

Perbandingan Pengaruh Penambahan Serat Bendrat Lurus (*Straight*) Dengan Serat Bendrat Berkait (*Hooked*) Terhadap Perilaku Beton Dengan Beban Tekan Berulang

Poppy Nitiranda Faizah¹⁾

Eddy Purwanto²⁾

Laksmi Irianti³⁾

Abstract

In this research, the concrete mixture is added by the material of straight and hooked wire bendrat fibers. This addition aimed to study and compare the effect of adding bendrat fiber straight and hooked to the compressive strength, tensile strength and flexural strength in normal quality concrete with 0.75% fiber concentration and aspect ratio 60 with repeated press load. The test specimen compressive and tensile strength in the form of cylinders with a diameter of 15 cm and height 30 cm and the flexural strength test specimen in the form of beam with a length of 60 cm, width 15 cm and height 15 cm. Testing is done after 28 days. Concrete with additional hooked bendrat fiber is more able to withstand fatigue due to repeated load that generates more experienced loading intervals until concrete destroyed, the compressive strength at the 13th interval, 14th tensile and 6th flexural. The compressive strength, tensile and flexural maximum split occurred in the concrete with the addition of hooked bendrat fiber. However, the value did not increase significantly between the variations of straight bendrat fiber with hooked bendrat fiber. The maximum compressive strength in the hooked bendrat fiber of 34.5189 MPa, tensile strength of 3.2067 MPa and flexural strength of 8.9380 MPa.

Keywords: bendrat fiber, repeated press load, compressive strength, tensile strength, flexural strength.

Abstrak

Pada penelitian ini, campuran beton diberi bahan tambah serat dari kawat bendrat berbentuk lurus (*straight*) dan berkait (*hooked*). Penambahan ini bertujuan untuk mempelajari dan mengetahui perbandingan pengaruh penambahan serat bendrat lurus dan berkait terhadap kuat tekan, tarik belah dan tarik lentur pada beton mutu normal dengan konsentrasi serat 0,75% dan aspek rasio 60 dengan beban tekan berulang. Benda uji kuat tekan dan tarik belah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan benda uji kuat lentur berupa balok dengan panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm. Pengujian dilakukan setelah 28 hari. Beton yang diberi tambahan serat bendrat berkait lebih mampu menahan kelelahan akibat beban berulang yang menghasilkan lebih banyak interval pembebanan yang dialami beton hingga pecah, kuat tekan yaitu pada interval ke-13, tarik belah ke-14 dan lentur ke-6. Nilai kuat tekan, tarik belah dan lentur maksimal terjadi pada beton dengan penambahan serat bendrat berkait. Namun, nilainya tidak mengalami peningkatan yang cukup signifikan antara variasi serat bendrat lurus dengan serat bendrat berkait. Kuat tekan maksimal pada serat bendrat berkait sebesar 34,5189 MPa, kuat tarik belah maksimal pada serat bendrat berkait sebesar 3,2067 MPa dan kuat lentur maksimal pada serat bendrat berkait sebesar 8,9380 MPa.

Kata kunci : serat bendrat, beban tekan berulang, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat tarik lentur .

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: poppy.nitiranda@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. Surel: eddypurwanto55@gmail.com

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. Surel: laksmi.irianti@yahoo.co.id

1. PENDAHULUAN

Beton memiliki beberapa kelebihan diantaranya memiliki kekuatan tekan yang tinggi, tahan terhadap api dan cuaca, adukan beton mudah diangkut dan dibentuk sesuai kebutuhan, serta biaya perawatan yang cukup rendah. Dibalik kelebihannya, beton juga memiliki kelemahan diantaranya kuat tarik yang jauh lebih kecil dari kuat tekannya, serta memiliki sifat getas, sehingga hal ini menjadikan sangat terbatas pada pemakaiannya. Kuat tarik yang rendah ini dapat diatasi pengaruhnya dengan pemakaian baja tulangan, namun penambahan baja tulangan tidak memberikan hasil yang optimal sebab retak-retak melintang halus masih sering timbul disekitar daerah tarik beton sehingga dapat mempengaruhi keawetan suatu bangunan.

Keawetan suatu bangunan dipengaruhi juga oleh bertambahnya usia dan perubahan pembebanan. Fenomena perubahan beban dinamakan beban fatik atau beban berulang. Proses kerusakan fatik dimulai dari pembebanan berulang pada material selama waktu tertentu yang akan memicu terbentuknya inisiasi retak. Tegangan tarik kemudian akan memicu inisiasi retak untuk tumbuh dan merambat sampai terjadinya kerusakan (Setiawan, 2013).

Berbagai usaha sudah banyak dilakukan untuk mengurangi kerusakan yang dialami suatu konstruksi yaitu dengan mengatasi kelemahan yang dimiliki beton. Penambahan serat ke dalam adukan beton merupakan salah satu cara untuk dapat mengatasi kelemahan beton, yaitu dalam meningkatkan kuat tarik. Serat yang disebar secara merata dapat mencegah terjadinya retakan-retakan yang terlalu cepat, baik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan. Salah satu alternatif bahan tambah yang digunakan adalah serat baja (*steel fiber*). Mengingat di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi serat baja, sebagai alternatifnya pada penelitian ini digunakan bahan lokal yaitu kawat bendrat yang dipotong-potong sepanjang 60 mm dengan diameter 1 mm.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Beton

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI 2847,2013).

2.2. Sifat-Sifat Beton

Menurut Sugiyanto dan Sebayang (2005) dan Tjokrodinuljo (2007), sifat-sifat beton terdiri dari: keawetan (*durability*), kuat tekan, kuat tarik, berat jenis, modulus elastisitas, rangkai dan susut, serat kelecakan (*workability*).

2.3. Beton Serat (*Fiber Concrete*)

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari semen portland atau bahan pengikat hidrolis lainnya yang ditambah dengan agregat halus dan kasar, air, dan diperkuat dengan serat (Hannant,1978). Perbaikan yang dialami beton dengan adanya penambahan serat antara lain yaitu: daktilitas meningkat, kekuatan lentur dan tarik meningkat, ketahanan terhadap beban kejut meningkat, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue life*) meningkat dan penyusutan berkurang.

2.4. Bahan Pembentuk Beton

Material yang digunakan dalam pembentukan beton antara lain semen portland jenis PCC, air, agregat kasar, agregat halus, serat (*fiber*), *superplasticizer*.

2.5. Pembebanan Fatik (Kelelahan)

Fatik atau kelelahan adalah bentuk dari kegagalan yang terjadi pada suatu struktur akibat adanya beban dinamik yang terjadi dalam waktu lama dan berulang-ulang. Fatik menjadi penyebab utama kegagalan pemakaian di banyak konstruksi. Ada 3 fase didalam kerusakan akibat fatik, yaitu pengintian retak (*crack initiation*), perambatan retak (*crack propagation*) dan patah statik (*fracture*).

2.6. Landasan Teori

2.6.1. Kuat tekan beton

Berdasarkan standar ASTM C-39 (2003), uji tekan beton dilakukan pada benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian kuat tekan silinder beton menggunakan mesin tekan (*Compression Testing Mechine*) dengan kapasitas 1500 kN. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f'_{cf} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

2.6.2. Kuat tarik beton

Kuat tarik beton ditentukan dengan pengujian tarik belah (*splitting tension test*). Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tegangan tarik beton secara tidak langsung pada spesimen silinder yang direbahkan dan ditekan sehingga terjadi tegangan tarik pada silinder beton. Kuat tarik belah beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2)$$

2.6.3. Kuat tarik lentur beton

Uji kuat lentur beton dilakukan pada benda uji berbentuk balok beton bertulang dengan ukuran 150 x 150 x 600 mm. Balok diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji sampai benda uji patah. Kuat lentur batas (*ultimate flexure strength*) beton atau disebut juga modulus keruntuhan (*modulus of rupture*) adalah beban maksimum yang tercapai selama pembebanan. Menurut ASTM C-78 (1994), bila retak terjadi di 1/3 bentang bagian tengah, nilai modulus keruntuhan dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{Pl}{bd^2} \quad (3)$$

Berdasarkan pada pembebanan yang diberikan untuk balok beton dengan tumpuan sederhana dan besar masing-masing beban adalah $\frac{1}{2} P$, maka besarnya momen maksimum yang terjadi pada 1/3 bagian tengah bentang yaitu sebesar:

$$M = \frac{1}{6} PL \quad (4)$$

2.6.4. Kekuatan momen lentur penampang balok beton bertulang

Kekuatan momen lentur nominal untuk beton normal berdasarkan SNI T-15 (1991) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$M_n = C(d - 0,5a) \quad (5)$$

Pada analisa balok beton serat, kekuatan tarik beton serat diperhitungkan sebagai penambahan kontribusi pada tulangan tarik untuk memperoleh momen ultimit. Ada beberapa usulan yang menjelaskan tentang kekuatan momen lentur balok bertulang yang diberi serat menurut Purwanto (1999) yaitu Usulan Suhendro (1991), Usulan Henager dan Doherty (1976), serta Usulan Swamy dan Al-Ta'an (1981).

3. METODE PENELITIAN

3.1. Umum

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung. Kadar serat bendrat yang ditambahkan untuk masing-masing bentuk serat bendrat sebanyak 0,75% dari volume adukan beton. Benda uji berbentuk silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan benda uji balok beton dengan panjang 60 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm. Pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari.

3.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

3.2.1. Semen

Semen yang digunakan yaitu semen PCC (*Portland Composite Cement*) dengan merk dagang Semen Padang.

3.2.2. Agregat Halus dan Agregat Kasar

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir yang berasal dari daerah Gunung Sugih, Lampung Tengah. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah berasal dari daerah Tanjungan, Lampung Selatan dengan ukuran maksimum sebesar 20 mm.

3.2.3. Air

Air yang digunakan adalah air bersih yang tidak mengandung lumpur, minyak, garam yang dapat larut dan benda-benda lainnya yang dapat merusak beton. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung.

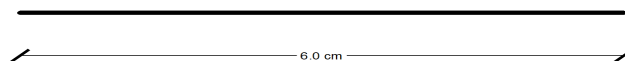
3.2.4. Tulangan

Tulangan baja yang dipakai adalah tulangan ulir dengan diameter 10 mm untuk tulangan memanjang pada benda uji balok.

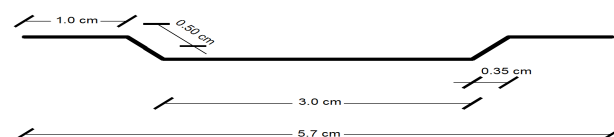
3.2.5. Serat

Serat yang digunakan adalah kawat bendrat yang memiliki diameter 1 mm dan dipotong-potong sepanjang 60 mm. *Volume fraction* (V_f) diambil 0,75% terhadap adukan beton.

Kawat bendrat yang digunakan berbentuk bendrat lurus (*straight*) dan berkait (*hooked*). Bentuk serat bendrat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Bentuk serat bendrat lurus (*straight*).



Gambar 2. Bentuk serat bendrat berkait (*hooked*).

3.2.6. Superplasticizer

Superplasticizer yang digunakan yaitu dari produk naptha 7055.

3.3. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan, oven, satu set saringan, cetakan benda uji, piknometer, botol *La Chatelier*, alat vicat, mesin pengaduk beton (*concrete mixer*), *slump test apparatus*, *VB-test apparatus*, mesin penggetar internal (*vibrator*), bak perendam, *Compressing Testing Machine* (CTM), *hydraulic jack*, *loading frame*, dan alat bantu

3.4. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Persiapan bahan

3.4.2. Pemeriksaan bahan campuran beton

Terdiri dari pengujian agregat halus dan pengujian agregat kasar sesuai dengan peraturan yang ada di ASTM, serta pengujian semen.

3.4.3. Perencanaan campuran beton (*mix design*)

Komposisi perancangan campuran beton menggunakan metode ACI Committee 544 (1993) dengan kekuatan yang direncanakan (f'_c) beton mutu normal.

3.4.4. Pembuatan benda uji

Tabel 1. Jumlah dan kode benda uji umur 28 hari.

Bentuk Serat	Tanpa Serat	Serat Lurus	Serat Berkait	Total
Kuat Tekan	T.0.1	T.L.1	T.B.1	27
	T.0.2	T.L.2	T.B.2	
	T.0.3	T.L.3	T.B.3	
Kuat Tarik Belah	TB.0.1	TB.L.1	TB.B.1	
	TB.0.2	TB.L.2	TB.B.2	
	TB.0.3	TB.L.3	TB.B.3	
Kuat Lentur	L.0.1	L.L.1	L.B.1	
	L.0.2	L.L.2	L.B.2	
	L.0.3	L.L.3	L.B.3	
Jumlah	9	9	9	

3.4.5. Perawatan terhadap benda uji (*curing*)

Perawatan ini dilakukan dengan cara merendam benda uji silinder dan balok dalam bak perendam, pastikan benda uji sudah terlepas dari cetakan setelah 24 jam.

3.4.6. Pelaksanaan pengujian

a. Uji kuat tekan beton

Pada pengujian ini benda uji diberikan beban berupa beban tekan berulang dengan pembebanan awal sebesar 10% dari kuat tekan karakteristik. Pembebanan akan dilakukan berulang sesuai dengan kelipatan dari pembebanan awal sampai beton mengalami hancur.

b. Uji kuat tarik belah beton

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban tekan berulang. Kuat tarik belah diambil 10% dari kuat tekan karakteristik dan besar beban berulang didapat dari 10% dari beban

maksimum. Beban maksimum diperoleh dari perkalian antara kuat tarik belah dengan setengah luas selimut silinder.

c. Uji kuat lentur beton

Kuat lentur diteliti dengan membebani balok setiap sepertiga bentang dengan beban titik 1/2P. Proses pembebanan dilakukan secara berulang sebesar 10% dari beban maksimum. Beban maksimum diperoleh dari nilai momen lentur ultimit penampang balok.

3.4.7. Analisis Hasil

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Material

Berdasarkan hasil pengujian material, diperoleh bahwa material penyusun beton telah memenuhi standar ASTM sehingga dapat digunakan pada campuran beton.

4.2. Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini perencanaan campuran beton menggunakan nilai f_{as} 0,44.

Tabel 2. Komposisi kebutuhan material per m³ beton dan serat bendrat.

Material (kg)	Bentuk Serat		
	Tanpa Serat	Serat Bendrat Lurus	Serat Bendrat Berkait
Semen	457,635	457,635	457,635
Agregat kasar	928,32	928,32	928,32
Agregat halus	662,697	662,697	662,697
Air	181,8	181,8	181,8
Superplasticizer	3,6611	3,6611	3,6611
Serat Bendrat	0	50,1	50,1

4.3. Nilai *Slump* dan *VB-time*

Pada penelitian ini, nilai *slump* yang direncanakan berkisar antara 75 – 100 mm. Pemakaian bahan tambahan *superplasticizer* dari produk naphtha 7055 pada adukan beton sebesar 0,8% dari berat semen untuk setiap variasi yang digunakan.

Tabel 3. Nilai *Slump* dan *VB-time*.

No.	Bentuk Serat	<i>Slump</i> (mm)	<i>VB-time</i> (s)
1.	Tanpa Serat	42	21,9
2.	Serat Bendrat Lurus	36	23,5
3.	Serat Bendrat Berkait	33	24,1

Nilai *slump* yang didapat dari hasil penelitian tidak sesuai dengan nilai *slump* yang direncanakan pada perhitungan *mix design*. *VB-time* yang diperoleh dari hasil *VB-test* menunjukkan bahwa tingkat kelecakan adukan beton serat cukup baik dan menghasilkan adukan yang mudah dikerjakan. Nilai *VB-time* berkisar antara 5 – 25 detik sesuai dengan pedoman dari ACI Committee 544 (1984).

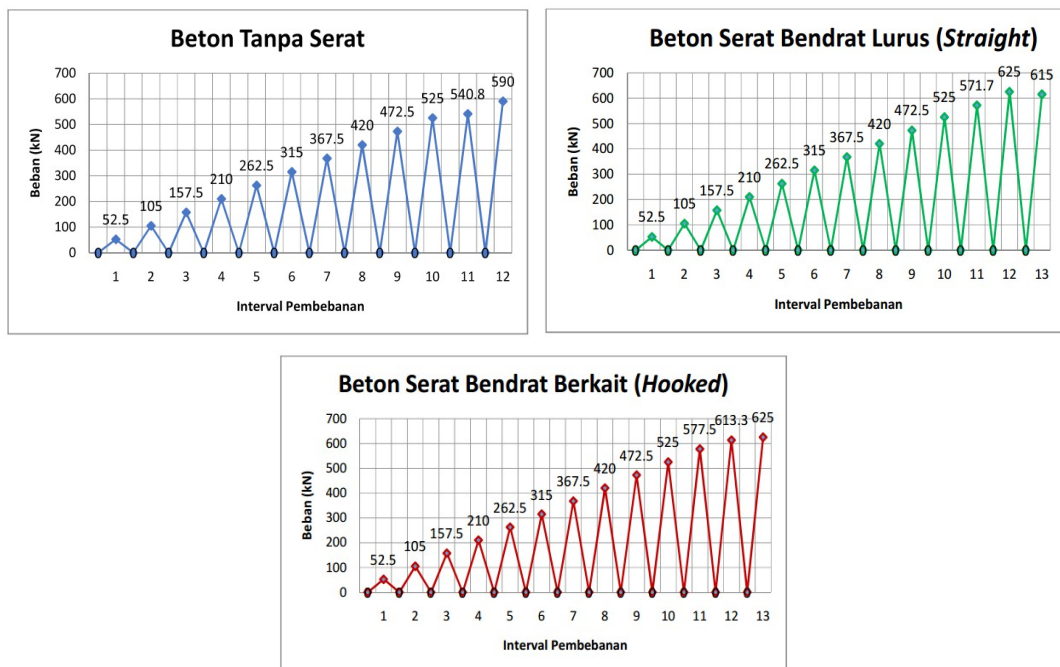
4.4. Berat Volume Beton

Berat volume beton adalah perbandingan berat beton dengan volumenya. Pengujian berat volume beton dilakukan sebelum diadakannya pembebanan terhadap benda uji silinder

dan balok. Nilai berat volume beton diketahui dengan cara menimbang dan mengukur dimensi benda uji, sehingga didapatkan berat dan volume benda uji tersebut. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa berat volume beton termasuk dalam beton normal yaitu berada pada kisaran 2300-2500 kg/m³. Berat volume yang beragam juga dapat dipengaruhi oleh proporsi campuran beton dan proses pemadatan beton segar saat pengecoran.

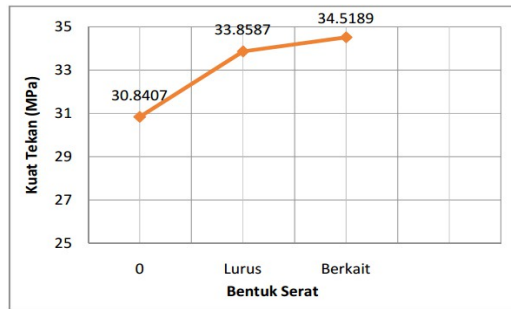
4.5. Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil perhitungan, didapat nilai pembulatan beban awal sebesar 52,5 kN. Kemudian pembebanan dilakukan secara berulang sesuai dengan kelipatan beban awal dan untuk setiap pembebanan baru skala beban dikembalikan ke angka 0 terlebih dahulu.



Gambar 3. Grafik beban berulang beton pada masing-masing variasi untuk uji kuat tekan.

Berdasarkan grafik-grafik yang disajikan di atas, yang berasal dari rata-rata nilai pembebanan berulang 3 benda uji pada masing-masing variasi menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan serat pada campuran adukan beton akan meningkatkan ketahanan beton terhadap kelelahan (*fatigue life*). Beton yang diberi tambahan serat bendrat berkait (*hooked*) lebih mampu menahan kelelahan akibat pembebanan berulang yang diberikan saat pengujian kuat tekan. Hal tersebut dapat dilihat dari lebih banyaknya interval pembebanan yang dialami beton hingga pecah, yaitu pada interval pembebanan ke-13. Meskipun pada beton serat bendrat lurus jumlah interval pembebanannya juga sama yaitu 13, namun beban maksimum yang diterima pada saat interval yang sama beton dengan serat bendrat berkait lebih mampu menahan beban yang sedikit lebih besar.

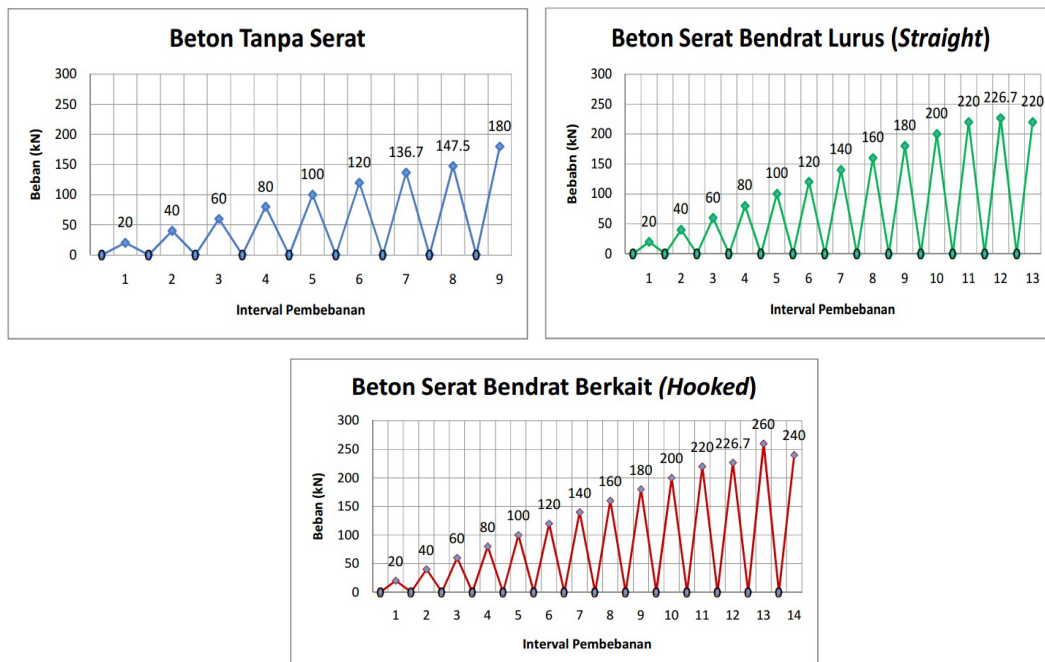


Gambar 4. Grafik hubungan antara bentuk serat dengan kuat tekan beton.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa dengan penambahan serat bendrat berkait (*hooked*) dalam campuran adukan beton menghasilkan kuat tekan beton tertinggi sebesar 34,5189 MPa dan mengalami peningkatan sebesar 11,9266% dari kuat tekan beton tanpa serat. Beton yang diberi tambahan serat bendrat lurus (*straight*) mengalami peningkatan 9,7859% dari kuat tekan beton tanpa serat, sedangkan peningkatan kuat tekan dari variasi serat bendrat lurus (*straight*) terhadap serat bendrat berkait (*hooked*) hanya sebesar 1,9499%. Hal ini membuktikan bahwa tidak terjadi peningkatan yang cukup signifikan antara variasi serat bendrat lurus (*straight*) dengan serat bendrat berkait (*hooked*). Peningkatan kuat tekan terjadi karena adanya serat yang menyebabkan beton menjadi lebih padat dan lebih daktail.

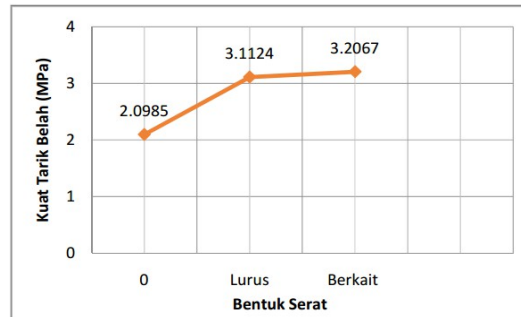
4.6. Kuat Tarik Beton

Berdasarkan hasil perhitungan, didapat nilai pembulatan beban awal sebesar 20 kN. Selanjutnya pembebanan dilakukan secara berulang sesuai dengan kelipatan beban awal dan untuk setiap pembebanan baru skala beban dikembalikan ke angka 0 terlebih dahulu.



Gambar 5. Grafik beban berulang beton pada masing-masing variasi untuk uji kuat tarik belah.

Dari grafik-grafik yang disajikan di atas, menunjukkan bahwa beton yang diberi tambahan serat bendrat berkait (*hooked*) lebih mampu menahan kelelahan akibat pembebanan berulang yang diberikan saat pengujian kuat tarik belah. Hal tersebut dapat dilihat dari lebih banyaknya interval pembebanan yang dialami beton hingga pecah, yaitu pada interval pembebanan ke-14.

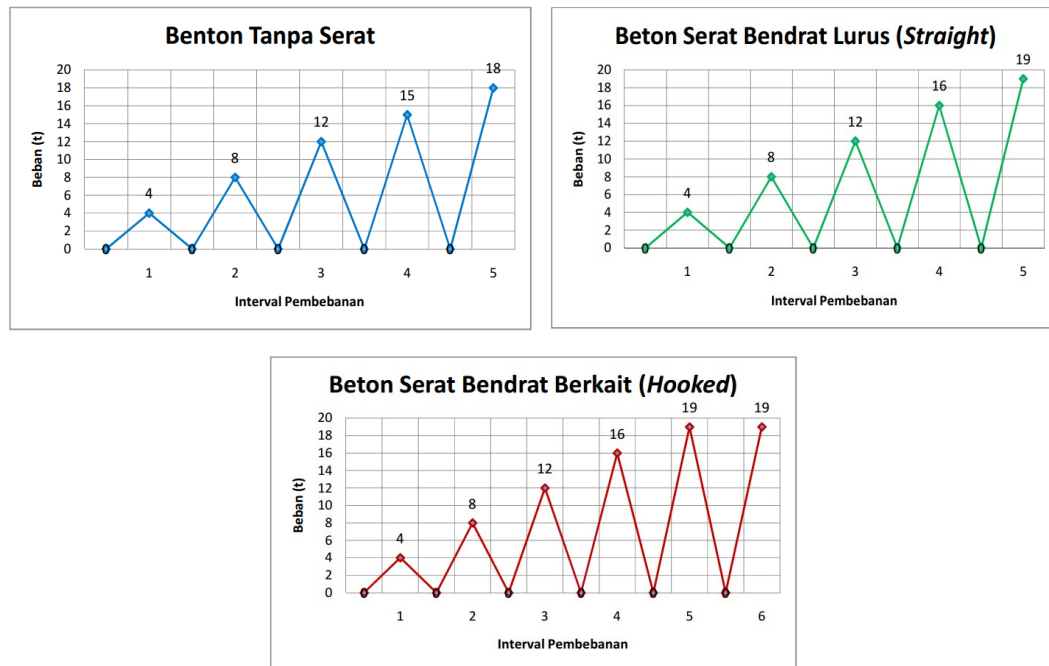


Gambar 6. Grafik hubungan antara bentuk serat dengan kuat tarik belah beton.

Penambahan serat bendrat berkait (*hooked*) dalam campuran adukan beton menghasilkan kuat tarik belah tertinggi sebesar 3,2067 MPa dan mengalami peningkatan sebesar 52,8090% dari kuat tarik belah beton tanpa serat. Beton yang diberi tambahan serat bendrat lurus (*straight*) mengalami peningkatan 48,3146% dari kuat tarik belah beton tanpa serat, sedangkan peningkatan dari variasi serat bendrat lurus (*straight*) terhadap serat bendrat berkait (*hooked*) hanya sebesar 3,0303%. Hal ini membuktikan bahwa tidak terjadi peningkatan kuat tarik belah yang cukup signifikan antara variasi serat bendrat lurus (*straight*) dengan serat bendrat berkait (*hooked*).

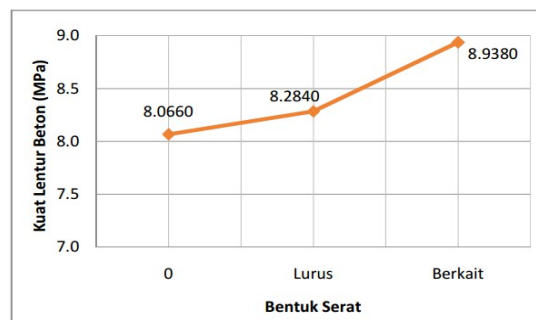
4.7. Kuat Tarik Lentur Beton

Berdasarkan hasil perhitungan, didapat nilai pembulatan beban awal sebesar 4 ton. Selanjutnya pembebanan dilakukan secara berulang sesuai dengan kelipatan beban awal dan untuk setiap pembebanan baru skala beban dikembalikan ke angka 0 terlebih dahulu. Grafik beban berulang beton pada masing-masing variasi untuk uji kuat tarik lentur dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik beban berulang beton pada masing-masing variasi untuk uji kuat tarik lentur.

Berdasarkan grafik-grafik yang disajikan di atas, membuktikan bahwa beton yang diberi tambahan serat bendrat berkait (*hooked*) lebih mampu menahan kelelahan akibat pembebanan berulang yang diberikan saat pengujian kuat tarik lentur. Hal tersebut dapat dilihat dari lebih banyaknya interval pembebanan yang dialami beton hingga pecah, yaitu pada interval pembebanan ke-6.



Gambar 8. Grafik hubungan antara bentuk serat dengan kuat tarik lentur beton.

Penambahan serat bendrat berkait (*hooked*) dalam campuran adukan beton menghasilkan kuat tarik lentur tertinggi sebesar 8,9380 MPa dan mengalami peningkatan sebesar 10,8108% dari kuat tarik lentur beton tanpa serat. Beton yang diberi tambahan serat bendrat lurus (*straight*) mengalami peningkatan 2,7027% dari kuat tarik lentur beton tanpa serat, sedangkan peningkatan kuat tarik lentur dari variasi serat bendrat lurus (*straight*) terhadap serat bendrat berkait (*hooked*) sebesar 7,8947%. Kuat tarik lentur yang meningkat pada beton serat bendrat terhadap beton normal (beton tanpa serat) diakibatkan karena pada beton normal gaya lentur yang terjadi hanya ditahan oleh beton

itu sendiri, sedangkan pada beton serat gaya tarik yang terjadi ditahan secara bersama-sama oleh beton dan serat bendrat.

Penambahan serat bendrat berkait memberikan kekuatan tekan, tarik belah dan lentur yang lebih besar dibandingkan dengan penambahan serat bendrat lurus, meskipun nilainya tidak jauh berbeda. Hal ini disebabkan karena bentuk geometri dari serat bendrat berkait (*hooked*) yang lebih dapat mengaitkan/mengikat material-material penyusun beton dibanding bentuk bendrat yang bentuknya lurus (*straight*). Serat-serat yang tersebar secara acak dalam beton akan menyilang retak pada beton dan menahan penyebaran retak dan pemisahan benda uji. Hasil penelitian membuktikan bahwa pada beton serat persentase peningkatan kuat tarik lentur dan kuat tarik belah yang terjadi lebih besar dari pada peningkatan kuat tekannya.

5. KESIMPULAN

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

- a. Bentuk geometri serat kawat bendrat yang berkait (*hooked*) mempengaruhi penurunan kelecakan, yaitu nilai *slump* lebih kecil dan *VB-time* semakin meningkat dibandingkan dengan serat kawat bendrat berbentuk lurus (*straight*) dan beton tanpa serat.
- b. Penambahan bahan kimia tambahan (*superplasticizer*) sebesar 0,8% dari berat semen pada adukan beton tidak berpengaruh besar terhadap *workability*. Hal ini dapat dilihat dari nilai *VB-time* yang besar dan nilai *slump* yang tidak sesuai dengan rencana.
- c. Penambahan serat pada beton dengan bentuk berkait (*hooked*) lebih mampu menahan kelelahan akibat pembebanan yang berulang untuk uji kuat tekan, tarik belah dan lentur dilihat dari lebih banyaknya interval pembebanan yang dialami beton hingga hancur.
- d. Dilihat dari peningkatan kekuatan antara serat bendrat lurus (*straight*) dan berkait (*hooked*) yang tidak berbeda jauh, sehingga lebih baik digunakan penambahan serat bendrat berbentuk lurus (*straight*) dalam adukan beton karena untuk mempermudah proses pengerjaan yaitu tidak perlu melakukan proses pembentukan serat bendrat lagi seperti yang dilakukan pada serat bendrat berbentuk berkait (*hooked*).
- e. Penambahan serat bendrat berkait (*hooked*) tidak memberikan kontribusi yang besar dalam peningkatan kuat tekan, sedangkan pada kuat tarik belah dan lentur, serat bendrat berkait (*hooked*) pada penelitian ini mempunyai kuat tarik yang tinggi dan dapat memberikan peningkatan kuat tarik yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544, 1984, *Guide for Spesifying, Mixing, Placing, and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete*, *ACI Journal*, Vol.81, No.2.
- ACI Committee 544, 1993, *Guide for Spesifying, Proportioning, Mixing, Placing and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete*, Report : ACI 544.3R – 93.
- ASTM C-39, 2003, *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.02, United States.
- ASTM C-78, 1994, *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.02, United States.
- Hannant, D.J., 1978, *Fibre Cements and Fibre Concretes*, John Wiley & Sons, New York.

- Henager, C.N., and Doherty, T.J., 1976, *Analysis of Reinforced Fibrous Concrete Beams*, *Journal of the Structural Division*, ASCE, V. 102, No. ST1, pp, 177-188.
- Purwanto, E., 1999, *Perilaku Fiber Lokal Pada Perilaku dan Kuat Torsi Ultimit Balok Beton Bertulang*, Tesis Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- Setiawan, W., 2013, *Pengaruh Beban Fatik Terhadap Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang*, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- SNI T-15, 1991, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Standar SNI T-15-1991-03, Yayasan LPMB Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- SNI 2847, 2013, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- Sugiyanto, Sebayang, S., 2005, *Teknologi Bahan*, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Suhendro, B., 1991, *Pengaruh Fiber Kawat Lokal Pada Sifat-sifat Beton*, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian UGM, Yogyakarta.
- Swamy, R.N., and Al-Ta'an, S.A., 1981, *Deformation and Ultimate Strength in Flexure of Reinforced Concrete Beams Made with Steel Fiber Concrete*, *ACI Journal*, *Proceeding* V. 78, No. 5, pp, 395-405.
- Tjokrodinuljo, K., 2007, *Teknologi Beton*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.