

# Pengaruh Penambahan Serat Bendrat Terhadap Kuat Lentur Nominal Balok Beton Bertulang

Slamet Prayitno<sup>1)</sup> Supardi<sup>2)</sup>, Dimas Faisal Prabowo<sup>3)</sup>

<sup>3)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>1), 2)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email: [dimasfaisalprabowo@gmail.com](mailto:dimasfaisalprabowo@gmail.com)

## Abstract

*Fibers concrete is defined as concrete made from a mixture of cement, aggregates, water, and a number of randomly distributed fibers. The principle of the addition of fibers spread evenly into the concrete with a random orientation to prevent premature cracking of concrete in the area of the attraction due to heat of hydration or due to loading. Materials added rice husk ash is expected to add to the quality of the concrete, as is rice husk ash as pozzolan. This study aimed to compare the normal concrete with concrete steel fiber and rice husk ash in terms of compressive strength, flexural strength.*

*This study used an experimental method with 36 tested objects. The test object consists of a normal concrete without the added material, concrete added rice husk ash and concrete added steel fiber and rice husk ash with steel fiber variation of 0,5 % , 1 % , 1,5 % and 2 % . Each type of concrete mix made 3 objects. The tested objects used are concrete cylinders with diameter of 15 cm and a height of 30 cm for testing compressive strength, beam dimensions of 8 cm x 12 cm x 100 cm for testing the flexural strength.*

*Results from this study showed that the addition of steel fiber content 0.89% give the maximum value of compressive strength 24,604 Mpa, The steady addition of steel fiber in the cement is 1,014% concentration based on chart fuction polynomial with value of flexural strength 5,131 kN.m. While the addition of steel fiber above 1 % not showed significant increase in the value tends to decrease .*

**Keywords:** Fiber Concrete, Rice Husk ash, Compressive Strength, Flexural Strength.

## Abstrak

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari campuran semen, agregat, air, dan sejumlah serat yang disebar secara random. Prinsip penambahan serat yang disebar merata kedalam adukan beton dengan orientasi random untuk mencegah terjadinya retakan beton yang terlalu dini di daerah tarik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan. Bahan tambah abu sekam padi diharapkan dapat menambah mutu beton, karena abu sekam padi bersifat seperti pozzolan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan beton normal dengan beton berserat bendrat dan abu sekam padi ditinjau dari kuat tekan dan kuat lentur.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan total benda uji 36 buah. Benda uji terdiri dari beton normal tanpa bahan tambah, beton bahan tambah abu sekam padi serta beton bahan tambah serat bendrat dan abu sekam padi dengan variasi serat bendrat 0,5%, 1%, 1,5% dan 2%. Setiap jenis campuran beton dibuat 3 benda uji. Benda uji yang digunakan adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, balok dimensi 8 cm x 12 cm x 100 cm untuk pengujian kuat lentur.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan kadar serat bendrat 0,89% memberikan nilai maksimal dari kuat tekan 24,604 Mpa. Kadar optimum penambahan serat bendrat pada semen adalah pada kadar 1,014% berdasarkan grafik fungsi polinomial dengan nilai kuat lentur sebesar 5,131 kN.m. Penambahan kadar serat bendrat diatas 1% tidak menunjukkan kenaikan nilai yang signifikan bahkan cenderung menurun.

Kata Kunci: Beton Serat, Abu Sekam Padi, Kuat Tekan, Kuat Lentur

## PENDAHULUAN

Salah satu struktur konstruksi yang masih banyak dipakai untuk konstruksi bangunan gedung, struktur pondasi, perkerasan jalan dan jembatan adalah beton. Dalam metode *The British Mix Design* kuat tekan yang disyaratkan untuk menentukan proporsi campuran beton normal dapat dipilih untuk umur 28 hari. Untuk mencapai kuat tekan yang disyaratkan, campuran harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga kuat tekan rata-rata dan hasil pengujian dilapangan lebih tinggi dari pada kuat tekan yang disyaratkan. Beton mutu normal diperoleh dengan menambahkan serat bendrat dan abu sekam padi ke dalam adukan beton segar yang diharapkan ketika beton telah mengeras serat-serat dan abu sekam padi akan memberikan kontribusi perbaikan sifat-sifat beton.

## TINJAUAN PUSTAKA

Dalam beberapa tahun terakhir ini, beton serat makin banyak diminati, dan saat ini ada banyak penelitian tentang beton serat yang sedang dilakukan. Bahan serat yang digunakan dari baja, plastik, kaca, dan lain-lain. Berbagai eksperimen telah menunjukkan bahwa penambahan serat seperti ini dalam jumlah yang memadai ke dalam beton konvensional dapat meningkatkan kuat tarik beton secara signifikan (*Sudarmoko, 1993*).

bendrat dan abu sekam padi melandasi pemikiran bagaimana aplikasi yang praktis dan ekonomis, karena serat bendrat sangat mudah didapatkan, sedangkan abu sekam padi merupakan hasil limbah dan mudah didapat di Indonesia. Sa-

lah satu ide yang ingin dikembangkan dalam penelitian ini adalah bagaimana kontribusi serat bendrat dan abu sekam padi dalam material beton metode *The British Mix Design*.

## Beton

Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, dan agregat dan kadang-kadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan bangunan non-kimia pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan (Tjokrodimulyo, 1996).

## Beton Serat

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari campuran semen, agregat, air dan sejumlah serat yang disebar secara random. Prinsip penambahan serat adalah memberi tulangan pada beton yang disebar merata kedalam adukan beton dengan orientasi random untuk mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini di daerah tarik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan (Soroushian dan Bayasi, 1987)

## Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera atau selama pengadukan beton. Tujuannya ialah mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah daktilitas mengurangi sifat getas, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya (Tjokrodimuljo, 1996).

## 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 ( $mm^2$ )

### Kuat Lentur

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya per satuan luas (SNI 0-4431-2011). Pembebanan dilakukan pada 1/3 bentang untuk mendapatkan lentur murni tanpa gaya geser. Tegangan lentur yang didapat ternyata lebih tinggi daripada tegangan lentur secara langsung. Analisis perhitungan momen nominal ( $M_n$ ) dilakukan dengan 3 analisis yaitu analisis pengujian, analisis kuat tarik beton tidak diperhitungkan (SNI), dan analisis kuat tarik beton diperhitungkan (Suhendro), untuk menghitung momen nominal ( $M_n$ ) masing-masing analisis dapat dilihat pada persamaan berikut:

1. Perhitungan Momen pengujian dan Teoritis:

- Momen Pengujian Untuk menghitung M Crack Awal, M leleh dan M max

$$\text{Momen} = (RA \frac{1}{2} L) - (\frac{1}{2} P \frac{1}{6} L) - (q \frac{1}{2} L \frac{1}{4} L)$$

dimana  $\frac{\quad}{\quad}$

L = Panjang Bentang (cm)

- Momen Analisis

- Analisis M Crack Awal

$$A_{ek} = b \times h + (n - 1) \times A_{ps}$$

$$y_{top} = \frac{b \times h \times \frac{h}{2} + (n - 1) \times A_{ps} \times (h - 100)}{A_{ek}}$$

$$y_{bot} = h - y_{top}$$

$$I_g = I_o + b \times h \times \left( y_{top} - \frac{h}{2} \right)^2 + n - 1 \times A_{ps} \times (y_{bot})^2$$

- Analisis M Leleh

$$k = \sqrt{\rho^2 n^2 + 2\rho n - \rho n - \rho n}$$

$$\varepsilon_s = \frac{f_y}{E_s}$$

diperoleh regangan dari diagram :

$$\varepsilon_c = \text{---}$$

$$f'_c = \varepsilon_c \cdot E_c$$

---

$$M_{leleh} = A_s \cdot f_y \cdot (d - c)$$

Dengan :

$E_c$  = Modulus elastisitas Beton (MPa)

$E_s$  = Modulus elastisitas Tulangan (MPa)

$F_c$  = Kuat Desak Beton (MPa)

$B$  = Lebar Balok (mm)

$F_r$  = Kuat Tarik Beton (MPa)

$h$  = Tinggi Balok (mm)

$A_{ps}$  = Luasan Tulangan (mm<sup>2</sup>)

$n$  = Nilai Konfigurasi (mm<sup>2</sup>)

$D_{tul}$  = 10 (mm)

$A_{ek}$  = Luas setelah diekuivalensikan

$y_{top}$  = Jarak garis netral ke arah tepi bawah (mm)

$y_{bot}$  = Jarak garis netral ke arah tepi bawah (mm)

## 2. Analisis Kuat Tarik Tidak Diperhitungkan (SNI)

$M_n$

dimana  $A_s$  = Luas Baja Tulangan (cm<sup>2</sup>)

$f_y$  = Tegangan Leleh Baja Tulangan (kg/cm<sup>2</sup>)

$d$  = Tinggi Efektif Balok (cm)

$a$  = Tinggi Blok Tegangan Beton

## 3. Analisis Kuat Tarik Diperhitungkan (Suhendro)

$$D_c = 0,67 f_{cfc} b$$

$$T_c = 0,85 (h-c) 0,85 f_{tfb}$$

$$T_s = A_s f_{ys}$$

$$D_c - T_c - T_s = 0$$

$$e_s = 0,0035(d-c / c)$$

$$f_s = e_s E_s$$

$$f_s > f_{ys}$$

$$z_1 = \text{---}$$

$$z_2 = \text{---}$$

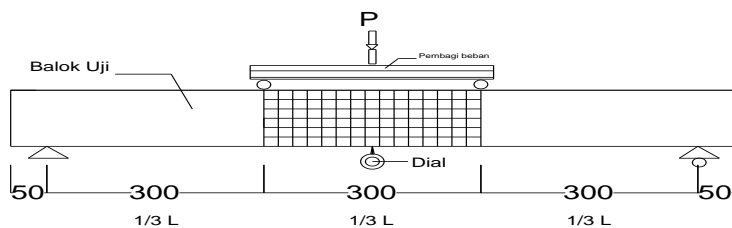
$$M_n = T_c z_1 + T_s z_2$$

$$M_n = T_c \text{---} \text{---}$$

- Dimana  $f_{cf}$  = kuat desak beton fiber (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $f_{tf}$  = kuat tarik beton fiber (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $f_{ys}$  = tegangan luluh baja tulangan (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $A_s$  = luas baja tulangan  
 $c$  = jarak garis netral ke serat terluar di bagian desak (cm)  
 $h$  = tinggi balok (cm)  
 $d$  = tinggi efektif balok (cm)  
 $D_c$  = resultante gaya desak pada fiber (kg)  
 $T_c$  = resultante gaya tarik pada beton fiber (kg)  
 $T_s$  = resultante gaya tarik pada baja tulangan (kg)

## METODELOGI PENELITIAN

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 normal metode *British Mix Design*. Setelah pengujian bahan yang dilakukan memenuhi standar persyaratan, maka dilanjutkan dengan membuat benda uji. Benda uji akan diuji dengan uji kuat tekan dan kuat lentur. Pengujian kuat tekan menggunakan benda uji berbentuk silinder yang berukuran 15 cm x 30 cm dan untuk uji kuat lentur menggunakan balok 8 cm x 12 cm x 100 cm, dengan masing-masing variasi kadar serat bendrat 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% berjumlah 3 benda uji per persentase serat bendrat. Pengujian akan dilakukan setelah beton berumur 28 hari, dengan menggunakan alat uji tekan dan kuat lentur 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 penggantian sebagian semen dengan serat bendrat dan penambahan abu sekam padi pada beton mutu normal terhadap kuat tekan dan kuat lentur balok beton bertulang dengan metode *British Mix Design*.



Gambar 1. Sketsa Pengujian Kuat Lentur

Tabel 1. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tekan

No	Kadar Serat Bendrat	Kadar Abu Sekam Padi	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0%	0	GT-0	3
2	0%	10%	GT-0	3
3	0,5 %	10%	GT-0,5	3
4	1 %	10%	GT-1	3
5	1,5 %	10%	GT-1,5	3
6	2 %	10%	GT-2	3

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Lentur

No	Kadar Serat Bendrat	Kadar Abu Sekam Padi	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0%	0	GL-0	3
2	0%	10%	GL-0	3
3	0,5 %	10%	GL-0,5	3
4	1 %	10%	GL-1	3
5	1,5 %	10%	GL-1,5	3
6	2 %	10%	GL-2	3

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Agregat

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Kandungan zat organik	Kuning Muda	0 - 10%	Memenuhi syarat
2	Kandungan lumpur	2 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
3	<i>Bulk specific gravity</i>	2,44 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
4	<i>Bulk specific SSD</i>	2,54 gr/cm <sup>3</sup>	2,5-2,7	Memenuhi syarat
5	<i>Apparent specific gravity</i>	2,71 gr/cm <sup>3</sup>	-	-
6	<i>Absorbtion</i>	4,17%	-	-
7	Modulus Halus	2,42	2,3-3,1	Memenuhi syarat

Sumber : \*) SNI 03 – 1969 – 1990 dan SNI 03 – 2417 – 1991

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Modulus Halus Butir	7,80	5 - 8	Memenuhi syarat
2	Bulk Specific Gravity	2,38	-	-
3	Bulk Specific Gravity SSD	2,53	-	-
4	Apparent Specific Gravity	2,78	-	-
5	Absorbtion	6,03%	-	-
6	Abrasi	44,32 %	50 %	Memenuhi syarat

### Hasil Perhitungan Rancang Campur Adukan Beton Metode British Mix Design.

Perhitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode *British Mix Design*. Dari perhitungan didapat kebutuhan bahan per 1 m<sup>3</sup> yaitu :

- a. Pasir = 722,99 kg
- b. Agregat Kasar = 969,68 kg
- c. Semen = 409,17 kg
- d. Air = 122,75 liter

Kebutuhan bahan untuk tiap benda uji silinder yaitu :

- a. Pasir = 3,8329 kg
- b. Agregat Kasar = 5,1407 kg
- c. Semen = 2,1692 kg
- d. Air = 0,6507 kg
- e. Serat Bendrat 1% = 0,1179 gram

Kebutuhan bahan untuk tiap benda uji balok yaitu :

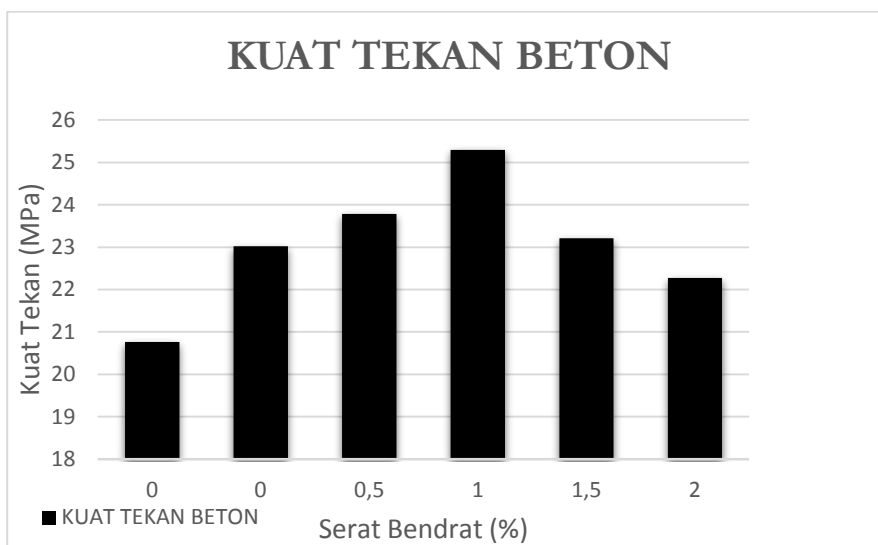
- a. Pasir = 6,9407 kg
- b. Agregat Kasar = 9,3089 kg
- c. Semen = 3,9280 kg
- d. Air = 1,1784 kg
- e. Serat Bendrat 1% = 0,2135 Gram

### Hasil Pengujian Kuat Tekan

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan

NO	KADAR SERAT BENDRAT	KADAR ABU SEKAM PADI	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	LUAS PERM. (mm <sup>2</sup> )	UJI TEKAN (kN)	f <sub>c</sub> (MPa)
1	0%	0%	GT	1	17662.50	370000	20.95
				2	17662.50	365000	20.67
				3	17662.50	365000	20.67
				Rerata		<b>366667</b>	<b>20.76</b>
2	0%	10%	GT	1	17662.50	395000	22.36
				2	17662.50	415000	23.50
				3	17662.50	410000	23.21

				Rerata		<b>406667</b>	<b>23.02</b>
3	0,5 %	10%	GT 0,5 %	1	17662.50	400000	22.65
				2	17662.50	380000	21.51
				3	17662.50	480000	27.18
				Rerata		<b>420000</b>	<b>23.78</b>
4	1 %	10%	GT 1 %	1	17662.50	445000	25.19
				2	17662.50	455000	25.76
				3	17662.50	440000	24.91
				Rerata		<b>446667</b>	<b>25.29</b>
5	1,5 %	10%	GT 1,5 %	1	17662.50	390000	22.08
				2	17662.50	380000	21.51
				3	17662.50	460000	26.04
				Rerata		<b>410000</b>	<b>23.21</b>
6	2 %	10%	GT 2 %	1	17662.50	375000	21.23
				2	17662.50	420000	23.50
				3	17662.50	390000	22.08
				Rerata		<b>395000</b>	<b>22.27</b>



Gambar 2. Diagram Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Persentase Serat Bendrat.

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan, didapat kuat tekan dengan variasi kadar serat bendrat sebesar 0 %; 0,5 %; 1 %;

1,5 %; dan 2 % yang diuji pada umur 28 hari secara berturut-turut adalah 20,760 MPa; 23,020 MPa; 23,780 MPa; 25,290 MPa; 23,210 Mpa dan 22,270 MPa. Kuat tekan maksimum beton mutu normal metode *British* ini adalah dengan kadar serat bendrat sebesar 1 % yang menghasilkan kuat tekan sebesar 25,290 Mpa atau terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 21,820% dibandingkan dengan beton tanpa campuran abu sekam padi dan serat bendrat. Berdasarkan grafik fungsi polinomial, kadar serat bendrat optimum terjadi pada  $x_1 = 0,00896$  atau dalam persen adalah 0,896% dengan nilai kuat tekan sebesar 24,604 MPa.

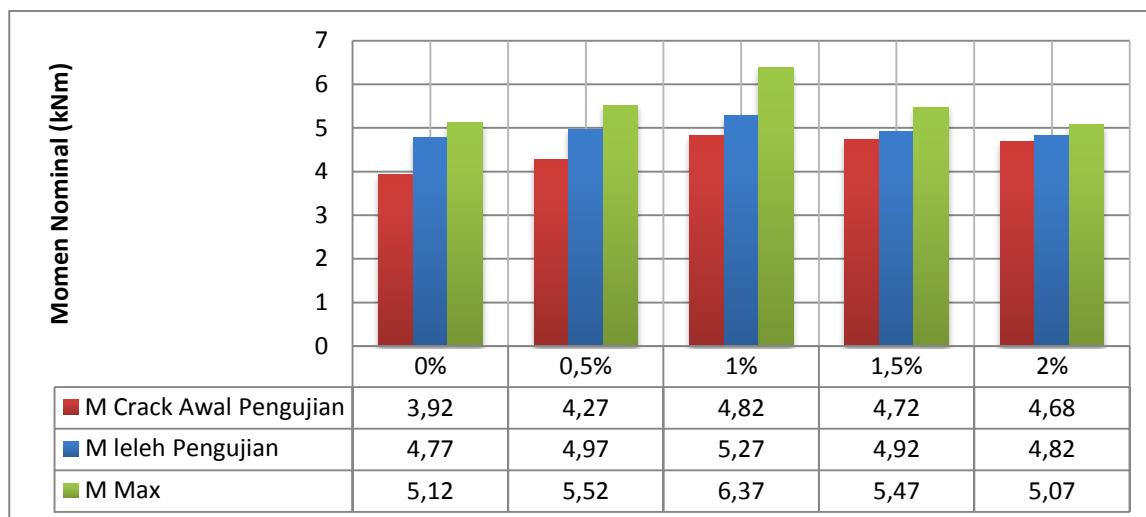
Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Momen Pengujian

Momen Pengujian (kN.m)				
No	Kadar Serat Bendrat (%)	M Crack Awal	M Leleh	M Max
1	0	3,22	4,42	4,67
2	0	3,92	4,77	5,12
3	0,5	4,27	4,97	5,52

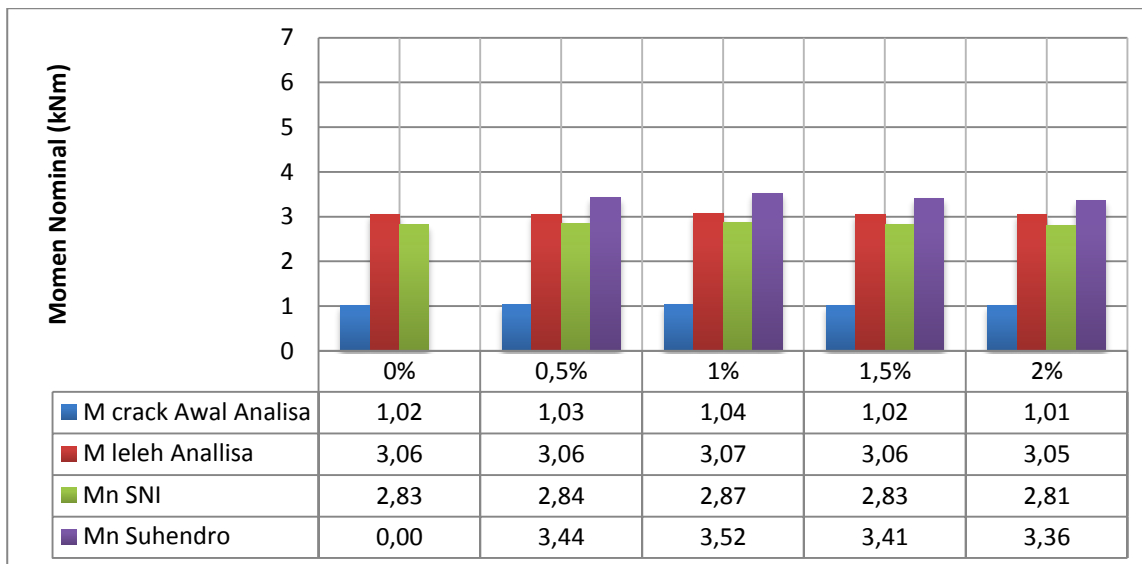
4	1	4,82	5,27	6,37
5	1,5	4,72	4,92	5,47
6	2	4,67	4,82	5,07

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Momen Nominal Teoritis.

Momen Teoritis (kN.m)					
No	Kadar Serat Bendrat (%)	M Crack Awal	M Leleh	Mn SNI	Mn Suhendro
1	0	0,99	3,04	2,77	-
2	0	1,02	3,06	2,82	-
3	0,5	1,03	3,06	2,84	3,43
4	1	1,04	3,07	2,86	3,51
5	1,5	1,02	3,06	2,82	3,4
6	2	1,01	3,05	2,81	3,35



Gambar 3. Diagram Hubungan Momen Pengujian Kuat Lentur dengan Persentase Serat Bendrat.



Gambar 4. Diagram Hubungan Momen Teoritis Kuat Lentur dengan Persentase Serat Bendrat.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

### 1. Kuat Tekan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai kuat tekan pada pemakaian serat bendrat dengan kadar 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% sebagai bahan tambah semen dalam campuran beton mutu normal metode *British Mix Design* berserat abu sekam padi diuji pada umur 28 hari secara berturut-turut adalah 20,76 Mpa; 23,59 Mpa; 23,78 Mpa; 25,29 Mpa; 23,21 Mpa dan 22,27 Mpa. Persentase peningkatan nilai kuat tekan pada kadar serat bendrat 0%, 0,5%, 1% dan 2% secara berturut-turut adalah 13,64%; 14,55%; 21,82%; 11,82% dan 7,27% dari kuat tekan beton tanpa campuran. Hasil perhitungan fungsi polynomial dari grafik diperoleh nilai kuat tekan maksimal beton mutu normal metode *British Mix Design* terjadi pada kadar penggantian sebagian semen dengan serat bendrat sebesar 0,89% dengan nilai kuat tekan 24,604 Mpa. Peningkatan kuat tekan tersebut antara lain disebabkan karena dalam kadar tertentu abu sekam padi dapat menjadi filler yang memadai dalam campuran beton dan adanya kontribusi dari serat yang seolah-olah berfungsi sebagai tulangan pada beton.

### 2. Kuat Lentur

Momen nominal yang terjadi pada benda uji balok dengan penambahan serat bendrat 0 % 0,5 % 1 % 1,5 % dan 2 %.

- Berdasarkan analisis hasil pengujian M saat leleh tersebut, menurut grafik polynomial dapat disimpulkan bahwa ada kenaikan nilai kuat lentur beton bertulang dengan Penambahan serat bendrat, hingga mencapai optimum yaitu pada kadar bendrat 1,014 % sebesar 5,131 kN.m lalu setelah itu mengalami penurunan.
- Berdasarkan analisis pengujian M crack awal mencapai optimum pada kadar bendrat 1,470% sebesar 4,7820 kN.m.
- Berdasarkan analisis pengujian M max mencapai optimum pada kadar bendrat 0,890% sebesar 5,991 kN.m..
- Berdasarkan analisis SNI dengan kuat tarik beton tidak diperhitungkan mencapai optimum pada kadar bendrat 0,888% sebesar 2,8537 kN.m.
- Berdasarkan analisis dengan kuat tarik beton diperhitungkan (Suhendro) mencapai optimum pada kadar bendrat 0,904% sebesar 3,5169 kN.m.
- Berdasarkan analisis M Crack awal mencapai optimum pada kadar bendrat 0,85% sebesar 1,03 kN.m.
- Berdasarkan analisis M leleh mencapai optimum pada kadar bendrat 0,82% sebesar 3,06 kN.m.

## REFERENSI

- Agung Setyo Nugroho. 2014. *Kajian Kapasitas Lentur Balok Beton Mutu normal Metode Dreux Berserat Tembaga*. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- 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.
- Ananta Ariatama. 2005. *Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait Pada Kekuatan Beton Mutu normal Berdasarkan Optimasai Diameter Serat*. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- Arikunto S. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik, Ed Revisi VI*. Jakarta: Penerbit PT Rineka Cipta.
- Istimawan Dipohusodo. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.



- Joseph A. Dobrowolski. 1998. *Concrete Construction*. New York : McGraw-Hill.
- Kardiyono Tjokrodinuljo. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil FT. UGM.
- Kemalasari, dkk. 2008. *Analisis Pengaruh Penambahan Serat Kawat Berkait pada Beton Mutu normal Berdasarkan Optimasi Diameter Serat*. Universitas Diponegoro :Semarang.
- Levin Wibowo. 2013. *Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca dan Water Reducing High Range Admixtures terhadap Kuat Desak dan Modulus Elastisitas pada Beton*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta : Yogyakarta.
- Mario Ota Hamonangan Manik. 2014. *Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Mutu normal Metode ACI yang Berserat Bendrat dengan Fly Ash dan Bahan Tambah Besmittel*. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Neville, A.M., Brooks, J.J. 1981. *Concrete Technology*. London: Longman Group
- Neno Hanafiah. 2011. *Pengaruh Penambahan Bubuk Kaca Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen dengan Variasi 2%, 4%, 6% dan 8% terhadap Kuat Tekan dan Nilai Slump*. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Soroushian, P., and Bayasi, Z. 1987. *Concept Of Fiber Reinforced Concrete*. Proceeding Of The International Seminar On Fiber Reinforced Concrete. USA: Michigan State University.
- SK SNI T-15-1990-03. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Bandung: Yayasan LPMB.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 03-6468-2000 Pd T-18-1999-03. 2010. *Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi dengan Semen Portland dan Abu Terbang*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Suhendro. 1991. "Pengaruh Pemakaian Kawat Lokal Pada Sifat - Sifat Beton", Laporan Penelitian. Yogyakarta: Lembaga Penelitian UGM.