

KAPASITAS LENTUR BALOK BETON BERTULANG DENGAN SERAT SABUT KELAPA

Henry Apriyatno

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Gedung E4, Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229, Telp. (024) 8508102

Abstract: Concrete has a weakness in its tensile strength and easily broken so that the concrete cross-sectional area of capacity planning appeal is not taken into account. The weakness of concrete can be improved by increasing the fiber that has a purpose as concrete reinforcement fibers uniformly. The fiber used is coco fiber length of 8 cm in the composition of 0%, 1%, 1.33%, 2% and 4% of the volume of concrete. Mechanical changes of concrete obtained from concrete test cylinders and pure bending concrete beams measuring 15 cm x 20 cm x 110 cm at the optimum composition of the fiber to the concrete. The results showed the addition of fiber causes the concrete cylinder press capacity was significantly increased by 5.583% as well as the tensile strength of concrete rose by an average of 5.225%. Ductility properties of concrete increased significantly while the modulus of elasticity of concrete is significantly decreased, the bending capacity of the beam used pure bending optimum composition of 1% of the volume of concrete with fiber deployment 12:25 h and 0.5 h obtained the best results with an average increase of 6.65%.

Key words: *Beam bending, concrete coir fiber*

Abstrak: Beton memiliki kelemahan pada kuat tarik dan sifat getasnya rendah (mudah putus) sehingga dalam perencanaan kapasitas tampang beton daerah tarik tidak diperhitungkan. Kelemahan beton dapat diperbaiki dengan menambah serat yang memiliki tujuan menulangi beton dengan serat secara uniform. Serat yang dipakai adalah serat sabut kelapa panjang 8 cm pada komposisi 0%, 1%, 1.33%, 2% dan 4% dari volume beton. Perubahan mekanis beton diperoleh dari uji silinder beton dan balok beton lentur murni berukuran 15 cm x 20 cm x 110 cm pada komposisi optimum serat terhadap beton. Hasil penelitian menunjukkan dengan penambahan serat menyebabkan kapasitas tekan silinder beton secara signifikan naik sebesar 5,583% demikian juga kuat tarik beton naik rata-rata sebesar 5,225%. Sifat daktilitas beton meningkat secara signifikan sedangkan modulus elastisitas beton secara signifikan menurun, kapasitas lentur balok lentur murni dipakai komposisi optimum 1% serat terhadap volume beton dengan penyebaran 0.25 h dan 0.5 h diperoleh hasil yang paling baik dengan peningkatan rata-rata sebesar 6,65%..

Kata kunci: Balok lentur, Beton serat sabut kelapa

PENDAHULUAN

Beton masih menjadi pilihan utama dalam pembangunan baik berfungsi sebagai struktur maupun non-struktur, alasannya beton memiliki kelebihan antara lain memiliki tegangan desak yang relatif tinggi. Beton selain memiliki kelebihan juga mempunyai sifat-sifat yang kurang baik yaitu getas (*brittle*) sehingga tidak cukup kuat untuk menahan tegangan tarik.

Bagian beton tarik akan mengalami retak jauh lebih cepat sebelum baja tulangan dapat memberi dukungan terhadap tarikan secara optimal, akibatnya akan terjadi retak rambut (*micro crack*) yang dapat mempengaruhi

keawetan bangunan.

Untuk mengatasi sifat kurang baik dari beton dapat dilakukan dengan cara penambahan serat (*fiber*) pada adukan beton. Tujuannya adalah menulangi beton dengan *fiber* yang disebarkan secara merata (*uniform*) kedalam adukan beton.

Menurut Sjafei Amri (2005) beberapa jenis serat yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat beton antara lain : *Fiber Logam, Fiber Polimerik, Fiber Karbon, Fiber Gelas, Fiber dari bahan alami.*

Beton Bertulang

Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan.

Beton yang tidak diberi tulangan akan lemah dalam menerima tarikan. Kelemahan beton pada bagian tarik dapat diatasi dengan memberi penguatan batang tulangan baja, namun pemakaian tulangan baja tidak otomatis menghindarkan dari retak-retak rambut (*micro crack*).

Beton Serat (*Fiber Concrete*)

Beton serat merupakan bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan serat. Serat pada umumnya berupa batang-batang dengan diameter antara 5 dan 500 mikro meter, dan panjang sekitar 25 mm sampai 10 mm (Tjokrodimulyo, 1996).

Menurut Sjafei (2005), penambahan serat berarti memberi tulangan pada beton yang disebar merata ke dalam adukan beton dengan orientasi acak dengan maksud untuk mencegah terjadinya retakan micro pada beton di daerah tarik akibat pengaruh pembebanan, pengaruh susut atau pengaruh panas hidrasi.

Serat Sabut Kelapa

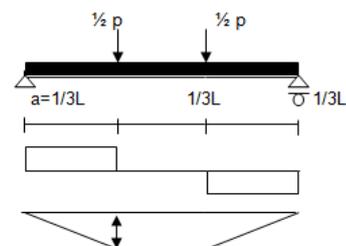
Serabut kelapa panjangnya 15-30 cm dan mempunyai sifat tahan lama, kuat terhadap gesekan dan tidak mudah patah, tahan terhadap air (tidak membusuk), tahan terhadap jamur dan hama dan tidak dihuni oleh rayap maupun tikus

(Frick dan Koesmartaji, 1999).

Serat sabut kelapa termasuk serat alami, serabut kelapa terdiri dari dua bagian, yaitu sel-sel serat dan sel-sel non serat atau sabut gabus (Joedobroto, 1990 dalam Wardoyo dan Indarto, 2002). Serat sabut kelapa sangat tahan lama terhadap kondisi cuaca normal. Publikasi mengenai pemanfaatan sangat jarang, karena serat sabut kelapa memiliki kerugian, yaitu modulus elastisitasnya rendah, dan peka terhadap perubahan kelembaban (Hannan, 1986 dalam Wardoyo dan Indarto, 2002).

Kapasitas Lentur Murni

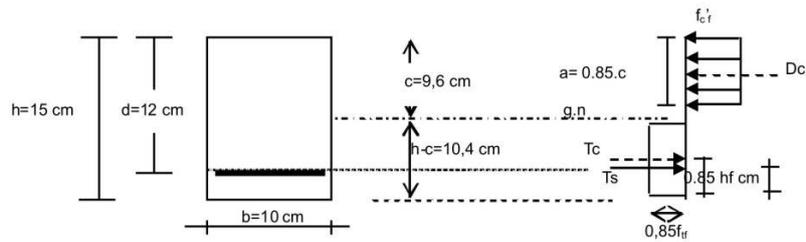
Lenturan murni adalah lenturan yang terjadi pada balok dengan mengkondisikan gaya lintangnya sama dengan nol (Apriyatno H, 2000). Untuk memperkirakan kapasitas momen lentur, beton serat dapat dianggap sebagai bahan komposit yang terdiri dari beton dan sebagian kecil serat (Sudarmoko, 1991).



$$M_c = \frac{1}{2} P \times \frac{1}{3} L$$

(Gambar 1)

$$P_u = \frac{M_u}{\frac{1}{2} \times \frac{1}{3} L}$$



Gambar 1. Analisis tampang beton serat.

Suhendro, B, (1994) di dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa penambahan serat pada beton akan menaikkan kekakuan serta mengurangi lendutan (*defleksi*), selain itu penambahan serat akan meningkatkan ketahanan beton sehingga struktur akan terhindar dari keruntuhan tiba-tiba akibat pembebanan yang berlebihan.

Kuat lentur beton dapat ditentukan melalui pengujian balok beton dengan meletakkan balok beton pada tumpuan sederhana. Beban yang bekerja pada pusat batang terbagi menjadi dua bagian yang sama besar. (gb.1)

Menurut Timoshenko (1963) defleksi ditentukan berdasarkan :

$$\delta_{maks} = \frac{P.a}{24.E_c.I} (3.L - 4a^2) + \frac{5.q.l^4}{384.E_c.I}$$

Analisis Tampang

Menurut Suhendro (1998) distribusi tegangan (gb.3) balok beton serat adalah :

$$\begin{aligned} D_c - T_c - T_s &= 0 \\ D_c &= 0.67 \times f'_{cf} \times c \times b \\ T_c &= 0.85 f'_{tf} \times 0.85 \times h_f \times b \\ T_s &= A_s \times f_{ys} \end{aligned}$$

Momen ultimit yang dapat didukung oleh tampang balok beton serat :

$$M_u = T_c \times \left[h - \frac{3}{8} c - \frac{h_f}{2} \right] + T_s \times \left[d - \frac{3}{8} c \right]$$

METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dari mempersiapkan serat sabut panjang 8 cm serta membuat balok beton dan silinder beton pada lima buah komposisi serat terhadap volum beton dengan rincian 0%,1%,1,33%,2% dan 4% masing masing sembilan silinder beton dan tiga buah balok berukuran 15 cm x 20 cm x 110 cm guna menguji kuat lentur beton serat sabut kelapa optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tekan Beton

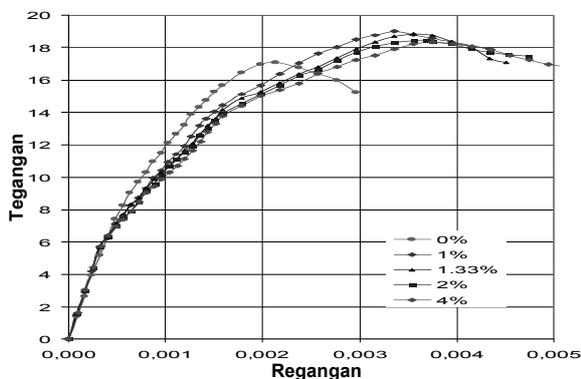
Hasil penelitian diperoleh nilai kuat tekan beton normal (kadar serat 0%) sebesar 17,67 MPa, beton serat sabut kelapa dengan kadar serat 1% kuat tekannya sebesar 19,03 MPa, beton serat 1,33% kuat tekannya sebesar 18,986 MPa, beton serat 2% kuat tekannya sebesar 18,477 MPa dan beton serat 4% kuat tekannya sebesar 18,365MPa. Penambahan serat sabut kelapa sebesar 1%; 1,33%; 2% dan 4% dari volume beton memberikan hasil kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal (0% serat).

Nilai kuat tekan terbaik dihasilkan oleh beton serat sabut kelapa dengan kadar serat sebesar 1% dari volume beton dengan demikian

menunjukkan bahwa kadar serat 1% merupakan nilai kadar serat optimum yang dapat ditambahkan kedalam adukan beton karena dengan penambahan serat dengan kadar optimum serat mengisi hampir seluruh rongga yang ada dan dengan kadar serat yang tidak berlebihan maka adukan tidak kekurangan bahan ikat (pasta semen) yang mengikat serat sehingga tidak menyebabkan berkurangnya lekatan yang dapat mengakibatkan gesekan dan ikatan antara bahan susun beton setelah mengeras.

Modulus Elastisitas Beton

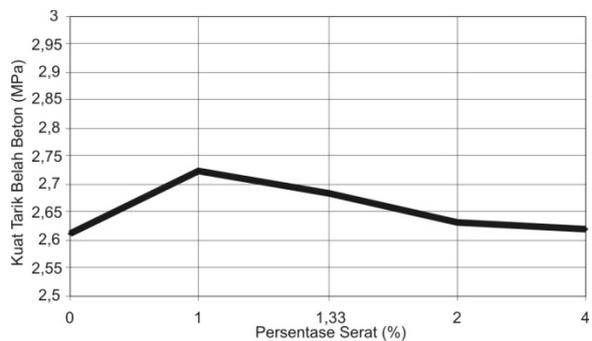
Dari pengujian modulus elastisitas beton diperoleh hasil bahwa adanya penambahan serat sabut kelapa akan meningkatkan modulus elastisitas beton. Namun dengan jumlah kadar serat yang ditambahkan semakin tinggi menyebabkan terjadinya penurunan nilai modulus elastisitas beton dengan demikian jumlah kadar serat yang ditambahkan kedalam adukan beton menyebabkan regangan yang terjadi pada beton juga akan semakin besar. Seperti yang kita ketahui bersama modulus elastisitas merupakan nilai perbandingan antara tegangan dan regangan pada kondisi elastis. (Gambar 2)



Gambar 2. Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Beton

Daktailitas

Kuat tarik belah tertinggi terjadi pada beton serat dengan penambahan serat 1%, dan kuat tarik belah beton akan semakin menurun dengan adanya penambahan serat sabut kelapa, namun kuat tarik beton masih diatas kuat tarik belah beton normal (Gambar 3). Hasil pengujian menunjukkan tegangan tarik belah untuk beton normal sebesar 2,612 MPa, beton serat sabut kelapa dengan kadar serat 1% dari volume beton menghasilkan kuat tarik sebesar 2,722 MPa, beton serat dengan kadar serat 1,33% kuat tariknya sebesar 2,684 MPa, untuk kadar serat 2% kuat tariknya sebesar 2,632 MPa dan dengan kadar serat 4% diperoleh kuat tarik sebesar 2,619 MPa dengan demikian penambahan serat sabut kelapa kedalam adukan beton dapat meningkatkan nilai kuat tarik-belah beton.

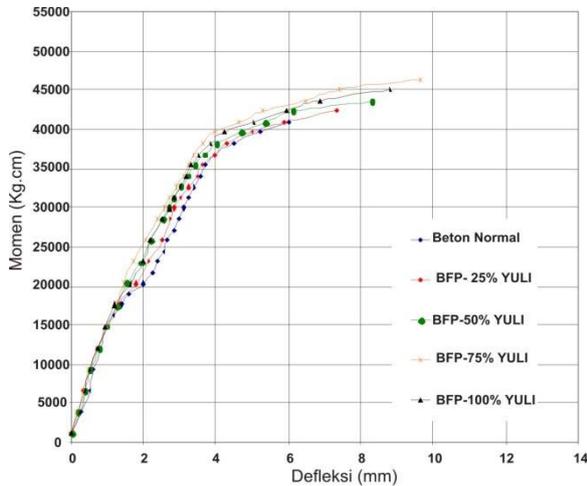


Gambar 3. Kuat Tarik Terhadap Porsentase serat

Kapasitas Lentur

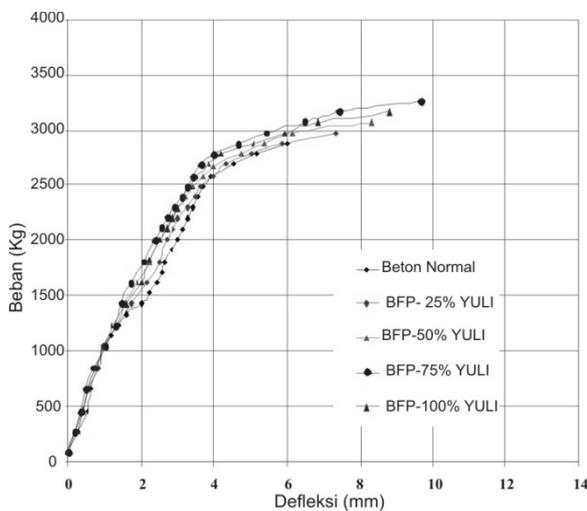
Pengujian kuat lentur dikenakan pada balok dengan ukuran lebar 10 cm, tinggi 15 cm dan panjang 110 cm dengan serat 1% dari volume beton. Balok diuji kuat lenturnya dengan menggunakan seperangkat alat uji lentur dimana balok diberi dua buah tumpuan berupa sendi-rol dengan jarak antar tumpuan 86 cm kemudian pada jarak 28,67 cm dari tumpuan-tumpuannya diberi beban vertikal sebesar 0,5P,

Untuk mengetahui hubungan antara besar lendutan dan beban pada benda uji digunakan alat bantu *dial gage*



Gambar 4. Hubungan Momen dan Defleksi

Dari data hasil pengujian lentur yang berupa beban (P), defleksi / lendutan (δ) dan momen lentur dapat dibuat grafik hubungan antara defleksi dengan beban serta hubungan antara defleksi dengan momen yang disajikan pada Gambar 4. dan 5.



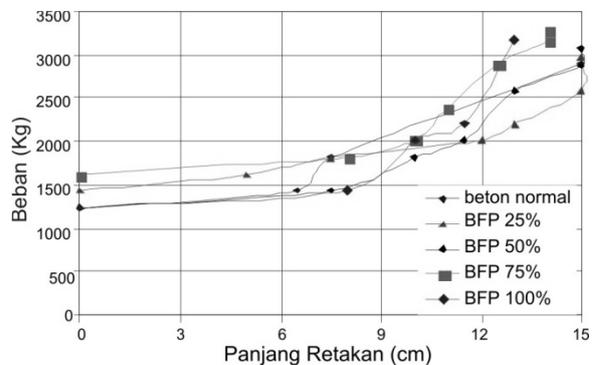
Gambar 5. Hubungan beban dan Defleksi

Dari hasil pengujian juga dapat diketahui bahwa dengan jumlah serat yang sama namun berbeda perletakan seratnya 50% dari luas-tampang balok (BFP-50) mampu memikul

beban paling besar jika dibanding dengan balok serat parsial 25% juga mempengaruhi nilai kuat lentur balok. Balok beton yang diberi serat pada bagian (BFP-25), balok serat parsial 75% (BFP-75), dan balok *full* serat (BFP-100). Hal ini membuktikan bahwa apabila serat ditempatkan pada bagian tarik dari balok (25% s.d. 50% dari luas-tampang balok) akan memberikan hasil yang optimal.

Pola Retak

Pola retak pada beton yang terjadi akibat adanya pembebanan vertikal pada balok beton serat tidak jauh berbeda dengan pola retakan yang terbentuk pada balok beton normal. Hal ini dikarenakan kadar serat yang ditambahkan pada adukan beton masih tergolong rendah. Namun dengan beban yang sama, panjang retak beton serat lebih kecil. Pada Gambar 6 diperlihatkan grafik hubungan antara beban dan panjang retakan yang terjadi di tengah bentang.



Gambar 6. Hubungan Beban dengan Panjang Retakan

Pada beban kecil belum timbul retakan karena secara bersama-sama beton dan baja tulangan bekerja menahan gaya-gaya, dimana gaya tekan ditahan oleh beton dan gaya tarik ditahan oleh beton dan baja tulangan. Pada beban sedang, kuat tarik beton dilampaui dan beton mengalami retak rambut, pada saat itu

baja tulangan akan mengambil alih memikul seluruh gaya tarik yang timbul dan beton tidak dapat meneruskan gaya tarik melintasi daerah retak. Pada balok beton serat, munculnya retak rambut sedikit dapat dicegah dengan adanya serat, penambahan serat menyebabkan beton dapat menerima tegangan tarik lebih besar dibandingkan beton normal. Pada pembebanan ultimit, dimana kapasitas batas kekuatan beton terlampaui dan tulangan baja mencapai luluh, balok mengalami hancur yang ditunjukkan dengan retak yang sangat lebar dan lendutan yang sangat besar.

Pada balok beton serat 50% dari luas-tampang balok, serat berada didaerah tarik maka serat bekerja sangat efektif dalam membantu memikul tegangan tarik yang terjadi, sehingga balok masih mempunyai kekuatan yang cukup besar dalam memikul beban meskipun retak yang terjadi sudah cukup besar.

Dari gambar 6 dapat diketahui bahwa penempatan serat pada daerah tarik balok 50% dari luas tampang balok merupakan penempatan yang paling tepat untuk menghasilkan balok yang mampu menahan beban paling besar.

KESIMPULAN

Penambahan serat sabut kelapa menyebabkan kuat tekan beton secara signifikan meningkat. Peningkatan kuat tekan beton serat terjadi karena serat akan menambah kemampuan lekatan antar butir-butir agregat yang mempengaruhi kemampuan beton dalam mendistribusikan gaya tekan beton ke butir-butir agregat. Hasil sangat berbeda dengan kuat tekan beton roving (serat palstik) yang dengan penambahan serat roving menyebabkan penurunan kuat tekan (Apriyatno,

2013) karena sifat serat sabut kelapa dengan tampang serat memiliki pori pori sehingga memungkinkan lekatan antar serat sabut kelapa dan butir butir agregat terhadap semen dapat meningkat sedangkan serat roving yang terbuat dari bahan plastik memiliki tekstur halus dan licin.

Hasil penelitian mengindikasikan penambahan serat sabut kelapa akan menaikkan kuat tarik beton yang terbaik sampai batas sekitar 4.5%, setelah itu kapasitas tarik beton akan menurun. Namun penurunan kapasitas tarik beton serat pada konsentrasi serat 7.6% masih diatas kuat tarik beton normal. Peningkatan kuat tarik pada beton serat menunjukkan adanya daya lekat yang baik antara serat sabut dengan bahan penyusun beton, hal ini dapat dilihat banyaknya serat sabut yang terputus pada waktu uji tarik beton. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa serat sabut memenuhi syarat untuk dipakai sebagai serat pada beton serat.

Penurunan kuat tekan beton serat ternyata diikuti dengan meningkatnya kuat tarik beton serat, dengan demikian penambahan serat tidak perlu disemua tampang balok beton tetapi cukup pada daerah tarik balok beton serat atau secara umum dibawah garis netral pada sebuah balok beton yakni disekitar 0.25 h (BRF-25) dan disekitar 0.5 h (BRF-50), dengan demikian hal penting yang perlu dicermati dalam perencanaan balok beton serat akan menghasilkan beton komposit yang memiliki nilai modulus elastisitas berbeda, yakni modulus elastisitas beton diatas garis netral adalah modulus elastisitas beton normal sedangkan modulus elastisitas balok beton dibawah garis netral adalah nilai modulus elastisitas beton serat. Konsekuensi logis dari perbedaan

modulus elastisitas pada satu tampang balok adalah penurunan rumus-rumus balok serat perlu dikoreksi.

Secara signifikan penambahan serat dapat meningkatkan daktilitas beton. Peningkatan daktilitas disebabkan oleh adanya serat pada beton yang memungkinkan beton dapat mempertahankan tegangan setelah regangan maksimum terjadi. Daktilitas yang baik diperoleh pada konsentrasi serat 1% dengan ditunjukkan regangan yang melampaui regangan beton serat lainnya. Hal ini sejalan dengan sifat beton serat terhadap sifat kuat tarik yang mampu mencapai hasil diatas beton normal, dengan demikian penambahan serat pada beton dapat memperbaiki sifat daktilitas (Gambar 6).

Gambaran kemampuan balok dalam mendistribusikan tegangan dan regangan akibat beban lentur disebut kapasitas lentur balok. Kapasitas lentur balok beton serat dengan pemakaian serat sebesar 1% memberikan kuat lentur sebesar 43718 Kg Cm lebih besar dari beton normal dengan 40970 Kg Cm artinya naik 6,65% terhadap beton normal hasil kapasitas lentur balok serat sejalan dengan peningkatan hasil kuat tarik dan sifat daktilitas balok beton serat.

DAFTAR PUSTAKA

Amri, Sjafei, (2005), *Teknologi Beton A-Z*, Yayasan John Hi-Tech Idetama, Jakarta.

Apriyatno, Henry, (2000), *Pengaruh Rasio Tinggi dan Tebal Badan Balok Castella pada Kapasitas Lentur*, Tesis Jurusan

Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajahmada, Yogyakarta.

Apriyatno, Henry, (2013), *Increasing Ductility Of High Bar Bonded Concrete By Adding Roving Fiber Into Concrete Mortar*, Proceeding Engineering International Conference, UNNES CONSERVATION 2013, Semarang.

Frick, H dan Koesmartadi, Ch., (1999), *Ilmu Bahan Bangunan*, Soegijapranata Press, Semarang.

Usmanto, W, (2006), *Pengaruh Penambahan Serat Roving Sebesar 4,48% dengan Panjang Serat 6 cm pada Sifat Mekanis Balok Beton Bertulang*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Semarang.

Sudarmoko, (1991), *Kuat Lentur Beton Serat dengan Model Skala Penuh*, Universitas Gajahmada, Yogyakarta.

Suhendro, B, (1994), *Pengaruh Pemakaian Fiber Secara Parsial pada Perilaku dan Kapasitas Balok Beton Bertulang (Hasil Full Scale Model Test)*, Forum Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.

Suhendro, B, (1998), *Pengaruh Pemakaian Fiber secara Parsial pada Perilaku dan Kapasitas Balok Beton Bertulang*, Universitas Gajahmada, Yogyakarta.

Timoshenko, (1963), *Theory of Elastic Stability*, Mc.Graw-Hill, Singapore.

Tjokromuljo, K, (1996), *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta

Wardoyo, S dan Priyo A., (2002), *Penelitian Kuat Tarik Belah Beton Serat dengan Bahan Tambah Serabut Kelapa*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang.

