

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BENDRAT DENGAN *FLY ASHPAD* BETON MUTU TINGGI METODE COBA DREUX TERHADAP KUAT TEKAN, *MODULUS OF RUPTURE* DAN KETAHANAN KEJUT (*IMPACT*)

Slamet Prayitno¹⁾, Purnawan Gunawan²⁾, Wira Akbar Wibowo,³⁾

¹⁾²⁾ Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

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

Email: wiraakbarwibowo@gmail.com

Abstract

Due to the times, the structure of the building has developed very rapidly. Reinforced concrete structure is a structure that is highly reliable and power is now widely used in the construction of tall buildings, long-span bridges, towers and so on. The structure thus requiring high strength concrete with compressive strength greater than 6000 psi or 41.4 MPa are used to support structural components. Thus the need to improve the quality of concrete with steps to add fiber to the fresh concrete, the chosen material added bendrat fiber derived from waste materials or recycling of electrical wiring that is not useful, to be reused as an added ingredient that aims to enhance the compressive strength of concrete. The purpose of this study was to determine the effect of adding bendrat to fiber mechanical properties of the concrete form of compressive strength, modulus of rupture and impact.

The method that is used is the experiment method. Cylindrical test specimen with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm for compressive strength testing, cube-shaped test specimens with dimensions of 10 x 10 x 50 cm for testing the modulus of rupture and cylindrical test specimen with a diameter of 15 cm and a height of 5 cm for impact testing. Each test specimen consists of 4 pieces to one variation of the levels of addition of fiber. Percentage of the fiber used was 0 % ; 0.5 % ; 1 % ; 1.5 % ; and 2 %. Tests using a CTM (Compression Testing Machine) for compressive strength testing, Loading Frame for modulus of rupture and Drop Weight Impact for impact testing. Calculation used is statistical analysis with a linear regression on the elastic limit of the concrete using a Microsoft Excel program.

The results of this study is the increase in the compressive strength, modulus of rupture and impact high strength concrete after plus fiber bendrat. The maximum possible increase in the levels of addition of fiber found in 1% of the weight of the concrete. The compressive strength of concrete with the addition of bendrat fiber content of 0% ; 0.5 % ; 1 % ; 1.5 % ; and 2 % is 60,01 MPa; 66,81 MPa; 67,09 MPa; 64,54 MPa; and 63,41 MPa. Modulus of rupture of concrete with the addition of bendrat fiber content of 0%; 0.5 %; 1 %; 1.5 %; and 2 % was 2,37 MPa; 2,79 MPa; 3,25 MPa; 2,74 MPa; and 2,46 MPa. Impact with the addition of bendrat fiber percentage of 0%; 0.5 %; 1 %; 1.5 %; and 2 % when the first crack is 3174,025 A; 3739,081 A; 4321,795 A; 3500,698 A and 3231,414 A. Currently a total collapse is 3602,232 A; 4118,728 A; 4820,634 A; 3933,319 A and 3809,713 A. The addition of fiber content of 1% resulted in an increase in compressive strength, modulus of rupture and impact, respectively for 11,79 %; 27,08%; and 25,275 % compared with high strength concrete without fibers.

Key Words : Compressive Strength, Modulus of Rupture, Impact

Abstrak

Seiring perkembangan zaman, struktur bangunan juga 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. Dengan demikian perlu adanya peningkatan mutu beton dengan langkah menambahkan serat pada beton segar, maka dipilihlah bahan tambah serat bendrat yang berasal dari bahan limbah kabel listrik atau daur ulang yang tidak bermanfaat, untuk dimanfaatkan kembali sebagai bahan tambah yang bertujuan meningkatkan kuat tekan beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat bendrat terhadap sifat-sifat mekanik beton berupa kuat tekan, *modulus of rupture* dan ketahanan kejut (*impact*).

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, Benda uji berbentuk kubus dengan dimensi 10 x 10 x 50 cm untuk

pengujian *modulus of rupture* dan Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 5 cm untuk pengujian ketahanan kejut (*impact*). Benda uji masing-masing berjumlah 4 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, *Loading Frame* untuk modulus of rupture dan *Impact Drop Weight* untuk pengujian ketahanan kejut (*impact*). Perhitungan yang digunakan adalah analisis statistik dengan regresi linear pada batas elastis beton menggunakan program *Microsoft Excel*.

Hasil dari penelitian ini adalah peningkatan nilai kuat tekan, *modulus of rupture* dan ketahanan kejut (*impact*) beton mutu tinggi setelah ditambah serat bendrat. Peningkatan paling maksimum terdapat pada kadar penambahan serat sebesar 1% dari berat beton. Nilai kuat tekan beton dengan kadar penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 60,01 MPa; 66,81 MPa; 67,09 MPa; 64,54 MPa; dan 63,41 MPa. Nilai *modulus of rupture* beton dengan kadar penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 2,37 MPa; 2,79 MPa; 3,25 MPa; 2,74 MPa; dan 2,46 MPa. Nilai ketahanan kejut (*impact*) dengan persentase penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% saat retak pertama adalah 3174,025 J; 3739,081 J; 4321,795 J; 3500,698 J dan 3231,414 J. Saat runtuh total adalah 3602,232 J; 4118,728 J; 4820,634 J; 3933,319 J dan 3809,713 J. Penambahan kadar serat sebesar 1% menghasilkan peningkatan kuat tekan, *modulus of rupture*, dan ketahanan kejut (*impact*) berturut-turut sebesar 11,79 %; 27,08%; dan 25,275 % dibandingkan dengan beton mutu tinggi tanpa serat.

Kata Kunci: Kuat Tekan, *Modulus of Rupture*, *Impact*

PENDAHULUAN

Beton mutu tinggi metode coba Dreux berserat bendrat yaitu beton yang terdiri dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), *portland cement*, air ditambah dengan serat bendrat. Dengan demikian menjadikan suatu problem yang menarik bagi peneliti, untuk meningkatkan kuat tekan, *modulus of rupture* dan ketahanan kejut (*impact*) beton menjadi tinggi, apalagi dengan adanya penambahan serat bendrat daur ulang, dimungkinkan kuat tekan, *modulus of rupture* dan ketahanan kejut (*impact*) bertambah lagi, sehingga kuat tekan, *modulus of rupture* dan ketahanan kejut (*impact*) beton metode coba Dreux dengan penambahan serat bendrat menjadi meningkat sesuai dengan harapan konstruktor.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton Metode Dreux

Dreux (1979) dalam penelitiannya telah memberikan rumus :

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

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. 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. Menurut Dreux (1979), besarnya faktor granular G sangat dipengaruhi oleh kualitas butiran dan besarnya diameter maksimum agregat kasar yang digunakan pada perancangan campuran beton. Permukaan agregat yang kasar akan mempengaruhi kekuatan beton dan lebih kuat bila dibandingkan agregat yang permukaannya halus.

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

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

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 (mm²)

Modulus Of Rupture

Modulus of Rupture merupakan kuat tarik maksimum yang secara teoritis dicapai pada serat bagian bawah dari sebuah balok uji (Neville, 1997). Nilai dari modulus of rupture bergantung pada dimensi dari balok uji dan susunan beban. Untuk memperoleh nilai modulus of rupture digunakan metode third point loading. Modulus of rupture diukur dengan menguji balok polos berukuran 10 x 10 x 50 cm³ dan di bebani di titik-titik sepertiga bentang hingga gagal.

$$MOR = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

dengan:

MOR	= Modulus Of Rupture	(MPa)
P	= Beban maksimum pada balok benda uji	(Newton)
L	= Panjang bentang	(mm)
b	= Lebar balok benda uji	(mm)
h	= Tinggi balok benda uji	(mm)

Ketahanan Kejut (*Impact*)

Ketahanan kejut didefinisikan sebagai energi total yang diperlukan untuk membuat benda uji retak dan patah menjadi beberapa bagian, yang diketahui dari jumlah pukulan suatu massa yang dijatuhkan dari ketinggian tertentu.

$$E_{maks} = 2 E_p$$

$$= 2 n.m.g.h$$

dengan :

E_{maks}	= energi serapan (joule)
n	= jumlah pukulan
m	= massa beban yang dijatuhkan (kg)
g	= gravitasi (m/detik ²)
h	= tinggi jatuh (m)

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Benda uji berupa beton silinder dengan ukuran 15x 30cm untuk pengujian kuat tekan, beton balok 10 x 10 x 50 cm untuk *modulus of ruptured* dan beton silinder 15 x 5 cm untuk ketahanan kejut dengan variasi kadar serat 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dari berat beton. Benda uji masing-masing berjumlah 4 buah per variasi penambahan serat, dapat dilihat pada Tabel 1, 2 dan 3. Pengujian dilakukan setelah umur beton 28 hari.

Tabel 1. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tekan

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

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji *Modulus Of Rupture*

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

Tabel 3. Jumlah dan Kode Benda Uji Ketahanan Kejut

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

3	1 %	Bs - 1	4
4	1,5 %	Bs - 1,5	4
5	2 %	Bs- 2	4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Kandungan zat organik	Kuning Muda	0 - 10%	Memenuhi syarat
2	Kandungan lumpur	4 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
3	<i>Bulk specific gravity</i>	2,52 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>	2,67 gr/cm ³	-	-
6	<i>Absorbtion</i>	1,63 %	-	-
7	Modulus Halus	2,77	2,3-3,1	Memenuhi syarat

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

Tabel 5. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Modulus Halus Butir	7,98	5 - 8	Memenuhi syarat
2	Bulk Specific Gravity	2,57	-	-
3	Bulk Specific Gravity SSD	2,61	-	-
4	Apparent Specific Gravity	2,68	-	-
5	Absorbtion	1,63	-	-
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 :

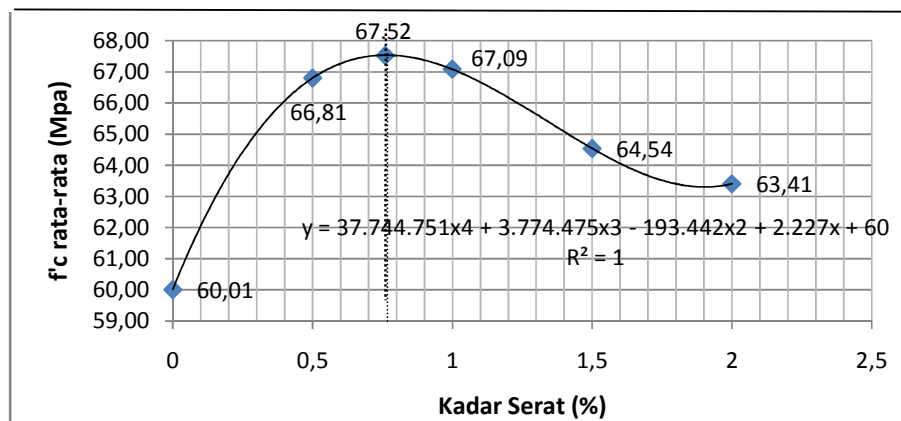
- a. Pasir = 637,907 kg
- b. Kerikil Halus = 107,615 kg
- c. Agregat Kasar = 1083,502 kg
- d. Semen = 480 kg
- e. Air = 171,428 liter

Hasil Pengujian dan Pembahasan Kuat Tekan

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan

NO	KADAR SERAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	LUAS PERM. (mm ²)	UJI TEKAN (kN)	f'c (MPa)
1	0 %	BS	1	1040000	730	58,88
			2	1070000	730	60,58
			3	1080000	740	61,15
			4	1050000	740	59,45
			Rerata	1060000		60,01
2	0,5 %	BS	1	1175000	730	66,53
			2	1185000	790	67,09
			3	1180000	780	66,81
			4	1180000	780	66,81
			Rerata	1180000		66,81
3	1 %	BS	1	1185000	810	67,09
			2	1180000	820	66,81
			3	1190000	820	67,37
			4	1185000	830	67,09
			Rerata	1185000		67,09

4	1,5 %	BS 1,5 %	1	1135000	765	64,26
			2	1145000	750	64,83
			3	1150000	740	65,11
			4	1130000	760	63,98
			Rerata	1140000		64,54
5	2 %	BS 2 %	1	1123000	730	63,58
			2	1125000	740	63,69
			3	1117000	720	40,76
			4	1115000	740	41,90
			Rerata			41,47



Gambar 1. Kurva Regresi dan Hasil Pengujian Kadar Serat Terhadap Kuat Tekan Beton.

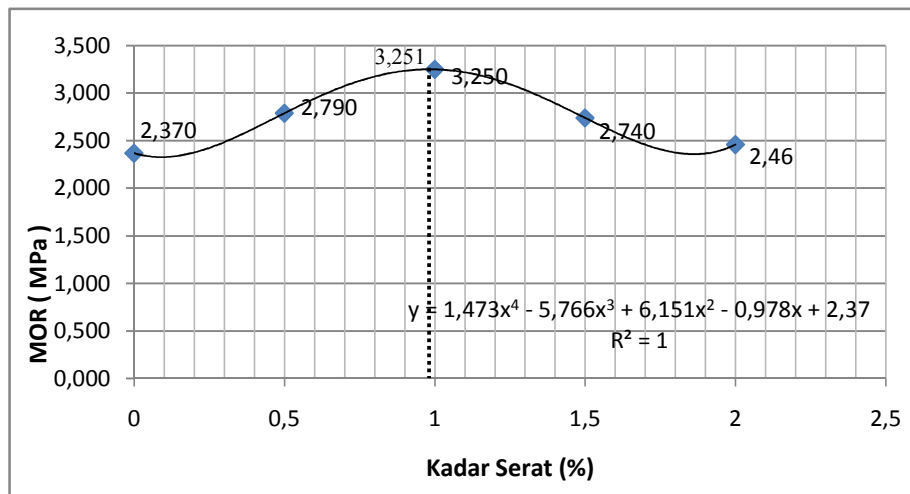
Berdasarkan hasil pengujian didapat kuat tekan dengan kadar serat bendrat sebesar 0 %; 0,5 %; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 60,01 MPa; 66,81 MPa; 67,09 MPa; 64,54 MPa; dan 63,41 MPa. Berdasarkan grafik fungsi polinomial, kadar serat optimum terjadi pada kadar serat 0,73 % dengan nilai sebesar 67,52 MPa.

Hasil Pengujian dan Pembahasan *Modulus of Rupture*

Tabel 7. Hasil Perhitungan pada Pengujian *Modulus of Rupture*

Curing	Variasi Serat Bendrat (%)	Kode Benda uji	Hasil Bacaan manometer Maksimum		MOR (MPa)	Rata-rata (MPa)
			(kgf/cm ²)	(N)		
Air Tawar Diam	0%	BK 0-1	65	8053,06	2,42	2,37
		BK 0-2	65	8053,06	2,42	
		BK 0-3	65	8053,06	2,42	
		BK 0-4	60	7433,59	2,23	
	0,5%	BK 0,5-1	75	9291,99	2,79	2,79
		BK 0,5-2	75	9291,99	2,79	
		BK 0,5-3	75	9291,99	2,79	
		BK 0,5-3	75	9291,99	2,79	
		BK 0,5-3	75	9291,99	2,79	
		BK 0,5-3	75	9291,99	2,79	

1%	BK 1-1	90	11150,39	3,35	3,25
	BK 1-2	90	11150,39	3,35	
	BK 1-3	85	10530,93	3,16	
	BK 1-4	85	10530,93	3,16	
1,5%	BK 1,5-1	75	9291,99	2,79	2,74
	BK 1,5-1	70	8672,53	2,60	
	BK 1,5-1	75	9291,99	2,79	
2%	BK 1,5-1	75	9291,99	2,79	2,46
	BK 2-1	65	8053,06	2,42	
	BK 2-2	70	8672,53	2,60	
	BK 2-3	65	8053,06	2,42	
	BK 2-4	65	8053,06	2,42	



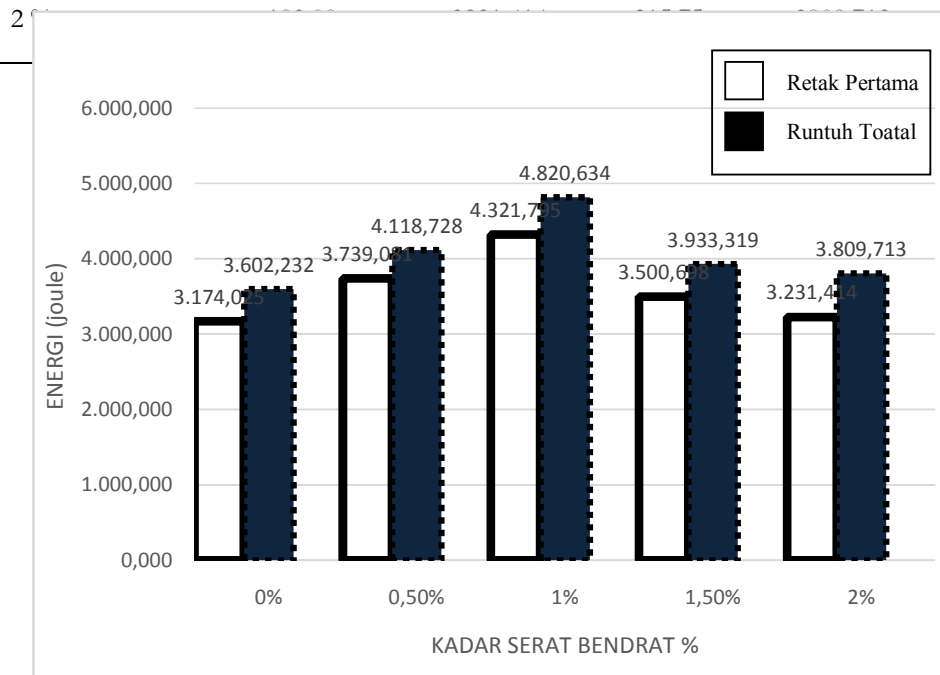
Gambar 2. Kurva Regresi Perbandingan Penambahan Serat Bendrat terhadap *Modulus of Rupture*

Hasil Pengujian dan Pembahasan Ketahanan Kejut Beton (*Impact*)

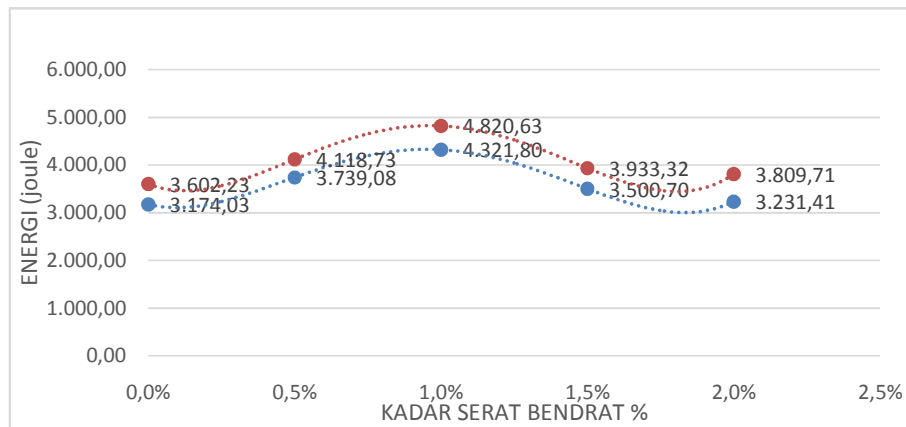
Tabel Energi Serapan Saat Benda Mengalami Retak Pertama dan Runtuh Total.

kadar serat bendrat	rata-rata jumlah pukulan retak pertama	energi (J)	rata-rata jumlah pukulan runtuh total	energi (J)
0 %	179,75	3174,025	204,00	3602,232
0,5 %	211,75	3739,081	233,25	4118,728

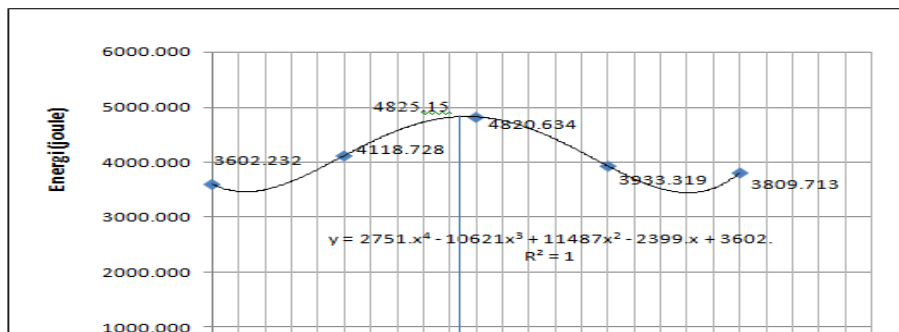
1 %	244,75	4321,795	273,00	4820,634
1,5 %	198,25	3500,698	222,75	3933,319



Gambar 3. Perbandingan Penambahan Kadar Serat Bendrat Kuat Kejut (*Impact*) Beton.



Gambar 4. Kurva Nilai Kuat Kejut (*Impact*) Beton Berbahan Tambah Serat Bendrat Saat Retak Pertama dan Runtuh Total.



Gambar 5. Kurva Regresi Nilai Kuat Kejut (*Impact*) Beton Berbahan Tambah Serat Bendrat Saat Runtuh Total.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data dan pembahasan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Penambahan bahan tambah serat bendrat pada beton mutu tinggi metode coba *Dreux* mempengaruhi nilai kuat tekan sebesar 11,79 %.
- b. Kandungan serat pada kadar serat bendrat 1% dengan kuat tekan sebesar 67,09 MPa, dibandingkan dengan beton mutu tinggi tanpa serat bendrat yang hanya mencapai 60,01 MPa dan optimum pada 0,73 mencapai 67,52 MPa.
- c. Penambahan bahan tambah serat bendrat pada beton mutu tinggi metode coba *Dreux* mempengaruhi nilai *modulus of rupture* sebesar 27,08 %.
- d. Kandungan serat pada kadar serat bendrat 1% dengan *modulus of rupture* sebesar 3,25 MPa, dibandingkan dengan beton mutu tinggi tanpa serat bendrat yang hanya mencapai *modulus of rupture* sebesar 2,37 MPa dan optimum pada 0,98 % mencapai 3,251 MPa.
- e. Penambahan bahan tambah serat bendrat pada beton mutu tinggi metode coba *Dreux* mempengaruhi nilai *Impact* saat retak pertama sebesar 26,558 % dan saat runtuh total sebesar 25,275 %.
- f. Kandungan serat pada kadar serat bendrat 1 % dengan energi serapan maksimal saat retak pertama sebesar 4321,795 J dan saat runtuh total sebesar 4820,634 J dan optimum serat 0,96 % pada saat runtuh total 4825,15 J.

Saran

Beberapa koreksi yang harus diperhatikan agar penelitian ini menjadi lebih sempurna dan dapat dijadikan sebagai acuan bagi penelitian-penelitian selanjutnya. Adapun saran-saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

- a. Perlu dilakukan penelitian terhadap penambahan material lain yang dapat meningkatkan kuat tekan, *modulus of rupture* dan Ketahanan beban kejut (*impact*).
- b. Penelitian dengan menggunakan alat uji kuat kejut (*Impact Drop Weight*) dengan alat buatan perlu dilakukan dengan teliti dan konsisten, untuk mempertahankan ketinggian yang konstan. Karena ketinggian beban jatuh sangat berpengaruh terhadap jumlah pukulan dan energi serapan benda uji.
- c. Mix design dapat direncanakan dengan metode selain *metode coba Dreux*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Slamet Prayitno, MT. dan Purnawan Gunawan, ST, 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*. (<https://ronymedia.wordpress.com/category/artikel-teknik-sipil/page/8htm>, diakses tanggal 10 september 2014)
- ASTM C 33-74a. American Society For Testing and Materials. 1918. *Concrete and Material Agregates (including Manual of Agregates and Consrete 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. *Struktur Beton Bertulang*. 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 Presse, Editions Eyrolles, Boulevard Saint-Germain, Gere, J.M., Timoshenko, S.P., 1996. *Mekanika Bahan*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- 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*.
- Suhendro, B. 1998. *Pengaruh Peemakaian Fiber Secara Parsial Pada Perilaku Dan Kapasitas Balok Beton Bertulang (hasil "Full Scale Model Test")*. Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Soroushian, P. Lee, and Bayasi, Z. 1987, "*Concept of Fiber Reinforced Concrete*", Michigan State University, Michigan.
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafitri. Yogyakarta.