

## ANALISA LENDUTAN PADA STRUKTUR BETON BERTULANG TERHADAP WAKTU (*TIME-DEPENDENT*)

Carolus Sanapang

M.D.J. Sumajouw, R. Pandaleke, S.O. Dapas

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi

email: [choopha@gmail.com](mailto:choopha@gmail.com)

### ABSTRAK

*Seiring bertambahnya umur suatu struktur balok akan terjadi perubahan bentuk dan momen inersia dari penampang balok yang disebabkan oleh adanya keretakan, mengakibatkan balok yang ada tidak lagi mampu memberikan daya layan yang baik untuk mendukung struktur serta memberi rasa nyaman.*

*Metode-metode yang mengatur batasan-batasan atau kontrol dalam perhitungan mengenai perubahan inersia penampang serta dampaknya terhadap lendutan, diambil dari beberapa literatur. Penelitian ini menggunakan metode balok konjugasi untuk menghitung besar lendutan yang ada dan metode Branson dalam memperhitungkan besar retak yang terjadi, serta dengan menggunakan peraturan SNI03-2847-2002 dalam memperhitungkan besar lendutan yang terjadi akibat adanya penambahan susut dan rangkakan untuk perencanaan lendutan jangka panjang. Program komputer dibuat untuk menyelesaikan masalah tersebut.*

*Hasil penelitian ini menunjukkan, dengan menambah kuat tekan dan luas tulangan tekan dari beton serta dengan menambah tinggi penampang efektif, diperoleh nilai momen yang mampu menambah daya dukung penampang terhadap retak yang terjadi. Dan untuk memberi kontrol lendutan yang baik terhadap susut dan rangkakan dapat dilakukan dengan menambah tulangan tekan pada balok beton bertulang dengan nilai perbandingan yang besar terhadap tulangan tarik.*

**Kata kunci:** *Daya layan, inersia penampang, kontrol lendutan.*

### PENDAHULUAN

Perkembangan jaman sekarang ini dalam merencanakan suatu struktur, haruslah mampu dalam memberi daya layan (*serviceability*) terhadap lendutan yang terjadi. Pengaruh degradasi inersia akibat perubahan dimensi dan retak yang terjadi serta pengaruh rangkakan dan susut akan menambah besaran nilai lendutan terhadap waktu. Sehingga perlu diketahui bagaimana pengaruh waktu terhadap lendutan.

#### Tujuan Penelitian

- Membuat suatu program yang dapat mengontrol dan memperbaiki hasil desain terhadap lendutan akibat waktu.
- Untuk mencari parameter apa saja yang dapat mengontrol besar lendutan yang terjadi terutama lendutan jangka panjang.
- Untuk mencari hubungan antara pengaruh waktu dengan perubahan inersia penampang terhadap balok.

- Mencari hubungan penggunaan tulangan tekan dan tarik terhadap lendutan yang terjadi.

#### Metodologi Penelitian

Sebuah balok di atas perletakan sederhana, dengan metode balok konjugasi dihitung berapa besar lendutan berjangka yang diperoleh. Selanjutnya untuk menentukan letak garis netral dan luasan penampang yang utuh serta besaran momen inersia setelah terjadi degradasi dan retak, singkatnya untuk memperoleh nilai inersia efektif digunakan metode Branson, dengan kontrol terhadap nilai duktilitas yang diberikan serta kontrol keseimbangan momen ultimat terhadap momen nominal yang dihasilkan. SNI03-2847-2002 dipakai untuk menghitung besaran lendutan yang terjadi terhadap penambahan susut dan rangkakan untuk lendutan jangka panjang.

**LANDASAN TEORI**

Lendutan berdasarkan metode balok konjugasi dihitung menggunakan rumus:

$$\delta_{max} = K \frac{M.L^2}{E.I_c} \quad (1)$$

Dimana :

- M = Momen lentur penampang
- L = Panjang bentang
- K = Koefisien lendutan
- E = Modulus elastik
- I<sub>c</sub> = Momen Inersia penampang elastik

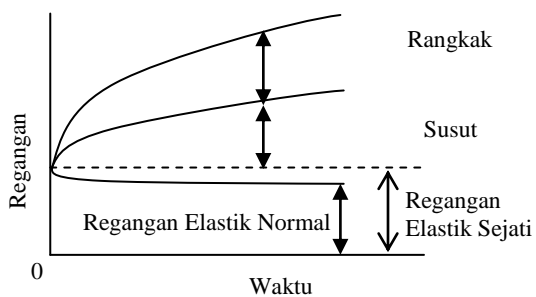
Berdasarkan persamaan di atas perlu diperhatikan bahwa besaran modulus elastik dan momen inersia penampang dapat mempengaruhi kekuatan lentur dari balok beton bertulang.

Pada teori balok modulus elastis, daerah tarik dan tekan dianggap sama untuk bahan yang homogen. Untuk penampang beton bertulang yang dipengaruhi oleh rangkai dan susut, pada daerah tarik akan timbul retak-retak. Hal ini di jelaskan pada gambar di bawah, bahwa kenaikan modulus akan meningkat sesuai dengan umur beton tetapi tidak berarti lagi umur 28 hari ke atas. Dan dihubungkan terhadap rumus berikut:

$$E = \frac{f}{\epsilon} \quad (2)$$

dimana :

- f = Kekuatan material
- ε = Regangan



**Gambar 1 Perubahan dalam regangan dari benda uji beton terhadap waktu penerapan beban.**

Sumber: Nawy E.G, 1990.

Sedangkan metode Branson yang akan digunakan dalam menentukan nilai momen inersia efektif didasari bahwa momen inersia

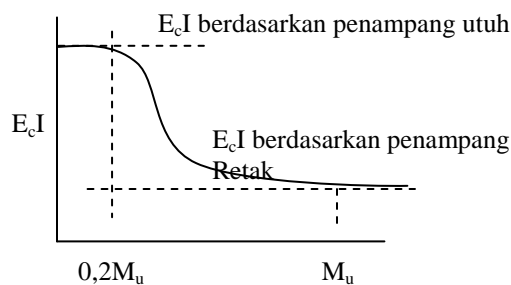
inersia sama dengan momen inersia utuh. Tetapi setelah terjadi retak maka nilai inersia utuh menjadi semakin kecil sehingga nilai inersia efektif dihitung dengan menggunakan penambahan akibat retak.

$$I_{ef} = \left( \left( \frac{M_{cr}}{M_g} \right)^3 I_g - \left( \frac{M_{cr}}{M_g} \right)^3 I_{cr} \right) + I_{cr} \quad (3)$$

dimana:

- I<sub>ef</sub> = Momen Inersia efisien penampang beton
- I<sub>cr</sub> = Momen Inersia penampang beton yang retak
- M<sub>cr</sub> = Momen Penampang Retak
- M<sub>g</sub> = Momen Penampang Utuh

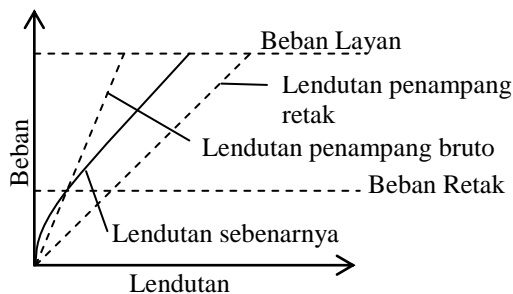
Dan seperti ditunjukkan pada gambar berikut;



**Gambar 2.a Hubungan kekakuan lentur dengan momen yang dikerjakan.**

Sumber: Wang C.K, dkk.1990.

Gambar 2.a menunjukkan bahwa perubahan penampang setelah terjadi retak mempengaruhi kekuatan serta momen yang bekerja.



**Gambar 2.4b Kurva beban dan lendutan untuk balok beton bertulang**

Sumber: Wang C.K,dkk, 1990.

Pada Gambar 2.b juga menunjukkan hal yang sama. Bahwa perubahan dari penampang

setelah retak memiliki lendutan yang lebih besar.

Perubahan penampang retak ini sendiri dipengaruhi oleh adanya susut dan rangkakan terhadap waktu.

Dalam SNI03-2847-2002 mengatur mengenai penggunaan waktu serta menjaga besaran lendutan yang disebabkan oleh susut dan rangkakan.

$$\lambda = k_r \cdot T, \text{ dimana } k_r = \frac{1}{(1+50\rho')}$$

$$\lambda = \frac{T}{(1+50\rho')} \quad (4)$$

$$\delta_{cs} = \lambda \cdot \delta_{(pendek)} \quad (5)$$

$$\delta_{panjang} = \delta_{cs} + (\delta_{pendek}) \quad (6)$$

**Tabel 1. Nilai T yang tergantung umur pembebanan**

Umur Pembebanan	T (faktor waktu)
≥ 5 tahun	2,0
1 tahun	1,4
6 bulan	1,2
3 bulan	1,0

Sumber: SNI03-2847-2002

Dimana:

$\lambda$  = Faktor reduksi penampang

$k_r$  = Faktor pengali untuk rangkakan dan susut

T = Faktor waktu

$\rho'$  = Rasio Tulangan tekan

$\delta_{cs}$  = Lendutan akibat susut dan rangkakan

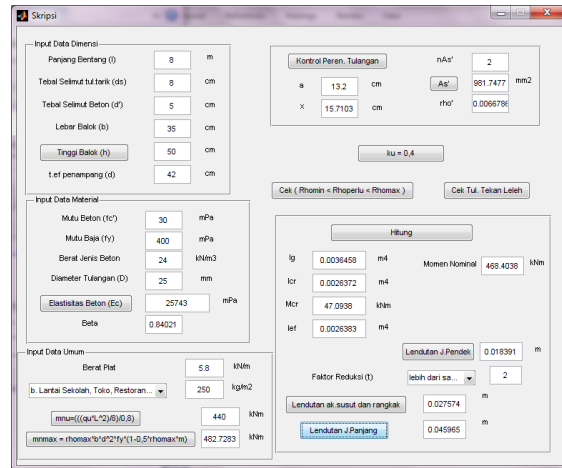
## PEMBAHASAN

Sebuah balok dengan panjang bentang 8 m, tinggi balok 50 cm dan lebar 35 cm, menggunakan tulangan 25mm dengan mutu beton 30 Mpa serta mutu baja 400 Mpa. Diperoleh Momen ultimat yang diberikan terhadap balok sebesar 440 kNm.

Kontrol terhadap duktilitas serta keseimbangan terhadap mmomen ultimat telah terpenuhi dan dengan menggunakan metode Balok Konjugasi serta Metode Branson diperoleh inersia efektif dengan lendutan jangka pendek yang memenuhi syarat lendutan ijin sebesar 0,0184m.

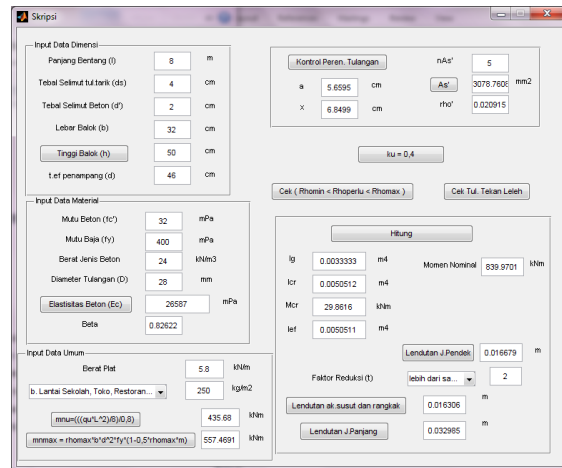
Tetapi setelah dilakukan perhitungan kontrol terhadap lendutan jangka panjang ternyata balok yang digunakan tidak

memenuhi syarat ijin. Seperti terlampir dalam Gambar 3.



**Gambar 3 Tampilan program perhitungan contoh kasus**

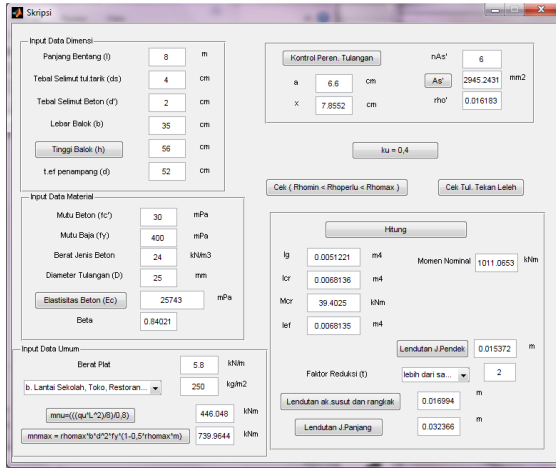
Maka dilakukan coba-coba 1 kembali terhadap perhitungan yang telah ada yaitu dengan mengurangi lebar dari balok, menambahkan besaran mutu beton serta menambahkan ukuran dari dimensi tulangan dan menambahkan jumlah tulangan terhadap tegangan tekan. Ternyata dari coba-coba 1 diperoleh lendutan jangka pendek dan panjang yang memenuhi syarat ijin.



**Gambar 4 Tampilan coba-coba 1 program perhitungan contoh kasus**

Untuk diperoleh hasil yang lebih memuaskan lagi, maka dilakukan kembali coba-coba 2. Dari percobaan awal hanya di tambahkan tinggi dari penampang balok serta menambahkan jumlah tulangan terhadap

tegangan tekan. Dan diperoleh hasil yang lebih baik dibandingkan dengan coba-coba 1 yang telah dilakukan.

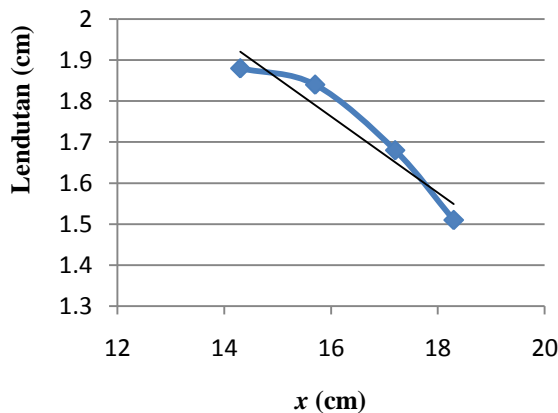


Gambar 5 Tampilan coba-coba 2 program perhitungan contoh kasus

Dari pembahasan di atas, dianalisa kembali terhadap tujuan yang ingin dicapai.

Tabel 2. Perbandingan lebar balok terhadap tinggi penampang efektif

b cm	d cm	b/d	x cm	$I_{ef}$ $m^4$	$M_{tu}$ kNm	M kNm	$\delta_j$ Pendek cm
32	42	0,7619	14,3	0,0024	435,7	441	1,88
35	42	0,8333	15,7	0,0027	440	472	1,84
32	46	0,6957	17,2	0,0032	435,7	518	1,68
35	52	0,6731	18,3	0,0048	446	697	1,51

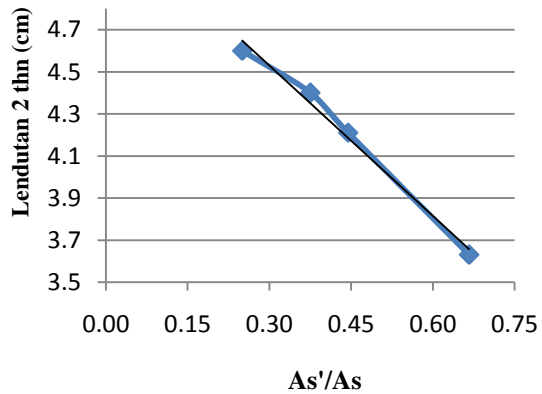


Gambar 6 Perbandingan lebar balok terhadap tinggi penampang efektif

Gambar 5 dan Tabel 2 di atas menunjukkan perubahan inersia yang terjadi pada balok dan bagaimana besaran lendutan yang dapat diperoleh.

Tabel 3. Perbandingan jumlah tulangan tekan dan tarik

As (bh)	8	8	9	9
As' (bh)	2	3	4	6
As'/As	0,25	0,38	0,44	0,67
Lendutan 2 thn (cm)	4,6	4,4	4,21	3,63



Gambar 7 Pengaruh perbandingan tulangan tarik dan tekan terhadap lendutan

Tabel 3 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan terhadap luasan tulangan dapat memberikan pengaruh terhadap lendutan jangka panjang yang terjadi.

## PENUTUP

Dari model balok beton bertulang diatas perletakan sederhana yang dianalisis, dapat disimpulkan:

- 1.) Program dapat dijalankan dengan baik. Dengan akurasi yang lebih baik dibandingkan perhitungan secara manual.
- 2.) Parameter yang dapat mengontrol besar lendutan yang terjadi adalah dengan menambah besar kekuatan tekan dari beton, dengan menambahkan luasan tulangan tekan, serta memperbesar penampang.

- 3.) Penambahan terhadap tinggi penampang efektif ( $d$ ) memberikan nilai lendutan berkisar antara 0,2-0,33 lebih kecil dibandingkan penambahan terhadap lebar penampang ( $b$ ).
- 4.) Dengan menambahkan luasan tulangan tekan ( $A_s'$ ) akan mempengaruhi tinggi jarak terhadap garis netral ( $x$ ) dalam hal ini terjadi perubahan inersia, yang kemudian dapat memberikan perubahan terhadap besar lendutan yang terjadi akibat pengaruh waktu.
- 5.) Semakin besar rasio luasan tulangan tekan terhadap luasan tulangan tarik nilai lendutan yang dihasilkan akan menjadi lebih kecil.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ACI *Manual of Concrete Practice-Part 3*. 1995. *Use of Concrete in Building Design, Specifications, and Related*.
- Branson D.E. 1968. *Design Procedures for Computing Deflections*, ACI Journal Title No.65-53, September 1968.
- Ferguson M.P, Budianto Sutanto.1991. *Dasar-dasar Beton Bertulang Edisi Keempat*. Erlangga, Jakarta.
- Leet Kenneth and Bernal Dionisio. 1997. *Reinforced Concrete Design 3rd edition*, McGraw Hill International edition. McGraw Hill Book Co.
- MacGregor J.G. 1997. *Reinforced Concrete Mechanics and Desain third edition*.Prentice Hall International, Amerika.
- Nawy E.G. 1990.*Beton Bertulang suatu Pendekatan Dasar*. PT. Eresco, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Bandung.
- Wahyudi L, Rahim S.A. 1997. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wang C.K, Salmon C.G.1990. *Desain Beton Bertulang Jilid-2 (terjemahan)*. Erlangga, Jakarta.
- Warner, R.F., Rangan, B.V., Hall, A.S., dan Faulkes, K.A. 1998.*Concrete Structure*. Addison Wesley Longman, Australia.