KAPASITAS GESER BALOK BETON BERTULANG DENGAN *POLYPROPYLENE FIBER* SEBESAR 4% DARI VOLUME BETON

Henry Apriyatno
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Gedung E4, Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229, Telp. (024) 8508102
email: henryapriyatno@gmail.com

Abstract: *Polypropylene fiber is one of the plastic fiber that has high tensile strength, easily available, relatively cheap, resistant to chemical attack, and has a dry surface so that no clumping of fiber in the concrete mixing process.The study aims to determine the effect of polypropylene fiber by 4% of the volume of concrete to shear strength of reinforced concrete beams. The addition of polypropylene fiber in the levels of 0% to 4% of the volume of concrete causes a decrease in modulus of elasticity of 13966.33 MPa to 11,709 MPa. Shear test results reinforced concrete beam fiber content increase from 0% to 4% increase in capacity obtained by the nominal shear beam from 4.08 tons to 4.56 tons. Fiber concrete beams will increase the shear capacity of 11.76% of the normal beam shear capacity.*

Keywords: *polypropylene fiber, modulus elasticity, shear capacity*

Abstrak: *Polypropylene fiber* merupakan salah satu serat plastik yang memiliki kuat tarik tinggi, mudah didapat, harganya relatif murah, tahan terhadap serangan bahan kimia, dan memiliki permukaan yang kering sehingga tidak terjadi penggumpalan serat dalam proses pengadukan beton. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *polypropylene fiber* sebesar 4% dari volum beton terhadap kuat geser balok beton bertulang. Penambahan *polypropylene fiber* dari kadar 0% sampai 4% dari volume beton menyebabkan penurunan nilai modulus elastisitas dari 13.966,33 MPa menjadi 11.709 MPa. Hasil pengujian geser balok beton bertulang penambahan kadar serat dari 0% sampai 4% diperoleh kenaikan kapasitas geser nominal balok dari 4,08 ton menjadi 4,56 ton. Balok beton *fiber* akan mengalami kenaikan kapasitas gesernya sebesar 11,76 % dari kapasitas geser balok normal.

Kata kunci: *polypropylene fiber,* modulus elastis, kapasitas geser

PENDAHULUAN

Secara strukural beton tidak mempunyai kekuatan yang cukup besar terutama dalam menahan gaya geser akibat lenturan, sehingga perlu penulangan lentur dan penulangan geser, yang berfungsi untuk memikul beban balok beton. Tegangan geser yang timbul akibat pembebanan akan menimbulkan retak-retakan geser yang umumnya terdapat pada bagian dekat tumpuan balok dan retakan geser akan menjalar secara diagonal menuju tengah bentang balok.

Menurut Amri (2005) beton bertulang serat didefinisikan sebagai bahan beton yang dibuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan sejumlah serat (*fiber*) yang tersebar secara acak dalam matrik campuran beton segar. Beton serat (*fiber concret)* juga mempunyai kelebihan antara lain : beton bersifat daktail, dapat menahan gaya kejut, dapat menahan gaya tarik dan momen lentur, tahan terhadap pengaruh penyusutan, tahan terhadap ausan. Berbagai macam serat yang dapat dipakai untuk memperbaiki sifat kurang baik beton adalah serat baja (*steel),* kaca, karbon (*carbon*), serat plastik (*polypropylene fiber*) dan serat alami.

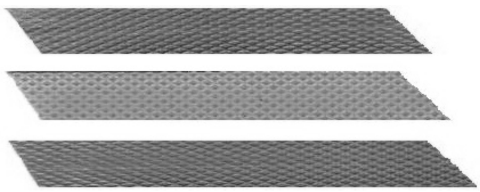
Beton Bertulang

Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan atau tanpa prategang dan direncanakan berdasarkan asumsi kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja. Beton bertulang merupakan kombinasi tulangan baja dan beton yang digunakan secara bersama, maka desain struktur beton bertulang dilakukan dengan prinsip yang berbeda dengan perencanaan satu bahan.

Kelemahan-kelemahan yang terdapat pada bagian beton yang menahan gaya tarik diatasi dengan memberi penguatan batang tulangan baja, sebagai bahan yang memiliki kekuatan tarik tinggi.

Serat Plastik (*Polypropylene Fiber*)

Bahan *Polypropylene fiber* (Gambar 1) mudah didapat dan harganya cukup murah mempunyai sifat meleleh terhadap api dan terbakar seperti lilin, struktur yang unik. Struktur ini didapat dari ekstruksi *polypropylene fiber* yang diikuti dengan perentangan kemudian pemelintiran untuk membentuk anyaman (Gani, M.S.J: 38 dalam Wahyudianto, 2006).



Gambar 1. *Polypropylene Fiber*

Fungsi bahan *polypropylenefFiber* adalah untuk mengubah sifat-sifat beton segar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau ekonomis untuk tujuan lain seperti menghemat energi. Sifat *polypropylene fiber* sebagai bahan bangunan harus memenuhi persyaratan umum yaitu densitas 900 Kg/m, kuat tarik 35 MN/m, koefisien muai linier 11 x 10 m/c, suhu maksimum untuk opesikonti 65 (SK SNI S-04-1989-F dalam Wahyudianto, 2006).

Masalah yang timbul dengan menggunakan *polypropylene fiber* adalah permukaan serat yang tidak menyerap air (*hidropobic*) sehingga akan menjadikannya sulit untuk mendapatkan *dispresi* serat yang seragam dalam campuran sehingga perlu memodifikasi permukaan serat–serat.

Hasil-hasil penelitian Sharma (1984) mengidentifikasi bahwa *fiber* mampu meningkatkan kapasitas geser (tarik diagonal) pada suatu balok beton/mortar.

Beton Serat

Beton serat adalah bagian komposit yang terdiri dari beton biasa dan ditambah dengan bahan lain yang berupa serat. Serat umumnya berupa batang-batang dengan ukuran 5-500 μm, dengan panjang sekitar 25 mm sampai 100 mm (Mulyono, 2003). Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastik atau potongan kawat baja. Menurut Suhendro (1998) penambahan serat dalam adukan beton dapat memberikan keuntungan yaitu:

1. Daktilitas (*ductility)*, yang berhubungan dengan kemampuan bahan dalam menyerap energi (*energi absorption).*
2. Ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistantce).*
3. Ketahanan untuk menahan gaya tarik dan momen lentur.
4. Ketahanan terhadap kelelehan (*fetigue life).*
5. Ketahanan terhadap pengaruh susutan (*Shrinkage).*
6. Kertahanan terhadap ausan *(abrasion),* fragmentasi *(fragmentation*), dan *spailling.*

Tabel 1. Karakteristik Serat Nylon

Jenis Serat	Kuat Tarik (Ksi)	Modulus Young (10 Ksi)	Batas Ukur (%)	Berat Jenis
Acrylic	30-60	0,3	25-45	1.1
Asbes(asbestos)	80-140	12-20	~0.6	3.2
Cotton	60-100	0.7	3-10	1.5
Kaca (glass)	150-550	10	1.5-3.5	2.5
Nylon (high tenacity)	110-120	**0,6**	16-20	1.1
Polyester (high tenacity)	105-125	1.2	1113	1.4
Polyethylene	~100	0.02-0.06	~1	0.95
Polypropylene	80-100	0.5	~25	0.90
Rayon (high tenacity)	60-90	1.0	10-25	1.5
Rock Wool (Scandinavian)	70-110	10-17	~0.6	2.7
Baja (steel)	40-400	29	0.5-35	7.8

Balok Beton Bertulang

Balok (*beam*) adalah suatu elemen atau struktur portal yang bekerja sebagai satu kesatuan dalam portal untuk menahan lentur, geser dan torsi. Menurut Rafiuddarojad dan Herning (2003) berdasarkan perbandingan antara panjang bentang bersih (Ln) dengan tinggi efektif balok (d), maka balok beton bertulang dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu :

1. Balok normal : Ln/d >5.
2. Balok tinggi : $2 \leq$ Ln/d ≤ 5.
3. Balok sangat tinggi : Ln/d < 2.

Balok tinggi (*deep beam*) mempunyai angka perbandingan antar tinggi dengan lebarnya sangat besar, serta angka perbandingan antara bentang geser dengan tinggi efektif tidak melebihi 2 sampai 2,5, dimana bentang geser adalah bentang bersih balok untuk beban terdistribusinya (Nawy, 1990).

Kuat Tekan Beton (fc')

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton (diameter 15 cm, tinggi 30 cm) sampai hancur. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM *(American Sosiety for Testing Material),* C39-86. Menurut Dipohusodo (1999), kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi *(fc)* yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan.

Kuat Tarik Belah (ft)

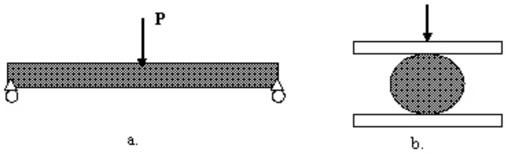
Persamaan satu menunjukkan kuat tarik belah (*ft*) ditentukan berdasarkan kuat tekan belah dari silinder beton yang ditekan pada sisi panjangnya (SK SNI-T-15-1991-03). Menurut Dipohusodo (1999) nilai kuat tekan dan tarik bahan beton tidak berbanding lurus.

$$ft = \frac{MY}{I} \qquad (1)$$

dimana =

M = Besar momen maksimum (Nmm)
Y = Tinggi garis netral bahan (mm)
I = Momen inersia bahan (mm^4)

Kuat tarik bahan beton ditentukan melalui pengujian *split cilinder* (Gambar 2). Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan 0,50-0,60$\sqrt{fc'}$ (beton normal digunakan nilai 0,57$\sqrt{fc'}$).



Gambar 2. Permodelan Pengujian *Modulus Of Rupture* dan *Split Cilinder Strength* pada Beton

Persamaan 2 memperlihatkan tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah yang disebut sebagai *split cilinder strength.*

$$ft = \frac{2P}{\pi L D} \quad .... \quad (2)$$

dimana =

ft = Kuat tarik belah (N/mm^2)
P = Beban pada waktu belah (N)
L = Panjang benda uji silinder (mm)
D = Diameter benda uji silinder (mm)

Modulus Elastisitas (*Ec*)

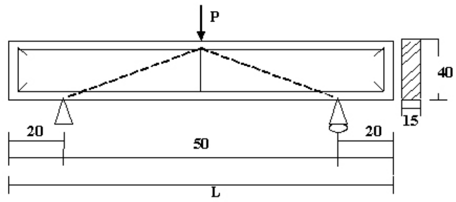
Menurut Mustikasari (2006) modulus elastisitas adalah suatu konstanta pembanding yang merupakan kemiringan dari diagram tegangan-regangan dalam daerah elastis linier, dan harganya bergantung pada bahan tertentu yang digunakan.

Menurut Dipohusodo (1999), nilai modulus elastisitas beton tergantung pada nilai kuat tekan betonnya. Komposit dengan *fiber* panjang lurus, modulus meningkat sesuai dengan konsentrasi *fiber*. Begitu pula dengan *steel* dan *carbon fiber composites*, kandungan *fiber* 10% dapat meningkatkan dua kali *modulus young* dari pasta semen *nonfiber* (Briggs, dkk., 1974 dalam Mustikasari 2006).

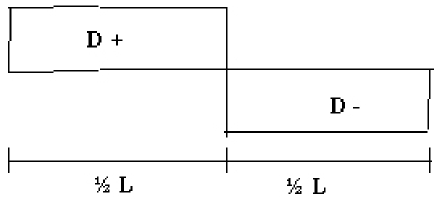
Kuat Geser

Geser dalam beton selalu diikuti oleh desak dan tarik oleh lenturan. Pengaruh-pengaruh geser yang ditimbulkan merupakan akibat dari torsi dan kombinasi torsi dengan lentur (Chu-kia Wang dan Charles G.Salmon, 1983).

Untuk mengetahui kapasitas geser yang terjadi harus dilakukan pengujian yang dapat menggambarkan bagaimana balok tinggi hanya menerima gaya geser saja, yaitu dengan meletakkan balok pada tumpuan dengan perletakan sendi rol. Beban yang terjadi pada balok adalah beban terpusat di tengah bentang (*1/2 l*) (Gambar 3).



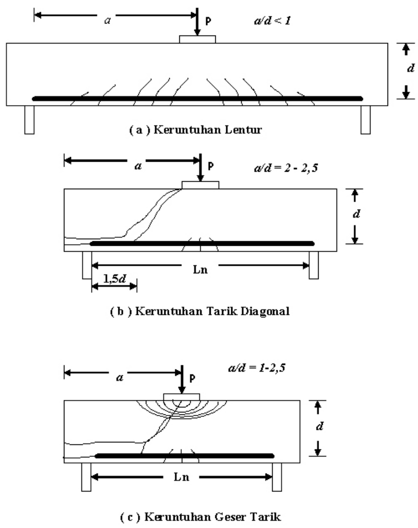
Gambar 3. Potongan Memanjang Balok Uji



Gambar 4. Diagram Bidang Geser

Pola Runtuh dan Tranfer Gaya Geser

Perbandingan antara *shear span* (*a*) dengan *effective depth* (*d*) memberikan keruntuhan yang berbeda. Menurut (Nawy, 1990) pola keruntuhan dapat dibedakan menjadi tiga (Gambar 5) .



Gambar 5. Ragam Keruntuhan Sebagai Fungsi dari Kelangsingan Balok

Sepanjang retak diagonal pada beton maka akan terjadi transfer gaya geser yang disebabkan oleh pengaruh *agregate interlock*. Pengaruh *agregate interlock* tergantung pada demensi tampang dan ukuran agregat. Pada ukuran agregat yang sama efek *agregate* *interlocok* pada beton bertulang yang mempunyai demensi tampang yang lebih kecil akan berpengaruh, daripada beton bertulang yang mempunyai demensi tampang yang besar (Darma, 2007).

Kriteria Desain Kuat Geser Balok Tinggi

Pada balok tinggi jarak penampang kritis untuk menghitung gaya geser rencana adalah :

Beban terdistribusi merata : x= 0,15 Ln

Beban terpusat : x =0,5 a

dimana :

x = jarak antara bidang keruntuhan dari muka perletakan

Ln = jarak bentang bersih untuk beban terdistribusi merata

a = lengan geser untuk beban terpusat.

Persamaan 3 memperlihatkan perancangan komponen struktur terhadap geser, komponen struktur harus mampu menahan beban geser Vu akibat beban luar yang telah memperhatikan faktor-faktor beban, atau :

$$Vu \leq \emptyset Vn \qquad (3)$$

Persamaan 4 menunjukkan kekuatan geser nominal Vn merupakan gabungan kontribusi tulangan geser baja dari beton :

$$Vn = Vc + Vs \qquad (4)$$

dimana =

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang (MPa)

V_n = kuat geser nominal (kN)

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (kN)

ϕ = faktor reduksi kuat bahan (untuk geser 0,6)

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (kN)

Persamaan 5 dan Persamaan 6 memperlihatkan kapasitas momen interen :

$$M = 1/4PL \qquad (5)$$

$$P = 4M/L \qquad (6)$$

Kekuatan geser dari balok tinggi dua atau tiga kali lebih besar dari harga yang diperkirakan menggunakan persamaan – persamaan pada balok biasa (Persamaan 7).

$$P = \frac{4M\,int}{L} > 3 \times P \qquad (7)$$

Kuat geser beton nominal dapat dihitung dengan cara sederhana seperti pada balok biasa (Persamaan 8 dan Persamaan 9).

Beton normal

$$V_c = \left(\tfrac{1}{6}\sqrt{fc'}\right) b_w d \qquad (8)$$

Beton serat

$$V_c = \left(\tfrac{1}{6}\sqrt{fc'}\right) b_w d.\left(ft_{fiber} / ft_{normal}\right) \qquad (9)$$

dimana =

Vc = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (KN)

fc' = Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)

bw = Lebar badan balok (mm)

d = Jarak dari serat tekan terluar terhadap tulangan tarik longitudinal (mm)

ft_{fiber} = Kuat tarik belah beton fiber (MPa)

ft_{normal} = Kuat tarik belah beton normal (MPa)

Kemudahan Pengerjaan (*Workability*)

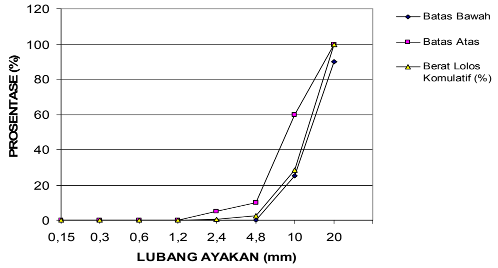
Menurut (Sudarmoko, 1998) yang dimaksud *wokability* adalah sifat beton yang menentukan besar usaha dalam yang dibutuhkan untuk memadatkannya dan memenuhi kriteria-kriteria dibawah ini :

1. *Plasticity*, artinya adukan beton harus cukup plastis kondisi antara cair dan padat.
2. *Cohesiveess*, artinya adukan beton harus mempunyai gaya-gaya kohesi yang cukup.
3. *Mobility*, artinya adukan beton harus mempunyai kemampuan untuk bergerak/berpindah tempat tanpa terjadi perubahan bentuk.
4. *Fluidity,* adukan beton harus mempunyai kemampuan untuk mengalir selama proses penuangan.

5. *Consistency*, artinya adukan harus mempunyai konsistensi/kekentalan yang cukup.

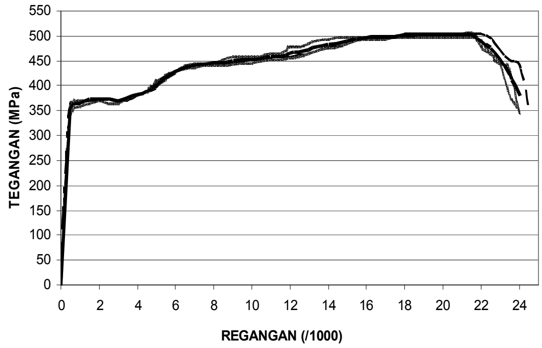
BAHAN

1. Semen, pemeriksaan semen dilakukan secara visual.
2. Agregat Halus, pemeriksaan agregat halus yaitu pengujian mix design menggunakan pasir dalam kondisi kering jenuh (SSD) berat jenis pasir muntilan diperoleh 2,629 termasuk dalam agregat normal adalah 2,5-2,7 (Tjokrodimuljo, 1996).
3. Gradasi Pasir. Menurut SK-SNI-T-1990-03, pasir Muntilan termasuk zona II (pasir agak kasar). Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butir (MHB) 1,5-3,8 dan dalam pengujian diperoleh MHB sebesar 2,95 untuk penyusunan beton normal.
4. Kadar Lumpur. Hasil pengujian kadar lumpur didapatkan hasil sebesar 2,440. Menurut SNI-03-1750-1990 (Amri, 2005) jumlah kandungan halus (kandungan lumpur) yang diijinkan tidak boleh melebihi dari 5 % dari berat agregat.
5. Agregat Kasar. Pada pengujian mix design menggunakan kericak kering jenuh (SSD) berat jenis kericak diperoleh 2,591 termasuk dalam agregat normal adalah 2,5-2,7 (Tjokrodimuljo, 1996).
6. Gradasi Kericak. Hasil pengujian gradasi kericak Pudak Payung dengan butir maximum 20 mm dan batasan gradasi kericak dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 6. Gradasi Kericak Pudak Payung dan Syarat Agregat

7. Gradasi Campuran (Pasir Muntilan dan Kericak Pudak Payung). Percampuran antara pasir dan kericak dengan perbandingan tertentu agar gradasi campuran dapat masuk dalam kurva standar menurut SK-SNI-T-15-1990-03 dengan butir maximum 20 mm. Perbandingan campuran pasir Muntilan 40 % dan kericak Pudak Payung 60 % yang terletak pada kurva 2 dan kurva 3.
8. Air. Menurut SNI-03-2847-2002 pasal 5.4 ayat 1-3 dalam (Amri, 2005) mensyaratkan air yang digunakan dalam campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam dan bahan organik, atau bahan lainya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.



Gambar 7. Hubungan Tegangan dan Regangan

9. Baja Tulangan. Pemeriksaan kuat tarik baja tulangan yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Negeri

Semarang, dari 3 sampel yang dirata-rata didapat fy baja sebesar 371,55 MPa .

Tabel 2. Kuat Tarik, Kuat Putus dan Modulus Elastisitas *Polypropylene Fiber* (Wahyudianto, 2006)

Sifat Mekanis	Sampel1	Sampel **2**	Rata rata
Kuat Tarik (Mpa)	71,111	75,556	73.334
Kuat Tarik Putus (MPa)	90,667	78,222	84,444
Modulus Elastisitas (MPa)	269,400	304,910	287,155

10. Serat Plastik (*Polypropylene Fiber).* Pengujian berat jenis dilakukan di Labotorium Mekanika Bahan Pusat Antar Universitas (PAU) Universitas Gajah Mada, dari dua sampel yang dirata-rata diperoleh berat jenis 0,612 gram/cm^3 (Isworo, 2006).

Kelecakan

Hasil pengadukan beton normal dan beton serat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Slump

No	Fas	Kadar Serat dari Vol Beton (%)	Nilai Slump (cm)
1.	0,65	0	15
2.	0,65	4	13.5

Nilai Slump turun dengan bertambahnya kadar serat karena jumlah pasta semen (air dan semen) yang tetap tapi terjadi penambahan bahan yang dapat mengurangi keenceran (menambah kekentalan) adukan beton. Suhendro (2000, dalam Isworo 2006) mengatakan bahwa makin besar jumlah serat yang ditambahkan dalam adukan beton akan mempersulit *fiber dispersion* dan menurunkan kelecakan (*workabilitty*) yang ditandai dengan turunnya nilai slump.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tekan Beton (*f'c)*

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah umur beton mencapai 28 hari karena pada umur ini kekuatan beton mencapai 100%. Benda uji ditekan menggunakan mesin uji tekan *Universal Testing Machine* (*UTM*). Penambahan serat plastik (*polypropylene fiber)* dengan panjang 6 cm dengan kadar serat sebesar 4% dari volume beton dapat menurunkan kuat tekan beton (Tabel 4).

Tabel 4. Kuat Tekan Beton dengan Penambahan *Polypropylene Fiber* dan Fas 0,65

Kadar serat dari Volume beton	Kuat tekan (Mpa)			
	S 1	S II	S III	Rata-rata
0	18.8841	19.9949	20.5503	19.8098
4	17.2178	16.6624	16.1070	16.6624

Beton serat plastik *(polypropylene fiber)* mempunyai kuat tekan yang lebih rendah dari pada beton normal. Rendahnya kuat tekan beton serat *polypropylene* dibandingkan dengan beton normal disebabkan lekatan antara agregat yang seharusnya merekat secara baik diberi tambahan serat dan menjadi lekatan antar agregat berkurang, sehingga pada saat mendapatkan tekanan, retakan mortar agregat terhalang oleh serat dan retakan antar agregat berkurang.

Modulus Elastisitas (*Ec)*

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan setelah umur beton mencapai umur 28 hari. Penambahan *polypropylene fiber* dengan panjang 6 cm dengan kadar serat 4 % dari volume beton ke dalam adukan dapat menurunkan modulus elastisitas beton.

Tabel 5. Nilai Modulus Elastisitas Beton Normal dan Beton Serat

Kadar Serat (% dari Vol. Beton)	Modulus Elastisitas (Mpa)
0	7742,367
4	5629,6

Menurunnya nilai modulus elastisitas beton serat plastik dari beton normal l disebabkan nilai modulus elastisitas *polypropylene fiber* lebih rendah dari beton. Pemakaian serat yang terlalu panjang akan mengakibatkan semakin besar gesekan yang terjadi sehingga menurunkan kelecekan adukan beton yang akan menghasilkan benda uji yang keropos. Menurunnya nilai modulus elastisitas beton menyebabkan beton kurang efektif dalam mengurangi retak, namun dapat menambah ketahanan terhadap benturan.

Kuat Tarik Belah (*ft'*)

Penambahan serat kedalam adukan beton dengan tujuan untuk meningkatkan kuat tarik beton, sehingga retak-retak akibat beban lentur atau pemuaian dapat dikurangi. Pengujian kuat tarik belah beton dilaksanakan setelah umur beton mencapai umur 28 hari. Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan uji belah silinder. Penambahan serat sebesar 4% dari volume beton mengalami peningkatan sebesar 22,06% kuat tariknya dari beton normal sedang perbandingan kuat tarik belah antara beton normal dengan beton serat dapat dilihat pada tabel berikut.

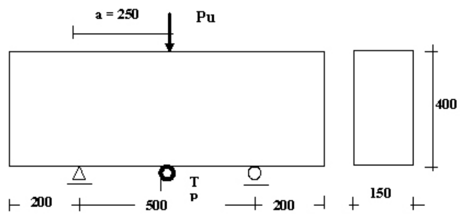
Tabel 6. Peningkatan Kuat Tarik Beton dengan Kadar *PolypropyleneFiber* sebesar 4 % dari Volume Beton

No.	Kadar Serat (%) Volume Beton	Kuat Tarik (Mpa)	Persentase Kuat Tarik dari Beton Normal	Peningkatan Kuat Tarik (%) (Mpa)	Peningkatan Kuat Tarik (%) Rata-rata dari 0%
1.	0	2,3763519	0	0	
2.	0	1,81113265	0	0	0
3.	0	2,082802548	0	0	
4.	4	2,516137306	120,3838325	20,38383253	
5.	4	2,499363057	119,5812736	19,58127363	22,06326131
6.	4	2,638216561	126,2246778	26,22467776	

Penambahan serat *polypropylene* sebanyak 4% dari volume beton dengan panjang serat 6 cm akan dapat meningkatkan kuat tarik beton. Kecenderungan peningkatan kuat tarik sebanding dengan panjang serat yang digunakan. Kuat lekat serat dengan beton yang semakin kuat akan menigkatkan kohesi antar agregat dengan pasta didalam beton, sehingga setelah kering beton tidak akan mudah terlepas pada saat dibebani gaya tarik.

Kapasitas Geser Balok Beton Bertulang

Gambar 8 yaitu model balok beton bertulang (BN) sebanyak tiga buah dengan ukuran 15 cm x 40 cm x 90 cm, diuji pada umur 28 hari dengan pengujian geser balok beton. Uji kapasitas geser balok tinggi dilakukan dengan menggunakan 1 titik pembebanan, dimana uji dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UNNES.



keterangan : TP = titik pengamatan

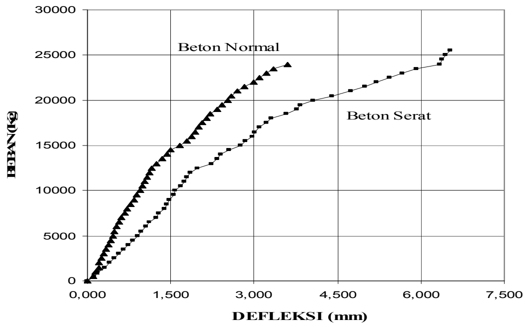
Gambar 8. Lokasi Titik Pengamatan dengan Menggunakan Dial Gauge

Tabel 7 menampilkan hasil uji eksperimen menunjukkan bahwa pada beton normal beban ultimit yang tercapai 24 ton, dengan defleksi rata-rata pada titik adalah 3,6 mm. Beton *fiber* menunjukkan beban ultimit yang tercapai 25,5 ton dengan lendutan rata-rata sebesar 6,54 mm. Rasio perbandingan antara beban ultimit beton *fiber* dengan beton normal adalah 1,06.

Tabel 7. Hasil Pengamatan Beban dan Defleksi Secara Eksperimen

Kode	Pultimit (ton)	P (ton) (mulai retak)	Defleksi Maximal (mm)
Balok Serat	25.5	19	6.54
Balok Normal	24	16	3.6

Hasil pengamatan untuk balok tinggi beton normal dan beton *fiber* yang *diplot* dalam bentuk kurva beban-lendutan pada titik pengamatan (Gambar 9).



Gambar 9. Grafik Beban-Defleksi Hasil Uji Pengamatan Balok Tinggi Beton Normal dan Beton Serat pada Titik Pengamatan

Beton *fiber* mempunyai tingkat daktailitas yang lebih besar dari pada beton normal, dan mempunyai beban *ultimit* yang lebih besar. Penambahan serat kedalam adukan beton yang memberikan pengaruh terhadap besarnya nilai defleksi yang dihasilkan akibat pembebanan antar beton normal dan beton *fiber*. Balok beton yang diberi serat dengan kadar serat 4 % dari volume beton mampu menahan beban dengan ditunjukkannya besarnya defleksi sebelum balok mengalami runtuh. Tabel 8 memperlihatkan penambahan *fiber* kedalam adukan beton yang dapat meningkatkan daktailitas dari beton, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini, baik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan.

Tabel 8. Pengujian Kuat Geser Balok Beton Bertulang

KODE	*fc* (Mpa)	*ft* (Mpa)	*Vc* Ton)	Vn (Ton)
BN	19,8	2,09	4,08	4,08
BS	16,6	2,55	4,57	4,08

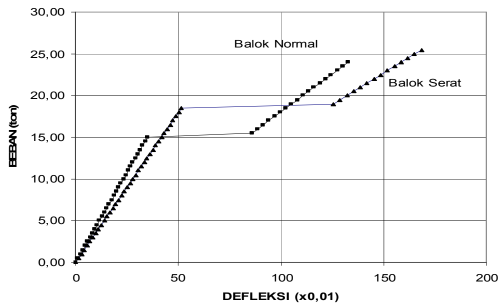
Penambahan serat 4% menyebabkan kuat geser balok yang lebih besar jika dibandingkan dengan beton normal. Balok beton bertulang dengan kadar serat 4% mempunyai kemampuan menahan gaya-gaya geser yang diakibatkan oleh pembebanan jika dibandingakan dengan balok beton bertulang normal.

Perhitungan Secara Teori

Hasil perhitungan secara teori menunjukan beban ultimite dan momen inersia yang bekerja pada beton serat lebih besar dari pada beton normal (Tabel 9 dan Gambar 10).

Tabel 9. Hasil Perhitungan Beban dan Deleksi Secara Teori

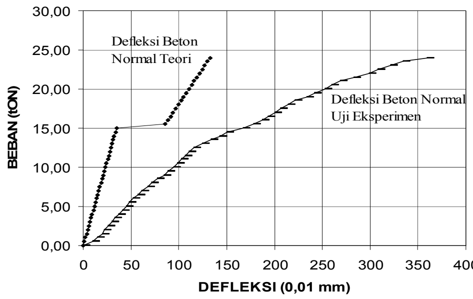
Kode	P (ton) (ultimit)	Defleksi Maximal (mm)
Balok Serat	25,5	1.68
Balok Normal	24	1.32



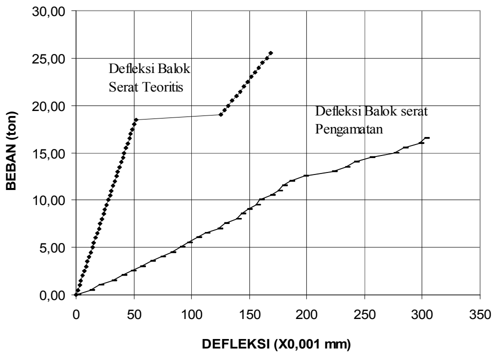
Gambar 10. Grafik Teorik Beban dan Defleksi Balok Tinggi Beton Normal dan Beton Serat

Hasil Uji Eksperimen dan Teori

Gambar 11 dan Gambar 12 memperlihatkan hasil perbandingan defleksi untuk beban yang sama (24 ton) pada balok tinggi beton normal didapat defleksi sebesar 3,6 mm dari hasil pengamatan sedangkan dari perhitungan secara teori dipeleh defleksi sebesar 1,79 mm. Pada balok tinggi beton *fiber* dengan beban ultimit sebesar 25,5 ton, defleksi yang diperoleh dari uji eksperimen 6,54 mm sedangkan dari hasil perhitungan diperoleh defleksi sebesar 2,44 mm sehingga kapasitas geser balok tinggi beton *fiber* lebih besar dari pada beton normal.



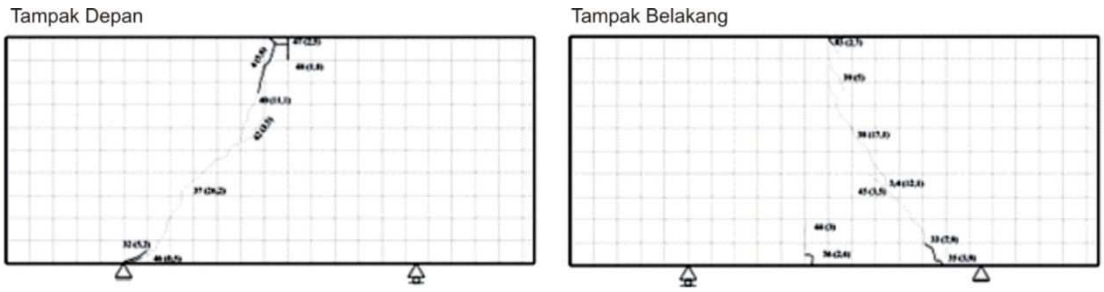
Gambar 11. Grafik Hasil Ekperimen & Teoritik Beban-Defleksi pada Balok Normal Beton Normal



Gambar 12. Grafik Hasil Ekperimen & Teoritik Beban-Defleksi pada Balok Fiber

Pola Retak Beton Normal

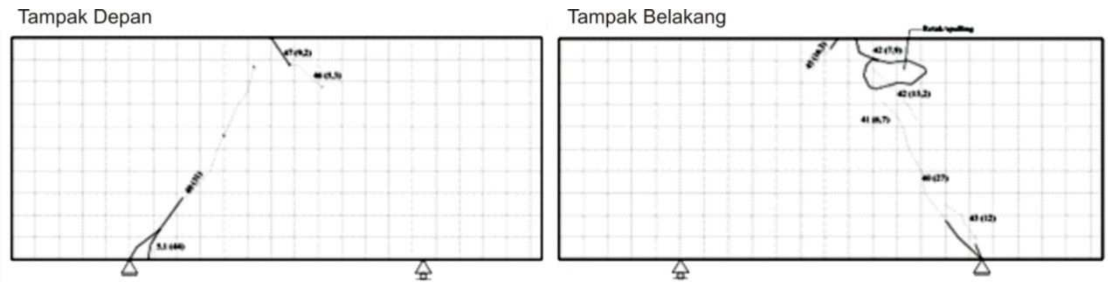
Dalam Gambar 13 menunjukkan pola retak pada beton normal sampel satu retak awal terjadi pada interval beban 16 ton disekitar 1 cm diatas perletakan sendi yang ditandai dengan terjadinya retak halus yang panjangnya ± 5,2 cm, lebar retak yang terjadi dari perletakan semakin mengecil sampai daerah *spalling*. Retak geser yang terjadi membentuk sudut ± 60 ^{o} dengan bidang horisontal dan berakhir tepat pada daerah pembebanan. Retak halus disekitar tegah balok pada interval beban mencapai 18 ton dengan panjang retak ± 2,6 cm yang menjalar kearah vertikal. P *ultimit* pada beban 24 ton dengan panjang retak 140,3 cm, sedangkan rasio P retak awal dengan P *ultimit* adalah sebesar 0,66.



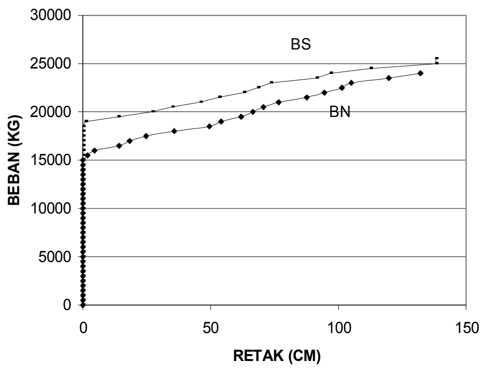
Gambar 13. Pola Retak Beton Normal Hasil Pengamatan

Pola Retak Beton *Fiber*

Pada Gambar 12 menunjukkan retak geser pertama pada sampel tiga terjadi pada beban 20 ton. Retak geser terjadi pada daerah tumpuan sendi dengan panjang retak 31 cm, retakan kemudian menjalar keatas dengan arah diagonal dan membentuk sudut ± 50^{0} sampai terjadi *spalliin* /retak didaerah titik pembebanan, dan mencapai P *ultimit* pada beban 25,5 ton dengan panjang retak 83,8 cm sehingga rasio P awal retak dengan P *ultimit* adalah sebesar 0,78 dan panjang retakan yang diperoleh antara beton normal dengan beton *fiber* ternyata besar dan lebih panjang beton normal, hal ini dikarenakan beton normal terlalu getas (*daktail)* sehingga tidak mampu menahan beban yang diberikan sehingga beton normal jumlah retakan, leber retakan, dan panjang retakannya lebih besar jika dibandingkan dengan beton *fiber.*



Gambar 12. Pola Retak Beton Fiber Hasil Pengamatan



Gambar 13. Grafik Pola Retak Akibat Pembebanan (Beban-Retak)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap beton yang diberi bahan tambah serat plastik (*polypropylene fiber*) yang dipotong-potong dengan panjang 6 cm, diameter 2-4 mm sebesar 4 % dari volume beton, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton serat turun sekitar 15,88 % dari beton normal dan nilai modulus elastisitas serat juga turun sekitar 16,16 % dari beton normal.
2. Kuat tarik belah beton serat meningkat sekitar 22,063 % dari beton normal, dan beton serat masih mempunyai kemampuan menahan tegangan tarik meskipun beton sudah mengalami retak-retak.
3. Penambahan *polypropylene fiber* sebesar 4% dari volume beton dapat meningkatkan kapasitas geser balok beton bertulang *fiber* sebesar 11,76 % dari beton normal.

DAFTAR PUSTAKA

Amri, S. 2005. *Teknologi Beton*. Universitas Indonesia: Jakarta.

Darma, E. 2007. *Studi Perbandingan Keruntuhan Geser Pada Balok Tinggi Beton Normal dan Beton Fiber.* Tesis Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.

Dipohusodo, I. 1999. *Struktur Beton Bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*. PT. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.

Isworo, A. 2006. *Pengaruh Penambahan Fiber Polypropylene Sebesar 3,92% Volume Fraction Dengan Fas 0,5 Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang.* Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang: Semarang.

Mulyono, T. 2003.*Teknologi Beton*. Andi: Yogyakarta.

Mustikasari, A. 2006. *Pengaruh penambahan serat sabut kelapa (coconut fiber) secara parsial sebesar 0,25% dari volume beton Terhadap kuat lentur balok beton bertulang.* Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang: Semarang.

Nawy,E.G. 1990. *Beton Bertulang – Suatu Pendekatan Dasar*. (Terjemah Oleh Suryoatmono, B.). Eresco: Bandung.

Rafiuddarojad, dan Herning. 2003. *Analisis Dan Desain Penulangan Lentur Dan Geser Balok Tinggi.* Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.

Sudarmoko. 1998. *Sifat-Sifat Beton Segar Dan Keras Dan Perancangan Campuran Adukan Beton Berdasarkan SK-SNI T-15-1990-03.* pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.

Suhendro, B. 1998. *Pengaruh Pemakaian Fiber Secara Parsial Pada Perilaku Dan kapasitas Balok Beton Bertulang (hasil "Full Scdale Model Test").* Pusat Antar Uiversitas Ilmu Teknik universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.

Tjokrodimuljo, K. 1996. *Teknologi Beton.* Nafiri: Yogyakarta.

Wahyudianto, E. 2006. *Pengaruh Penambahan Polypropylene Fiber (Serat Plastik) 6 cm Terhadap Kuat Tarik, Kuat Tekan, Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Kadar Semen 350 kg/m^3 Dan Fas 0,4.* Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang: Semarang.

Widodo, Nurcahoyo 2006. *Pengaruh Bahan Tambah Serat Polypropylene 4 cm dengan Fas 0,6 terhadap Kuat Tarik Belah, Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton.* Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang: Semarang.