



Pengaruh Penambahan *Steel Fibre* Pada Komposisi Campuran Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton

Marselino Hosea Slat¹, Fery Sondakh², Vicky Alexander Assa³,

Konstruksi Bangunan Gedung, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Kota Manado.^{1,2,3}

E-mail: marselinoslat7@gmail.com

Abstrak

Beton adalah bahan konstruksi yang digunakan untuk pembuatan bangunan. Beton kuat terhadap gaya tekan tetapi tidak dengan gaya Tarik oleh karena itu diperlukan penambahan bahan tambah seperti serat bajai pada campuran beton untuk dapat mengurangi retak-retak yang terjadi pada beton. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi seberapa besar pengaruh bahan tambah steel fibre terhadap kuat tekan dan kuat lentur yang dihasilkan beton pada umur 7 dan 28 hari. Penelitian ini menggunakan benda uji silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan ukuran 150 mm x 150 mm x 600 mm dengan jumlah sampel adalah 24 untuk masing-masing pengujian. Variasi serat baja yang digunakan adalah 10%, 20%, dan 30% yang diambil dari berat semen. Hasil pengujian yang didapat, pada pengujian kuat tekan dengan bahan tambah steel fibre sebanyak 10% mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi yaitu 33,40 MPa dimana terjadi peningkatan nilai persentase optimum sebesar 11,33% terhadap mutu rencana kuat tekan beton. Untuk pengujian kuat lentur, penggunaan steel fibre variasi 30% mendapatkan nilai tegangan lentur rata-rata tertinggi yaitu 5,09 MPa dimana terjadi peningkatan nilai persentase optimum sebesar 32,85% terhadap mutu rencana kuat lentur beton. Dari hasil penelitian menunjukkan pemanfaatan steel fiber dapat digunakan pada beton namun perlu memperhitungkan tingkat kelecakan saat proses pencampuran misalnya dengan menggunakan bahan tambah kimia superplasticizer.

Kata kunci: beton, serat besi, kuat tekan, kuat lentur.

Abstract

Concrete is a building material used in building construction. Concrete is strong against compressive forces but not against tensile forces, therefore, the addition of additional materials such as steel fibre in the concrete mixture is required to reduce cracks that occur in concrete. This study aims to evaluate the effects of using steel fibers in concrete based on compressive and flexural strength tests at 7 and 28 days. This research used cylinder samples with dimension of 150mm diameter and 300mm height for compressive strength test and dimension of 150 mm x 150 mm x 600 mm. with total of samples is 24 for each test. Steel fibre was employed in percentages that range from 10%, 20%, and 30% by weight of cement. The results shows that the compressive strength test with steel fibre added as much as 10% got the highest average compressive strength value of 33,40 MPa where there was an increase in the optimum percentage value of 11,33% against the quality of the target of concrete compressive strength. For flexural strength result, the use of steel fibre variation of 30% got the highest average flexural stress value of 5,09 MPa where there was an increase in the optimum percentage value of 32,85% on the design quality of the flexural strength of concrete. Form these results, the use of steel fiber in concrete is promising, however, workability control is required in the process of mixing by using additional chemical admixture such as superplasticizer.

Keywords: concrete, steel fibre, compressive strength, flexural strength



1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material komposit yang bahan penyusunnya berupa semen hidrolis (*portland cement*), agregat halus, agregat kasar, dan air, serta ada atau tidaknya suatu bahan tambah (*admixture* atau *additive*) yang akan saling melengkapi sehingga membentuk satu kesatuan. Penggunaan beton sebagai suatu bahan konstruksi telah lama dikenal hingga sampai pada era saat ini yang dimana pada umumnya dipakai untuk struktur bertingkat besar maupun kecil, dan fungsi penggunaan beton dalam konstruksi bangunan adalah untuk menahan beban dari suatu bangunan.

Salah satu sifat penting yang harus diperhatikan pada beton adalah daktilitas. Daktilitas merupakan kemampuan struktur atau komponennya untuk melakukan deformasi inelastik bolak-balik berulang di luar batas titik leleh pertama, sambil mempertahankan sejumlah besar kemampuan daya dukung bebannya (SNI 03-1729-2002). Jadi salah satu alasan pemakaian serat pada beton yaitu agar dapat menaikkan kapabilitas penyerapan energi dari matrik campuran yang artinya meningkatkan daktilitas beton yang dimana akan berdampak juga pada penambahan perilaku terhadap lelah (*fatigue*) dan kejutan (*impact*).

Penggunaan *steel fibre* dapat mempengaruhi sifat daktilitas pada beton. Selain serat baja pada beton berpengaruh, ada juga faktor yang mempengaruhi yaitu jumlah lekukan dan juga ikatan antara serat baja dengan beton. *Steel fibre* juga berpengaruh terhadap *cracking control*. Cara bekerja serat baja terhadap retak berbeda terhadap beton biasa. *Steel fibre* akan bekerja lebih optimal pada retakan. *Steel fibre* bekerja setelah terjadi retakan pertama, dimana setelah terjadi retakan *steel fibre* akan cenderung mencegah retak-retak kecil menjadi retakan yang lebih besar. Menurut Estefania Cuenca (2015), *steel fibre* mengembangkan kemampuan *crack control* dan mengijinkan beton dengan bantuan tulangan baja ulir/polos mendapatkan kekuatan tarik tambahan setelah mencapai tegangan leleh nya (*yield stress*) dan juga menjaga agar retak tidak menyebar.

Berikut adalah beberapa penelitian tentang penggunaan serat baja:

1. Penelitian “Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton” Tujuan penelitian ini adalah, membandingkan hubungan antara kuat tarik lentur beton dan kuat tekan beton. Penelitian yang dilakukan perlakuan selama 28 hari dengan benda uji berupa balok ukuran 100x100x400 mm sebanyak 32 buah untuk pengujian kuat tarik lentur dan silinder 10/20 mm sebanyak 20 buah untuk pengujian kuat tekan. Rentang kuat tekan yang digunakan adalah 20, 25, 30, dan 35 MPa. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kuat tarik dan kuat lentur pada beton mengalami peningkatan; yaitu, semakin besar nilai kuat tekan, semakin tinggi pula besarnya kekuatan tarik lentur berikutnya. Pada penelitian ini nilai $f_r/\sqrt{f'_c}$ berkisar 0,81 sampai 0,83. (Pane dkk, 2015).
2. Penelitian “Pengaruh Dosis Dan Aspek Rasio Serat Baja Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Pada Beton Normal Dan Beton Mutu Tinggi” Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan dosis serat baja sebesar 60 kg/m³ menghasilkan kuat tekan dan nilai modulus elastisitas maksimum kecuali pada beton mutu tinggi aspek rasio 80. Besar kenaikan kuat tekan maksimum pada beton normal sebesar 10,54% (tipe A) dan 10,81% (tipe B) dan beton mutu tinggi sebesar 12,41% (tipe A penambahan 80 kg/m³) dan 12,41%. Peningkatan maksimum nilai modulus elastisitas pada beton normal adalah 25,10% pada tipe B sedangkan pada beton mutu tinggi sebesar 10,98% pada tipe A. Jumlah serat pada saat pemeriksaan distribusi pada beton segar dan beton setelah diuji terhadap jumlah serat teoritis terdapat

perbedaan. Dosis serat lebih berpengaruh terhadap kenaikan kuat tekan dan modulus elastisitas daripada jumlah seratnya (Musyaffa dkk, 2015).

3. Penelitian “Studi Eksperimental Pengujian Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Pada Campuran Beton Dengan Penambahan Serat Kawat Bendrat Berkait” pada tahun 2017 meneliti pengaruh serat bendrat berkait terhadap kuat tekan, tarik belah dan kuat lentur pada beton mutu normal dengan variasi kadar serat 0%, 0,75%, 1,0% dan 1,25% dari volume adukan beton dengan panjang serat 60 mm dan diameter 1 mm. Benda uji kuat tekan dan tarik belah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm berjumlah 24 buah dan benda uji kuat lentur berupa balok dengan ukuran 60 cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 12 buah. Pengujian dilakukan setelah 28 hari. Kuat tekan, tarik belah dan kuat lentur pada beton meningkat setelah diberi penambahan serat kawat bendrat berkait. 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 (Zhafirah dkk, 2017).
4. Penelitian “Pengaruh Penambahan Serat Baja Terhadap Peningkatan Kuat Kokoh Tekan, Kuat Tarik Belah Dan Kuat Lentur Murni Pada Beberapa Mutu *Steel Fibre Reinforced Concrete*” pada tahun 2018 meneliti pengaruh serat baja terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur murni pada berbagai grade SFRC dengan kandungan serat baja adalah 1% dan 1,5% menggunakan serat baja Dramix 5D dengan rasio aspek masing-masing 65, sedangkan kualitas desain SFRC adalah 23 MPa dan 27 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa SFRC dengan serat baja 1% memiliki peningkatan kuat tekan terbesar yaitu mencapai 20,33 persen, sedangkan SFRC dengan kandungan serat baja 1,5% memiliki pertumbuhan terbesar dalam ketangguhan patah dan kekuatan lentur murni, yaitu mencapai 161,45 % dan 47,49%. di keduanya (Wibisono dkk, 2018).
5. Penelitian “Pengaruh Penambahan *Steel Fibre* Dan *Viscocrete* 8670-Mn Terhadap Uji Kuat Tarik Beton” pada tahun 2021 dengan penelitian bertujuan untuk meningkatkan kuat tarik beton dengan *steel fibre* dan dicampur dengan *viscocrete* 8670-Mn. Dimana hasil penelitian diperoleh nilai kuat tarik beton rencana 25 MPa. Persentase dari *steel fibre* dalam campuran yaitu 1%, 2%, 3% dan 4% sedangkan untuk *viscocrete* 8670-Mn digunakan 0,8 %. Hasil penelitian ini didapat kuat tarik beton dengan nilai tertinggi yaitu dengan campuran *steel fibre* 4% dan *viscocrete* 8670-Mn 0,8 % yaitu 3,82 MPa untuk umur 28 hari (Alwi dkk, 2021).

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu yaitu penelitian ini meneliti tentang penggunaan *steel fibre* dengan variasi 10%, 20%, dan 30% yang diambil dari berat semen yang akan dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur selama 7 hari dan 28 hari setelah melalui proses perawatan.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode experimental laboratorium dengan pengujian di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado dengan melakukan suatu percobaan membuat suatu perbandingan antara beton tanpa *steel fibre* dan beton yang menggunakan *steel fibre* yang ditinjau perbandingannya dari pengujian kuat tekan beton serta kuat lentur balok. Material yang disiapkan adalah semen Tonasa tipe PCC (Gambar 1), agregat halus diambil dari Desa Amurang, Minahasa Selatan (Gambar 2), agregat kasar berupa batu pecah ukuran 10-20 mm (Gambar 3) dan batu pecah ukuran 20-30 mm (Gambar 4) diambil

dari PT. King Cursher, Kema, Minahasa Utara, air diambil dari Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Manado, dan bahan tambah *steel fibre* tipe *hooked-end* pabrikan dari Dramix (Gambar 5) digunakan pada semua sampel beton.



Gambar 1.
Semen Tonasa
tipe PCC



Gambar 2.
Pasir Amurang



Gambar 3. Batu
Kema 10-20 mm



Gambar 4. Batu
Kema 20-30 mm



Gambar 5. *Steel Fibre*
tipe *hooked-end*

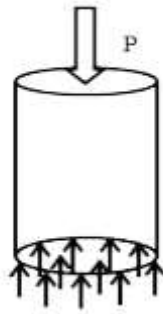
Tahapan penelitian ini dimulai dari persiapan bahan penyusun beton, kemudian dilakukan pengujian pemeriksaan karakteristik material agregat halus dan kasar untuk mengetahui standart bahan yang akan digunakan. Setelah pemeriksaan karakteristik material selesai dan memenuhi spesifikasi, langkah selanjutnya yaitu perencanaan campuran beton yang mengacu pada SNI 03-2834-2000 dan PBI 1971, kemudian dilakukan proses pembuatan campuran beton dan pengujian slump, setelah pengujian slump dilakukan peretakan beton didalam cetakan silinder 150 mm x 300 mm untuk pengujian kuat tekan beton dan cetakan balok 150mm x 150mm x 600mm untuk pengujian kuat lentur balok, kemudian dilakukan perawatan benda uji dengan metode perendaman, setelah itu akan dilakukan proses pengujian kuat tekan dan kuat lentur setelah perawatan.

Kuat tekan beton didapat melalui pengujian kuat tekan dengan memakai alat uji tekan (*compressive strength machine*) yang proses penerimaan beban tekan terlihat pada Gambar 6. Acuan yang dipakai untuk pengujian kuat tekan adalah SNI 1974-2011 tentang “Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder”. Pemberian beban tekan dilakukan bertahap dengan kecepatan beban tertentu atas uji beton. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana:

f_c' = Kuat tekan benda uji beton (MPa)
P = Besar beban maksimum (N)
A = Luas penampang benda uji (mm²)



Gambar 6. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat lentur dilakukan dengan acuan yang dipakai yaitu SNI 4431-2011 tentang “Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan” yang pembebanan dua titik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. Pengujian kuat lentur memiliki dua perhitungan, penggunaan perhitungan tersebut berdasarkan pada pola keruntuhan yang terjadi pada bentangan. Jika keruntuhan yang terjadi pada bagian bentang, maka digunakan perhitungan:

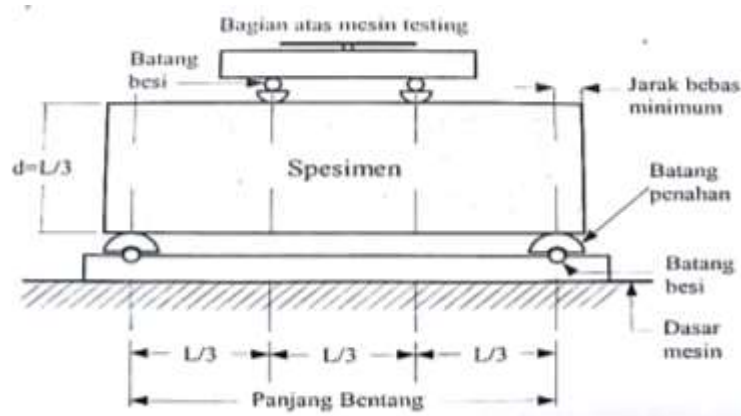
$$\sigma_l = \frac{P \cdot L}{B \cdot H^2} \quad (2)$$

Sedangkan jika terjadi keruntuhan pada bagian luar tengah bentang, maka digunakan perhitungan:

$$\sigma_l = \frac{3P \cdot \alpha}{B \cdot H^2} \quad (3)$$

Dimana:

- σ_l = Kuat lentur benda uji (MPa)
- P = Besar beban maksimum yang terjadi (N)
- L = Jarak bentang antara dua garis perletakan (mm)
- B = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- H = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)
- α = Jarak rata-rata dari garis keruntuhan dan titik perletakan terdekat diukur pada tarik bentang (mm)



Gambar 7. Pengujian Kuat Lentur

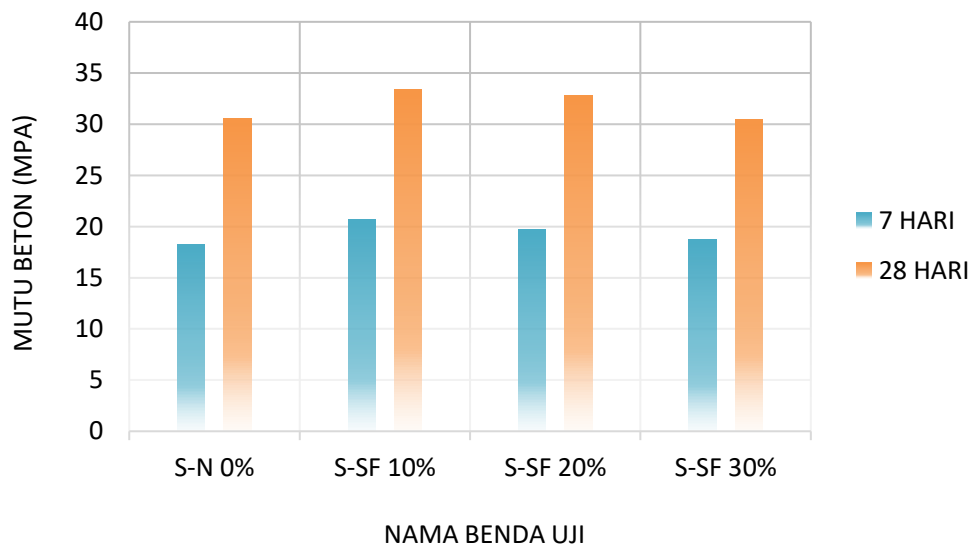
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan bahan tambah *steel fibre* dengan variasi 10%, 20%, dan 30% pada benda uji silinder yang dilakukan pengujian umur 7 hari dan 28 hari terlihat pada Tabel 3, dan Gambar 9.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

| Nama Benda Uji | Hasil Kuat Tekan Rata-Rata (MPa) | | | |
|----------------|----------------------------------|------------------|---------|-------------------|
| | 7 Hari | Koefisien 7 Hari | 28 Hari | Koefisien 28 Hari |
| S-N-0% | 18,22 | 0,65 | 30,57 | 1 |
| S-SF-10% | 20,98 | | 33,40 | |
| S-SF-20% | 19,71 | | 32,84 | |
| S-SF-30% | 18,76 | | 30,46 | |



Gambar 8. Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Beton 7 Hari dan 28 Hari

Dari hasil pengujian kuat tekan yang didapat, menunjukkan hasil dari beton normal yang didapat sesuai dengan mutu beton yang direncanakan ($f_c'30$) yaitu 18,22 MPa pada umur beton 7 hari dan 30,57 pada umur beton 28 hari. Setelah ditambahkan *steel fibre* dengan ukuran panjang 6 cm dan diameter 1 mm, terjadi perubahan mutu beton pada setiap variasi. Pada benda uji *steel fibre* variasi 10% terjadi puncak peningkatan mutu beton maksimum yaitu sebesar 20,72 MPa pada umur beton 7 hari dan 33,40 MPa pada umur beton 28 hari, Pada benda uji *steel fibre* variasi 20% terjadi peningkatan mutu beton yaitu sebesar 19,71 pada umur beton 7 hari dan 32,84 MPa pada umur beton 28 hari, tetapi terjadi penurunan mutu beton jika dibandingkan dengan benda

uji *steel fibre* variasi 10%. Sedangkan pada benda uji *steel fibre* variasi 30% terjadi penurunan mutu beton, yaitu 30,46 MPa pada benda uji 28 hari, sedikit lebih rendah dibandingkan dengan beton normal yang didapat.

Penurunan mutu beton tersebut terjadi karena penggunaan *steel fibre* yang semakin bertambah banyak yang menyebabkan *steel fibre* saling mengikat terlalu banyak sampai terjadi penggumpalan sehingga menyebabkan sulitnya pergerakan campuran lain yang masuk ke dalam akibat pemadatan yang tidak terdistribusi secara merata dimana hal tersebut akan menimbulkan rongga-rongga kosong pada dalam beton yang membuat mutu beton menurun. Hal ini juga ditemukan oleh Luvena dkk, (2017) dalam penelitiannya pada beton memadat sendiri. Namun penambahan *steel fibre* pada beton juga dapat mengikat campuran beton lainnya sehingga dapat membuat beton menjadi lebih daktail serta meningkatkan juga mutu beton jika penambahan *steel fibre* dengan komposisi yang tepat. Pada penelitian ini komposisi campuran terbaik di dapat pada penggunaan *steel fibre* 10% dimana meningkatkan mutu beton sebesar 33,40 MPa atau terjadi peningkatan persentase sebesar 11,33% dari mutu rencana kuat tekan beton.

Adapun persentase kekuatan tekan benda uji silinder dengan penambahan *steel fibre* dibandingkan dengan kuat tekan beton normal terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Persentase Pengujian Kuat Tekan

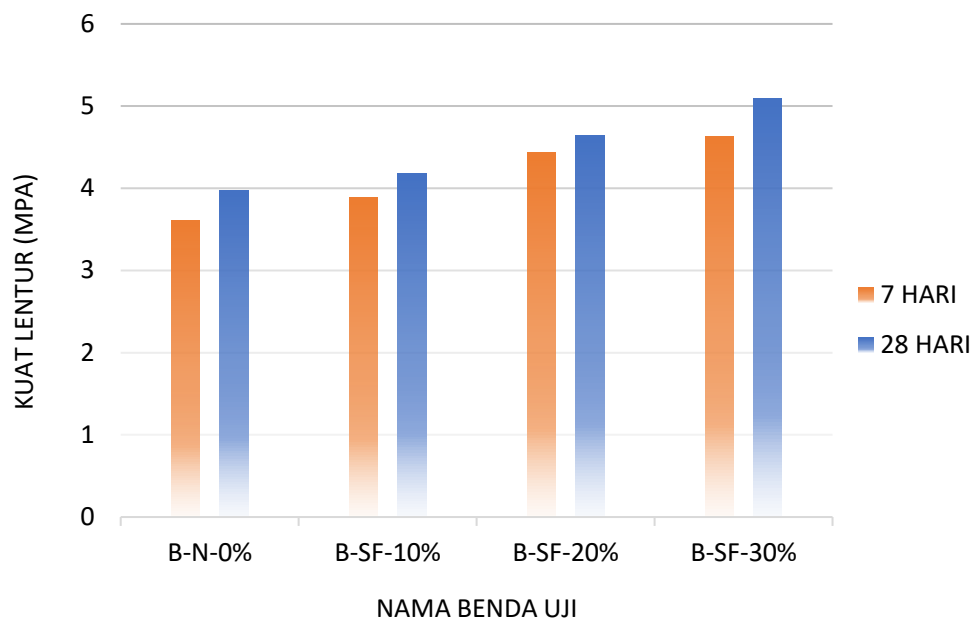
| Umur Beton | Minimum kuat tekan (MPa) | Koefisien Kuat Tekan (%) | Persentase kuat tekan beton (%) | | | |
|------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| | | | S-N 0% | S-SF 10% | S-SF 20% | S-SF 30% |
| 7 Hari | 19,5 | 65 | 60,73 | 69,94 | 65,69 | 62,53 |
| 28 Hari | 30 | 100 | 101,88 | 111,33 | 109,48 | 101,54 |

3.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur

Hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan bahan tambah *steel fibre* dengan variasi 10%, 20%, dan 30% pada benda uji silinder yang dilakukan pengujian umur 7 hari dan 28 hari terlihat pada Tabel 3, dan Gambar 9.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Lentur

| Nama Benda Uji | Hasil Kuat Lentur Rata-Rata (MPa) | |
|----------------|-----------------------------------|---------|
| | 7 Hari | 28 Hari |
| B-N-0% | 3,61 | 3,98 |
| B-SF-10% | 3,88 | 4,18 |
| B-SF-20% | 4,43 | 4,65 |
| B-SF-30% | 4,63 | 5,09 |



Gambar 9. Grafik Kuat Lentur Rata-Rata Beton 7 Hari dan 28 Hari

Dari hasil pengujian kuat lentur yang tercantum pada Tabel 3 dan Gambar 9, menunjukkan terjadi peningkatan pada setiap penambahan variasi. Pada benda uji *steel fibre* variasi 10% terjadi peningkatan mutu beton yaitu sebesar 3,88 MPa pada umur beton 7 hari dan 4,18 MPa pada umur beton 28 hari, pada benda uji *steel fibre* variasi 20% terjadi peningkatan mutu beton yaitu sebesar 4,43 MPa pada umur beton 7 hari dan 4,65 MPa pada umur beton 28 hari, dan pada benda uji *steel fibre* variasi 30% juga terjadi peningkatan yang paling besar diantara 2 variasi sebelumnya yaitu sebesar 4,63 MPa pada umur beton 7 hari, dan 5,09 MPa pada umur beton 28 hari. Pada beton normal gaya lentur yang terjadi hanya ditahan oleh beton sendiri, sehingga pada saat terjadi kuat lentur maksimum beton tersebut mengalami retakan yang sangat cepat yang membuat beton tersebut langsung patah, sedangkan pada beton dengan penambahan *steel fibre* gaya tarik yang terjadi ditahan secara bersama-sama oleh beton dan *steel fibre* pada saat adanya beban lentur, sehingga memperlambat retakan yang terjadi pada beton tersebut yang membuat beton tidak mengalami patah secara langsung sehingga kuat lentur yang terjadi pada beton serat meningkat, hasil pengujiannya bisa dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan Hasil Kuat Lentur Pada Balok Normal & Balok Dengan Penambahan *Steel Fibre*

Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *steel fibre* memiliki dampak yang besar dalam hal menahan beban lentur, dimana *steel fibre* dapat berkerja secara maksimal pada saat menerima beban lentur, dan hal tersebut inilah yang dapat mempengaruhi sifat daktilitas pada beton karena *steel fibre* akan bekerja lebih optimal pada retakan setelah terjadi retakan pertama, dimana setelah terjadi retakan *steel fibre* akan cenderung mencegah retak-retak kecil menjadi retakan yang lebih besar. Penambahan serat ke dalam adukan beton dapat meningkatkan kuat tarik yang berarti sesuai dengan tujuan utama penambahan serat dapat menjadi sebagai tulangan mikro ke dalam adukan beton untuk meningkatkan kuat tarik beton dan menahan retakan-retakan di daerah tarik yang terlalu dini akibat pembebanan. Sifat daktilitas ini dikemukakan juga dalam penelitian Utami dkk (2022) dan Zongze, L et al. (2021).

Adapun persentase kekuatan lentur benda uji balok dengan penambahan *steel fibre* dibandingkan dengan kuat lentur beton normal terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Lentur

| Variasi Benda Uji | Minimal Kuat Lentur (MPa) | Peningkatan Kuat Lentur 28 Hari (%) | | |
|-------------------|---------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------|
| | | Hasil Kuat Lentur (MPa) | Persentase Kuat Lentur (%) | |
| Normal | 3,83 | 3,98 | 103,73 | 3,73% |
| SF 10% | | 4,18 | 109,05 | 9,05% |
| SF 20% | | 4,65 | 121,18 | 21,18% |
| SF 30% | | 5,09 | 132,85 | 32,85% |

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa adanya pengaruh penggunaan *steel fibre* terhadap kuat tekan dan kuat lentur dimana terjadi perubahan mutu beton khususnya pada kuat tarik lentur yang dapat mempengaruhi sifat daktilitas beton dimana setelah terjadi retakan *steel fibre* akan cenderung mencegah retak-retak kecil menjadi retakan yang lebih besar, dan hasil persentase optimum yang didapat yaitu pada S-SF 10% dengan nilai kuat tekan rata-rata pada umur beton 28 hari adalah sebesar 33,40 MPa yang dimana terjadi peningkatan persentase sebesar 11,33%. Sedangkan pada pengujian kuat lentur balok persentase optimum yang didapat yaitu pada B-SF 30% dengan nilai tegangan lentur rata-rata pada umur beton 28 hari adalah sebesar 5,09 MPa dimana terjadi peningkatan persentase optimum sebesar 32,85%.

Berdasarkan hasil kesimpulan, disarankan perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan komposisi campuran yang lebih detail lagi seperti campuran dengan variasi 5%, 15%, dan 25% untuk mengetahui nilai persentase optimum yang lebih akurat., perlu ada penambahan umur pengujian kuat tekan dan kuat lentur dengan menambahkan 14 hari dan 21 hari agar lebih detail hasil grafik yang didapat, perlu ada penambahan bahan tambah kimia berupa *superplasticizer* pada campuran yang menggunakan *steel fibre* untuk mendapatkan workability pada saat proses pemadatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kepala Laboratorium dan Teknisi Laboratorium Uji Material Politeknik Negeri Manado yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, A.H, Zulkarnain, Fahrizal., (2021), Analisa Pengaruh Penambahan Steel Fibre Dan Viscocrete 8670-Mn Terhadap Uji Kuat Tarik Beton., SKRIPSI, Universitas Muhammadiyah, Sumatera Utara.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011), *SNI 4431:2011 Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan*. Jakarta: Bandar Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional., (2000), *SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Bandar Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional., (2002), *SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Bandar Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional., (2011), *SNI 1974:2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Bandar Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional., (2011), *SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. Jakarta: Bandar Standardisasi Nasional.
- Cuenca, E., (2015), *On Shear Behavior of Structural Elements Made of Steel Fibre Reinforced Concrete. Springer Transactions in Civil and Enviromental Engineering*, Politecnico, Milano.
- Luvena, G.A, Siswanti, M, F, dan Saputra, A. (2017). Pengaruh penambahan serat baja pada Self Compacting Concrete mutu tinggi, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 14, Np.2, April 2017, hal. 85-93.
- Musyaffa, D.N., Sholihin As'ad., Wibowo., (2015), Pengaruh Dosis Dan Aspek Rasio Serat Baja Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Pada Beton Normal Dan Beton Mutu Tinggi, *e-Jurnal UNS Matriks Teknik Sipil*, Vol. 3, No. 2.
- Pane, F.P., Tanudjaja, H., Windah, R.S., (2015), Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton, *e-Journal UNSRAT Jurnal Sipil Statik* Vol. 3 No. 5.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia., (1971), *PBI 1971*.
- Utami, T.R, Noorhidana, V.A, Sebayang, S, Helmi, M. (2022). Pengaruh Serat Baja Terhadap Kuat Tarik Lentur Balok Beton yang Disambung, *JRSDD*, Vol. 10, Np, 2, Hal. 267-278.
- Wibisono, E.K., Evangelica, C.M., Sugiharto, H., Wijaya, G.W., (2018), Pengaruh Penambahan Serat Baja Terhadap Peningkatan Kuat Kokoh Tekan, Kuat Tarik Belah Dan Kuat Lentur Murni Pada Beberapa Mutu *Steel Fibre Reinforced Concrete*, *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, Vol. 7, No.1.
- Zhafira, A.U., Purwanto, E., Irianti, L., (2017), Studi Eksperimental Pengujian Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Pada Campuran Beton Dengan Penambahan Serat Kawat Bendrat Berkait, *Journal Rekayasa Sipil Dan Desain (JRSDD)*, Vol. 5, No. 4.
- Zongze, L, Haitang, Z, Xuanjiao, Z, Chengcheng, W, Gang, C. (2021). Effects of steel fiber on the flexural behavior and ductility of concrete beams reinforced with BFRP rebars under repeated loading. *Composite Structure*, Vol. 270, 15 August 2021, 11407, <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.114072>.