

DISTRIBUSI GESER DALAM PADA BALOK BETON BERTULANG MUTU TINGGI DENGAN PENAMBAHAN SERAT KAWAT BENDRAT

Yarmiza Anggriyani Fitri¹, Teuku Budi Aulia², Taufiq Saidi³

¹⁾ Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,

^{2,3)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,

Email : aulia@unsyiah.ac.id, taufiqsaidi@gmail.com

Abstract: *The development and progress of the world quite rapidly accrue followed by a large number of the population led to an increase in the outstanding in the use of concrete. Concrete is widely used in the construction of the building works and means of transportation such as bridges, highways and other works. Basically the concrete has a high compressive strength, but had the ability to withstand the tensile and shear force low. This can be fixed by added a fiber on mortar concrete. The addition of fiber for decreasing the brittle and improving the survival of crack early (first crack) is a concrete it can be reached by adding polypropylene fiber, bendrat wire fiber and rubber tire fiber. The purpose of this research is to observe the shear behavior of reinforced concrete beam with fiber is polypropylene fiber (PP), bendrat wire fiber and used rubber tire. In this study 4 beams tested with measuring 15 x 30 x 220 cm each fiber type has a beam specimen and a beam specimen without the addition of fiber. Specimens designed for shear failure. The result showed all the beams are having shear failure as planned. Cement water factor (FAS) 0.25, bendrat wire fiber with a percentage of 2% of the volume of the concrete. The results showed a beam experiencing failed to slide as planned. The test results showed a beam BMT with the addition of fiber has a maximum load 26.03 tonnes, the first cracks occur on the load 5.10 tons. Beam with wire bendrat maximum load wire BMT 27.41 T, the first cracks occur on the load 5.90 T. For the magnitude of the shear style capacity contributed by shear reinforcement constant for all beams this is 1.653 T, while for a capacity of sliding style concrete donated by each to BMT fiber without adding $V_c = 4.52$ T and fiber wire bendrat BMT value of $V_c = 4.55$ T.*

Keywords : *High Strength Reinforced Concrete Beam, Bendrat Wire Fiber, Shear Behavior, concrete shear capacity (V_c), the capacity of the shear reinforcement (V_s).*

Abstrak: Perkembangan dan kemajuan dunia yang cukup pesat diikuti dengan bertambah banyaknya jumlah penduduk mengakibatkan terjadinya peningkatan yang menonjol dalam penggunaan beton. Beton digunakan secara luas pada pekerjaan-pekerjaan pembangunan gedung dan sarana-sarana transportasi misalnya jembatan, jalan raya serta pekerjaan-pekerjaan lainnya. Pada dasarnya beton memiliki kuat tekan yang tinggi, tetapi memiliki kemampuan menahan gaya tarik dan gaya geser yang rendah. Hal ini dapat diperbaiki dengan menambahkan serat pada adukan beton. Penambahan serat untuk mengurangi sifat getas dan meningkatkan ketahanan retak awal (*first crack*) beton yang dapat ditempuh salah satunya dengan menambahkan serat kawat bendrat, dan serat karet ban bekas dalam campuran beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengamati perilaku geser balok beton bertulang mutu tinggi (BMT) menggunakan serat kawat bendrat. Pada pengujian ini diuji dua balok berukuran 15 x 30 x 220 cm, dengan satu balok tanpa penambahan serat dan satu balok jenis serat sebanyak satu benda uji didesain mengalami gagal geser. Faktor air semen (FAS) 0,25 serat kawat bendrat dengan persentase 2% dari volume beton. Hasil penelitian menunjukkan balok mengalami gagal geser sesuai yang direncanakan. Hasil pengujian menunjukkan balok BMT dengan penambahan serat memiliki beban maksimum 26,03 ton, retak pertama terjadi pada beban 5,10 ton. Balok BMT kawat bendrat beban maksimumnya 27,41 ton, retak pertama terjadi pada beban 5,90 ton. Untuk besarnya kapasitas gaya geser yang disumbangkan oleh tulangan geser konstanta untuk semua balok yaitu 1,653 ton, sedangkan untuk kapasitas gaya geser yang disumbangkan oleh beton masing-masing untuk BMT tanpa penambahan serat $V_c = 4,52$ ton dan beton BMT serat

kawat bendrat nilai $V_c = 4,55$ ton.

Kata kunci : Balok Beton Bertulang Mutu Tinggi, Serat Kawat Bendrat, Perilaku Geser, kapasitas geser beton (V_c), Kapasitas gaya geser tulangan (V_s).

Perkembangan dan kemajuan dunia yang cukup pesat diikuti dengan bertambah banyaknya jumlah penduduk mengakibatkan terjadinya peningkatan yang menonjol dalam penggunaan beton. Beton digunakan secara luas pada pekerjaan-pekerjaan pembangunan gedung dan sarana-sarana transportasi misalnya jembatan, jalan raya serta pekerjaan-pekerjaan lainnya.

Pada dasarnya beton memiliki kuat tekan yang tinggi, tetapi memiliki kemampuan menahan gaya tarik dan gaya geser yang rendah. Hal ini dapat diperbaiki dengan menambahkan serat pada adukan beton. Penambahan serat untuk mengurangi sifat getas dan meningkatkan ketahanan retak awal (*first crack*) beton yang dapat ditempuh salah satunya dengan menambahkan serat kawat bendrat, dan dalam campuran beton.

Menurut Dinh,(2010), dengan penambahan serat baja sebanyak 0,75 % dapat menyempurnakan pola retak dan meningkatkan kuat geser pada beton bertulang tanpa tulangan sengkang lebih besar atau sama dengan $0,33\sqrt{f'_c}$ MPa.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengamati perilaku geser balok beton bertulang mutu tinggi menggunakan serat kawat bendrat. Hasil penelitian ini akan dibandingkan dengan perilaku geser yang timbul pada balok beton bertulang mutu tinggi

tanpa serat. Dengan adanya penambahan serat dalam adukan beton mutu tinggi diharapkan dapat meningkatkan daya dukung struktural dan daktilitas pada beton.

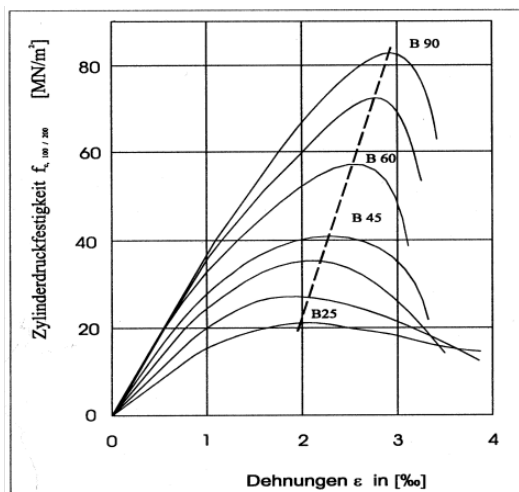
TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Konsep Beton Mutu Tinggi

Yang disebut dengan beton mutu tinggi (*high strength concrete*) menurut ACI 211.4R-93 adalah beton yang mempunyai kuat tekan silinder melebihi 40,8 MPa (6000 psi) sampai dengan 81,6 MPa (12000 psi) atau berkisar antara 41 – 82 MPa. Upaya untuk mendapatkan beton mutu tinggi yaitu dengan meningkatkan mutu material pembentuknya, misalnya kekerasan agregat dan kehalusan butir semen. Campuran beton mutu tinggi dalam pelaksanaan umumnya menggunakan bahan bangunan dengan campuran 5 bahan, yang terdiri dari semen, air, agregat (kasar dan halus), bahan *additive* (*silica fume, fly ash*, dan lainnya) dan bahan *admixture* (*superplasticizer*).

Untuk memperoleh beton mutu tinggi digunakan jumlah semen yang jauh lebih banyak dibandingkan dengan beton normal sehingga menghasilkan nilai faktor air semen (FAS) yang rendah. Pembuatan beton dengan campuran 5 bahan ini akan berdampak signifikan pada perubahan mikrostrukturnya bila dibandingkan dengan mikrostruktur pada beton normal, seperti pada produk hidrasi dan

bagiannya, struktur pori dan *interface* (lapisan antara butiran agregat dengan pasta semen), serta berpengaruh besar terhadap sifat mekanis material yang akan mempengaruhi sifat beton, seperti kekuatan beton, modulus elastisitas, perilaku kehancuran, dan durabilitasnya (Aulia, 1999).



Gambar 1. Perbandingan Kurva Tegangan-Regangan Beton Untuk Kuat Tekan yang Berbeda-beda

Menurut Balaguru and Shah (1992), beton serat merupakan material komposit yang terdiri atas matrik (bahan pembentuk utama) yang diperkuat dengan serat-serat yang mempunyai sifat sebagai tulangan beton. Komposit beton serat biasanya dibagi dalam tiga katagori, yaitu : (a) komposit berserat rendah dengan kadar serat yang lebih kecil dari 1 % volume beton; (b) komposit berserat sedang dengan kadar serat 1% sampai 5% volume beton; dan (c) komposit berserat tinggi dengan kadar serat mencapai 5% samapai 15% volume beton.

Penambahan serat bertujuan untuk memberi tulangan mikro pada beton yang disebar merata ke dalam campuran beton

dengan persentase tertentu, sehingga diharapkan dapat mengurangi terjadinya retak pada daerah tarik beton akibat pengaruh pembebanan, pengaruh susut pada beton atau pengaruh panas hidrasi. Kuat tarik beton dipengaruhi oleh bentuk dan kandungan serat yang digunakan, dalam hal ini serat kawat bendrat merupakan serat kawat lunak yang digunakan untuk mengikat baja tulangan dalam konstruksi beton bertulang.

Bahan Tambah Serat Kawat Bendrat

Penambahan serat bertujuan untuk memberi tulangan pada beton yang disebar merata ke dalam campuran beton dengan persentase tertentu, sehingga diharapkan dapat mengurangi terjadinya retak pada daerah tarik beton akibat pengaruh pembebanan, pengaruh susut pada beton atau pengaruh panas hidrasi. Kuat tarik beton dipengaruhi oleh bentuk dan kandungan serat yang digunakan, dalam hal ini serat kawat bendrat merupakan serat kawat lunak yang digunakan untuk mengikat baja tulangan dalam konstruksi beton bertulang. Secara umum kawat bendrat dengan diameter 0,75 mm mempunyai kuat tarik sebesar 385 N/mm² dengan berat jenis 6,68 gr/cm³

Kekuatan Balok Beton Bertulang

Perilaku geser balok Beton Bertulang

Dalam perencanaan kekuatan geser, McCormac (2001 : 240) meninjau kekuatan geser nominal (V_n) sebagai jumlah dari dua bagian :

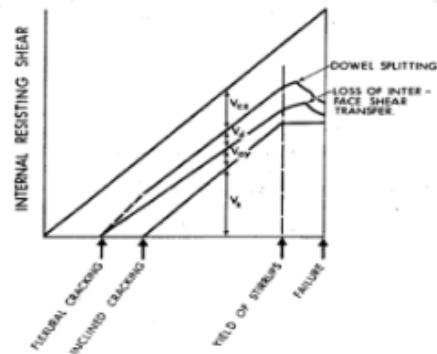
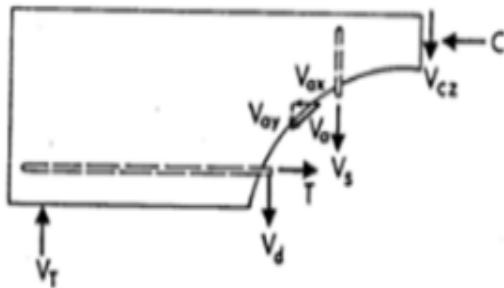
$$\phi V_n = \phi (V_c + V_s) \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- V_n = Kekuatan geser nominal (kg) ;
 V_c = Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton (kg);
 V_s = Kekuatan geser yang disumbangkan

oleh tulangan geser (kg). dan

ϕ = Faktor reduksi (0,75)



Gambar 2. Distribusi Gaya Dalam Pada Balok Bertulang
Sumber : ACI-ASCE Committee 426 (1973)

Untuk mencegah pembentukan retak miring, digunakan penulangan geser yang berbentuk sengkang tertutup. Gambar 2 memperlihatkan perlawanan retak miring terdiri dari beberapa komponen yaitu ditahan oleh beton yang belum retak (V_{cz}), ditahan oleh tulangan tarik (V_d), ditahan oleh tulangan sengkang (V_s), dan ditahan oleh gaya ikat antar agegat (V_a).

dimana :

- V_s = Gaya geser nominal yang disediakan oleh tulangan sengkang (N) ;
 A_v = Luas penampang tulangan sengkang (mm^2);
 f_y = Kuat luluh tulangan geser (MPa);
 d = Tinggi efektif penampang balok beton bertulang (mm); dan
 s = Jarak pusat ke pusat batang tulangan geser ke arah sejajar tulangan pokok memanjang (mm).

Kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan gaya geser dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (7) :

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \right) b_w d \quad (2)$$

dimana :

- V_c = Kapasitas geser beton (N) ;
 f'_c = Kuat tekan beton (MPa) ;
 b_w = Lebar balok (mm) ; dan
 d = Tinggi efektif penampang beton (mm).

Menurut Nawy (1998 : 162), untuk tulangan geser, V_s dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (8) :

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \dots \dots \dots (3)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Perencanaan Balok Bertulang Beton Mutu Tinggi

Beton yang digunakan adalah beton mutu tinggi dengan penambahan serat kawat benderat. Ukuran balok yang akan digunakan berukuran 150 x 300 x 2200 mm. Perhitungan awal mengenai kapasitas geser dilakukan guna mendapatkan gambaran apakah benda uji balok yang akan direncanakan akan terjadi gagal geser.

Berdasarkan Analisis yang dilakukan untuk mendapatkan benda uji gagal menahan kapasitas geser maka didapat ukuran dan jumlah tulangan seperti terlihat pada tabel

berikutnya dapat didapat ukuran dan jumlah tulangan seperti terlihat pada Tabel 1.

Pengujian Benda Uji

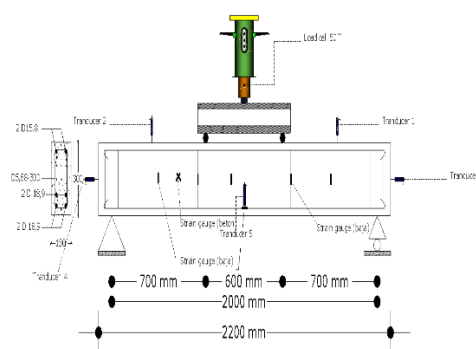
Pengujian kuat lentur beton bertulang

Set up pengujian benda uji balok dapat dilihat pada Gambar 3. Adapun perilaku yang diamati adalah sebagai berikut :

Retak yang terjadi :

- Retak awal
- Pola retak
- Jumlah retak
- Lebar retak
- Lendutan yang terjadi dibandingkan dengan dua benda uji balok lainnya
- Beban maksimum yang dipikul oleh balok;

dan Pola kehancuran



Gambar 3. Set Up Pembebanan Benda Uji Balok

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Kuat Tarik Baja

Data hasil tegangan luluh, regangan luluh dan modulus elastisitas baja untuk masing-masing diameter diperlihatkan pada Tabel 2

Tabel 1. Ukuran dan jumlah tulangan benda uji balok

Jenis Benda uji	Nama Benda Uji	Dimensi Balok (mm)	Tulangan Pokok		Tulangan Pengikat	Jlh
			Tekan	Tarik		
			(mm)	(mm)		
Balok Beton Bertulang Mutu Tinggi Normal	BMTG	150 x 300 x 2200	2 D 15.8	4 D 18.9	Ø 5.68 – 300	1
Balok Beton Bertulang Mutu Tinggi Serat Kawat Bendrat	BMT KB	150 x 300 x 2200	2 D 15.8	4 D 18.9	Ø 5.68 – 300	1

Tabel 2. Hasil Perhitungan Uji Tarik baja

No	Diameter	Name of Test Objects	Yield Tension	Yield tension Average	Yield Strain	Modulus Elasticity	Modulus Elasticity average	Bar Type
	(mm)		Mpa	Mpa		Gpa	Gpa	
1	18,9	BU.1	509,30	505,05	0,002	255,41	246,98	Ulir
		BU.2	483,83			249,91		
		BU.2	522,03			235,63		
2	15,8	BU.1	407,44	407,44	0,002	191,46	202,92	Ulir
		BU.2	407,44			214,38		
2	5,68	BU.1	394,65	405,21	0,002	202,18	215,54	Polos
		BU.2	410,49			219,81		
		BU.3	410,49			224,62		

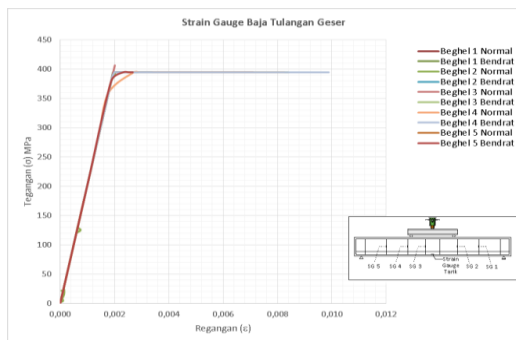
Regangan dan tegangan tulangan geser

Gambar 4 adalah hubungan Grafik hubungan regangan-tegangan baja tulangan geser balok BMT tanpa serat dan balok BMT

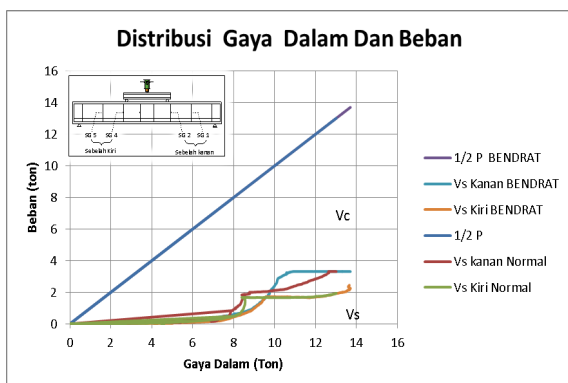
dengan serat kawat bendrat.

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa untuk balok BMT tanpa serat hanya tulangan geser no 5 yang tidak luluh hingga

beban maksimum sedangkan untuk tulangan geser nomor 1 sampai dengan 4 luluh sebelum beban maksimum. Sedangkan untuk tulangan geser balok BMT serat kawat bendrat tulangan no 3 yang tidak luluh hingga beban maksimum.



Gambar 4 Grafik Hubungan Regangan-Tegangan Baja Tulangan Geser Balok BMT Tanpa Serat dan Balok BMT dengan Serat Kawat Bendrat.



Gambar 5. Grafik Hubungan Gaya Dalam-Beban Balok BMT geser Pada Setengah Bentang.

Distribusi Gaya dalam dan beban pada balok variasi serat

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwa balok BMT geser variasi penambahan serat memiliki kekuatan geser yang disumbangkan oleh baja (Vs) memiliki nilai yang sama untuk semua balok yaitu 1,653 T, sedangkan untuk kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton (Vc) memiliki nilai

yang berbeda untuk semua balok. Untuk Balok Normal sebesar $V_c = 4,52 T$, untuk balok BMT geser serat kawat bendrat $V_c = 4,57$ ton. Dari gambar juga dapat dilihat nilai V_c sangat besar dibandingkan nilai V_s ini disebabkan karena balok ini adalah beton bertulang mutu tinggi. Posisi garis grafik memiliki nilai yang berbeda antara sebelah kanan dan kiri disebabkan penjumlahan antara strain gauge kanan (1+2) dan kiri (4+6) memiliki nilai jumlah regangan regangan yang berbeda karena ada strain gauge yang tidak luluh sampai beban maksimum.

Retak dan *Fracture/gagal*

Dapat disimpulkan bahwa penambahan serat kawat bendrat dapat meningkatkan beban terjadinya retak awal dengan kisaran 5,10 ton sampai 5,90 ton. Jumlah retak semakin banyak seiring dengan penambahan beban. Retak pada balok dimulai dengan beberapa retak halus vertikal (retak lentur), yang diikuti dengan kerusakan pada ikatan antara tulangan baja dan beton, sehingga terjadi retak diagonal. Retak mengalami perpanjangan secara diagonal hingga mencapai daerah tekan beton. Kehancuran total benda uji terjadi bersamaan dengan penjalaran retak yang telah mencapai daerah teratas tekan beton. Pembentukan retak pada umumnya sama dari setiap benda uji yaitu kehancuran geser atau gagal geser.

Pola retak yang terjadi didaerah geser dan kehancuran beton pada kondisi geser menunjukkan balok BMT tanpa serat maupun balok BMT variasi penambahan serat mengalami kehancuran geser. Hal ini telah

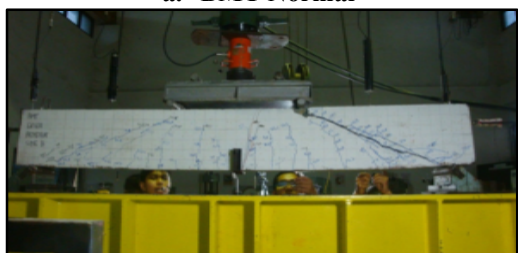
sesuai dengan perencanaan yang mengkondisikan kegagalan benda uji pada kondisi gagal geser. Perilaku kondisi kehancuran balok BMT tanpa penambahan serat yang getas dan perilaku kondisi kehancuran balok BMT dengan variasi penambahan serat yang lebih daktil mengidentifikasi keefektifan penggunaan serat pada balok beton bertulang mutu tinggi sehingga dapat meminimalisasi kegagalan geser balok bertulang secara tiba-tiba.

Tabel 2. Kapasitas Hasil pengujian

Jenis Benda uji	Beban Retak Pertama (Ton)	Beban Maksimum (Ton)
Balok Beton Bertulang Mutu Tinggi Normal	5,1	26,03
Balok Beton Bertulang Mutu Tinggi Serat Kawat Bendrat	5,9	27,41



a. BMT Normal



b. BMT Kawat bendrat

Gambar 6. Pola Retak Balok BMT dengan Variasi Penambahan Serat

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kekuatan geser yang disumbangkan dari

baja (Vs) mempunyai nilai tetap untuk semua balok yaitu 1,653 T. Untuk nilai V_c maksimum didapat pada balok dengan penambahan serat kawat bendrat yaitu 4,57 Ton

2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa untuk balok BMT tanpa penambahan serat lebih dahulu retak pada beban 5,1 ton dibandingkan dengan balok BMT kawat bendrat retak pertama pada beban 5,90 ton.

Saran

Penelitian ini diharapkan dapat dilanjutkan oleh peneliti lain, dengan memperhatikan beberapa hal dan saran sebagai berikut: Untuk melanjutkan penggunaan serat pada beton mutu tinggi untuk mengurangi sifat getas, dapat digunakan variasi serat lainnya dan dapat dibandingkan dengan serat yang telah diteliti pada tesis ini.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Amri, Syafei., 2005, *Teknologi Beton A-Z*, Penerbit Yayasan John Hi – Tech Ideatama, Jakarta.
- Anonim, 2012, *Brosur Produk*, PT. Sika Indonesia, Jakarta.
- Aulia, T. Budi, 1999, *Effect of Mechanical Properties of Aggregate on The Ductility of High Performance Concrete*, Karsten Deutschman, Lacer No. 4, University of Leipzig, 133 – 147.
- Dipohosodo, I., 1994, *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-*

- 1991-03, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hines, W.W., dan D.C. Montgomery, 1990, *Probabilitas Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen*, Edisi Kedua, terjemahan Rudiansyah dan A.H. Manurung, UI Press, Jakarta.
- Kim, Jubum., 2002, *Shear Strength Of Steel Fiber-Reinforced Concrete Beams Without Stirrup Reinforcement*, *ACI Struktural Journal* 99- S55.
- McCormac, J.C., 2002, *Desain Beton Bertulang*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, T., (2005), *Teknologi Beton*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Nawy, Edward G., (1998), *Beton Bertulang suatu Pendekatan Dasar*, Cetakan II, PT Refika Aditama, Bandung.
- Neville, A.M, 1999, *Properties of Concrete*, 4th Edition, British Library.
- Ngudiyono, dan Mahmud, F., *Pemamfaatan Fiber Lokal (Kawat Bendrat) Sebagai Tulangan Geser Mikro (Micro Shear Reinforcement) Pada Balok Beton Bertulang*, Jurnal Teknik Sipil Unsyiah Banda Aceh, Volume 6, Tahun VI, No.1, Mei 2007.
- Punmia, B.C, Ashok, K.J, and Arun, K.J., 2007, *Limit State Design of Reinforced Concrete*, Published By. Laxmi Publications (P) LTD. New Delhi. Penerbit: Firewall Media,
- 2007
- Subakti , A., 1995, *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Jurusan Teknik Sipil FTSP- ITS, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Tidak dipublikasikan, Surabaya.
- Suhendro, B., 2000, *Beton Fiber Konsep, Aplikasi, dan Permasalahannya*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Timoshenko, S. 2000. *Dasar-dasar Perhitungan Kekuatan Bahan, Bagian Satu*. Jakarta : Restu Agu
- International Journal Of Civil And Structural Engineering*, ISSN 0976 – 4399
- Wight, James K, 2010, *Shear Behaviour Of Steel Fiber-Reinforced Concrete Beams Without Stirrup Reinforcement*, *ACI Struktural Journal* 107- S59.