

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BENDRAT DAN ABU SEKAM PADI DENGAN BAHAN TAMBAH *BESTMITTEL* PADA BETON MUTU TINGGI TERHADAP PERMEABILITAS DAN PENETRASI.

¹⁾Slamet Prayitno, ²⁾Purwanto, ³⁾Soekma Akhriani

^{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 : Snizer068@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, concrete roads and waterworks. Concrete must be able to face all conditions where concrete was planned, without damage over a certain period. Concrete is called concrete has a high resistance (durable). With such an improvement in the quality of concrete by adding steel fiber step on the fresh concrete that aims to improve strength concrete. In addition to adding rice husk ash to keep the density of concrete and bestmittel to accelerate hardening beton. The aims of this study was to determine the effect of steel fiber, rice husk ash and bestmittel against permeability and penetration of concrete. The method used is an experimental method that is carried out in the laboratory experiment UNS. The test object is a cylinder with a diameter of 7.5 cm and a height of 15 cm for permeability and penetration testing. Percentage of fiber used is 0% ; 0.5% ; 1% ; 1.5% ; and 2% . Tests performed on day 14. Calculation used statistical analysis with linear regression on the elastic limit of the concrete using the Microsoft Excel program. The results of the study resulted in the permeability, penetration and abrasion high strength concrete after plus steel fiber, rice husk ash and bestmittel. The coefficient of permeability of concrete with the addition of steel fiber levels of 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; and 2% is $1,01 \times 10^{-9}$ m / sec; $5,44 \times 10^{-10}$ m / sec; $3,65 \times 10^{-10}$ m / sec; $7,00 \times 10^{-10}$ m / sec; and $9,27 \times 10^{-10}$ m / sec and a change of 50.48% in the permeability coefficient optimal. Value penetration decreased with the addition of steel fiber percentage of 0%; 0.5%; 1%; 1.5%; and 2% is 1.325 cm; 1.283 cm; 1.125 cm; 1.333 cm; 1.305 cm and a change of 7.99% in penetration optimal.

Keywords : High Quality Concrete , Steel Fiber , Rice Husk Ash , Bestmittel , permeability , penetration.

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. Beton harus mampu menghadapi segala kondisi dimana beton direncanakan, tanpa mengalami kerusakan selama jangka waktu layannya. Beton tersebut dinamakan beton yang memiliki ketahanan yang tinggi (*durable*). Dengan demikian perlu adanya peningkatan mutu beton dengan langkah menambahkan serat bendrat pada beton segar yang bertujuan meningkatkan kekuatan beton. Selain itu dengan menambahkan abu sekam padi untuk menjaga kepadatan beton dan *bestmittel* untuk mempercepat pengerasan beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat bendrat, abu sekam padi dan *bestmittel* terhadap permeabilitas dan penetrasi. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium Bahan UNS. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 7,5 cm dan tinggi 15 cm untuk pengujian permeabilitas dan penetrasi. Persentase serat yang digunakan adalah 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2%. Pengujian dilakukan pada hari ke 14. Perhitungan yang digunakan adalah analisis statistik dengan regresi linear pada batas elastis beton menggunakan program *Microsoft Excel*. Hasil penelitian menghasilkan nilai permeabilitas dan penetrasi beton mutu tinggi setelah ditambah serat bendrat, abu sekam padi dan *bestmittel*. Nilai koefisien permeabilitas beton dengan kadar penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah $1,01 \times 10^{-9}$ m/detik; $5,44 \times 10^{-10}$ m/detik; $3,65 \times 10^{-10}$ m/detik; $7,00 \times 10^{-10}$ m/detik ; dan $9,27 \times 10^{-10}$ m/detik dan terjadi perubahan sebesar 50,48% pada koefisien permeabilitas optimal. Nilai penurunan penetrasi dengan persentase penambahan serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% adalah 1,325 cm; 1,283 cm; 1,125 cm; 1,333 cm; 1,305 cm dan terjadi perubahan sebesar 7,99% pada penetrasi optimal.

Kata kunci : Beton Mutu Tinggi, Serat Bendrat, Abu Sekam Padi, Bestmittel, Permeabilitas, Penetrasi.

PENDAHULUAN

Struktur beton modern memacu bidang teknologi beton untuk membangun struktur beton yang bukan hanya didarat. Sebagai contoh pembangunan dermaga, struktur pemecah gelombang (*break water*), tiang pancang jembatan, dan pondasi gedung pinggir pantai/sungai. Semakin meluasnya penggunaan beton sebagai bahan konstruksi maka semakin dituntut untuk meningkatkan kualitas beton sehingga diperlukan suatu perencanaan campuran yang teliti dan benar sehingga didapatkan mutu beton sesuai dengan yang diisyaratkan. Struktur demikian membutuhkan 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 kekuatan pada beton. Abu sekam padi merupakan limbah pertanian yang cukup melimpah di Indonesia yang belum dimanfaatkan secara optimal. Abu sekam padi memiliki kandungan silika yang cukup tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pozzolan untuk pembuatan beton. Dengan demikian beton dengan *mix design* metode Dreux yang ditambahkan serat bendrat, abu sekam padi dan bestmitteldiharapkan kuat tekannya menjadi bertambah.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton dengan *Mix Design* Metode Dreux

Dreux (1979) dalam penelitiannya telah memberikan rumus :

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

dengan :

- σ_{28} = Kuat tekan beton pada umur 28 hari yang didapat dari benda uji silinder (MPa),
- G = Faktor granular, yang menunjukkan besar volume yang diisi oleh bahan butiran,
- Σc = Kekuatan semen berdasarkan data yang diperoleh dari pabrik semen,
- C = Berat semen perkubikasi beton,
- E = 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. Gradasi dan ukuran agregat maksimum berhubungan dengan rasio air dan semen, dimana jumlah pasta semen harus menutupi seluruh partikel sehingga nilai luas permukaan kecil, maka akan lebih sedikit pasta semen, sehingga jumlah air yang dibutuhkan juga sedikit. Untuk besarnya granular butiran pada perancangan campuran beton berkisar 0,35 – 0,65, tergantung pada kualitas dan diameter maksimum butiran. Jumlah air yang dibutuhkan pada perancangan beton dapat ditentukan. Banyak air yang diperlukan berdasarkan anggapan bahwa agregat yang diperlukan pada tahapan perancangan campuran beton dalam keadaan kering udara. Jika agregat yang dipakai mengandung sejumlah air dengan kadar yang melebihi kering udara, harus dilakukan koreksi jumlah air yang diperlukan dengan memperhitungkan tingkat kelembaban agregat yang digunakan dalam campuran beton.

Bahan Tambah Kimia

Pada penelitian ini bahan tambah kimia (*admixture*) yang digunakan adalah Bestmittel. Bestmittel merupakan formula khusus yang sangat ekonomis dalam proses 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

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 :

$$dV = A' (h) \dots\dots\dots(1)$$

$$Q \quad - \dots\dots\dots(2)$$

Dengan kombinasi dan integrasi persamaan diatas didapat :

$$K = \left[\frac{V}{A' L} \right] \ln \left[\frac{H_0}{H_i} \right] \dots\dots\dots(3)$$

- 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)
 H_0 = Tinggi air mula-mula (m)
 H_i = 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 permeabilitas dan penetrasi. Pengujian permeabilitas dan penetrasi menggunakan silinder $7,5$ cm x 15 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 14 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 benrat terhadap permeabilitas, dan penetrasi pada beton mutu tinggi metode *Dreux*.

Tabel 1. Jumlah dan Kode Benda Uji Permeabilitas dan Penetrasi

No	Kadar Serat Benrat	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 2. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Kandungan zat organic	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

Tabel 3. 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 *Dreux*

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

- a. Pasir = 554,757 kg
- b. Kerikil Kecil = 181,035 kg
- c. Kerikil Besar = 1068,103 kg
- d. Semen = 480 kg
- e. Air = 171,428 liter

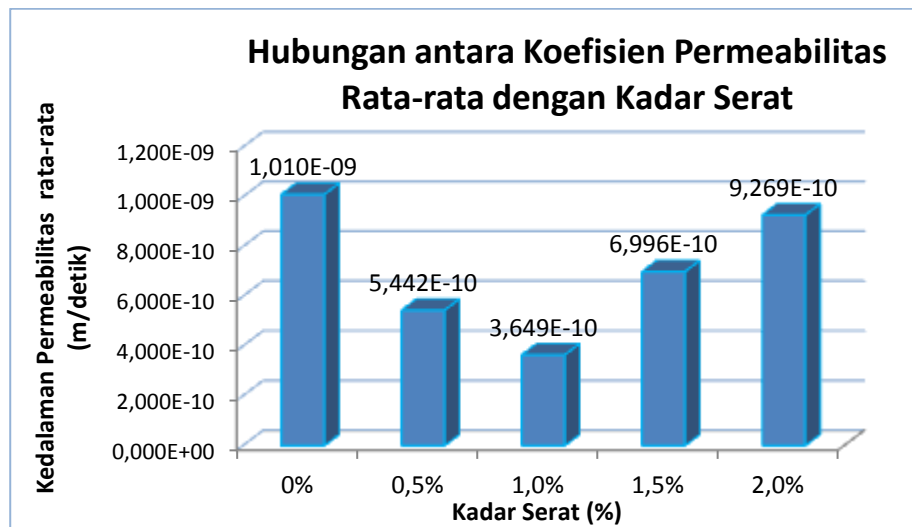
Kebutuhan bahan untuk tiap sampel silinder yaitu :

- a. Pasir = 0,367 kg
- b. Kerikil Kecil = 0,120 kg
- c. Kerikil Besar = 0,708 kg
- d. Semen = 0,318 kg
- e. Abu Sekam Padi 10% = 0,032 kg
- f. Air = 0,114 kg
- g. *Bestmittel* = 0,001 gram

Hasil Pengujian Dan Pembahasan Koefisien Permeabilitas

Tabel 4. 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	0.012	0.7	0.680	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	8.41712E-10	1,01.10 ⁰⁹
		0.015	0.7	0.680	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	1.05214E-09	
		0.008	0.7	0.680	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	5.61141E-10	
		0.018	0.7	0.675	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	1.58401E-09	
0,5%	BS 0,5	0.012	0.7	0.681	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	8.19018E-10	5,44.10 ¹⁰
		0.015	0.7	0.690	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	5.22258E-10	
		0.010	0.7	0.690	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	3.48172E-10	
		0.014	0.7	0.690	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	4.87441E-10	
1,0%	BS 1,0	0.011	0.7	0.692	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	3.05949E-10	3,65.10 ¹⁰
		0.010	0.7	0.685	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	5.50362E-10	
		0.011	0.7	0.690	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	3.89953E-10	
		0.012	0.7	0.695	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	2.13355E-10	
1,5%	BS 1,5	0.013	0.7	0.685	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	6.81401E-10	7,00.10 ¹⁰
		0.017	0.7	0.682	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	1.07162E-09	
		0.010	0.7	0.690	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	3.48172E-10	
		0.013	0.7	0.685	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	6.97126E-10	
2,0%	BS 2	0.013	0.7	0.680	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	9.46926E-10	9,27.10 ¹⁰
		0.010	0.7	0.685	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	5.24155E-10	
		0.016	0.7	0.680	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	1.13631E-09	
		0.012	0.7	0.675	3600	0.007	0.000038465	0.075	0.00442	1.10001E-09	



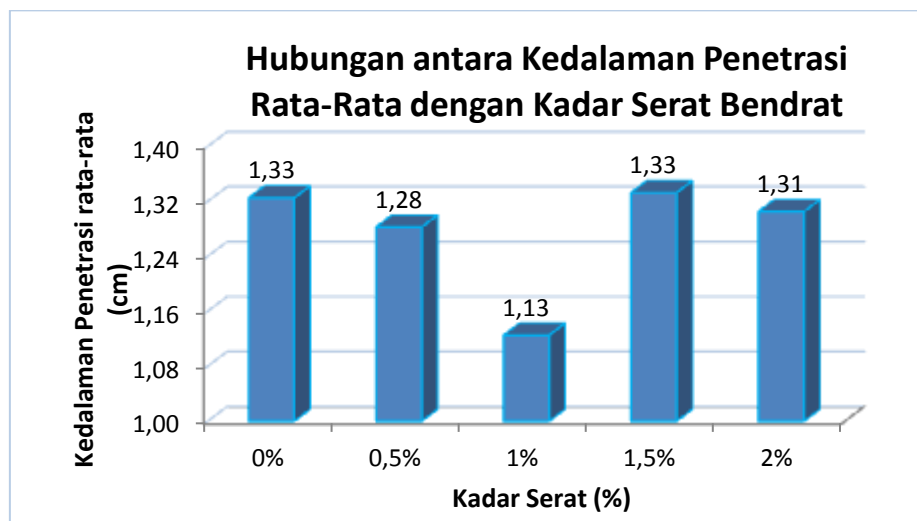
Gambar 1. Diagram Hubungan Koefisien Permeabilitas Rata-rata Beton dengan % Kadar Serat Bendrat

Pada pengujian koefisien permeabilitas dengan kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% yang diuji pada umur 14 hari berturut-turut adalah $1,01 \cdot 10^{-09}$ m/detik; $5,44 \cdot 10^{-10}$ m/detik; $3,65 \cdot 10^{-10}$ m/detik; $7,00 \cdot 10^{-10}$ m/detik; dan $9,27 \cdot 10^{-10}$ m/detik. Dari hasil perhitungan fungsi polynomial pada grafik, koefisien permeabilitas pada beton mutu tinggi metode *Dreux* koefisien permeabilitas maksimal terjadi pada kadar serat 1,00 % dengan nilai sebesar $5,00 \cdot 10^{-10}$ m/detik.

Hasil Pengujian dan Pembahasan Penetrasi

Tabel 5. Hasil Pengujian Penurunan Penetrasi

Kode Benda	Kadar Serat (%)	Air Dalam Selang Awal (cm)	Air Dalam Selang Akhir (cm)	Penurunan Setelah 1 Jam (cm)	Kedalaman Penetrasi (cm)	Kedalaman Rata-Rata (cm)
0%	BS 0	70	68.0	2.0	1.2	1,325
		70	68.0	2.0	1.5	
		70	68.0	2.0	0.8	
		70	67.5	2.5	1.8	
0,5%	BS 0,5	70	68.1	1.9	1.2	1,283
		70	69.0	1.0	1.5	
		70	69.0	1.0	1.0	
		70	69.0	1.0	1.4	
1,0%	BS 1,0	70	69.2	0.8	1.1	1,125
		70	68.5	1.5	1.1	
		70	69.0	1.0	1.1	
		70	69.5	0.5	1.2	
1,5%	BS 1,5	70	68.5	1.5	1.3	1,333
		70	68.2	1.8	1.7	
		70	69.0	1.0	1.0	
		70	68.5	1.5	1.3	
2,0%	BS 2	70	68.0	2.0	1.4	1,305
		70	68.5	1.5	1.0	
		70	68.0	2.0	1.6	



Gambar 2. 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 14 hari berturut-turut adalah 1,325cm; 1,283cm; 1,125cm; 1,333cm; dan 1,305cm. Dari hasil perhitungan fungsi polinomial pada grafik, penetrasi pada beton mutu tinggi metode *Dreux* dengan *fly ash* penurunan penetrasi maksimal terjadi pada kadar serat 1,00 % dengan nilai sebesar 1,219 cm.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

a. Permeabilitas

Berdasarkan hasil penelitian didapat koefisien permeabilitas dengan kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 14 hari berturut-turut adalah $1,01 \cdot 10^{-9}$ m/detik; $5,44 \cdot 10^{-10}$ m/detik; $3,65 \cdot 10^{-10}$ m/detik; $7,00 \cdot 10^{-10}$ m/detik; dan $9,27 \cdot 10^{-10}$ m/detik. Dari hasil fungsi polinomial pada grafik, koefisien permeabilitas optimal pada beton mutu tinggi metode *Dreux* terjadi pada kadar serat 1,00 % dengan nilai sebesar $5,00 \cdot 10^{-10}$ m/detik. Terjadi perubahan koefisien permeabilitas berturut-turut dari 0%; 46,10%; 63,86%; 30,72% dan 8,21% . Dan terjadi perubahan sebesar 50,48% pada koefisien permeabilitas optimal benda uji penambahan serat 1,00 % dibandingkan dengan beton mutu tinggi metode *Dreux* tanpa serat dan tanpa penambahan abu sekam padi. tetapi dalam penelitian ini semua sampel tidak memenuhi standar ACI 301-729 (maksimal $1,5 \times 10^{-11}$ m/det).

b. Penetrasi

Berdasarkan hasil penelitian didapat koefisien penetrasi dengan kadar serat bendrat sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 14 hari berturut-turut adalah 1,33 cm; 1,28 cm; 1,13 cm; 1,33 cm; dan 1,31 cm. Dari hasil hitungan fungsi polinomial pada grafik, kedalaman penetrasi optimal pada beton mutu tinggi metode *Dreux* terjadi pada kadar serat 1,00 % dengan nilai sebesar 1,219 cm. Terjadi perubahan nilai penetrasi berturut-turut dari 0%; 3,21%; 15,09 %; 0,57% dan 1,51%. Dan terjadi perubahan sebesar 7,99 % pada penetrasi optimal benda uji penambahan serat 1,00% dibandingkan dengan beton mutu tinggi metode *Dreux* tanpa serat dan tanpa abu sekam padi.

Dalam penelitian ini semua sampel memenuhi standar SK SNI S-36-1990-03, yaitu dengan kedalaman penetrasi ≤ 30 mm untuk syarat agresif sedang dan ≤ 50 mm untuk syarat agresif kuat.

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 1% 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

- 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 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*. Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- Bangun Budi Pranata. 2015. *Pengaruh Penambahan Serat Bendrat Pada Beton Mutu Tinggi Metode Dreux Dengan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan, Permeabilitas dan Penetrasi*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Yanita Nurul Chotimah. 2015. *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*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Dipohusodo, I. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia. Jakarta.
- Murdock, L.J dan K.M Brook (Terjemahan : Stephanus Hendarko). 1999. *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga
- Reni Sulistyawati. 2009. *Pengaruh Penggunaan Zat Additive Bestmittel Terhadap Kuat Tekan Beton*. Teodolita Vol.11, No.2., Des 2009:34-46.
- 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.