus sebagai berikut,

bila, $w_p > 0,3$

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [0,85.f'c.bw.a.(d_p - a/2) + 0,85.f'c.(b - bw).hf.(d_p - hf/2)] \quad (3.19a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [0,85.f'c.bw.a'.(d - a'/2) + 0,85.f'c.(b - bw).hf.(d - hf/2)] \quad (3.19b)$$

bila, $w_p < 0,3$

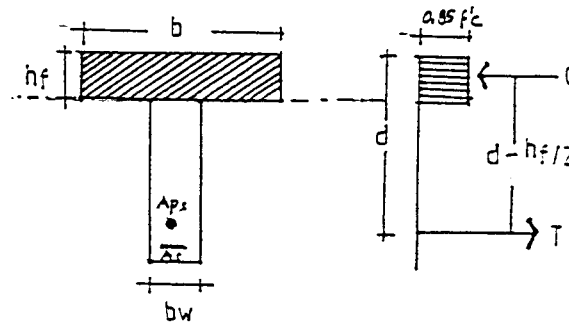
(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [A_{ps}.f_{ps}.(d_p - a/2)] \quad (3.20a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [A_{ps}.f_{ps}.(d - a'/2) + A_s.f_y.(d - a'/2)] \quad (3.20b)$$

2) blok desak terjadi di sayap



Gambar 3.4. Balok tampang T dengan blok desak di sayap. [4]

Kapasitas momen nominal dihitung terhadap lengan kopel momen $(d-a/2)$, dan mempunyai gaya resultan tekan yang bekerja sejauh $a/2$ terhadap sisi tampang atas, maka kapasitas momen nominal dihitung dengan rumus,

bila, $w_p > 0,3$

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [0,25 \cdot f'_c \cdot b \cdot (d_p)^2] \quad (3.21a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [0,25 \cdot f'_c \cdot b \cdot (d)^2] \quad (3.21a)$$

bila, $w_p < 0,3$

(i) untuk penampang tanpa tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot (d_p - a/2)] \quad (3.22a)$$

(ii) untuk penampang dengan tulangan non-prategang

$$M_n = \phi [A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot (d - a'/2) + A_s \cdot f_y \cdot (d - a'/2)] \quad (3.22b)$$

Kapasitas momen batas (ultimate strength) diperoleh dengan mengalikan faktor ϕ yang ditetapkan, untuk SKSNI $\phi = 0,8$.

3.3. Konsep Dasar Desain Elastis

Dalam mendesain suatu tampang balok beton prategang, langkah-langkah pokok yang harus dilaksanakan yaitu:

1. Pemilihan bentuk dan dimensi tampang.
2. Menganalisa tegangan yang terjadi pada tampang akibat beban kerja, serta mencari luasan baja prategang yang diperlukan.

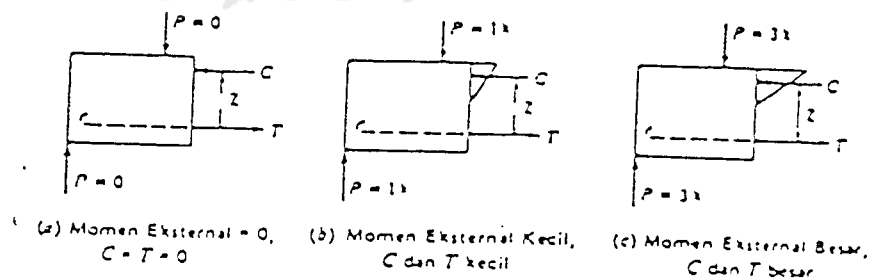
Sebelum melangkah pada tahap desain tampang, perlu diketahui dahulu konsep dasar dari desain elastis.



Konsep dasar desain elastis mencakup konsep kopel yang menahan pada penampang balok prategang. Menurut hukum statika, momen penahan balok prategang sama seperti pada balok beton bertulang konvensional, yaitu momen penahan tampang sama dengan momen eksternal. Momen penahan internal ini diwakili oleh sebuah kopel C dan T. C adalah pusat gaya desak pada tampang beton, sedangkan T adalah titik pusat gaya prategang atau gaya tarik baja.

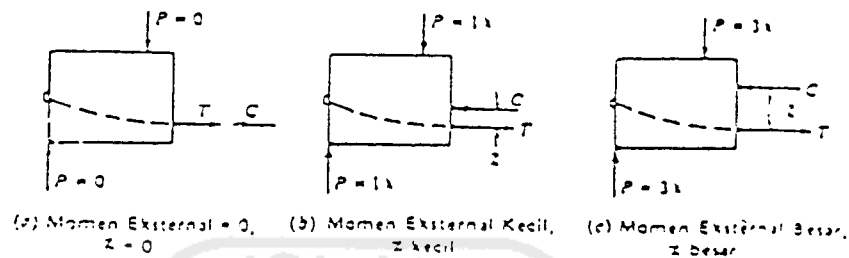
Jika menyangkut kopel C dan T ini, terdapat perbedaan pokok antara penampang beton prategang dengan penampang beton bertulang konvensional. Perbedaan ini akan dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Pada penampang balok beton bertulang konvensional, bila momen lentur bertambah, besarnya kopel C dan T akan bertambah sebanding. Sedangkan lengan momen z akan praktis tetap tidak ada perubahan. Hal ini dapat dijelaskan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Momen penahan pada tampang beton bertulang biasa. [5]

2) Pada penampang balok beton prategang, bila momen lentur bertambah, besarnya kopel C dan T akan tetap. Sedangkan lengan momen z akan berubah sebanding. Hal ini dapat dijelaskan pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Momen penahan pada balok beton prategang. [5]

Dari gambar diatas, dapat diketahui bahwa letak T adalah tetap. Sedangkan letak C akan berubah-ubah sebanding dengan besarnya momen eksternal. Seperti telah disebutkan diatas, besarnya momen penahan internal sama dengan momen eksternal. Dengan dasar ini dapat ditulis suatu persamaan sebagai berikut:

$$M_{\text{ext.}} = M_{\text{int.}}$$

$$M_{\text{ext.}} = C \cdot z = T \cdot z \quad (3.23)$$

Dari persamaan (3.23) tersebut dapat diketahui besarnya nilai z yaitu:

$$z = \frac{M_{\text{ext.}}}{C} = \frac{M_{\text{ext.}}}{T} \quad (3.24)$$

Dengan demikian jika nilai $M_{\text{ext.}} = 0$, $z=0$ dan C berimpit dengan T . Bila $M_{\text{ext.}}$ kecil maka nilai z juga kecil, demikian juga jika sebaliknya.

Pada balok beton prategang besarnya gaya prategang awal P_i dapat diketahui. Pada tahap transfer besarnya $T = P_i$. Setelah kehilangan gaya prategang terjadi maka $T = P_e$. P_e disini adalah besarnya gaya prategang setelah terjadi kehilangan prategang (*loss of prestressed*).

3.4. Desain Penampang Terhadap Lentur

3.4.1 Modulus Penampang Minimum

Penampang prategang yang menerima aksi lenturan harus memenuhi batas-batas yang ditentukan oleh tegangan yang diperbolehkan pada tahap transfer prategang dan pada beban kerja. [2]

Berdasarkan kondisi distribusi tegangan maka besarnya modulus tampang minimum dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$S_1 \geq = \frac{M_d + M_l}{f_{ar}} \quad (3.25)$$

$$S_2 \geq = \frac{Md + M1}{f_{br}} \quad (3.26)$$

Besarnya f_{ar} dan f_{br} dapat dihitung berdasarkan tegangan ijin f_{ti} , f_{ts} , f_{ci} dan f_{cs} serta reduksi sebesar f_a dan f_b pada serat atas maupun serat bawah. Seperti yang telah disebutkan diatas, f_a dan f_b terjadi akibat adanya kehilangan gaya prategang akibat adanya pengangkuran, gesekan rangkai maupun susut pada beton. Reduksi f_a dan f_b ini mengakibatkan berkurangnya tegangan tarik pada serat atas serta tegangan desak pada serat bawah. Dengan demikian gaya prategang yang terjadi adalah gaya prategang efektif dengan rasio efektifitas (R) didefinisikan sebagai berikut:

$$R = \frac{P_e}{P_i} \quad (3.27)$$

dengan demikian besarnya kehilangan pada gaya prategang adalah,

$$P_i - P_e = (1-R) \cdot P_i \quad (3.28)$$

Selisih tegangan pada serat atas dan bawah tampang, yaitu f_a dan f_b , setelah kehilangan gaya prategang terjadi adalah sama dengan $(1-R)$ kali dari tegangan yang

terjadi akibat gaya prategang awal, yaitu:

$$f_a = (1-R) \left[f_{ti} + \frac{M_o}{S_1} \right] \quad (3.29)$$

$$f_b = (1-R) \left[-f_{ci} + \frac{M_o}{S_2} \right] \quad (3.30)$$

Dengan diketahuinya nilai f_a dan f_b maka besarnya f_{ar} dan f_{br} dapat dihitung dengan rumus:

$$f_{ar} = f_{ti} - f_b - f_{cs}$$

$$f_{ar} = R \cdot f_{ti} - (1-R) \frac{M_o}{S_1} - f_{cs} \quad (3.31)$$

dan,

$$f_{br} = f_{ts} - f_{ci} - f_b$$

$$f_{br} = f_{ts} - R \cdot f_{ci} - (1-R) \frac{M_o}{S_2} \quad (3.32)$$

Maka besarnya modulus tampang minimum yang diperlukan adalah:

$$S_1 \geq \frac{(1-R) \cdot M_o + M_d + M_1}{R \cdot f_{ti} - f_{cs}} \quad (3.33)$$

$$S_2 \geq \frac{(1-R) \cdot M_0 + M_d + M_1}{f_{ts} - R \cdot f_{ci}} \quad (3.34)$$

Dalam desain profil penampang besarnya modulus penampang harus sama dengan atau lebih besar dari S_1 atau S_2 . Jika nilai S_1 hampir mendekati S_2 maka tampang yang diperlukan adalah penampang dengan profil simetris. Sebaliknya jika nilai S_1 lebih besar dari S_2 maka dipilih tampang yang tidak simetris. Untuk memudahkan dalam perencanaan dapat digunakan tabel pembantu seperti yang terlampir pada lampiran 6.

Seperti yang telah diketahui, nilai $I_c = S_1 \cdot C_1 = S_2 \cdot C_2$ maka garis netral tampang dapat diletakan pada,

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{S_1}{S_2} \quad (3.35)$$

Dengan demikian tegangan baja prategang pada garis netral tampang akibat pembebanan P_i adalah,

$$f_{cci} = f_{ti} - \frac{C_1}{h} (f_{ti} - f_{ci}) \quad (3.36)$$

Setelah tegangan baja prategang pada garis netral tampang diketahui, maka besarnya gaya prategang awal (P_i) dapat diketahui dengan,

$$P_i = A_c \cdot f_{cci} \quad (3.37)$$