

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KAWAT IKAT (BENDRAT) PADA KUAT TEKAN DAN LENTUR BETON BERTULANG DENGAN ABU SEKAM PADI DAN ACCELERATOR

Slamet Prayitno¹⁾ Supardi²⁾, Amanda Ditya Yudha Asmara³⁾

³⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{1),2)} Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

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

Email: amanda.ditya11@gmail.com

Abstract

Concrete has some shortcomings, a various innovation concrete has been done to obtain concrete with the highest quality and the best properties. One of the innovations which can be done is substituting part of cement with rice-husk ash and adding fiber and accelerator. The aim of the research was to determine the effect of the addition of fiber, accelerator and rice-husk ash on compressive strength and flexural strength of concrete as substitute of cement. The method used was the experimental method. The compressive strength and the splitting strength specimens were cylinder with the diameter 15 cm and height 30 cm. The flexural strength specimens were beam with the length 100 cm, width 12 cm and height 8 cm. The number of specimens for each variations of fiber were four (4) for compressive test, four (4) for splitting test and three (3) for flexural test. The percentage of fiber added was 0%; 0,5%, 1%, 1,5% and 2%. The result showed that the addition of fiber attained to increase the compressive strength and the flexural strength of the concrete. The optimum content of compressive strength based on the polynomial function graph was 0,51% with the compressive strength 41,46 Mpa. The optimum content of flexural strength based on the polynomial function graph was 0,84% with the flexural strength 7,48 kN.m.

Key Words : Concrete, Rice-Husk Ash, Fiber, Accelerator, Compressive Strength, Flexural Strength

Abstrak

Beton memiliki beberapa kekurangan, berbagai usaha telah dilakukan untuk mendapatkan beton dengan mutu tinggi dan memiliki sifat-sifat yang lebih baik. Penelitian - penelitian telah dilakukan dan dengan beberapa inovasi-inovasi baru, salah satunya adalah dengan penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi dan menambahkan serat kawat ikat (bendrat) dan accelerator. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi dan penambahan serat kawat ikat (bendrat) dan accelerator pada beton terhadap kuat tekan dan kuat lentur balok beton bertulang. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah. Benda uji berbentuk balok dengan 8 cm x 12 cm x 100 cm untuk pengujian kuat lentur. Benda uji untuk setiap variasi kadar bendrat masing-masing berjumlah 4 buah untuk uji kuat tekan, berjumlah 4 buah untuk uji kuat tarik belah dan berjumlah 3 buah untuk uji kuat lentur. Persentase bendrat yang digunakan adalah 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2%. Hasil dari penelitian penambahan serat kawat ikat (bendrat) pada beton adalah dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat lentur. Kadar optimum kuat tekan berdasarkan grafik fungsi polinomial adalah pada kadar 0,51% dengan nilai kuat tekan sebesar 41,46 Mpa. Kadar optimum kuat lentur berdasarkan grafik fungsi polinomial adalah pada kadar 0,84% dengan nilai kuat lentur sebesar 7,48 kN.m.

Kata kunci : Beton, Abu Sekam Padi, Serat Kawat Ikat (Bendrat), Accelerator, Kuat Tekan, Kuat Lentur.

PENDAHULUAN

Beton banyak digunakan karena harga yang relatif murah, kekuatannya yang tinggi, kemudahan dalam pelaksanaannya, perawatannya dan mudah dibentuk. Beton juga memiliki beberapa kekurangan maka dari itu dilakukan usaha-usaha untuk mendapatkan beton dengan mutu tinggi dan memiliki sifat-sifat yang lebih baik. Berbagai usaha telah dilakukan untuk mendapatkan beton dengan mutu tinggi dan memiliki sifat-sifat yang lebih baik. Penelitian - penelitian telah dilakukan dan dengan beberapa inovasi-inovasi baru, misalkan dengan penambahan bahan tambah sehingga tidak hanya menjadi beton konvensional. Penambahan serat kawat ikat (bendrat) pada beton dan terbukti dapat meningkatkan kuat tarik beton (Suhendro 1991) dan beberapa bahan campuran terbukti dapat meningkatkan kinerja beton dengan komposisi tertentu. Penelitian ini menggunakan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen dan menambahkan serat kawat ikat (bendrat) pada beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi dan penambahan serat kawat ikat (bendrat) pada beton mutu tinggi terhadap kuat tekan dan kuat lentur balok beton bertulang dengan menggunakan metode *Dreux*.

TINJAUAN PUSTAKA

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 ke dalam adukan beton dengan orientasi random untuk mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini di daerah tarik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan (Soroshian 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).

Beton Metode *Dreux*

Metode *Dreux* mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan di lapangan, kemudahan pekerjaan, serta keawetan kekuatan dan pekerjaan beton. Dalam metode *Dreux* kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}) untuk proporsi campuran berdasarkan campuran coba di laboratorium diambil persamaan : $f_{cr} = (f_c + 9,66) / 0,9$

Dengan ketentuan kekuatan tekan rata-rata beton pada umur 28 hari yang didasarkan atas benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. f_{cr} adalah kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (MPa) dan f_c adalah kuat tekan rata-rata yang disyaratkan (MPa).

Beton Metode *Dreux* dengan Abu Sekam Padi, Serat Kawat Ikat (Bendrat), dan *Bestmittel* (Accelerator)

Beton metode *Dreux* dengan campuran abu sekam padi, serat kawat ikat (bendrat), dan *Accelerator*, bahan betonnya mudah didapat dari limbah-limbah industri batu bata dan kawat ikat (bendrat) yang merupakan kawat lokal yang biasanya dijual di pasaran dan harga yang relatif terjangkau, serta *Accelerator* yang merupakan bahan kimia yang biasanya dijual di pasaran dan harga yang relatif terjangkau. Beton ini diharapkan kuat tekan dan kuat lenturnya menjadi bertambah. Beton dengan campuran abu sekam padi dan serat kawat ikat (bendrat) diharapkan dapat mencapai kuat tekan $f_c > 41,4$ Mpa.

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

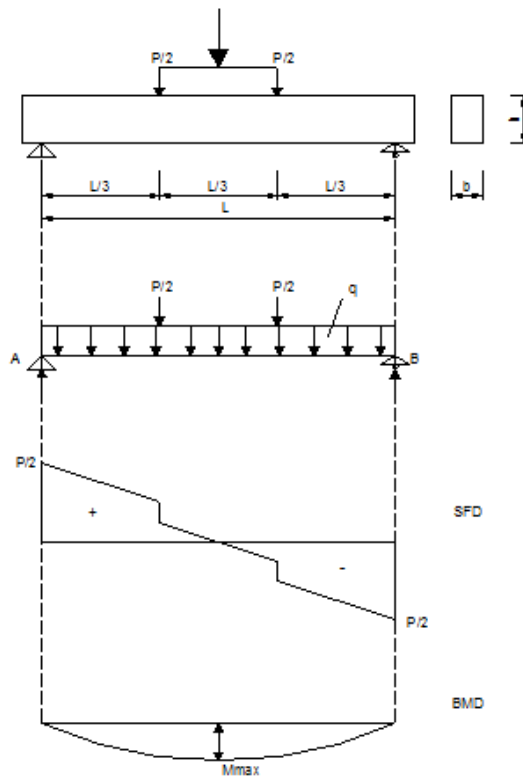
Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya per satuan luas (SNI 0-4431-2011). Pembebanan dilakukan pada 1/3 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. Analisis Pengujian:

$$M_n = (R_A \cdot \frac{1}{2} L) - (\frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{6} L) - (q \cdot \frac{1}{2} L \cdot \frac{1}{4} L)$$

dimana

L = Panjang Bentang (cm)



Gambar 1. Sketsa Analisis Pengujian

2. Analisis Kuat Tarik Tidak Diperhitungkan (SNI)

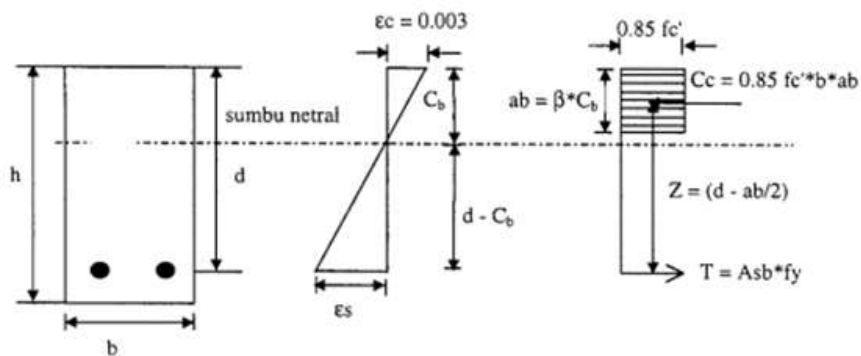
M_n

dimana A_s = Luas Baja Tulangan (cm^2)

f_y = Tegangan Leleh Baja Tulangan (kg/cm^2)

d = Tinggi Efektif Balok (cm)

a = Tinggi Balok Tegangan Beton



Gambar 2. Sketsa Analisis Kuat Tarik Tidak Diperhitungkan (SNI)

3. Analisis Kuat Tarik Diperhitungkan (Suhendro)

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

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

$$T_s = A_s f_{ys}$$

$$D_c - T_c - T_s = 0$$

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

$$f_s = e_s E_s$$

$$f_s > f_{ys}$$

$$z_1 = \dots$$

$$z_2 = \dots$$

$$M_n = T_c z_1 + T_s z_2$$

$$M_n = T_c \dots - \dots - \dots$$

Dimana f_{cf} = kuat desak beton fiber (kg/cm²)

f_{tf} = kuat tarik beton fiber (kg/cm²)

f_{ys} = tegangan luluh baja tulangan (kg/cm²)

A_s = luas baja tulangan

c = jarak garis netral ke serat terluar di bagian desak (cm)

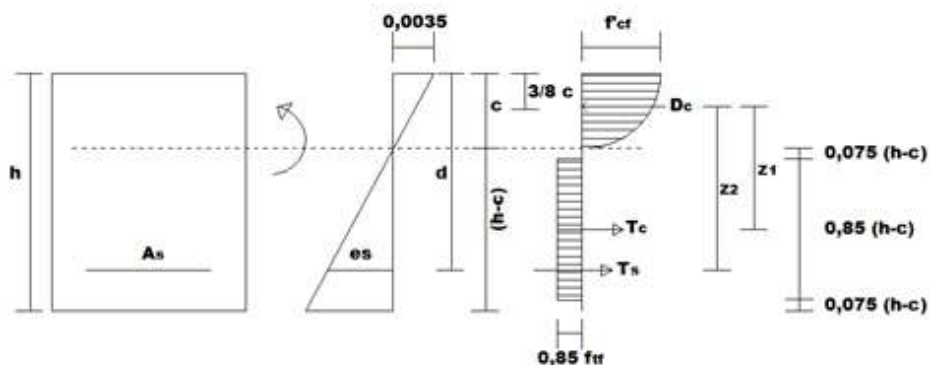
h = tinggi balok (cm)

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)



Gambar 3. Sketsa Analisis Kuat Tarik Diperhitungkan (Suhendro)

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 metode *Dreux*. 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 kawat ikat (bendrat) 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% berjumlah 4 sampel untuk uji tekan dan 3 sampel untuk uji lentur per persentase serat kawat ikat (bendrat). Pengujian akan dilakukan setelah beton berumur 14 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 dikonversi ke umur 28 hari dan dapat diambil kesimpulan seberapa besar pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi dan penambahan serat kawat ikat (bendrat) dan *Accelerator* pada beton terhadap kuat tekan dan kuat lentur balok beton bertulang dengan metode *Dreux*.

Tabel 1. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tekan

No	Kadar Serat Kawat Ikat (Bendrat)	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0,0 %	BS-0	4
2	0,5 %	BS-0,5	4
3	1,0 %	BS-1	4
4	1,5 %	BS-1,5	4
5	2,0 %	BS-2	4

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Lentur

No	Kadar Serat Kawat Ikat (Bendrat)	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0,0 %	BL-0	3
2	0,5 %	BL-0,5	3
3	1,0 %	BL-1	3
4	1,5 %	BL-1,5	3
5	2,0 %	BL-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	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 4. 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 didapat kebutuhan bahan per 1 m³ yaitu :

- a. Pasir = 554,75 kg
- b. Kerikil Halus = 181,03 kg
- c. Agregat Kasar = 1068,10 kg
- d. Semen = 480 kg
- e. Air = 171,42 liter

Kebutuhan bahan untuk tiap benda uji silinder yaitu :

- a. Pasir = 3,233 kg

- b. Kerikil Halus = 1,055 kg
- c. Agregat Kasar = 6,226 kg
- d. Semen = 2,798 kg
- e. Air = 0,999 kg
- f. Abu Sekam Padi 10% = 0,279 kg
- g. *Accelerator* = 0,016 kg

Kebutuhan serat kawat ikat (bendrat) untuk tiap kadar benda uji silinder yaitu :

- a. Kadar serat 0,5 % = 73 gram
- b. Kadar serat 1 % = 146 gram
- c. Kadar serat 1,5 % = 219 gram
- d. Kadar serat 2 % = 292 gram

Kebutuhan bahan untuk tiap benda uji balok yaitu :

- a. Pasir = 5,858 kg
- b. Kerikil Halus = 1,911 kg
- c. Agregat Kasar = 11,279 kg
- d. Semen = 5,068 kg
- e. Air = 1,810 kg
- f. Kawat Ikat (Bendrat) 1% = 0,2135 kg
- g. Abu Sekam Padi 10% = 0,461 kg
- h. *Accelerator* = 0,028 kg

Kebutuhan serat kawat ikat (bendrat) untuk tiap kadar benda uji balok yaitu :

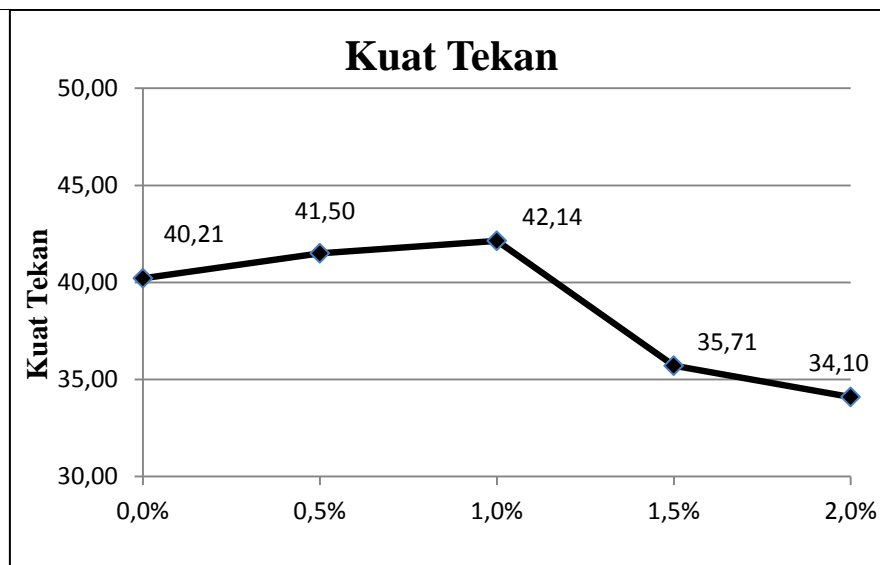
- e. Kadar serat 0,5 % = 132 gram
- f. Kadar serat 1 % = 265 gram
- g. Kadar serat 1,5 % = 397 gram
- h. Kadar serat 2 % = 529 gram

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan

No	Kadar Serat (%)	Kode Benda Uji	No Benda Uji	A (mm ²)	Pmaks (N) 14 hari	Pmaks (N) 28 hari	f _c (Mpa)
1	0	BS 0 %	1	17662.50	500000	568182	32.17
			2	17662.50	780000	886364	50.18
			3	17662.50	420000	477273	27.02
			4	17662.50	800000	909091	51.47
			Rerata			710227	40.21
2	0.50	BS 0,5 %	1	17662.50	640000	727273	41.18
			2	17662.50	600000	681818	38.60
			3	17662.50	660000	750000	42.46
			4	17662.50	680000	772727	43.75
			Rerata			732955	41.50
3	1.00	BS 1 %	1	17662.50	800000	909091	51.47
			2	17662.50	640000	727273	41.18
			3	17662.50	680000	772727	43.75
			4	17662.50	500000	568182	32.17
			Rerata			744318	42.14
4	1.50	BS 1,5 %	1	17662.50	560000	636364	36.03
			2	17662.50	520000	590909	33.46
			3	17662.50	580000	659091	37.32
			4	17662.50	560000	636364	36.03
			Rerata			630682	35.71

			1	17662.50	720000	818182	46.32
			2	17662.50	540000	613636	34.74
5	2	BS 2 %	3	17662.50	460000	522727	29.60
			4	17662.50	400000	454545	25.74
			Rerata			602273	34.10



Gambar 4. Diagram Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Persentase Serat Kawat Ikat (Bendrat)

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan, didapat kuat tekan dengan variasi kadar serat kawat ikat (bendrat) sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% yang diuji pada umur 14 hari dan telah dikonversi ke umur 28 hari secara berturut-turut adalah 40,21 MPa; 41,50 MPa; 42,14 MPa; 35,71 MPa; dan 34,10 MPa. Kuat tekan maksimum beton metode *Dreux* ini adalah dengan kadar serat kawat ikat (bendrat) sebesar 1,00% yang menghasilkan kuat tekan sebesar 42,14 Mpa atau terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 4,80% dibandingkan dengan beton metode *Dreux* tanpa campuran serat kawat ikat (bendrat). Berdasarkan grafik fungsi polinomial, kadar abu sekam padi optimum terjadi pada $x = 0,0051$ atau dalam persen adalah 0,51% dengan nilai kuat tekan sebesar 41,46 MPa.

Hasil Pengujian Kuat Lentur

Tabel 6. Hasil Perhitungan Momen Nominal Hasil Pengujian

No	Kode Benda Uji	P maks (kN)	1/2 P maks (kN)	Momen Nominal Pengujian		Persentase Perubahan (%)
				Hasil (kN-m)	Rerata (kN-m)	
1	BL - 1 (0 %)	50	25	7,5230		
2	BL - 2 (0 %)	47,5	23,75	7,1480	7,1480	0,00
3	BL - 3 (0 %)	45	22,5	6,7730		
4	BL - 1 (0,5 %)	47,5	23,75	7,1480		
5	BL - 2 (0,5 %)	47,5	23,75	7,1480	7,2730	1,75
6	BL - 3 (0,5 %)	50	25	7,5230		

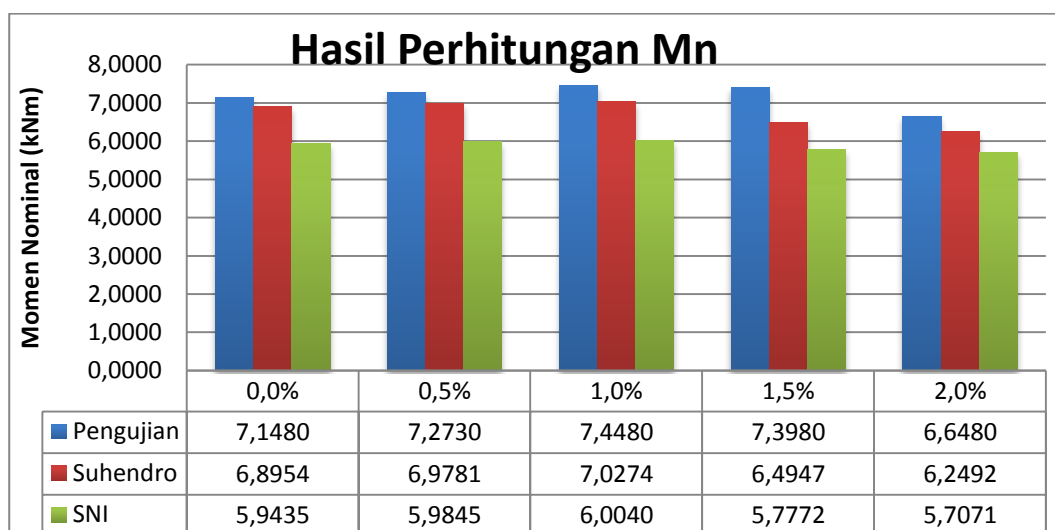
7	BL - 1 (1 %)	50	25	7,5230		
8	BL - 2 (1 %)	56	28	8,4230	7,4480	4,20
9	BL - 3 (1 %)	42,5	21,25	6,3980		
10	BL - 1 (1,5 %)	47,5	23,75	7,1480		
11	BL - 2 (1,5 %)	40	20	6,0230	7,3980	3,50
12	BL - 3 (1,5 %)	60	30	9,0230		
13	BL - 1 (2 %)	40	20	6,0230		
14	BL - 2 (2 %)	42,5	21,25	6,3980	6,6480	-6,99
15	BL - 3 (2 %)	50	25	7,5230		

Tabel 7. Hasil Perhitungan Momen Nominal Analisis Suhendro

No	Kadar Serat (%)	Mn (kN.m)	Persentase Perubahan (%)
1	0	5,9435	0,00
2	0,5	5,9845	0,69
3	1	6,0039	1,02
4	1,5	5,7772	-2,79
5	2	5,7070	-3,98

Tabel 8. Hasil Perhitungan Momen Nominal Analisis SNI

No	Kadar Serat (%)	Mn (kNn.m)	Persentase Perubahan (%)
1	0	6,8954	0,00
2	0,5	6,9781	1,20
3	1	7,0274	1,91
4	1,5	6,4947	-5,81
5	2	6,2492	-9,37



KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan terhadap hasil penelitian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa variasi penambahan serat kawat ikat (bendrat) dengan kadar 0%; 0,5%; 1%; 1,5% dan 2% dari berat beton berpengaruh terhadap kuat tekan beton, dari grafik polinomial dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton mengalami peningkatan hingga mencapai kadar optimum yaitu pada kadar bendrat 0,51% sebesar 41,46 Mpa, setelah itu mengalami penurunan.
2. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa variasi penambahan serat kawat ikat (bendrat) dengan kadar 0%; 0,5%; 1%; 1,5% dan 2% dari berat beton berpengaruh terhadap kuat lentur balok beton bertulang, dari grafik polinomial dapat disimpulkan bahwa kuat lentur balok beton bertulang mengalami peningkatan hingga mencapai kadar optimum yaitu pada kadar bendrat 0,84% sebesar 7,48 kN.m, setelah itu mengalami penurunan.
3. Momen nominal yang terjadi pada benda uji balok dengan penambahan serat kawat ikat (bendrat) 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%.
 - a. Berdasarkan analisis hasil pengujian mencapai optimum pada kadar bendrat 0,84% sebesar 7,48 kN.m.
 - b. Berdasarkan analisis dengan kuat tarik beton diperhitungkan (Suhendro) mencapai optimum pada kadar bendrat 0,49% sebesar 7,00 kN.m.
 - c. Berdasarkan analisis SNI dengan kuat tarik beton tidak diperhitungkan mencapai optimum pada kadar bendrat 0,49% sebesar 5,98 kN.m.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Ir. Slamet Prayitno, M.T. dan Ir. Supardi, M.T. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Agung Setyo Nugroho. 2014. *Kajian Kapasitas Lentur Balok Beton Mutu Tinggi Metode Drenx Berserat Tembaga*. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- ACI Committee 544. 1982. *State of The Art Report on Fiber Reinforced Concrete*. ACI 544 IR-82. Farmington Hills : American Concrete Institute.
- American Concrete Institute. ACI 301-729, *Specification for Structural Concrete Requirements*.
- Agung Setyo Nugroho. 2014. *Kajian Kapasitas Lentur Balok Beton Mutu Tinggi Metode Drenx Berserat Tembaga*. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Ananta Ariatama. 2005. *Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait Pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimisasi 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 Tinggi Berdasarkan Optimisasi 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 Tinggi 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 Hanafiab. 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.