

STUDY OF BEHAVIOUR BENDING CONCRETE BEAM FIBER PLASTIC BENESER COMPOSITES

By Kurdian S.^a

ABSTRACT

“Fiber reinforced concrete” is made from cement, fine aggregate, coarse aggregate, water and many fibers that randomly spread within the mixture. To increase the ability of concrete to resist tensile and flexure, efforts are done by giving reinforcements or other material such as fibers in the tensile region. In this research the examination done in experiment with add plastic fibers of plastic beneser (poly-acrylonitril styrene) in concrete mixture, with the percentage between 0% - 1, 00%. Otherwise in this research, the use of high concrete quality, are developing from the past research would have done in Unitomo. And the purpose of this research is to know the behavior of the mechanic phenomena like stretch and ductility from fibers concrete of beneser of higher concrete quality as united. So with this could be compare with the higher concrete quality without fibers. The concrete sample of fibers composite is made with three different things like: cylinders sample with size Ø10 and 15 cm high 20 and 30 cm, and block sample with size 15 X 20 X 60 cm. Cross section of full fibers composite and partial is used by block sample, only in stretch area below the neutral lines. The result says that: strengthened in splitting in a cylinder sample between 12, 56 – 27, 07 %, and the power of ductility from the block sample of full fibers between 12, 95 % – 20, 19 %, and the partial is 12 – 16, 57 %.

KEYWORDS: beneser fibers plastic; composite; fibers concrete; flexure strength; high quality concrete.

PENDAHULUAN

Penelitian mekanisme lentur balok beton fiber beneser komposit mutu tinggi merupakan rangkaian penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya tentang kuat tarik (*splitting*) beton fiber beneser komposit mutu tinggi dengan hasil cukup baik yaitu antara 12,56 – 27,07 % (Utomo, 1994), sehingga dari hasil tersebut timbul ide untuk meneliti secara eksperimental pada benda uji balok, karena balok lebih representatif implementasinya pada struktur bangunan. Permasalahan pada penelitian mekanisme lentur balok beton fiber beneser komposit mutu tinggi adalah:

1. Apakah kuat lentur (*flexure strength*) dari balok beton fiber beneser komposit mutu tinggi lebih baik bila dibandingkan dengan balok beton mutu tinggi tanpa serat ?
2. Berapa prosentase kenaikan kuat lentur (*flexure strengthening*) dari balok beton fiber komposit mutu tinggi terhadap balok beton mutu tinggi tanpa serat ?

Masalah yang dibahas dibatasi antara lain:

1. Mutu beton yang dipakai adalah beton mutu tinggi (HPC/HSC).
2. Benda uji balok beton, baik yang berserat maupun yang tanpa serat, tanpa menggunakan baja tulangan
3. Membandingkan hasil test balok tanpa campuran serat (*fiber*) dengan hasil test balok yang diisi campuran serat.
4. Perilaku mekanik yang dibandingkan hanya kuat lentur, dan hubungan tegangan-regangan.

MANFAAT PENELITIAN

Manfaat penelitian dari artikel ini adalah untuk mengetahui apakah serat plastic beneser dapat menambah kuat lentur pada beton, khususnya pada beton mutu tinggi (*High Strength Concrete*). Bila serat beneser mampu meningkatkan kuat lentur, maka dapat diketahui seberapa besar prosentase peningkatan kuat lentur balok beton fiber komposit mutu tinggi dibandingkan balok beton mutu tinggi tanpa serat. Dari peningkatan kuat lentur beton akibat penambahan serat plastic beneser, diharapkan dapat mereduksi penggunaan baja tulangan pada daerah lentur balok. Sehingga biaya konstruksi bisa ditekan dan lebih efisien.

LANDASAN TEORI

Dalam Landasan teori berikut ini akan diuraikan persamaan-persamaan yang digunakan dalam analisis secara analitik kuat lentur dari spesimen. Beberapa persamaan tersebut antara lain sebagai berikut:

Fiber Volume Fraction :

Fiber volume fraction adalah prosentase/konsentrasi bagian serat dalam satuan volume beton.

$$V_f = \frac{\Sigma \Delta S_f}{A} ; \quad \Delta S_f = \frac{A_f}{\cos \phi} \quad (1)$$

dimana :

$\Sigma \Delta S_f$ = jumlah luasan serat, sebidang penampang melintang

A_f = luas penampang serat, tegak lurus sumbu memanjang serat.

A = luas penampang potongan melintang spesimen.

ϕ = sudut antara sumbu serat dengan garis sumbu specimen

Jarak/spasi serat (fiber spacing)

Gambaran fiber *spacing* dapat dilihat pada Gambar 1 Spasi rata-rata :

^aLecturer in the Department of Civil Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS), ITS Campus, Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia.

Note. The manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on October 15, 2011. Discussion open until November 2012. This paper is part of the ITS Journal of Civil Engineering, Vol. 31, No. 2, November 2011. © ITS Journal of Civil Engineering, ISSN 2086-1206/2011.

Tabel 1. Komposisi campuran beton, $f_c' = 70$ M

Jenis Beton	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Air (ltr)	fas	Superplasticizer (ltr)	Serat (%)
BN	614	676,32	1017,36	153,934	0,25	12,50	0,00
Bf.25	614	676,32	1017,36	153,934	0,25	12,50	0,25
Bf.50	614	676,32	1017,36	153,934	0,25	12,50	0,50
Bf.75	614	676,32	1017,36	153,934	0,25	12,50	0,75
Bf.100	614	676,32	1017,36	153,934	0,25	12,50	1,00

Tabel 2. Berat volume fiber beneser.

No.	BERAT FIBER (gram)	A (ml)	B (ml)	BERAT VOLUME
1.	50,0	560,0	500,00	0,83
2.	50,0	570,0	500,00	0,71
3.	50,0	570,0	500,00	0,71
<i>Berat volume rata-rata</i>				0,75

Tabel 3. Data hasil test lentur balok beton normal & balok beton fiber beneser komposit penuh.

Type Benda Uji Balok	Beban P (Ton)	Regangan		Regangan Rata-Rata (mm/mm)		Defleksi (cm)	Defleksi Rata-Rata (cm)
		Tekan (mm/mm)	Tarik (mm/mm)	Tekan	Tarik		
BN.	4.80	0.003021	0.002989			0.114	
	5.45	0.003011	0.003058	0.003088	0.003082	0.107	0.105
	5.50	0.003232	0.003198			0.095	
Bf.25	5.60	0.002510	0.003014			0.105	
	6.00	0.002576	0.003096	0.002421	0.003118	0.094	0.086
	6.20	0.002176	0.003245			0.058	
Bf.50	5.80	0.00269	0.00323			0.045	
	6.00	0.00242	0.00273	0.002513	0.003147	0.072	0.079
	6.10	0.00243	0.00349			0.119	
Bf.75	6.00	0.00277	0.00312			0.105	
	6.06	0.00261	0.00349	0.002628	0.003337	0.090	0.096
	6.20	0.00250	0.00341			0.092	
Bf.100	6.20	0.00290	0.00319			0.091	
	6.34	0.00324	0.00347	0.003138	0.003383	0.096	0.097
	6.38	0.00327	0.00349			0.103	

$$S = \frac{13,8 \cdot d_f}{\sqrt{100V_f}} \quad (2)$$

dimana :

Vf = fiber volume fraction

Df = diameter fiber

atau dengan rumus McKee. D.C. :

$$S = \left(A_f \frac{l_f}{V_f} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3)$$

dimana: Af = luas potongan melintang

$$\text{serat} = \frac{1}{4} \pi \cdot d_f^2$$

lf = panjang serat

Kuat lentur

Menurut ASTM C.78, kuat lentur juga disebut modulus runtuh (*modulus of rupture*) dengan persamaan:

$$f_r = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2} \dots (\text{MPa}) \quad (4)$$

Menurut ACI-9.5.2.3 :

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_c'} \dots (\text{MPa}) \quad (5)$$

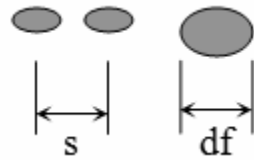
SNI-T-15-1991-03 memberikan rumus :

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} \dots (\text{MPa}) \quad (6)$$

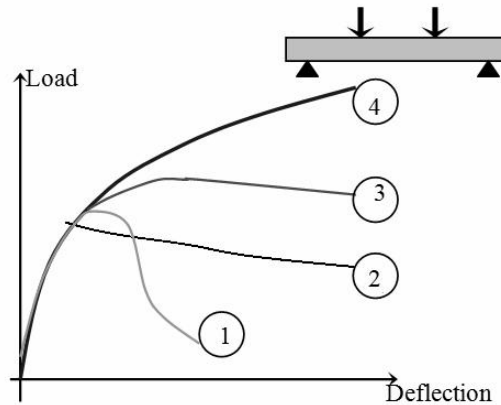
Kontribusi fiber terhadap beban lentur

Jika jumlah serat yang menjembatani retakan sedikit dan serat hanya mampu memikul sebagian kecil pecahan dari kekuatan yang dipikul oleh matrik sebelum terjadinya retak, maka kapasitas beton dalam menahan beban akan turun dengan tajam, dapat dilihat pada Gambar 2 Kurva 1.

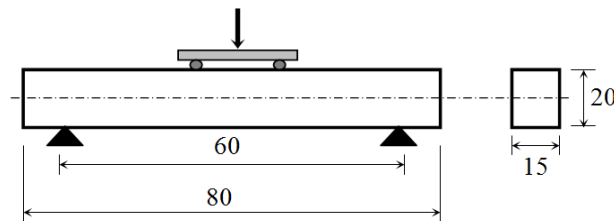
Bila jumlah serat untuk memikul beban tarik memenuhi syarat, maka kekuatan yang dapat dipikul oleh serat lebih kecil dari kekuatan matrik sebelum retak, perilaku demikian dinamakan "*Load-softening*"



Gambar 1. Gambar fiber spacing



Gambar 2. Tipikal kurva beban defleksi beton fiber akibat lentur (Sumber : Balguru & Shah. 1992)



Gambar 3. Balok dengan kapasitas beban P

behavior”, seperti yang digambarkan pada Gambar 2, kurva 1 dan 2.

Apabila serat mampu memberikan kekuatan yang sama atau lebih besar dari matrik pada daerah tarik sebelum retak, kapasitas kekuatan beton dapat bertambah. Berarti manfaat penambahan serat dapat tercapai, dapat dilihat pada Gambar 2, kurva 3 dan 4.

Pada Gambar 2 Kurva 4 menunjukkan bahwa jika volume fraksi lebih besar dari 10% maka fiber harusnya mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dari kekuatan matrik beton sehingga fiber berfungsi dengan sangat baik yang dapat mencapai kekuatan leleh melebihi kekuatan hancur beton. Kemampuan daya dukung fiber juga tergantung dari faktor lekatan antara fiber dan matrik.

Parameter penelitian

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Spesifikasi serat plastik beneser.
2. Mutu beton (tekan, tarik, lentur).
3. Jumlah serat plastik beneser.

METODOLOGI.

Studi pustaka dilakukan dengan mendalami materi yang relevan dengan penelitian ini.

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Spesifikasi serat plastik beneser.
2. Mutu beton (tekan, tarik, lentur),
3. Jumlah serat plastik beneser.

Analisa analitik:

Analisa analitik dilakukan berdasarkan teori dengan menggunakan parameter-parameter yang relevan untuk memprediksi kuat lentur (*flexure strength*) menggunakan balok beton. Kekuatan beton normal (kandungan serat = 0) mutu tinggi ini akan dibandingkan dengan kekuatan beton mutu tinggi berserat plastik beneser.

Kuat lentur

Menurut ketentuan ASTM C.78, kuat lentur (*flexure strength*) dapat diprediksi nilainya sebesar :

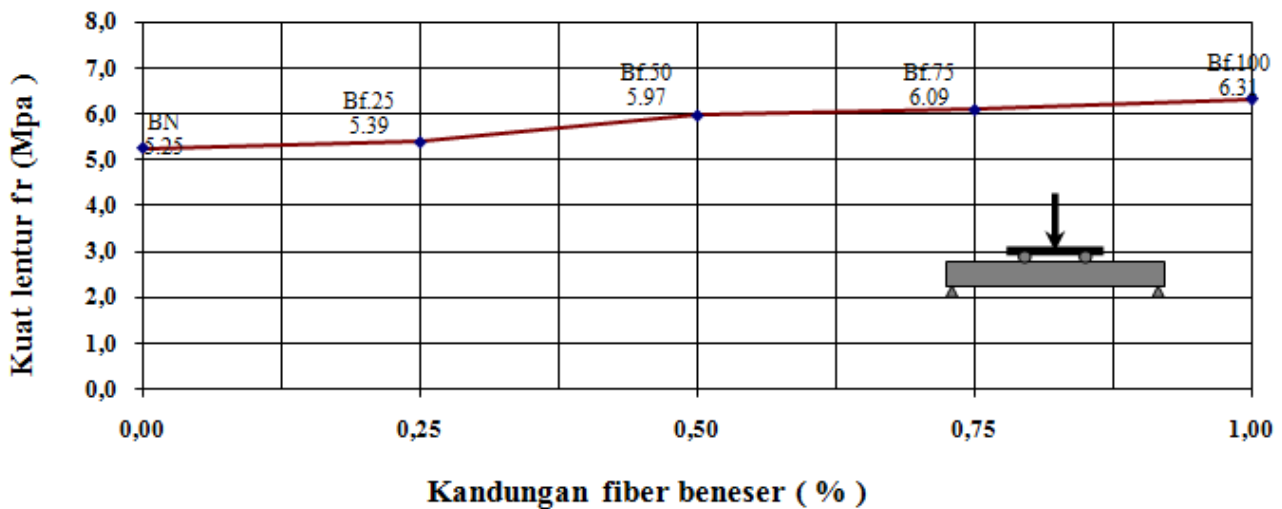
$$f_r = \frac{P.L}{b.d^2} \text{ (Mpa)} \quad (7)$$

ACI-9.5.2.3. mengambil nilai rata-rata kuat lentur sebesar:

$$f_r = 0,62 \sqrt{f_c'} \text{ (Mpa)} \quad (8)$$

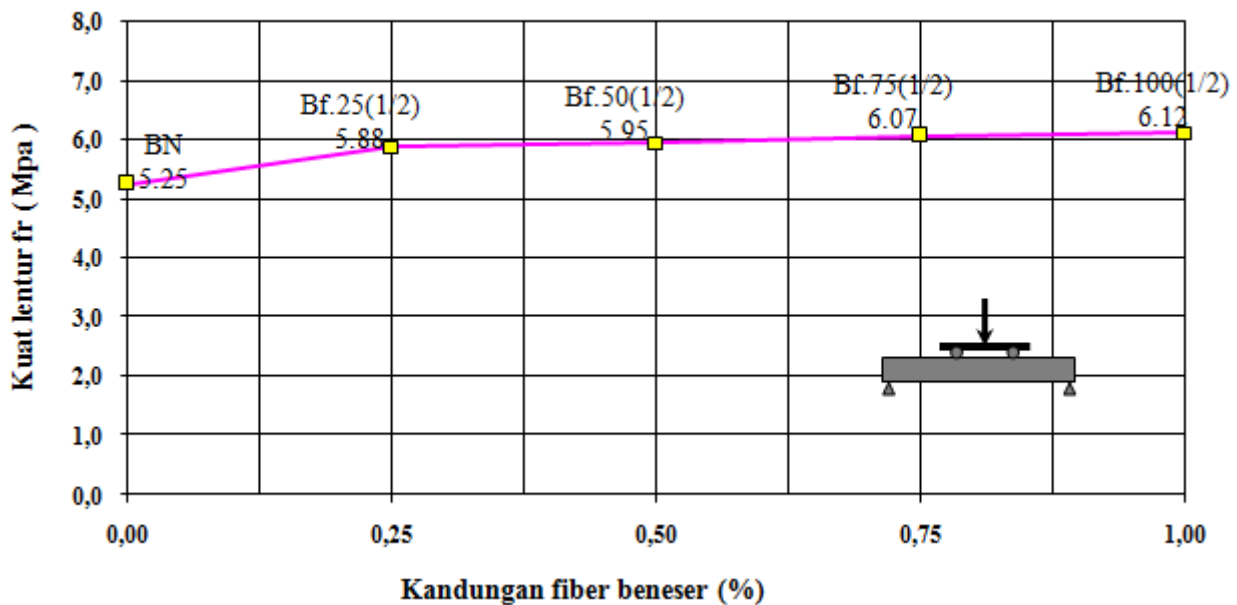
Sedangkan menurut SKSNI T-15-1991-03 memberi batasan nilai sebesar : $f_r = 0,70 \sqrt{f_c'} \text{ (Mpa)}$

Balok beton fiber beneser komposit penuh 15/20



Gambar 4. Hubungan kuat lentur balok dengan kandungan fiber beneser penuh.

Balok beton fiber beneser komposit parsial 15/20



Gambar 5. Hubungan kuat lentur balok dengan kandungan fiber beneser parsial.

Kapasitas beban rencana balok

Dari hasil perhitungan pendekatan menurut kode tentang kekuatan lentur balok, maka menghitung kapasitas beban P sebagai beban batas dalam pengujian benda uji balok yang akan dilaksanakan, sesuai dengan rumus (4), kekuatan lentur (*flexure strength*) untuk balok dengan kandungan fiber=0% (kondisi Normal):

$$f_r = \frac{P.L}{b.d^2} \text{ (Mpa)} \quad (9)$$

dimana dimensi benda uji balok direncanakan :

lebar balok ... (b) = 15 Cm

tinggi balok ... (d) = 20 Cm

panjang balok (L) = 60 Cm (panjang L, efektif)

Panjang total balok dibuat = 80 Cm, kelebihanannya yang 20 Cm untuk tumpuan (10 Cm tumpuan kiri, dan 10 Cm tumpuan kanan).

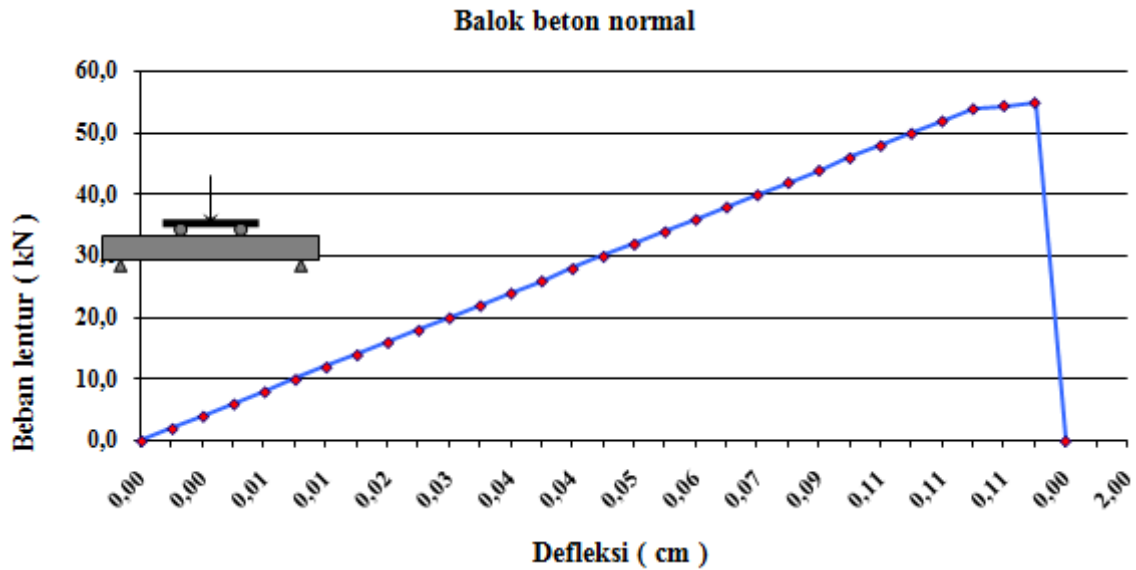
Maka besarnya beban P dapat dihitung sebagai berikut:

$$f_r = \frac{P.60}{15.(20)^2} \Rightarrow P = \frac{6000.f_r}{60} = 600f_r \quad (10)$$

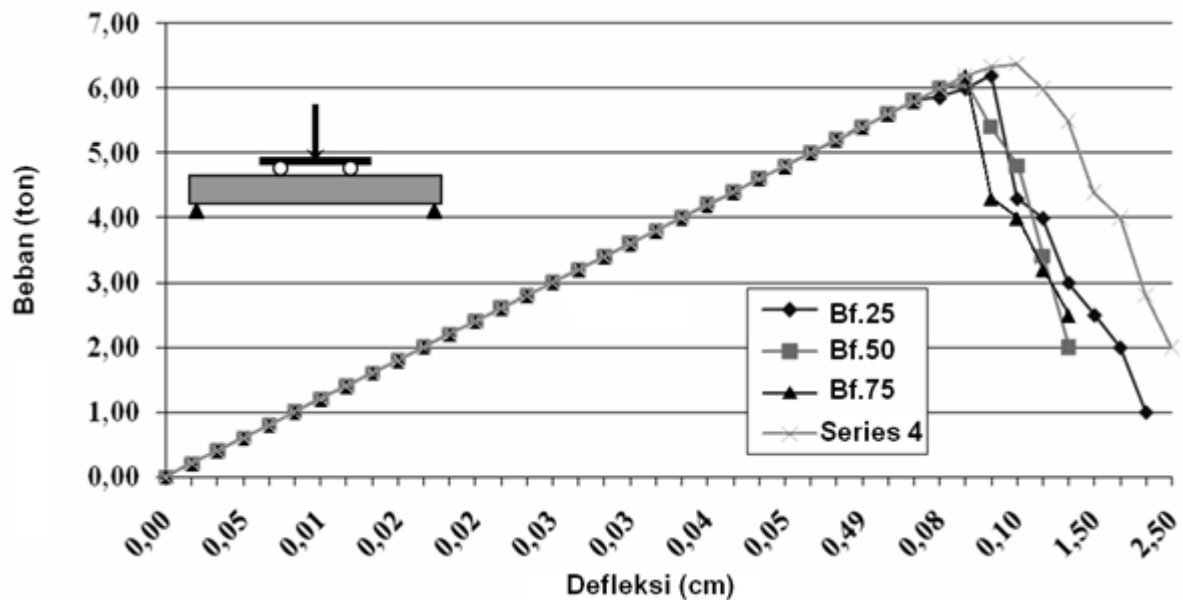
Gambar balok dengan kapasitas beban P dapat dilihat pada Gambar 3.

ANALISIS

Analisa analitik dilakukan berdasarkan teori dengan menggunakan parameter-parameter yang relevan untuk memprediksi kuat lentur (*flexure strength*) menggunakan balok beton. Kekuatan beton normal (kandungan serat = 0) mutu tinggi ini akan dibandingkan dengan kekuatan beton mutu tinggi berserat plastik beneser.



Gambar 6. Hubungan beban dengan defleksi pada balok beton normal BN.



Gambar 7. Hubungan beban dengan defleksi pada beton fiber beneser komposit penuh.

Kuat lentur

Menurut ketentuan ASTM C.78, kuat lentur (flexure strength) dapat diprediksi nilainya sebesar :

$$f_r = \frac{P.L}{b.d^2} \text{ (MPa)} \quad (11)$$

ACI-9.5.2.3. mengambil nilai rata-rata kuat lentur sebesar : $f_r = 0,62\sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$

Sedangkan menurut SNI-T-15-1991-03 memberi batasan nilai sebesar : $f_r = 0,70\sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$.

Kapasitas beban rencana balok

Dari hasil perhitungan pendekatan menurut kode tentang kekuatan lentur balok, maka menghitung kapasitas beban P sebagai beban batas dalam pengujian benda uji balok yang akan dilaksanakan, sesuai dengan rumus (4), kekuatan lentur (*flexure strength*) untuk balok dengan

kandungan fiber = 0 % (kondisi Normal) : $f_r = \frac{P.L}{b.d^2} \text{ (Mpa)}$

dimana dimensi benda uji balok direncanakan :

lebar balok ... (b) = 15 Cm.

tinggi balok ... (d) = 20 Cm.

panjang balok (L) = 60 Cm (panjang L, efektif)

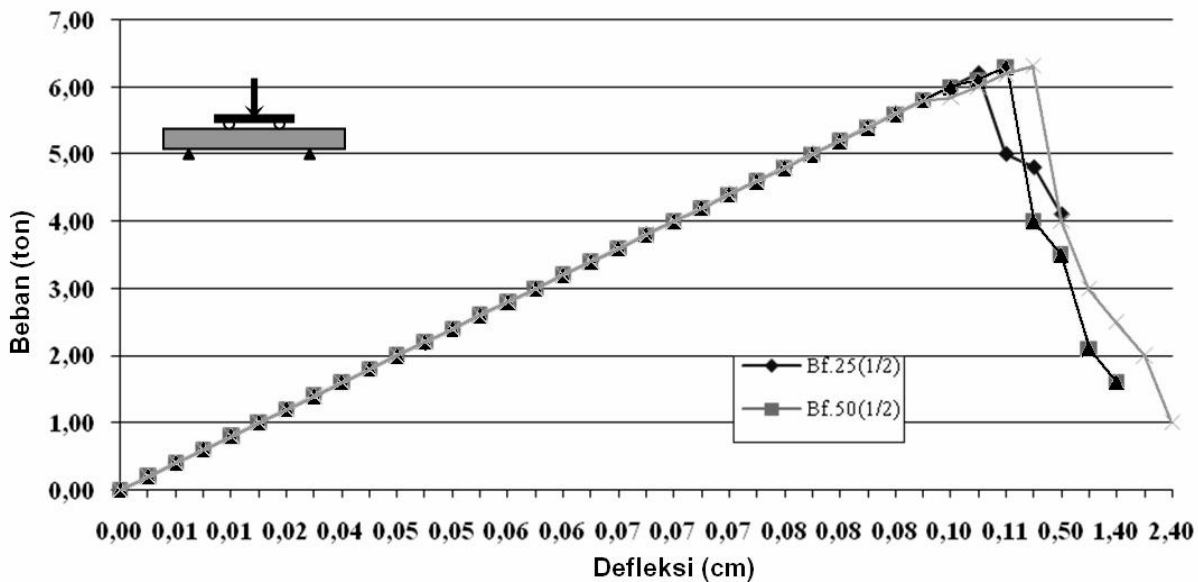
Panjang total balok dibuat = 80 Cm, kelebihanannya yang 20 Cm untuk tumpuan (10 Cm tumpuan kiri, dan 10 Cm tumpuan kanan).

Maka besarnya beban P dapat dihitung sebagai berikut:

$$f_r = \frac{P.60}{15.(20)^2} \Rightarrow P = \frac{6000.f_r}{60} = 600f_r \quad (12)$$

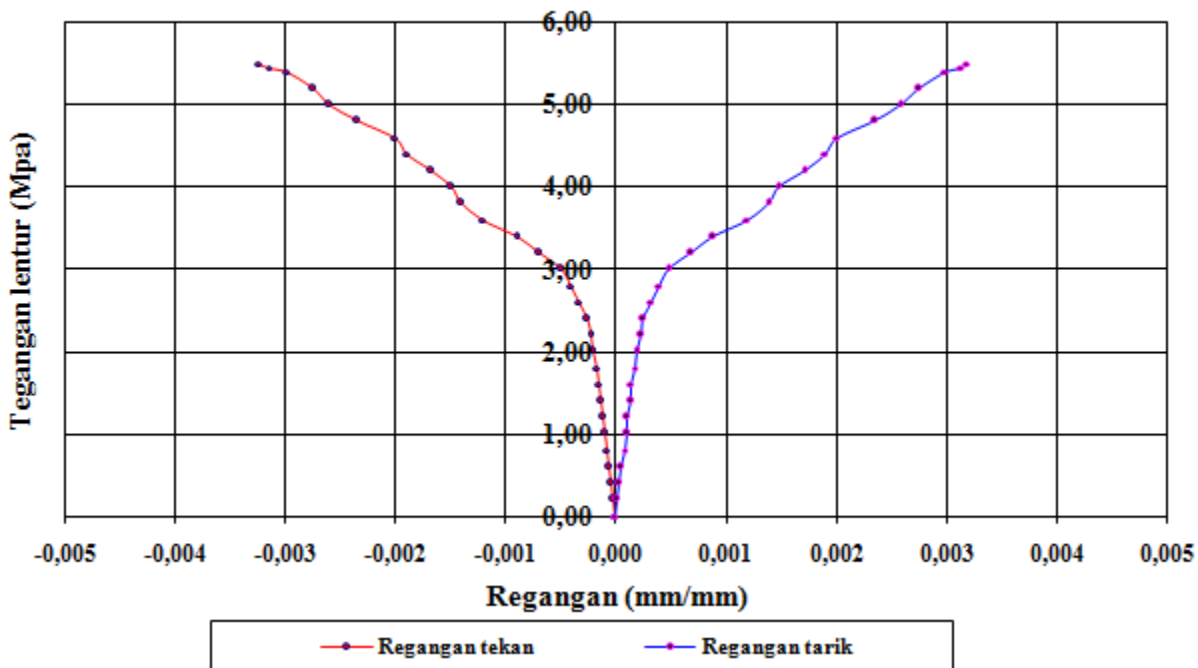
Komposisi campuran beton

Setelah diadakan penelitian dan analisa campuran beton (untuk beton Normal mutu tinggi) dengan



Gambar 8. Hubungan beban dengan defleksi pada beton fiber beneser komposit parsial

Grafik hubungan tegangan-regangan lentur balok type BN



Gambar 9. Hubungan tegangan-regangan lentur balok beton type BN.

perencanaan kuat tekan $f_c' = 70$ Mpa, didapat komposisi campuran yang disajikan dalam Tabel1.

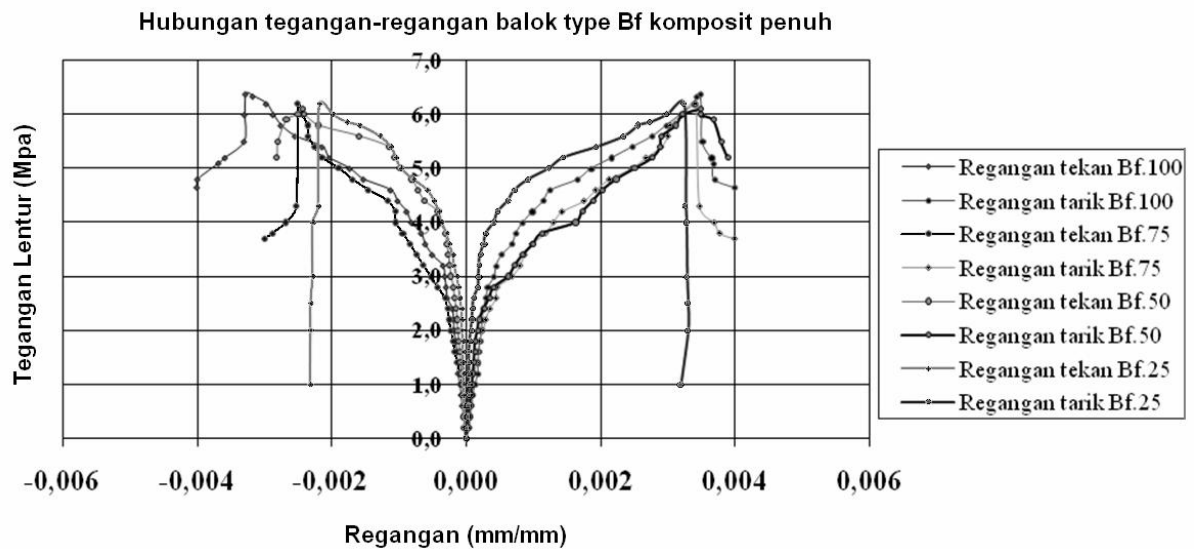
Menghitung berat volume fiber beneser

Hasil perhitungan berat volume fiber beneser adalah seperti data dalam Tabel2.

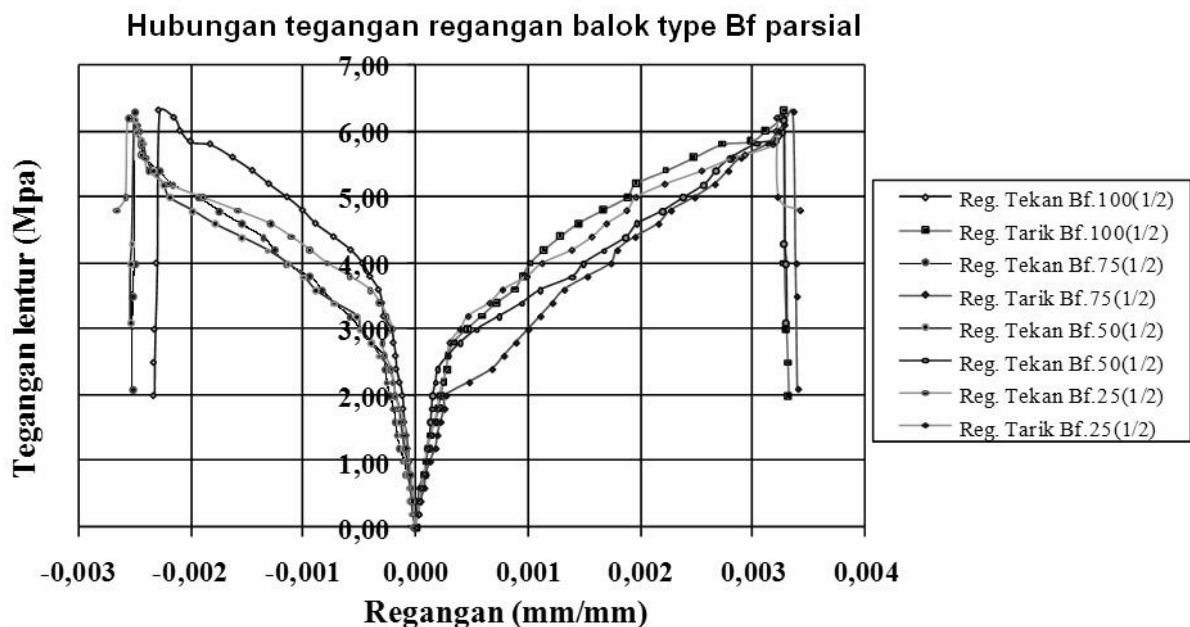
Menghitung Fiber Volume Fraction, V_f .

Ditentukan jumlah pemakaian serat berdasarkan prosentasi terhadap berat volume beton, dimana berat volume beton untuk beton mutu tinggi diambil = 2450 kg/m^3 . Dalam penelitian ini dibuat 4 (empat) variabel prosentase berat fiber terhadap berat jenis beton, mulai dari 0,25 % ; 0,50 % ; 0,75 % dan maksimum 1,00 %.

- Untuk 0,25 % = $0,25/100 \times 2450 = 6,125 \text{ kg/m}^3$
 - Untuk 0,50 % = $0,50/100 \times 2450 = 12,25 \text{ kg/m}^3$
 - Untuk 0,75 % = $0,75/100 \times 2450 = 18,375 \text{ kg/m}^3$
 - Untuk 1,00 % = $1,00/100 \times 2450 = 24,50 \text{ kg/m}^3$
- Setelah berat volume fiber dalam beton didapatkan, maka V_f dapat dihitung sebagai berikut :
- Prosentase 0,25 % : $V_f = 6,125/750 \times 1 \text{ m}^3 = 0,00817 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{beton}$.
 - Prosentasi 0,50 % : $V_f = 12,25/750 \times 1 \text{ m}^3 = 0,0163 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{beton}$.
 - Prosentasi 0,75 % : $V_f = 18,375/750 \times 1 \text{ m}^3 = 0,0245 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{beton}$.



Gambar 10. Hubungan tegangan-regangan lentur balok beton fiber beneser komposit penuh.



Gambar 11. Hubungan tegangan-regangan lentur balok beton fiber beneser komposit parsial

- Prosentasi 1,00 % : $V_f = 24,5/750 \times 1 \text{ m}^3 = 0,0327 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{ beton}$.

Menghitung kerapatan fiber S.

Kerapatan (jarak) antar fiber dilakukan melalui pendekatan dengan Volume fiber fraction, memakai rumus Romualdi&Mandel :

$$S = \frac{13,8 \cdot df}{\sqrt{100 \cdot V_f}} \longrightarrow \text{dari persamaan } \dots (2)$$

Dengan harga V_f yang ada sesuai dengan persentasinya, dan lebar fiber (df) dibuat rata-rata 1,5 mm maka kerapatan (jarak) S dapat dapat dihitung :

- Untuk prosentase 0,25 %

$$S = \frac{13,8 \cdot df}{\sqrt{100 \cdot V_f}} = \frac{13,8 \cdot 1,5}{\sqrt{100 \cdot 0,00817}} = 22,29 \text{ mm}$$

- Untuk Prosentasi 0,50 % , :

$$S = \frac{13,8 \cdot df}{\sqrt{100 \cdot V_f}} = \frac{13,8 \cdot 1,5}{\sqrt{100 \cdot 0,0163}} = 16,21 \text{ mm}$$

- Untuk prosentasi 0,75 % , :

$$S = \frac{13,8 \cdot df}{\sqrt{100 \cdot V_f}} = \frac{13,8 \cdot 1,5}{\sqrt{100 \cdot 0,0245}} = 13,22 \text{ mm}$$

Untuk prosentasi 1,00 % , :

$$S = \frac{13,8 \cdot df}{\sqrt{100 \cdot V_f}} = \frac{13,8 \cdot 1,5}{\sqrt{100 \cdot 0,0327}} = 11,45 \text{ mm}$$

Kebutuhan berat fiber masing-masing benda uji dihitung sebagai berikut :

a). Kandungan fiber beneser 0,25 % :

- Balok 15/20 x 80 cm berserat penuh = 0,147 kg

- Balok 15/20 x 80 cm berserat parsial = 0,074 kg

Tabel 4. Data hasil test lentur balok beton normal dan balok beton fiber beneser komposit parsial

Type Benda Uji/Balok	Beban P (Ton)	Regangan		Regangan		Defleksi (cm)	Defleksi Rata-Rata (cm)
		Tekan (mm/mm)	Tarik (mm/mm)	Rata-Rata(mm/mm)			
				Tekan	Tarik		
Bf.25(1/2)	5.64	0.00256	0.003029			0.086	
	5.80	0.00237	0.002890	0.002458	0.003048	0.125	0.109
	6.20	0.00245	0.003224			0.116	
Bf.50(1/2)	5.82	0.00239				0.066	
	5.86	0.00268	0.00319	0.002522	0.003158	0.087	0.089
	6.18	0.00251	0.00329			0.115	
Bf.75(1/2)	5.81	0.00226	0.00303			0.112	
	6.10	0.00223	0.00326	0.002326	0.003218	0.095	0.097
	6.30	0.00249	0.00337			0.084	
Bf.100(1/2)	5.84	0.00200	0.00311			0.098	
	6.20	0.00216	0.00318	0.002145	0.003193	0.089	0.099
	6.31	0.00228	0.00329			0.110	

Tabel 5. Nilai kuat lentur benda uji beton normal dan balok beton fiber beneser komposit

Type Benda Uji Balok	Beban P (rencana) (kN)	Beban P(eksperimental) (kN)	fr (Mpa)	fr rata-rata (Mpa)	Prosentasi Terhadap BN. (%)
BN.	52,00	48.00	4.80	5.25	0.000
		54.50	5.45		
		55.00	5.50		
		56.00	5.60		
Bf.25	59,80	60.00	6.00	5.93	13.016
		62.00	6.20		
		58.00	5.80		
Bf.50	59,80	60.00	6.00	5.97	13.651
		61.00	6.10		
		60.00	6.00		
Bf.75	59,80	60.60	6.06	6.09	15.937
		62.00	6.20		
		62.00	6.20		
Bf.100	59,80	63.40	6.34	6.31	20.127
		63.80	6.38		
		56.40	5.64		
Bf.25(1/2)	57,20	58.00	5.80	5.88	12.000
		62.00	6.20		
		58.20	5.82		
Bf.50(1/2)	57,20	58.60	5.86	5.95	13.397
		61.80	6.18		
		58.10	5.81		
Bf.75(1/2)	57,20	61.00	6.10	6.07	15.619
		63.00	6.30		
		58.40	5.84		
Bf.100(1/2)	57,20	62.00	6.20	6.12	16.508
		63.10	6.31		

b). Kandungan fiber beneser 0,50 % :

- Balok 15/20 x 80 cm berserat penuh = 0,294 kg
- Balok 15/20 x 80 cm berserat parsial = 0,147 kg

c). Kandungan fiber beneser 0,75 % :

- Balok 15/20 x 80 cm berserat penuh = 0,441 kg
- Balok 15/20 x 80 cm berserat parsial = 0,221 kg

d). Kandungan fiber beneser 1,00 % :

- Balok 15/20 x 80 cm berserat penuh = 0,588 kg
- Balok 15/20 x 80 cm berserat parsial = 0,294 kg

Uji test kuat lentur:

Uji test kuat lentur dilakukan dengan mengikuti ketentuan dari ASTM C 78-94, metode uji test kuat lentur beton memakai sampel balok dengan pembebanan tiga titik (Third-point Loading), menggunakan mesin test tekan UTM. Jumlah benda uji untuk test kuat lentur balok ini sebanyak 27 buah terdiri dari masing-masing tiga buah benda uji tipe BN, tipe Bf.25, tipe Bf.50, tipe Bf.75, tipe Bf.100, tipe Bf.25(1/2), tipe Bf.50(1/2), tipe Bf.75(1/2) dan tipe Bf.100(1/2). Ukuran benda uji balok dibuat 15/20 panjang bentang bersih L = 60 cm + extra untuk tumpuan

Analisa data hasil test benda uji.

Tabel 6. Nilai kuat lentur menurut ASTM C.78-94, ACI-9.5.2.3, dan SKSNI.

Type balok beton	Nilai fr ASTM C.78 (Mpa)	Nilai fc' Eksperimen (Mpa)	Nilai fr ACI (Mpa)	Nilai fr SNI (Mpa)	Perbandingan fr/fc' (%)	Perbandingan fr/ $\sqrt{fc'}$
BN.	5.25	72.23	5.27	5.94	0.0726845	0.620
Bf.25	5.93	74.14	5.34	6.03	0.0799838	0.689
Bf.50	5.97	77.2	5.45	6.15	0.0773316	0.679
Bf.75	6.09	75.12	5.37	6.07	0.0810703	0.703
Bf.100	6.31	76.39	5.42	6.12	0.0826024	0.722
Bf.25(1/2)	5.88	-	-	-	-	-
Bf.50(1/2)	5.95	-	-	-	-	-
Bf.75(1/2)	6.07	-	-	-	-	-
Bf.100(1/2)	6.12	-	-	-	-	-

20 cm, dimana tiap-tiap tumpuan kiri dan kanan 10 cm sehingga panjang total menjadi 80 cm.

Pembebanan dengan beban terpusat (Uniflexureload) secara bertahap dengan kenaikan setiap tahap 0,20 ton dilakukan pembacaan strin-gauge dan dial-guge melalui alat pembacaan UPM Transducer, sampai balok retak kemudian runtuh.

Data-data hasil tersebut berturut-turut akan disajikan seperti pada Tabel 3 s/d Tabel 5 berikut:

Hasil analisa kuat lentur eksperimental pada Tabel5. dapat dibuat grafik korelasi antara kuat lentur dengan kandungan fiber beneser sebagai berikut

Data hasil evaluasi menunjukkan bahwa :

a). Benda uji balok beton fiber beneser komposit penuh

- Beban lentur yang dilakukan secara eksperi-mental pada benda uji untuk tipe Bf.25 dan Bf.50 mencapai 5,93 dan 5,97 ton, sedangkan kapasitas rencana adalah sebesar 5,98 ton, berarti sedikit dibawah beban rencana beton fiber beneser komposit penuh namun masih lebih tinggi dari beban rencana beton normal BN yang besarnya hanya 5,20 ton.

- Untuk tipe Bf.75 dan Bf.100 menunjukkan hasil yang sangat baik yaitu sebesar 6,09 dan 6,31 ton, berarti baik kapasitas beban rencana untuk beton fiber beneser komposit penuh maupun beton normal semuanya dilampaui.

- Kenaikkan kemampuan kuat lentur beton fiber beneser komposit penuh prosentasinya terhadap beton normal BN berkisar antara 13,016 % - 20,127 %. Yang paling rendah prosentasi adalah tipe Bf.25 dan terbesar tipe Bf.100.

b). Benda uji balok beton fiber beneser komposit parsial :

- Kapasitas beban rencana sebesar 5,72 ton sedangkan hasil uji test menunjukkan untuk tipe-tipe Bf.25, Bf.50, Bf.75, dan Bf.100 berturut-turut besarnya beban yang mampu dipikul adalah ; 5,88 ton, 5,95 ton, 6,07 ton dan 6,12 ton, berarti semuanya menunjukkan peningkatan yang cukup baik dibandingkan dengan beton normal maupun terhadap kapasitas rencana beton fibernya sendiri.

- Kenaikkan kuat lentur antara 12,00 % - 16,508 % adalah cukup baik mengingat kandungan seratnya hanya setengah tingginya balok (didaerah tarik saja), berarti penempatan serat didaerah tarik saja lebih efektif fungsinya. Hal ini bisa dilihat dari perbandingan prosentasi kenaikan kuat tekan pada beton fiber beneser komposit penuh

maksimum sebesar 20,127 % sedangkan untuk yang parsial maksimum 16,508 %, selisihnya hanya 3,619 %. Berarti prosentasi selisih peningkatan kuat tekan dari 6,12 Mpa ke 6,31 Mpa hanya sebesar 2,941 % padahal peningkatan pemakaian fiber beneser mencapai 50 %.

Untuk hubungan antara beban dengan defleksi akan ditunjukkan grafiknya seperti berikut ini :

Pada balok beton normal BN (tanpa kandungan fiber), fenomena yang terindikasi adalah, ketika beban sudah mencapai kapasitas maksimum kemampuan balok untuk menerima beban, balok langsung retak mendadak dan runtuh tanpa memberikan tanda-tanda retak awal terlebih dahulu. Defleksi yang terjadi pada saat balok runtuh sebesar 0,1144 cm, ini masih memenuhi karena masih dibawah defleksi ijin maksimum yaitu sebesar 0,12 cm, dan untuk kasus ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Untuk balok beton fiber beneser komposit penuh menunjukkan perilaku yang berbeda dengan belok beton normal karena balok bekerja secara komposit (gabungan antara beton dan fiber), dimana pada saat balok menerima beban maksimum yang melebihi kapasitas kemampuan beton, terjadi gejala retak awal sebelum beton hancur, dan pada saat beton sudah hancur balok tidak langsung runtuh karena tertahan oleh sebagian fiber yang belum putus (lihat Gambar 4). Beban terus dijalankan namun beton sudah tidak ikut bekerja menahan beban, tetapi sepenuhnya ditahan oleh fiber beneser, dimana pada saat yang bersamaan juga kemampuan balok untuk menerima beban mulai menurun secara bertahap sampai fiber seluruhnya putus dan balok juga langsung runtuh. Dari sini bisa dilihat bahwa pada saat beton hancur, fiber masih mempunyai kekuatan sisa untuk menahan beban yang disebut mempunyai *residual stress* (tegangannya sisa).

Sedangkan pada balok beton fiber beneser komposit parsial, gejala yang timbul menunjukkan bahwa perilaku responnya terhadap beban lentur yang bekerja pada awalnya sama seperti balok beton fiber beneser komposit penuh. Perbedaan yang nyata kelihatan adalah pada keadaan saat beton sudah hancur, fiber tidak mempunyai kekuatan sisa (*residual stress*) sebaik balok dengan fiber beneser komposit penuh. Hal ini disebabkan karena pada saat retak beton bertambah lebar yang diikuti putusnya fiber mulai dari sisi tarik penampang terluar dan pada saat fiber seluruhnya putus sampai digaris netral penampang, maka kemampuan balok menahan beban sudah hilang sama sekali dan langsung runtuh, karena

sebelumnya beton sudah hancur terlebih dahulu (lihat Gambar 5). Untuk kasus tegangan regangan lentur yang terjadi, korelasinya juga akan mengikuti kasus hubungan beban dengan defleksi (Gambar 6, 7 dan 8)

Menurut ketentuan ASTM C.78-94, bahwa kuat lentur (flexural strength) atau modulus runtuh (modulus of rupture) yang dihitung menurut persamaan (6) dan hasil evaluasinya

sesuai Tabel6, juga harus memenuhi ketentuan ACI-9.5.2.3 yang menentuka nilai $f_r = 0,62\sqrt{f_c}$ atau ketentuan SNI-T-15-1991-03 nilai $f_r = 0,70\sqrt{f_c}$, maka hasil analisisnya diberikan dalam Tabel6.

Evaluasi dari nilai f_r menghasilkan :

Untuk tipe balok beton fiber beneser komposit penuh, menurut ketentuan ACI-9.5.2.3. semuanya memenuhi syarat, tetapi terhadap ketentuan SNI-T-15-1991-03, yang memenuhi hanya Bf.75 dan Bf.100, sedangkan untuk tipe BN, Bf.25, Bf.50 masih sedikit dibawah $0,70\sqrt{f_c}$ antara 0,011 – 0,08 berarti tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu signifika

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan

- 1). Hasil test kuat lentur balok beton fiber beneser komposit, secara keseluruhan terjadi peningkatan kuat lentur terhadap beton normal. Berarnya prosentase peningkatan pada beton fiber beneser komposit penuh adalah : type Bf.25 = 13,016 %, Bf.50 = 13,651 %, Bf.75 = 15,937 %, dan Bf.100 = 20, 127 %. Untuk balok beton fiber beneser komposit parsial, terjadi peningkatan pada beton Type Bf.25(1/2) = 12,00 %, Bf.50(1/2) = 13,397 %, Bf.75(1/2) = 15,619 % dan Bf.100(1/2) = 16, 508 %.
- 2). Prosentasi peningkatan kuat lentur balok beton fiber beneser hasil uji test eksperimental ini, bila dibandingkan antara balok dengan kandungan fiber beneser penuh dengan kandungan parsial (didaerah tarik saja), meskipun prosentasi peningkatan kelihatannya lebih tinggi yang kandungan penuh, namun dari segi ekonomis akan lebih efisien yang kandungan fibernya parsial.
- 3). Dalam batas-batas kemampuannya, fiber beneser mampu berperilaku sebagai reinforced pada daerah tarik dalam beton, terlihat dari hasil eksperimental yang terbaca pada grafik perilaku lentur balok, dan hubungan beban dengan defleksi.

Saran-saran

- 1). Bagi peneliti berikutnya, mencoba melakukan penelitian dengan benda uji balok beton fiber beneser dikombinasi dengan pemakaian baja tulangan, untuk mengetahui peningkatan perilaku mekanik lenturnya dan sejauh mana efisiensinya secara ekonomis.
- 2). Melakukan penelitian dengan benda uji beton fiber plastik beneser terhadap daya tahan panas akibat kebakaran, mengingat material plastik cukup rentan terhadap bahaya kebakaran. Disarankan pula untuk melakukan penelitian terhadap berbagai bahan-

bahan reaktif kimia, yang sekiranya dapat merugikan material maupun struktur beton yang menggunakan campuran fiber plastik beneser.

DAFTAR PUSTAKA

1. ACI COMMITTEE 544, 1982 “State of The Art Report on Fiber Reinforced Concrete” ACI 544 1R – 82, American Concrete Institut, Detroit, Michigan, P16.
2. ASTM C 1018 Test Method for flexural Tuoghness and Firstrack Strength for Fiber Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading).
3. ASTM C 78 – 94 Standard Test Method for Flexural (Strength of Concrete Using Simple Beam With Third-Point Loading).
4. ASTM C 469 – 94 Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson’s Ratio of Concrete in Compression.
5. ASTM C 1116 – 91 Standard Specification for Fiber – Reinforced Concrete and Shotcrete.
6. ASTM C 496-71 RA 79 “ Standard Method of Test for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens” Philadelphia : American Society Testing and Material.
7. A.E. Naaman and H.W. Reinhardt “Hihg Performance Fiber Reinforced Cement Composites 2” E & FN SPON, London.Glasgow. Weinheim. New York. Tokyo. Melbourne. Madras.
8. D.J. Stevens, et.al. “Testing of Fiber Reinforced Concrete” copyright 1995, American Concrete Institut, PO. Box 19150, Redford Station Detrit, Michigan 48219.
9. Standar Nasional Indonesia, ”Tata cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung”SNI 03-2847- 2002, Yayasan LPMB. Bandung.
10. H. Sommer, “Durability of High Performance Concrete” (Procceding of the International RILEM Workshop), Rilem Secretariat General ENS-Pavillon des Jardins 61, avenue du President-Wilson F-94235 Cachan Cedex.
11. Nawy, EG 1985, “Beton bertulang suatu pendekatan dasar ” Prentice-Hall, Inc, New Jersey, USA.
12. Subakti.A, Ir, MSc, 1991 “Teknologi Beton dalam praktek” Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil-FTSP ITS.
13. Suhendro, B, 1991 “ Laporan Penelitian Pengaruh Fiber Kawat pada sifat-sifat beton dan beton bertulang” Fakultas Teknik UGM.
14. Triwulan, DR, Ir, DEA, Materi kuliah “Material-material dari beton”, jurusan Sipil FTSP-ITS.
15. Utomo, 1994 Tugas Akhir “ Alternatif Pemakaian Tali Beneser pada pembuatan Beton untuk meningkatkan kuat Tarik, Tekan dan Lentur” Bidang studi Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS.
16. Yves Malier, “High Performance Concrete” from material to structure, E & FN SPON, London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.