

Pengaruh Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dan Variasi Serat Bendrat Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Kuat Tekan, Permeabilitas Dan Penetrasi Beton

Ir. Slamet Prayitno, MT¹⁾, Wibowo, ST, DEA²⁾, Widiatmoko A V P³⁾

^{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: ardhanvery@gmail.com

Abstract

Reinforced concrete structure is one structure that are utilized on the construction of tall buildings, the roadway and water building. For this building need high quality with compressive strength greater than 6000 psi or 41,4 MPa. Thus need of improving the quality of concrete with the added steel fiber to increase strong press concrete. Besides adding rice husk ash keep density concrete. The purpose of this study's is to know the influence rice husk ash and steel fiber variation. The methods used is the experimental that implemented in the material laboratory UNS. Sample cylindrical 15 inches in diameter and high 30 cm for Compressive Strength test, 7,5 centimeters x 15 inches for permeability and penetration test. Each sample consist of 4 piece within 1 variation of additional fiber .percentage a fiber used is 0 %; 0,5 %; 1 %; 1,5 %; and 2 %. Mechanical test used a CTM (compression testing machine). Analysis of test result used statistics using linear regression the elastic limit on concrete using microsoft excel program. The result of research is increase in value Compressive Strength, permeability and penetration concrete high quality after plus rice husk ash and variation steel fiber. The Compressive Strength concrete in the additional steel fiber of 0 %; 0,5 %; 1 %; 1,5 %; and 2 % is 46,07 MPa; 48,07 MPa; 50,06 MPa; 47,23 MPa; and 46,92 MPa. The value of the concrete permeability in the additional steel fiber of 0 %; 0,5 %; 1 %; 1,5 %; and 2 % is 1,450e-09 m / seconds; 8,862e-10 m / seconds; 5,215e-10 m / seconds; 7,43e-10 m / seconds; and 6,01e-10 m / seconds. The decrease penetration with the addition steel fiber 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. The addition of the fiber content of 0.9 to 1.2% produces increased strong press, the maximum permeability and penetration consecutive of 18,75 %; 81,95 %; 41,27 %; 4,55 %; 2,97 %; 3,00 % compared with high quality concrete without steel fiber.

Keywords: High Quality Concrete, Steel Fiber, rice husk ash, 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, jalan beton dan bangunan air. 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 bendrat yang bertujuan meningkatkan kuat tekan beton. Selain itu dengan menambahkan Abu Sekam padi untuk menjaga kepadatan beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh Abu Sekam Padi dan variasi serat bendrat. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Bahan UNS. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan. 7,5 cm x 15 cm untuk pengujian 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. Analisis menggunakan 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 Abu Sekam Padi dan variasi Serat Bendrat. Nilai kuat tekan beton dengan kadar penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 46,07 MPa; 48,07 MPa; 50,06 MPa; 47,23 MPa; dan 46,92 MPa. Nilai koefisien permeabilitas beton dengan kadar penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 1,450E-09 m/detik; 8,862E-10 m/detik; 5,215E-10 m/detik; 7,43E-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. Penambahan kadar serat sebesar 0,9 – 1,2% menghasilkan peningkatan kuat tekan, koefisien permeabilitas dan penetrasi maksimal berturut-turut sebesar 18,75%; 81,95%; 41,27%; 4,55%; 2,97%; 3,00 % dibandingkan dengan beton mutu tinggi tanpa serat bendrat.

Kata kunci : Beton Mutu Tinggi, Serat Bendrat, Abu Sekam padi, Kuat Tekan, Permeabilitas, Penetrasi.

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 dan abu sekam padi diharapkan kuat tekannya menjadi bertambah. Sedangkan beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) yang ditambahkan serat bendrat dan abu sekam padi dapat direncanakan kuat tekannya $f_c = 50$ 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 $f_c = 50$ Mpa.

Pengujian

Kuat Tekan

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

$$dV = A' (h) \quad (2)$$

$$Q \quad - \quad (3)$$

Dengan kombinasi dan integrasi persamaan diatas didapat :

$$K = \left[- \right] \ln \left[- \right] \quad (4)$$

Dengan : V : Volume total yang diserap sampel (m^3)

A' : Luas penampang pipa (m^2)

h : Tinggi air dalam pipa (m)

Q : Kecepatan aliran air (m^3/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 *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

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 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	2,98	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 m³ yaitu :

- Pasir = 3,8371 kg
- Agregat Kasar = 6,0117 kg
- Semen + Abu sekam padi 15% = 2,6790 kg
- Air = 1,0716 liter

Kebutuhan bahan untuk tiap sampel permeabilitas dan penetrasi yaitu :

- Pasir = 0,4796 kg
- Agregat Kasar = 0,7515 kg
- Semen + Abu sekam padi 15% = 0,3349 kg
- Abu sekam padi 15% = 0,0502 kg
- Air = 0,1340 kg

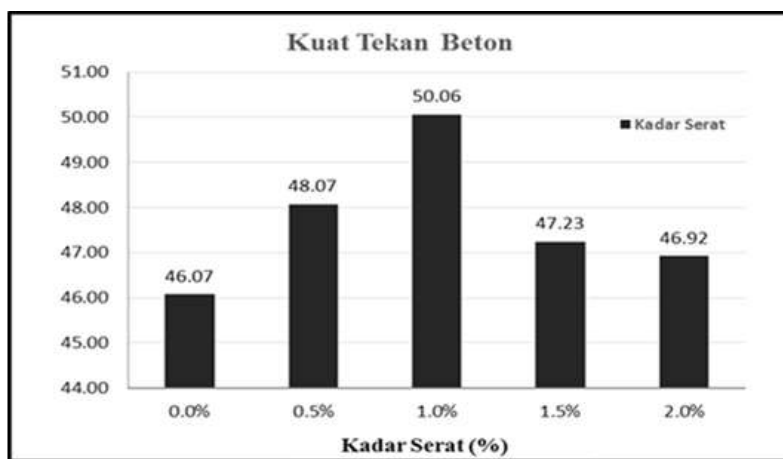
Kebutuhan bahan untuk tiap sampel abrasi yaitu :

- a. Pasir = 0,3257 kg
- b. Agregat Kasar = 0,5103 kg
- c. Semen + Abu sekam padi 15% = 0,2274 kg
- d. Abu sekam padi 15% = 0,2344 kg
- e. Air = 0,0910 kg

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Tabel 5. 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	17662,50	795000	45,01
			2	17662,50	825000	46,71
			3	17662,50	835000	45,29
			4	17662,50	813750	47,28
			Rerata		850000	46,07
2	0,5%	BS	1	17662,50	851000	48,12
			2	17662,50	840000	48,18
			3	17662,50	855000	47,56
			4	17662,50	849000	48,41
			Rerata		870000	48,07
3	1 %	BS	1	17662,50	870000	49,26
			2	17662,50	890000	50,39
			3	17662,50	885000	50,50
			4	17662,50	849000	50,11
			Rerata		884250	50,06
4	1,5%	BS	1	17662,50	830000	46,99
			2	17662,50	836000	47,33
			3	17662,50	836000	47,33
			4	17662,50	835000	47,28
			Rerata		834250	47,23
5	2 %	BS	1	17662,50	810000	45,86
			2	17662,50	835000	47,28
			3	17662,50	830000	46,99
			4	17662,50	840000	47,56
			Rerata		828750	46,92



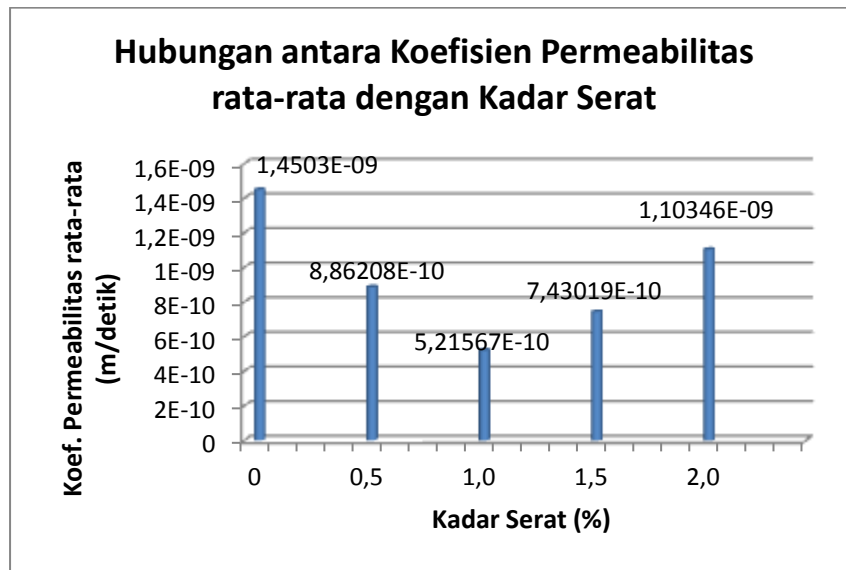
Gambar 1. Diagram Hubungan Kuat Tekan Beton dengan % serat bendrat

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 46.07 MPa; 48.07 MPa; 50.06 MPa; 47.23 MPa; dan 46.92 MPa. Kuat tekan maksimum adalah pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) dengan kadar penambahan serat sebesar 1 %, menghasilkan kuat tekan sebesar 50,06 MPa atau terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 11,80 % 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 51,351 MPa.

Hasil Pengujian koefisien permeabilitas

Tabel 6. Hasil Pengujian Koefisien permeabilitas

Kode Benda Uji	Kadar Serat (%)	Penetrasi	h ₀ (m)	h _i (m)	t (detik)	D'	A'	D	A	Koefisien Permeabilitas	Koefisien Rata-Rata
BS 0	0%	0,025	0,7	0,682	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	1,57591E-09	1,450E-09
		0,027	0,7	0,684	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	1,51066E-09	
		0,024	0,7	0,683	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	1,42778E-09	
		0,023	0,7	0,684	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	1,28686E-09	
BS 0,5	0,5%	0,021	0,7	0,686	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	1,0266E-09	8,862E-10
		0,018	0,7	0,687	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	8,16494E-10	
		0,022	0,7	0,686	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	1,07548E-09	
BS 1	1%	0,02	0,7	0,691	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	6,26257E-10	5,215E-10
		0,015	0,7	0,691	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	4,69693E-10	
		0,016	0,7	0,692	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	4,45017E-10	
		0,014	0,7	0,692	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	3,8939E-10	
BS 1,5	1,5%	0,016	0,7	0,686	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	7,82169E-10	7,430E-10
		0,017	0,7	0,688	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	7,113E-10	
		0,016	0,7	0,689	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	6,13226E-10	
		0,018	0,7	0,687	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	8,16494E-10	
BS 2	2%	0,017	0,7	0,686	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	8,31055E-10	1,103E-09
		0,018	0,7	0,685	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	9,43479E-10	
		0,024	0,7	0,686	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	1,17325E-09	
		0,019	0,7	0,686	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	9,28826E-10	
		0,023	0,7	0,683	3600	0,007	0,000038465	0,075	0,00442	1,36829E-09	



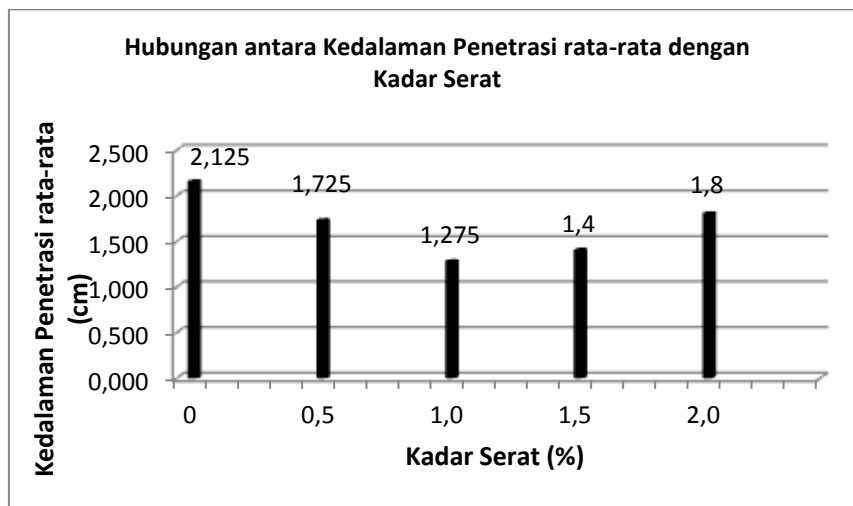
Gambar 2. Diagram Hubungan koefisien permeabilitas Beton dengan % serat bendrat

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 1,45E-09 m/detik; 8,86E-10 m/detik; 5,22E-10 m/detik; 7,43E-10 m/detik; dan 1,10E-09 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 1,23% dengan nilai sebesar $4,30 \cdot 10^{-10}$ m/detik.

Hasil Pengujian dan Pembahasan 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	68,2	1,8	2.1	2,125
		70	68,4	1,6	2.3	
		70	68,3	1,7	1.8	
		70	68,4	1,6	2.3	
BS 0,5	0,5 %	70	68,6	1,4	1.7	1,750
		70	68,7	1,3	1.5	
		70	68,6	1,4	1.8	
BS 1 %	1 %	70	69,1	0,9	1.1	1,250
		70	69,2	0,8	1.3	
		70	69,2	0,8	1.2	
		70	68,6	1,4	1.5	
BS 1,5 %	1,5 %	70	68,8	1,2	1.4	1,400
		70	68,9	1,1	1.5	
		70	68,7	1,3	1.3	
		70	68,6	1,4	1.4	
BS 2 %	2 %	70	68,5	1,5	1.7	1,800
		70	68,6	1,4	1.9	
		70	68,6	1,4	1.6	
		70	68,3	1,7	2	



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

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 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.

SIMPULAN

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 46,07 MPa; 48,07 MPa; 50,06 MPa; 47,23 MPa; dan 46,92 MPa.

Dari hasil perhitungan fungsi polynomial pada grafik, kuat tekan maksimal pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) terjadi pada kadar serat 0,946 % dengan nilai sebesar 51,51 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 mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) tanpa serat. Dan kuat tekan yang direncanakan telah tercapai yaitu = 50 MPa. Peningkatan kuat tekan tersebut antara lain disebabkan karena adanya kontribusi dari serat terhadap berat adukan beton yang semakin padat. Serat yang ditambahkan masih dapat menyebar secara random dimana serat seolah-olah berfungsi sebagai tulangan. Serat benrat juga mampu terikat kuat dengan adukan beton yang menyebabkan terbentuklah suatu massa yang kompak dan padat sehingga dapat meningkatkan nilai kuat tekannya

b. Permeabilitas

Berdasarkan hasil penelitian didapat koefisien permeabilitas dengan kadar serat benrat sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 1,45E-09 m/detik; 8,86E-10 m/detik; 5,21E-10 m/detik; 7,43E-10 m/detik; dan 1,1E-09 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 1,23 % dengan nilai sebesar 4,94.10⁻¹⁰ m/detik. Terjadi perubahan koefisien permeabilitas berturut-turut dari 0%; 38,89%; 64,04%; 48,77% dan 23,41%. dan terjadi perubahan sebesar 70,34% pada kuat tekan maksimal benda uji penambahan serat 1,23% dibandingkan dengan 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 10⁻¹¹ m/det)

c. Penetrasi

Berdasarkan hasil penelitian didapat koefisien penetrasi dengan kadar serat benrat sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 2,475 cm; 2,025 cm; 1,525 cm; 1,7 cm; dan 2,1 cm. Dari hasil perhitungan fungsi polynomial pada grafik, kedalaman penetrasi maksimum pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) terjadi pada kadar serat 1,142 % dengan nilai sebesar 1,119 cm. Terjadi perubahan nilai penetrasi berturut-turut dari 0%; 18,18%; 38,38%; 31,31% dan 15,15%. dan terjadi perubahan sebesar 39,28% pada kuat tekan maksimal benda uji penambahan serat 1,142 % dibandingkan dengan 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 ≤ 30 mm untuk syarat agresif sedang dan ≤50 mm untuk syarat agresif kuat).

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Ir. Slamet Prayitno, MT. dan Wibowo, ST, DEA. 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 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.
- Dipohusodo, I. 1994. *StrukturBetonBertulang*. Gramedia. Jakarta.
- Dreux, Georges, 1979, *Nouvean Guide Du Bet on*, Service Presse, Editions Eyrolles, Boulevard Saint-Germain,
- Eka mahardeka W. 2007. Kajian permeabilitas dan penetrasi beton ringan alwa metakaolin berserat benrat. 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.
- Soroushian, P. Lee, and Bayasi,Z. 1987, “*Consept 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
- Yanita Nurul Chotimah. 2015. *Penambahan Serat Benrat Dan Fly Ash Dengan Bahan Tambah Bestmittel Pada Beton Mutu Tinggi Metode American Concrete Institute (Aci) Terhadap Kuat Tekan, Permeabilitas, Penetrasi Dan Abrasi Beton*, Program Sarjana UNS, Surakarta
- Surya Sebyang. *Correlation Between Rice Husk Ash As Substitution Materials The Amount Of Cement And Properties Of High Strength Flowing Concrete*, Jurnal Rekayasa Vol. 15 No. 1 April 2011
- Dharma Putra, Jurnal 2006, *Penambahan Abu Sekam Padi Pada Beton Dalam Mengatasi Kerusakan Akibat Magnesium Sulfat Pada Air Laut*, Jurnal Ilmiah Teknk Sipil Vol. 10. No 2 Juli 2006
- Pricillia Mindrasari, Jurnal 2014, *Pengaruh Curing Air Laut Pada Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Ditinjau Dari Kuat Tarik Belah Dan Modulus Of Ruptire*, Program Sarjana UNS, Surakarta