

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT TEMBAGA DENGAN FLY ASH PADA BETON MUTU TINGGI METODE DREUX TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH DAN MODULUS ELASTISITAS

¹⁾Nurinda Qhiqy Rachmawati, ²⁾Slamet Prayitno, ³⁾Endang Rismunarsi,

¹⁾Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

^{2), 3)}Pengajar 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 : rah_dyan@yahoo.com

Abstract

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 Bendor fibers on the mechanical properties such as compressive strength of the concrete, crack tensile strength and modulus of elasticity. 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 of 15 cm and height of 30 cm for testing the compressive strength, split tensile strength and modulus of elasticity. This experiment using CTM (Compression Testing Machine) tool. The result of the research is the increase of the value of foam lightweight concrete's compressive strength, split tensile strength, and modulus of elasticity on the copper fiber addition rate of 1% from the concrete's volume weight. In addition the optimum fiber content resulted in an increase in compressive strength, split tensile strength, and modulus of elasticity, respectively for 7.89%; 31.67%; and 87.42% compared with high strength concrete without fibers.

Keywords : High Strength, Copper fiber, fly ash, Compressive strength, Split Tensile Strength, Modulus Of Elasticity

Abstrak

Struktur beton bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat ini, dan banyak dimanfaatkan pada pembangunan gedung-gedung tinggi, jembatan dengan bentang panjang, tower dan sebagainya. Struktur 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 terhadap sifat-sifat mekanik beton berupa kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas. 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, kuat tarik belah dan modulus elastisitas. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah CTM (Compression Testing Machine). Hasil dari penelitian ini adalah peningkatan nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton mutu tinggi setelah ditambah serat tembaga pada kadar 1% dari berat volume. Pada penambahan kadar serat optimum menghasilkan peningkatan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas berturut-turut sebesar 7,89%; 31,67%; dan 87,42% dibandingkan dengan beton mutu tinggi tanpa serat.

Kata kunci : Beton Mutu Tinggi, Serat Tembaga, fly ash, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Modulus Elastisitas

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. σ_{kubus} (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 (mm²)

Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah adalah kuat tarik beton yang ditentukan berdasarkan kuat tekan belah dari silinder beton yang ditekan pada sisi panjangnya (SK SNI-T-15-1991-03). Menurut Dipohusodo (1994:10), nilai kuat tarik dan kuat tekan beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Secara kasar nilai kuat tarik beton normal hanya berkisar antar 9%-15% dari kuat tekannya. Tegangan tarik yang timbul saat benda uji beton terbelah disebut split cylinder strength, diperhitungkan dengan Persamaan.

$$f_t = \frac{2P}{\pi \cdot L_s \cdot D} \quad (2)$$

dengan :

f_t = kuat belah beton (N/mm²)

P = beban pada waktu beton terbelah (N)

D = diameter silinder (mm)

Ls = tinggi silinder (mm)

Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan beton menahan beban yang besar dengan kondisi regangan yang terjadi kecil. Modulus elastisitas ditentukan berdasarkan rekomendasi ASTM C-459, yaitu Modulus Chord. Adapun modulus elastisitas chord (E_c) dapat dihitung dengan menggunakan rumus empiris dari ASTM C-459 yang diberikan pada Persamaan

$$E_C = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,00005} \quad (3)$$

dimana, S_2 = tegangan sebesar 0,4 f_c
 S_1 = tegangan sesuai dengan regangan arah longitudinal sebesar 0,0000531 MPa
 ε_2 = regangan longitudinal akibat tegangan S_2

Regangan (ε) yang terjadi diperhitungkan dengan Persamaan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 0,01 \quad (4)$$

dimana, ΔL = penurunan arah longitudinal
 L = tinggi beton relatif (jarak antara dua strain gauge)
0,01 = konversi satuan dial menjadi mm

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

No	Kadar Serat Tembaga	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0 %	KT BS - 0	4
2	0,5 %	KT BS - 0,5	4
3	1 %	KT BS - 1	4
4	1,5 %	KT BS - 1,5	4
5	2 %	KT BS - 2	4

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tarik Belah

No	Kadar Serat Tembaga	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0 %	KTB BS - 0	4
2	0,5 %	KTB BS - 0,5	4
3	1 %	KTB BS - 1	4
4	1,5 %	KTB BS - 1,5	4
5	2 %	KTB BS - 2	4

Tabel 3. Jumlah dan Kode Benda Uji Modulus Elastisitas

No	Kadar Serat Tembaga	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0 %	ME BS - 0	4
2	0,5 %	ME BS - 0,5	4
3	1 %	ME BS - 1	4
4	1,5 %	ME BS - 1,5	4
5	2 %	ME 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	7,98	5 - 8	Memenuhi syarat
2	Bulk Specific Gravity	2,57	-	-
3	Bulk Specific Gravity SSD	2,61	-	-
4	Apparent Specific Gravity	2,68	-	-
5	Absorbtion	1,63	-	-
6	Abrasi	33 %	50 %	Memenuhi syarat

Hasil Perhitungan Rancang Campur Adukan Beton Metode Dreux

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

- Pasir = 637,907 kg
- Kerikil Halus = 107,615 kg
- Agregat Kasar = 1083,502 kg
- Semen = 480 kg
- Fly Ash* = 72 kg
- Air = 171,428 liter

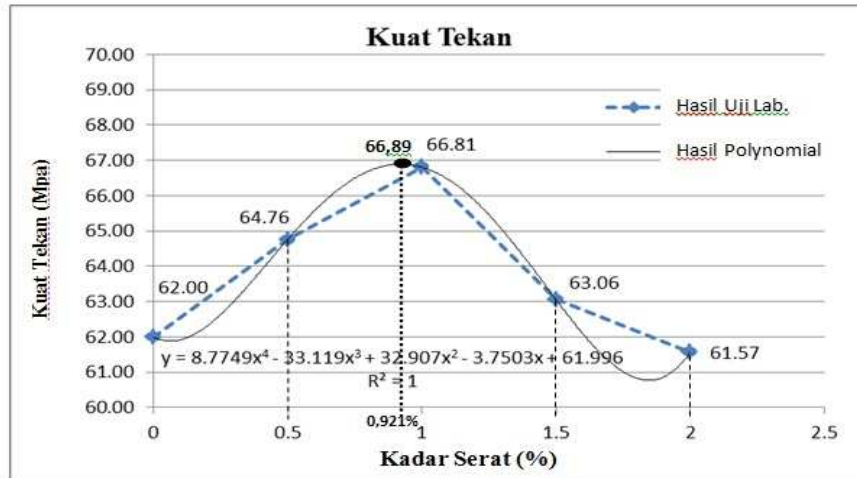
Kebutuhan bahan untuk tiap sampel yaitu :

- Pasir = 3,375 kg
- Kerikil Halus = 0,569 kg
- Agregat Kasar = 5,732 kg
- Semen = 2,539 kg
- Fly Ash* = 0,381 kg
- Air = 0,907 kg

Hasil Pengujian dan Pembahasan 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 %	KT BS 0 %	1	17662,50	1095	62,00
			2	17662,50	1105	62,56
			3	17662,50	1100	62,28
			4	17662,50	1080	61,15
			Rerata			62,00
2	0,5 %	KT BS 0,5 %	1	17662,50	1155	65,39
			2	17662,50	1165	65,96
			3	17662,50	1120	63,41
			4	17662,50	1135	64,26
			Rerata			64,76
3	1 %	KT BS 1 %	1	17662,50	1170	66,24
			2	17662,50	1175	66,53
			3	17662,50	1195	67,66
			4	17662,50	1180	66,81
			Rerata			66,81
4	1,5 %	KT BS 1,5 %	1	17662,50	1115	63,13
			2	17662,50	1105	62,56
			3	17662,50	1125	63,69
			4	17662,50	1110	62,85
			Rerata			63,06
5	2 %	KT BS 2 %	1	17662,50	1095	62,00
			2	17662,50	1110	62,85
			3	17662,50	1095	62,00
			4	17662,50	1050	59,45
			Rerata			61,57



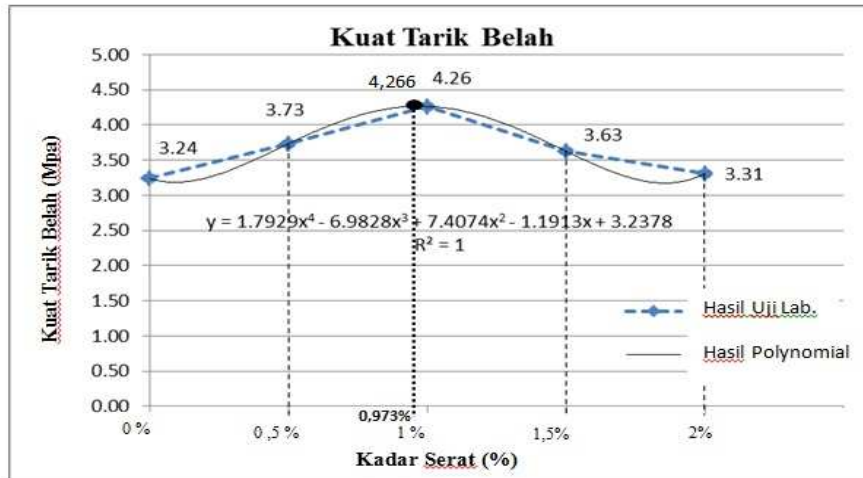
Gambar 1. Kurva Regresi Hasil Pengujian Kuat Tekan

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. Berdasarkan grafik polynomial, kadar serat optimum pada 0,921% didapat hasil kuat tekan maksimum sebesar 66,89 MPa. Pada beton mutu tinggi metode Dreux dengan kadar penambahan serat sebesar 1 % terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 7,76 % dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode Dreux tanpa serat.

Hasil Pengujian Kuat dan Pembahasan Tarik Belah

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

NO	KADAR SERAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	UJI TEKAN (N)	ft MPa
1	0 %	KTB 0%	1	215000	3,04
			2	220000	3,11
			3	270000	3,82
			4	210000	2,97
			Rerata		3,24
2	0,5 %	KTB 0,5%	1	260000	3,68
			2	275000	3,89
			3	240000	3,40
			4	280000	3,96
			Rerata		3,73
3	1 %	KTB 1%	1	320000	4,53
			2	315000	4,46
			3	295000	4,18
			4	275000	3,89
			Rerata		4,26
4	1,5 %	KTB 1,5%	1	260000	3,68
			2	275000	3,89
			3	240000	3,40
			4	250000	3,54
			Rerata		3,63
5	2 %	KTB 2%	1	270000	3,82
			2	200000	2,83
			3	210000	2,97
			4	255000	3,61



Gambar 2. Kurva Regresi Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan hasil pengujian didapat kuat tarik belah dengan kadar penambahan serat tembaga sebesar 0 %; 0,5 %; 1 %; 1,5 %; dan 2 % berturut-turut adalah 3,24 MPa; 3,73 MPa; 4,26 MPa; 3,63 MPa; dan 3,31 MPa. Berdasarkan grafik polinomial, kadar serat optimum pada 0,973% didapat hasil kuat tarik belah maksimum sebesar 4,266 MPa. Pada beton mutu tinggi metode Dreux dengan kadar penambahan serat sebesar 1 % terjadi kenaikan kuat tarik belah sebesar 31,69 % dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode Dreux tanpa serat.

Hasil Pengujian dan Pembahasan Modulus Elastisitas

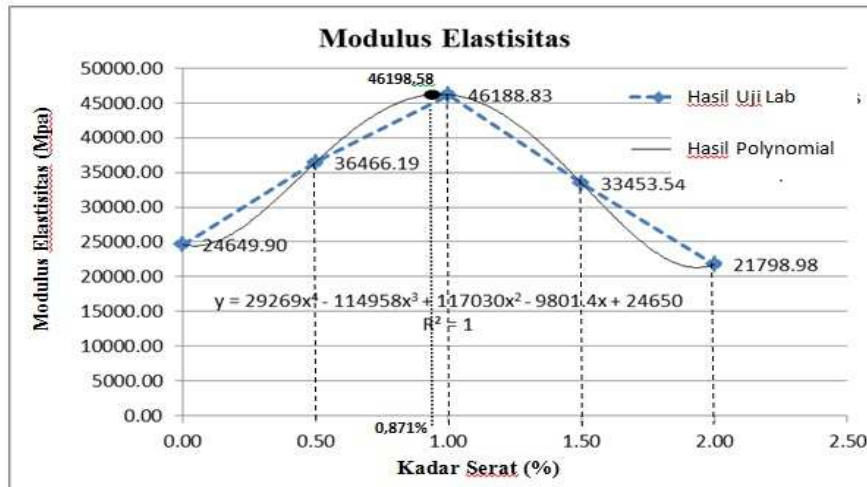
Tabel 7. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

NO	KADAR SERAT	KODE BENDA UJI	Ec PERHITUNGAN (MPa)	Ec RATA-RATA (MPa)
1	0 %	ME BS 0 - 1	16834,59	24649,90
		ME BS 0 - 2	21232,82	
		ME BS 0 - 3	26121,98	
		ME BS 0 - 4	26594,89	
2	0,5 %	ME BS 0,5 - 1	42523,47	36466,19
		ME BS 0,5 - 2	36252,84	
		ME BS 0,5 - 3	30922,97	
		ME BS 0,5 - 4	36165,49	
3	1 %	ME BS 1 - 1	72211,38	46188,83
		ME BS 1 - 2	42420,74	
		ME BS 1 - 3	52833,20	
		ME BS 1 - 4	43312,56	
4	1,5 %	ME BS 1,5 - 1	28948,15	33453,54
		ME BS 1,5 - 2	35535,77	
		ME BS 1,5 - 3	34408,81	
		ME BS 1,5 - 4	34921,42	
5	2 %	ME BS 2 - 1	20861,37	21798,98
		ME BS 2 - 2	21366,32	
		ME BS 2 - 3	23168,41	
		ME BS 2 - 4	21799,81	

Keterangan :

: Data gagal dalam pengujian karena hasil terpaut jauh dengan benda uji lainnya.

Pada benda uji dengan kadar serat 0% dan 1% nilai Modulus Elastisitas diperoleh dari rata-rata tiga benda uji saja tanpa data yang gagal tersebut.



Gambar 3. Kurva Regresi Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Berdasarkan hasil pengujian didapat nilai modulus elastisitas dengan kadar serat tembaga sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2% yang diuji pada umur 28 hari adalah 24649,90 MPa; 36466,19 MPa; 46188,83 MPa; 33453,34 MPa dan 21798,98 MPa. Berdasarkan grafik polinomial, kadar serat optimum pada 0,871% didapat hasil modulus elastisitas maksimum sebesar 46198,582 MPa. Pada beton mutu tinggi metode Dreux dengan kadar penambahan serat sebesar 1 % terjadi kenaikan modulus elastisitas sebesar 87,38 % dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode Dreux tanpa serat.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian serta analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Nilai kuat tekan beton mutu tinggi metode dreux dengan kadar penambahan serat tembaga sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 62,00 MPa; 64,76 MPa; 66,81 MPa; 63,06 MPa; dan 61,57 MPa. Berdasarkan grafik polinomial, kadar serat optimum pada 0,921% didapat hasil kuat tekan maksimum sebesar 66,89 MPa. Beton mutu tinggi metode Dreux dengan kadar penambahan serat sebesar 1 % terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 7,76 % dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode Dreux tanpa serat.
- Nilai kuat tarik belah beton mutu tinggi metode dreux dengan kadar penambahan serat tembaga sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 3,24 MPa; 3,73 MPa; 4,26 MPa; 3,63 MPa; dan 3,31 MPa. Berdasarkan grafik polinomial, kadar serat optimum pada 0,973% didapat hasil kuat tarik belah maksimum sebesar 4,266 MPa. Pada beton mutu tinggi metode Dreux dengan kadar penambahan serat sebesar 1 % terjadi kenaikan kuat tarik belah sebesar 31,69 % dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode Dreux tanpa serat.
- Nilai modulus elastisitas rata-rata beton mutu tinggi metode dreux dengan kadar penambahan serat tembaga sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% secara berturut - turut adalah 24649,90 MPa; 36466,19 MPa; 46188,83 MPa; 33453,54 MPa dan 21798,98 MPa. MPa. Berdasarkan grafik polinomial, kadar serat optimum pada 0,871% didapat hasil modulus elastisitas maksimum sebesar 46198,582 MPa. Pada beton mutu tinggi metode Dreux dengan kadar penambahan serat sebesar 1 % terjadi kenaikan modulus elastisitas sebesar 87,38 % dibandingkan dengan beton beton mutu tinggi metode Dreux tanpa serat.
- Besarnya kuat tarik belah beton dan modulus elastisitas akan sebanding dengan kuat tekan yang dihasilkan. Rata-rata hasil maksimum diperoleh pada kadar serat mendekati 1%. Terjadi kenaikan nilai antara beton mutu tinggi Metode Dreux tanpa serat hingga mencapai penambahan kadar serat 1%. Peningkatan 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. Untuk *workability* pada penambahan kadar serat mencapai 1% dapat dikatakan masih mudah dilakukan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terselesainya 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. Endang Rismunarsi, 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 Aggregates (including Manual of Aggregates and Concrete Testing)*. Philadelphia: ASTM Philadelphia.
- Budiyanto, Rahmat, 2015. *Pengaruh Penambahan Serat Tembaga Pada Beton Mutu Tinggi Metode Dreux Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah Dan Modulus Elastisitas*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- 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 Beton*, Service Pressece, Editions Eyrolles, Boulevard Saint-Germain,
- 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.
- Suhendro. (1990). "Pengaruh Penambahan Serat Kawat Pada Beton Terhadap Kuat Lentur Beton." [Online]. Tersedia: <http://autoshare88.blogspot.com/2012/02/pengaruh-penambahan-serat-kawat-pada.html> [14 Februari 2012].
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafitri. Yogyakarta.