

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KAWAT BENDRAT BERBENTUK "U" TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON

Ridho Kurnia Putra Irvan¹, Ismeddiyanto², Zulfikar Djauhari²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau

² Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5, Pekanbaru 28293

Email : ridho.kurniaputra@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Concrete is the main ingredient in the construction world, because the concrete is easy to work and economical in terms of cost, but the concrete is considered to have low tensile strength compared with the compressive strength, so the need for effort in improving the mechanical properties of the concrete mixing fiber in concrete mixture is wrong. One attempt to improve the mechanical properties of concrete one of them by using fiber wire bedrators formed into "U" with a total length of 9 cm. The specimen consists of a cylindrical specimen with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm and a beam with a length of 600 mm, a width of 150 mm, and a height of 150 mm. The fiber length used is 9 cm with 0.0%, 0.25%, 0.50%, 0.75% 1.0% of the fiber mass variation from the aggregate fraction. Non-fiber concrete is made for comparison. The method of mixing fiber into the concrete mixture is randomly after the concrete is evenly mixed. The results showed compressive strength, splitting tensile strength and maximum bending strength at 0.5% fiber variation. According to the results of the study, the addition of wire fiber to concrete mixture can improve the mechanical properties of concrete and in the optimal fiber variation can be at 0.5%.

Keywords : fiber concrete, fiber wire bedrators, compressive strenght, splitting tensile strength, flexural strength

1. Pendahuluan

Tingginya angka pembangunan saat ini berakibat pada meningkatnya kebutuhan akan konstruksi, seperti jalan dan jembatan, perumahan atau gedung. Hal itu berbanding lurus akan kebutuhan material konstruksi sebagai salah satu faktor pendukung, dalam bidang konstruksi, material konstruksi yang paling disukai dan sering dipakai adalah beton. Penggunaan beton merupakan pilihan utama karena beton merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk dengan harga, harga yang relatif murah

dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya.

Salah satu upaya pengembangan beton ialah dengan cara memperbaiki sifat mekanis beton itu sendiri, dimana beton dianggap tidak mampu dengan baik menahan beban tarik, dimana nilai kuat tarik beton berkisar antara 9% - 15% dari kuat desaknya sendiri (Dipohusodo, 1994). Anggapan lain mengatakan bahwa dalam perencanaan struktur, beton dianggap hanya mampu menahan tegangan desak, walaupun sebenarnya beton mampu menahan tegangan tarik

sebesar 27 kg/cm² (Suhendro, 1991) sehingga hal ini dianggap tidak efisien terutama pada perencanaan yang didominasi tarik dan lentur.

Salah satu alternative yang dilakukan dengan penambahan serat pada adukan beton segar berupa serat baja (*steel fibers*). Ide dasarnya adalah menulangi (memberi tulangan pada beton) dengan serat baja yang disebarkan secara merata (*uniform*) kedalam adukan beton dengan sistem acak. Sehingga beton tidak mengalami retakan dini akibat pembebanan atau panas hidrasi (Sorousihan dan Bayasi, 1987).

Namun pemakaian serat baja sebagai bahan tambah pada adukan beton untuk struktur bangunan belum banyak dikenal di Indonesia. Hal ini dikarenakan sulit didapatkan karena harus mendatangkannya dulu dari luar negeri, sehingga tidak ekonomis. Untuk mengatasi hal tersebut makan telah banyak peneliti mencari bahan pengganti serat baja yang tersedia di pasar lokal.

Bahan pengganti yang digunakan adalah berupa serat kawat bendrat atau kawat ikat yang mudah dan lebih murah dalam segi ekonomis, kawat bendrat yang digunakan berdiameter 1 mm dan panjang total 90 mm dengan bentuk "U".

Penelitian ini meninjau akan nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton dengan benda uji berbentuk selinder pada pengujian kuat tekan dan kuat tarik, untuk pengujian kuat lentur benda uji berbentuk balok.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Kawat Bendrat

Penggunaan kawat bendrat sebagai bahan tambah dalam penelitian ini dilakukan adukan beton didasari oleh mudahnya bahan ini didapat dipasar lokal dan lebih ekonomis dari segi harga dibandingkan dengan serat baja.

Serat bendrat memiliki kekuatan serta modulus elastisitas yang relative tinggi. Disamping itu serat bendrat tidak mengalami perubahan bentuk terhadap pengaruh alkali semen, dan lekatannya pada beton dapat meningkat karena penjangkaran secara mekanika. Pembenuan dalam waktu yang lama tidak berpengaruh terhadap sifat mekanika kawat bendrat.

Kelemahan yang dimiliki kawat bendrat adalah apabila kawat bendrat tidak dalam posisi terlindung dalam beton, maka akan timbul resiko terjadinya korosi. Hal ini yang dapat berpengaruh adalah penambahan kawat bendrat akan menambah berat sendirinya beton. Sifat kohesi yang tinggi dari serat bendrat juga akan mengakibatkan *balling effect* yaitu serat akan menggumpal dan tidak tersebar secara merata pada saat pencampuran. Kawat bendrat dapat diandalkan dalam mencegah keretakan dan memperbaiki ketahanan sifat kurang baik bahan beton sebagai akibat kelelahan, beban kejut dan penyusutan.



Gambar1. Serat Kawat Bendrat

2.2 Beton serat

Beton serat (*fiber reinforced concrete*) merupakan salah satu pengembangan teknologi beton dengan menambahkan serat pada campuran beton. Jenis beton ini merupakan salah satu solusi dalam perbaikan mutu beton (ACI 544.1R-96).

3. Metode Penelitian

3.1 Pemeriksaan Karakteristik Material

Material yang digunakan adalah agregat kasar yang berasal dari PT. Hasrat Jaya dan agregat halus asal Kabupaten Kampar, Riau. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah sedangkan agregat halus yang digunakan adalah pasir alam. Adapun jenis pemeriksaan yang dilakukan tertera pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pengujian material

Jenis pemeriksaan	Sumber
Gradasi butiran	SNI 03-1968-1990
Kadar lumpur	ASTM C 142
Berat jenis	SNI 03-1970-1990
Kadar air	SNI 03-1970-1990
Modulus kehalusan	SNI 03-1970-1990
Berat volume	ASTM C 29
Ketahanan aus	SNI 03-2417-1991
Kandungan organik	ASTM C40

3.2 Pembuatan *Mix Design*

Desain campuran (*mix design*) beton dengan menggunakan metode *ACI* dengan fas 0,5 pada umur 28 hari. Benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, kuat tarik belah. Benda uji beton berbentuk balok dengan dimensi 60x15x15 cm untuk pengujian kuat lentur.

Perincian komposisi campuran beton untuk 1 m³ dengan metode *ACI* dapat dilihat pada Tabel 2. di bawah ini.

Tabel 2. Komposisi campuran beton

Jenis material	Berat (kg/m ³)
Semen	404,00
Air	202,50
Agregat kasar	955,05

Agregat halus	725,82
Serat kawat bendrat	1,07

3.3. Spesifikasi Serat Kawat Bendrat

Tabel 3. Spesifikasi serat

Tipe material	Kawat Bendrat (Ø±1mm)
Panjang serat	9 cm
Bentu	U
Berat jenis	6.63 gr/cm ³

3.4. Benda Uji

Pembuatan sampel benda uji beton pada penelitian ini sebanyak 45 buah sampel dengan setiap umur ada 3 buah. Umur yang di uji yaitu umur 28 hari. Benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, dan kuat tarik belah. Benda uji beton berbentuk balok dengan dimensi 60x15x15 cm untuk pengujian kuat lentur beton.

3.5 Pengujian Beton

Jenis pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi tiga pengujian yakni pengujian kuat tekan, pengujian kuat tarik belah, dan pengujian lentur yang dilakukan pada umur 28 hari.

1. Kuat tekan beton.

Menurut SNI 03-1974-1990, kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah mesin uji tekan (*Compression Test Machine*). Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

keterangan :

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas permukaan benda uji (mm²)



Gambar 2. Pengujian Kuat Tekan

2. Kuat Tarik belah beton

Menurut SNI 03-2491-2002, nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan. Besarnya nilai kuat tarik belah beton (tegangan rekah beton) dapat dihitung dengan rumus :

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL}$$

keterangan :
:

f_{ct} = kuat tarik belah beton (MPa)
P = beban maksimum (N)
D = diameter silinder (mm)
L = panjang silinder (mm)



Gambar 3. Pengujian Kuat Tarik Belah

3. Kuat lentur

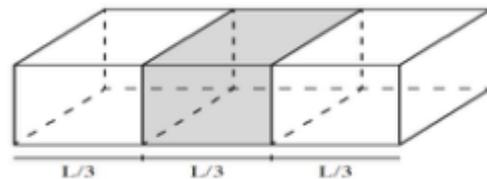
Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997). Pada saat pengujian kuat lentur beton akan terjadi defleksi pada bidang balok beton. Menurut Nugraha dan Antoni (2007), kuat lentur beton dihitung sesuai dengan lokasi keruntuhan pada benda uji. Besarnya kuat lentur beton (*modulus of rapture*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- Apabila keruntuhan terjadi pada bagian tengah bentang

$$f_r = \frac{PL}{bd^2}$$

keterangan :

f_r = *modulus of rapture* (MPa)
P = beban maksimum (N)
L = panjang bentang (mm)
b = lebar spesimen (mm)
d = tinggi spesimen (mm)



Gambar 4. Keruntuhan pada pusat 1/3 bentang (L)

Sumber : SNI 03-4431-1997

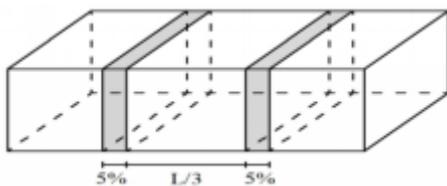
- Apabila keruntuhan terjadi pada bagian tarik di luar tengah bentang

$$f_r = \frac{3Pa}{bd^2}$$

keterangan :

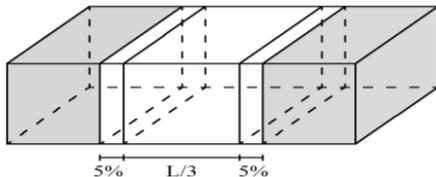
f_r = *modulus of rapture* (MPa)

- P = beban maksimum (N)
- b = lebar spesimen (mm)
- d = tinggi spesimen (mm)
- a = jarak rata-rata dari garis keruntuhan dan titik perletakan terdekat diukur pada bagian tarik spesimen (mm)



Gambar 5. keruntuhan diluar 1/3 bentang (L) dan garis patah < 5% bentang (L)
 Sumber : SNI 03-4431-1997

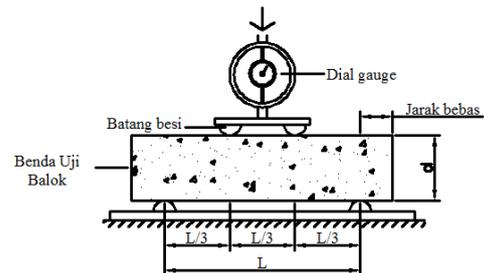
- Untuk benda uji yang patahnya di luar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan.



Gambar 2. 1 keruntuhan diluar 1/3 bentang (L) dan garis patah > 5% bentang (L)
 Sumber : SNI 03-4431-1997



Gambar 7. Pengujian Kuat Lentur



Gambar 8. Setup pengujian kuat lentur beton

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

Karakteristik Material

Pemeriksaan karakteristik material untuk pembuatan beton serat dilakukan pada agregat kasar dan agregat halus. Pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Riau.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar

No	Jenis pemeriksaan	Hasil	Standar spesifikasi
1	Modulus kehalusan	6,14	5 – 8
2	Berat jenis		
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,66	2,5 - 2,7
	b. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2,51	2,5 - 2,7
	c. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,56	2,5 - 2,7
	d. <i>Absorption (%)</i>	2,22	2 – 7
3	Kadar air (%)	1,21	3 – 5
4	Berat volume (gr/cm ³)		
	a. Kondisi padat	1,591	≥ 1,2
	b. Kondisi gembur	1,495	≥ 1,2
5	Ketahanan aus (%)	21,72	< 40

Tabel 5. Hasil pengujian karakteristik agregat halus

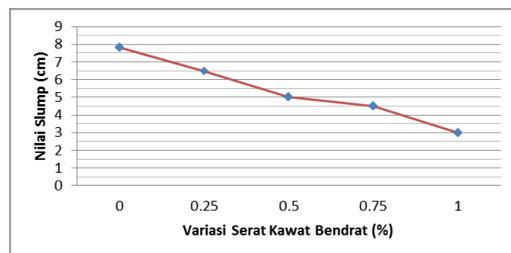
No	Jenis pemeriksaan	Hasil	Standar spesifikasi
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Modulus kehalusan	2,59	1,5 - 3,8
2	Berat jenis		
	a. <i>Apparent spesific gravity</i>	2,68	2,5 - 2,7
(1)	(2)	(3)	(4)
	b. <i>Bulk spesific gravity on dry</i>	2,58	2,5 - 2,7
	c. <i>Bulk spesific gravity on SSD</i>	2,62	2,5 - 2,7
	d. <i>Absorption (%)</i>	1,52	2 – 7
3	Kadar air (%)	2,46	3 – 5
4	Berat volume (gr/cm ³)		
	a. Kondisi padat	1,72 0	≥ 1,2
	b. Kondisi gembur	1,55 8	≥ 1,2
5	Kadar lumpur (%)	4.21	< 5
6	Kadar zat organik	No.3	≤ No.3

4.2 Hasil Pengujian Nilai Slump

Pengujian *slump* dilakukan pada beton segar setelah proses pengadukan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton. Hasil uji slump dapat dilihat pada Gambar 8. dari gambar dapat disimpulkan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton akan mengalami penurunan seiring dengan penambahan serat kawat bendrat berbentuk “U” dengan panjang 9 cm. untuk mendapatkan Nilai slump beton tanpa serat kawat bendrat berbentuk “U” sebesar 7,8 cm dan nilai slump beton dengan serat kawat bendrat berbentuk “U” dengan variasi penambahan 0,25% hingga 1,00% mengalami penurunan sehingga tidak sesuai dengan nilai *slump* rencana. Data pengujian nilai *slump* dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian *slump*

Variasi serat (%)	Slump (cm)	Slupm Rencana (7,5 – 10)
0	7,8	Ok
0,25	6,5	Tidak Ok
0,50	5,0	Tidak Ok
0,75	4,5	Tidak Ok
1,00	3,0	Tidak Ok



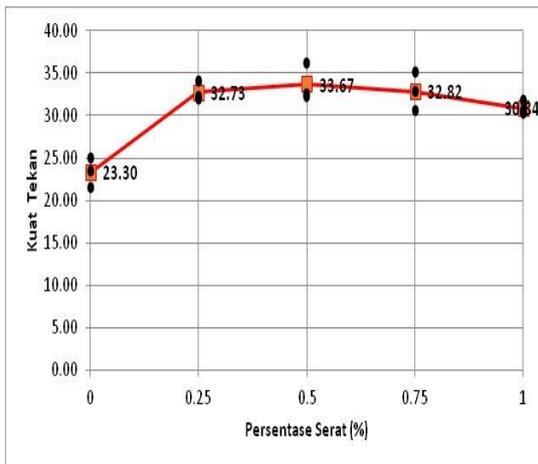
Gambar. 8. Grafik Nilai *Slump* beton serat kawat bendrat.

4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 7. dan Gambar 9.

Tabel 7. Hasil Kuat tekan beton.

Kode	Persentase Serat (%)	Umur	f'c rerata (MPa)	Kenaikan (%)
BN	0	28	23.30	-
BSK	0.25	28	32.73	40.49
BSK	0.5	28	33.67	44.53
BSK	0.75	28	32.82	40.89
BSK	1	28	30.84	32.39



Gambar 9. Grafik kuat tekan beton serat kawat bendrat umur 28 hari

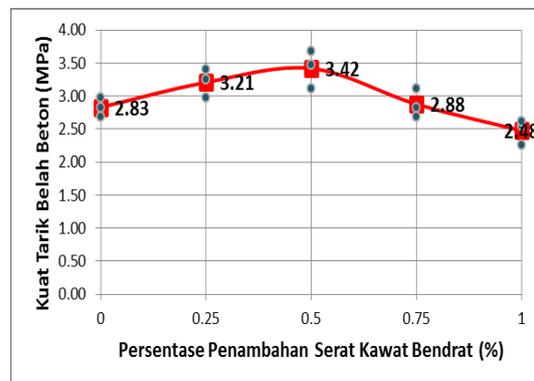
Pada Gambar 9. dapat dilihat bahwa dengan adanya penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton mengakibatkan terjadinya peningkatan nilai kuat tekan beton, dimana nilai kuat tekan mengalami peningkatan maksimal pada variasi persentase pembahan serat kawat bendrat berbentuk “U” sebesar 0.50% dengan nilai kuat tekan 33.67 MPa atau meningkat sebesar 18.42 % dari nilai kuat tekan beton normal 17.92 MPa. Penambahan serat kawat bendrat berbentuk “U” yang melebihi 0.50% mengalami penurunan nilai kuat tekan sampai dengan 1.00%, hal ini disebabkan berlebihnya jumlah serat pada campuran beton mengakibatkan beton menjadi sulit untuk *homogen*. Maka kuat tekan maksimal terjadi pada persentase penambahan serat kawat bendrat berbentuk “U” 0.50%.

4.4 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil uji kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Tabel 8. dan Gambar 10.

Tabel 8. Hasil pengujian kuat tarik belah beton.

Kode	Persentase Serat (%)	Umur	f _{ct} rerata (MPa)	Kenaikan (%)
BN	0	28	2.83	-
BSK	0.25	28	3.21	13.33
BSK	0.5	28	3.42	20.83
BSK	0.75	28	2.88	1.67
BSK	1	28	2.48	-12.50



Gambar 10. Grafik kuat tarik belah beton serat kawat bendrat umur 28 hari

Pada Gambar 10. dapat dilihat bahwa dengan adanya penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton mengakibatkan terjadinya peningkatan nilai kuat tarik belah beton, dimana nilai kuat tarik belah mengalami peningkatan maksimal pada variasi persentase pembahan serat kawat bendrat berbentuk “U” sebesar 0.50% dengan nilai kuat tarik belah 3.42 MPa atau meningkat sebesar 20.83 % dari nilai kuat tarik belah beton normal 2.83 MPa. Penambahan serat kawat bendrat berbentuk “U” yang melebihi 0.50% mengalami penurunan nilai kuat tarik belah sampai dengan 1.00%, hal ini disebabkan berlebihnya jumlah serat pada campuran beton mengakibatkan beton menjadi sulit untuk *homogen*. Maka kuat tarik belah maksimal terjadi pada persentase

penambahan serat kawat bendrat berbentuk “U” 0.50%.

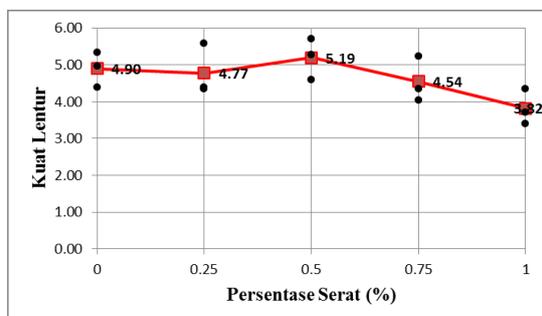
Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan serat kawat kedalam adukan beton akan meningkatkan kuat tarik belah beton. Disamping itu mekanisme kegagalannya bersifat *ductile*. Ini dibuktikan dari benda uji setelah pengujian, untuk beton normal benda uji terbelah menjadi dua bagian sedangkan untuk beton serat benda uji tidak terbelah menjadi beberapa bagian hanya retak memanjang pada bagian tengahnya.

4.5 Hasil pengujian kuat lentur

Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada umur 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk balok dengan ukuran 60x15x15 cm. Hasil uji kuat lentur beton dapat dilihat pada Tabel 10. dan Gambar 11.

Tabel 10. Hasil pengujian kuat lentur

Kode	Persentase Serat (%)	Umur	fr rerata (MPa)	Kenaikan (%)
BN	0	28	4.90	-
BSK	0.25	28	4.77	-2.55
BSK	0.5	28	5.19	6.02
BSK	0.75	28	4.54	-7.18
BSK	1	28	600x150x150	



Gambar 11. Grafik kuat lentur beton serat kawat bendrat umur 28 hari

Pada pengujian kuat lentur ini terjadi peningkatan nilai kuat lentur pada variasi penambahan serat kawat bendrat 0.50% dengan nilai kuat lentur sebesar 5.19 MPa atau meningkat 6.02 % dari nilai kuat lentur beton normal tanpa serat kawat bendrat dengan nilai 4.90 MPa, hal ini sejalan dengan nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik belah beton tersebut dimana nilai optimum terjadi pada variasi 0.50 % sedangkan penambahan serat yang terlalu banyak dapat menyebabkan terjadinya penurunan nilai kuat lentur itu sendiri.



Gambar 12. Beton normal setelah uji lentur



Gambar 13. Beton serat kawat bendrat variasi 0.50% setelah uji lentur

Dapat dilihat pada gambar 12. dan 13. dimana pengaruh penambahan serat kawat bendrat pada beton dapat mencegah keruntuhan balok secara

keseluruhan atau dapat dikatakan serat kawat tersebut dapat menahan terjadinya putus total pada balok.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengamatan yang dilakukan pada beton berserat ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan serat akan mengurangi *workability*. Hal ini ditunjukkan dengan menurunnya nilai slump pada beton. Pada beton serat nilai slump cenderung kecil dibandingkan dengan beton normal, ini dikarenakan pada beton serat dengan penambahan serat mengakibatkan ikatan antara serat kawat, agregat, dan pasta semen meningkat sehingga nilai *slump* menjadi rendah dibandingkan beton normal.
2. Penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton mengakibatkan terjadinya peningkatan nilai kuat tekan beton, dimana nilai kuat tekan mengalami peningkatan maksimal pada variasi persentase pembahan serat kawat bendrat berbentuk “U” sebesar 0.50% dengan nilai kuat tekan 33.67 MPa atau meningkat sebesar 18.42 % dari nilai kuat tekan beton normal 17.92 MPa.
3. Penambahan dengan serat kawat bendrat pada campuran beton mengakibatkan akan terjadinya peningkatan nilai kuat tarik belah beton, dimana nilai kuat tarik belah mengalami peningkatan maksimal pada variasi persentase pembahan serat kawat bendrat berbentuk “U” sebesar 0.50% dengan nilai kuat tarik belah 3.42 MPa atau meningkat sebesar 20.83 % dari nilai kuat tarik belah beton normal 2.83 MPa.

4. Penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton mengakibatkan peningkatan nilai kuat lentur dimana variasi penambahan serat 0.50% dengan nilai kuat lentur sebesar 5.19 MPa atau meningkat 6.02 % dari nilai kuat lentur beton normal tanpa serat kawat bendrat dengan nilai 4.90 MPa, hal ini sejalan dengan nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik belah beton tersebut dimana nilai optimum terjadi pada variasi 0.50 % sedangkan penambahan serat yang terlalu banyak dapat menyebabkan terjadinya penurunan nilai kuat lentur itu sendiri.
5. Pada pengujian kuat tarik dan kuat lentur beton berserat tidak mengalami keruntuhan secara total sedangkan pada beton normal keruntuhan terjadi secara total

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan selama pengujian ini, maka diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Dengan slump yang rendah menyebabkan kesulitan dalam pembuatan sampel. Disarankan untuk menggunakan alat bantu seperti *vibrator* agar beton keras dapat dibuat dengan baik.
2. Pada saat pembuatan beton serat, agar diperhatikan masalah pengerjaan sehingga didapatkan serat yang tidak menggumpal dan beton serat yang padat dan tidak keropos. Pada penelitian ini proses pengadukan campuran pasir, kerikil, semen dan serat kedalam *concrete mixer* kemudian air. Pada saat menaburkan serat dilakukan dengan tangan dan secara hati-hati sehingga setiap serat dapat masuk kedalam adukan secara sendiri-sendiri. Pada saat proses pemadatan, adukan beton

ditusuk-tusuk agar diperoleh beton yang tidak keropos.

3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai bentuk serat kawat yang optimal. Bentuk serat kawat yang optimal akan memberikan hasil yang lebih optimal.
4. Diharapkan penelitian selanjutnya menggunakan bahan aditif *superplasticizer* agar dapat meningkatkan mutu beton dan memudahkan dalam pembuatan sampel (meningkatkan *workability*).

6. Daftar Pustaka

ACI Commite 318M-05. 2005. *Building Code Requirements For Structural Concrete And Commentary*. Farmington Hills: American Concrete Institute.

ACI Commite 544.1R-96. 1996. *State Of The Art Report On Fiber Reinforced Concrete*. Farmington Hills: American Concrete Institute.

SNI 03-1974-1990. 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

SNI 03-2491-2002. 2002. *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Bandung: Badan Standar Nasional.

SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung : Badan Standar Nasional.

SNI 03-4431-1997. 1997. *Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*. Bandung: Badan Standar Nasional.

SNI 03-4810-1998. 1998. *Metode Pembuatan Dan Perawatan*

Benda Uji Beton Di Lapangan. Bandung: Badan Standar Nasional.

SNI 15-2049-2004. 2004. *Semen Portland*. Bandung: Badan Standar Nasional.

SNI 15-7064-2004. 2004. *Semen Portland Komposit*. Bandung: Badan Standar Nasional.

Tjokrodimuljo, K., 1996, "*Teknologi Beton*", Nafiri. Yogyakarta

Mulyono, T. 2003. "*Teknologi Beton*". Andi. Yogyakarta