



# Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Sartika Dewi Usman  
Assignment title: Assign  
Submission title: STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU MOMEM-KURVATUR BALOK BETON MUTU TINGGI  
File name: Artikel\_Sartika\_Dewi\_Usman.pdf  
File size: 1.1M  
Page count: 11  
Word count: 2,640  
Character count: 14,267  
Submission date: 30-Jun-2020 03:34AM (UTC-0700)  
Submission ID: 1351742634

**STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU MOMEM-KURVATUR BALOK BETON MUTU TINGGI**

Sartika Dewi Usman  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Gorontalo  
[tika\\_akns@yahoo.com](mailto:tika_akns@yahoo.com)

**ABSTRACT**  
This study aims to analyze the moment - curvature and stress-strain in reinforced concrete beams without planning confinement. A portrait of the relationship between the moment - curvature , the pattern of stress-strain relationship at high quality concrete beams with tensile reinforcement.

By using a reinforced concrete beam specimen looks rectangular with dimensions of 20 cm x 30 cm x 160 cm 2 pieces with tensile reinforcement rebars 12 and 3Φ 2Φ press 8'. While the quality of the concrete is 40 MPa . Monotonic loading is done up to the beam collapse. Each stage of loading seen how much deflection occurs on the beam.  
From the results of the study showed that the greater the moment greater kurvaturnya , and vice versa , and tend to follow the pattern of the logarithmic equation.

**Keywords :**Moment - curvature , strain - stress , and high quality concrete.  
**Subject Area :**Science and Engineering

**1. PENDAHULUAN**  
Perkembangan teknologi beton terus menunjukkan trend kemajuan yang cukup pesat, terutama dalam kaitan rekayasa beton mutu tinggi. Untuk belakangan ini banyak penelitian yang dilakukan mengenai struktur beton dengan tujuan mendapatkan informasi tentang pemenuhan ketahanan struktur secara menyeluruh. Salah satu kriteria pemenuhan ketahanan struktur adalah parameter momen-kurvatur yang bisa memberikan informasi perilaku struktur yang lebih komprehensif bagi komponen yang ditinjau. Seperti halnya pada analisa balok pada umumnya, ketika suatu balok beton bertulang dikenai beban luar akan menimbulkan momen, gaya lintang dan gaya normal yang kesemuanya tersebut dapat berimbang pada timbulnya gesekan, lendutan, rotasi, regangan maupun retakan pada balok tersebut.

Ketika suatu balok beton bertulang lebih *ductile* akan berdampak pada balok beton tersebut mampu membalik beban-beban yang lebih besar. Disinggung itu, dengan meningkatnya daya tahan balok akan serta merta memperbaiki karakter tegangan-regangan, yang selanjutnya mengurangi retakan pada balok. Dengan meningkatnya nilai daya tahan balok, akan semakin meningkatkan kemampuan balok beton bertulang tersebut dalam memikul momen dan gaya yang lebih besar yang mengenainya. Dengan meningkatnya nilai defleksi akan berdampak pula terhadap nilai jari-jari.

Penelitian ini dimaksudkan sebagai salah satu bentuk kontribusi ilmiah dalam pengembangan kajian struktur beton, khususnya perilaku momen-kurvatur balok beton mutu tinggi.

# STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU MOMEN- KURVATUR BALOK BETON MUTU TINGGI

*by* Sartika Dewi Usman

---

**Submission date:** 30-Jun-2020 03:34AM (UTC-0700)

**Submission ID:** 1351742634

**File name:** Artikel\_Sartika\_Dewi\_Usman.pdf (1.1M)

**Word count:** 2640

**Character count:** 14267

## STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU MOMEN-KURVATUR BALOK BETON MUTU TINGGI

<sup>34</sup> Sartika Dewi Usman  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Gorontalo  
[tika\\_agnis@yahoo.com](mailto:tika_agnis@yahoo.com)

### ABSTRACT

This study aims to analyze the moment - curvature and stress-strain in reinforced concrete beams without planning confinement. A portrait of the relationship between the moment - curvature , the pattern of stress-strain relationship at high quality concrete beams with tensile reinforcement only.

By using a reinforced concrete beam specimen looks rectangular with dimensions of 20 cm x 30 cm x 160 cm 2 pieces with tensile reinforcement rebars 12 and 3  $\Phi$  2  $\Phi$  press 8 . While the quality of the concrete is 40 MPa . Monotonic loading is done is up to the beam collapse. Each stage of loading seen how much deflection occurs on the beam.

From the results of the study showed that the greater the moment greater kurvaturnya , and vice versa , and tend to follow the pattern of the logarithmic equation.

**Keywords :**Moment - curvature , strain - stress , and high quality concrete.

**Subject Area :** Science and Engineering

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi beton terus menunjukkan trend kemajuan yang cukup pesat, terutama dalam kaitan rekayasa beton mutu tinggi yang belakangan ini banyak penelitian yang difokuskan pada penggunaan material ramah lingkungan dengan tetap menjamin pemenuhan kekuatan struktur secara menyeluruh. Salah satu kriteria pemenuhan kekuatan struktur adalah parameter momen-kurvatur yang bisa memberikan informasi perilaku struktur yang lebih komprehensif bagi komponen yang ditinjau. Seperti halnya pada analisa balok pada umumnya, ketika suatu balok beton bertulang dikenai beban luar akan menimbulkan momen, gaya lintang dan gaya normal yang kesemuanya tersebut dapat berimbang pada timbulnya geseran, lendutan, rotasi, regangan maupun retakan pada balok tersebut.

Ketika suatu balok beton bertulang lebih *ductile* akan berdampak pada balok beton tersebut mampu memikul beban-beban yang lebih besar. Disamping itu, dengan meningkatnya daktilitas balok akan serta merta memperbaiki karakter tegangan-regangan, yang selanjutnya mengurangi retakan pada balok. Dengan meningkatnya nilai daktilitas balok, akan semakin meningkatkan kemampuan balok beton bertulang tersebut dalam memikul momen dan gaya yang lebih besar yang mengenainya. Dengan mengecilnya nilai defleksi akan berdampak pula terhadap nilai jari-jari.

Penelitian ini dimaksudkan sebagai salah satu bentuk kontribusi ilmiah dalam pengembangan kajian struktur beton, khususnya perilaku momen-kurvatur balok beton mutu tinggi.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### Beton Mutu Tinggi

Sesuai dengan perkembangan teknologi beton, kriteria beton mutu tinggi juga selalu berubah sesuai dengan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai. Pada tahun 1950an, beton dengan kuat tekan 30 MPa sudah dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Pada tahun 1960an hingga awal 1970an, kriterianya lebih lazim menjadi 40 MPa. Saat ini, disebut mutu tinggi untuk kuat tekan diatas 50 MPa, dan 80 MPa sebagai beton mutu sangat tinggi, sedangkan 120 MPa bisa dikategorikan sebagai beton bermutu ultra tinggi.

6

Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan maksimum  $f'_c$  dengan satuan N/mm<sup>2</sup> (MPa). Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara nilai 10-65 MPa. Untuk struktur beton bertulang berkisar antara 17-65 MPa. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan secara bertahap benda uji silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm sampai hancur. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM (American Society for Testing Materials) 139 – 86. Kuat tekan masing-masing benda uji pada umur 28 hari akibat beban tekan maksimum pada saat regangan beton ( $\varepsilon_b$ ) mencapai nilai 0,002. Selanjutnya nilai tegangan  $f'_c$  akan turun dengan bertambahnya nilai regangan sampai benda hancur pada nilai  $\varepsilon$  mencapai 0,003-0,005. Pada standar SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.3 menetapkan bahwa regangan kerja maksimum yang diperhitungkan diserat beton tekan terluar adalah 0,003 sebagai batas hancur.

### Hubungan Momen–Kurvatur Penampang

Grafik momen-kurvatur adalah salah satu indikator yang bisa dipakai untuk mengecek daktilitas sebuah struktur beton bertulang. Definisi dari momen-kurvatur adalah besarnya rotasi yang terjadi pada elemen struktur ketika menerima momen lentur. Grafik momen-kurvatur menampilkan besarnya momen lentur dan besarnya rotasi yang terjadi. Oleh karena itu, momen-kurvatur lebih sering dipakai untuk mengecek struktur elemen balok.

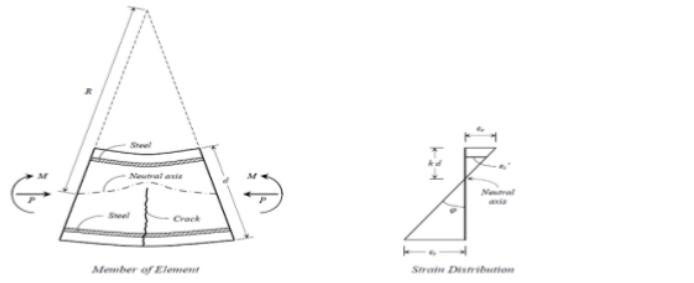
Hubungan momen–kelengkungan (*moment-curvature*) suatu penampang balok beton bertulang yang diberi beban lentur dapat diturunkan dari persamaan keseimbangan gaya komponen penyusun penampang beton bertulang tersebut. Gaya-gaya yang terjadi pada komponen tersebut diakibatkan perubahan bentuk penampang sebagai reaksi dari beban luar yang bekerja pada penampang. Berdasarkan Gambar 1, jari-jari kurvatur R, tinggi sumbu netral kd, regangan beton pada serat tekan terluar (paling besar)  $\varepsilon_c$  dan tegangan regangan baja  $\varepsilon_s$  akan berubah-ubah sepanjang bentang karena adanya retak beton yang juga memberikan tegangan. Dengan mengasumsikan material homogen dan berperilaku elastik linier, serta hanya satu elemen panjang dx, rotasi antara kedua ujung elemen adalah :

$$\frac{dx}{R} = \frac{\varepsilon_c dx}{k d} = \frac{\varepsilon_s dx}{d(1-k)} \quad (1)$$

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{\varepsilon_c}{k d} = \frac{\varepsilon_s}{d(1-k)} \quad (2)$$

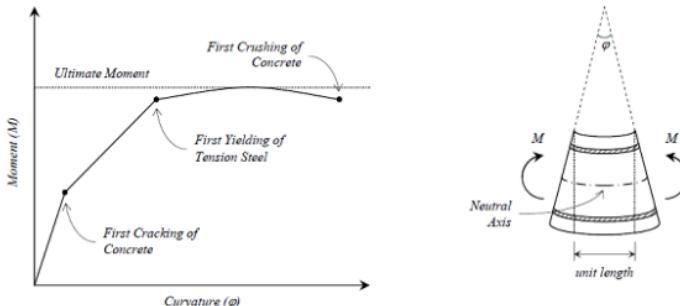
dimana  $1/R$  adalah kurvatur elemen (rotasi persatuan panjang elemen), dengan simbol  $\varphi$  :

$$\varphi = \frac{\varepsilon_c}{k d} = \frac{\varepsilon_s}{d(1-k)} = \frac{\varepsilon_c + \varepsilon_s}{d} \quad (3)$$



Gambar 1. Deformasi elemen struktur akibat pembebanan lentur

Kurvatur selalu berubah-ubah sepanjang bentang karena adanya fluktuasi ketinggian sumbu netral. Nilai regangan beton pada serat tekan ( $\epsilon_c$ ) dan regangan tarik baja ( $\epsilon_s$ ) akan bervariasi sepanjang elemen, akibat terjadinya tegangan tarik antara retak beton. Hubungan kurva momen-kelengkungan d<sub>22</sub> hasil pengukuran balok beton, yang mengambarkan tiga fase keruntuhan tarik dan tekan yang terjadi pada balok, dapat dilihat pada Gambar 2.

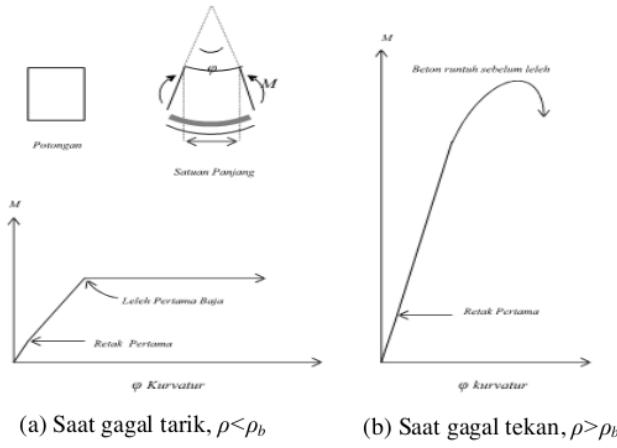


Gambar 2. Momen-kurvatur pada balok beton bertulang

Jika regangan pada bagian kritis balok beton bertulang yang diukur atas jarak ukur pendek sebagai momen lentur ditingkatkan untuk mencapai keruntuhan, kurvatur dihitung dari persamaan 1, maka hubungan momen kurvatur untuk bagian tersebut dapat diperoleh. Kedua kurva diperoleh pada perhitungan balok bertulang tunggal saat gagal tarik dan tekan seperti tampak dalam Gambar 3. dan kedua kurva pada mulanya linier.

Pada struktur elastis linier, hubungan momen lentur ( $M$ ) dgn parameter kelengkungan ( $\varphi$ ), dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$\varphi = \frac{M}{EI} \quad (4)$$



Gambar 3. Hubungan momen-kurvatur untuk bagian balok beton bertulang tunggal

Dengan meningkatnya momen maka retak yang timbul pada beton mengurangi kekakuan lentur. Pengurangan kekauan untuk potongan beton dengan tulangan kecil lebih besar disbanding beton dengan tulangan besar. Perilaku potongan setelah retak sangat bergantung pada mutu baja. Potongan beton dengan tulangan kecil pada gambar 3.a menghasilkan kurva linear  $M-\varphi$  membengkok sampai ke titik leleh baja. Saat baja leleh, kurvatur meningkat dengan pesat sedangkan momen lentur hamper konstan, momen meningkat secara perlahan-lahan menuju maksimum dan kemudian menurun. Pada potongan beton dengan tulangan besar (gambar 3.b), kurva  $M-\varphi$  menjadi titik linear ketika beton memasuki bagian inelastic hubungan tegangan-regangan, dan keruntuhannya dapat menjadi getas (brittle) kecuali jika beton dikekang oleh sengkang tertutup. Jika beton tidak dikekang, maka beton akan hancur pada kurvatur yang relative kecil walaupun baja saat itu belum meleleh, dan ini menyebabkan kapasitas daya dukung momen turun dengan cepat.

### 3. METODE PENELITIAN

<sup>32</sup>

Pengujian ini dilakukan pada 2 buah benda uji balok yang berukuran 200 mm x 300 mm x 1600 mm berumur 28 hari dengan metode pembebahan satu titik (*center point loading*). Pembebahan satu titik dilakukan secara monotonic. Dimana benda uji dibebani secara terus menerus dengan interval tertentu sampai mencapai nilai beban maksimum yang dapat ditahan balok. Nilai maksimum ini dapat dilihat jika benda uji telah mencapai *failure* dan *hydraulic jack* sudah tidak mampu lagi menekan benda uji. Hal yang harus diamati dan dicatat selama pengujian adalah beban, lendutan, dan retak yang terjadi pada balok.

<sup>12</sup> Dalam penelitian ini akan dibatasi pada :

- Mutu beton yang direncanakan adalah beton dengan  $f'_c = 40$  MPa.
- Standart pengujian dan penanganan data yang dilakukan adalah berdasarkan ASTM Standar (pemeriksaan beton, pengujian kuat tekan, pengujian tarik belah, pengujian kuat lentur).
- Pada perhitungan momen, berat sendiri balok diabaikan

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

**Pengujian Kuat Tekan**

<sup>31</sup>

Hasil pengujian kuat tekan silinder beton disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 1 Hasil Pengujian Kuat Tekan

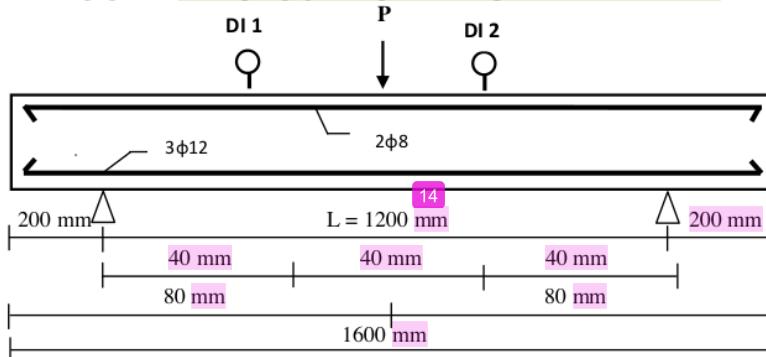
Benda Uji	Berat (Kg)	P (kN)	$f'_c$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
Silinder 1	11.898	750	42.463	41.104
Silinder 2	11.649	720	40.764	
Silinder 3	11.824	700	39.632	
Silinder 4	11.874	740	41.897	
Silinder 5	11.880	720	40.764	

Sumber : Hasil Perhitungan

### Pengujian Lendutan

35

Pengujian lendutan dilakukan terhadap benda uji balok yang berukuran 200 mm x 300 mm x 1600 mm. Benda uji dipasang di atas dua tumpuan secara simetris sesuai dengan Gambar 4. Jarak tumpuan dari ujung balok masing-masing 200 mm. Pengujian dilakukan dengan metode pembebanan satu titik berjarak 600 mm dari tumpuan atau 800 mm dari ujung balok. Dial indicator (DI) dipasang pada dua titik sesuai posisi pada Gambar 4, yang berjarak 400 mm dari tumpuan atau 600 mm dari ujung balok. Karena tidak memungkinkan untuk meletakkan dial indicator pada  $\frac{l}{2}$  maka, nilai lendutan untuk titik  $\frac{l}{2}$  di interpolasi dari nilai dial indicator 1 (DI 1) dan dial indicator 2 (DI 2). Pembebanan awal yang diberikan pada pengujian balok ini 30 kN, lalu beban dinaikan sebesar 50 kN hingga tercapai keruntuhan/kegagalan. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut ini :



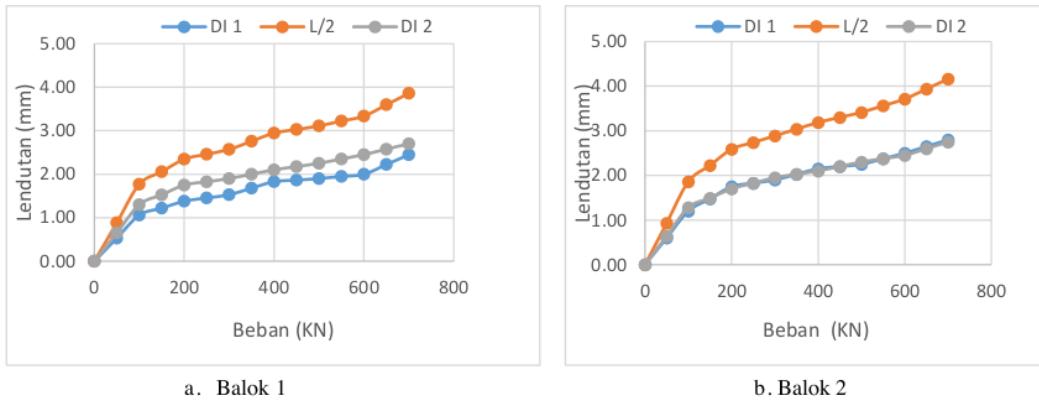
Gambar 4. Jarak bentang Balok yang ditinjau lendutannya

Tabel 2. Hasil Pengujian Lendutan Balok

Beban P (kN)	Lendutan Balok 1 (mm)			Ket	Lendutan Balok 2 (mm)			Ket
	DI 1 Kiri	$\frac{l}{2}$ Tengah	DI 2 Kanan		DI 1 Kiri	$\frac{l}{2}$ Tengah	DI 2 Kanan	
0	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0	
50	0.53	0.89	0.65		0.60	0.93	0.64	
100	1.06	1.77	1.30		1.20	1.86	1.28	
150	1.22	2.06	1.53		1.48	2.22	1.49	
200	1.38	2.35	1.75		1.75	2.59	1.7	
250	1.46	2.46	1.83		1.83	2.74	1.83	
300	1.53	2.57	1.9		1.90	2.89	1.95	
350	1.68	2.76	2.00		2.03	3.04	2.03	

400	1.83	2.95	2.10	Retak awal	2.15	3.19	2.1	Retak awal
450	1.87	3.03	2.18		2.20	3.30	2.20	
500	1.90	3.11	2.25		2.25	3.41	2.3	
550	1.95	3.23	2.35		2.38	3.56	2.38	
600	2.00	3.34	2.45		2.50	3.71	2.45	
650	2.23	3.60	2.58		2.65	3.94	2.60	
700	2.45	3.86	2.70		Failure	2.80	4.16	2.75
								Failure

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 5. Hubungan Beban-Lendutan

Pengukuran besarnya nilai lendutan (defleksi) dilakukan pada setiap tahap pembebanan dengan mencatat perubahan nilai yang terbaca pada dial gauge. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapat bahwa lendutan maksimum pada masing-masing balok uji yaitu, balok 1 mampu menghasilkan lendutan sebesar 3.86 mm pada saat beban maksimum sebesar 700 kN. Balok 2 mampu menghasilkan lendutan sebesar 4.16 mm pada saat beban maksimum sebesar 700 kN. Dari grafik hubungan beban dengan lendutan pada gambar 5.a dan gambar 5.b, dapat dijelaskan bahwa semakin landai garis kurva, maka balok beton tersebut semakin kekurang kekakuan.

#### Perhitungan momen kurvatur secara teoritis

Balok dengan karakteristik :

Tinggi balok (h) : 300 mm

Lebar balok (b) : 200 mm

Jarak pusat tulangan tarik ke ujung atas balok (d) : 275 mm

Jarak pusat tulangan tekan ke ujung atas balok(d') : 25 mm

Tulangan tarik 3 φ12

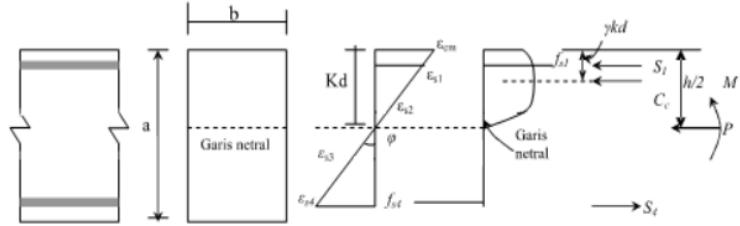
- Luas tampang ( $A_s$ ) =  $\frac{1}{4}\pi d^2$  : 339,12 mm<sup>2</sup>

29 • Rasio tulangan tarik ( $\rho$ ) =  $\frac{A_s}{bd}$  : 0,00617

Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) : 41,10 MPa

Kuat Leleh baja ( $f_y$ ) : 279,669 MPa

Modulus elastisitas baja ( $E_s$ ) :  $2,1 \times 10^5$  Mpa



Gambar 6. Distribusi tegangan-regangan pada penampang balok beton bertulang

#### a. Sebelum retak

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastisitas beton } (E_c) &= 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{41.10 \times 0,83} \\ &= 27452.32 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Rasio modular / angka ekivalen

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{210000}{27452.32} = 7,650$$

Pusat transformasi taman

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{(b \cdot h \cdot \frac{h}{2}) + (n-1)A_s d}{(b \cdot h) + (n-1)A_s} &= 300 - 154.53 \\ &= \frac{\left(200 \times 300 \times \frac{300}{2}\right) + (7,650-1) \times 339,12 \times 275}{(200 \times 300) + (7,650-1) \times 339,12} \\ &= 154.53 \text{ mm} &= 145.47 \text{ m} \\ \bar{y}_{dasar} &= h - \bar{y} \end{aligned}$$

Momen inersia

$$\begin{aligned} I &= \left(\frac{1}{12} b \cdot h^3\right) + \left(b \cdot h \left(\bar{y} - \frac{h}{2}\right)^2\right) + ((n-1)A_s(d - \bar{y})^2) \\ &= \left(\frac{1}{12} 200 \times 300^3\right) + \left(200 \times 300 \left(154.53 - \frac{300}{2}\right)^2\right) \\ &\quad + ((7,650-1)339,12(275 - 154.53)^2) \\ &= 483855262.2 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Retak akan terjadi saat modulus pecah beton dicapai pada dasar serat  
Modulus pecah beton :

$$\begin{aligned} f_r &= K\sqrt{f'_c} = 0,62 \sqrt{41.10 \times 0,83} \\ &= 3,621 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{retak} &= \left(\frac{f_r I}{y_{dasar}}\right) \\ &= \left(\frac{3,621 \times 483855262.2}{145.47}\right) \\ &= 12043994.67 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\varphi = \left( \frac{f_r/I}{y_{dasar}} \right) = \left( \frac{3,621/483855262.2}{145.47} \right)$$

$$= 5.144 \times 10^{-11} \text{ rad/mm}$$

**b. Setelah retak, saat pertama leleh :**

Anggap beton berkelakuan elastis

$$\begin{aligned} k &= [\rho^2 \times n^2 + 2\rho n]^{\frac{1}{2}} - (\rho \times n) \\ &= [0.00617^2 \times 7.650^2 + 2 \times 0.00617 \times 7.650]^{\frac{1}{2}} - (0.00617 \times 7.650) \\ &= 0.2637 \end{aligned}$$

$$k.d = 0.2637 \times 275 = 72.5175 \text{ mm}$$

Sedangkan, regangan baja tarik didapat dari percobaan

$$\begin{aligned} f_s &= \frac{P_{putus}}{A_{baja}} = \frac{6372.5}{1.0256} \\ &= 6213.436 \text{ Kg/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_s &= \frac{f_s}{E_s} = \frac{6213.436}{2100000} \\ &= 0,00296 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_c &= \varepsilon_s \frac{kd}{d-kd} \\ &= 0,00296 \frac{72.5175}{275 - 72.5175} \\ &= 0,00106 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_c &= \varepsilon_c \times E_c \\ &= 0,00106 \times 27452,32 \\ &= 29.099 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0.85 f_c b kd \\ &= 0.85 \times 41.10 \times 200 \times 72.5175 \\ &= 506679.7725 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} jd &= d - \frac{kd}{2} = 275 - \frac{72.5175}{2} \\ &= 238.74 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka nilai M dan  $\varphi$

$$\begin{aligned} M_y &= A_s f_y jd \\ &= 339,12 \times 279,669 \times 238.74 \\ &= 22642542.76 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_y &= \frac{\varepsilon_s}{d(1-k)} = \frac{0,00296}{275 \times (1 - 0,2637)} \\ &= 1,462 \times 10^{-5} \text{ rad/mm} \end{aligned}$$

**c. Setelah retak, saat beban ultimate**

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_c} = \frac{d-c}{c}, \varepsilon_s = 0.003 \frac{d-c}{c}$$

$$\varepsilon_s = \frac{f_s}{E_s}, f_s = 0.003 \frac{d-c}{c} E_s$$

$$f_s = 0.003 \frac{\beta_1 d - a}{a} E_s$$

Karena,  $= \beta_1 c$

16

1

Faktor  $\beta_1$  harus diambil sebesar 0.85 untuk beton dengan nilai kuat tekan  $f'_c \leq 30 \text{ MPa}$ .

Untuk beton dengan nilai kuat tekan  $f'_c > 30 \text{ MPa}$ ,  $\beta_1$  harus direduksi sebesar 0.05 untuk setiap kelebihan 7 MPa di atas 30 MPa, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh diambil kurang dari 0.65. (SNI-03-2847-2002).

Jika  $f'_c = 41.10 \text{ MPa}$ , maka nilai  $\beta_1$  adalah ;

$$\beta_1 = 0.85 - \left\{ \frac{41.10 - 30}{7} \times 0.05 \right\} = 0.77$$

$$\sum H = 0, \text{ maka } C - T = 0$$

$$0.85f'_c ab = A_s f_s$$

$$0.85f'_c = 0.003 \frac{\beta_1 d - a}{a} E_s A_s$$

$$\left( \frac{0.85f'_c}{0.003E_s\rho} \right) a^2 + ad - \beta_1 d^2 = 0$$

$$\left( \frac{0.85 \times 41.1}{0.003 \times 210000 \times 0.00617} \right) a^2 + 275a - 0.77 \times 275^2 = 0$$

$$8.987a^2 + 275a - 58231.25 = 0$$

Dengan menggunakan rumus abc, maka nilai a didapat:

$$a = 66.64 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{66.64}{0.77} = 86.55 \text{ mm}$$

Persamaan momen dan kurvatur saat ultimate adalah sebagai berikut :

$$M_u = 0.85f'_c ab \left( d - \frac{a}{2} \right) = 0.85 \times 41.10 \times 66.64 \times 200 \left( 275 - \frac{66.64}{2} \right)$$

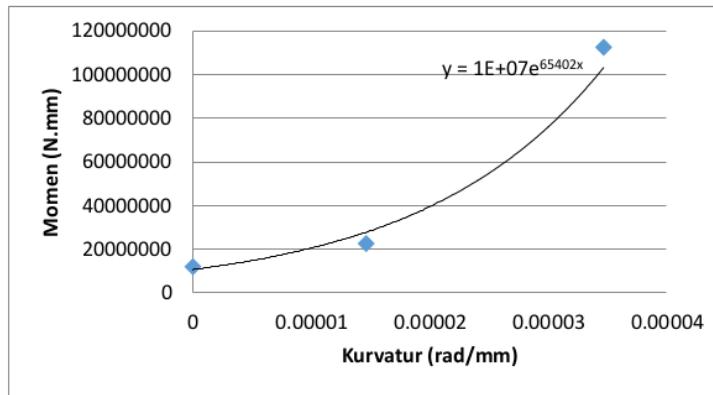
$$= 112529514.2 \text{ N.mm}$$

$$\varphi_u = \frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{0.003}{86.55} = 3.466 \times 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

Tabel 3. Hasil Perhitungan Momen-Kurvatur Balok Teoritis

	Momen (M) N.mm	Kurvatur ( $\varphi$ ) Rad/mm
Saat Retak	12043994.67	$5.144 \times 10^{-11}$
Saat Leleh	22642542.76	$1.462 \times 10^{-5}$
Saat Ultimate	112529514.2	$3.466 \times 10^{-5}$

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 7. Hubungan Momen-Kurvatur

Grafik hubungan momen – kurvatur penampang yang diperoleh dari hasil analisis balok beton bertulang, dapat dilihat pada Gambar 7. Bentuk kurva hubungan momen – kurvatur yang diperoleh, secara umum terbagi atas tiga fase, yaitu : (1) fase sebelum retak,

(2) fase antara retak pertama dengan leleh pertama dan (3) fase antara leleh pertama dengan runtuh.

Pada kedua fase pertama, kenaikan nilai kurvatur penampang ( $\phi$ )  $5.144 \times 10^{-11}$  rad/mm selalu diiringi dengan kenaikan nilai momen ( $M$ ) sebesar 12043994.67 N.mm. Pada fase kedua momen mengalami kenaikan 22642542.76 N.mm, nilai kurvatur hanya mengalami kenaikan sebesar  $1.462 \times 10^{-5}$  rad/mm. Pada fase ketiga, kenaikan nilai momen sebesar 112529514.2 N.mm diiringi dengan kenaikan kurvatur yang sangat besar yaitu  $3.466 \times 10^{-5}$  rad/mm hingga penampang mengalami keruntuhan.

Dari gambar grafik hubungan momen-kurvatur pada balok beton mutu tinggi dapat disimpulkan bahwa semakin besar momen maka kurvurnya semakin besar pula, demikian sebaliknya. Persamaan momen-kurvatur cenderung mengikuti persamaan eksponensial.

## 15. PENUTUP

- Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :
- Hubungan momen-kurvatur pada balok beton mutu tinggi dapat disimpulkan bahwa semakin besar momen maka kurvurnya semakin besar, demikian pula sebaliknya.
  - Pola persamaan hubungan momen-kurvatur balok mutu tinggi cenderung mengikuti pola persamaan eksponensial.
  - Hubungan tegangan-regangan pada balok mutu tinggi dapat disimpulkan bahwa pada saat tegangan lentur maksimum 4 MPa, maka nilai regangan rata-rata 0.0087. Kemudian nilai tegangan mulai turun dengan bertambahnya nilai regangan sampai balok runtuh pada nilai regangan mencapai 0.0107.

## 16. AFTAR PUSTAKA

- ACI 318-95 / ACI 318R-95, 1995, Building Code Requirement for Structural Concrete and Commentary, Am Concrete Inst, Detroit, Michigan.
- Anonim, 1991, Tata Cara Penghitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, Yayasan LPMB, Bandung.
- Amin Ghali and Rene Fazze, 1986, Concrete Structure, Stresses and Deformation, Chapman & Hall, New York.
- Dipohusodo Istimawan (1994), Struktur Beton Bertulang, PT.Gramedia, Jakarta.
- Srikanth, JTS (2002), Beton Bertulang, Rekayasa Sains, Bandung
- M. Srikanth, G. Rajesh Kumar and S. Giri (2009) dengan topik penelitian : "Moment Curvature of Reinforced Concrete Beams Using Various Confinement Models and Experimental Validation", Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing) Vol. 8, N<sup>21</sup> 3 (2009), Page 247-265.
- MacGregor, JG, 1997, Reinforced Concrete Mechanics and Design, Prentice Hall, New Jersey.
- Nawi, EG (1998), Beton Bertulang (Suatu Pendekatan Dasar), PT. R<sup>23</sup>ka Aditama, Bandung.
- Park and Paulay (1975), Reinforced Concrete Structures, A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York, London, Sidney, Toronto.
- Paulay & Priestly (1992), Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Rahmi Karolina (2008), "Analisa dan Kajian Eksperimental Hubungan Momen-Kurvatur Pada Balok Beton Bertulang", Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan.

- 10 rendra, P. Shah, 1983, Handbook of Structural Concrete, Pitman, London.
- Vis, W.C and Kusuma, G, 1993, Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang, Erlangga, Jakarta.
- Wang, C.K dan Salmaon, CG, 1986, Reinforce Concrete Design, Terjemahan Hariandja, PT. Pradaya Paramita, Jakarta.

# STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU MOMEN-KURVATUR BALOK BETON MUTU TINGGI

ORIGINALITY REPORT



PRIMARY SOURCES

- |   |                                     |     |
|---|-------------------------------------|-----|
| 1 | eprints.umm.ac.id                   | 1 % |
|   | Internet Source                     |     |
| 2 | Submitted to Universitas Diponegoro | 1 % |
|   | Student Paper                       |     |
| 3 | www.mindopen.nl                     | 1 % |
|   | Internet Source                     |     |
| 4 | ilmudasardanteknik.blogspot.com     | 1 % |
|   | Internet Source                     |     |
| 5 | konstantinidis.weebly.com           | 1 % |
|   | Internet Source                     |     |
| 6 | ml.scribd.com                       | 1 % |
|   | Internet Source                     |     |
| 7 | agussugiantocom.files.wordpress.com | 1 % |
|   | Internet Source                     |     |
| 8 | link.springer.com                   | 1 % |
|   | Internet Source                     |     |
| 9 | www.teknika-ftiba.info              |     |

Internet Source

1 %

10

[ejurnal.bunghatta.ac.id](#)

1 %

Internet Source

11

[savoirs.usherbrooke.ca](#)

1 %

Internet Source

12

[Submitted to Universitas Teuku Umar](#)

1 %

Student Paper

13

[puslit2.petra.ac.id](#)

<1 %

Internet Source

14

[cache.industry.siemens.com](#)

<1 %

Internet Source

15

[ejournal.amikompurwokerto.ac.id](#)

<1 %

Internet Source

16

[atdr.unsyiah.ac.id:8080](#)

<1 %

Internet Source

17

[sipil.ft.uns.ac.id](#)

<1 %

Internet Source

18

[Submitted to Universiti Teknologi Malaysia](#)

<1 %

Student Paper

19

[eprints.undip.ac.id](#)

<1 %

Internet Source

20

[adoc.tips](#)

<1 %

Internet Source

---

21	<a href="http://debis.deu.edu.tr">debis.deu.edu.tr</a>	<1 %
Internet Source		
22	<a href="http://repository.unhas.ac.id">repository.unhas.ac.id</a>	<1 %
Internet Source		
23	<a href="http://orbit.dtu.dk">orbit.dtu.dk</a>	<1 %
Internet Source		
24	<a href="http://repository.unika.ac.id">repository.unika.ac.id</a>	<1 %
Internet Source		
25	Submitted to Higher Education Commission Pakistan	<1 %
	Student Paper	
26	<a href="http://he02.tci-thaijo.org">he02.tci-thaijo.org</a>	<1 %
Internet Source		
27	<a href="http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id">jurnalmahasiswa.unesa.ac.id</a>	<1 %
Internet Source		
28	<a href="http://www.iosrjournals.org">www.iosrjournals.org</a>	<1 %
Internet Source		
29	<a href="http://dokumen.tips">dokumen.tips</a>	<1 %
Internet Source		
30	<a href="http://eprints.perbanas.ac.id">eprints.perbanas.ac.id</a>	<1 %
Internet Source		
31	<a href="http://e-journal.upstegal.ac.id">e-journal.upstegal.ac.id</a>	<1 %
Internet Source		

---

32

Submitted to Universitas Negeri Surabaya The  
State University of Surabaya

Student Paper

<1 %

33

jurnal.usu.ac.id

Internet Source

<1 %

34

www.yumpu.com

Internet Source

<1 %

35

Submitted to Udayana University

Student Paper

<1 %

Exclude quotes

Off

Exclude matches

Off

Exclude bibliography

On

# STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU MOMEN-KURVATUR BALOK BETON MUTU TINGGI

---

## GRADEMARK REPORT

---

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

---

PAGE 1

---

PAGE 2

---

PAGE 3

---

PAGE 4

---

PAGE 5

---

PAGE 6

---

PAGE 7

---

PAGE 8

---

PAGE 9

---

PAGE 10

---

PAGE 11

---