

# PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BENDRAT DAN FLY ASH DENGAN BAHAN TAMBAH BESTMITTEL PADA BETON MUTU TINGGI METODE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI) TERHADAP KUAT TEKAN, PERMEABILITAS, PENETRASI DAN ABRASI BETON

Yanita Nurul Chotimah<sup>1)</sup>, Slamet Prayitno<sup>2)</sup>, Endang Rismunarsi<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2), 3)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

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

Email: [yanita.nurulchotimah@gmail.com](mailto:yanita.nurulchotimah@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, towers, rigid pavement and water buildings. The structure thus requiring high strength concrete with compressive strength greater than 6000 psi or 41.4 MPa. The aims of this study to know the influence of adding steel fiber, fly ash and bestmittel to compressive strength, permeability, penetration and abrasion of concrete. The method used is a method that is carried out in a laboratory experiment UNS material. Cylindrical test specimen with a 15 cm x 30 cm for compressive strength testing, and 7.5 cm x 15 cm for permeability and penetration testing, 10 cm x 5 cm for abrasion 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%. The results of this study is the increase in the compressive strength, permeability, penetration and abrasion of high strength concrete after plus steel fiber, fly ash and bestmittel. The compressive strength of concrete with the addition of steel fiber levels of 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; and 2% is 72.75 MPa; 80.25 MPa; 86.06 MPa; 74.17 MPa; and 72.05 MPa. The coefficient of permeability of concrete with the addition of steel fiber levels of 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; and 2% is 7,74E-10 m / sec; 3,78E-10 m / sec; 1,6E-10 m / sec; 3,24E-10 m / sec; and 6,01E-10 m / sec. Value penetration decreased with the addition of steel fiber percentage of 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; and 2% is 2.125 cm; 1.725 cm; 1.275 cm; 1.4 cm; and 1.8 cm. Abrasion value at 1000 cycles with the addition of steel fiber levels of 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; and 2% is 0.0966%; 0.0939%; 0.0923%; 0.0929%; and 0.0940%. Abrasion value in 2000 rounds with the addition of steel fiber levels of 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; and 2% is 0.1920%; 0.1884%; 0.1864%; 0.1874%; and 0.1886%. Value abrasion on the 3000 round with the addition of steel fiber levels of 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; and 2% is 0.2869%; 0.2825%; 0.2784%; 0.2800%; and 0.2824%. The addition of steel fiber content of 0.9 to 1.2% resulted in an increase in compressive strength, coefficient of permeability, penetration and abrasion consecutive maximum of 18.75%; 81.95%; 41.27%; 4.55%; 2.97%; 3.00% compared with the high quality concrete without fiber.

**Keywords:** High Quality Concrete, Steel Fiber, Fly Ash, Bestmittel, Compressive Strength, permeability, Penetration, Abrasion.

## Abstrak

Struktur beton bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat ini dan banyak dimanfaatkan pada pembangunan gedung-gedung tinggi, tower, jalan beton dan bangunan air. Struktur demikian membutuhkan beton mutu tinggi dengan kuat tekan lebih besar dari 6000 Psi atau 41,4 MPa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat bendrat, fly ash dan bestmittel terhadap kuat tekan, permeabilitas, penetrasi dan abrasi. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium Bahan UNS. Benda uji berbentuk silinder 15 cm x 30 cm untuk pengujian kuat tekan, 7,5 cm x 15 cm untuk pengujian permeabilitas dan penetrasi, 10 cm x 5 cm untuk pengujian abrasi. 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%. Hasil dari penelitian ini adalah peningkatan nilai kuat tekan, permeabilitas, penetrasi dan abrasi beton mutu tinggi setelah ditambah serat bendrat, fly ash dan bestmittel. Nilai kuat tekan beton dengan kadar penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 72,75 MPa; 80,25 MPa; 86,06 MPa; 74,17 MPa; dan 72,05 MPa. Nilai koefisien permeabilitas beton dengan kadar penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 7,74E-10 m/detik; 3,78E-10 m/detik; 1,6E-10 m/detik; 3,24E-10 m/detik; dan 6,01E-10 m/detik. Nilai penurunan penetrasi dengan persentase penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 2,125 cm; 1,725 cm; 1,275 cm; 1,4 cm; dan 1,8 cm. Nilai abrasi pada 1000 putaran dengan kadar penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 0,0966%; 0,0939%; 0,0923%; 0,0929%; dan 0,0940%. Nilai abrasi pada 2000 putaran dengan kadar penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 0,1920%; 0,1884%; 0,1864%; 0,1874%; dan 0,1886%. Nilai abrasi pada 3000 putaran dengan kadar penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 0,2869%; 0,2825%; 0,2784%; 0,2800%; dan 0,2824%. Penambahan kadar serat sebesar 0,9 – 1,2% menghasilkan peningkatan kuat tekan, koefisien permeabilitas, penetrasi dan abrasi maksimal berturut-turut sebesar 18,75%; 81,95%; 41,27%; 4,55%; 2,97%; 3,00% dibandingkan dengan beton mutu tinggi tanpa serat.

**Kata kunci :** Beton Mutu Tinggi, Serat Bendrat, Fly Ash, Bestmittel, Kuat Tekan, Permeabilitas, Penetrasi, Abrasi.

## PENDAHULUAN

Struktur beton bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat ini dan banyak dimanfaatkan pada pembangunan gedung-gedung tinggi, tower dan sebagainya. Struktur demikian membutuhkan beton mutu tinggi dengan kuat tekan lebih besar dari 6000 Psi atau 41,4 MPa. Dengan demikian perlu adanya peningkatan mutu beton dengan langkah menambahkan serat pada beton segar, maka dipilihlah bahan tambah serat bendrat yang mudah diperoleh dan bisa dibeli dalam bentuk kawat yang bertujuan meningkatkan kuat tekan beton. Beton mutu tinggi menurut Debrowski (1998) kuat tekan mutu tinggi lebih besar dari 41,4 MPa. Dengan demikian beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) yang ditambahkan serat bendrat, *fly ash* dan *bestmittel* diharapkan kuat tekannya menjadi bertambah. Sedangkan beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) yang ditambahkan serat bendrat, *fly ash* dan *bestmittel* dapat direncanakan kuat tekannya  $f_c = 80$  MPa.

### Beton Metode *American Concrete Institute* (ACI)

Metode *American Concrete Institute* (ACI) 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 *American Concrete Institute* (ACI) kuat tekan rata-rata yang ditargetkan ( $f_{cr}$ ) untuk proporsi campuran berdasarkan campuran coba di laboratorium di ambil persamaan :  $f_{cr} = (f_c + 9,66) / 0,9$   
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.  $f_{cr}$  adalah kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (MPa) dan  $f_c$  adalah kuat tekan rata-rata yang disyaratkan (MPa)

### Beton Mutu Tinggi Metode *American Concrete Institute* (ACI) berserat bendrat

Beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) berserat bendrat, bahan betonnya mudah didapat di Pulau Jawa ini karena banyak terdapat gunung vulkanik, sedangkan bendrat yang merupakan kawat bendrat dapat dibeli dalam bentuk kawat ataupun didapat berasal dari limbah proyek konstruksi. Dengan demikian beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) berserat bendrat diharapkan kuat tekannya menjadi bertambah. Sedangkan beton mutu tinggi dapat direncanakan kuat tekan bisa mencapai  $f_c = 80$  Mpa.

### Bahan Tambah Kimia

Pada penelitian ini bahan tambah kimia (*admixture*) yang digunakan adalah *bestmittel*. *Bestmittel* merupakan formula khusus yang sangat ekonomis dalam prosen pengecoran sehingga menjadikan beton lebih cepat keras dalam usia muda serta mengurangi pemakaian air pada saat pengecoran sehingga meningkatkan mutu / kekuatan beton. *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%. Keunggulan yang dimiliki *bestmittel* adalah dapat mempersingkat proses pembetonan, cetakan beton dapat dilepas lebih cepat dan keunggulan *bestmittel* lainnya adalah dapat mengurangi penggunaan dari air 5% - 20% sehingga dapat menjadikan beton lebih solid dan lebih plastis.

### 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 beton

Nilai penetrasi pada beton ditentukan oleh besarnya nilai permeabilitas beton. Permeabilitas adalah sifat dapat dilewati/dimasuki zat atau gas. jadi 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 (m<sup>3</sup>)      L : Ketebalan penetrasi air (m)  
 A' : Luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)      K : Koefisien permeabilitas air (m)  
 h : Tinggi air dalam pipa (m)      Ho : Tinggi air mula-mula (m)  
 Q : Kecepatan aliran air (m<sup>3</sup>/dt)      Hi : tinggi air akhir (m)  
 A : Luas penampang sampel (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).

### Abrasi beton

Keausan beton di definisikan sebagai kemampuan beton khususnya bagian permukaan untuk menahan gaya atau beban yang melewatinya yang berupa gesekan maupun aliran. Untuk menentukan keausan beton, maka dicari prosentase kehilangan berat rata-ratanya yaitu dengan mencari selisih berat awal benda uji (W<sub>awal</sub>) dengan berat akhirnya (W<sub>akhir</sub>) setelah dilakukan pengujian dengan putaran tertentu, kemudian membaginya dengan berat awal dan dikalikan 100%, sehingga dapat dirumuskan :

$$N = \frac{W_{awal} - W_{akhir}}{W_{awal}} \times 100\%$$

Dimana :

- N : Kehilangan berat yang merupakan koefisien keausan  
 Wawal : Berat awal sebelum benda uji diuji  
 Wakhir : Berat akhir setelah dilakukan pengujian

## 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 *American Concrete Institute* (ACI). Setelah pengujian bahan yang dilakukan memenuhi standar persyaratan, maka dilanjutkan dengan membuat benda uji. Benda uji akan diuji dengan uji kuat tekan, penetrasi dan permeabilitas. Pengujian kuat tekan menggunakan silinder 15 cm x 30 cm, pengujian permeabilitas dan penetrasi menggunakan silinder 7,5 cm x 15 cm, pengujian abrasi menggunakan setengah bola beton dengan diameter 10 cm x 5 cm dengan variasi persentase serat bendrat 0%; 0,5%; 1%; 1,5%, dan 2% berjumlah 4 buah per sampel, Pengujian akan dilakukan setelah beton berumur 28 hari, dengan menggunakan alat-alat uji permeabilitas, penetrasi dan abrasi 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, penetrasi dan abrasi pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI)

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

Tabel 3. Jumlah dan Kode Benda Uji Abrasi

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	3,5 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
3	<i>Bulk specific gravity</i>	2,47 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
4	<i>Bulk specific SSD</i>	2,56 gr/cm <sup>3</sup>	2,5-2,7	Memenuhi syarat
5	<i>Apparent specific gravity</i>	2,72 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
6	<i>Absorbtion</i>	3,73 %	-	-
7	Modulus Halus	2,98	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	6,30	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 *American Concrete Institute (ACI)*

Perhitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode *American Concrete Institute (ACI)*. Dari perhitungan tersebut didapat kebutuhan bahan per 1 m<sup>3</sup> yaitu :

- Pasir = 574,42 kg
- Agregat Kasar = 1030,88 kg
- Semen + *fly Ash* 15% = 570,83 kg
- Air + admixture (*Bestmittel*) = 171,428 liter

Kebutuhan bahan untuk tiap sampel permeabilitas dan penetrasi yaitu :

- Pasir = 0,3807 kg
- Agregat Kasar = 0,6831 kg
- Semen + *fly Ash* 15% = 0,3215 kg
- fly Ash* 15% = 0,0567 kg
- Air – 20% = 0,0908 kg
- Bestmittel* = 1,5131 Gram

Kebutuhan bahan untuk tiap sampel abrasi yaitu :

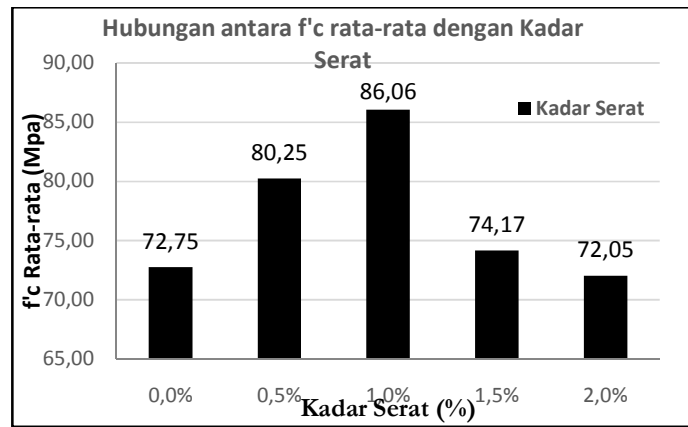
- Pasir = 0,2585 kg
- Agregat Kasar = 0,4639 kg
- Semen + *fly Ash* 15% = 0,2183 kg
- fly Ash* 15% = 0,0385 kg
- Air – 20% = 0,0617 kg
- Bestmittel* = 1,0275 Gram

### Hasil Pengujian Kuat Tekan

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan

NO	KADAR SERAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	LUAS PERMUKAAN (mm <sup>2</sup> )	UJI TEKAN (kN)	f' <sub>c</sub> (MPa)
1	0%	BS	1	17662,50	1380000	78,13
			2	17662,50	1200000	67,94
			3	17662,50	1340000	75,87
			4	17662,50	1220000	69,07
			Rerata		1285000	<b>72,75</b>
2	0,5%	BS	1	17662,50	1390000	78,70
			2	17662,50	1430000	80,96
			3	17662,50	1420000	80,40
			4	17662,50	1430000	80,96
			Rerata		1417500	<b>80,25</b>
3	1 %	BS	1	17662,50	1520000	86,06
			2	17662,50	1510000	85,49
			3	17662,50	1530000	86,62
			4	17662,50	1520000	86,06

			Rerata		1520000	<b>86,06</b>
			1	17662,50	1305000	73,89
		BS	2	17662,50	1295000	73,32
4	1,5%	1,5%	3	17662,50	1325000	75,02
			4	17662,50	1315000	74,45
			Rerata		1310000	<b>74,17</b>
			1	17662,50	1280000	72,47
		BS	2	17662,50	1275000	72,19
5	2 %	2 %	3	17662,50	1265000	71,62
			4	17662,50	1270000	71,90
			Rerata		1272500	<b>72,05</b>



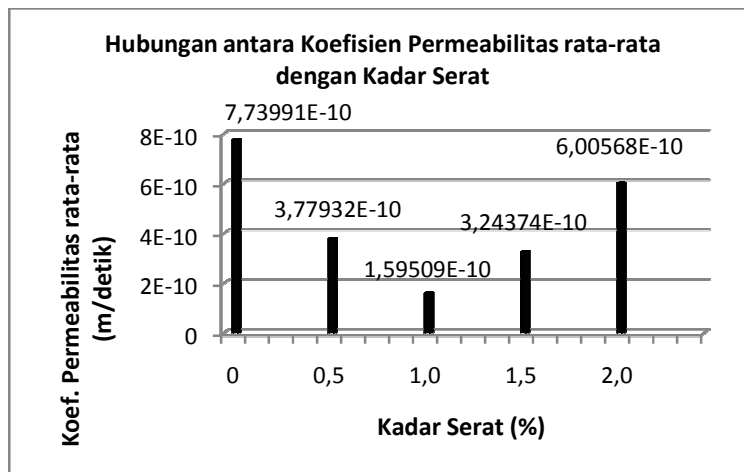
Gambar 1. Diagram Hubungan Kuat Tekan Beton dengan % serat bendrat

Berdasarkan hasil penelitian didapat kuat tekan dengan kadar serat bendrat sebesar 0 %; 0,5 %; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 72.75 MPa; 80.25 MPa; 86.06 MPa; 74.17 MPa; dan 72.05 MPa. Kuat tekan maksimum adalah pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute (ACI)* dengan kadar penambahan serat sebesar 1 %, menghasilkan kuat tekan sebesar 86,06 MPa atau terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 13,31 % dibandingkan dengan beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute (ACI)* tanpa serat. Berdasarkan grafik fungsi polynomial, kadar serat optimum terjadi pada kadar serat 0,906 % dengan nilai sebesar 86,39 MPa.

#### Hasil Pengujian koefisien permeabilitas

Tabel 6. Hasil Pengujian Koefisien permeabilitas

Kode Benda Uji	Kadar Serat (%)	Penetrasi	ho (m)	hi (m)	t (detik)	D' (m)	A' (m)	D (m)	A (m)	Koefisien Permeabilitas	Koefisien Rata-Rata
BS 0	0%	0.021	0,7	0.685	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	1.10072E-09	7.74E-10
		0.023	0,7	0.687	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	1.0433E-09	
		0.018	0,7	0.695	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	3.12228E-10	
		0.023	0,7	0.692	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	6.39712E-10	
BS 0,5	0,5%	0.017	0,7	0.692	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	4.72831E-10	3.78E-10
		0.015	0,7	0.69	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	5.22258E-10	
		0.018	0,7	0.697	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	1.87068E-10	
BS 1	1%	0.019	0,7	0.695	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	3.29574E-10	1.60E-10
		0.011	0,7	0.698	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	7.61582E-11	
		0.013	0,7	0.694	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	2.70792E-10	
BS 1,5	1,5%	0.012	0,7	0.698	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	8.30817E-11	3,24E-10
		0.015	0,7	0.696	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	2.08002E-10	
		0.014	0,7	0.694	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	2.91622E-10	
BS 2	2%	0.015	0,7	0.6925	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	3.90987E-10	6,01E-09
		0.013	0,7	0.695	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	2.25498E-10	
		0.014	0,7	0.692	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	3.8939E-10	
BS 2	2%	0.017	0,7	0.693	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	4.13429E-10	8.36823E-10
		0.019	0,7	0.691	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	5.94944E-10	
		0.016	0,7	0.69	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	5.57075E-10	
		0.02	0,7	0.688	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	8.36823E-10	



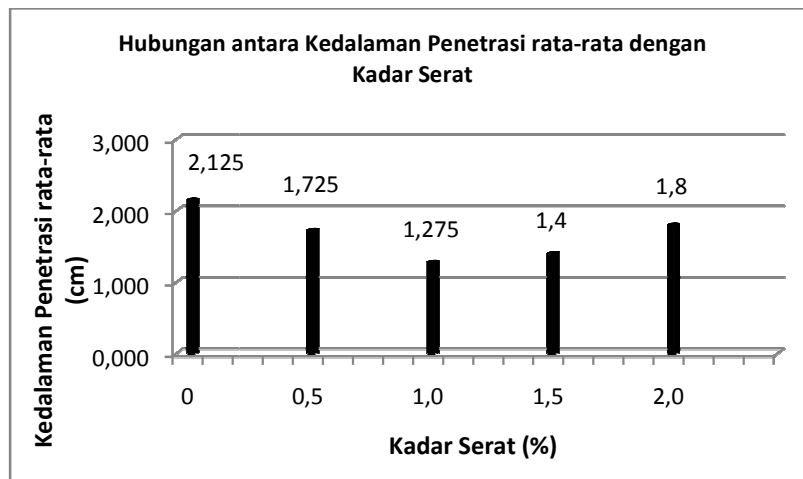
Gambar 2. Diagram Hubungan koefisien permeabilitas Beton dengan % serat bendrat

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 7,74E-10 m/detik; 3,78E-10 m/detik; 1,6E-10 m/detik; 3,24E-10 m/detik; dan 6,01E-10 m/detik. Dari hasil perhitungan regresi pada grafik, koefisien permeabilitas pada beton mutu tinggi metode coba *American Concrete Institute (ACI)* koefisien permeabilitas maksimal terjadi pada kadar serat 1,2583 % dengan nilai sebesar  $1,397 \cdot 10^{-10}$  m/detik.

#### Hasil Pengujian Penetrasi

Tabel 7. Hasil Pengujian Penurunan Penetrasi

Kode Benda Uji	Kadar Serat (%)	Air Dalam Selang		Penurunan Setelah 1 Jam (cm)	Kedalaman Penetrasi (cm)	Kedalaman Rata-Rata (cm)
		Awal (cm)	Akhir (cm)			
BS 0	0 %	70	68.5	1.5	2.1	2,125
		70	68.7	1.3	2.3	
		70	69.5	0.5	1.8	
		70	69.2	0.8	2.3	
BS 0,5	0,5 %	70	69.2	0.8	1.7	1,750
		70	69.0	1.0	1.5	
		70	69.7	0.3	1.8	
BS 1 %	1 %	70	69.5	0.5	1.9	1,250
		70	69.8	0.2	1.1	
		70	69.4	0.6	1.3	
		70	69.8	0.2	1.2	
BS 1,5 %	1,5 %	70	69.6	0.4	1.5	1,400
		70	69.4	0.6	1.4	
		70	69.25	0.75	1.5	
		70	69.5	0.5	1.3	
BS 2 %	2 %	70	69.2	0.8	1.4	1,800
		70	69.3	0.7	1.7	
		70	69.1	0.9	1.9	
		70	69	1	1.6	
		70	68.8	1.2	2	



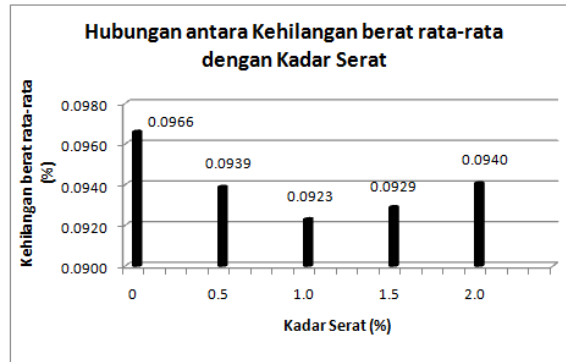
Gambar 3. Diagram Hubungan antara Kedalaman Penetrasi Rata-rata dengan % Kadar Serat

Pada 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 2,125 cm; 1,725 cm; 1,275 cm; 1,4 cm; dan 1,8 cm. Dari hasil perhitungan regresi pada grafik, penetrasi pada beton mutu tinggi metode coba *American Concrete Institute* (ACI) penurunan penetrasi maksimal terjadi pada kadar serat 1,142218 % dengan nilai sebesar 1,248 cm.

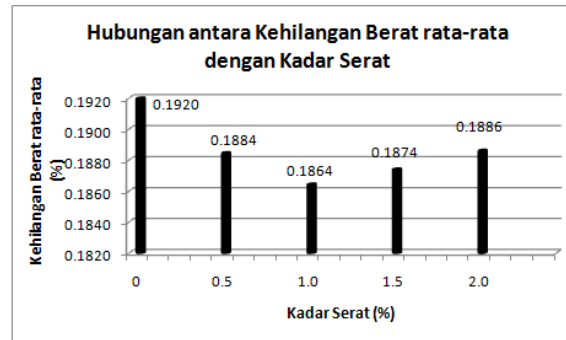
#### Hasil Pengujian Abrasi

Tabel 7. Hasil Pengujian Abrasi

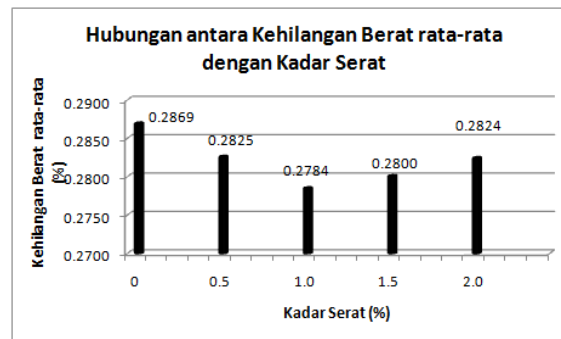
Kode Benda Uji	Kadar Serat (%)	Berat			Kehilangan Berat Rata-rata (%)	Berat		
		Awal (gram)	Setelah 1000 putaran (gram)	Setelah 2000 putaran (gram)		Kehilangan Berat Rata-rata (%)	Setelah 3000 putaran (gram)	Kehilangan Berat Rata-rata (%)
BS 0	0 %	1040,21	1039,22	1038,19	0,0966	1037,21	0,1920	0,2869
		1042,10	1041,06	1040,12		1039,07		
		1057,36	1056,31	1055,32		1054,35		
		1054,02	1053,05	1052,01		1051,03		
BS 0,5	0,5 %	1050,22	1049,22	1048,24	0,0939	1047,17	0,1884	0,2825
		1069,05	1068,04	1067,06		1066,06		
		1062,12	1061,14	1060,10		1059,14		
		1059,15	1058,16	1057,15		1056,19		
BS 1	1 %	1064,2	1063,18	1062,24	0,0923	1061,23	0,1864	0,2784
		1074,32	1073,38	1072,31		1071,34		
		1070,30	1069,32	1068,31		1067,33		
		1072,25	1071,24	1070,23		1069,25		
BS 1,5	1,5 %	1060,23	1059,23	1058,20	0,0929	1057,21	0,1874	0,2800
		1079,21	1078,23	1077,24		1076,2		
		1071,18	1070,21	1069,20		1068,2		
		1075,19	1074,16	1073,14		1072,2		
BS 2	2 %	1076,24	1075,23	1074,27	0,0940	1073,22	0,1886	0,2824
		1054,25	1053,25	1052,23		1051,27		
		1054,16	1053,12	1052,18		1051,18		
		1058,18	1057,24	1056,15		1055,18		



Gambar 4. Diagram Hubungan antara Kehilangan Berat Rata-rata dengan % Kadar Serat pada 1000 putaran



Gambar 5. Diagram Hubungan antara Kehilangan Berat Rata-rata dengan % Kadar Serat pada 2000 putaran



Gambar 6. Diagram Hubungan antara Kehilangan Berat Rata-rata dengan % Kadar Serat pada 3000 putaran

## 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 72,75 MPa; 80,25 MPa; 86,06 MPa; 74,17 MPa; dan 72,05 MPa. Dari hasil perhitungan fungsi polynomial pada grafik, kuat tekan maksimal pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) terjadi pada kadar serat 0,906% dengan nilai sebesar 86,39 MPa. Terjadi perubahan kuat tekan berturut-turut dari 0%; 10,31%; 18,29%; 1,95% dan 0,97%. dan terjadi perubahan sebesar 18,75% pada kuat tekan maksimal benda uji penambahan serat 0,906% dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) tanpa serat dan kuat tekan yang direncanakan telah tercapai yaitu = 80 MPa.

b. Permeabilitas

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 7,74E-10 m/detik; 3,78E-10 m/detik; 1,6E-10 m/detik; 3,24E-10 m/detik; dan 6,01E-10 m/detik. Dari hasil perhitungan fungsi polynomial pada grafik, koefisien permeabilitas maksimal pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) terjadi pada kadar serat 1,2583% dengan nilai sebesar 1,397.10<sup>-10</sup> m/detik. Terjadi perubahan koefisien permeabilitas berturut-turut dari 0%; 51,17%; 79,39%; 58,09% dan 22,41%. dan terjadi perubahan sebesar 81,95% pada kuat tekan maksimal benda uji penambahan serat 1,2583% dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) tanpa serat. Tetapi dalam penelitian ini semua sampel tidak memenuhi standar ACI 301-729 (maksimum 1,5 x 10<sup>-11</sup> m/det).



c. Penetrasi

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 2,125 cm; 1,725 cm; 1,275 cm; 1,4 cm; dan 1,8 cm. Dari hasil perhitungan fungsi polinomial pada grafik, kedalaman penetrasi maksimum pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) terjadi pada kadar serat 1,142 % dengan nilai sebesar 1,248 cm. Terjadi perubahan nilai penetrasi berturut-turut dari 0%; 18,82%; 40,00%; 34,12% dan 15,29%. dan terjadi perubahan sebesar 41,27% pada kuat tekan maksimal benda uji penambahan serat 1,142 % dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) tanpa serat. Dalam penelitian ini semua sampel memenuhi standar SK SNI S-36-1990-03 yaitu dengan kedalaman presentasi  $\leq 30$  mm untuk syarat agresif sedang dan  $\leq 50$  mm untuk syarat agresif kuat).

d. Abrasi

Berdasarkan hasil penelitian untuk pengujian abrasi pada 1000 putaran didapat kehilangan berat dengan kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 0,0966%; 0,0939%; 0,0923%; 0,0929%; dan 0,0940%. Dari hasil perhitungan fungsi polinomial pada grafik, nilai penurunan abrasi maksimum pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) terjadi pada kadar serat 1,1824% dengan nilai sebesar 0,0927%. Terjadi perubahan nilai abrasi berturut-turut 0%; 2,80%; 4,45 %; 3,83 %; dan 2,69%.

Untuk pengujian abrasi pada 2000 putaran didapat kehilangan berat dengan kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 0,1920%; 0,1884%; 0,1864%; 0,1874%; dan 0,1886%. Dari hasil perhitungan fungsi polinomial pada grafik, nilai penurunan abrasi maksimum pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) terjadi pada kadar serat 1,196 % dengan nilai sebesar 0,1863%. Terjadi perubahan nilai abrasi berturut-turut 0%; 1,88%; 2,92%; 2,40 %; dan 1,77%.

Untuk pengujian abrasi pada 3000 putaran didapat kehilangan berat dengan kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 0,2869%; 0,2825%; 0,2784%; 0,2800%; dan 0,2824%. Dari hasil perhitungan fungsi polinomial pada grafik, nilai penurunan abrasi maksimum pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) terjadi pada kadar serat 1,131 % dengan nilai sebesar 0,2783%. Terjadi perubahan nilai abrasi berturut-turut 0%; 1,53%; 2,96 %; 2,41%; dan 1,57% Peningkatan abrasi terjadi karena tinggi kadar serat yang diberikan dapat meningkatkan kemampuan beton dalam menahan keausan.

## 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.
- ASTM C 33-74a. American Society For Testing and Materials. 1918. *Concrete and Material Agregates (including Manual of Aggregates and Concrete 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.
- Dipohusodo, I. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia. Jakarta.
- Dreux, Georges, 1979, *Nouveau Guide Du Beton*, Service Pressee, Editions Eyrolles, Boulevard Saint-Germain,
- Eka mahardeka W. 2007. Kajian permeabilitas dan penetrasi beton ringan alwa metakaolin berserat bendrat. Progran S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- Gambhir, M.L. 1986. *Concrete Technology*. Tata Mc Grow Hill Publishing Company Limited. New Delhi.
- 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
- Muhaammad Rosyid.R. 2011. Kajian serapan dan penetrasi beton ringan metakaolin berserat alluminium pasca bakar. Progran S1 Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret.
- Neville, A.M., and J.J. Brook. 1987. *Concrete Technology*. New York: Longman Scientific & Technical.
- Neville, A.M. 1975. *Properties of Concrete*. London: The English Language Book Society and Pitman Publishing.
- Soroshian, P. Lee, and Bayasi,Z. 1987, "Concept of Fiber Reinforced Concrete", Michigan State University, Michigan.
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafitri. Yogyakarta.
- Adib Rifa'i. 2011. *Kajian Ketahanan Kejut (Impact) dan Abrasi Beton Ringan Berserat Polythelene*, Program Sarjana UNS, Surakarta
- Anang Pambudi Widodo. 2011. *Kajian Ketahanan Kejut (Impact) dan Abrasi Beton dengan Campuran Metakaolin, Slag dan Kapur Padam Sebagai Pengganti Semen*, Program Sarjana UNS, Surakarta