

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BENDRAT PADA BETON MUTU TINGGI METODE DREUX DENGAN FLY ASH TERHADAP KUAT TEKAN, PERMEABILITAS DAN PENETRASI.

¹⁾ Slamet Prayitno, ²⁾ Purwanto, ³⁾ Bangun Budi Pranata,

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

³⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta
57126, Telp: 0271-634524. Email : bangunbudipranata@gmail.com

Abstract

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 were used to prop up structure. With components thus a need to increase the quality of concrete with steps to add fiber to the fresh concrete, the chosen material added fiber bendrat derived from waste material recycling is not useful, to be reused as a material added concrete. The purpose aims to improve the compressive strength of this study was to determine the effect of fiber bendrat compressive strength, permeability and penetration. The method used is a method that is carried out in a laboratory experiment UNS material. Cylindrical test specimen with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm for compressive strength testing, and 7.5 cm x 15 cm for permeability and penetration 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%. Test using a CTM (Compression Testing Machine). 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, permeability, and the penetration of high strength concrete after adding fiber bendrat. The maximum possible increase in the levels found in the addition of fiber by 0.9 to 1% of the weight of the concrete. The compressive strength of concrete with the addition of fiber bendrat 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. Permeability rate coefficient of concrete with the addition of fiber bendrat content of 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; and 2% 9,13.10-10 m/sec; 6,60.10-10 m/sec; 4,46.10-10 m/sec; 6,86.10-10 m/sec; dan 1,02.10-9 m/sec. Nilai penetrasi decreased with the addition of fiber bendrat percentage of 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; and 2% is 1,300 cm; 1,125 cm; 0,925 cm; 1,200 cm; dan 1,375 cm. The addition of fiber content of 0.9 to 1% resulted in an increase in compressive strength, coefficient permeability, and maximum penetration, respectively for 12.52%; 45,54%; and 7,22% compared with high strength concrete without fibers.

Keywords: High Quality Concrete, Fiber Bendrat, Compressive Strength, Permeability, Penetration.

Abstrak

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 pemukiman 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 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 kuat tekan, permeabilitas dan penetrasi. 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, dan 7,5 cm x 15 cm untuk uji permeabilitas dan penetrasi. 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). 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, permeabilitas, dan penetrasi beton mutu tinggi setelah ditambah serat bendrat. Peningkatan paling maksimum terdapat pada kadar penambahan serat sebesar 0,9 – 1,0% 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 koefisien permeabilitas beton dengan kadar penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 9,13.10-10 m/detik; 6,60.10-10 m/detik; 4,46.10-10 m/detik; 6,86.10-10 m/detik; dan 1,02.10-9 m/detik. Nilai penurunan penetrasi dengan persentase penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 1,300 cm; 1,125 cm; 0,925 cm; 1,200 cm; dan 1,375 cm. Penambahan kadar serat sebesar 0,9 – 1,0% menghasilkan peningkatan kuat tekan, koefisien permeabilitas, dan penetrasi maksimal berturut-turut sebesar 12.52%; 45,54%; dan 7,22% dibandingkan dengan beton mutu tinggi tanpa serat.

Kata kunci : Beton Mutu Tinggi, Serat Bendrat, Kuat Tekan, Permeabilitas, Penetrasi

PENDAHULUAN

Struktur beton bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat ini, banyak dimanfaatkan sebagai kerangka portal, balok kolom, struktur plat lantai, plat pondasi dinding geser, talud penahan tanah untuk pembangunan dan sebagainya. Beton mutu tinggi metode Dreux dengan fly ash berserat bendrat bahan betonnya mudah didapat di Pulau Jawa. Karena Pulau Jawa banyak didapat gunung vulkanik, sedangkan serat bendrat dapat dibeli dalam bentuk kawat bendrat atau kabel listrik daur ulang dari bendrat. Beton mutu tinggi metode Dreux dengan fly ash berserat bendrat bisa dibuat rancang campur $\sigma_k = 60$ MPa; menjadi kira-kira $f_c = 50$ MPa. Fly ash (abu terbang) adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Abu yang tidak naik disebut bottom ash. Dalam dunia industri, fly ash biasanya mengacu pada abu yang dihasilkan selama pembakaran batubara. Fly ash berfungsi sebagai bahan pengganti pozoland, karena pada penelitian ini semen yang digunakan adalah PC (Portland Cement) yang tidak mengandung pozoland. Selain itu fungsi fly ash adalah untuk menambah kuat tekan pada beton. Beton mutu tinggi menurut Debrowski (1998) kuat tekan mutu tinggi lebih besar dari 41,4 MPa. Dengan demikian beton mutu tinggi metode Dreux dengan fly ash berserat bendrat diharapkan kuat tekannya menjadi bertambah. Beton mutu tinggi metode Dreux dengan fly ash berserat bendrat dapat direncanakan kuat tekannya $f_c > 46$ MPa.

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. 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. Menurut Dreux (1979), besarnya faktor granular G pada rumus (2.1), diatas 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.

Beton Serat

Menurut ACI Comitee 544 (1984) beton bertulang serat, *fiber reinforced concrete* adalah bahan komposit yang dibuat dari bahan semen hidrolis, agregat halus atau campuran agregat kasar ditambah dengan sejumlah serat yang disebarkan secara acak. Hasil dari percobaan menunjukkan bahwa serat yang disebar secara acak mempunyai tahanan lentur dan kuat tarik yang lebih besar bila dibandingkan dengan serat yang disebar secara teratur dengan peningkatan kuat tarik sebesar 20% (Giaccio dkk, 1986).

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 (mm^2)

Permeabilitas Dan Penetrasi

Nilai penetrasi pada beton ditentukan oleh besarnya nilai permeabilitas beton. Permeabilitas adalah sifat dapat dilewati/dimasuki zat atau gas. Jadi yang dimaksud permeabilitas adalah kemudahan cairan atau gas untuk melewati beton. Beton yang baik adalah yang relatif tidak bisa dilewati oleh zat/gas, atau dengan kata lain mempunyai permeabilitas yang rendah. Menurut (Murdock, 1991), beton tidak bisa kedap air secara sempurna.

Permeabilitas beton dapat pula diekspresikan sebagai koefisien permeabilitas K, yang dievaluasi berdasarkan hukum Darcy sebagai berikut :

$$dV = A' (h)$$

$$Q = k \cdot A \cdot \frac{h}{L}$$

Dengan kombinasi dan integrasi persamaan diatas didapat :

$$K = \left(\frac{A'l}{At} \right) \ln \left(\frac{h_o}{h_i} \right)$$

Dengan : V : Volume total yang diserap sampel (m³)

A' : Luas penampang pipa (m²)

h : Tinggi air dalam pipa (m)

Q : Kecepatan aliran air (m³/dt)

A : Luas penampang sampel (m)

L : Ketebalan penetrasi air (m)

K : Koefisien permeabilitas air (m)

Ho: Tinggi air mula-mula (m)

Hi : tinggi air akhir (m)

t : waktu pengaliran (detik)

Nilai permeabilitas maksimum yang dianjurkan standar ACI 301 – 729 (revisi 1975) adalah sebesar 1,5E – 11 m/dt (4,8E-11 ft/dt).

METODE

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 kuat tekan, permeabilitas dan penetrasi. Pengujian permeabilitas dan penetrasi menggunakan silinder 7,5 cm x 15 cm dan silinder 15 cm x 30 cm dengan variasi persentase serat 0%; 0,5%; 1%; 1,5%, dan 2%. berjumlah 4 buah per benda uji. Pengujian akan dilakukan setelah beton berumur 28 hari, dengan menggunakan alat-alat uji permeabilitas dan penetrasi 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 serat bendrat terhadap kuat tekan, permeabilitas, dan penetrasi pada beton mutu tinggi metode *Dreux* dengan *fly ash*.

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

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji Permeabilitas dan Penetrasi

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-1,5	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 :

- Pasir = 637,907 kg
- Kerikil Halus = 107,615 kg
- Agregat Kasar = 1083,502kg
- Semen = 480kg
- Air = 171,428 liter

Kebutuhan bahan untuk tiap sampel yaitu :

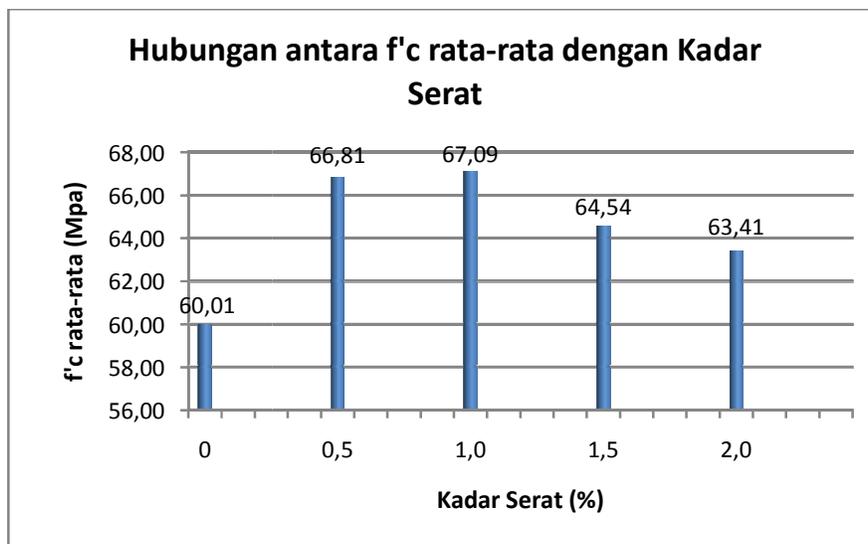
- Pasir = 3,375 kg
- Kerikil Halus = 0,569 kg
- Agregat Kasar = 5,732 kg
- Semen = 2,539 kg
- Air = 907 ml

Hasil Pengujian dan Pembahasan Kuat Tekan

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan

No	Kadar Serat (%)	Kode Benda Uji	A (mm ²)	P Maks (N)	f _c (MPa)	f _c rata-rata (MPa)
1	0	BS 0	17662.50	1040000	58.88	60.01
			17662.50	1070000	60.58	
			17662.50	1080000	61.15	
			17662.50	1050000	59.45	
2	0.5	BS 0,5	17662.50	1175000	66.53	66.81
			17662.50	1185000	67.09	
			17662.50	1180000	66.81	

			17662.50	1180000	66.81	
			17662.50	1185000	67.09	
3	1.0	BS 1,0	17662.50	1180000	66.81	67.09
			17662.50	1190000	67.37	
			17662.50	1185000	67.09	
			17662.50	1135000	64.26	
4	1.5	BS 1,5	17662.50	1145000	64.83	64.54
			17662.50	1150000	65.11	
			17662.50	1130000	63.98	
			17662.50	1123000	63.58	
5	2.0	BS 2,0	17662.50	1125000	63.69	63.41
			17662.50	1117000	63.24	
			17662.50	1115000	63.13	



Gambar 1. Diagram Hubungan Kuat Tekan Beton dengan % Kadar Serat Bendrat

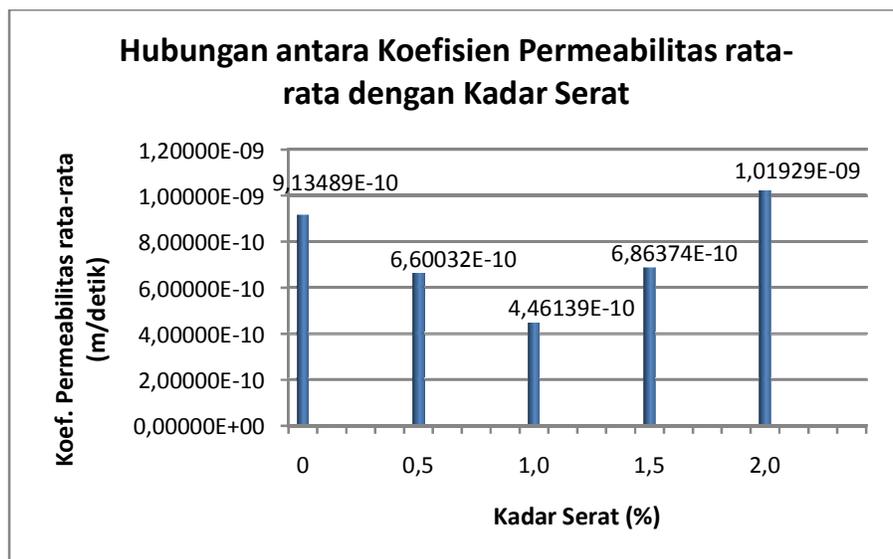
Berdasarkan hasil penelitian didapat kuat tekan dengan kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 60,01 MPa; 66,81 MPa; 67,09 MPa; 64,54 MPa; dan 63,41 MPa. Dari hasil perhitungan fungsi polinomial pada grafik, kuat tekan maksimum pada beton mutu tinggi metode *Dreux* kuat tekan maksimal terjadi pada kadar serat 0,76 % dengan nilai sebesar 67,53 MPa.

Hasil Pengujian Dan Pembahasan Koefisien Permeabilitas

Tabel 6. Hasil Pengujian Koefisien Permeabilitas

Kode Benda Uji	Kadar Serat (%)	Penetrasi	h _o (m)	h _i (m)	t (detik)	D' (m)	A' (m)	D (m)	A (m)	Koefisien Permeabilitas	Koefisien Rata-Rata
0%	BS 0	0.014	0.7	0.677	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	1.13178E-09	9,13.10 ¹⁰
		0.010	0.7	0.691	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	3.13128E-10	
		0.015	0.7	0.672	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	1.48169E-09	
		0.013	0.7	0.684	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	7.27357E-10	
0,5%	BS 0,5	0.012	0.7	0.679	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	8.84445E-10	6,60.10 ¹⁰
		0.011	0.7	0.683	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	6.54399E-10	
		0.009	0.7	0.691	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	2.81816E-10	
		0.013	0.7	0.682	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	8.19471E-10	

1,0%	BS 1,0	0.010	0.7	0.690	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	3.48172E-10	4,46.10 ¹⁰
		0.011	0.7	0.681	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	7.32455E-10	
		0.009	0.7	0.692	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	2.50322E-10	
		0.010	0.7	0.687	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	4.53608E-10	
1,5%	BS 1,5	0.010	0.7	0.689	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	3.83266E-10	6,86.10 ¹⁰
		0.014	0.7	0.676	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	1.18186E-09	
		0.013	0.7	0.685	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	6.81401E-10	
2,0%	BS 2	0.013	0.7	0.682	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	8.19471E-10	1,02.10 ⁹
		0.012	0.7	0.684	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	6.71406E-10	
		0.015	0.7	0.676	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	1.26628E-09	
		0.015	0.7	0.675	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	1.32001E-09	



Gambar 2. Diagram Hubungan Koefisien Permeabilitas Rata-rata Beton dengan % Kadar Serat Bendrat

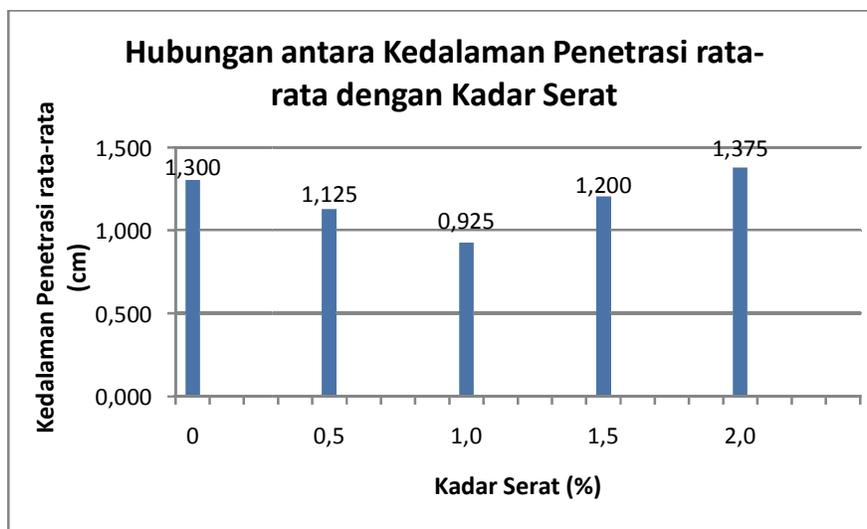
Pada pengujian koefisien permeabilitas dengan kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 9,13.10⁻¹⁰ m/detik; 6,60.10⁻¹⁰ m/detik; 4,46.10⁻¹⁰ m/detik; 6,86.10⁻¹⁰ m/detik; dan 1,02.10⁻⁹ m/detik. Dari hasil perhitungan fungsi polinomial pada grafik, koefisien permeabilitas pada beton mutu tinggi metode *Dreux* koefisien permeabilitas maksimal terjadi pada kadar serat 0,94987 % dengan nilai sebesar 4,97496.10⁻¹⁰ m/detik.

Hasil Pengujian dan Pembahasan Penetrasi

Tabel 7. Hasil Pengujian Penurunan Penetrasi

Kode Benda	Kadar Serat (%)	Air Dalam Selang		Penurunan Setelah 1 Jam (cm)	Kedalaman Penetrasi (cm)	Kedalaman Rata-Rata (cm)
		Awal (cm)	Akhir (cm)			
Uji	0%	70	67.7	2.3	1.4	1,300
		70	69.1	0.9	1.0	
		70	67.2	2.8	1.5	
		70	68.4	1.6	1.3	
0,5%	BS 0,5	70	67.9	2.1	1.2	1,125
		70	68.3	1.7	1.1	
		70	69.1	0.9	0.9	

			70	68.2	1.8	1.3	
1,0%	BS 1,0		70	69.0	1.0	1.0	
			70	68.1	1.9	1.1	0,925
			70	69.2	0.8	0.9	
			70	68.7	1.3	0.7	
1,5%	BS 1,5		70	68.9	1.1	1.0	
			70	67.6	2.4	1.4	1,200
			70	68.5	1.5	1.3	
			70	68.7	1.3	1.1	
2,0%	BS 2		70	68.2	1.8	1.3	
			70	68.4	1.6	1.2	1,375
			70	67.6	2.4	1.5	
			70	67.5	2.5	1.5	



Gambar 3. Diagram Hubungan Kedalaman Penetrasi Rata-rata dengan % Kadar Serat Bendrat

Berdasarkan hasil pengujian untuk pengujian penetrasi didapat kedalaman penetrasi dengan kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 1,300 cm; 1,125 cm; 0,925 cm; 1,200 cm; dan 1,375 cm. Dari hasil perhitungan fungsi polynomial pada grafik, penetrasi pada beton mutu tinggi metode *Dreux* dengan *fly ash* penurunan penetrasi maksimal terjadi pada kadar serat 0,9607 % dengan nilai sebesar 1,3938 cm.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

a. Kuat Tekan

Berdasarkan hasil penelitian 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. Dari hasil perhitungan regresi pada grafik, kuat tekan maksimum pada beton mutu tinggi metode *Dreux* terjadi pada kadar serat 0,76 % dengan nilai sebesar 67,53 MPa. Terjadi perubahan kuat tekan berturut-turut dari 0%; 11,32%; 11,59%; 7,55% dan 5,66%. Dan terjadi perubahan sebesar 12,52% pada kuat tekan maksimal benda uji penambahan serat 0,76% dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode *Dreux* tanpa serat. Dan kuat tekan yang direncanakan telah tercapai yaitu 46 MPa.

b. Permeabilitas dan Penetrasi

Berdasarkan hasil penelitian didapat koefisien permeabilitas dengan kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah $9,13 \cdot 10^{-10}$ m/detik; $6,60 \cdot 10^{-10}$ m/detik;

4,46.10⁻¹⁰ m/detik; 6,86.10⁻¹⁰ m/detik; dan 1,02.10⁻⁹ m/detik. Dari hasil perhitungan regresi pada grafik, koefisien permeabilitas maksimal pada beton mutu tinggi metode *Dreux* terjadi pada kadar serat 0,94987 % dengan nilai sebesar 4,97496.10⁻¹⁰ m/detik. Terjadi perubahan koefisien permeabilitas berturut-turut dari 0%; 27,75%; 51,16%; 24,86% dan 11,58% . Dan terjadi perubahan sebesar 45,54% pada kuat tekan maksimal benda uji penambahan serat 0,94987 % dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode *Dreux* tanpa serat.

Berdasarkan hasil penelitian didapat koefisien penetrasi dengan kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 1,300 cm; 1,125 cm; 0,925 cm; 1,200 cm; dan 1,375 cm. Dari hasil perhitungan regresi pada grafik, kedalaman penetrasi maksimum pada beton mutu tinggi metode *Dreux* terjadi pada kadar serat 0,9607 % dengan nilai sebesar 1,3938 cm. Terjadi perubahan kuat tekan berturut-turut dari 0%; 13,46%; 28,85%; 7,69% dan 5,77% dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode *Dreux* tanpa serat. Dan terjadi perubahan sebesar 7,2211% pada kuat tekan maksimal benda uji penambahan serat 0,9607 % dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode *Dreux* tanpa serat.

- c. Dari hasil pengujian dan perhitungan dapat diketahui bahwa nilai permeabilitas dan penetrasi air bertambah setelah diberi penambahan serat bendrat pada kadar 2% yang paling terlihat signifikan sementara untuk kadar serat 0,9% – 1,0% justru memiliki ketahanan terhadap air paling baik dibanding yang lain. Pada kadar serat bendrat 2% ini dikarenakan penambahan serat bendrat pada beton menyebabkan timbulnya pori pada *interface zone* (zona transisi) antara serat dengan pasta semen. Pori ini timbul karena dengan adanya sejumlah serat maka air dapat melekat / tertinggal pada permukaan – permukaan serat yang tidak terpadatkan oleh *vibrator* secara sempurna.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terelesainya penyusunan penelitian ini berkat dukungan dan doa dari orang tua, untuk itu kami ucapkan terima kasih. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Ir. Slamet Prayitno, MT dan Ir. Purwanto, MT selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberi koreksi dan arahan sehingga menyempurnakan penyusunan. Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah berperan dalam mewujudkan penelitian ini secara langsung maupun tidak langsung khususnya mahasiswa sipil UNS 2012.

REFERENSI

- ASTM C 33-74a. American Society For Testing and Materials. 1918. Concrete and Material Agregates (Including Manual of Agregates and Concrete Testing). Philadelphia: ASTM Philadelphia.
- Ardiansyah, Rony, MT. IP-U. 2010. Pemanfaatan Fly Ash dan Kegunaannya. (<https://ronymedia.wordpress.com/category/artikel-teknik-sipil/page/8htm>, diakses tanggal 10 September 2014)
- Cement & Concrete Institute. (2001). *Fibre Reinforced Concrete*, Cement & Concrete Institute, Midrand.
- Djaja Mungok, Chrisna, 1993, Studi Perencanaan Campuran Beton Mutu Tinggi dengan Metode *Dreux* Laporan Penelitian, Program Teknik Sipil Struktur Fakultas Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung.
- Eka mahardeka W. 2007. Kajian permeabilitas dan penetrasi beton ringan alwa metakaolin berserat bendrat. Progran S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- Neville, A.M., and J.J. Brook. 1987. *Concrete Technology*. New York: Longman Scientific & Technical.
- Dreux*, Georges, 1979, *Nouvean Guide Du Bet on*, Service Pressee, Editions Eyrolles, Boulevard Saint-Germain,
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafitri. Yogyakarta.