

DEFORMASI TULANGAN TARIK PADA SUATU PENAMPANG BETON BERTULANG

H. RIDWAN SUHUD

RINGKASAN

Tulisan ini menyajikan suatu cara untuk menghitung deformasi tulang tarik pada suatu penampang beton bertulang yang dibebani lentur murni. Kesulitan yang timbul dalam perhitungan deformasi tersebut, apabila penampang yang bersangkutan sudah mulai retak. Karena ini pula kekakuan dan lendutan suatu struktur menjadi sulit ditentukan.

Apabila pada setiap tahap pembebanan, deformasi tulangan tarik ini diketahui, maka secara teoritis lendutan suatu balok beton bertulang dapat didekati. Disamping itu, oleh karena perhitungan beton bertulang dalam keadaan elastis (cara - n) didasarkan pada keadaan retak dari penampang, maka untuk menghitung lebar retaknya diperlukan juga besarnya deformasi tulangan tarik. Bahkan apabila pada setiap pembebanan, deformasi tulangannya diketahui, tidak saja lebar retaknya, tetapi juga propagasi retaknya dapat dievaluasi secara teoritis. Hal ini sangat penting jika struktur yang ditangani berada dalam lingkungan yang agresif, di mana kemungkinan korosi dari tulangan harus dihindarkan.

SUMMARY

This paper presents a methode of calculation of tensile bar strain in a section of reinforced concrete, under pure bending.

Some difficulties found in the calculation when a section starting to crack. In this case the stiffness and deflection of beam will be difficult to determine.

If in every stage of loading, the tensile is known, teoritically the deflection can be approximated. In elastic stage (n-methode), reinforced concrete calculation based on cracking section, to calculate crack width, the tensile bar strain in required. Further more, if in every stage of loading the strain is known, it can be calculated, not only the crack width, but also the crack propagation can be evaluated teoritically. This is very important for a structure under aggressive environment, where the corrosion of the reinforcement must be avoided.

I. PENDAHULUAN

Sebagaimana sudah diketahui bahwa fungsi tulangan tarik dari beton bertulang adalah mengambil alih gaya tarik yang tidak dapat lagi dipikul oleh beton. Beton tidak dapat lagi memikul tegangan tarik apabila sudah terjadi retak dan retak ini terjadi apabila kekuatan tarik dari beton tersebut dilampaui. Harga dari kekuatan tarik beton ini sangat kecil, umumnya tidak mencapai 10% dari kekuatan tekannya [1] [2]. Di lain pihak beton di bagian tekannya masih elastis, dengan demikian beban retak dari suatu penampang beton bertulang jauh di bawah beban kerjanya [1] [2].

Sekalipun beton yang sudah retak tadi tidak lagi mampu memikul tarikan, namun beton yang tidak retak yang terletak di antara dua retak tersebut masih mampu mengurangi deformasi tulangan tarikannya. Hal ini cukup berarti apabila pembebanannya masih elastis [1] [3].

Dengan perkataan lain dapatlah diungkapkan bahwa di tempat retak deformasi tulangan tarik melonjak tinggi, kemudian makin jauh dari tempat retak deformasi tersebut makin berkurang [3] [4].

II. PERHITUNGAN

II.1 Prinsip perhitungan sebelum penampang retak

Selama penampang tidak retak, beton bertulang berperilaku seperti material yang homogen dan elastis. Tulangan menyatu dengan beton dengan koefisien ekuivalensi :

$$n = \frac{E_a}{E_b}, \text{ di mana :}$$

E_a = modulus elastisitas tulangan

E_b = modulus elastisitas beton (sekan)

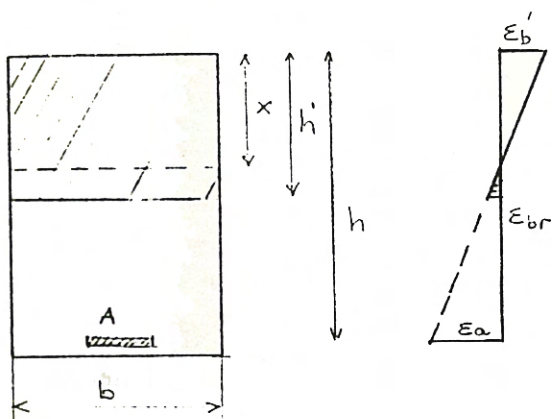
Dengan demikian kita dapat mempergunakan rumus-rumus yang biasa dari teori mekanika teknik untuk menentukan karakteristik geometrik dari penampang dan mencari tegangannya.

II.2 Perhitungan setelah penampang beton retak dalam keadaan elastis.

II.2.1 Hipotesis

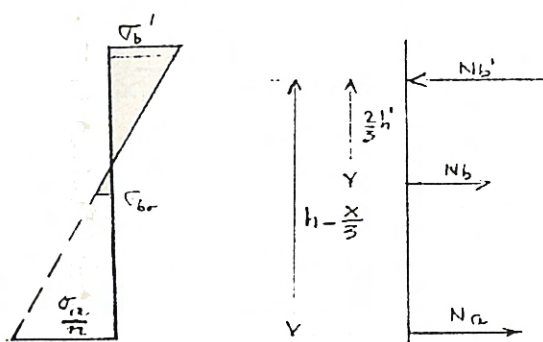
- Meskipun terjadi retak, penampang tetap datar. Dengan demikian deformasi tetap proporsional dengan jarak terhadap garis netralnya.
- Material elastis linier, beton yang tertarik dianggap mengikuti hukum ini selama tegangan tarik lebih rendah daripada kekuatan tarik mono aksial. Tatkala kekuatan tarik pada beton, dan besar tegangan-tegangan yang terjadi pada penampang akan proporsional dengan jarak terhadap garis netralnya. Dengan demikian tegangan dalam tulangan akan sama dengan n kali tegangan beton yang berdampingan.

II.2.2. Keseimbangan penampang



Penampang

Deformasi



Tegangan

Gaya

Gambar 1

h : tinggi manfaat

b : lebar balok

A : luas tulangan

x : jarak garis netral dari serat yang paling tertekan

h' : tinggi penampang yang tidak retak

$\epsilon_{b'}$: perpendskan maksimum dari beton tekan

ϵ_{br} : perpanjangan maksimum dari beton tarik

ϵ_a : Perpanjangan tulangan

$\sigma_{b'}$: tegangan beton tekan maksimum

σ_{br} : tegangan beton tarik maksimum

$N_{b'}$: gaya tekan pada beton

N_b : gaya tarik pada beton

N_a : gaya tarik pada penampang

Keseimbangan penampang yang terlentur adalah :

$$N_a + N_b - N_{b'} = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$N_a(h - x/3) + N_b(2/3 h') - M = 0 \dots\dots\dots (2)$$

di mana :

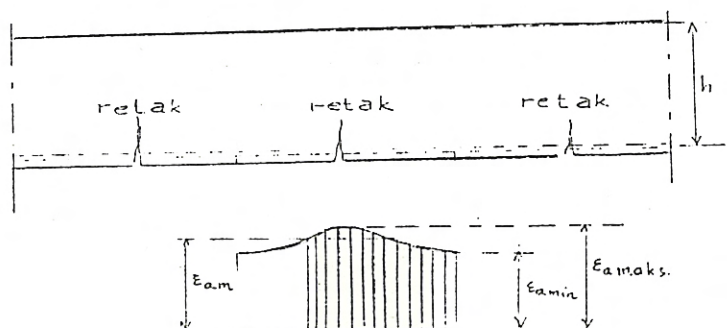
$$N_a = A \cdot \sigma_a$$

$$N_b = 1/2 (h' - x) \cdot b \cdot \sigma_{br}$$

$$N_{b'} = 1/2 \cdot b \cdot x \cdot \sigma_{b'}$$

Jika diagram $\sigma - \epsilon$ dari beton dan baja tulangan diketahui berdasarkan hasil-hasil benda uji, maka dengan menetapkan harga-harga dari deformasi beton, keseimbangan penampang pada setiap pembebanan dapat dicari, sehingga deformasi tulangan juga dapat ditentukan.

II.2.3 Pengaruh beton tarik yang terletak di antara dua retak



Gambar 2

Di tempat retak deformasi tulangan melonjak besar dan makin jauh dari tempat retak makin kecil, seperti yang terlihat dalam gambar - 2. Hal ini tidak lain karena peranan tegangan lekat antara tulangan dan beton sehingga di tempat yang tidak retak gaya tarik pada tulangan sebagian disalurkan oleh beton [3] [4], sehingga deformasi rata-ratanya (ϵ_{am}) seperti terlihat dalam gambar-2 tersebut. Deformasi rata-rata ini (ϵ_{am}) menurut C.E.B-FIP/1978 [5] dapat dihitung menurut rumus :

$$\epsilon_{am} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[1 - \beta_1 \beta_2 \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] \leq 0.4 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

di mana :

ϵ_{am} : perpanjangan (deformasi) tulangan.

σ_s : tegangan di dalam tulangan di tempat (penampang) yang retak di bawah pembebanan yang di tinjau.

σ_{sr} : tegangan dalam tulangan, yang dihitung dengan anggapan bahwa suatu penampang akan retak jika tegangan maksimum dari beton tarik akan sama dengan kekuatan tarik beton tersebut.

β_1 : koefisien yang menunjukkan kualitas lekatan dari tulangan :

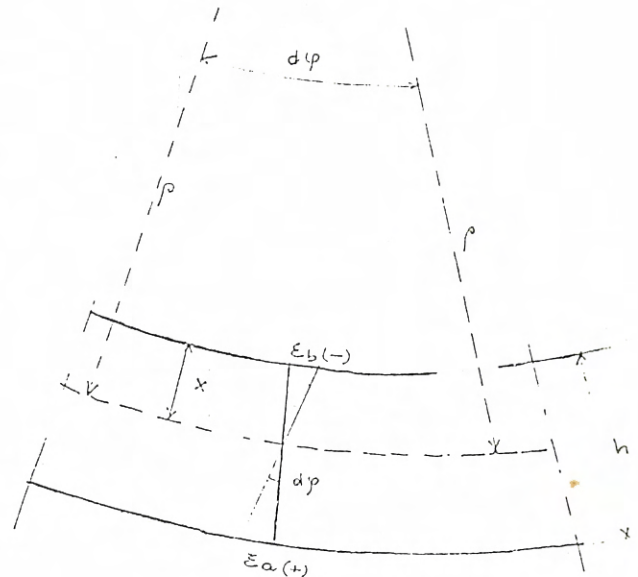
$$\begin{aligned} \beta_1 &= 1 \text{ untuk tulangan berulir} \\ \beta_1 &= 0.5 \text{ untuk tulangan polos} \end{aligned}$$

β_2 : koefisien yang menunjukkan pengaruh dari lamanya pembebanan atau berulangnya beban.

$\beta_2 = 1$ untuk pembebanan pertama

$\beta_2 = 0.5$ untuk pembebanan dalam jangka lama atau pembebanan siklik dengan frekuensi yang tinggi.

II.2.4. Kelengkungan (kurvatur)



gambar 3

h = tinggi manfaat

x = jarak garis netral dari serat atas

ρ = jari-jari kelengkungan

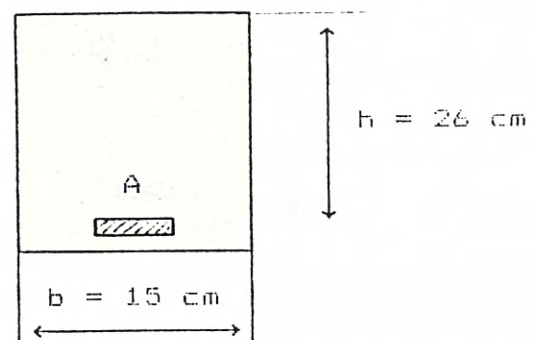
ϵ_b' = deformasi beton pada serat paling tertekan (perpendekan).

ϵ_a = deformasi rata-rata tulangan tarik (perpanjangan)

Kelengkungan dari gelegar yang terlentur dalam keadaan sesudah beton tarikannya retak :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{|\epsilon_a|}{(h-x)} = \frac{|\epsilon_b'|}{x} = \frac{|\epsilon_a| + |\epsilon_b'|}{h} \quad [6]$$

III CONTOH PERHITUNGAN



Sebuah penampang beton bertulang dengan ukuran-ukuran seperti tergambar, memikul pembebanan lentur murni.

Beton :

K-225 dengan kekuatan tarik (σ_{br}) = 20 kg/cm²

Diagram $\sigma - \epsilon$ merupakan parabola dengan ϵ_b' pada $\sigma_{bk}' = 225$ kg/cm² adalah 2.5%.

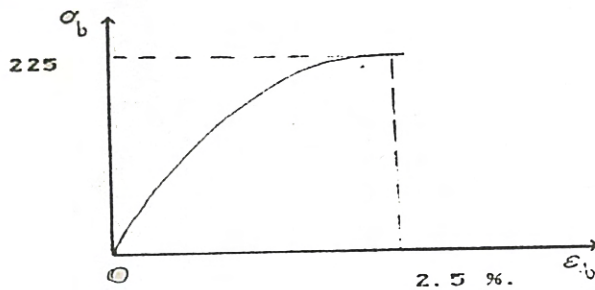
Baja :

Luas penampang $A = 6$ cm² dan jenis U-32, dengan diagram $\sigma - \epsilon$ bilinear. $\gamma_s = 1.15$ dengan modulus elastisitas $E_a = 2.1 \cdot 10^6$ kg/cm².

Gambarkanlah diagram hubungan antara momen dan deformasi tulangan tarik, jika pembebanannya dilakukan dalam jangka waktu yang pendek !

III.1 Perhitungan dengan cara coba-coba (trial and error)

$\sigma - \epsilon$ beton



Parabola

$$y = ax^2 + bx$$

$$\frac{dy}{dx} = 2ax + b$$

Syarat batas :

$$x = 2.5 \rightarrow y = 225$$

$$\begin{aligned} \rightarrow y = ax^2 + bx &\rightarrow 225 = a(2.5)^2 + 2.5b \\ 225 &= 6.25a + 2.5b \\ &\dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

$$x = 2.5 \% \rightarrow \frac{dy}{dx} = 0$$

$$2a \cdot (2.5) + b = 0$$

$$\rightarrow b = -5a \dots\dots\dots (2)$$

$$(2) \rightarrow (1)$$

$$225 = 6.25a + 2.5 \cdot (-5a)$$

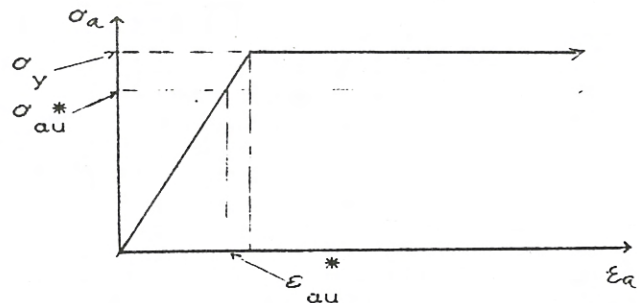
$$= 6.25a - 12.5a = -6.25a$$

$$\rightarrow a = -\frac{225}{6.25} = -36$$

$$b = -5a = 5 \cdot 36 = 180$$

$$y = -36x^2 + 180x \dots\dots\dots \text{persamaan } \sigma - \epsilon \text{ beton}$$

$\sigma - \epsilon$ besi (U-32)



$$\gamma_s = 1.15 ; E_a = 2.1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{au}^* = \frac{\sigma_y}{\gamma_s} = \frac{3200}{1.15} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{au}^* = \frac{\sigma_{au}^*}{E_a} = \frac{2780}{2.1 \cdot 10^6} = 1.32\%$$

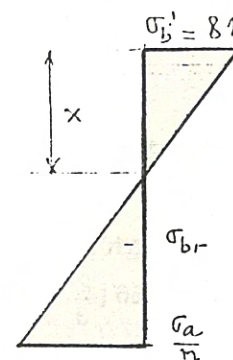
Misalkan mencari momen yang menyebabkan $\epsilon_b' = 0.5\%$.

$$x = 0.5 \rightarrow y = -36(0.5)^2 + 180 \cdot 0.5$$

$$y = -36 \cdot 0.25 + 90 \rightarrow y = 81$$

$$\sigma_b(0.5) = 81 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan dengan coba-coba



Misalkan $x = 15$ cm

$$h' = \frac{\sigma_b' + \sigma_{br} \cdot x}{\sigma_b'}$$

$$= \frac{(81 + 20) \cdot 15}{81}$$

$$= 18.7 \text{ cm}$$

$$\epsilon_b : \epsilon_a = x : (h-x)$$

$$\epsilon_a = \frac{(h-x)}{x} \cdot \epsilon_b$$

$$= \frac{(26 - 15)}{15} \cdot 0.5 = 0.367 \%$$

$$\sigma_a = \epsilon_a \cdot E$$

$$= 0.367 \% \cdot 2.1 \cdot 10^6 = 771 \text{ kg/cm}^2$$

$$N_a = A \cdot \sigma_a$$

$$= 6 \cdot 771 = 4626 \text{ kg}$$

$$N_b = 1/2 \cdot (h' - x) \cdot b \cdot \sigma_{br}$$

$$1/2 (18.7 - 15) \cdot 15 \cdot 20 = 555 \text{ kg}$$

$$N_a + N_b = 5181 \text{ kg}$$

$$N_b' = 1/2 \cdot b \cdot x \cdot \sigma_b'$$

$$= 1/2 \cdot 15 \cdot 15 \cdot 81 = 9112.5 \text{ kg}$$

$$N_b' > N_a + N_b \rightarrow x \text{ terlalu besar}$$

$$x = 12.3 \text{ cm}$$

$$h' = \frac{(81 + 20) \cdot 12.3}{81} = 15.34 \text{ cm}$$

$$\epsilon_a = \frac{(h - x) \cdot \epsilon_b'}{x}$$

$$= \frac{(26 - 12.3) \cdot 0.5}{12.3} = 0.557 \%$$

$$\sigma_a = 0.557 \% \cdot 2.1 \cdot 10^6 = 1170 \text{ kg/cm}^2$$

$$N_a = A \cdot \sigma_a = 6 \cdot 1170 = 7020 \text{ kg}$$

$$N_b = 1/2 \cdot (h' - x) \cdot b \cdot \sigma_{br}$$

$$= 1/2 \cdot (15.34 - 12.3) \cdot 15 \cdot 20 = 456 \text{ kg}$$

$$N_a + N_b = 7476 \text{ kg}$$

$$N_b' = 1/2 \cdot b \cdot x \cdot \sigma_b'$$

$$= 1/2 \cdot 15 \cdot 12.3 \cdot 81 = 7472$$

momen yang dapat dipikul :

$$M = N_a (h - x/3) + N_b \cdot (2/3 h')$$

$$= 7020 [26 - \frac{12.3}{3}] + 456 [\frac{2}{3} \cdot 15.34]$$

$$= 153738 + 4663 = 158401 \text{ kg cm}$$

III.2 Deformasi rata-rata

$$\epsilon_{am} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[1 - \beta_1 \beta_2 \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right]$$

Pada waktu baja mencapai σ_{sr} , penampang masih utuh.

Mencari E_b untuk angka ekivalensi

$$\sigma_{br} = 20 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow y = 20$$

$$\text{Persamaan } \sigma - \epsilon \text{ beton : } y = -36x^2 + 180x + 20$$

$$= -36x^2 + 180x + 20$$

$$36x^2 - 180x + 20 = 0$$

$$x^2 - 5x + 0.56 = 0$$

$$x_{1,2} = \frac{5 \pm \sqrt{5^2 - 4 \cdot 0.56}}{2} = \frac{5 \pm \sqrt{25 - 2.22}}{2}$$

$$= \frac{5 \pm 4.77}{2}$$

$$x_1 = 4.885 \quad x_2 = 0.115$$

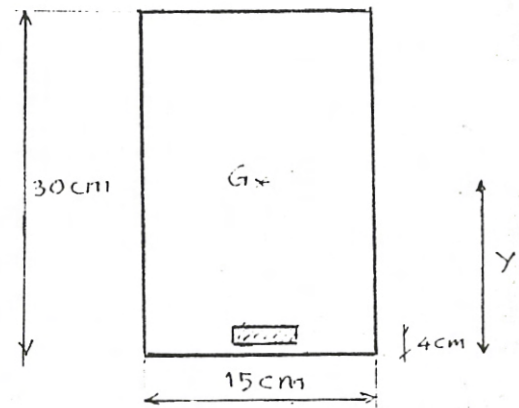
$$\epsilon_{b(r)} = x_2 = 0.115 \%$$

E_b diambil untuk pembebanan jangka pendek.

$$E_b = \frac{\sigma_{br}}{\epsilon_{br}} = \frac{20}{0.115 \%} = 173913 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{E_a}{E_b} = \frac{2.1 \cdot 10^6}{173913} = 12$$

Karakteristik geometrik penampang utuh



$$y = \frac{15 \times 30 \times 15 + 12 \cdot 6 \cdot 4}{15 \times 30 + 12 \cdot 6}$$

$$= \frac{6750 + 288}{450 + 72}$$

$$\approx 13.5 \text{ cm}$$

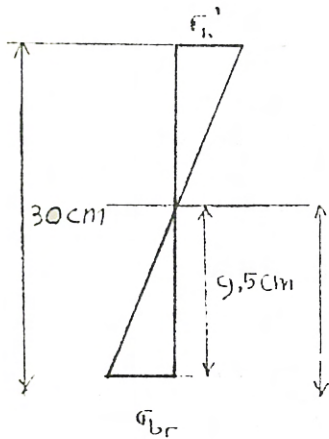
Momen Inersia

$$1/12 \cdot 15 \cdot 30^3 = 33750 \text{ cm}^4$$

$$15 \times 30 (15 - 13.5)^2 = 1012.5 \text{ cm}^4$$

$$12 \times 6 (13.5 - 4)^2 = 6498 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{tot}} : 41260.5 \text{ cm}^4$$



Mencari σ_{sr}

$$\sigma_{sr} = n \frac{(9.5)}{13.5} \cdot \sigma_{br}$$

$$= \frac{12 \cdot 9.5 \cdot 20}{13.5}$$

$$= 169$$

$$\epsilon_a (sr) = \frac{\sigma_{sr}}{E_a}$$

$$= \frac{169}{2.1 \cdot 10^6}$$

$$= 0.08 \%$$

Mencari ϵ_{am}

Untuk U_{32} , baja sedang berulir : $\beta_1 = 1$

Untuk pembebanan jangka pendek : $\beta_2 = 1$

$$\sigma_s = 1170 \text{ kg/cm}^2$$

$$\epsilon_{am} = \frac{1170}{2.1 \cdot 10^6} \left[1 - 1 \cdot 1 \cdot \left(\frac{169}{1170} \right) \right]$$

$$= \frac{1170}{2.1 \cdot 10^6} [1 - 0.021]$$

$$= 0.545 \%$$

Sedangkan $\epsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{1170}{2.1 \cdot 10^6} = 0.557 \%$

Perbedaan = $[0.557 - 0.545] = 0.012 \%$

Tegangan beton pada serat atas :

$$\sigma_b' = \frac{(30 - 13.5) \cdot 20}{13.5} = 24.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\epsilon_{b(u)} = \frac{\sigma_b}{E_b} = \frac{24.5}{173913} = 0.14 \%$$

Momen yang dapat dipikul oleh penampang utuh :

$$M_r = \frac{\sigma \cdot I}{y} = \frac{20 \cdot 41260.5}{13.5} = 61127 \text{ kg cm}$$

III.3 Lonjakan deformasi tulangan tarik

Beberapa saat setelah kekuatan tarik beton dicapai, karena kenaikan beban yang sedikit saja, maka tiba-tiba penampang akan retak. Dengan retaknya penampang ini, akan terjadi lonjakan regangan tulangan tarik dan perpendskan beton di bawah pembebanan yang praktis sama, yaitu $M_r = 61127 \text{ kg cm}$. Perpendskan beton beberapa saat sebelum retak : $\epsilon_{b(u)} = 0.14 \%$. dan dengan beban yang sama setelah retak perpendskan beton (ϵ_{br}) menjadi lebih besar dari 0.14% .

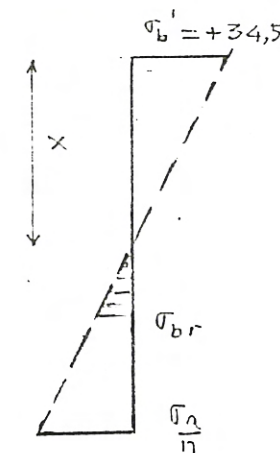
Misalkan $\epsilon_{br} = 0.2 \%$.

$$x = 0.2 \% \rightarrow y = -36 (0.2)^2 + 180 \cdot 0.2$$

$$= -1.44 + 36 \approx + 34.5 \text{ kg/cm}^2$$

Misalkan perhitungan dilakukan dengan coba-coba.

Misalkan $x = 16 \text{ cm}$



$$h' = \frac{[\sigma_b + \sigma_{br}] \cdot x}{\sigma_{b'}}$$

$$= \frac{(34.5 + 20) \cdot 16}{34.5}$$

$$= 25.3 \text{ cm}$$

$$\epsilon_a = \frac{(h - x) \cdot \epsilon_{b'}}$$

$$= \frac{(26 - 16) \cdot 0.2}{16}$$

$$= 0.125 \%$$

$$\sigma_a = \epsilon_a \cdot E_a = 0.125 \% \cdot 2.1 \cdot 10^6 = 262.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$N_a = A \cdot \sigma_a = 6 \times 262.5 \text{ kg} = 1575 \text{ kg}$$

$$N_b = 1/2 (h' - x) \cdot b \cdot \sigma_{br}$$

$$N_b = 1/2 (25.3 - 16) \cdot 15 \cdot 20 = 1395 \text{ kg}$$

$$N_a + N_b = 2970 \text{ kg}$$

$$N_b' = 1/2 \cdot b \cdot x \cdot \sigma_b'$$

$$= 1/2 \cdot 15 \cdot 16 \cdot 34.5 = 4140 \text{ kg}$$

x terlalu besar

$$x = 14.2 \text{ cm}$$

$$h' = \frac{(30.5 + 20) \cdot 14.2}{30.5} = 23.5 \text{ cm}$$

$$\epsilon_a = \frac{(26 - 14.2) \cdot 0.175 \%}{14.2} = 0.145 \%$$

$$\sigma_a = \epsilon_a \cdot E_a = 0.145 \% \cdot 2.1 \cdot 10^6 = 305 \text{ kg/cm}^2$$

$$N_a = 6 \cdot 305 = 1830 \text{ kg}$$

$$N_b = 1/2 (23.5 - 14.2) \cdot 15 \cdot 20 = 1395 \text{ kg}$$

$$N_a + N_b = 3225 \text{ kg}$$

$$N_b' = 1/2 \cdot 15 \cdot 14.2 \cdot 30.5 = 3248 \text{ kg}$$

$$M = [h' - x/3] + N_b \cdot 2/3 \cdot h'$$

$$\begin{aligned}
 &= 1830 \left[h' - \frac{14.2}{3} \right] + 1395 \cdot \frac{2}{3} \cdot 23.5 \\
 &= 1830 (26 - 4.73) + 1395 \cdot \frac{2}{3} \cdot 23.5 \\
 &= 38924 + 21855 = 60779 \text{ kg cm} \\
 M_r &= 61127 \text{ kg cm} \\
 \Delta M &= -348 \text{ kg cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_b &= 0.175 \% \\
 \epsilon_a &= 0.145 \%
 \end{aligned}$$

Dalam keadaan penampang

$$\text{utuh : } \epsilon_b = 0.14 \%$$

$$\epsilon_a = 0.08 \%$$

III.4 Perhitungan yang lebih sederhana

Apabila persamaan keseimbangan (1) dilihat kembali, maka :

$$N_a + N_b - N_b' = 0$$

$$A \cdot \sigma_a + 1/2 (h' - x) b \cdot \sigma_{br} - 1/2 b x \cdot \sigma_b' = 0$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_a &= \epsilon_a \cdot E_a \\
 &= \frac{(h-x)}{x} \cdot \epsilon_b' \cdot E_a
 \end{aligned}$$

$$h' = \frac{[\sigma_{br} + \sigma_b'] \cdot x}{\sigma_b'}$$

Jika harga-harga ini dimasukkan ke dalam persamaan di atas :

$$A \cdot \frac{(h-x)}{x} \cdot \epsilon_b' \cdot E_a + 1/2 \left[\frac{[\sigma_{br} + \sigma_b'] \cdot x - x}{\sigma_b'} \right] b \cdot \sigma_{br}$$

$$- 1/2 \cdot b \cdot x \cdot \sigma_b' = 0$$

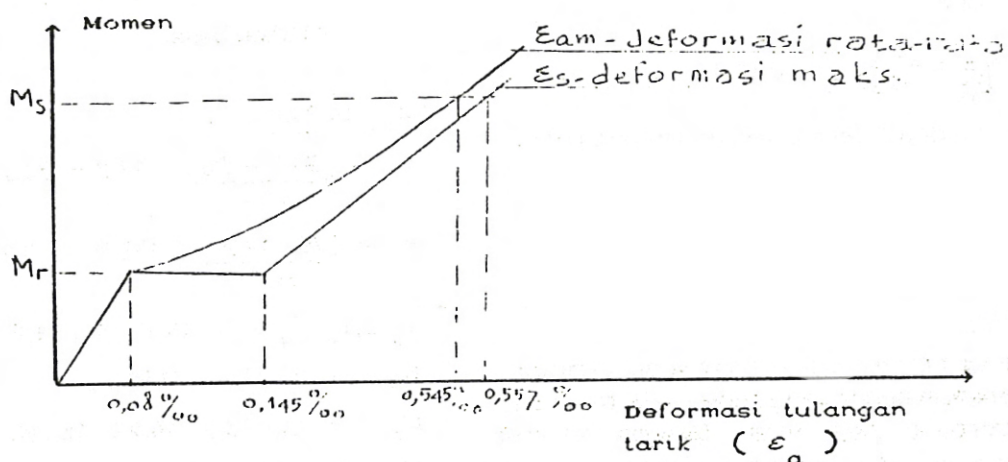
$$A \cdot E_a \cdot \epsilon_b' (h-x) + x^2 \cdot b \cdot \sigma_{br}^2 - 1/2 b \cdot x^2 \cdot \sigma_b' = 0$$

$$b (\sigma_{br}^2 - \sigma_b') x^2 - 2 A E_a \sigma_b' \epsilon_b' x + 2 A E_a \sigma_b' \epsilon_b' h = 0$$

→ persamaan pangkat dua dalam x

Jika harga deformasi beton (ϵ_b') tertentu, maka jarak garis netral x langsung dapat dihitung karena b, h, A, E_a , σ_{br} , dan σ_b' semuanya bilangan-bilangan yang diketahui.

Selanjutnya momen yang dapat dipikul dapat dihitung.



gambar 4

IV. KESIMPULAN

1. Perbedaan antara deformasi maksimum (di tempat retak) dan deformasi rata-rata (di tempat yang tidak retak) cukup berarti, seperti terlihat dalam gambar.
2. Di samping deformasi tulangan tarik yang dapat dihitung, juga perpendekan beton pada serat tertekan, posisi garis netral dan tinggi retak dapat ditentukan.
3. Dengan dapat ditentukannya deformasi rata-rata dari tulangan tarik tersebut maka lendutan dan lebar retak dari balok beton secara teoritis dapat dihitung.

DAFTAR PUSTAKA

1. R. SUHUD :
Contribution à l'étude du comportement des poutres armées précontraintes par fils adhérents sous chargement direct. These Docteur - Ingenieur, Toulouse, Janvier 1981.
2. M. PINGLOT :
Contribution à l'étude de la rupture et des déformations des poutres partiellement précontraintes.
These Docteur - Ingenieur, Toulouse, Janvier 1974.

3. F. LEONHARDT :
Crack control in concrete structures IABSE SURVEYS S-4/1977.
4. GOTO Y. :
Cracks formed in concrete around deformed tension bar.
ACI Journal, April 1972.
5. CEB - FIP :
Code Modele CEB-FIP / 1978 pour les structures en béton.
Bulletin d'information no. 124/125.F
6. CEB - FIP :
Recommandations internationales pour le calcul et l'exécution des ouvrages en béton - 1970.

Penulis :

Ir. H. Ridwan Suhud adalah dosen pada jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung (ITB), tahun 1981 S3 Struktur (Doktor), khusus dalam Beton prategang Parsial dari Institut National des Sciences Appliquées (INSA) Toulouse - Perancis.