

PENGARUH PENAMBAHAN VARIASI SERAT BENDRAT PADA BETON MUTU TINGGI TERHADAP KUAT GESER BALOK BETON BERTULANG DENGAN ABU SEKAM PADI DAN BESTMITTEL SEBAGAI BAHAN TAMBAH.

Slamet Prayitno¹⁾ Sunarmasto²⁾, Edwin Bahtiar³⁾

³⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{1), 2)} Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email: edwinalfatir@gmail.com

Abstract

Shear strength is the power of a structure component over a cross section serves to increase stiffness the structure and withstand the force lateral. The influence of shear arising as a result of torque and a combination of torque with bending. The idea the addition of ashes a rice husk, fibers bendrat, and bestmittel devoted to increase the quality and improve of the nature of concrete itself. Research aims to understand the influence of the addition of ashes a rice husk, fibers bendrat, and bestmittel on the P shear when crack melting the beginning and P shear maximum and capacity shear on the concrete.

Methods used is the method experiment carried out in laboratory UNS material. Objects test cylindrical in diameter 15 cm and height of 30 cm for testing strong press, 8 centimeters x 12 centimeters x 100 cm for testing strong shear. Objects test each consisting of four pieces on the press and three pieces of for one variations fibers bendrat levels in the shear. The percentage fibers bendrat used is 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; and 2%. Testing used a CTM (Compression Testing Machine) to strong press and BMT (Bending Test Machine) to strong shear. Calculation analysis using program assistance microsoft excel.

From the analysis of research obtained the enhancement of value strong press in the fibers bendrat of 0%; 0,5 %; 1%; 1,5%; and 2% are 37,64 MPa; 41,50 MPa; 45,47 MPa; 35,71 MPa; and 30,02 MPa. The steady the addition of ashes a rice husk, fibers bendrat, and bestmittel is on the 0,77% based on a chart function polynomial with value strong press of 43,22 MPa. Value strong shear concrete in the fibers bendrat of 0%; 0,5 %; 1%; 1,5 %; and 2% are of 16,25 kN; 17,92 kN; 22,50 kN; 15,00 kN; and 14,58 kN. The steady the addition of ashes a rice husk, fibers bendrat, and bestmittel is on the 0,87% based on a chart function polynomial with value strong shear of 19,66 kN.

Keywords: High Quality Concrete, Ashes Rice Husk, Fibers Bendrat, Bestmittel
Compressive Strength, Shear Strength.

Abstrak

Kuat geser adalah kekuatan suatu komponen struktur atas penampang yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur dan menahan gaya-gaya lateral. Pengaruh-pengaruh geser yang timbul merupakan akibat dari torsi dan kombinasi torsi dengan lentur. Adanya ide penambahan abu sekam padi, serat bendrat, dan *bestmittel* ditujukan untuk meningkatkan mutu dan memperbaiki sifat-sifat beton itu sendiri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi, serat bendrat, dan *bestmittel* terhadap nilai P geser saat retak leleh awal dan P geser maksimum serta kapasitas geser pada beton.

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium Bahan UNS. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, 8 cm x 12 cm x 100 cm untuk pengujian kuat geser. Benda uji masing-masing berjumlah 4 buah pada uji tekan dan 3 buah untuk 1 variasi kadar serat bendrat pada uji geser. Persentase serat bendrat yang digunakan adalah 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2%. Pengujian menggunakan alat CTM (*Compression Testing Machine*) untuk kuat tekan dan BMT (*Bending Test Machine*) untuk kuat geser. Perhitungan analisis menggunakan bantuan program *Microsoft Excel*.

Dari analisis hasil penelitian didapatkan peningkatan nilai kuat tekan dengan kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 37,64 MPa; 41,50 MPa; 45,47 MPa; 35,71 MPa; dan 30,02 MPa. Kadar optimum penambahan abu sekam padi, serat bendrat, dan *bestmittel* adalah pada kadar 0,77% berdasarkan grafik fungsi polinomial dengan nilai kuat tekan sebesar 43,22 MPa. Nilai kuat geser beton dengan kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah sebesar 16,25 kN; 17,92 kN; 22,50 kN; 15,00 kN; dan 14,58 kN. Kadar optimum penambahan abu sekam padi, serat bendrat, dan *bestmittel* adalah pada kadar 0,87% berdasarkan grafik fungsi polinomial dengan nilai kuat geser sebesar 19,66 kN.

Kata kunci : Beton Mutu Tinggi, Abu Sekam Padi, Serat Bendrat, Bestmittel, Kuat Tekan, Kuat Geser.

PENDAHULUAN

Beton sangat diminati dan banyak digunakan karena ekonomis, dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan, tahan aus, kedap air, tahan lama, dan mudah perawatannya. Beton juga memiliki beberapa kekurangan. Berbagai usaha telah dilakukan untuk mendapatkan sifat-sifat beton yang lebih baik. Berbagai penelitian telah dilakukan dengan beberapa inovasi baru, misalkan dengan penambahan serat baja (kawat bendrat) pada beton dan terbukti dapat meningkatkan kuat tarik beton (Suhendro 1991). Penelitian ini menggunakan abu sekam padi, serat kawat bendrat, dan *bestmittel* sebagai bahan tambah pada beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi, serat kawat bendrat, dan *bestmittel* pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan dan kuat geser balok beton bertulang dengan menggunakan metode *Dreux*.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang terdiri dari campuran semen, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat sampai bahan buangan non kimia pada perbandingan tertentu (Tjokrodiluljo, 1996).

Beton Serat

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari campuran semen, agregat, air dan sejumlah serat yang disebar secara random. Prinsip penambahan serat adalah memberi tulangan pada beton yang disebar merata kedalam adukan beton dengan orientasi random untuk mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini di daerah tarik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan (Soroushian dan Bayasi, 1987).

Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera atau selama pengadukan beton. Tujuannya ialah mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah daktilitas mengurangi sifat getas, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya (Tjokrodiluljo, 1996).

Beton Metode *Dreux-Corrise*

Metode *Dreux-Corrise* mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan di lapangan, kemudahan pekerjaan, serta keawetan kekuatan dan pekerjaan beton. Dalam metode *Dreux-Corrise* kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (σ_{28}) untuk proporsi campuran berdasarkan campuran coba di laboratorium di ambil persamaan : $\sigma_{28} = G \cdot \sigma_c (- 0,5)$

Dengan ketentuan kekuatan tekan rata-rata beton pada umur 28 hari yang didasarkan atas benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Beton Mutu Tinggi Metode *Dreux-Corrise* dengan Abu Sekam Padi, Serat Kawat Bendrat, dan *Bestmittel*

Beton mutu tinggi metode *Dreux-Corrise* dengan campuran abu sekam padi, serat kawat bendrat, dan *bestmittel*. Bahan beton mudah didapat dan serat kawat bendrat yang merupakan kawat lokal yang biasanya di jual di pasaran dan harga yang relatif terjangkau. Beton mutu tinggi ini diharapkan kuat tekan dan kuat gesernya menjadi bertambah. Beton mutu tinggi dengan campuran abu sekam padi, serat kawat bendrat, dan *bestmittel* diharapkan dapat mencapai kuat tekan $f_c > 41,4$ MPa.

Pengujian

Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh. Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan hitungan :

$$f_c : \frac{P}{A} \left(\frac{N}{mm^2} \right) \quad (1)$$

dengan :

f_c : Kuat tekan beton pada umur 28 hari yang didapat dari benda uji (MPa).

P: beban maksimum (N)

A: Luas penampang benda uji (mm^2)

Kuat Geser

Kuat geser balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya per satuan luas (SNI 0-4431-2011). Pembebanan dilakukan pada 1/3 bentang untuk mendapatkan gaya geser. Analisis perhitungan kuat geser nominal (V_n) dilakukan dengan 2 analisis yaitu analisis pengujian dan analisis kuat geser (SNI 03-2847-2002), untuk menghitung kuat geser nominal (V_n) masing-masing analisis dapat dilihat pada persamaan berikut:

1. Analisis Pengujian:

$$V_n = 0,5 \cdot P(\text{geser})$$

2. Analisis SNI 03-2847-2002:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

dengan :

V_n = Kuat geser nominal (N)

V_c = Kekuatan geser nominal yang diberikan oleh beton.

V_s = Kekuatan geser nominal yang diberikan oleh tulangan badan.

f_c' = Kuat tekan beton (MPa).

b = Lebar balok.

d = Tinggi efektif balok

f_y = Tegangan leleh tulangan.

A_v = Luas tulangan geser.

s = Spasi tulangan geser.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret. Tahap awal, dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji beton mutu tinggi metode *Dreux-Corrise*. Setelah pengujian bahan yang dilakukan memenuhi standar persyaratan, maka dilanjutkan dengan membuat benda uji. Benda uji akan diuji dengan uji kuat tekan dan kuat geser. Pengujian kuat tekan menggunakan benda uji berbentuk silinder yang berukuran 15 cm x 30 cm dan untuk uji kuat geser menggunakan balok 8 cm x 12 cm x 100 cm, dengan masing-masing variasi kadar serat bendrat 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% berjumlah 3 benda uji per persentase serat bendrat. Pengujian akan dilakukan setelah beton berumur 14 hari, dengan menggunakan alat-uji tekan dan kuat geser yang ada di laboratorium, kemudian data hasil pengujian dianalisis statistik menggunakan program *Microsoft Excel*. Data hasil pengujian tersebut nantinya dapat diambil kesimpulan seberapa besar pengaruh penambahan abu sekam padi, serat kawat bendrat, dan *bestmittel* pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan dan kuat geser balok beton bertulang dengan metode *Dreux-Corrise*.

Tabel 1. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tekan

No	Kadar Serat Bendrat (%)	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0	SNS	4
2	0,5	SS-0,5%	4
3	1	SS-1%	4
4	1,5	SS-1,5%	4
5	2	SS-2%	4

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Geser

No	Kadar Serat Bendrat	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0	BNS	3
2	0,5	BS-0,5%	3
3	1	BS-1%	3
4	1,5	BS-1,5%	3
5	2	BS-2%	3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Kandungan zat organik	Kuning Kemerahan	20 - 30%	Pasir dicuci dahulu
2	Kandungan lumpur	4 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
3	<i>Bulk specific gravity</i>	2,50 gr/cm ³	-	-
4	<i>Bulk specific SSD</i>	2,58 gr/cm ³	2,5-2,7	Memenuhi syarat
5	<i>Apparent specific gravity</i>	2,59 gr/cm ³	-	-
6	<i>Absorbtion</i>	1,42%	-	-
7	Modulus Halus	2,45	2,3-3,1	Memenuhi syarat

Sumber : *) SNI 03 – 1969 – 1990 dan SNI 03 – 2417 – 1991

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Modulus Halus Butir	7,71	5 - 8	Memenuhi syarat
2	Bulk Specific Gravity	2,30	-	-
3	Bulk Specific Gravity SSD	2,61	2,5 – 2,7	Memenuhi syarat
4	Apparent Specific Gravity	2,56	-	-
5	Absorbtion	1,63%	-	-
6	Abrasi	44,26 %	50 %	Memenuhi syarat

Hasil Hitungan Rancang Campur Adukan Beton Metode *Dreux-Corrise*.

Hitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode *Dreux-Corrise*. Dari hitungan didapat kebutuhan bahan per 1 m³ yaitu :

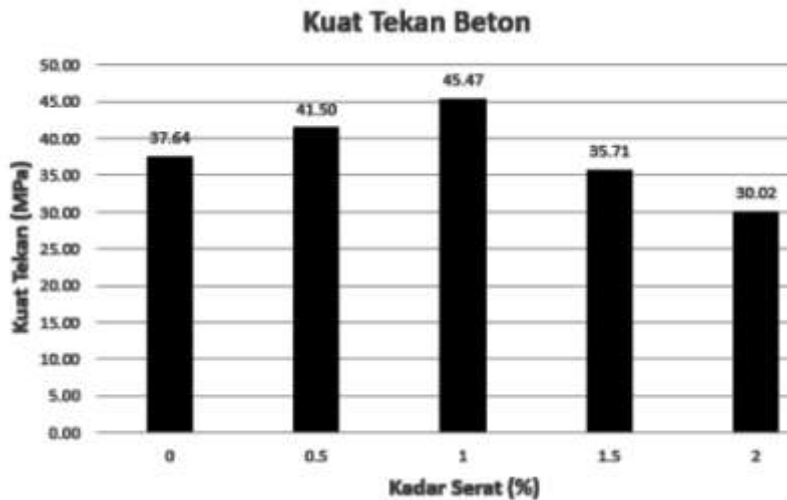
- a. Pasir = 554,757 kg
- b. Agregat Halus = 181,035 kg
- c. Agregat Kasar = 1068,103 kg
- d. Semen = 480 kg
- e. Air = 171,428 kg
- f. Serat Bendrat 1% = 0,133 kg

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan

NO	KADAR SERAT BENDRAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	LUAS PERM. (mm ²)	GAYA TEKAN (N)	f'c (MPa)
1	0%	SNS	1	17662,50	647727	36.67
			2	17662,50	681818	38.60
			3	17662,50	659091	37.32
			4	17662,50	670455	37.96
			Rerata		664773	37,64
2	2 %	SS 0,5 %	1	17662,50	727273	41.18
			2	17662,50	681818	38.60
			3	17662,50	750000	42.46
			4	17662,50	772727	43.75
			Rerata		732955	41.50
3	4 %	SS 1 %	1	17662,50	909091	51.47
			2	17662,50	727273	41.18
			3	17662,50	772727	43.75
			4	17662,50	568182	32.17
			Rerata		744318	45,47
4	6 %	SS 1,5 %	1	17662,50	636364	36.03
			2	17662,50	590909	33.46
			3	17662,50	659091	37.32
			4	17662,50	636364	36.03
			Rerata		630682	35.71
5	8 %		1	17662,50	818182	46.32

	SS 2 %	2	17662,50	613636	34.74
		3	17662,50	522727	29.60
		4	17662,50	454545	25.74
		Rerata		602273	30.02



Gambar 1. Diagram Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Persentase Serat Bendrat.

Berdasarkan hasil penelitian dan hitungan, didapat kuat tekan dengan variasi kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% yang diuji pada umur 14 hari dan dikonversi pada umur 28 hari secara berturut-turut adalah 37,64 MPa; 41,50 MPa; 45,47 MPa; 35,71 MPa; dan 30,02 MPa. Kuat tekan maksimum beton mutu tinggi metode *Dreux* ini adalah dengan kadar serat bendrat sebesar 1 % yang menghasilkan kuat tekan sebesar 45,47 MPa atau terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 20,80 % dibandingkan dengan beton mutu tinggi metode *Dreux* tanpa campuran serat bendrat. Berdasarkan grafik fungsi polinomial, kadar serat bendrat optimum terjadi pada $x_1 = 0,77\%$ dengan nilai kuat tekan sebesar 43,22 MPa.

Hasil Pengujian Kuat Geser

Tabel 6. Hasil Hitungan Kuat Geser Nominal Hasil Pengujian

NO	KADAR SERAT BENDRAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	P Geser (kg)	Vn (kN)
1	0%	BNS	1	3000	15,00
			2	3250	16,30
			3	3500	17,50
			Rerata		16,25
2	2 %	BS 0,5 %	1	3750	18,80
			2	3500	17,50
			3	3500	17,50
			Rerata		17,92
3	4 %	BS 1 %	1	4500	22,50
			2	4250	21,30
			3	4750	23,80
			Rerata		22,50
4	6 %	BS 1,5 %	1	3000	15,00
			2	2750	13,80
			3	3250	16,30
			Rerata		15,00
5	8 %	BS 2 %	1	2750	13,80
			2	3000	15,00
			3	3000	15,00
			Rerata		14,58

Tabel 7. Hasil Hitungan Kuat Geser Nominal Hasil Analisis

NO	KADAR SERAT BENDRAT	KODE BENDA UJI	Vn (kN)
1	0%	BNS	7,80
2	0,5%	BS-0,5%	8,19
3	1%	BS-1%	8,43
4	1,5%	BS-1,5%	7,69
5	2%	BS-2%	7,08

Tabel 8. Hasil Hitungan Kuat Geser Nominal Hasil Desain

NO	KADAR SERAT BENDRAT	KODE BENDA UJI	Vn (kN)
1	0%	BNS	6,82
2	0,5%	BS-0,5%	7,11
3	1%	BS-1%	7,49
4	1,5%	BS-1,5%	6,64
5	2%	BS-2%	6,26



Gambar 2. Diagram Perbandingan Kuat Geser Hasil Pengujian, Analisis, dan Desain

Tabel 9. Hasil Hitungan Tegangan Geser Saat Retak Pertama

NO	KADAR SERAT BENDRAT	KODE BENDA UJI	Vn (kN)
1	0%	BNS	1,43
2	0,5%	BS-0,5%	1,49
3	1%	BS-1%	1,69

4	1,5%	BS-1,5%	1,17
5	2%	BS-2%	1,04

Tabel 10. Hasil Hitungan Tegangan Geser Saat Beban Maksimum

NO	KADAR SERAT BENDRAT	KODE BENDA UJI	Vn (kN)
1	0%	BNS	2,54
2	0,5%	BS-0,5%	2,79
3	1%	BS-1%	3,52
4	1,5%	BS-1,5%	2,34
5	2%	BS-2%	2,28

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

- Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai kuat tekan pada pemakaian abu sekam padi, *bestmittel*, dan serat bendrat dengan kadar 0%; 0,5%; 1%; 1,5% dan 2% sebagai bahan tambah dalam campuran beton mutu tinggi berturut-turut adalah 37,64 MPa; 41,50 MPa; 45,47 MPa; 35,71 MPa; dan 30,02 MPa. Hasil hitungan fungsi polynomial dari grafik diperoleh nilai kuat tekan maksimal beton mutu tinggi terjadi pada kadar serat bendrat sebesar 0,77% dengan nilai kuat tekan 43,22 MPa. Peningkatan kuat tekan tersebut antara lain disebabkan karena dalam kadar tertentu abu sekam padi dapat menjadi *filler* yang memadai dalam campuran beton dan adanya kontribusi dari serat yang seolah-olah berfungsi sebagai tulangan pada beton.
- Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai kuat geser pada pemakaian abu sekam padi, *bestmittel*, dan serat bendrat dengan kadar 0%; 0,5%; 1%; 1,5% dan 2% sebagai bahan tambah dalam campuran beton mutu tinggi berturut-turut adalah 16,25 kN; 17,92 kN; 22,50 kN; 15,00 kN dan 14,58 kN. Hasil hitungan fungsi polynomial dari grafik diperoleh nilai kuat geser maksimal beton mutu tinggi terjadi pada kadar serat bendrat sebesar 0,87% dengan nilai kuat geser 19,66 kN.
- Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai tegangan geser saat retak pertama pada pemakaian abu sekam padi, *bestmittel*, dan serat bendrat dengan kadar 0%; 0,5%; 1%; 1,5% dan 2% sebagai bahan tambah dalam campuran beton mutu tinggi berturut-turut adalah 1,43 MPa; 1,49 MPa; 1,69 MPa; 1,17 MPa dan 1,04 MPa. Hasil hitungan fungsi polynomial dari grafik diperoleh nilai tegangan geser saat retak pertama beton mutu tinggi terjadi pada kadar serat bendrat sebesar 0,65% dengan nilai tegangan geser 1,564 MPa.
- Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai tegangan geser saat beban maksimum pada pemakaian abu sekam padi, *bestmittel*, dan serat bendrat dengan kadar 0%; 0,5%; 1%; 1,5% dan 2% sebagai bahan tambah dalam campuran beton mutu tinggi berturut-turut adalah 2,54 MPa; 2,79 MPa; 3,52 MPa; 2,34 MPa dan 2,28 MPa. Hasil hitungan fungsi polynomial dari grafik diperoleh nilai tegangan geser saat beban maksimum beton mutu tinggi terjadi pada kadar serat bendrat sebesar 0,87% dengan nilai tegangan geser 3,071 MPa.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Ir. Slamet Prayitno, M.T. dan Ir. Sunarmasto, M.T. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- American Standard Testing of Materials (ASTM). 1918. *Concrete and Material Agregates (Including Manual of Agregates and Concrete Testing)*. ASTM Philadelphia, Philadelphia.
- Ananta Ariatama. 2005. *Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait Pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasi Diameter Serat*. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- Arikunto S. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik, Ed Revisi VI*. Jakarta: Penerbit PT Rineka Cipta.
- Dreux, Georges. 1979. *Nonvean Guide Du Bet on. Service Presse, Editions Eyrolles*. Boulevard Saint-Germain.
- Istimawan Dipohusodo. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Joseph A. Dobrowolski. 1998. *Concrete Contruction*. New York : McGraw-Hill.
- Kardiyono *Tjokerodimuljo*. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil FT. UGM.
- Kemalasari, dkk. 2008. *Analisis Pengaruh Penambahan Serat Kawat Berkait pada Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasi Diameter Serat*. Universitas Diponegoro :Semarang.

- Mario Ota Hamonangan Manik. 2014. *Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Mutu Tinggi Metode ACI yang Berserat Bendrat dengan Fly Ash dan Bahan Tambah Besmittel*. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Neville, A.M., Brooks, J.J. 1981. *Concrete Technology*. London: Longman Group.
- Rina Astuti. 2009. *Uji Kuat Geser Balok Beton Ringan (Alwa) dengan Bahan Tambah Metakaolin dan Serat Aluminium Pascabakar*. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- SK SNI T-15-1990-03. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Bandung: Yayasan LPMB.
- Soroushian, P., and Bayasi, Z. 1987. *Concept Of Fiber Reinforced Concrete*. Proceeding Of The International Seminar On Fiber Reinforced Concrete. USA: Michigan State University.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 03-6468-2000 Pd T-18-1999-03. 2010. *Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi dengan Semen Portland dan Abu Terbang*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Suhendro. 1991. "Pengaruh Pemakaian Kawat Lokal Pada Sifat - Sifat Beton", Laporan Penelitian. Yogyakarta: Lembaga Penelitian UGM.