

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BENDRAT DENGAN FLY ASH DAN BAHAN TAMBAH BESTMITTEL PADA BETON MUTU TINGGI METODE DREUX TERHADAP KUAT GESER.

Ir.Slamet Prayitno,MT¹⁾, Ir. Endang Rismunarsi, MT²⁾, Romi Azhari³⁾

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

³⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email: Romy_Azhari@gmx.us

Abstract

Caused growth of time, building structure has grown so rapidly. Reinforced concrete structures is the one of structure that be relied and so many used on development of a high tall building, a long bridge, tower, etc. this structure need high quality concrete with pressure power more than 6000psi or 41,4 Mpa that used to sustain component of structure. Therefore there is need to improve quality of concrete with adding fiber inside of fresh concrete, then fiber bendrat is choosen, to be reused as added material with aim to improve pressure power of concrete. Specimen object is silender with 15cm of diameter and 30cm of height for testing pressure power, and beam shaped with dimension of 8 x 12 x 100 cm for testing shear strength. Experiment object respectively amounted to 3 pieces for 1 variation extra levels of fiber. Fiber percentage used is 0%; 0,5%; 0,1%; 1,5%; and 2%. This test use CTM (Compression Testing Machine) to test pressure power. Result of this experiment is improvement of pressure high quality concrete value after added bendrat fiber. Maximum improvement is on experimental object that has been added with fiber at 1% from concrete weight. The result of experiment object with 0%; 0,5%; 1 %; 1,5%; and 2% fiber add flat generate assesment on crack up and shear force that happen on bony concrete beam in the amount of 2583Kg; 2833Kg; 5250Kg; 4461Kg; 3667Kg; consecutively, with shear force 1297Ton; 1417Ton; 2625Ton; 2208Ton; 1833Ton, consecutively. And result for first crack deflection experiment object A are 2.2mm; 2.6mm; 3.1mm; 2.9mm; 2.5mm in a row, for experiment object B are 1.8mm; 2.6mm; 3.8mm; 1.9mm 2.9mm; in a row , for experiment object C are 1.8mm; 2.7mm; 2.1mm; 3.3mm; dan 2.9mm in a row. And maximum crack deflection on experiment object A are 2.4mm; 3.6mm; 4.9mm; 4.3mm; 3.4mm in a row, for experiment object B are 2.6mm; 2.8mm; 5.8mm; 4.2mm; 3.9mm in a row, for experiment object C are 2.8mm; 3.6mm; 5.1mm; 4.9mm; dan 4.4mm in a row.

Keywords: *Concret Beam, High Quality Concret, Fibers Bendrat, Compressive Strength, Shear Strength.*

Abstrak

Disebabkan perkembangan zaman, struktur bangunan mengalami perkembangan yang sangat pesat. Struktur beton bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat ini dan banyak dimanfaatkan pada pembangunan gedung-gedung tinggi, jembatan dengan bentang panjang, tower dan sebagainya. Struktur demikian membutuhkan beton mutu tinggi dengan kuat tekan lebih besar dari 6000 Psi atau 41,4 MPa yang digunakan untuk menopang komponen struktur. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat bendrat terhadap sifat-sifat mekanik beton berupa kuat tekan, dan kuat geser beton mutu tinggi metode dreux. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, Benda uji berbentuk balok dengan dimensi 8 x 12 x 100 cm untuk pengujian kuat geser. Benda uji masing-masing berjumlah 3 buah untuk 1 variasi kadar penambahan serat. Persentase serat yang digunakan adalah 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2%. Pengujian menggunakan alat CTM (Compression Testing Machine) untuk pengujian kuat tekan. Peningkatan paling maksimum terdapat pada kadar penambahan serat sebesar 1% dari berat beton. Pada hasil pengujian dengan penambahan serat 0%; 0,5%; 1 %; 1,5%; dan 2% menghasilkan pembebanan rerata pada retak maksimal dan gaya geser yang terjadi pada balok beton bertulang berturut-turut sebesar 2583Kg; 2833Kg; 5250Kg; 4461Kg; 3667Kg; dengan gaya geser berturut-turut sebesar 1297Ton; 1417Ton; 2625Ton; 2208Ton; 1833 Ton dan Untuk Hasil lendutan retak pertama benda uji A berturut-turut adalah 2.2mm; 2.6mm; 3.1mm; 2.9mm; 2.5mm untuk benda uji B berturut-turut adalah 1.8mm; 2.6mm; 3.8mm; 1.9mm 2.9mm; dan untuk benda uji C berturut-turut adalah 1.8mm; 2.7mm; 2.1mm; 3.3mm; dan 2.9mm dan lendutan beban retak maksimal benda ujia A berturut-urut adalah 2.4mm; 3.6mm; 4.9mm; 4.3mm; 3.4mm untuk benda uji B berturut-urut adalah 2.6mm; 2.8mm; 5.8mm; 4.2mm; 3.9mm dan untuk benda uji C berturut-urut adalah 2.8mm; 3.6mm; 5.1mm; 4.9mm; dan 4.4mm.

Kata kunci : Beton Mutu Tinggi, Serat Bendrat, Abu Terbang, Kuat Tekan, Kuat Geser.

PENDAHULUAN

beton bertulang banyak digunakan pada pembangunan gedung-gedung tinggi, jembatan, tower dan sebagainya. Bangunan-bangunan tersebut erat kaitannya dengan aktivitas manusia. Oleh karena itu dalam perencanaan bangunan tersebut harus dipertimbangkan tentang keselamatan atau keamanan bagi pengguna bangunan tersebut. Untuk mengantisipasi kegagalan struktur dalam penggunaan beton bertulang maka dibutuhkan struktur beton bermutu tinggi agar dapat menopang beban yang besar. High strength concrete yaitu beton dengan kekuatan yang tinggi atau diatas kekuatan standar yang mana hal tersebut dipengaruhi dari beberapa hal, seperti FAS (faktor air semen), kualitas agregat dan juga bahan tambah. Maka, dengan perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, menurut Dobrowolski (1998) mengatakan bahwa beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan lebih besar dari 6000 Psi atau 41,4 MPa.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan bangunan non-kimia) pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan (Tjokrodimulyo, 1996).

Beton Mutu Tinggi

Dreux (1979) dalam penelitiannya telah memberikan rumus :

$$\sigma_{28} = G. \sigma_c (C/E - 0,5)$$

Dengan ketentuan σ_{28} , kekuatan tekan rata-rata beton pada umur 28 hari yang didasarkan atas benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jika menggunakan kubus, maka silinder (15 cm x 15 cm) = 0,83. okubus (15 cm x 15 cm x 15 cm). G adalah faktor granular, yang menunjukkan besar volume yang diisi oleh bahan butiran, σ_c adalah kekuatan semen berdasarkan data yang diperoleh dari pabrik semen yang dipakai maupun informasi dari lembaga penelitian bahan. C adalah berat semen perkubikasi beton dan E adalah berat air perkubikasi beton.

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 ialah 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 (Tjokrodimuljo, 1996).

Fly Ash

Abu terbang / Fly Ash merupakan salah satu jenis pozzolan yaitu bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang reaktif (Tjokrodimulyo, 1996)

Serat Bendrat

Beberapa macam serat dapat dipakai untuk memperbaiki sifat-sifat beton yang telah dilaporkan oleh ACI Commite 54 (1902) dan Soroushian & Bayasi (1987). Ananta Ariatama (2005) menunjukkan bahwa dengan penggunaan serat bendrat memiliki unit densitas yang lebih rendah dari pada serat baja.

Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1996)

Bestmittel

Bestmittel merupakan formula khusus yang sangat ekonomis dalam proses pengecoran sehingga menjadikan beton lebih cepat keras dalam usia muda. Bestmittel sangat membantu untuk pengecoran dengan jadwal waktu

yang sangat ketat karena beton beton cepat mengeras pada usia awal (7-10 hari) serta dapat meningkatkan mutu / kekuatan beton 5% - 10%.

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 (Tjokrodimulyo, 1996). Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan :

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dengan :

f_c = Kuat tekan beton pada umur 10 hari yang didapat dari benda uji (MPa).

P = beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

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, sampai benda uji patah (SNI 03-4431-1997). Untuk mengetahui kuat geser dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan:

$$V_n = V_c + V_s$$

Kekuatan geser beton sesuai dengan SNI.03-2847-2013. Untuk komponen struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur berlaku:

$$V_c = 1/6 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad (2)$$

$$V_c = (0,16 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} + 17 \cdot \rho_w \cdot \frac{v_u \cdot d}{M_u}) \cdot b_w \cdot d \quad (3)$$

Keterangan:

V_c = kekuatan geser nominal yang diberikan oleh beton.

V_s = kekuatan geser nominal yang diberikan oleh tulangan badan.

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*. 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 persentase serat 0%; 0,5%; 1%; 1,5%, dan 2%. berjumlah 3 buah per persentase serat, Pengujian direncanakan dilakukan setelah beton benda uji berumur 10 hari. Pembebanan akan dihentikan apabila defleksi yang terjadi dirasa sudah cukup besar. Data yang digunakan yaitu analisis statistik menggunakan program *Microsoft Excel*. Data hasil pengujian tersebut nantinya dapat diambil kesimpulan seberapa besar pengaruh penambahan serat bendrat terhadap kuat tekan dan kuat geser pada beton mutu tinggi metode *Dreux*.

Tabel 1. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tekan

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

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Geser

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Kandungan zat organik	Kuning Muda	0 - 10%	Memenuhi syarat
2	Kandungan lumpur	3,5 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
3	<i>Bulk specific gravity</i>	2,47 gr/cm ³	-	-
4	<i>Bulk specific SSD</i>	2,56 gr/cm ³	2,5-2,7	Memenuhi syarat
5	<i>Apparent specific gravity</i>	2,72 gr/cm ³	-	-
6	<i>Absorbtion</i>	3,73%	-	-
7	Modulus Halus	2,68	1,5-3,8	Memenuhi syarat

Sumber : *) PB1 1971, ASTM C.128 dan SNI 03 – 1990

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Modulus Halus Butir	6,013	5 - 8	Memenuhi syarat
2	Bulk Specific Gravity	2,57	-	-
3	Bulk Specific Gravity SSD	2,68	-	-
4	Apparent Specific Gravity	2,75	-	-
5	Absorbtion	1,64	-	-
6	Abrasi	33 %	50 %	Memenuhi syarat

Hasil Perhitungan Rancang Campur Adukan Beton Metode *Dreux*

Perhitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode *Dreux*. Dari perhitungan tersebut didapat kebutuhan bahan per 1 m³ yaitu :

- Pasir = 637,907 kg/m³
- Agregat Kasar = 1083,502 kg/m³
- Agregat Halus = 1083,502 kg/m³
- Semen = 480 kg/m³
- Fly Ash = 72 kg/m³
- Air+admixture (Bestmittel) = 171,428 liter/m³

Tabel 5. Kebutuhan Bahan Campuran Adukan Beton Untuk Satu Benda Uji

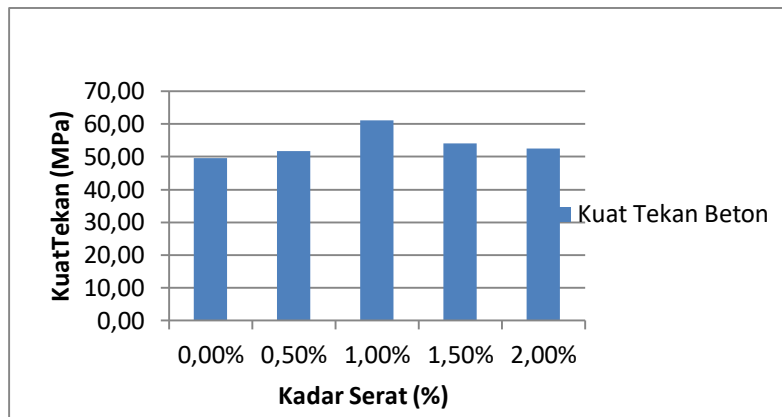
No	Jenis Agregat	Silinder	Balok	Satuan
1	Pasir	3,375	6,124	Kg
2	Agregat Kasar	5,375	10,331	Kg
3	Agregat Halus	0,569	10,402	Kg
4	Semen	2,539	4,068	Kg
5	Fly Ash	0,380	0,611	Kg
6	Air – 20%	0,907	1,646	Kg
7	Bestmittel 0,4%	0,010	0,162	Kg

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan

No	Kadar Se-rat (%)	Kode Benda Uji	No Benda Uji	A (mm ²)	P maks (KN)	f _c (Mpa)	f _{cr} (Mpa)
1	0	BS 0%	1	17662,5	890000	50,39	
			2	17662,5	870000	49,26	49,63
			3	17662,5	870000	49,26	
2	0,5	BS 0,5%	1	17662,5	910000	51,52	
			2	17662,5	910000	50,96	51,71
			3	17662,5	920000	54,96	
			1	17662,5	1080000	61,15	

3	1	BS 1%	2	17662,5	1090000	60,58	61,15
			3	17662,5	950000	6171	
			1	17662,5	950000	53,79	
4	1,5	BS 1,5%	2	17662,5	970000	54,92	54,16
			3	17662,5	950000	53,79	
			1	17662,5	930000	52,65	
5	2	BS2%	2	17662,5	910000	51,52	52,46
			3	17662,5	940000	53,22	



Gambar 1. Diagram Hubungan Kuat Tekan Beton dengan % serat bendrat

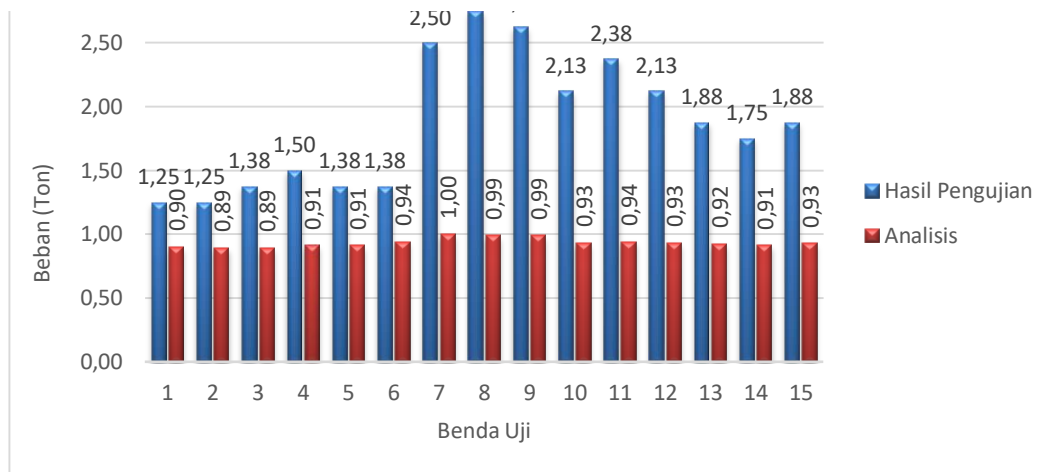
Berdasarkan hasil penelitian didapat kuat tekan dengan kadar serat bendrat sebesar 0 %; 0,5 %; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 10 hari berturut-turut adalah 49.632MPa; 51.71 MPa; 61.15 MPa; 54,16 MPa; dan 52,46 MPa. Kuat tekan maksimum adalah pada beton mutu tinggi metode *Dreux* dengan kadar penambahan serat sebesar 1 %, menghasilkan kuat tekan sebesar 61,15MPa atau terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 15,43 % dibandingkan dengan beton mutu tinggi metode *Dreux* tanpa serat. Berdasarkan grafik fungsi polynomial, kadar serat optimum terjadi pada kadar serat 1,041 % dengan nilai sebesar 60,60 MPa.

Hasil Pengujian Kuat Geser

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Geser

No	Kadar Serat (%)	Kode Benda Uji	No Benda Uji	Beban (Kg)		Gaya Geser (Ton)	
				Retak Awal	Retak Runtuh	Vn Uji	Vn Analisis
1	0	BS 0%	1	2250	2500	50,39	0,9038
			2	1500	2500	49,26	0,8937
			3	2250	2750	49,26	0,8937
2	0,5	BS 0,5%	1	2000	3000	51,52	0,9140
			2	2500	2750	50,96	0,9089
			3	2250	2750	54,96	0,9439
3	1	BS 1%	1	3000	5000	61,15	0,9997
			2	3250	5500	60,58	0,9911
			3	3000	5250	6171	0,9999
4	1,5	BS 1,5%	1	2750	4250	53,79	0,9338
			2	2500	4750	54,92	0,9436
			3	2500	4250	53,79	0,9338
5	2	BS2%	1	2750	3750	52,65	0,9239
			2	2500	3500	51,52	0,9139
			3	2500	3750	53,22	0,9289

Dari tabel diatas dapat diambil beberapa perbandingan, diantaranya perbandingan kapasitas geser balok beton bertulang hasil analisis dengan kapasitas geser balok beton bertulang normal hasil pengujian dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 2. Diagram Kapasitas Geser Analisis dan Hasil Uji Balok Beton

Data Hubungan Antara Beban Dan Lentutan

Dari hasil pengujian didapat data meliputi beban saat retak pertama, beban maksimum, lentutan saat retak pertama, lentutan maksimum. Berikut hasil dari pengujian :

Hasil Pengujian Hubungan Antara Beban Dan Lentutan

Tabel 8. Hasil Pengujian Lentutan Pada Retak Pertama

Kode	Beban Saat Retak Pertama (Kg)	Lentutan (mm)		Posisi Runtuh 1/3 Batang
		Dial 1	Dial 2	
BL 0 (a)	2250	2,9	2,2	Ya
BL 0 (b)	1500	3,3	1,8	Ya
BL 0 (c)	2250	2,4	1,8	Ya
BL 0,5 (a)	2000	3,1	2,6	Ya
BL 0,5 (b)	2500	3,0	2,6	Ya
BL 0,5 (c)	2250	3,2	2,7	Ya
BL 1 (a)	3000	3,5	3,1	Ya
BL 1 (b)	3250	3,8	2,9	Ya
BL 1 (c)	3000	2,8	2,1	Ya
BL 1,5 (a)	2750	3,2	2,9	Ya
BL 1,5 (b)	2500	2,6	1,9	Ya
BL 1,5 (c)	2500	3,5	3,3	Ya
BL 2 (a)	2750	2,9	2,5	Ya
BL 2 (b)	2500	3,4	2,9	Ya
BL 2 (c)	2500	3,3	2,9	Ya

Dari hasil pengujian didapat data meliputi beban saat retak pertama, beban maksimum, lentutan saat retak maksimum, lentutan maksimum. Berikut hasil dari pengujian :

Hasil Pengujian Hubungan Antara Beban Dan Lentutan

Tabel 9. Hasil Pengujian Lentutan Pada Retak Maksimal

Kode	Beban Saat Retak Maksimal (Kg)	Lentutan (mm)		Posisi Runtuh 1/3 Batang
		Dial 1	Dial 2	

BL 0 (a)	2500	3,5	2,4	Ya
BL 0 (b)	2500	3,9	2,6	Ya
BL 0 (c)	2750	2,8	2,2	Ya
BL 0,5 (a)	3000	4,1	3,6	Ya
BL 0,5 (b)	2750	3,5	2,8	Ya
BL 0,5 (c)	2750	3,6	3,1	Ya
BL 1 (a)	5000	5,5	4,9	Ya
BL 1 (b)	5500	5,8	5,1	Ya
BL 1 (c)	2500	3,5	2,4	Ya
BL 1,5 (a)	2500	3,9	2,6	Ya
BL 1,5 (b)	2750	2,8	2,2	Ya
BL 1,5 (c)	3000	4,1	3,6	Ya
BL 2 (a)	2750	3,5	2,8	Ya
BL 2 (b)	2750	3,6	3,1	Ya
BL 2 (c)	5000	5,5	4,9	Ya

Keterangan: BL 0 = Balok tulangan dengan persentasi serat 0 %
 BL 0,5 = Balok tulangan dengan persentasi serat 0,5 %
 BL 1 = Balok tulangan dengan persentasi serat 1%
 BL 1,5 = Balok tulangan dengan persentasi serat 1,5 %
 BL 2 = Balok tulangan dengan persentasi serat 2 %
 (a)(b)(c) = Urutan pengujian balok

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

a. Kapasitas Geser

Pada hasil pengujian dengan penambahan serat 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% menghasilkan pembebanan merata pada retak maksimal dan gaya geser yang terjadi pada balok beton bertulang berturut-turut sebesar 2583Kg; 2833Kg; 5250Kg; 4461Kg; 3667Kg; dengan gaya geser berturut-turut sebesar 1297Ton; 1417Ton; 2625Ton; 2208Ton; 1833 Ton. Dari hasil perhitungan data rerata diatas didapatkan kuat geser maksimum pada beton mutu tinggi metode Dreux dengan bahan tambah bestmittel pada kadar serat 1,0 % dengan nilai 5250 Kg pada retakan maksimal dan 2625Ton pada gaya geser yang terjadi.

b. Defleksi

Untuk Hasil lendutan retak pertama benda uji A berturut-turut adalah 2.2mm; 2.6mm; 3.1mm; 2.9mm; 2.5mm untuk benda uji B berturut-turut adalah 1.8mm; 2.6mm; 3.8mm; 1.9mm 2.9mm; dan untuk benda uji C berturut-turut adalah 1.8mm; 2.7mm; 2.1mm; 3.3mm; dan 2.9mm dan lendutan beban retak maksimal benda ujia A berturut-urut adalah 2.4mm; 3.6mm; 4.9mm; 4.3mm; 3.4mm untuk benda uji B berturut-urut adalah 2.6mm; 2.8mm; 5.8mm; 4.2mm; 3.9mm dan untuk benda uji C berturut-urut adalah 2.8mm; 3.6mm; 5.1mm; 4.9mm; dan 4.4mm

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Ir. Slamet Prayitno, MT. dan Ir.Endang Rismunarsi, MT. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- ACI Committee 544. 1996. Fiber Reinforced Concrete. Michigan: ACI International Michigan.
- Ardiansyah, Rony, MT. IPU. 2010. Pemanfaatan Struktur dan Kegunaannya.
- ASTM C 33-74a. American Society For Testing and Materials. 1918. Concrete and Material Agregates (including Manual of Agregates and Conscrete Testing). Philadelphia: ASTM Philadelphia.
- Balaguru, P.N., Shah, S.P. (1992). Fiber Reinforced Cement Composites, McGraw-Hill International Edition, Singapore.
- Cement & Concrete Institute. (2001). Fibre Reinforced Concrete, Cement & Concrete Institute, Midrand.
- Chu Kia Wang dan Charles G. Salmon, 1986, Desain Beton Bertulang.
- Dipohusodo, I. 1994. StrukturBetonBertulang. Gramedia. Jakarta.

- Dobrowolski, A. J.. 1998. Concrete Construction Hand Book. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Dreux, Georges, 1979, Nouveau Guide Du Beton, Service Pressee, Editions Eyrolles, Boulevard Saint-Germain, Gere, J.M., Timoshenko, S.P., 1996. Mekanika Bahan, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mulyono, T. 2004. Teknologi Beton. Andi, Yogyakarta.
- Murdock, L.J dan K.M Brook (Terjemahan : Stephanus Hendarko). 1999. Bahan dan Praktek Beton. Jakarta: Erlangga
- Neville, A.M. 1975. Properties of Concrete. London: The English Language Book Society and Pitman Publishing.
- Neville, A.M., and J.J. Brook. 1987. Concrete Technology. New York: Longman Scientific & Technical.
- Suhendro, B. 1991. "Pengaruh fiber kawat pada sifat sifat beton dan beton bertulang". laporan Penelitian, Lembaga penelitian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Suhendro, B. 1998. Pengaruh Peemakaian Fiber Secara Parsial Pada Perilaku Dan Kapasitas Balok Beton Bertulang (hasil "Full Scdale Model Test"). Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.