

PEMERIKSAAN KUAT TARIK BELAH BETON SERAT KAWAT BENDRAT DENGAN VARIASI SUDUT TEKUK PADA KEDUA UJUNGNYA

Julianda Astari Kawulusan

H. Manalip, Servie O. Dapas

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: julianda.kawulusan@yahoo.co.id

ABSTRAK

Beton merupakan bahan konstruksi masyarakat modern dan merupakan salah satu unsur yang sangat penting dalam pembuatan elemen struktur. Disamping mempunyai kelebihan, beton juga mempunyai kelemahan yaitu kuat tarik yang rendah. Salah satu upaya untuk meningkatkan kuat tarik beton adalah dengan menambahkan serat-serat pada adukan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Panjang serat kawat bendrat total masing-masing 60 mm dengan 3 variasi sudut (0° , 45° , 90°). Untuk panjang kawat bendrat (0°) adalah 60 mm, sedangkan untuk panjang kawat bendrat sudut tekuk (45° dan 90°) adalah 40 mm lurus dari tengah kawat bendrat dan tekukan pada kiri kanan kawat bendrat adalah 10 mm. Serat kawat bendrat berdiameter ± 1 mm. Persentase penggunaan bahan tambah serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya: 0,00%, 0,25%, 0,50%, 0,75% dan 1,00% dari berat total benda uji silinder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Adanya penambahan serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya (45° dan 90°) tidak berpengaruh secara signifikan pada nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik belah beton, akan tetapi pada sudut 0° mengalami peningkatan secara signifikan pada nilai kuat tekan. Semua variasi sudut, hasil persentase optimal penambahan serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya terhadap pemeriksaan kuat tekan dan kuat tarik belah beton didapat pada variasi sudut 0° dengan persentase kawat bendrat sebesar 0,25% dan 0,75% dengan hasil 29,707 MPa dan 3,437 MPa. Dilihat dari beton normal, persentase peningkatan kuat tekan beton sebesar 11,429% dan kuat tarik belah beton sebesar 3,743%.

Kata Kunci : Serat Kawat Bendrat, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dengan semakin banyaknya beton dalam dunia konstruksi saat ini, maka beton merupakan bahan kebutuhan untuk masyarakat modern masa kini dan menjadi salah satu unsur yang sangat penting dalam pembuatan struktur.

Di Indonesia hampir seluruh konstruksi bangunan menggunakan beton sebagai bahan bangunan, seperti pada konstruksi bangunan gedung, jembatan, jalan, bendungan dan lainnya. Bahan tersebut dapat diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air, agregat halus, agregat kasar dan kadang-kadang ada bahan tambah yang bervariasi mulai dari serat, bahan kimia tambahan, sampai bahan buangan non-kimia dengan perbandingan tertentu.

Beton sangat diminati untuk struktur-struktur besar maupun yang kecil karena bahan

dari beton merupakan bahan konstruksi yang mempunyai banyak kelebihan antara lain yaitu mampu menerima kuat tekan dengan baik, ekonomis (dalam pembuatannya menggunakan bahan dasar lokal yang mudah diperoleh), dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki, mudah dalam pengerjaan dan mudah dalam perawatannya. Menurut Tjokrodinuljo (1996) Beton mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi tetapi mempunyai kuat tarik yang rendah.

Disamping beton mempunyai kelebihan, beton juga mempunyai kelemahan yaitu kuat tarik yang rendah. Salah satu upaya untuk meningkatkan kuat tarik beton yaitu dengan menambahkan serat-serat pada adukan beton, maka pada tingkat pembebanan tertentu retak-retak pada beton dapat dicegah atau seandainya apabila terjadi retak pada beton tersebut, pertumbuhan dan perluasan retak pada struktur

beton dapat dihambat oleh serat-serat yang dicampurkan dalam adukan beton tersebut. Sehingga kuat tarik beton serat dapat lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tarik beton biasa.

Penelitian Terdahulu

Ariatama (2007) meneliti tentang pengaruh pemakaian serat kawat berkait pada kekuatan beton mutu tinggi berdasarkan optimasi diameter serat. 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.

Sahay dan Ngini (2010) meneliti tentang pengaruh penambahan kawat bendrat pada campuran beton terhadap kuat tekan beton. Dalam penelitiannya diketahui bahwa penambahan kawat bendrat diameter 0,8 mm dan panjang 5 cm yang dicampurkan ke dalam campuran beton ringan dengan persentase penambahan 0 %, 1 %, 2 %, 3 % dan 4 % terhadap volume cetakan dengan menggunakan agregat kasar lempung bekah dari Sei Gohong, disimpulkan sebagai berikut : 1. Penambahan kawat bendrat tidak memberikan pengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan beton ringan. 2. Kuat tekan rata-rata beton ringan maksimum dihasilkan pada penambahan kawat bendrat 2% sebesar 20,374 MPa.

Widodo (2012) Meneliti tentang pengaruh penggunaan potongan kawat bendrat pada campuran beton dengan konsentrasi serat panjang 4 cm berat semen 350 kg/m³ dan FAS 0,5. Dari hasil pengujian didapatkan adanya peningkatan kuat tarik belah, kuat tekan dan modulus elastisitas. Pada kuat tarik belah didapatkan peningkatan sebesar 39,931% yang tercapai pada konsentrasi serat sebesar ± 5%. Pada Kuat tekan didapatkan kenaikan sebesar 31,648% pada konsentrasi ± 7,5% dan pada modulus elastisitas didapatkan hasil sebesar 25,670 MPa pada konsentrasi serat ± 7,5%. Dengan demikian penggunaan kawat bendrat dapat meningkatkan kekuatan pada beton.

Tambunan dan Priyono (2012) dengan judul peningkatan kualitas beton dengan penambahan viber bendrat. Hasil penelitian menunjukkan dengan penambahan fiber menyebabkan

kapasitas tekan silinder beton secara signifikan turun, sedangkan kuat tarik beton dan kuat lentur beton naik. Dengan mekanisme rekatan antara fiber dengan beton, kenaikan kekuatan lentur disebabkan tegangan tarik yang bekerja ke fiber dipindahkan ke permukaan fiber dengan beton di sekelilingnya. Adanya rekatan ini, pada akhirnya menyebabkan tegangan lentur ditahan sebagian oleh kuat tarik fiber tersebut. Kapasitas kuat tekan beton pada volume fraksi fiber 7,5 % diperoleh hasil yang paling baik.

Suprihatin (2013) meneliti tentang serat kawat bendrat yang berbentuk "W" sebagai bahan tambah pada campuran beton melalui pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari semua variasi, kuat tekan maksimum beton terjadi pada variasi panjang kawat 8 cm (BF 3) dengan persentase 0,75 %, mengalami penambahan kuat tekan sebesar 26,03 MPa. Ditinjau dari beton normal, kuat tekan maksimum terjadi pada variasi penambahan serat kawat bendrat bentuk W pada persentase 0,75 %, panjang kawat 8 cm, mengalami penambahan kuat tekan sebesar 31,30 %. Dari semua variasi, kuat tarik belah maksimum beton terjadi pada variasi panjang kawat 8 cm (BF 3) dengan persentase 0,75 %, mengalami penambahan kuat tarik belah sebesar 8,252 MPa. Ditinjau dari beton normal, kuat tarik belah maksimum terjadi pada variasi penambahan serat kawat bendrat bentuk W pada persentase 0,75 %, panjang kawat 8 cm, mengalami penambahan kuat tarik belah sebesar 59,64%.

Foermansah (2013) meneliti tentang serat kawat bendrat yang berbentuk "Z" sebagai bahan tambah pada campuran beton melalui pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan optimal beton terdapat pada variasi panjang 6 cm pada persentase 0,75 % penambahan serat kawat bendrat berbentuk " Z " dari total adukan beton yaitu sebesar 25,465 MPa. Kuat tarik belah optimal beton terdapat pada variasi panjang 6 cm pada persentase 0,75 % penambahan serat kawat bendrat berbentuk " Z " dari total adukan beton yaitu sebesar 8,296 MPa. Pada pengujian kuat tekan beton fiber mengalami peningkatan kurang dari 50% dari beton normal, dan pada pengujian kuat tarik belah, beton fiber mengalami peningkatan lebih dari 50% dari beton normal. Penambahan potongan kawat lokal di dalam campuran adukan beton dapat meningkatkan kualitas beton terhadap kuat tekan dan kuat tariknya. Dengan penambahan serat kawat

bendrat sampai dengan persentase 1,0% dari berat total adukan beton nilai slump masih masuk di dalam persyaratan yaitu di antara 75 – 150 mm. Dengan adanya penambahan serat kawat bendrat berbentuk “Z” di dalam campuran adukan beton, dapat meningkatkan daya ikat antar agregat.

Zhafira (2017) meneliti tentang studi eksperimental pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada campuran beton dengan penambahan serat kawat bendrat berkait. Hasil Penelitian menunjukkan peningkatan optimum terjadi pada variasi kadar serat 0,75% dengan hasil berturut-turut sebesar 35,9336 MPa, 3,9848 MPa, dan 8,9380 MPa. Semakin banyak variasi kadar serat akan menyebabkan sulitnya pergerakan agregat sehingga semakin besar kemungkinan terjadi balling effect pada saat pengerjaan beton.

Faizah (2017) meneliti tentang perbandingan pengaruh penambahan serat bendrat lurus (straight) dengan serat bendrat berkait (hooked) terhadap perilaku beton dengan beban tekan berulang. 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.

Kumaat dkk (2018) meneliti tentang perilaku dasar beton bertulang serat batang pisang di bawah tekanan tarik uniaksial dan biaksial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekuatan lentur dari dua jenis tes biaksial lebih tinggi dari hasil uji uniaksial (ASTM C-1550 memiliki 47,046% lebih tinggi dari ASTM C-78 dan 37,881% lebih tinggi dari ASTM C-496). Nilai kekuatan tarik yang diukur dengan ASTM C-1550-02 sedikit lebih tinggi dari nilai kekuatan tarik lentur yang diukur dengan uji lentur biaksial (21,062%). Garis-garis pola retak tidak menunjukkan retak patah makro yang jelas sebelum mencapai beban puncak. Seperti yang diamati, ada dua nilai beban puncak yang

ditemukan adalah yang terjadi pada retak pertama, setelah itu kurva tegangan beban menurun untuk sementara waktu dan setelah beberapa detik beban meningkat lagi ke nilai yang lebih kecil dari nilai beban puncak pertama. karena pada saat retakan pertama dalam simetri tiga sumbu, beban yang dapat dipertahankan oleh spesimen beton telah mencapai maksimum tetapi setelah itu beban meningkat lagi karena tegangan telah dipindahkan ke serat, sehingga tegangan naik lagi sampai serat putus. Ini menunjukkan bahwa serat memainkan peran penting dalam menahan dan mendistribusikan kembali beban tarik.

Prijantoro dkk (2018) meneliti tentang perilaku mekanis beton serat dengan kombinasi kawat bendrat dan dramix 3D. Dari hasil penelitian diperoleh Persentase tertinggi kuat tarik beton serat terhadap beton non serat terdapat pada kombinasi campuran 0,75% bendrat dan 0,25% dramix 3D (BSIV) dengan presentase peningkatan sebesar 10,17% dengan nilai kuat tarik belah $F_{sp} = 3,15$ MPa. Presentase tertinggi kuat tekan beton serat terhadap beton non serat terdapat pada kombinasi campuran 0,5% bendrat dan 0,5% dramix 3D (BSV) dengan presentase peningkatan sebesar 14,59% dengan nilai kuat tekan $f_c = 28,52$ MPa.

Rumusan Masalah

Untuk meningkatkan kuat tarik beton yang secara signifikan, maka perlu adanya penambahan serat. Dipasaran sudah tersedia (Dramix) akan tetapi harganya relatif mahal dan tidak mudah diperoleh. Untuk itu, maka penulis akan melakukan pemeriksaan kuat tarik belah beton serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya.

Batasan Masalah

Dalam penyusunan penelitian ini penulis membatasi permasalahan yang ada dengan batasan masalah sebagai berikut :

1. Semen yang digunakan merupakan semen Portland biasa jenis 1 dengan merk Tonasa.
2. Air yang digunakan dari Sumur Bor Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
3. Agregat halus dari Girian.
4. Agregat kasar (batu pecah) dari Lansot, Kema.
5. Bahan tambah terbuat dari serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya.

6. Panjang serat kawat bendrat total masing-masing 60 mm dengan 3 variasi sudut (0° , 45° , 90°). Untuk panjang kawat bendrat (0°) adalah 60 mm, sedangkan untuk panjang kawat bendrat sudut tekuk (45° dan 90°) adalah 40 mm lurus dari tengah kawat bendrat dan tekukan pada kiri kanan kawat bendrat adalah 10 mm. Serat kawat bendrat berdiameter ± 1 mm. Persentase penggunaan bahan tambah serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya: 0,00%, 0,25%, 0,50%, 0,75% dan 1,00% dari berat total benda uji silinder. Bentuk penampang benda uji adalah silinder. Benda uji silinder beton dengan diameter: 10 cm dan h: 20 cm. Dibuat 78 buah benda uji.
7. Mutu beton yang direncanakan sebesar 20 MPa.
8. Perencanaan campuran beton metode modifikasi ACI 211.1-91.
9. Deformasi akibat pencampuran serat kawat bendrat tidak ditinjau.
10. Perubahan sudut dari kawat bendrat yang terjadi sesudah pencampuran diabaikan.
11. Adukan beton yang dihasilkan dianggap homogeny dan penyebaran kawat bendrat dianggap merata.
12. Penelitian dilakukan dalam bentuk skala penelitian.
13. Pengaruh suhu, udara dan faktor lain diabaikan.
14. Umur benda uji adalah 28 hari.
15. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
2. Untuk mengetahui persentase optimal serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
3. Untuk mengetahui perbandingan antara kuat tarik belah dan kuat tekan beton serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi tentang penambahan serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
2. Dengan adanya penambahan serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya diharapkan dapat menjadi bahan tambah yang bermanfaat untuk perkembangan teknologi beton kedepannya karena memiliki nilai ekonomis, mudah diperoleh dan harganya relatif lebih murah.

LANDASAN TEORI

Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI 03-2834-2000).

Bahan Tambah Serat Kawat Bendrat

Bahan tambah lain yang biasa digunakan di dalam beton yaitu serat. Penambahan serat ke dalam beton akan meningkatkan kuat tarik beton yang pada umumnya sangat rendah. Beberapa jenis bahan tambahan yang digunakan dalam campuran beton, dipilih bahan tambah serat kawat bendrat pada penelitian ini, karena selain dapat menambah kuat tarik beton, bahan tambah tersebut juga mudah didapat.

Pada penelitian Suhendro (1991) telah berusaha mencari alternatif penggunaan bahan lokal yang mudah didapat di Indonesia dan harganya relatif murah sebagai pengganti serat produksi pabrik. Bahan lokal tersebut berupa potongan-potongan kawat bendrat (yang biasa dipakai untuk mengikat tulangan baja) dengan diameter 1 mm dan panjang sekitar 60 mm. Berdasarkan penelitian tersebut didapat beton menjadi sangat liat (*ductile*), kuat tarik dan ketahanan terhadap kejut meningkat, serta terbukti dengan model skala penuh suatu balok beton kapasitas beban batas lentur beton serat jauh lebih baik dari beton biasa. Dengan demikian tingkat perbaikan beton menggunakan bahan lokal tidak kalah dibandingkan dengan serat baja asli luar negeri.

Serat kawat bendrat dapat berupa potongan-potongan kawat yang dibuat khusus dengan permukaan halus/rata, lurus atau bengkok yang

bertujuan untuk memperbesar lekatan dengan campuran beton.

Serat kawat bendrat pada beton akan berfungsi sebagai tulangan mikro yang disebarkan secara merata dengan orientasi acak, sehingga dapat mencegah atau mengurangi terjadinya retakan-retakan beton akibat pembebanan maupun panas hidrasi.

Di dalam penelitian peneliti menggunakan serat kawat bendrat yang mempunyai spesifikasi:

Tabel 1. Spesifikasi Serat Kawat Bendrat

Panjang (l)	60 mm
Diameter (d)	1 mm
Ratio (l/d)	60



Gambar 1. Kawat Bendrat

Karakteristik Beton

Berat volume beton

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Berat volume beton dipengaruhi oleh bentuk agregat, gradasi agregat, berat jenis agregat, ukuran maksimum agregat, karena berat volume beton tergantung pada berat volume agregat. Berat volume beton ini semuanya berada dalam keadaan kering udara.

Berat volume dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\gamma_c = \frac{W}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (1)$$

dimana:

- γ_c = Berat Volume Beton (kg/m³)
- W = Berat Benda Uji (kg)
- V = Volume Beton (m³)

Kuat tekan beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan beton hancur. Perhitungan nilai kuat tekan beton didasarkan pada SNI 1974:2011 dengan rumus :

$$f'_c = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2)$$

dimana:

- f'_c = Kuat Tekan Beton (N/mm²)
- P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang yang Menerima Beban (mm²)

Kuat tarik belah beton

Kuat tarik belah beton di dalam penelitian ini ditentukan dengan menggunakan percobaan belah silinder ukuran 100 mm x 200 mm diberikan beban tegak lurus terhadap sumbu longitudinalnya dengan silinder ditempatkan secara horizontal diatas pelat mesin percobaan, benda uji terbelah dua pada saat dicapainya kekuatan tarik. Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton dan kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (Ferguson, 1986).

Menurut SNI 2491-2014 besarnya tegangan tarik beton (tegangan rekah beton) dapat dihitung dengan rumus:

$$f^{sp} = \frac{2P}{\pi LD} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3)$$

dimana:

- f^{sp} = Kuat Tarik Belah (N/mm²)
- P = Beban maksimum pada waktu belah (N)
- L = Panjang Benda Uji Silinder (mm)
- D = Diameter benda uji silinder (mm)

Hubungan antara kuat tekan beton dan kuat tarik beton

Kuat tekan beton dan kuat tarik beton berkaitan erat, akan tetapi tidak ada proporsionalitas langsung. Hal ini didasari dengan adanya peningkatan kuat tekan, kuat tarik juga ikut meningkat tapi dalam rasio yang lebih rendah. Korelasi terbaik telah ditemukan antara variasi ukuran dari kuat tarik belah dan akar kuadrat dari kuat tekan. Rumus hubungan f^{sp} dan f'_c yang banyak diusulkan:

$$f^{sp} = k\sqrt{f'_c} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (4)$$

dimana:

- f^{sp} = Kuat Tarik Belah (N/mm²)
- k = Koefisien hubungan Kuat Tarik Belah dan akar kuadrat Kuat Tekan
- f'_c = Kuat Tekan Beton (N/mm²)

Analisa regresi

Analisa regresi digunakan dalam menganalisa bentuk hubungan antara dua variabel atau lebih untuk mendapatkan hasil yang lebih jelas dan hasil pemeriksaan yang masih samar dan kurang jelas sehingga menyebabkan pembacaan salah. Regresi merupakan garis yang membentuk suatu fungsi yang menghubungkan

titik-titik data dengan kedekatan yang semaksimal mungkin. Korelasi merupakan ukuran kecocokan dari suatu model regresi yang digunakan dengan data. Besarnya nilai korelasi dilambangkan dengan R. Apabila besarnya R = 0, maka berarti tidak ada kecocokan atau hubungan sama sekali antara dua variabel data yang dianalisa, sebaliknya bila $R \pm 1$, maka kedua variabel data yang dianalisa mempunyai hubungan (menggambarkan suatu trendline).

Analisa regresi dalam penelitian ini memakai trendline dengan koefisien determinasi (R^2) yang digunakan untuk mengetahui berapa besarnya peranan variabel X (independent variable) dalam mempengaruhi perubahan variabel Y (dependent variable). Dalam penelitian ini menggunakan trendline dengan persamaan :

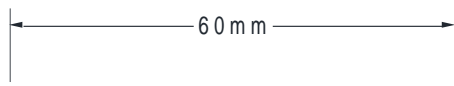
$$Y = ax^2 + bx + c \quad (5)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Umum

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan pekerjaan. Dimulai dari persiapan alat dan bahan, pemeriksaan material, perencanaan campuran dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dan pemeriksaan benda uji.

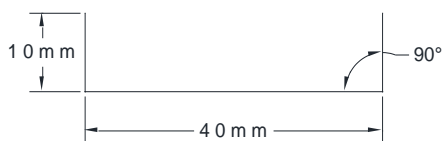
Bentuk dan ukuran serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya, dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. Penampang Ukuran Serat Kawat Bendrat Sudut 0^0 (BS 1)



Gambar 3. Penampang Ukuran Serat Kawat Bendrat Sudut 45^0 (BS 2)



Gambar 4. Penampang Ukuran Serat Kawat Bendrat Sudut 90^0 (BS 3)

Dimensi benda uji

Pada penelitian ini memakai benda uji penampang silinder 100 mm x 200 mm. Dalam penelitian ini jumlah keseluruhan benda uji yang dibuat sebanyak 78 buah dan dilakukan penamaan pada benda uji, dimana pada pemeriksaan kuat tekan dibuat 39 benda uji dan pada pemeriksaan kuat tarik belah dibuat 39 benda uji.

Mix design

Mix design yang direncanakan menggunakan metode modifikasi ACI 211.1 – 91 dengan mutu $f'c = 20$ MPa. *Mix design* ini diterapkan pada seluruh sampel yang akan dibuat untuk menjaga keseragaman pada keseluruhan sampel agar dapat diketahui dengan pasti berapa hasil persentase optimal penambahan serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Persentase kawat bendrat diambil berdasarkan dari hasil penelitian sebelumnya dimana kuat tekan maksimum dan kuat tarik belah maksimum terdapat pada persentase 0,75%, maka dengan ini penulis mengambil persentase penggunaan bahan tambah serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya dengan persentase 0,00%, 0,25%, 0,50%, 0,75% dan 1,00% dari berat total benda uji silinder.

Langkah-langkah penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian, yaitu:

1. Tahapan penelitian yang pertama dilakukan yaitu persiapan peralatan, persiapan material agregat kasar, agregat halus, semen, dan kawat bendrat. Selanjutnya pada tahap kedua agregat kasar dan agregat halus dilakukan pemeriksaan sesuai dengan aturan ASTM dan SNI.
2. Tahap selanjutnya yaitu perhitungan perencanaan campuran beton trial dengan metode modifikasi ACI 211.1– 91. Setelah didapatkan komposisi campuran beton normal selanjutnya dilakukan perhitungan persentase serat kawat bendrat terhadap berat total benda uji silinder. Setelah didapatkan trial mix design, dilakukan penentuan trial mix design kemudian melakukan pembuatan benda uji.
3. Selanjutnya didalam pembuatan benda uji dilakukan pencampuran beton dengan mencampurkan batu pecah, pasir, dan semen secara bertahap ke dalam molen.
4. Berikutnya serat kawat bendrat lalu dicampurkan secara bertahap ke dalam molen.

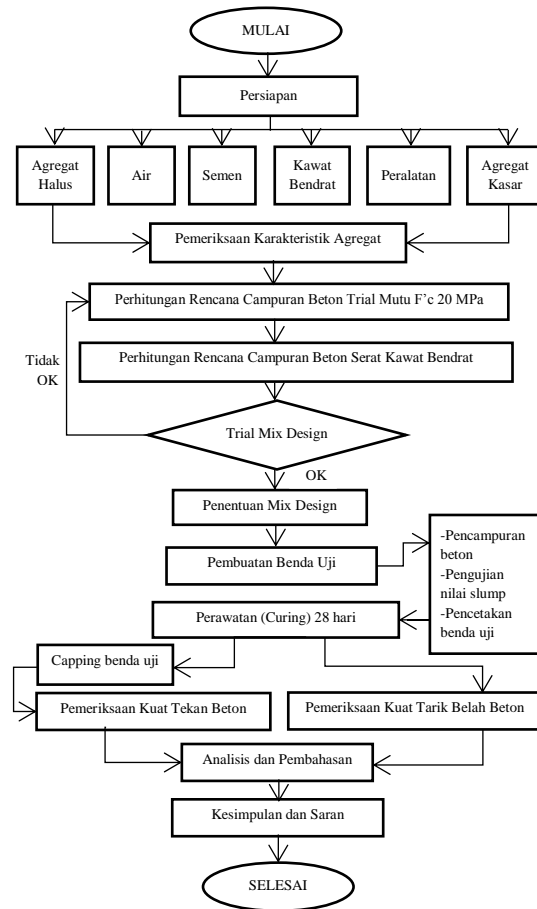
- a. Menaburkan serat kawat bendrat secara merata ke dalam *concrete mixer* berisi adukan beton biasa yang berputar dengan kecepatan normal.
 - b. Penaburan serat kawat bendrat dilakukan dengan hati-hati dan diusahakan agar serat kawat bendrat tersebar merata di dalam adukan beton sehingga tidak terjadi penggumpalan serat (*balling effect*) yang dapat mempengaruhi kekuatan beton serat. Persentase serat kawat bendrat yang ditambahkan sesuai dengan yang telah ditentukan yaitu 0,00%, 0,25%, 0,50%, 0,75% dan 1,00% dari berat total benda uji silinder.
 - c. Langkah-langkah penambahan serat kawat bendrat yang telah disebutkan berlaku untuk campuran beton yang diberi penambahan serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya.
5. Selanjutnya air dimasukkan ke dalam molen dan biarkan molen terus mencampur tunggu sampai 5 menit dan lakukan *slump test*. Setelah memenuhi syarat *slump* yang ditentukan, campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
 6. Cetakan silinder dilapisi oli cetakan terlebih dahulu agar tidak ada sisa dari beton segar yang menempel.
 7. Beton segar lalu dituang ke dalam cetakan silinder lalu dirojak dengan menggunakan batangan besi hingga penuh. Cetakan dibiarkan selama sehari, keesokan harinya cetakan dilepas dan benda uji dilakukan pemeriksaan berat volume, selanjutnya benda uji di curing selama 28 hari di kolam curing.
 8. Setelah benda uji diangkat, dikeringkan dan dilakukan capping pada benda uji kuat tekan selanjutnya dilakukan pemeriksaan pada benda uji kuat tekan dan kuat tarik belah.
 9. Setelah dilakukan pemeriksaan selanjutnya masuk dalam proses analisa dan yang terakhir dilakukan pengambilan kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Campuran Beton

Berdasarkan nilai-nilai yang didapat dari pemeriksaan material, maka menurut ACI 211.1 – 91 untuk mencapai mutu beton 20 MPa dengan FAS 0,54 (ditetapkan dari beberapa kali trial mix design) dibutuhkan komposisi campuran beton seperti pada Tabel 2.

Diagram Alir



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Tabel 2. Komposisi Campuran Per m³

Komposisi Campuran Per m ³					
Campuran Beton	0,00% (kg)	0,25% (kg)	0,5% (kg)	0,75% (kg)	1,00% (kg)
Semen	379,630	379,630	379,630	379,630	379,630
Air	174,140	174,140	174,140	174,140	174,140
Agregat Kasar	870,225	870,225	870,225	870,225	870,225
Agregat Halus	776,496	776,496	776,496	776,496	776,496
Kawat Bendrat	0	5,501	11,003	16,504	22,005

Sumber : Hasil Penelitian

Pemeriksaan Nilai Slump



Gambar 6. Contoh Sampel Pengukuran Nilai Slump (Sumber : Dokumentasi Peneliti)

Tabel 3. Nilai *Slump*

Kode	Persentase Kawat Bendrat (%)	Nilai <i>Slump</i> (mm)
BN	0,00	82
BS 1 (0°)	0,25	75
	0,50	79
	0,75	78
	1,00	80
BS 2 (45°)	0,25	80
	0,50	76
	0,75	82
	1,00	78
BS 3 (90°)	0,25	88
	0,50	78
	0,75	85
	1,00	100

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 3. nilai *slump* yang didapatkan dengan dan tanpa tambahan serat kawat bendrat sesuai nilai *slump* 75-100 mm. Campuran beton dengan dan tanpa tambahan serat kawat bendrat dianggap bisa diterapkan karena memiliki *workability* yang baik.

Pemeriksaan Berat Volume Beton



Gambar 7. Contoh Sampel yang di Timbang untuk Pemeriksaan Berat Volume (Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Hasil perhitungan berat volume rata-rata tiap benda uji pada umur 1 hari dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. Rata-rata Berat Volume Beton Normal

No.	Berat Benda Uji (kg)	Volume Beton (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)
1	3,47432	0,00157	2212,94

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 5. Rata-rata Berat Volume Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 0°

No.	Persentase Kawat Bendrat (%)	Berat Sampel (kg)	Volume Beton (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)
1	0,00	3,47432	0,00157	2212,94
2	0,25	3,46565	0,00157	2207,42
3	0,50	3,44927	0,00157	2196,99
4	0,75	3,46167	0,00157	2204,89
5	1,00	3,45418	0,00157	2200,11

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 6. Rata-rata Berat Volume Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 45°

No.	Persentase Kawat Bendrat (%)	Berat Benda Uji (kg)	Volume Beton (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)
1	0,00	3,47432	0,00157	2212,94
2	0,25	3,47090	0,00157	2210,76
3	0,50	3,44245	0,00157	2192,64
4	0,75	3,47178	0,00157	2211,32
5	1,00	3,44705	0,00157	2195,57

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 7. Rata-rata Berat Volume Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 90°

No.	Persentase Kawat Bendrat (%)	Berat Benda Uji (kg)	Volume Beton (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)
1	0,00	3,47432	0,00157	2212,94
2	0,25	3,46468	0,00157	2206,80
3	0,50	3,46877	0,00157	2209,41
4	0,75	3,44117	0,00157	2191,83
5	1,00	3,48035	0,00157	2216,78

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa, rata-rata berat volume beton dengan dan tanpa tambahan serat kawat bendrat pada penelitian ini berkisar 2191,83 – 2216,78 kg/m³. Maka, semua jenis beton dalam penelitian ini termasuk dalam jenis beton normal karena berat massa volume beton tersebut berada pada interval 2110-2550 kg/m³

Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

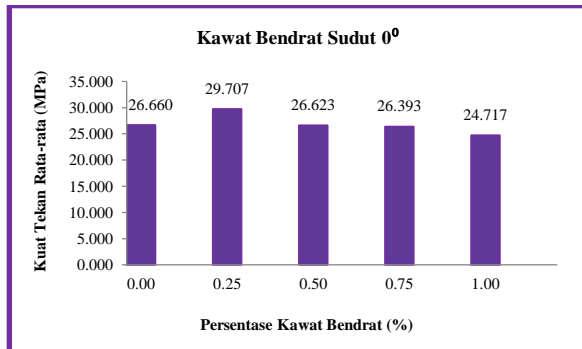


Gambar 8. Contoh Sampel Pemeriksaan Kuat Tekan Beton (Sumber : Dokumentasi Peneliti)

Tabel 8. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 0°

Kode	Jenis Serat	Persentase Kawat Bendrat (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
BN	TANPA SERAT	0,00	26,660
BS 1 (0°)	KAWAT BENDRAT	0,25	29,707
		0,50	26,623
		0,75	26,393
		1,00	24,717

Sumber: Hasil Penelitian



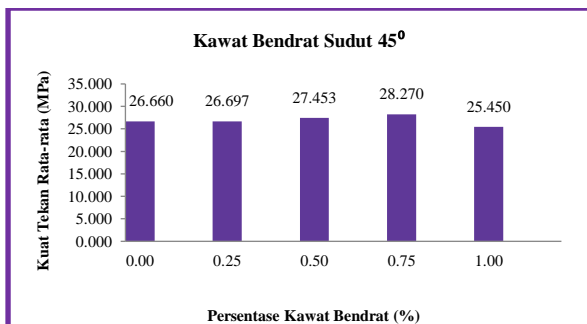
Gambar 9. Diagram Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 0°

Dari hasil pemeriksaan rata-rata kuat tekan beton serat kawat bendrat sudut 0°, didapat nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan pada persentase 0,25% dengan hasil 29,707 MPa dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton normal. Dilihat dari beton normal, persentase peningkatan kuat tekan beton sebesar 11,429%.

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 45°

Kode	Jenis Serat	Persentase Kawat Bendrat (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
BN	TANPA SERAT	0,00	26,660
BS 2 (45°)	KAWAT BENDRAT	0,25	26,697
		0,50	27,453
		0,75	28,270
		1,00	25,450

Sumber: Hasil Penelitian



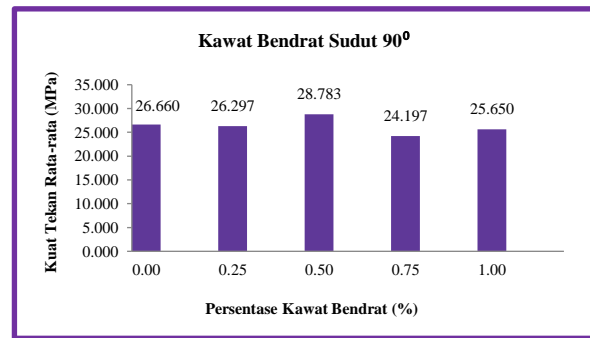
Gambar 10. Diagram Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 45°

Dari hasil pemeriksaan rata-rata kuat tekan beton serat kawat bendrat sudut 45°, didapat nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan pada persentase 0,75% dengan hasil 28,270 MPa dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton normal. Dilihat dari beton normal, persentase peningkatan kuat tekan beton sebesar 6,039%.

Tabel 10. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 90°

Kode	Jenis Serat	Persentase Kawat Bendrat (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
BN	TANPA SERAT	0,00	26,660
BS 3 (90°)	KAWAT BENDRAT	0,25	26,297
		0,50	28,783
		0,75	24,197
		1,00	25,650

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 11. Diagram Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 90°

Dari hasil pemeriksaan rata-rata kuat tekan beton serat kawat bendrat sudut 90°, didapat nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan pada persentase 0,50% dengan hasil 28,783 MPa dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton normal. Dilihat dari beton normal, persentase peningkatan kuat tekan beton sebesar 7,963%.

Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton

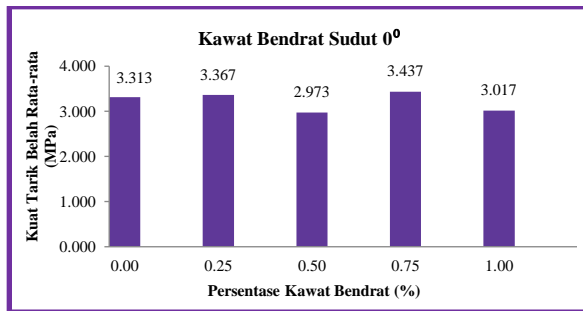


Gambar 12. Contoh Sampel Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton (Sumber: Dokumentasi Peneliti)

Tabel 11. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tarik Belah Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 0⁰

Kode	Jenis Serat	Persentase Kawat Bendrat (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
BN	TANPA SERAT	0,00	3,313
BS 1 (0 ⁰)	KAWAT BENDRAT	0,25	3,367
		0,50	2,973
		0,75	3,437
		1,00	3,017

Sumber: Hasil Penelitian



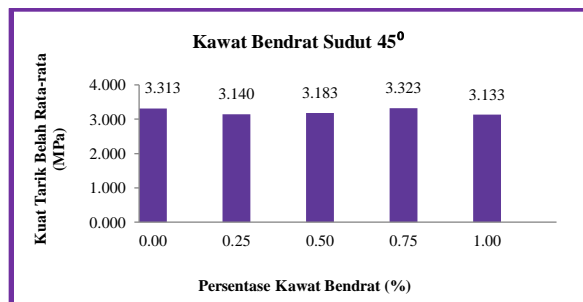
Gambar 13. Diagram Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tarik Belah Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 0⁰

Dari hasil pemeriksaan rata-rata kuat tarik belah beton serat kawat bendrat sudut 0⁰, didapat nilai kuat tarik belah beton mengalami peningkatan pada persentase 0,75% dengan hasil 3,437 MPa dibandingkan dengan nilai kuat tarik belah beton normal. Dilihat dari beton normal, persentase peningkatan kuat tarik belah beton sebesar 3,743%.

Tabel 12. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tarik Belah Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 45⁰

Kode	Jenis Serat	Persentase Kawat Bendrat (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
BN	TANPA SERAT	0,00	3,313
BS 2 (45 ⁰)	KAWAT BENDRAT	0,25	3,140
		0,50	3,183
		0,75	3,323
		1,00	3,133

Sumber: Hasil Penelitian



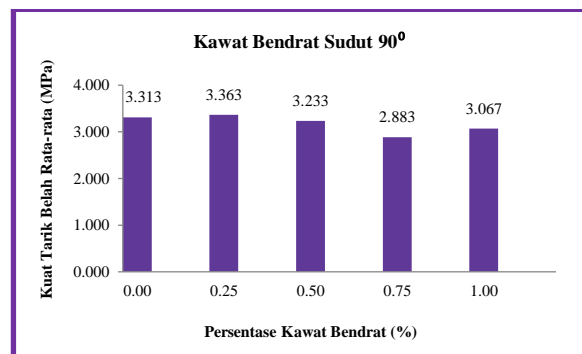
Gambar 14. Diagram Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tarik Belah Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 45⁰

Dari hasil pemeriksaan rata-rata kuat tarik belah beton serat kawat bendrat sudut 45⁰, didapat nilai kuat tarik belah beton mengalami peningkatan pada persentase 0,75% dengan hasil 3,323 MPa dibandingkan dengan nilai kuat tarik belah beton normal. Dilihat dari beton normal, persentase peningkatan kuat tarik belah beton sebesar 0,302%.

Tabel 13. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tarik Belah Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 90⁰

Kode	Jenis Serat	Persentase Kawat Bendrat (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
BN	TANPA SERAT	0,00	3,313
BS 3 (90 ⁰)	KAWAT BENDRAT	0,25	3,363
		0,50	3,233
		0,75	2,883
		1,00	3,067

Sumber: Hasil Penelitian

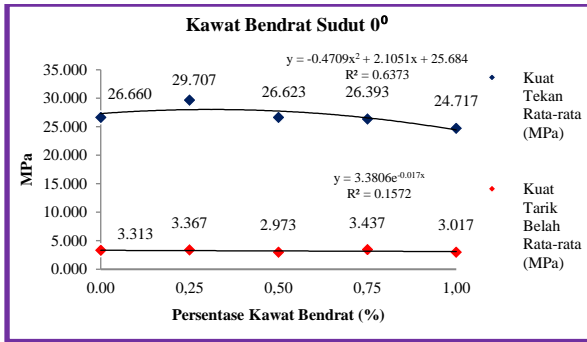


Gambar 15. Diagram Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tarik Belah Beton Serat Kawat Bendrat Sudut 90⁰

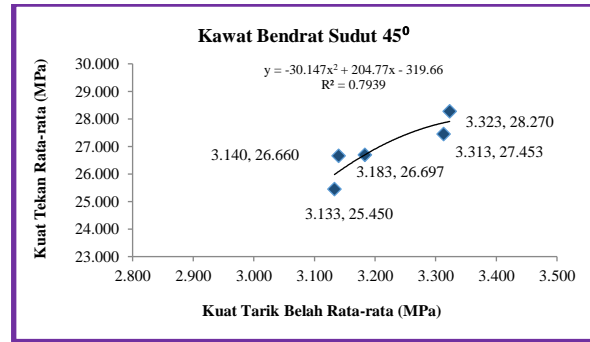
Dari hasil pemeriksaan rata-rata kuat tarik belah beton serat kawat bendrat sudut 90⁰, didapat nilai kuat tarik belah beton mengalami peningkatan pada persentase 0,25% dengan hasil 3,363 MPa dibandingkan dengan nilai kuat tarik belah beton normal. Dilihat dari beton normal, persentase peningkatan kuat tarik belah beton sebesar 1,509%.

Hubungan antara kuat Tarik belah dan kuat tekan beton serat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya

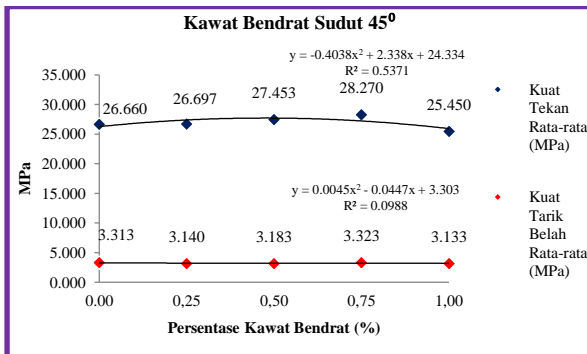
Dari tabel dan gambar hasil pemeriksaan rata-rata kuat tekan dan kuat tarik belah beton diatas dibuat grafik hubungan antara rata-rata kuat tarik belah beton dan kuat tekan beton serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya seperti pada gambar berikut ini:



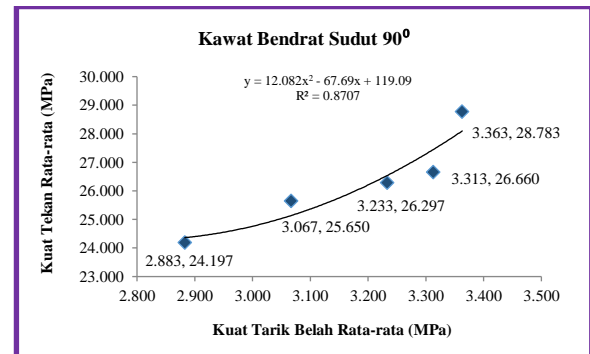
Gambar 16. Grafik Hubungan Antara Rata-rata Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton Serat Kawat Bendrat dari setiap Persentase pada Sudut 0°



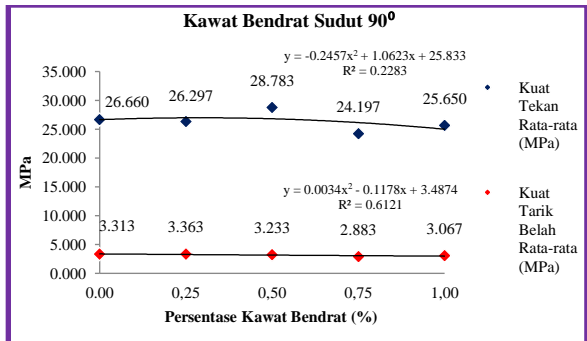
Gambar 20. Grafik Hubungan Antara Rata-rata Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton Serat Kawat Bendrat pada Sudut 45°



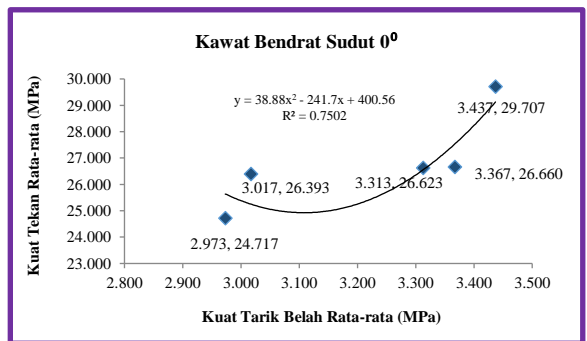
Gambar 17. Grafik Hubungan Antara Rata-rata Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton Serat Kawat Bendrat dari setiap Persentase pada Sudut 45°



Gambar 21. Grafik Hubungan Antara Rata-rata Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton Serat Kawat Bendrat pada Sudut 90°



Gambar 18. Grafik Hubungan Antara Rata-rata Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton Serat Kawat Bendrat dari setiap Persentase pada Sudut 90°



Gambar 19. Grafik Hubungan Antara Rata-rata Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton Serat Kawat Bendrat pada Sudut 0°

Untuk mengetahui hubungan antara nilai kuat tarik belah beton dengan nilai kuat tekan beton serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya maka dibuat perbandingan antara nilai kuat tarik belah beton terhadap akar kuadrat nilai kuat tekan beton serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya seperti terlihat pada tabel 14.

Tabel 14. Perbandingan Antara Nilai Kuat Tarik Belah terhadap Akar Kuadrat Kuat Tekan Beton Serat Kawat Bendrat dengan Variasi Sudut Tekuk pada Kedua Ujungnya

Kode	Jenis Serat	Persentase Kawat Bendrat (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
BN	TANPA SERAT	0,00	0,642
		0,25	0,618
BS 1 (0°)	KAWAT BENDRAT	0,50	0,576
		0,75	0,669
		1,00	0,607
		0,25	0,608
BS 2 (45°)	KAWAT BENDRAT	0,50	0,607
		0,75	0,625
		1,00	0,621
		0,25	0,656
BS 3 (90°)	KAWAT BENDRAT	0,50	0,603
		0,75	0,586
		1,00	0,606
		0,25	0,656

Dari tabel 14. dapat diketahui perbandingan nilai kuat tarik belah (f_{sp}) terhadap akar kuadrat nilai kuat tekan $\sqrt{f_c}$ beton serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya memiliki nilai rata-rata $0,617 \sqrt{f_c}$. Hasil dari perbandingan f_{sp} terhadap $\sqrt{f_c}$ didapat sesuai rumus $f_{sp} = k\sqrt{f_c}$ (N/mm²), dimana nilai k adalah koefisien hubungan kuat tarik belah dan akar kuadrat kuat tekan.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

1. Nilai *slump* antara 75-100 mm, campuran beton dengan dan tanpa tambahan serat kawat bendrat memiliki *workability* yang baik.
2. Rata-rata berat volume beton dengan dan tanpa tambahan serat kawat bendrat pada penelitian ini berkisar 2191,83 – 2216,78 kg/m³ dan termasuk dalam jenis beton normal.
3. Adanya penambahan serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya (45° dan 90°) tidak berpengaruh secara signifikan pada nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik belah beton, akan tetapi pada sudut 0° mengalami peningkatan secara signifikan pada nilai kuat tekan.

4. Semua variasi sudut, hasil persentase optimal penambahan serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya terhadap pemeriksaan kuat tekan dan kuat tarik belah beton didapat pada variasi sudut 0° dengan persentase kawat bendrat sebesar 0,25% dan 0,75% dengan hasil 29,707 MPa dan 3,437 MPa. Dilihat dari beton normal, persentase peningkatan kuat tekan beton sebesar 11,429% dan kuat tarik belah beton sebesar 3,743%.
5. Perbandingan nilai kuat tarik belah (f_{sp}) terhadap akar kuadrat nilai kuat tekan $\sqrt{f_c}$ beton serat kawat bendrat dengan variasi sudut tekuk pada kedua ujungnya memiliki nilai rata-rata $0,617 \sqrt{f_c}$.

Saran

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran, yaitu:

1. Pada saat pencetakan, benda uji harus dibuat padat dan rata agar tidak ada serat kawat bendrat yang terlihat.
2. Capping perlu dilakukan pada setiap bidang tekan benda uji, dan perlu ketelitian dalam penempatan benda uji tersebut pada saat melakukan capping agar tidak miring, yang dapat mengakibatkan ketidaktepatan pada nilai kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 211.1-91., 1993. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*, ACI, Detroit.
- Ariatama, Ananta., 2007. *Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasi Diameter Serat*, Tesis, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- ASTM C-33. *Standard Specification for Concrete Aggregates*, United States.
- ASTM C 125-1995., Annual Book of ASTM Standards 1995. Vol.04.02, *Concrete And Aggregate*, Philadelphia.
- Departemen Pekerjaan Umum., 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Faizah, P. N., 2017. *Perbandingan Pengaruh Penambahan Serat Bendrat Lurus (Straight) dengan Serat Bendrat Berkait (Hooked) terhadap Perilaku Beton dengan Beban Tekan Berulang*, Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Lampung.

- Ferguson, P.M., 1986. *Dasar-Dasar Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta. Hal 11,166.
- Foermansah, Rony., 2013. *Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Kawat Bendrat Berbentuk "Z" sebagai Bahan tambah*, Jurnal, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kumaat, Ellen J., Mondoringin, Mielke R.I.A.J., Manalip, H., 2018. *Basic Behaviour of Natural Banana Stem Fiber Reinforced Concrete Under Uniaxial and Biaxial Tensile Stress*, International Journal of GEOMATE, April, 2018 Vol.14, Issue 44, pp.166-175 ISSN: 2186-2982, Sam Ratulangi University, Manado, Indonesia.
- Nugraha, Paul., dan Antoni., 2007. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Prijantoro, Johannes P.E., Wallah, S.E., Dapas, S.O., 2018. *Perilaku Mekanis Beton Serat dengan Kombinasi Kawat Bendrat dan Dramix 3D*, Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.12 Desember 2018 (1129-1136) ISSN: 2337-6732, Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Sahay, N.S., dan Ngini, G., 2010. *Pengaruh Penambahan Kawat Bendrat pada Campuran Beton terhadap Kuat Tekan Beton*, Volume 5 Nomor 2 Desember 2010 ISSN 1412-3388, Universitas Palangka Raya.
- SNI 03-2834-2000., 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- SNI 03-2847-2002., 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- SNI 1974-2011., 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 2491-2014., 2014. *Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton silinder*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Soroushian, P., dan Bayasi, Z., 1987. *Concept of Fiber Reinforced Concrete, Proceeding of the International Seminar on Fiber Reinforced Concrete*, Michigan State University, Michigan, USA.
- Suhendro, B., 1991. *Pengaruh Fiber Kawat Lokal pada Sifat-Sifat Beton*, Lembaga Penelitian UGM, Yogyakarta.
- 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.
- Tambunan, R., dan Priyono, B.S., 2012. *Peningkatan Kualitas Beton dengan Penambahan Viber Bendrat*, Jurnal Rancang Sipil Volume 1 Nomor 1, Desember 2012, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Medan.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono., 1996. *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta.
- 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*, Jurnal Teknik Sipil &

Perencanaan, Nomor 2 Volume 14 – Juli 2012, hal 131 – 140, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Zhafira, A.U., 2017. *Studi Eksperimental Pengujian Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur pada Campuran Beton dengan Penambahan Serat Kawat Bendrat Berkait*, Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Lampung.