

# PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BENDRAT DAN FLY ASH DENGAN BAHAN TAMBAH BESTMITTEL PADA BETON MUTU TINGGI TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH DAN MODULUS ELASTISITAS

<sup>1)</sup> Slamet Prayitno, <sup>2)</sup> Endang Rismunarsi, <sup>3)</sup> Isti'anah,

<sup>1), 2)</sup> Pengajar Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

<sup>3)</sup> 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 : [isistianah18@yahoo.com](mailto:isistianah18@yahoo.com)

## Abstract

*Due to the times, the development of building structure has very rapid. Reinforced concrete structure is one that is very reliable structure strength today and widely used in the construction of high rise buildings, bridge with a length, and towers etc. This structure requires a high strength concrete with compressive strength more than 6000 Psi or 41,4 MPa. The solution to improve this concrete's strength is by adding fiber to concrete, then select the additional material bendrat fiber. The purpose of this study is to determine the effect of bendrat fiber addition to the concrete's mechanical properties, such as compressive strength, split tensile strength, and modulus of elasticity. The method used was experimental observations and theoretical analysis then performed to support the conclusion eventually. Method that used in the manufacture of test specimens is ACI method. 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 bendrat fiber addition rate of 1% from the concrete's volume weight with adding fly ash and bestmittel. Fiber additional rate of 1% resulting the increase of compressive strength, split tensile strength, and the modulus of elasticity consecutively 13,31%; 44,38%; and 69,09% compared to the high strength concrete which has no fiber.*

**Keywords :** High Strength, Bendrat fiber, Fly ash, Bestmittel, Compressive strength, Split Tensile Strength, Modulus Of Elasticity

## Abstrak

Disebabkan perkembangan zaman, struktur bangunan 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 mutu tinggi dengan kuat tekan lebih besar dari 6000 Psi atau 41,4 MPa yang digunakan untuk menopang komponen struktur. Dengan demikian perlu adanya peningkatan mutu beton dengan langkah menambahkan serat pada beton segar. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat bendrat 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. Dalam pembuatan benda uji, metode yang digunakan adalah metode ACI. 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 penelitian ini adalah peningkatan nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton mutu tinggi setelah ditambah serat bendrat pada kadar 1% dari berat volume dengan bahan tambah fly ash dan bestmittel. Penambahan kadar serat sebesar 1% menghasilkan peningkatan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas berturut-turut sebesar 13,31%; 44,38%; dan 69,09% dibandingkan dengan beton mutu tinggi tanpa serat.

**Kata kunci :** Beton Mutu Tinggi, Serat Bendrat, Fly ash, Bestmittel, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Modulus Elastisitas

## PENDAHULUAN

Teknologi di bidang konstruksi bangunan mengalami perkembangan yang cukup pesat, termasuk teknologi beton, hampir setiap aspek kehidupan manusia selalu terkait dengan beton baik secara langsung maupun tidak langsung. Beton merupakan salah satu faktor penting dalam bidang konstruksi dan banyak dimanfaatkan pada pembangunan jalan, jembatan, lapangan terbang, *break water* (pemecah gelombang), bendungan, dan gedung-gedung tinggi. Struktur demikian membutuhkan beton dengan mutu tinggi yang digunakan untuk menopang semua beban dengan dimensi komponen struktur yang cukup ramping. Para ahli konstruksi perlu meningkatkan system perencanaan, meningkatkan mutu, dan kualitas materialnya agar dalam perencanaan beton mutu tinggi ini dapat memadai untuk struktur bangunan sipil.

### Beton Serat

Menurut ACI Comitee 544 (1984) beton berserat, *fiber 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).

### Beton Mutu Tinggi

Kriteria Beton Mutu Tinggi selalu berubah sesuai dengan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai. Tahun 1950-an beton dengan kuat tekan 30 MPa sudah dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Tahun 1960-an hingga awal 1970-an, kriterianya lebih lazim menjadi 40 MPa. Saat ini, disebut mutu tinggi untuk kuat tekan di atas 50 MPa-80 MPa (Supartono,1998).

### Bahan Tambah

Dalam pembuatan konstruksi beton, bahan tambah merupakan bahan yang dianggap penting, terutama untuk pembuatan beton di daerah yang beriklim tropis seperti di Indonesia. Bahan tambah ialah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera, atau selama pengadukan.

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 cepat menguras pada usia awal (7-10 hari) serta meningkatkan mutu/kekuatan beton 5%-10%.

*Fly ash* merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap yang telah digunakan sebagai bahan campuran pada beton. Pada salah satu penelitian menunjukkan hasil kadar 15% dari berat semen sebagai kadar optimum *fly ash* yang direkomendasikan untuk penambahan kadar semen pada beton. (Rony Ardiansyah,2010)

### 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. 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<sub>c</sub>: Kuat tekan beton pada umur 28 hari yang didapat dari benda uji (MPa).

P: beban maksimum (N)

A: Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

### 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.

$$f_t = \frac{2P}{\pi.Ls.D} \quad (2)$$

dengan :

$f_t$	= kuat belah beton (N/mm <sup>2</sup> )
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

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

dengan,	$S_2$	= tegangan sebesar 0,4 $f'_c$
	$S_1$	= tegangan sesuai dengan regangan arah longitudinal sebesar 0,0000531 MPa
	$\varepsilon_2$	= regangan longitudinal akibat tegangan $S_2$

Regangan ( $\varepsilon$ ) yang terjadi diperhitungkan dengan Persamaan

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

dengan,	$\Delta L$	= penurunan arah longitudinal
	L	= tinggi beton relatif (jarak antara dua strain gauge)
	0,01	= konversi satuan dial menjadi mm

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Dalam pembuatan benda uji, metode yang digunakan adalah metode ACI. 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 %	KTBS - 0	4
2	0,5 %	KTBS - 0,5	4
3	1 %	KTBS - 1	4
4	1,5 %	KTBS - 1,5	4
5	2 %	KTBS - 2	4

Tabel 3. Jumlah dan Kode Benda Uji Modulus Elastisitas

No	Kadar Serat Tembaga	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0 %	MEBS - 0	4
2	0,5 %	MEBS - 0,5	4
3	1 %	MEBS - 1	4
4	1,5 %	MEBS - 1,5	4
5	2 %	MEBS - 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 Hitungan Rancang Campur Adukan Beton Metode ACI

Hitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode ACI. Dari hitungan tersebut didapat kebutuhan bahan per 1 m<sup>3</sup> yaitu :

- a. Pasir = 574,42 kg
- b. Agregat Kasar = 1030,88 kg
- c. Semen+fly ash 15% = 570,83 kg
- d. Air +admixture = 171,428 liter

Kebutuhan bahan untuk tiap sampel yaitu :

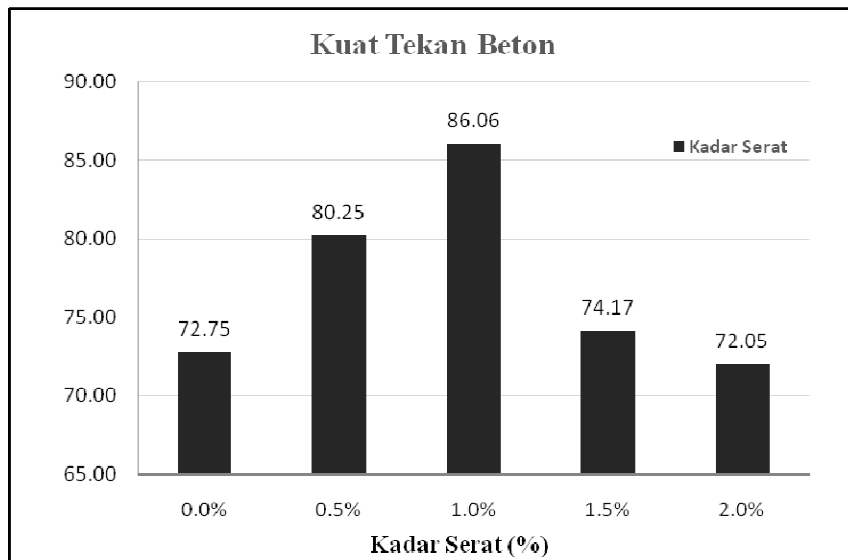
- a. Pasir = 3,0453 kg
- b. Agregat Kasar = 5,4651 kg
- c. Semen = 2,5728 kg

- d. Fly ash = 0,4539 kg
- e. Air = 0,7263 liter
- f. Bestmittel = 0,0122 k

**Hasil Penelitian**

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'c (MPa)
1	0 %	KT BS 0 %	1	17662,50	1380	78,13
			2	17662,50	1200	67,94
			3	17662,50	1340	75,87
			4	17662,50	1220	69,07
			Rerata			
2	0,5 %	KT BS 0,5 %	1	17662,50	1390	78,70
			2	17662,50	1430	80,96
			3	17662,50	1420	80,40
			4	17662,50	1430	80,96
			Rerata			
3	1 %	KT BS 1 %	1	17662,50	1520	86,06
			2	17662,50	1510	85,49
			3	17662,50	1530	86,62
			4	17662,50	1520	86,06
			Rerata			
4	1,5 %	KT BS 1,5 %	1	17662,50	1305	73,89
			2	17662,50	1295	73,32
			3	17662,50	1325	75,02
			4	17662,50	1315	74,45
			Rerata			
5	2 %	KT BS 2 %	1	17662,50	1280	72,47
			2	17662,50	1275	72,19
			3	17662,50	1265	71,62
			4	17662,50	1270	71,90
			Rerata			

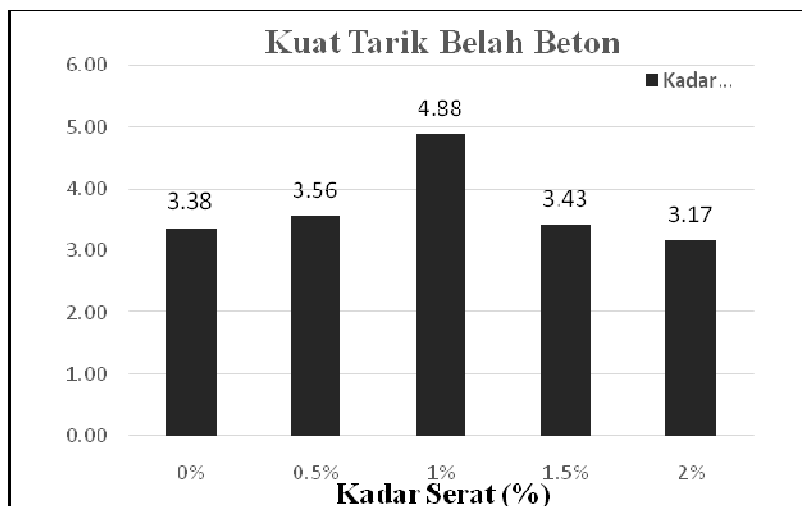


Gambar 1. Diagram Hubungan Kuat Tekan Beton dengan % serat bendrat

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 72,75MPa; 80,25 MPa; 86,06 MPa; 74,17 MPa; dan 72,05 MPa. Berdasarkan grafik fungsi polynomial, kadar serat optimum dan kuat tekan maksimum terjadi pada kadar serat 0,906% dengan nilai kuat tekan sebesar 86,06 MPa atau terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 18,75% dibandingkan dengan beton mutu tinggi metode ACI tanpa serat.

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	240000	3,40
			2	235000	3,33
			3	240000	3,40
			4	240000	3,40
			Rerata		3,38
2	0,5 %	KTB 0,5%	1	245000	3,47
			2	265000	3,75
			3	250000	3,54
			4	245000	3,47
			Rerata		3,56
3	1 %	KTB 1%	1	345000	4,88
			2	340000	4,81
			3	350000	4,95
			4	345000	4,88
			Rerata		4,88
4	1,5 %	KTB 1,5%	1	245000	3,47
			2	245000	3,47
			3	240000	3,40
			4	240000	3,40
			Rerata		3,43
5	2 %	KTB 2%	1	220000	3,11
			2	230000	3,26
			3	225000	3,18
			4	220000	3,11
			Rerata		3,17



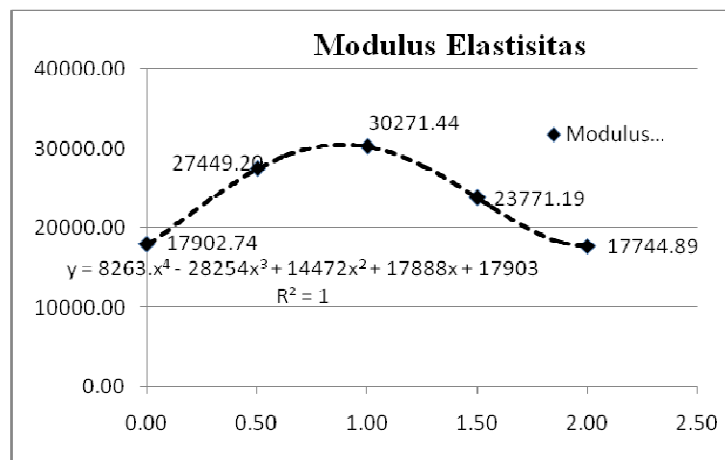
Gambar 2. Diagram Hubungan Kuat Tarik Belah Beton dengan % serat bendrat

Berdasarkan pengujian kuat tarik belah rata-rata pada beton mutu tinggi metode ACI tanpa serat sebesar 3,38 MPa, pada beton mutu tinggi metode ACI berserat bendrat dengan persentase serat 0,5

%; 1 %; 1,5 %; dan 2% sebesar 3,56 MPa; 4,88 MPa; 3,43 MPa; dan 3,17 MPa. Berdasarkan grafik fungsi polynomial, kadar serat optimum dan kuat tarik belah maksimum terjadi pada kadar serat 0,989% dengan nilai kuat tarik belah sebesar 4.95 MPa.

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	17388,82	17902,74
		ME BS 0 – 2	17737,71	
		ME BS 0 – 3	17522,15	
		ME BS 0 – 4	18962,28	
2	0,5 %	ME BS 0,5 – 1	23156,05	27449,20
		ME BS 0,5 – 2	25764,74	
		ME BS 0,5 – 3	30027,50	
		ME BS 0,5 -4	30848,51	
3	1 %	ME BS 1 – 1	24685,85	30271,44
		ME BS 1 – 2	29400,09	
		ME BS 1 – 3	33252,21	
		ME BS 1 – 4	33747,59	
4	1,5 %	ME BS 1,5 – 1	23518,56	23771,19
		ME BS 1,5 – 2	21678,83	
		ME BS 1,5 – 3	26369,90	
		ME BS 1,5 – 4	23517,45	
5	2 %	ME BS 2 – 1	18616,20	17744,89
		ME BS 2 – 2	19415,06	
		ME BS 2 – 3	15095,79	
		ME BS 2 – 4	17852,52	



Gambar 3. Nilai Modulus elastisitas pada berbagai variasi kadar serat bendrat

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 17902,74 MPa; 27449,20 MPa; 30271,44 MPa; 23771,19 MPa dan 17744,89 MPa. Berdasarkan grafik fungsi polynomial, kadar serat optimum dan modulus elastisitas maksimum terjadi pada kadar serat 0,886% dengan nilai modulus elastisitas sebesar 30553,21 MPa.

## KESIMPULAN

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

- a) Nilai kuat tekan beton mutu tinggi Metode ACI berserat bendrat dengan bahan tambah *bestmittel* dan *fly ash* 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. Berdasarkan grafik fungsi polynomial, kadar serat optimum dan kuat tekan maksimum terjadi pada kadar serat 0,906 % dengan nilai kuat tekan sebesar 86,39 MPa atau terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 18,75 % dibandingkan dengan beton mutu tinggi metode ACI tanpa serat.
- b) Nilai kuat tarik belah rata-rata pada beton mutu tinggi metode ACI dengan bahan tambah *fly ash* dan *bestmittel* tanpa serat sebesar 3,38 MPa, pada beton mutu tinggi metode ACI berserat bendrat dengan persentase serat 0,5 %; 1 %; 1,5 %; dan 2 % sebesar 3.56 MPa; 4.88 MPa; 3.43 MPa; dan 3.17 MPa. Berdasarkan grafik fungsi polynomial, kadar serat optimum dan kuat tarik belah maksimum terjadi pada kadar serat 0,989 % dengan nilai kuat tarik belah sebesar 4,95 MPa.
- c) Nilai modulus elastisitas pada beton mutu tinggi Metode ACI berserat bendrat dengan bahan tambah *bestmittel* dan *fly ash* dengan kadar serat bendrat sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2% yang diuji pada umur 28 hari adalah 17902.74 MPa; 27449.20 MPa; 30271.44 MPa; 23771.19 MPa dan 17744.89 MPa. Berdasarkan grafik fungsi polynomial, kadar serat optimum dan modulus elastisitas maksimum terjadi pada kadar serat 0,886 % dengan nilai modulus elastisitas sebesar 30553.21 MPa.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terselesaikannya 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 Commite 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.
- 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.
- Dreux, Georges, 1979, *Nouvean Guide Du Bet on*, Service Presse, Editions Eyrolles, Boulevard Saint-Germain,
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafitri. Yogyakarta.