

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT TEMBAGA DAN FLY ASH PADA BETON MUTU TINGGI METODE DREUX TERHADAP KUAT TEKAN, PERMEABILITAS, PENETRASI DAN ABRASI

¹⁾Slamet Prayitno, ²⁾Purwanto, ³⁾Yunus Indra Gunawan

^{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 : yunus.ndrawan@gmail.com

Abstract

Along with the rapid of growth technology, building structure is also growing very fast. Reinforced concrete structure is a structure that is very reliable strength today, and widely used in the construction of high-rise buildings, long-span bridges, towers and so on. And requires high-quality concrete structures with greater compressive strength of 6,000 psi or 41.4 MPa (SNI T-15-1990-03) which is used to support all loads with structural components of dimensions that are very slim. So building experts needs to improve the planning system, improve the quality of the material and the high quality concrete planning can be appropriate for civil building structure. High quality concrete method Dreux is a concrete mixture which has been developed by Prof. George Dreux so we will have the compression strength of > 41.4 MPa. The purpose of this study was to determine the effect copper fibers on the mechanical properties such as compressive strength of the concrete, permeability, penetration, and abrasion. The method used was experimental observations and theoretical analysis then performed to support the conclusion eventually. The specimen is in form of cylinder with diameter 15 cm and height 30 cm for testing compressive strength, Cylindrical specimen with diameter 7,5 cm and height 15 cm for testing permeability and penetration, Half of ball specimen with diameter 10 cm for testing abrasion. This experiment using CTM (Compression Testing Machine) tool. From the analysis, the addition of 0,9 – 1,3 % fiber has a better density with other specimens fiber content. The optimum value of compressive strength obtained with addition of 0,921 % copper fiber is 66,89 Mpa. The optimum value of permeability obtained with addition of 1,294 % copper fiber is $2,153 \cdot 10^{-10}$ m/sec. The optimum value of penetration obtained with addition of 1,04072% copper fiber is 1,8714 cm. The optimum value of abrasion in 1000, 2000 and 3000 rounds obtained with addition of 1,0728 % ,1,0425 % ,0,9933% copper fiber is 0,09546%, 0,18627%, 0,2782%.

Keywords : High Strength Concrete, Dreux, Copper fiber, fly ash, Compressive strength, Permeability, Penetration, Abrasion

Abstrak

Seiring dengan semakin pesatnya pertumbuhan teknologi, struktur bangunan juga mengalami perkembangan yang sangat pesat. Struktur beton bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat ini, dan banyak dimanfaatkan pada pembangunan gedung-gedung tinggi, jembatan dengan bentang panjang, tower dan sebagainya. Struktur demikian membutuhkan beton dengan mutu tinggi dengan kuat tekan lebih besar dari 6000 Psi atau 41,4 MPa (SNI T-15-1990-03) yang digunakan untuk menopang semua beban dengan dimensi komponen struktur yang cukup ramping. Maka para ahli konstruksi perlu meningkatkan sistem perencanaan, meningkatkan mutu dan kualitas materialnya agar dalam perencanaan beton mutu tinggi ini dapat memadai untuk struktur bangunan sipil. Beton mutu tinggi metode *Dreux* adalah suatu perancangan campuran beton yang telah dikembangkan oleh *Prof. George Dreux* sehingga akan didapatkan kekuatan tekan > 41,4 Mpa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat tembaga dan *fly ash* terhadap sifat-sifat mekanik beton berupa kuat tekan, Permeabilitas, Penetrasi, dan Abrasi. Metode yang digunakan adalah pengamatan secara eksperimental dan kemudian dilakukan analisis secara teoritis untuk mendukung kesimpulan akhirnya. Benda uji berupa silinder 15cm x 30cm untuk pengujian kuat tekan, silinder dengan diameter 7,5 cm dan tinggi 15 cm untuk pengujian permeabilitas dan penetrasi, dan setengah bola diameter 10 cm untuk uji abrasi. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah CTM (*Compression Testing Machine*). Dari hasil analisa, penambahan kadar serat 0,9 – 1,3 % memiliki kepadatan serta kerapatan yang lebih baik dari benda uji dengan kadar serat yang lainnya. Nilai optimum kuat tekan di peroleh dengan penambahan serat tembaga 0,921% sebesar 66,89 MPa, Nilai optimum permeabilitas di peroleh dengan penambahan serat tembaga 1,294% sebesar $2,153 \cdot 10^{-10}$ m/detik, Nilai optimum penetrasi di peroleh dengan penambahan serat tembaga 1,04072% sebesar 1,8714 cm, Nilai optimum kehilangan berat keausan pada 1000, 2000 dan 3000 putaran di peroleh dengan penambahan serat tembaga 1,0728 % ,1,0425 % ,0,9933% sebesar 0,09546%, 0,18627%, 0,2782%.

Kata kunci : Beton Mutu Tinggi, *Dreux*, Serat Tembaga, *Fly Ash*, 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, jembatan dengan bentang panjang, tower dan sebagainya. Struktur demikian membutuhkan beton dengan mutu tinggi dengan kuat tekan lebih besar dari 6000 Psi atau 41,4 MPa (SNI T-15-1990-03) yang digunakan untuk menopang semua beban dengan dimensi komponen struktur yang cukup ramping. Maka para ahli konstruksi perlu meningkatkan sistem perencanaan, meningkatkan mutu dan kualitas materialnya agar dalam perencanaan beton mutu tinggi ini dapat memadai untuk struktur bangunan sipil. Beton mutu

tinggi metode *Dreux* adalah suatu perancangan campuran beton yang telah dikembangkan oleh *Prof. George Dreux* sehingga akan didapatkan kekuatan tekan $> 41,4$ Mpa.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton Metode Dreux

Dreux (1979) dalam penelitiannya telah memberikan rumus :

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

Dengan ketentuan σ_{28} , kekuatan tekan rata-rata beton pada umur 28 hari yang didasarkan atas benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. 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 disebarkan secara acak mempunyai tahanan lentur dan kuat tarik yang lebih besar bila dibandingkan dengan serat yang disebarkan 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

Permeabilitas beton adalah kemudahan cairan atau gas untuk melewati beton (*A.M.Neville & J.J Brooks*, 1987). Permeabilitas juga diartikan sifat dapat dilewati/dimasuki zat cair atau gas. Beton yang baik adalah beton yang relative tidak bisa dilewati air/gas, atau dengan kata lain mempunyai permeabilitas yang rendah. Menurut *Murdock (1979)*, beton tidak bisa kedap air secara sempurna. Permeabilitas penting untuk diketahui karena berhubungan erat dengan durabilitas beton, Untuk mengetahui koefisien permeabilitas dilakukan dengan perhitungan :

$$\text{---} \quad \text{---} \quad (2)$$

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)

Abrasi

Keausan beton atau abrasi di definisikan sebagai kemampuan beton khususnya bagian permukaan untuk menahan gaya atau beban yang melewatinya yang berupa gesekan atau aliran. Untuk menentukan koefisien keausan, maka dicari selisih antara berat awal benda uji (W_{awal}) dengan berat akhirnya (W_{akhir}) setelah dilakukan pengujian sehingga dapat dirumuskan

(3)

dimana, N = Kehilangan berat yang merupakan koefisien keausan.
 W_{awal} = Berat awal sebelum benda uji diuji
 W_{akhir} = Berat akhir setelah dilakukan pengujian

METODELOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Benda uji berupa beton ringan *foam* silinder dengan ukuran 15cm x 30cm untuk pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas dengan variasi kadar serat 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dari berat beton. Benda uji masing-masing berjumlah 4 buah per variasi penambahan serat, dapat dilihat pada Tabel 1, 2 dan 3. Pengujian dilakukan setelah umur beton 28 hari, dengan menggunakan CTM (*Compression Testing Machine*).

Tabel 1. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tekan, Permeabilitas, Penetrasi, dan Abrasi

No	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	BS - 0 KT	4
2	BS - 0,5 KT	4
3	BS - 1 KT	4
4	BS - 1,5 KT	4
5	BS - 2 KT	4
6	BS - 0 UP	4
7	BS - 0,5 UP	4
8	BS - 1 UP	4
9	BS - 1,5 UP	4
10	BS - 2 UP	4
11	BS - 0 UA	4
12	BS - 0,5 UA	4
13	BS - 1 UA	4
14	BS - 1,5 UA	4
15	BS - 2 UA	4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

Tabel 2. 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>Absorbition</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 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Modulus Halus Butir	7,98	5 - 8	Memenuhi syarat
2	Bulk Specific Gravity	2,57	-	-
3	Bulk Specific Gravity SSD	2,61	-	-
4	Apparent Specific Gravity	2,68	-	-
5	Absorbtion	1,63	-	-
6	Abrasi	33 %	50 %	Memenuhi syarat

Hasil Perhitungan Rancang Campur Adukan Beton Metode Dreux

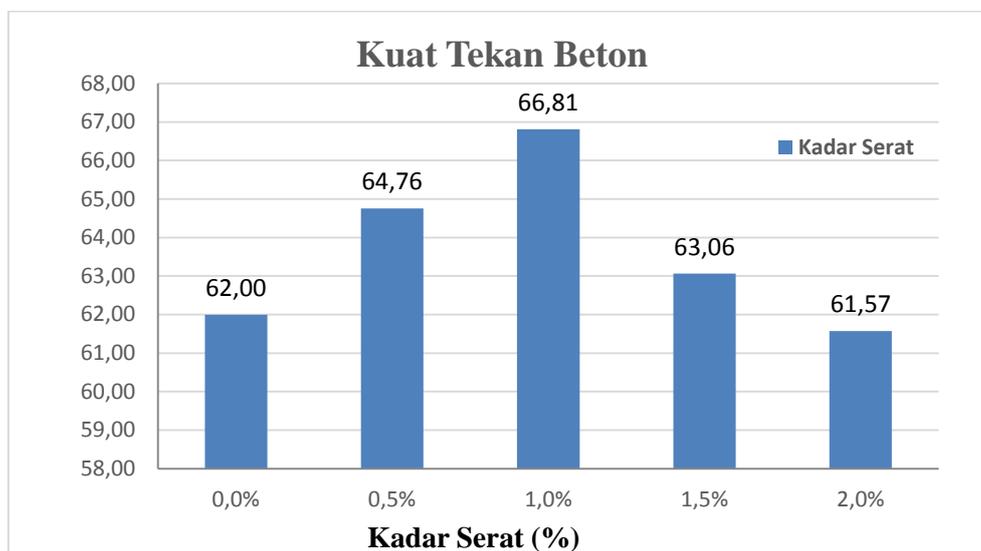
Perhitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode Dreux. Dari perhitungan tersebut didapat kebutuhan bahan per 1 m³ yaitu :

- a. Pasir = 632,962 kg
- b. Kerikil Halus = 107,615 kg
- c. Agregat Kasar = 1083,502 kg
- d. Semen = 480 kg
- e. *Fly Ash* = 72 kg
- f. Air = 171,428 liter

Kebutuhan bahan untuk tiap sampel yaitu :

- a. Pasir = 3,375 kg
- b. Kerikil Halus = 0,569 kg
- c. Agregat Kasar = 5,732 kg
- d. Semen = 2,539 kg
- e. *Fly Ash* = 0,389
- f. Air = 907 ml

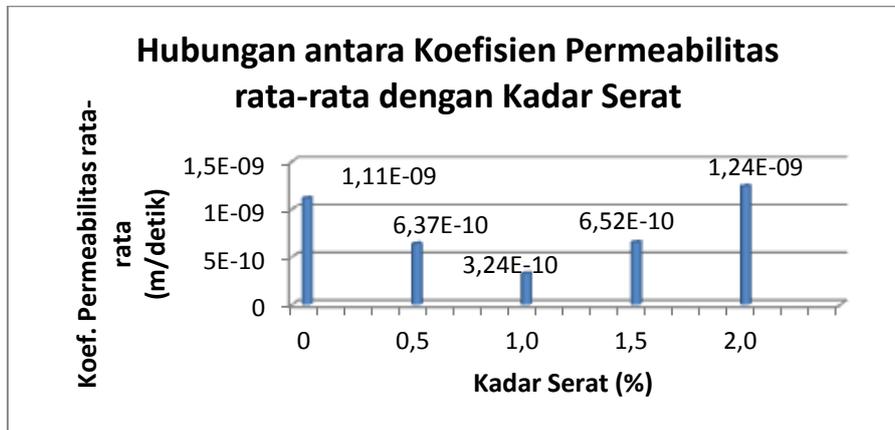
Hasil Pengujian dan Pembahasan Kuat Tekan



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

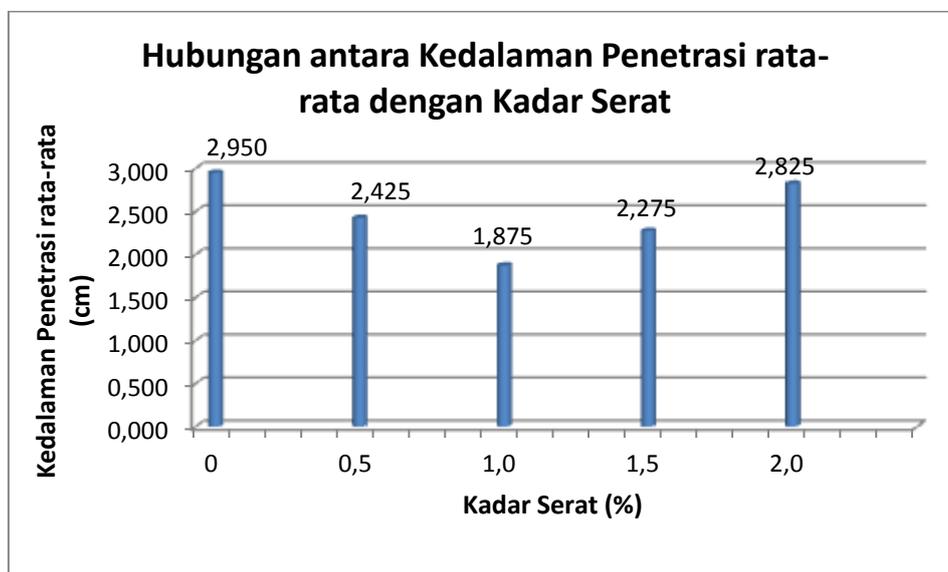
Berdasarkan hasil pengujian didapat kuat tekan dengan kadar serat tembaga sebesar 0 %; 0,5 %; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 62,00MPa; 64,76 MPa; 66,81 MPa; 63,06 MPa; dan 61,57 MPa. Kuat tekan maksimal terjadi pada beton mutu tinggi metode Dreux dengan kadar penambahan serat sebesar 1 %, menghasilkan kuat tekan sebesar 66,81 MPa atau terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 7,76 % dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode Dreux tanpa serat. Berdasarkan grafik fungsi polynomial, kadar serat optimum terjadi pada kadar serat 0,921 % dengan nilai sebesar 66,89 MPa.

Hasil Pengujian dan Pembahasan Permeabilitas dan penetrasi



Gambar 2. Diagram Hubungan Koefisien Permeabilitas Beton dengan % serat tembaga

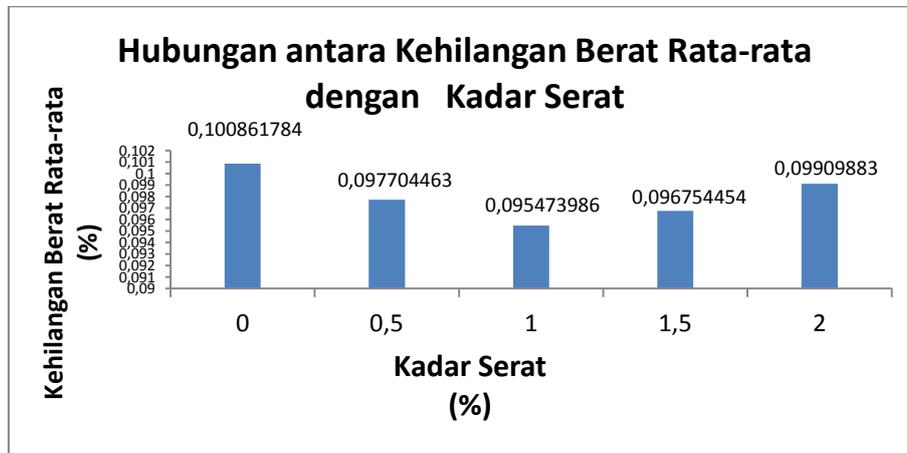
Berdasarkan hasil pengujian didapat koefisien permeabilitas dengan kadar serat tembaga sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% berturut-turut adalah $1,11 \cdot 10^{-09}$ m/detik; $6,37 \cdot 10^{-10}$ m/detik; $3,24 \cdot 10^{-10}$ m/detik; $6,52 \cdot 10^{-10}$ m/detik; dan $1,24 \cdot 10^{-09}$ m/detik, Dari hasil perhitungan regresi pada grafik, koefisien permeabilitas pada beton mutu tinggi metode *Dreux* koefisien permeabilitas maksimal terjadi pada kadar serat 1,294 % dengan nilai sebesar $2,153 \cdot 10^{-10}$ m/detik.



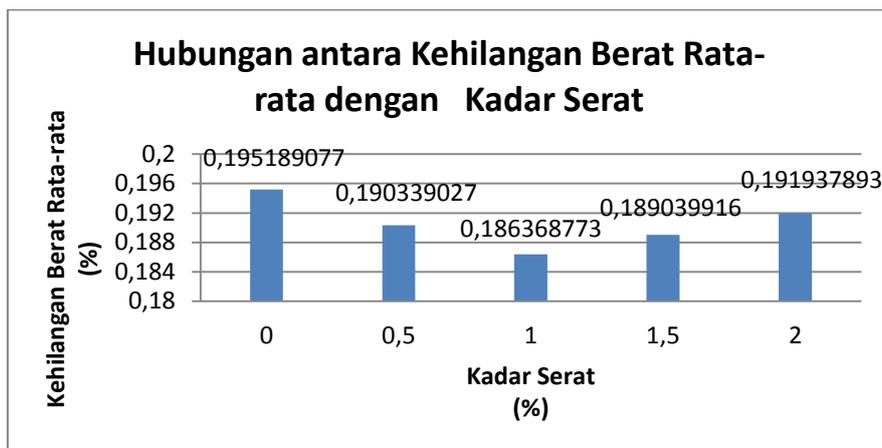
Gambar 3. Diagram Hubungan Kedalaman Penetrasi dengan % serat tembaga

Berdasarkan hasil pengujian didapat kedalaman penetrasi dengan kadar serat tembaga sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% berturut-turut adalah 2,95 cm; 2,425 cm; 1,875 cm; 2,275 cm; dan 2,825 cm. Dari hasil perhitungan regresi pada grafik, penetrasi pada beton mutu tinggi metode *Dreux* penurunan penetrasi maksimal terjadi pada kadar serat 1,0472 % dengan nilai sebesar 1,8714 cm.

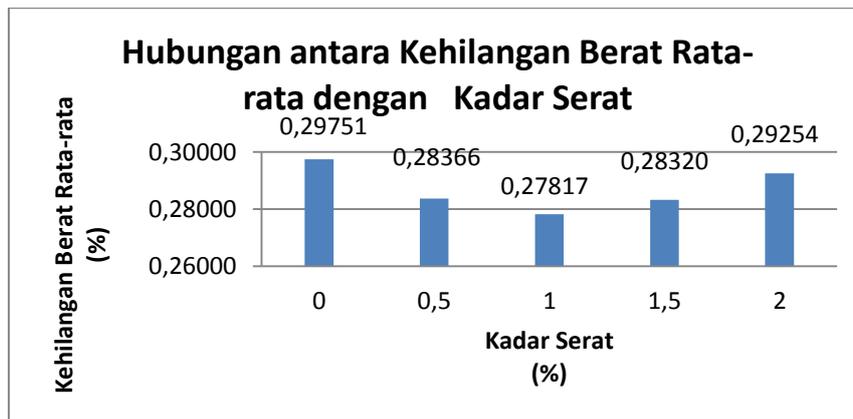
Hasil Pengujian dan Pembahasan Abrasi



Gambar 4. Diagram Hubungan Kehilangan Berat Rata-rata Abrasi Beton 1000 Putaran dengan % serat tembaga Berdasarkan hasil pengujian abrasi pada 1000 putaran didapat kehilangan berat dengan kadar serat tembaga sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% berturut-turut adalah 0,10086%; 0,09770%; 0,09547%; 0,09675%; dan 0,09910%. Dari hasil perhitungan regresi pada grafik, kehilangan berat pada beton mutu tinggi metode *Dreux* kehilangan berat minimal terjadi pada kadar serat 1,0728 % dengan nilai sebesar 0,09546%.



Gambar 5. Diagram Hubungan Kehilangan Berat Rata-rata Abrasi Beton 2000 Putaran dengan % serat tembaga Berdasarkan hasil pengujian abrasi pada 2000 putaran didapat kehilangan berat dengan kadar serat tembaga sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% berturut-turut adalah 0,19519%; 0,19034%; 0,18637%; 0,18904%; dan 0,19194%. Dari hasil perhitungan regresi pada grafik, kehilangan berat pada beton mutu tinggi metode *Dreux* kehilangan berat minimal terjadi pada kadar serat 1,0425 % dengan nilai sebesar 0,18627%.



Gambar 6. Diagram Hubungan Kehilangan Berat Rata-rata Abrasi Beton 3000 Putaran dengan % serat tembaga Berdasarkan hasil pengujian abrasi pada 3000 putaran didapat kehilangan berat dengan kadar serat tembaga sebesar 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% berturut-turut adalah 0,29751%; 0,28366%; 0,27817%; 0,28320%; dan 0,29254%. Dari hasil perhitungan regresi pada grafik, kehilangan berat pada beton mutu tinggi metode *Dreux* kehilangan berat minimal terjadi pada kadar serat 0,9933% dengan nilai sebesar 0,2782%.

Dari Hasil Penelitian dengan Penambahan serat Tembaga dan fly ash yang optimum, beton akan memiliki kepadatan serta kerapatan yang lebih baik dari benda uji dengan kadar serat yang lainnya sehingga menghasilkan kuat tekan yang paling maksimal, dengan kepadatan dan kerapatan yang baik tersebut maka menghasilkan nilai koefisien permeabilitas dan penurunan penetrasi yang kecil pula, sehingga beton tidak akan mudah ditembus oleh air dan memiliki durabilitas yang lebih baik. Berdasarkan hasil penelitian ini juga dapat ditarik hubungan antara kuat tekan, permeabilitas, penetrasi dan abrasi. Semakin tinggi kuat tekan maka nilai permeabilitas, penetrasi, dan abrasi semakin kecil, sehingga semakin tinggi kuat tekan nilai ketahanan air dan keausan akan semakin baik. Peningkatan kuat tekan disebabkan adanya pengaruh penambahan serat pada benda uji. Serat yang ditambahkan masih dapat menyebar secara merata dimana serat seolah-olah berfungsi sebagai tulangan. Ditambah dengan serat yang menyerupai huruf Z, sehingga serat dapat mengikat dengan adukan beton.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian serta analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan kadar serat 0,9 – 1,3 % memiliki kepadatan serta kerapatan yang lebih baik dari benda uji dengan kadar serat yang lainnya. Nilai optimum kuat tekan di peroleh dengan penambahan serat tembaga 0,921% sebesar 66,89 MPa, Nilai optimum permeabilitas di peroleh dengan penambahan serat tembaga 1,294% sebesar $2,153 \cdot 10^{-10}$ m/detik, Nilai optimum penetrasi di peroleh dengan penambahan serat tembaga 1,04072% sebesar 1,8714 cm, Nilai optimum kehilangan berat keausan pada 1000, 2000 dan 3000 putaran di peroleh dengan penambahan serat tembaga 1,0728 % ,1,0425 % ,0,9933% sebesar 0,09546%, 0,18627%, 0,2782%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terelesaikannya 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.
- Ardiansyah, Rony. (2010). "Fly Ash" *Pemanfaatan dan Kegunaannya*. [Online]. Tersedia: <https://ronymedia.wordpress.com/2010/05/26/fly-ash-pemanfaatan-kegunaannya/> [26 Mei 2010].
- 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. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia. Jakarta.
- 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.
- Dreux, Georges, 1979, *Nouvean Guide Du Bet on*, Service Presse, Editions Eyrolles, Boulevard Saint-Germain,
- Eko, S. Muhammad, 2015. *Pengaruh Penambahan Serat Tembaga Terhadap Kuat Tekan, Permeabilita Dan Penetrasi Pada Beton Mutu Tinggi Metode Coba Dreux*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Fatma, Luvy P.2005.*Ketahanan Kejut dan Abrasi Beton dengan Metakaolin Sebagai Pengganti Sebagian Semen*.Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, 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.
- Kusuma, Anas.2011. *Kajian Kuat Kejut (Impact) dan Keausan (Abrasion) Pada Beton dengan Pozzolan Abu Vulkanik Merapi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Murdock, L.J dan K.M Brook (Terjemahan : Stephanus Hendarko). 1999. *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga.
- 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.
- Prayitno, Slamet, 1995. *Balok Beton Bertulang Metode Dreux Untuk Jembatan Jalan Raya (Studi Pengaruh Variasi Lebar Balok)*. Tesis pada Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Ravindrajah, S.R., C.T. Tam. 1984. *Flextural Strength of Steel FibreReiforced Concrete Beams*. National University of Singapore. Kent Ridge, Singapore.
- Soroshian, P. Lee, and Bayasi,Z. 1987, "*Consept of Fiber Reinforced Concrete*", Michigan State University, Michigan.
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafitri. Yogyakarta.