

# PERBANDINGAN KEKUATAN LENTUR PADA BALOK BETON BERTULANG YANG DICOR SECARA BERLAPIS DENGAN MUTU BERBEDA

**Gunawan Tarigan**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik  
Universitas Islam Sumatera Utara  
gunawan@ft.uisu.ac.id

## Abstrak

Disebabkan oleh tidak berperannya beton di daerah tarik pada perhitungan kekuatan batas suatu balok dalam perhitungan secara teoritis, maka bagaimana hal tersebut pengaruhnya terhadap lenturan dan kekuatan runtuh beton jika fungsi balok yang berada di daerah tarik diganti dengan mutu beton yang lebih rendah dari mutu beton di daerah tekan. Sering terlihat di lapangan suatu balok beton bertulang yang dicor dengan volume yang besar dan pengawasan yang ketat akan memerlukan biaya operasional yang besar pada pelaksanaan di lapangan. Atas dasar pertimbangan-pertimbangan praktis dan ekonomis di lapangan dilakukan suatu metode, bagaimana jika balok beton bertulang dibuat secara berlapis dengan mutu yang berbeda. Untuk itu dilakukan suatu pengujian di laboratorium struktur beton. Pada penelitian ini diuji 2 (dua) buah balok beton bertulang dengan dimensi dan penulangan yang sama hanya dibedakan mutu beton yang digunakan berbeda yaitu :

1. Balok 1 dicor secara berlapis dimana beton mutu tinggi dicor pada daerah tekan dan beton mutu rendah dicor pada daerah tarik.
2. Balok 2 dicor seluruhnya dengan mutu beton yang tinggi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kegagalan balok pada balok 1 dan balok 2 tidak jauh berbeda. Maka untuk daerah tarik mutu beton bisa diganti dengan mutu beton yang lebih rendah dari mutu beton daerah tekan.

**Kata-Kata Kunci :** Balok Beton, Kuat Lentur, Beton berlapis.

## I. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Konstruksi balok beton bertulang terutama yang dilakukan pada pekerjaan pengecoran dengan volume balok yang besar akan membutuhkan biaya yang besar untuk bahan material seperti semen dan bahan material campuran lainnya. Untuk itu perlu adanya solusi efisiensi dengan berpedoman dan tidak bertentangan terhadap prinsip-prinsip dasar analisa perhitungan kekuatan beton tanpa mengurangi kekuatan bahan yang direncanakan.

Pada balok beton bertulang apabila telah terjadi retak rambut pada daerah tarik akibat pembebanan, maka seluruh gaya tarik pada beton diambil alih oleh baja tulangan dan beton pada daerah tarik tidak berfungsi. Tidak berfungsinya beton di daerah tarik, maka mutu betonnya bisa diganti dengan mutu beton yang lebih rendah dari mutu beton untuk daerah tekan. Hal ini bisa dilakukan dengan cara pengecoran beton secara berlapis.

### 1.2. Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah untuk meneliti kebenaran dari dugaan selama ini bahwa pada saat akan terjadinya keruntuhan, fungsi beton di daerah tarik tidak berfungsi lagi, akibatnya seluruh gaya tarik yang bekerja pada daerah tarik balok diterima oleh baja tulangan.

### 1.3. Manfaat

Manfaat yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah merencanakan konstruksi beton bertulang dengan biaya yang minimal, tanpa mengurangi kekuatan rencana bangunan.

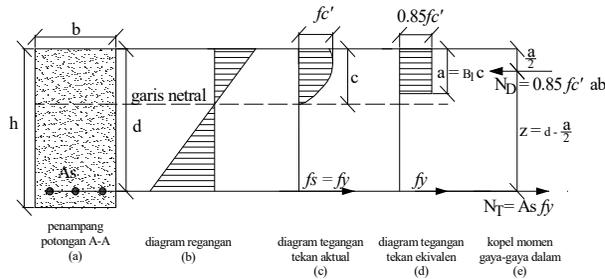
## II. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Tegangan untuk Pembebanan Ultimit

Pada distribusi tegangan dan regangan yang timbul pada atau dekat keadaan pembebanan ultimit, balok mengalami hancur. Sampai dengan tahap ini, tampak bahwa tercapainya kapasitas ultimit merupakan proses yang tidak dapat berulang. Komponen struktur telah hancur dan tulangan baja meluluh, mulur, terjadi lendutan besar, dan tidak akan kembali ke panjang semula. Pendekatan dan pengembangan metode perencanaan kekuatan didasarkan atas anggapan-anggapan sebagai berikut :

1. Bidang penampang rata sebelum terjadi lenturan, tetapi setelah terjadi lenturan dan tetap berkedudukan tegak lurus pada sumbu bujur blok (Prinsip Bernoulli). Oleh karena itu, nilai regangan dalam penampang komponen struktur terdistribusi linier atau sebanding lurus terhadap jarak ke garis netral (Prinsip Navier).
2. Tegangan berbanding lurus dengan regangan sampai pada kira-kira beban sedang, dimana tegangan beton tekan tidak melampaui  $\pm \frac{1}{2}f_c'$ .

3. Dalam memperhitungkan kapasitas momen ultimit komponen struktur, kuat tarik beton diabaikan (tidak diperhitungkan) dan seluruh gaya tarik dilimpahkan kepada tulangan baja tarik.



**Gambar 1. Perilaku lentur pada beban ultimit dan Blok tegangan ekuivalen Whitney**  
(Sumber: Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo)

Setelah tegangan tekan beton melampaui  $\frac{1}{2}f_c'$ , tegangan ini tidak lagi berbanding lurus dengan jarak dari sumbu netral atau sebagai garis lurus, akan tetapi tegangan sangat bervariasi seperti ditunjukkan pada Gambar 1(c). Diagram tekan yang berbentuk lengkung diasumsikan diagram tekan tersebut berbentuk persegi dengan tegangan rata-rata  $0,85f_c'$ , sebagai mana yang diusulkan oleh Whitney. Diagram dengan ketinggian  $a$  diasumsikan mempunyai pusat titik berat yang sama dan besar yang sama dengan diagram lengkung. Dimana nilai  $a$  dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$a = \beta_1 \cdot c$$

Dimana :

$c$  = Jarak serat tekan terluar ke garis netral

$\beta_1$  = Faktor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekuivalen

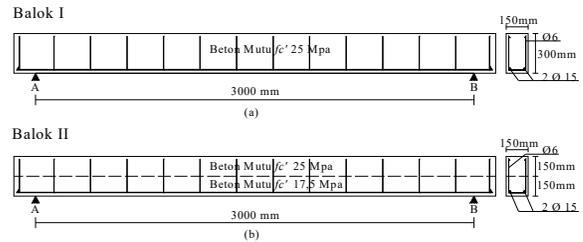
Standard SK SNI T - 15 - 1991 - 03 menetapkan nilai  $\beta_1$  diambil 0,85 untuk  $f_c' \leq 30$  Mpa. Berkurang 0,008 untuk setiap kenaikan 1 Mpa kuat beton, dan nilai tersebut tidak boleh kurang dari 0,65. Dari berbagai hasil penelitian dan pengujian telah terbukti bahwa hasil perhitungan dengan menggunakan distribusi tegangan persegi empat ekuivalen tersebut memberikan hasil yang mendekati terhadap tegangan aktual yang rumit. Dengan menggunakan distribusi tegangan berbentuk persegi empat ekuivalen serta anggapan-anggapan kuat rencana yang diberlakukan, dapat ditentukan besarnya kuat lentur ideal  $M_n$  dari balok beton bertulang empat persegi dengan penulangan tarik saja.

**2.2 Benda Uji Beton**

Benda uji balok beton bertulang dibuat dari 2 (dua) mutu beton yang berbeda yaitu beton mutu rendah  $f_c' 17,5$  Mpa dan beton mutu tinggi  $f_c' 25$  Mpa. Dimensi dari balok beton bertulang yaitu (150

x 300 x 3300) mm dan tulangan yang digunakan adalah 2 Ø 15 mm.

1. Balok yang seluruhnya dicor dengan beton mutu tinggi  $f_c' 25$  Mpa, Gambar 2.5(a)
2. Balok yang dicor secara berlapis dibagian atas dicor dengan beton mutu tinggi  $f_c' 25$  Mpa dan bagian bawah dicor dengan beton mutu rendah  $f_c' 17,5$  Mpa, Gambar 2.5(b)

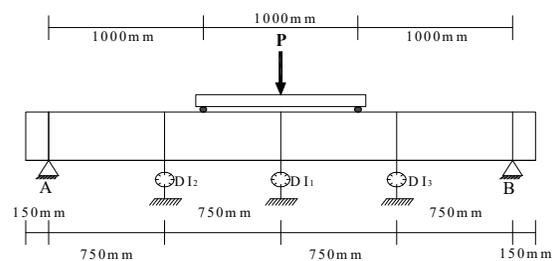


**Gambar 2. Dimensi balok beton bertulang normal dan berlapis**

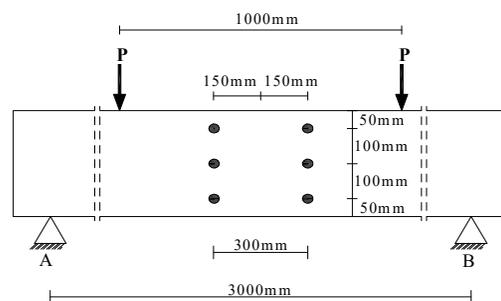
Selain itu dibuat juga sebanyak 6 (enam) buah benda uji silinder Ø150 - 300 mm untuk masing-masing mutu beton yang digunakan untuk uji kekuatan tekan beton.

**2.3 Pengujian Kekuatan Lentur Dan Regangan Beton**

Pengujian kekuatan lentur dan regangan beton dilakukan dengan menggunakan alat kompres (jacking) yang berkapasitas 25 ton, strain test, dan dial indicator pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari.



**Gambar 3. Skets pembebanan pada balok**



**Gambar 4. Skets letak titik-titik pengukuran regangan**

Prosedur pekerjaan untuk kekuatan lentur dan regangan beton adalah sebagai berikut :

1. Tempatkan balok beton bertulang pada 2 (dua) perletakan dengan jarak bentang 300 cm.
2. Pasang alat kompres (jacking) sebagai beban terpusat P yang diuraikan menjadi 2 (dua) titik pembebanan, yang membagi balok dengan jarak sama, jarak antara kedua titik pembebanan adalah 100 cm, seperti Gambar 2.3.
3. Pasang paku untuk strain test sebanyak 3 (tiga) pasang titik tertentu yaitu pada daerah tarik, garis tengah penampang memanjang dan pada daerah tekan balok dengan jarak 30 cm satu sama lainnya, seperti Gambar 2.4.
4. Untuk mengukur besarnya lenturan balok beton bertulang dipasang 3 (tiga) buah dial indikator dibawah balok dengan jarak antara dial indikator adalah 750 mm, seperti Gambar 2.3. Sebelum dilakukan pembebanan, jarum-jarum penunjuk pada dial indicator dinolkan terlebih dahulu.
5. Tekanan/gaya P pada awal diberi sebesar 1 (satu) ton, dan ditambah secara bertahap sebesar 0,5 ton, yang besarnya dapat dibaca pada manometer. Pembebanan dilakukan dengan cara memompa alat kompres (jacking)
6. Catat lenturan yang terjadi pada ketiga dial indicator terpasang (dari tengah, kiri dan kanan bentang) disetiap tahap pembebanan.
7. Catat besarnya pertambahan/pengurangan diserat atas, tengah dan bawah penampang balok dengan menggunakan strain test disetiap tahap pembebanan.
8. Selama penelitian berlangsung diperhatikan saat mulainya terjadi retak halus (retak yang dapat dilihat dengan mata) dan saat retakan-retakan tersebut semakin membesar dan penurunan yang terjadi membesar secara tiba-tiba, maka hentikan penambahan beban karena beton akan runtuh.

### III Analisa Dan Pembahasan Hasil Eksperimen

#### 3.1 Hasil Lenturan Balok Beton Bertulang

Pada penelitian besarnya lenturan balok beton bertulang pada umur 28 hari, diperoleh hasilnya adalah besar lenturan pada 3 (tiga) titik yang berbeda yaitu Y1, Y2, dan Y3, dimana posisi titik Y1 terletak ditengah bentang, posisi titik Y2 terletak sebelah kiri dengan jarak 750 mm dari tengah bentang, sedangkan posisi titik Y3 terletak sebelah kanan dengan jarak 750 mm dari tengah bentang. Dengan pengujian pembebanan yang meningkat dari keadaan awal 1000 kg meningkat tiap 500 kg hingga mencapai keadaan daya dukung maksimal, seperti yang terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut :

1. Tabel hasil penelitian besar lenturan pada balok beton bertulang yang dicor secara berlapis

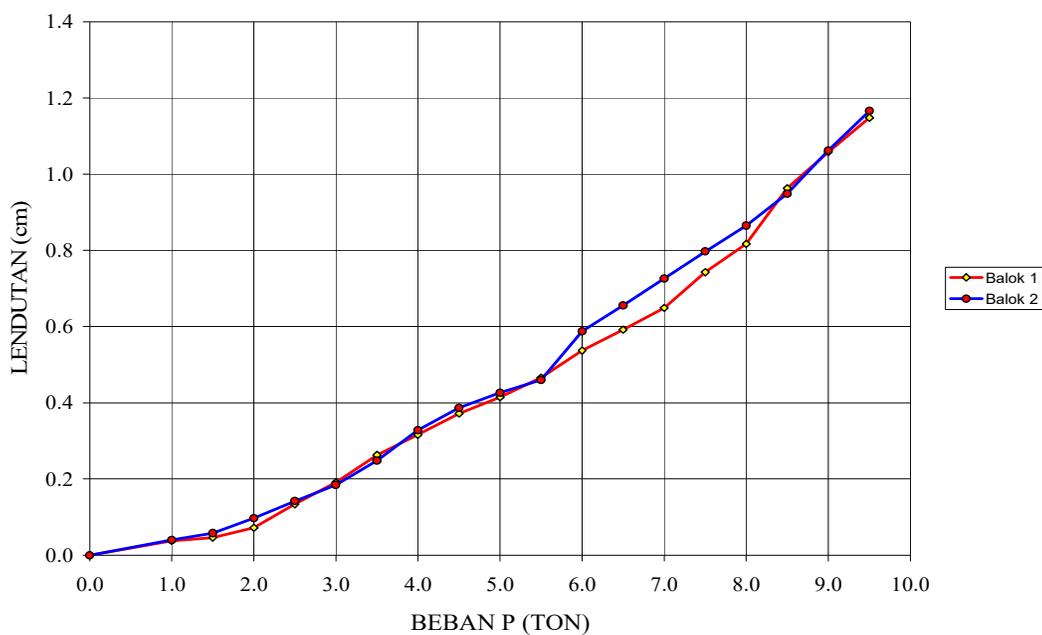
**Tabel 1. Hasil pengujian besar lenturan pada balok 1**

BEBAN	LENTURAN ( $\Delta Y$ -cm)			
	P	TITIK 1	TITIK 2	TITIK 3
	(TON)	(Y1)	(Y2)	(Y3)
0,0	0,000	0,000	0,000	
1,0	0,038	0,020	0,034	
1,5	0,046	0,029	0,042	
2,0	0,134	0,057	0,059	
2,5	0,191	0,099	0,098	
3,0	0,231	0,142	0,138	
3,5	0,263	0,296	0,188	
4,0	0,316	0,232	0,223	
4,5	0,372	0,279	0,267	
5,0	0,415	0,310	0,297	
5,5	0,466	0,349	0,334	
6,0	0,537	0,403	0,385	
6,5	0,592	0,443	0,428	
7,0	0,649	0,488	0,476	
7,5	0,743	0,558	0,545	
8,0	0,817	0,611	0,598	
8,5	0,963	0,724	0,715	
9,0	1,058	0,794	0,782	
9,5	1,148	0,861	0,847	

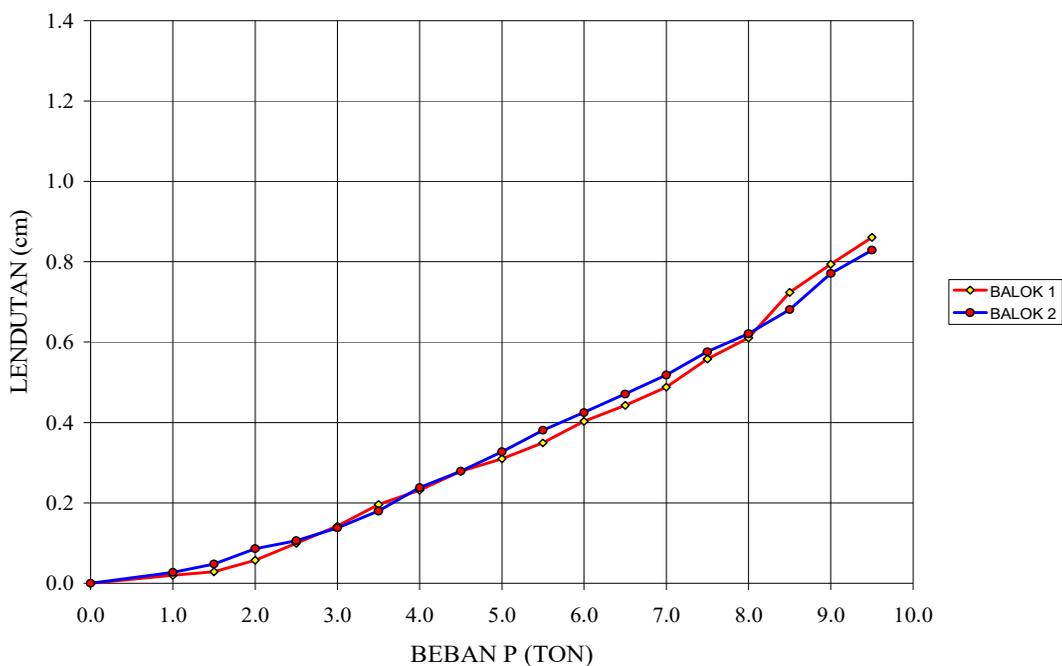
2. Tabel hasil penelitian besar lenturan pada balok beton bertulang normal

**Tabel 2. Hasil pengujian besar lenturan pada balok 2**

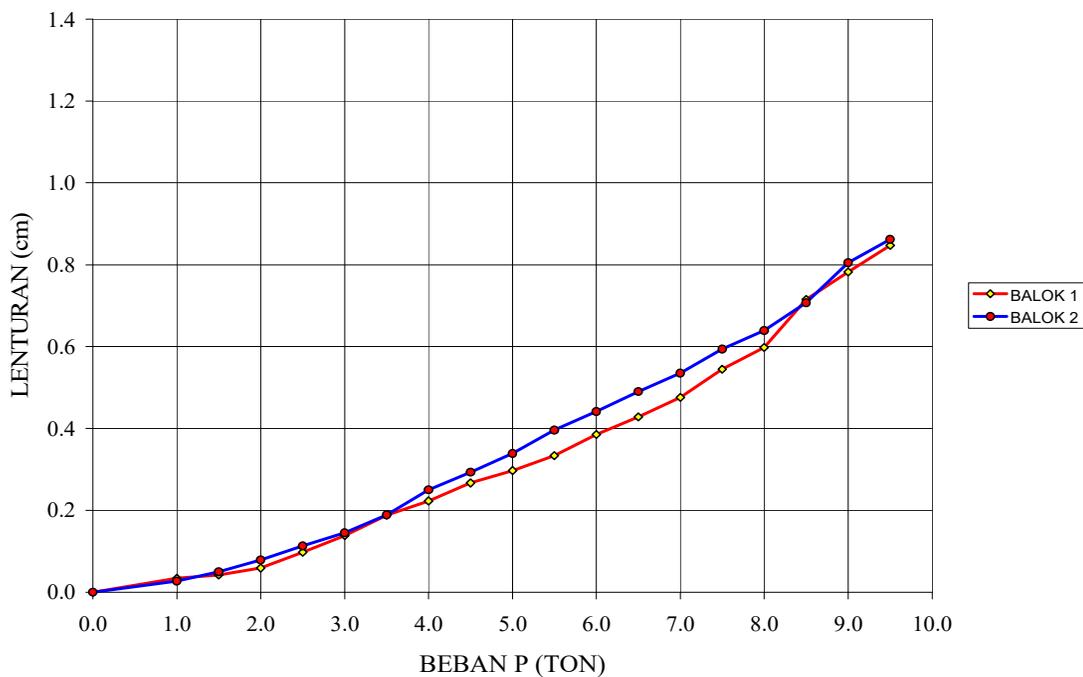
BEBAN	LENTURAN ( $\Delta Y$ -cm)			
	P	TITIK 1	TITIK 2	TITIK 3
	(TON)	(Y1)	(Y2)	(Y3)
0,0	0,000	0,000	0,000	
1,0	0,040	0,027	0,027	
1,5	0,058	0,086	0,050	
2,0	0,097	0,106	0,079	
2,5	0,142	0,138	0,113	
3,0	0,185	0,180	0,145	
3,5	0,248	0,238	0,189	
4,0	0,328	0,279	0,250	
4,5	0,387	0,327	0,293	
5,0	0,426	0,381	0,339	
5,5	0,460	0,425	0,334	
6,0	0,588	0,471	0,385	
6,5	0,656	0,518	0,424	
7,0	0,726	0,576	0,535	
7,5	0,797	0,588	0,594	
8,0	0,865	0,621	0,639	
8,5	0,949	0,681	0,707	
9,0	1,062	0,771	0,805	
9,5	1,166	0,829	0,862	



Gambar 5. Grafik lenturan dititik 1 sebagai fungsi dari beban untuk balok 1 dan balok 2



Gambar 6. Grafik lenturan titik 2 sebagai fungsi dari beban untuk balok 1 dan balok 2



Gambar 7. Grafik lenturan titik 3 sebagai fungsi dari beban untuk balok 1 dan balok 2

Grafik ini menggambarkan hubungan antara besarnya pembebanan dan lenturan yang terjadi pada kedua jenis balok. Dari pengujian pembebanan terhadap lenturan terlihat hal-hal sebagai berikut :

1. Pada balok beton bertulang yang dicor secara berlapis (Balok 1) saat mengalami pembebanan maksimum, lenturan yang terjadi pada ketiga titik yang ditinjau yaitu  $Y1 = 1,148$  cm,  $Y2 = 0,861$  cm, dan  $Y3 = 0,847$  cm.
2. Pada balok beton bertulang normal (Balok 2) saat mengalami pembebanan maksimum, lenturan yang terjadi pada ketiga titik yang ditinjau yaitu  $Y1 = 1,350$  cm,  $Y2 = 0,829$  cm, dan  $Y3 = 0,862$  cm.
3. Terbentuknya retakan-retakan baru dan penambahan panjang/lebar retakan dari sebelumnya, ditandai dengan penambahan lenturan yang meningkat secara mencolok.
4. Terjadinya keretakan awal ditengah bentang dimana tempat terjadinya momen maksimum dan gaya lintangnya nol.
5. Kegagalan pembebanan balok (daya dukung maksimum) ditandai dengan peningkatan lenturan dan pelebaran retakan yang sangat besar, walaupun besarnya beban dipertahankan konstan.

6. Dari kedua jenis balok yang diuji, besarnya lenturan yang terjadi tidak jauh berbeda hasilnya. Hal ini sesuai dengan teori bahwa kekuatan beton didaerah tarik diabaikan dalam perhitungan disain beton bertulang.
7. Balok beton berlapis aman digunakan pada konstruksi bangunan, karena lendutannya tidak jauh berbeda dengan balok beton bertulang normal.

### 3.2 Hasil Besarnya Regangan Balok Beton Bertulang

Pada penelitian besarnya regangan pada balok beton bertulang, maka diperoleh adalah besarnya regangan pada 3 (tiga) titik ditengah bentang yang berbeda yaitu titik pertama terletak 50 cm dari sisi atas balok, titik kedua terletak ditengah penampang balok, dan titik ketiga terletak 50 cm dari sisi bawah balok. Dengan pengujian pembebanan yang meningkat dari keadaan awal 1000 kg meningkat tiap 500 kg hingga mencapai keadaan daya dukung maksimal, seperti yang terlihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut :

**Tabel 3. Hasil pengujian besarnya regangan pada balok 1**

BEBAN P (TON)	PEMBACAAN ALAT			PERUBAHAN PANJANG $\Delta L \times 10^{-3}$ (mm)			REGANGAN ( $\epsilon$ )		
	ATAS	TENGAH	BAWAH	ATAS	TENGAH	BAWAH	ATAS	TENGAH	BAWAH
0.0	2,1 + 00	2,1 + 00	2,1 + 00	0	0	0	0.000000	0.000000	0.000000
1.0	2,0 + 94	2,1 + 17	2,1 + 19	-6	17	19	-0.000020	0.000057	0.000063
1.5	2,0 + 87	2,1 + 19	2,1 + 25	-13	19	25	-0.000043	0.000063	0.000083
2.0	2,0 + 86	2,1 + 26	2,1 + 35	-14	26	35	-0.000047	0.000087	0.000117
2.5	2,0 + 86	2,1 + 45	2,1 + 71	-14	45	71	-0.000047	0.000150	0.000237
3.0	2,0 + 83	2,1 + 49	2,1 + 81	-17	49	81	-0.000057	0.000163	0.000270
3.5	2,0 + 75	2,1 + 56	2,2 + 13	-25	56	113	-0.000083	0.000187	0.000377
4.0	2,0 + 69	2,1 + 58	2,2 + 21	-31	58	121	-0.000103	0.000193	0.000403
4.5	2,0 + 68	2,1 + 73	2,2 + 39	-32	73	139	-0.000107	0.000243	0.000463
5.0	2,0 + 62	2,1 + 84	2,2 + 54	-38	84	154	-0.000127	0.000280	0.000513
5.5	2,0 + 60	2,1 + 90	2,2 + 60	-40	90	160	-0.000133	0.000300	0.000533
6.0	2,0 + 60	2,1 + 98	2,2 + 92	-40	98	192	-0.000133	0.000327	0.000640
6.5	2,0 + 58	2,2 + 04	2,3 + 02	-42	104	202	-0.000140	0.000347	0.000673
7.0	2,0 + 57	2,2 + 13	2,3 + 18	-43	113	218	-0.000143	0.000377	0.000727

7.5	2,0 + 55	2,2 + 24	2,3 + 50	-45	124	250	-0.000150	0.000413	0.000833
8.0	2,0 + 45	2,2 + 24	2,3 + 65	-55	124	265	-0.000183	0.000413	0.000883
8.5	2,0 + 43	2,2 + 46	2,3 + 89	-57	146	289	-0.000190	0.000487	0.000963
9.0	2,0 + 41	2,2 + 59	2,4 + 16	-59	159	316	-0.000197	0.000530	0.001053
9.5	2,0 + 40	2,2 + 78	2,4 + 51	-60	178	351	-0.000200	0.000593	0.001170

Tabel 4. Hasil pengujian besarnya regangan pada balok 2

BEBAN P (TON)	PEMBACAAN ALAT			PERUBAHAN PANJANG $\Delta L \times 10^{-3}$ (mm)			REGANGAN ( $\epsilon$ )		
	ATAS	TENGAH	BAWAH	ATAS	TENGAH	BAWAH	ATAS	TENGAH	BAWAH
0.0	2,1 + 00	2,1 + 00	2,1 + 00	0	0	0	0.000000	0.000000	0.000000
1.0	2,0 + 95	2,1 + 17	2,1 + 21	-5	17	21	0.000017	0.000057	0.000070
1.5	2,0 + 86	2,1 + 21	2,1 + 26	-14	21	26	0.000047	0.000070	0.000087
2.0	2,0 + 85	2,1 + 25	2,1 + 39	-15	25	39	0.000050	0.000083	0.000130
2.5	2,0 + 83	2,1 + 45	2,1 + 66	-17	45	66	0.000057	0.000150	0.000220
3.0	2,0 + 81	2,1 + 50	2,1 + 80	-19	50	80	0.000063	0.000167	0.000267
3.5	2,0 + 76	2,1 + 57	2,2 + 11	-24	57	111	0.000080	0.000190	0.000370
4.0	2,0 + 70	2,1 + 60	2,2 + 25	-30	60	125	0.000100	0.000200	0.000417
4.5	2,0 + 68	2,1 + 75	2,2 + 40	-32	75	140	0.000107	0.000250	0.000467
5.0	2,0 + 60	2,1 + 90	2,2 + 70	-40	90	170	0.000133	0.000300	0.000567
5.5	2,0 + 58	2,1 + 96	2,2 + 86	-42	96	186	0.000140	0.000320	0.000620
6.0	2,0 + 55	2,2 + 00	2,3 + 01	-45	100	201	0.000150	0.000333	0.000670
6.5	2,0 + 55	2,2 + 03	2,3 + 10	-45	103	210	0.000150	0.000343	0.000700
7.0	2,0 + 50	2,2 + 15	2,3 + 31	-50	115	231	0.000167	0.000383	0.000770
7.5	2,0 + 47	2,2 + 21	2,3 + 55	-53	121	255	0.000177	0.000403	0.000850
8.0	2,0 + 44	2,2 + 25	2,3 + 71	-56	125	271	0.000187	0.000417	0.000903
8.5	2,0 + 43	2,2 + 46	2,3 + 93	-57	146	293	0.000190	0.000487	0.000977
9.0	2,0 + 40	2,2 + 60	2,4 + 10	-60	160	310	0.000200	0.000533	0.001033
9.5	2,0 + 31	2,2 + 81	2,4 + 62	-69	181	362	0.000230	0.000603	0.001207

Nilai regangan pada Tabel 3 dan 4 menggambarkan hubungan antara besarnya pembebanan dan regangan yang terjadi pada kedua jenis balok. Dari pengujian pembebanan terhadap regangan terlihat hal-hal sebagai berikut :

1. Pada balok beton bertulang yang dicor secara berlapis (balok 1) saat beban maksimal, regangan yang terjadi pada beton ( $\epsilon_c$ ) = 0.000571, sedangkan regangan yang terjadi pada baja tulangan ( $\epsilon_y$ ) = 0.001238.
2. Pada balok beton bertulang normal (balok 2) saat beban maksimal, regangan yang terjadi pada beton ( $\epsilon_c$ ) = 0.000633, sedangkan regangan yang terjadi pada baja tulangan ( $\epsilon_y$ ) = 0.001277.
3. Besarnya perubahan perpanjangan/perpendekan pada serat tertarik/tertekan yang cukup mencolok setelah terbentuknya retak-retak rambut hingga mencapai keruntuhan tekan. Besarnya perpanjangan/perpendekan pada serat bergantung kepada kelenturan bahan untuk berubah bentuk, dengan demikian untuk beton bertulang bergantung pada kelas mutu beton dan luas tulangan tarik yang digunakan.
4. Pergerakan letak garis netral bergerak keatas sesuai dengan penambahan besarnya pembebanan. Semakin keatas pergerakan garis netral, maka semakin kecil pula luas penampang daerah tekan beton.
5. Dari grafik terlihat bahwa kedua balok menggunakan penampang bertulang lemah, hal ini terlihat dari tulangan baja terlebih dahulu mencapai regangan maksimum sedangkan regangan pada beton regangan yang terjadi lebih kecil dari 0,003.

#### IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Penggunaan jenis balok beton bertulang berlapis yang dicor pada daerah tariknya dengan mutu beton yang lebih rendah dari mutu beton daerah tekan dibandingkan dengan balok bertulang normal, tidak jauh berbeda terhadap regangan dan lendutan yang terjadi. Hal tersebut dapat kita lihat pada gambar grafik-grafik, maka dengan demikian balok beton bertulang yang dicor secara berlapis untuk lendutan bisa digunakan pada konstruksi bangunan.

2. Dugaan selama ini yang menyatakan bahwa pada saat akan terjadinya keruntuhan fungsi beton di daerah tarik tidak berfungsi lagi, akibatnya seluruh gaya tarik yang bekerja pada daerah tarik diterima oleh baja tulangan itu benar.
3. Dari hasil pengujian ini sesuai dengan berat semen yang digunakan pada balok yang dicor secara berlapis dibanding balok normal dapat menghemat semen  $\pm 8\%$ , maka dengan demikian biaya yang digunakan pada suatu konstruksi lebih ekonomis.
4. Retakan yang timbul pada daerah tarik balok hingga batas tertentu yang secara umum bukanlah suatu hal yang membahayakan bagi struktur, tetapi retakan tersebut dapat menimbulkan dampak bahaya korosi pada jangka panjang terhadap tulangan baja.

#### Daftar Pustaka

- [1] Anonym, 2006, *Buku Petunjuk Praktikum Teknologi Beton*, Laboratorium Beton FT-UISU, Medan.
- [2] Anonym, 1990, *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal (SK-SNI-T-15-1990-03)*, Departemen PU, Bandung.
- [3] Dipohusodo Istimawan, 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03, Penerbit Gramedia, Jakarta.
- [4] Ferguson Phil M, Budianto Susanto, dan Kris Setianto, 1980, *Dasar-Dasar Beton Bertulang*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [5] Mc Cormac Jack C, 2000, *Desain Beton Bertulang*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [6] Nawy Edward G., 2000, *Beton Bertulang*, Penerbit Refika Aditama, Jakarta.
- [7] Winter George dan Arthur H. Nilson, 1993, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

**Lampiran : Photo-Photo Kegiatan**



**Photo Cetakan dan Penulangan Balok**



**Photo Pada Saat Pengukuran Regangan**



**Photo Penggunaan Sikabound-NV**



**Photo Pada Saat Balok Setelah Selesai Dibebani**



**Photo Pemasangan Jacking**