




Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Belah

Effect of Addition of Bendrat Wire Fibers in Concrete on Compressive Strength and Splitting Strength

Khairul Miswar^{a,*}, R. Dedi Iman Kurnia^a, Robi Yusmananda^b

^a Prodi Teknik Sipil Universitas Almuslim, Matangglumpangdua, Bireuen, Indonesia

^b Mahasiswa Prodi Teknik Sipil Universitas Almuslim, Matangglumpangdua, Bireuen, Indonesia

<p>Article Info</p> <hr/> <p>Keywords: Concrete bendrat wire fiber compressive strength of concrete splitting strength of concrete.</p>	<p>ABSTRACT</p> <p>Several studies that have been carried out in developed countries include conducting several experiments by adding steel fiber additives to the concrete mixture. However, because the price of the fiber is very expensive in Indonesia, bendrat wire fiber is used to replace the steel fiber in the concrete mixture. Bendrat wire fibers with a diameter of 1 mm were cut to a length of 4 cm and in the shape of a circle and straight for use in the concrete mixture which is estimated to be able to increase the compressive strength and splitting strength of concrete with cylindrical specimens with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm which were tested at 28 days of age. The amount of fiber to be used is 5% of the concrete volume. Wire fiber ratio $l/d < 100$ as a reference for fiber use. The results showed that the addition of bendrat wire fiber to the concrete mixture obtained a smaller slump test value than normal concrete. Normal concrete is higher than straight wire fiber concrete and ring wire fiber concrete, namely 12 cm normal concrete with 8 cm straight fiber concrete and 7.7 cm ring fiber concrete. Whereas the addition of wire fiber to the concrete mix increased the compressive strength of concrete from normal concrete by 21.39 MPa, the ring wire mixture increased by 22.37 MPa and the straight fiber mixture increased by 21.57 MPa. And for the tensile strength, it was obtained an increase from normal concrete of 2.90 MPa, an increase in the ringed wire fiber mixture of 3.96 MPa and a straight wire fiber increase of 3.35 MPa.</p>
<p>Info artikel</p> <hr/> <p>Kata Kunci: Beton serat kawat bendrat kuat tekan beton kuat belah beton</p> <p>Received: 9 Januari 2023 Accepted: 16 Januari 2023 Published: 31 Januari 2023</p>	<p>ABSTRAK</p> <p>Beberapa penelitian yang telah dilakukan pada negara maju termasuk melakukan beberapa percobaan dengan menambahkan bahan tambah serat baja dalam campuran beton. Namun dikarenakan harga serat itu sangat mahal di Indonesia, maka digunakan serat kawat bendrat untuk menggantikan serat baja tersebut pada campuran beton. Serat kawat bendrat berdiameter 1 mm dipotong dengan panjang 4 cm dan berbentuk lingkaran dan lurus digunakan dalam campuran beton yang diperkirakan mampu meningkatkan kuat tekan dan kuat belah beton dengan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang dites pada umur 28 hari. Jumlah serat yang akan digunakan 5% dari volume beton. Rasio serat kawat $l/d < 100$ sebagai acuan penggunaan serat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton didapatkan nilai slump test lebih kecil dibandingkan beton normal. Beton normal diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan beton serat kawat lurus dan beton serat kawat cincin yaitu beton normal 12 cm dengan beton serat lurus 8 cm dan beton serat cincin 7,7 cm. Sedangkan untuk penambahan serat kawat pada campuran beton meningkatkan kuat tekan beton dari beton normal 21,39 Mpa pada campuran kawat cincin meningkat sebesar 22,37 Mpa dan campuran serat lurus meningkat sebesar 21,57 Mpa. Dan untuk kuat tarik diperoleh peningkatan dari beton normal 2,90 Mpa mengalami peningkatan pada campuran serat kawat cincin sebesar 3,96 Mpa dan serat kawat lurus meningkat sebesar 3,35 Mpa.</p> <p>Copyright ©2023 The Authors This is an open access article under the CC-BY-SA 4.0 International License</p> 

PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan konstruksi yang sangat penting dan paling dominan digunakan pada struktur bangunan. Beton sangat diminati karena bahan ini merupakan bahan konstruksi yang mempunyai banyak kelebihan antara lain mudah dikerjakan dengan menggunakan bahan campuran semen, agregat, air, dan bahan tambahan lain bila diperlukan dengan perbandingan tertentu. Salah satu usaha pengembangannya ialah dengan memperbaiki sifat dari kelemahan beton yaitu tidak mampu menahan gaya tarik, dimana nilai kuat Tarik beton berkisar 9%-15% dari kuat . Para peneliti negara- negara maju seperti Amerika Serikat dan Inggris telah melakukan beberapa eksperimen dengan menambahkan bahan tambah yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada adukan beton. Salah satu alternative bahan tambah yang digunakan yang bersifat fisikal adalah serat baja (steel fiber).

Beton berserat adalah bagian dari komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat ini dapat berupa batang-batang ataupun lembaran-lembaran. Beton serat dapat berupa serat metal (kawat

* Corresponding authors | Khairul Miswar | Prodi Teknik Sipil Universitas Almuslim, Matangglumpangdua, Bireuen, Indonesia.

Alamat e-mail | airolmiswar@yahoo.co.id



<https://doi.org/10.51179/rkt.v7i1.1829>



<http://www.journal.umuslim.ac.id/index.php/rkt>

Miswar, K., Kurnia, R.D.I., Yusmananda, R. (2023). Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Belah. *Jurnal Rekayasa Teknik dan Teknologi (Rekatek)*, 7(1), 12–17.

pengikat/bendrat atau serat mesh), serat polimer (serat karbon acrylic, polypropylene) serat kaca (glass fiber) dan serat alamiah (serat tumbuhan yang mencakup rami, bambu, ijuk dan serat kelapa).

Pemakaian serat baja sebagai bahan campuran adukan beton untuk struktur bangunan belum banyak dikenal dan digunakan di Indonesia. Hal tersebut dikarenakan serat baja yang dimaksud sulit didapatkan karena keberadaannya yang harus mendatangkan dulu dari luar negeri, sehingga sangat tidak ekonomis. Untuk mengatasi masalah tersebut peneliti terdahulu telah mencoba menggunakan bahan lokal yang banyak tersedia dipasaran dengan harga yang relative lebih murah, yaitu dengan serat kawat bendrat. Dari pertimbangan itulah penulis bermaksud melakukan penelitian tentang “Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Beton Terhadap Kuat Tekan dan Belah”

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Studi Literatur

Mengumpulkan serta mempelajari daftar pustaka yang berkaitan dengan penelitian dan pembahasan. Maksud dari Literatur ialah makna yang belum mengalami perpindahan penerapan kepada referensi yang lain atau makna yang lugas (Wijaya & Rohmadi, 2011).

Pengujian laboratorium

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisis material terhadap bahan-bahan yang akan dipakai dan dilanjutkan dengan mix design agar bisa melakukan pembuatan benda uji.

Parameter Data

- Variabel terikat adalah penggunaan *beton K-250* sebagai bahan uji
- Menggunakan Air di Labortorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Almuslim
- Semen yang digunakan adalah Semen Andalas Indonesia
- Agregat menggunakan agregat halus berupa pasir dan Agregat kasar berupa kerikil (dari Krueng Peusangan)
- Serat Kawat yang akan digunakan ialah kawat bendrat dipotong-potong sepanjang 4-6 cm, kawat bendrat berbentuk lingkaran/cincin dan lurus.

Slump Test

Sebelum mempersiapkan benda uji, terlebih dahulu dilakukan *slump test* agar nilai *slump test* tersebut menjadi acuan untuk proses campuran material serat kawat.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat

a) Material Agregat

Apabila menggunakan material untuk dua metode berbeda, maka akan mengakibatkan berat beton yang berbeda pula. Dalam metode ACI untuk 1 m³ volume beton beratnya adalah 2395,6 kg yang dibedakan menjadi agregat halus dan agregat kasar. Pengujian material dimaksudkan untuk mengetahui data awal mengenai material yang akan dipakai nantinya.

b) Kadar Air Agregat

Kadar air yang diperoleh dari hasil penelitian berdasarkan agregat kering oven dan juga agregat dalam keadaan kering permukaan atau Saturated Surface Dry (SSD). Dalam menggunakan agregat kasar pada beton, diperlukan kandungan air campuran lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan agregat halus untuk mencapai workbilitas yang sama. Persentase yang didapat dari kadar air agregat bertujuan untuk mengetahui banyaknya kandungan air pada saat pencampuran beton.

c) Berat Volume Agregat

Hasil lengkap perhitungan berat volume (*bulk density*) agregat diperlihatkan pada Lampiran A1 halaman 45. Pengukuran berat volume rata-rata yang diperoleh untuk setiap jenis agregat diperlihatkan pada Tabel 4.1. Adapun untuk data perhitungan *Sieve Analysis* material dapat dilihat pada Lampiran A2 halaman 46. Agregat yang digunakan dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai material pembentuk beton sebagaimana yang dikemukakan oleh Orchard (1979), berat volume agregat yang baik lebih besar dari 1,445 kg/l.

Tabel 4.1 Hasil perhitungan berat volume

No.	Jenis Agregat	Berat Volume (Kg/l)
1	Kerikil	1,592
2	Pasir	1,623

(Sumber : Penulis)

d) Analisa Saringan Agregat

Analisa gradasi juga dapat diketahui modulus kehalusan butirnya (Finenes Modulus) dengan nilainya didapatkan dari jumlah kumulatif persentase yang tertahan dalam suatu susunan saringan dibagi 100. Apabila finnes modulusnya besar maka menunjukkan semakin besar atau kasar pula suatu agregat. Berdasarkan hasil yang diperoleh didapatkan analisa gradasi campuran termasuk kedalam kelompok pasir agak kasar. Sehingga dapat digunakan untuk pemeriksaan perencanaan campuran agregat beton.

Tabel 4.1 Hasil perhitungan berat volume

No.	Jenis Agregat	Berat Volume (Kg/l)
1	Kerikil	1,592
2	Pasir	1,623

(Sumber : Penulis)

e) Kadar Lumpur

Kadar lumpur yang terdapat dalam agregat dalam keadaan tinggi dapat menyebabkan kurang sempurnanya ikatan antara pasta semen dengan agregat. Sehingga menyebabkan berkurangnya kekuatan beton dan berat isinya. Serat terkelupas permukaan beton, luntur warna dari beton tersebut, tidak kuat terhadap serangan karat dan memperlambat hidrasi semen.

f) Susunan Butiran Agregat

Data yang diperoleh dari analisa saringan nantinya digunakan untuk melihat susunan butiran agregat dalam campuran beton. Hasil perhitungan susunan butiran diperlihatkan pada Lampiran A4 halaman 48. Nilai fineness Modulus dari analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 4.3. Fineness Modulus tersebut telah memenuhi ketentuan ASTM (Anonim, 2004) yaitu diantara 5,5 – 8,0 untuk kerikil, diantara 2,9-4,2 untuk pasir kasar dan diantara 2,2 – 2,6 untuk pasir halus.

g) Kandungan Bahan Organik

Hasil pemeriksaan kandungan bahan organik pada agregat halus menunjukkan bahwa warna larutan yang timbul adalah kuning muda. Hal ini menandakan bahwa pasir yang digunakan untuk campuran beton adalah kategori tidak mengandung bahan organik berlebihan dan bisa digunakan dalam bahan campuran beton. Sementara untuk pemeriksaan kadar organik agregat tidak dilakukan perhitungan, hanya saja dilakukan pemeriksaan warna dari hasil pengujian kadar organik halus dengan larutan hidrosida (3%) maka hasil yang didapat menunjukkan larutan berwarna kuning muda.

Pembahasan

Pemeriksaan sifat-sifat fisis material

Berat volume agregat

Berat volume agregat yang digunakan merupakan perbandingan antara berat agregat kering dengan volume yang ditempatinya. Agregat yang digunakan pada penelitian ini dapat digunakan sebagai material pembentuk beton sebagaimana yang dikemukakan oleh Orchard (1979), berat volume agregat yang baik lebih besar dari 1,445kg/l.

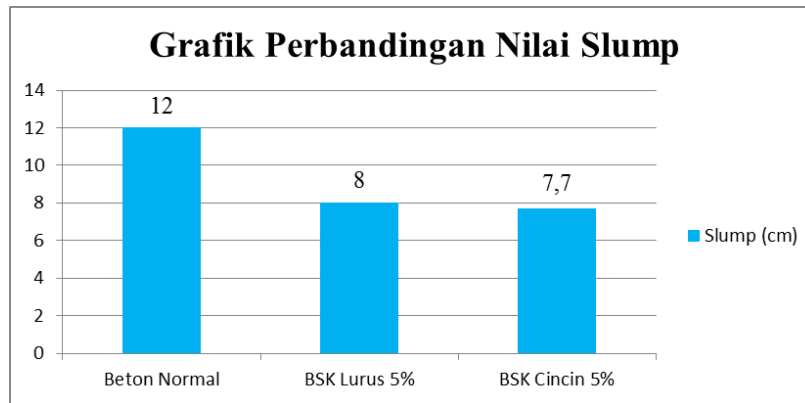
Berat jenis dan absorpsi

Berat jenis agregat yang diperoleh dari hasil penelitian berdasarkan agregat kering oven (OD) dan agregat dalam keadaan kering permukaan (SSD), sehingga menjadi tolak ukur untuk menentukan bobot isi beton. Adapun maksud dari Specific Gravity (SG) ialah perbandingan antara densitas materi dengan densitas air pada suhu 4°C. Dipergunakannya air pada suhu tersebut disebabkan pada temperatur tersebut air memiliki densitas paling besar yaitu 1000 Kg/m³.

Adanya pori dan rongga dalam agregat sangat erat hubungannya dengan berat jenis dan daya resapan agregat tersebut. Hasil yang diperoleh juga sesuai dengan apa yang dibolehkan sehingga dapat menentukan langsung banyak agregat dalam pencampuran beton. Perlu diketahui semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka akan semakin kecil daya serap air agregat. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa berat jenis kerikil SSD sebesar 2,505, OD 2,456. Sedangkan untuk pasir SSD sebesar 2,511 dan OD sebesar 2,427.

Pengujian Slump

Dari data hasil pengujian tabel 4.6 hasil pengujian benda uji, didapatkan grafik perhitungan nilai slump antara beton normal, beton campuran kawat serat lurus dan cincin (5%) :

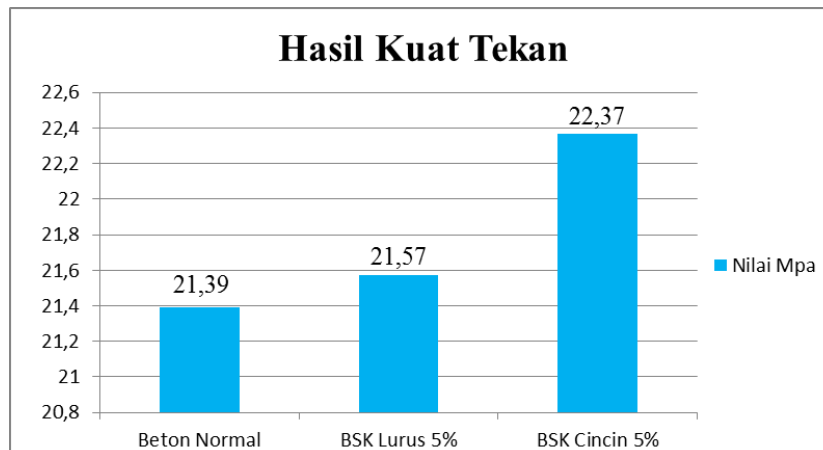


Nilai Slump yang diperoleh dari beton normal jauh lebih besar dibandingkan dengan beton serat kawat cincin dan beton serat lurus. Berdasarkan gambar 4.1 hasil yang didapat yaitu beton normal 12 cm dengan beton serat lurus 8 cm dan beton serat cincin 7,7 cm.

Nilai slump yang diperoleh turun dengan bertambahnya kadar serat dalam campuran beton, sama dengan jumlah pasta semen (air dan semen) yang penambahan bahan yang dapat mengurangi keenceran adukan beton. Pengaruh dari bentuk serat juga berpengaruh terhadap nilai slump yang didapat. Hal ini terlihat dari bentuk serat kawat cincin memiliki nilai yang lebih kecil dari serat kawat lurus dan beton normal. Didasari akibat kawat yang saling berhubung atau saling terikat.

Hal di atas juga di perkuat oleh Suhendro (2008) makin besar jumlah serat yang ditambahkan dalam campuran beton akan mempersulit fiber dispersion dan menurunkan kelecakan (*workability*) dan adukan yang ditandai dengan turunnya nilai slump. Selain itu makin besar aspect ratio (nilai banding antara panjang serat dengan diameter serat) juga akan mempengaruhi *workability*.

Kuat Tekan Beton

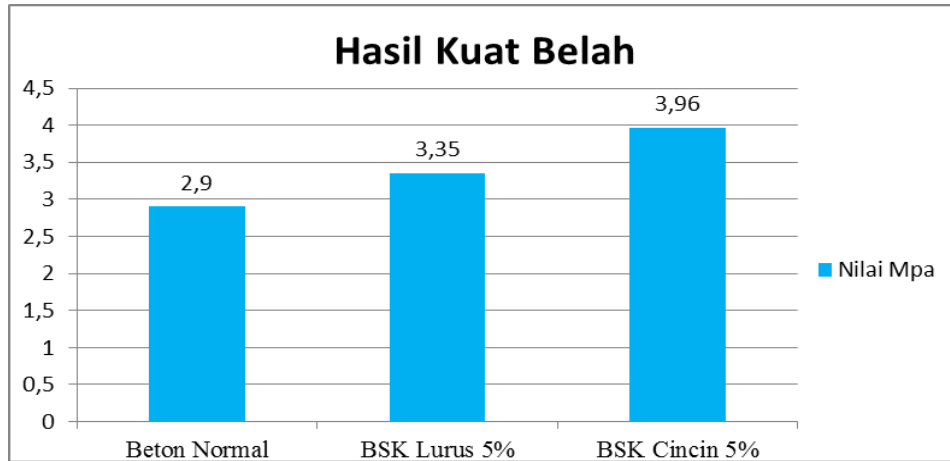


Data hasil uji kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan serat kawat bendrat dengan berbagai variasi menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata benda uji yang menggunakan serat kawat semakin meningkat dari beton normal. Berdasarkan gambar 4.2 di atas nilai kuat tekan beton normal adalah sebesar 21,39 MPa, sedangkan beton serat campuran 5% kawat bendrat untuk campuran beton serat kawat lurus sebesar 21,57 MPa dan untuk campuran beton serat kawat cincin naik lebih besar dari beton normal dan beton serat kawat lurus sebesar 22,37 MPa.

Adapun hasil diatas dapat menjadi perbandingan persentase antara beton normal dengan beton serat kawat lurus sebesar 99,16% (selisih 0,18 Mpa), beton normal dengan beton serat kawat cincin sebesar 95,61% (selisih 0,98 Mpa) dan beton serat kawat lurus dengan beton serat kawat cincin sebesar 96,42% (selisih 0,8 Mpa).

Fenomena ini terjadi karena serat cincin akan lebih menyatu ketika menerima beban tekan, sedangkan serat kawat lurus mengalami sedikit pergeseran antar kawat. Disamping itu yang lebih penting dari pengujian kuat tekan ini adalah mekanisme keruntuhan pada pengujian tekan juga berubah drastis dari bersifat getas untuk beton biasa menjadi bersifat liat untuk beton serat kawat bendrat.

Kuat Tarik Belah Beton



Sama halnya dengan kuat tekan beton, data hasil uji kuat tarik beton normal dengan beton yang menggunakan serat kawat bendrat dengan berbagai variasi menunjukkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata benda uji yang menggunakan serat kawat semakin meningkat dari beton normal.

Berdasarkan grafik diatas dapat kita simpulkan bahwa dengan penambahan serat pada campuran beton dapat meningkatkan nilai kuat tarik belah beton. Untuk beton normal didapat sebesar 2,90 Mpa sedangkan beton serat campuran 5% kawat bendrat untuk campuran beton serat kawat lurus naik menjadi 3,35 MPa dan untuk campuran beton serat kawat cincin naik signifikan dari beton normal dan beton serat kawat lurus sebesar 3,96 MPa. Adapun hasil diatas dapat menjadi perbandingan persentase antara beton normal dengan beton serat kawat lurus sebesar 86,56% (selisih 0,45 Mpa), beton normal dengan beton serat kawat cincin sebesar 73,23% (selisih 1,06 Mpa) dan beton serat kawat lurus dengan beton serat kawat cincin sebesar 84,59% (selisih 0,61 Mpa). Hal ini didapatkan karena serat cincin akan lebih mengait antara satu dengan yang lainnya ketika menerima beban tarik, sedangkan serat kawat lurus mengalami sedikit pergeseran antar kawat yang tidak bias menyatu satu sama lain.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian ini dapat diambil kesimpulan diantaranya yaitu :

1. Penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton didapatkan nilai *slump test* lebih kecil dibandingkan beton normal. Beton normal diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan beton serat kawat lurus dan beton serat kawat cincin yaitu beton normal 12 cm dengan beton serat lurus 8 cm dan beton serat cincin 7,7 cm.
2. Penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton sebesar 22,37 Mpa untuk bentuk cincin dan sebesar 21,57 Mpa untuk bentuk lurus pada umur 28 hari dengan komposisi campuran serat 5% dibandingkan dengan beton normal kuat tekan didapatkan sebesar 21,39 Mpa.
3. Peningkatan kuat tarik belah beton juga didapat pada penambahan serat kawat bendrat sebesar 3,96 Mpa untuk bentuk cincin dan sebesar 3,35 Mpa untuk bentuk lurus pada umur beton 28 hari dengan komposisi campuran serat 5% dibandingkan dengan beton normal kuat tarik belah yang didapat sebesar 2,90 Mpa.
4. Campuran beton yang ditambahkan serat kawat bendrat meningkatkan workability beton menjadi lebih sulit dalam proses pengerjaannya.
5. Beton dengan kekentalan campuran adalah beton normal + serat kawat cincin yaitu sebesar 7,7 cm
6. Beton dengan nilai kuat tekan tertinggi diperoleh dari beton normal + serat kawat sebesar 22,37 Mpa dan begitu juga untuk beton dengan kuat tarik tertinggi diperoleh dari beton normal + serat kawat cincin dengan campuran 5%.

Saran

Adapun saran-saran yang dapat disampaikan setelah melakukan penelitian pengaruh penambahan serat kawat bendrat kedalam beton ialah :

1. Hal perlu diperhatikan ialah ketika mencampurkan serat kawat kedalam adukan beton, lakukan dengan perlahan atau berhati-hati agar kawat tidak menggumpal pada saat pencampuran.
2. Masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar dapat mengetahui hasil yang lebih beragam dari pengaruh penambahan serat kawat bendrat, terlebih dengan variasi bentuk serat kawat yang berbeda dan banyaknya campuran serat kawat.
3. Untuk referensi atau daftar pustakan lain dapat dilihat cara dan metode pengerjaannya agar kawat bisa tercampur merata kedalam campuran dan hasil yang diperoleh dapat diterapkan.
4. Pastikan dalam memotong benda uji selalu berhati-hat dan pakailah sarung tangan standar agar terhindar dari goresan benda uji yang tajam.
5. Pastikan benda uji serat kawat yang dipotong lurus, dipotong secara perlahan agar tidak saling menggumpal, sedangkan untuk benda uji serat kawat cincin buatlah cetakan berupa batangan untuk mempermudah proses pemotongan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544. (1982). *State of the art report on fiber reinforced concrete – report : ACI 544 IR-82*. Farmington Hills : American Concrete Institute
- Ananta, (2007). *Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Bendrat Berkait pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasai Diameter Serat*. Semarang: Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Dipohusodo, I., (1994), *Struktur Beton Bertulang*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Fawzi, Eddy dan Crisna (2013). *Pengaruh Campuran Kawat Bendrat Terhadap Kekuatan Balok Beton dengan Mutu 20 Mpa*. Pontianak : Fakultas Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak.
- Foermansah, Rony., (2013). *Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Kawat Bendrat Berbentuk “W” sebagai Bahan Tambah*, Tuga Akhir, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Julianda, Manalip. (2019). *Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton Serat Kawat Bendrat dengan Variasi Sudut Tekuk pada Kedua Ujungnya*. Manado : Fakultas Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Juwarnoko. (2019). *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton*. Semarang : Fakultas Teknik Sipil Universitas Semarang
- Krisna, Eddy. (2018). *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Kapasitas Kuat Tekan dan Kuat Lentur*. Lampung : Fakultas Teknik Sipil Universitas Lampung.
- Nawy, Edward G., (1985), *Beton Bertulang, Suatu Pendekatan Dasar*, Terjemahan oleh Bambang Suryoatmono, 1990, PT ERESCO, Bandung
- Soroushin, & Bayasi (1991). *Concrete of Fiber Reinforced Concrete*. Proceeding of The International Seminar on Fiber Reinforced Concrete, Michigan University, Michigan
- Sudarmoko, & Sujatmiko., (2001). *Pengaruh Konsentrasi Serat Baja Harex Terhadap Workabilitas, Kuat Tekan, Ketahanan Impak dan Abrasi pada Beton*. Jurnal Forum Teknik, 25(1), 40-51
- Sudarmoko, & Yanuar, Y. (1998). *Kuat tekan, ketahanan kejut, dan modulus elastik beton baya polypropylene*. Forum Teknik 1998, XXII(1)
- Suprihatin, Nur., (2013). *Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Kawat Bendrat Berbentuk “W” sebagai Bahan Tambah*, Jurnal, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Tjokrodimuljo, K., (1996), *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Tjokrodimulyo, Kardiyono. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Nafiri Edisi Pertama.
- Widodo, Aris. (2012). *Pengaruh Penggunaan Potongan Kawat Bendrat Pada Campuran Beton dengan Konsentrasi Serat Panjang 4 cm Berat Semen 350 Kg/m³ dan FAS 0,5*. Semarang : Fakultas Teknik Sipil Universitas Semarang