

PENGARUH PEMBERIAN JUMLAH DAN RASIO (L/D) SERAT BENDRAT TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON

The Influence of Steel Fiber Amount And L/D ratio to Mechanical Properties of Concrete

Ahmad Hafiz S.G¹, Erwin Rommel², Lukito Prasetyo³

¹ Staf Badan Perencana dan Pengembangan Kampus UMM

^{2,3} Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang

Alamat korespondensi :

email: erwin67pro@yahoo.com, ahafizsg16@gmail.com

Abstract

Fiber concrete is the concrete which is mixed with fiber. The fiber was mixed into the concrete with the addition of fiber percentage. In this research, the fiber used was bendrat fiber. It had a diameter 0.8 mm which was cut be 1 cm, 2 cm, and 3 cm. Thus, the ratio (l/d) of fiber bendrat got 12,5 ; 25; and 37,5. Moreover, the amount of additional fiber used was 1 %, 2 % and 3 % from the amount of each cement ratio. In this research made 60 test concrete cylinder (150x300) mm in each of the 30 cylinder for testing compressive and 30 cylinders for testing tensile of the concrete. As for testing shear strength made 30 concrete specimen the shaped double-L (200x300x75) mm. The research results obtained that the wearing of a fiber ratio L/d = 12.5 will be able to enhance the tensile strength and shear strength of concrete where fiber consumption bendrat as much as 3% obtained the greatest tensile strength 2,41 MPa or increased twice from the concrete without fibres, while for maximum shear strength reach 4,94 MPa with an increase of 54% compared to concrete without fibres

Keywords: fiber concrete, steel fiber, tensile strength, shear strength

Abstrak

Beton serat adalah bahan beton yang dicampur dengan serat dengan persentase tertentu. Dalam penelitian ini, serat yang digunakan adalah serat bendrat. Serat bendrat berdiametere 0,8 mm dipotong-potong dengan panjang 1 cm, 2 cm dan 3 cm sehingga menghasilkan rasio L/d masing-masing 12,5; 25; dan 37,5. Sedangkan banyaknya serat yang ditambahkan terhadap volume berat yang digunakan masing-masing; 1%, 2% dan 3%. Dalam penelitian dibuat 60 silinder diameter 150 mm dengan tinggi 300 mm masing-masing 30 silinder untuk pengujian tekan dan 30 silinder untuk pengujian tarik belah beton. Sedangkan untuk pengujian geser beton dibuat 30 specimen beton berbentuk double-L berukuran (200x300x75) mm. Hasil penelitian diperoleh bahwa pemakaian serat dengan rasio L/d=12,5 akan dapat meningkatkan kuat tarik dan kuat geser beton dimana pemakaian serat bendrat sebanyak 3% diperoleh kuat tarik terbesar 2,41 MPa atau meningkat 2 kali dari beton tanpa serat, sedangkan untuk kuat geser maksimal mencapai 4,94 MPa dengan kenaikan 54% dibandingkan dengan beton tanpa serat.

Kata kunci : beton serat, serat bendrat, kuat tarik, kuat geser.

PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak dipakai dalam pembangunan suatu bangunan gedung, jalan, jembatan dan lainnya. Beton banyak digunakan dalam pembangunan dikarenakan beton mudah dibuat dan didapat karena beton terdiri dari campuran air, agregat halus, agregat kasar dan semen.

Beton juga mempunyai banyak kelebihan bila dibandingkan dengan bahan konstruksi yang lain, seperti mampu menerima kuat tekan dengan baik, kedap air, awet, mudah dibentuk dan mudah perawatannya. Selain itu beton juga mempunyai beberapa kekurangan, salah satunya yaitu beton memiliki kelemahan dalam kekuatan tariknya. Kelemahan kuat tarik tersebut juga mempengaruhi kekuatan geser dan lentur beton tersebut. Salah satu

cara untuk memperbaiki kelemahan tersebut adalah dengan menambahkan serat dalam campuran beton.

Beton serat adalah beton yang dalam campurannya diberi serat. Serat tersebut dicampur kedalam adukan beton dengan persentase penambahan serat dan rasio yang bervariasi. Dengan penambahan serat tersebut diharapkan dapat memberikan perbaikan terhadap kekuatan karakteristik beton dan sifat-sifat lain pada beton tersebut. Serat bendrat selain harganya cukup terjangkau juga sangat mudah didapatkan di Indonesia. Karena serat bendrat biasa digunakan untuk mengikat antar tulangan yang satu dengan tulangan yang lainnya. Selain itu serat bendrat juga memiliki sifat – sifat yang sama dengan serat baja.

Adapun tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pemakaian rasio serat bendrat dan persentase serat bendrat yang optimum pada campuran beton ditinjau dari sifat mekanik beton seperti kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat geser beton.

Penelitian terdahulu

Penelitian tentang optimasi diameter serat kawat berkait pada beton mutu tinggi telah dilakukan (Ariatama, 2007) dimana diperoleh kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton lebih tinggi dari beton normal. Sedangkan dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah didapatkan nilai yang optimal pada diameter 0,9 mm dengan panjang serat 67,5 mm. Untuk kuat tekan mengalami peningkatan 14,67% dibandingkan beton normal. Untuk kuat tarik belah mengalami peningkatan 33,46% dari beton normal. Dari pengujian kuat lentur beton didapatkan nilai yang optimal pada diameter 0,9 mm dengan panjang 54 mm. Pada pengujian kuat lentur diperoleh peningkatan 48,06% dibandingkan beton normal.

Penelitian tentang perilaku susut dan kuat tekan beton yang memakai serat kawat bendrat juga telah dilakukan (Saputra, 2011) dimana pemakaian 6% serat kawat bendrat akan meningkatkan kuat tekan beton sebesar 5,682%, sedangkan pemakaian 10% serat dapat mengurangi susut sebesar 7,93% serat kawat bendrat dapat menurunkan kelecakan beton

Pengujian pada kuat geser beton dengan menggunakan serat kawat bendrat (Lukito, 2011) juga menghasilkan bahwa penggunaan serat kawat bendrat sepanjang 3 cm berdiameter 1,0 mm dalam

campuran beton meningkatkan kuat geser beton sebesar 72% pada persentase 8% jumlah bendrat untuk uji geser double-L dan meningkatkan kuat geser beton sebesar 90 % pada persentase 8% jumlah bendrat untuk uji geser kubus.

Pengujian kuat tarik belah dan kuat lentur beton dengan memakai serat kawat bendrat (Widya, 2011) peningkatan terbesar diperoleh dengan memakai serat sebanyak 6% dari jumlah semen, dimana untuk kuat tarik belah terjadi peningkatan sebesar 36,89% dan untuk kuat lentur terjadi peningkatan sebesar 46,06%.

Beton Serat

Salah satu bahan tambah dalam campuran beton adalah serat (*fiber*). Beton yang diberi tambahan serat disebut dengan beton serat (*fiber reinforced concrete*). Serat yang ditambahkan dapat berupa asbestos, kaca, plastic, baja atau serat tumbuh-tumbuhan seperti rami dan ijuk. Konsep utama penambahan serat dalam campuran beton adalah untuk memperbaiki sifat-sifat mekanis pada beton yang terutama untuk menambah kuat Tarik beton dan mengingat bahwa kelemahan beton adalah sifat tariknya. Kuat Tarik yang rendah berakibat beton tersebut mudah retak, yang pada akhirnya mengurangi keawetan beton tersebut. Dengan adanya penambahan serat ternyata beton menjadi lebih tahan terhadap retak. Perlu diperhatikan bahwa penambahan serat pada beton tidak banyak menambah kuat tekan beton, namun hanya untuk menambah daktilitas dari beton tersebut

Serat Bendrat

Menurut Sudarmoko (Tjokrodinuljo, 1996: hal.122) jika serat yang dipakai memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada modulus elastisitas beton, misalnya modulus elastisitas baja, maka beton serat akan mempunyai kuat tekan, kuat tarik, maupun modulus elastisitas yang sedikit lebih tinggi dari beton biasa.

Kawat bendrat adalah kawat yang selama ini banyak digunakan sebagai pengikat antara tulangan besi memanjang dan tulangan geser (sengkang). Pada penelitian ini digunakan kawat bendrat karena kawat bendrat mempunyai kuat Tarik sebesar 38,5 N/mm², perpanjangan saat putus 5,5 % dan berat

jenis 6,68 (Suhendro, 2000) dan bila dibandingkan dari segi harga kawat bendrat lebih murah bila dibandingkan dengan harga kawat baja dan kawat biasa sehingga kawat bendrat sangat potensial digunakan untuk penelitian ini.

Pada penelitian ini kawat bendrat yang digunakan adalah yang berdiameter 0,8 mm. Kawat bendrat tersebut dipotong untuk menjadi serat dengan panjang 1 cm, 2 cm dan 3 cm maka didapat rasio 12,5 ; 25 ; dan 37,5. Serat bendrat dengan spesifikasi seperti ini mengikuti saran dari Balaguru, yakni menggunakan serat dengan ukuran panjang 12 mm hingga 38 mm, diameter antara 0,25 mm hingga 2,5 mm dan memiliki rasio panjang per diameter kurang dari 100 dikarenakan apabila dengan rasio yang melebihi 100, akan terjadi penggumpalan akibat serat saling mengunci pada saat pengadukan.

METODE PENELITIAN

Metode Pelaksanaan penelitian yang meliputi pemeriksaan serta pengujian bahan, sampai pada tahap pembuatan benda uji dan perawatan dilakukan di Laboratorium Teknologi Beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang.

Prosedur pembuatan rasio serat bendrat adalah sebagai berikut :

- Serat bendrat dengan diameter 0,8 mm dibersihkan dahulu dengan lap kering
- Kemudian serat tersebut dipotong menggunakan cutter but (gunting besi) dengan panjang 1 cm, 2 cm dan 3 cm.
- Sehingga rasio (l/d) serat bendrat yang didapat yaitu 12,5; 25; dan 37,5

Setelah selesai persiapan dan pemeriksaan alat dan bahan, maka dibuatlah benda uji sebanyak 30 benda uji silinder ukuran 150 mm x 300 mm untuk pengujian kuat tekan beton, 30 benda uji silinder ukuran 150 mm x 300 mm untuk pengujian kuat tarik belah beton, dan 30 benda uji double-L berukuran (200x300x75)mm untuk pengujian kuat geser beton.

Cara pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

- Hitung keperluan bahan susun beton seperti semen, air, agregat halus, agregat kasar dan bahan tambah yaitu serat bendrat.
- Agregat halus, agregat kasar, dan alat- alat pembuatan benda uji harus dalam keadaan SSD
- Pada waktu proses mixing yang pertama dimasukkan adalah agregat halus kemudian agregat kasar dan semen. Setelah tercampur secara merata kemudian dimasukkan air agar semua agregat tersebut tercampur secara merata. Setelah dilakukan mixing selama ± 2 menit lalu masukkan bendrat kedalam campuran tersebut. Selanjutnya proses mixing dilakukan selama ± 4 menit agar tercampur secara merata.
- Setelah proses pencampuran selesai masukkan adukan beton tersebut kedalam benda uji silinder baja dan benda uji double-L yang telah dilapisi minyak oli dimana setiap 1/3 isi silinder dan double-L ditusuk merata sebanyak 25 kali dengan batang baja.
- Setelah 24 jam benda uji dilepas dari dalam cetakan kemudian diberi kode / tanda lalu direndam dalam kolam/bak air untuk perawatan selama 28 hari.
- Setelah 28 hari benda uji dikeluarkan dari kolam/bak air lalu diukur diameter, tinggi dan berat dari setiap benda uji tersebut. Kemudian dilakukan pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton dan kuat geser beton.

Perencanaan campuran beton mengacu pada ACI Committee 544.1R-96 dengan hasil pemeriksaan bahan sebagai berikut :

- Kuat tekan rencana (fc’) 25 MPa
- Ukuran maks.agregat kasar 20 mm
- Nilai Slump 150 mm
- Berat jenis semen 3,15 gr/cm³
- Berat jenis agregat halus 2,75 gr/cm³
- Berat jenis agregat kasar 2,63 gr/cm³
- Fine modulus agregat halus 3

Tabel 1. Kebutuhan bahan per-m3 beton

Penambahan Persentase Serat Bendrat (%)	Semen (Kg/m ³)	Air (Kg/m ³)	Agregat Halus (Kg/m ³)	Agregat Kasar (Kg/m ³)	Berat Serat Bendrat (Kg/m ³)		
					Rasio 12,5	Rasio 25	Rasio 37,5
0	345	219	798,75	978,25	-	-	-

1	345	219	798,75	978,25	3,45	3,45	3,45
2	345	219	798,75	978,25	6,9	6,9	6,9
3	345	219	798,75	978,25	10,35	10,35	10,35

Tabel 2. Properties Benda Uji

Pengujian	Panjang Serat	Diameter Serat	Rasio (L/d)	Prosentase serat (%)	Bentuk benda uji	Jumlah
Uji Tekan	Tanpa Serat			0	Silinder (dia150-300) mm	3
				1		3
	10 mm	0.8 mm	12.5	2		3
				3		3
				1		3
	20 mm	0.8 mm	25	2		3
				3		3
				1		3
	30 mm	0.8 mm	37.5	2		3
				3		3
				0		3
	Uji Tarik	Tanpa Serat				0
			1	3		
10 mm		0.8 mm	12.5	2	3	
			3	3		
			1	3		
20 mm		0.8 mm	25	2	3	
			3	3		
			1	3		
30 mm		0.8 mm	37.5	2	3	
			3	3		
			0	3		
Uji Geser		Tanpa Serat			0	Double-L (200x300x75)mm
				1	3	
	10 mm	0.8 mm	12.5	2	3	
				3	3	
				1	3	
	20 mm	0.8 mm	25	2	3	
				3	3	
				1	3	
	30 mm	0.8 mm	37.5	2	3	
				3	3	
				0	3	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Bahan

Bahan penyusun campuran beton meliputi bahan semen, agregat halus, agregat kasar dilakukan pemeriksaan meliputi; berat jenis semen, kehalusan semen, konsistensi semen, *setting time* semen,

kadar lumpur agregat halus, analisa saringan agregat, berat jenis dan tingkat penyerapan agregat dan tingkat keausan agregat kasar. Hasil pemeriksaan memperlihatkan bahwa bahan semen dan agregat dapat digunakan untuk bahan penyusun dan merencanakan campuran beton. Hasil pemeriksaan selengkapnya tercantum pada Tabel 3,4 dan 5 berikut.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Semen

Jenis Pemeriksaan	Hasil pengujian	Persyaratan	Standart Pengujian
Berat Jenis	3.15 ton/m ³	3,15-3,17 ton/m ³	ASTM C-188144
Kehalusan	9 %	<10% diatas saringan 200	ASTM C-134-66
Konsistensi	26,67 %	-	ASTM C-187-71
Waktu Ikat Awal	130 menit	Lebih dari 60 menit	ASTM C-191-71
Waktu Ikat Akhir	175 menit	Kurang dari 8 jam	ASTM C-191-71

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

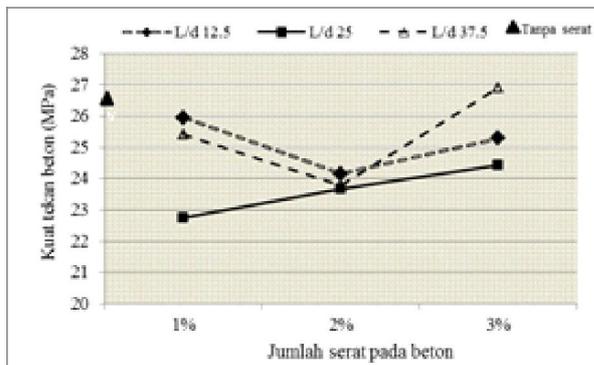
Jenis Pemeriksaan	Hasil pengujian	Persyaratan	Standart Pengujian
Lewat Saringan No. 200	2,1 %	≤ 5%	ASTM C-117
Analisa Saringan	Daerah Gradasi 1	-	ASTM C-136-46
	FM = 3.00	1,5 - 3,8	
Berat Jenis	2,75 ton/m ³	≥ 2,5 ton/ m ³	SNI –1970 –2008
Penyerapan	0,70 %	≤ 3 %	SNI –1970 –2008

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pengujian	Persyaratan	Standart Uji
Analisa Saringan	FM = 6,308	5 - 7	ASTM C-136-46
Berat Jenis	2.63 ton/m ³	≥2,5 ton/ m ³	SNI –1969 –2008
Penyerapan	1,85 %	≤ 3 %	SNI –1969 –2008
Abrasi (Keausan)	36,44 %	≤ 40 %	SNI –2417 –2008

Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton memperlihatkan bahwa penambahan serat pada campuran beton mengakibatkan terjadinya penurunan kuat tekan. Dari Gambar-1 diperoleh bahwa rasio dan jumlah persentase yang paling baik untuk menghasilkan kuat tekan adalah pada rasio 37,5 dan jumlah serat sebanyak 3 % dengan nilai kuat tekan sebesar 26,89 MPa. Hal ini diakibatkan beberapa kemungkinan antara lain; tidak tercampurnya serat secara acak dan merata pada saat proses pencampuran (*mixing*) beton, proses penggumpalan serat mengakibatkan tidak efektifnya peran serat menahan tarikan, potensi terjadinya korosif pada beton akibat tercampurnya serat baja dengan air. Hasil pengujian slump pada campuran beton segar memperlihatkan bahwa adanya penurunan tingkat workability beton dengan cenderung nilai slump berkurang seiring dengan penambahan serat baja pada beton.



Gambar 1. Hubungan kuat tekan beton dan jumlah serat

Tabel 6. Hasil pengujian slump beton

Rasio	Prosentase serat (%)	Nilai Slump (cm)
0	0	17
12.5	1	15
	2	14
	3	12
25	1	15.5
	2	14
	3	13
37.5	1	15
	2	14.5
	3	13

Tabel 7. Hasil pengujian sifat mekanik beton

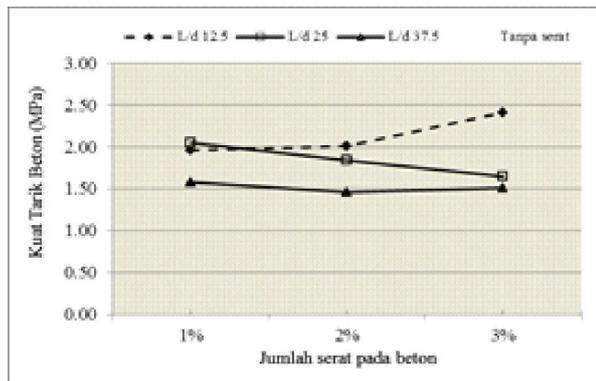
rasio L/d	% serat	Kuat tarik (MPa)	Kuat tekan (MPa)	Kuat geser (MPa)
0	0	1.23	26.70	3.21
12.5	1	1.96	25.95	3.70
12.5	2	2.01	24.16	4.44
12.5	3	2.41	25.29	4.94
25	2	1.84	23.68	3.95
25	1	2.05	22.74	3.46
25	3	1.65	24.44	4.69
37.5	1	1.58	25.40	5.19
37.5	2	1.46	23.79	5.68
37.5	3	1.51	26.89	4.20

Kuat Tarik Beton

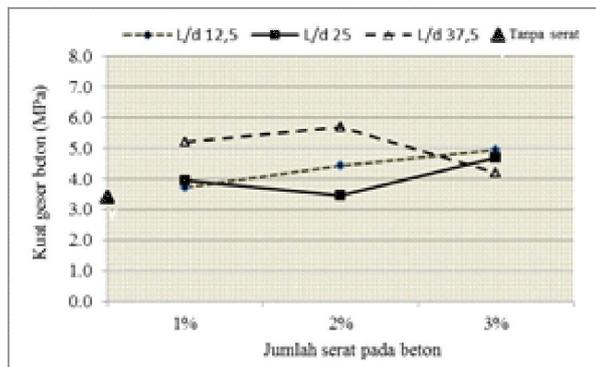
Hasil pengujian kuat tarik belah pada beton memperlihatkan bahwa jumlah serat dan panjang serat mempengaruhi nilai kuat tarik beton. Pemakaian serat baja yang panjang tidak terlalu baik pada kekuatan beton dalam menahan tarik walaupun jumlah serat ditambah persentasenya pada campuran beton. Penambahan serat 3% dengan rasio $L/d=12,5$ (serat pendek) akan meningkatkan kuat tarik beton hingga mencapai 2,41 MPa atau terjadi peningkatan kuat tarik hingga mencapai 2 kali dibanding dengan kuat tarik beton tanpa serat (1,23 MPa). Pemakaian serat dengan rasio $L/d = 25$ semakin banyak pemakaian serat cenderung menurunkan kuat tarik beton. Sedangkan pemakaian rasio serat $L/d = 37,5$ (serat panjang) kuat tarik beton cenderung tidak berubah secara signifikan dengan penambahan jumlah serat.

Kuat Geser Beton

Pengujian kuat geser beton dengan memakai benda uji berbentuk double-L ukuran (200x300x75) mm menghasilkan kuat geser beton terbesar terjadi pada pemakaian serat dengan rasio $L/d=37,5$ sebanyak 2% serat dimana kuat geser beton yang terjadi mencapai 5,68 MPa atau terjadi kenaikan penambahan jumlah serat pada beton, dimana kuat geser terbesar diperoleh pada pemakaian 3% serat baja dengan kuat geser sebesar 4,94 MPa atau meningkat 54% dibandingkan dengan beton konvensional (beton tanpa serat). Hal tersebut menjelaskan bahwa pemakaian serat dengan rasio L/d yang panjang tidak memberikan kuat geser yang meningkat secara proporsional dengan penambahan jumlah seratnya. Pemakaian serat dengan rasio $L/d=25$ (serat panjang) justru menghasilkan kuat geser beton yang hampir sama dengan beton konvensional. sebesar 76,9% dibandingkan kuat geser beton konvensional (beton tanpa serat). Tetapi jika dilihat dari kecenderungan peningkatan kuat geser beton, pemakaian serat dengan rasio $L/d=12,5$ lebih baik karena menghasilkan kuat geser yang terus meningkat dengan



Gambar 2 . Hubungan kuat tarik beton dan jumlah serat



Gambar 3 . Hubungan kuat geser beton dan jumlah serat

Pola Runtuh Beton Serat

Pola runtuh pada beton dengan penambahan serat bendrat pada pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton dan kuat geser beton menunjukkan bahwa serat bendrat mampu menahan benda uji beton tersebut untuk tidak langsung hancur pada waktu pengujian seperti pada Gambar-4

Pada waktu benda uji dibongkar setelah pengujian, serat bendrat tersebut masih tertempel pada salah satu sisi dari beton tersebut, hal itu bisa menunjukkan bahwa yang terjadi keruntuhan pertama pada benda uji beton tersebut adalah betonnya sedangkan serat bendratnya tidak mengalami crack seperti pada Gambar-5. Keruntuhan yang terjadi pada beton serat tersebut karena diakibatkan lepasnya lekatan antara serat dan beton bukan karena putusya serat akibat pembebanan pada waktu penngujian. Hal ini dapat menunjukkan bahwa dengan menambahkan serat bendrat pada campuran beton dapat meminimalisir keruntuhan lansung pada beton tersebut atau dapat mengurangi sifat getas beton.

Pola Runtuh Beton Serat

Pola runtuh pada beton dengan penambahan serat bendrat pada pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton dan kuat geser beton menunjukkan bahwa serat bendrat mampu menahan benda uji beton tersebut untuk tidak langsung hancur pada waktu pengujian seperti pada Gambar-4

Pada waktu benda uji dibongkar setelah pengujian, serat bendrat tersebut masih tertempel pada salah satu sisi dari beton tersebut, hal itu bisa menunjukkan bahwa yang terjadi keruntuhan pertama pada benda uji beton tersebut adalah betonnya sedangkan serat bendratnya tidak mengalami crack seperti pada Gambar-5. Keruntuhan yang terjadi pada beton serat tersebut karena diakibatkan lepasnya lekatan antara serat dan beton bukan karena putusnya serat akibat pembebanan pada waktu pengujian. Hal ini dapat menunjukkan bahwa dengan menambahkan serat bendrat pada campuran beton dapat meminimalisir keruntuhan langsung pada beton tersebut atau dapat mengurangi sifat getas beton.



Gambar 4. Pola keruntuhan tekan beton



Gambar 5. Pola keruntuhan tarik beton



Gambar 6. Pola kegagalan serat bendrat pada beton

KESIMPULAN DAN SARAN

Pemakaian serat bendrat pada beton tidak mempengaruhi kekuatan tekan beton bahkan jika penyebaran serat tersebut tidak merata dan cenderung menggumpal akan dapat mengurangi kekuatan tekan beton. Pengujian slump pada beton juga memperlihatkan workability beton makin kecil (adukan makin mengental).

Penggunaan serat bendrat akan meningkatkan kuat tarik pada pemakaian serat yang pendek dengan rasio $L/d=12,5$ dimana kuat tarik terbesar diperoleh pada pemakaian 3% serat bendrat dengan kuat tarik

mencapai 2,41 MPa atau meningkat dua kali dari beton tanpa serat. Sedangkan kuat geser beton juga cenderung meningkat pada pemakaian serat yang pendek (rasio $L/d=12,5$) dimana pemakaian 3% serat baja, kuat geser beton dapat mencapai 4,94% atau 54% dari kuat geser beton tanpa serat

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544.1R-96, 2002, *State of the art Report on Fiber Reinforced Concrete*.
- Ariatama, Ananta, 2007. *Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait Pada Kekuatan Beton*

- Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasai Diameter Serat*. Thesis. Teknik Sipil, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang : Tidak diterbitkan
- Balaguru, Perumalsamy N. and Shah, Suhendra P. 1992. *Fiber-Reinforced Cement Composites* (International Edition). Singapore: McGraw-Hill, Inc.
- Lukito, Ivan Christian, 2011. *Studi Perilaku Kuat Geser Beton Dengan Menggunakan Serat Kawat Bendrat*. Skripsi Teknik Sipil, Universitas Indonesia Jakarta : Tidak diterbitkan.
- Saputra Hendi L, Adi, 2011 “*Studi Perilaku Susut Kuat Tekan Pada Beton Dengan Menggunakan Serat Kawat Bendrat*” Skripsi Teknik Sipil, Universitas Indonesia Jakarta : Tidak diterbitkan.
- Suhendro, Bambang 2000, *Beton Fiber Lokal Konsep, Aplikasi dan Permasalahannya*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono, 2007, *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Penerbit Nafiri, Yogyakarta
- Widya Murti, Ayu. 2011 “*Studi Perilaku Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Pada Beton Dengan Menggunakan Serat Kawat Bendrat*”. Skripsi. Teknik Sipil, Universitas Indonesia Jakarta : Tidak diterbitkan