

PERBANDINGAN KUAT LENTUR BETON BERSERAT ANTARA SERAT FABRIKASI (*MICRO FIBERS*) DAN SERAT ALAM (SERABUT KELAPA)

Ega Mawarni^{1*}, Candra Aditya², Abdul Halim³

¹ PT. Era Jaya Wijaya

^{2,3} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widya Gama Malang

*Korespondensi Email: egamawarni114@gmail.com

ABSTRAK

Dari tahun ke tahun, penelitian dengan penambahan bahan tambah seperti serat terus berkembang untuk mengetahui apakah bahan tambah tersebut berpengaruh baik atau buruk pada beton. Sehingga dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui nilai, pengaruh, dan perbandingan kuat lentur beton berserat antara serat fabrikasi (*Micro Fibers*) dan serat alam (serabut kelapa) dengan variasi masing-masing serat sebesar 300 gr/m³, 450 gr/m³, 600 gr/m³, dan 750 gr/m³. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan analisis statistik menggunakan analisis Anova *Single Factor*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat fabrikasi berpengaruh terhadap kuat lentur beton yang ditunjukkan pada $\alpha=0,05 > P\text{-Value} = 0,003068$. Sedangkan serat alam tidak berpengaruh terhadap kuat lentur beton yang ditunjukkan oleh $\alpha=0,05 < P\text{-Value} = 0,576326$. Nilai kuat lentur tertinggi pada variasi 300 gr/m³ untuk kedua jenis serat. Pada serat fabrikasi variasi 300 gr/m³ diperoleh nilai kuat lentur sebesar 3,96 Mpa dengan kenaikan 13,23% dan variasi 750 gr/m³ diperoleh 3,24 Mpa dengan penurunan 7,41%. Sedangkan serat alam variasi 300 gr/m³ diperoleh nilai kuat lentur sebesar 3,65 MPa dengan kenaikan 4,23% dan variasi 750 gr/m³ diperoleh 3,41 MPa dengan penurunan 2,65%. Selisih nilai kuat lentur variasi 300 gr/m³ dari kedua jenis serat yaitu 0,31 MPa (8,49%). Sehingga serat fabrikasi lebih efektif meningkatkan kuat lentur beton.

Kata kunci: Beton, Kuat Lentur, Serabut Kelapa, dan *Micro Fibers*.

ABSTRACT

From year to year, research with the addition of added materials such as fiber continues to grow to find out whether the added material has a good or bad effect on concrete. So that research was conducted with the aim of knowing the value, influence, and comparison of the flexural strength of fibrous concrete between fabricated fibers (*Micro Fibers*) and natural fibers (coconut fibers) with variations of each fiber of 300 gr/m³, 450 gr/m³, 600 gr/m³, and 750 gr/m³. The method used is experimental method with statistical analysis using *Single Factor Anova* analysis. The results showed that fabricated fiber affects the flexural strength of concrete as shown at $\alpha=0.05 > P\text{-Value} = 0.003068$. While natural fiber has no effect on the flexural strength of concrete as shown by $\alpha = 0.05 < P\text{-Value} = 0.576326$. The highest flexural strength value is in the 300 gr/m³ variation for both types of fibers. In the 300 gr/m³ variation, the fabricated fiber obtained a flexural strength value of 3.96 Mpa with an increase of 13.23% and the 750 gr/m³ variation obtained 3.24 Mpa with a decrease of 7.41%. While the natural fiber variation of 300 gr/m³ obtained a flexural strength value of 3.65 MPa with an increase of 4.23% and a variation of 750 gr/m³ obtained 3.41 MPa with a decrease of 2.65%. The difference in the flexural strength value of the 300 gr/m³ variation of the two types of fiber is 0.31 MPa (8.49%). So that the fabricated fiber is more effective in increasing the flexural strength of concrete.

Keywords : Concrete, Flexural Strength, Coconut Fibre, and *Micro Fibers*.

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia bidang konstruksi, beton berperan sebagai struktur utama bangunan yang banyak digunakan. Beton merupakan campuran antara semen Portland ataupun semen hidrolik yang lainnya, agregat kasar dan halus, dan air, menggunakan atau tanpa menggunakan bahan tambah, sehingga kemudian berbentuk massa yang padat [1]. Banyaknya peminat beton mengakibatkan munculnya penelitian-penelitian terbaru mengenai beton yang dilakukan oleh banyak orang sehingga terjadi kemajuan yang pesat di bidang struktur konstruksi bangunan. Terdapat penelitian yang sering dijumpai mengenai pengaruh kuat lentur beton berserat dengan bahan tambahan serat alam maupun serat sintetis. Serat alami memiliki pengertian sebagai serat yang diperoleh langsung dari alam, sedangkan serat sintetis adalah serat buatan yang terbuat dari atom [2]. Kedua jenis serat tersebut diteliti untuk menemukan jenis serat apa yang paling cocok untuk meningkatkan kualitas beton salah satunya adalah kuat lentur beton dengan pemakaian serat alami yang lebih ramah lingkungan. Seperti yang paling umum untuk penelitian adalah serat alam serabut kelapa. Di sisi lain, Kordsa yang merupakan anak perusahaan Sabanci Holding memiliki inovasi terbaru yaitu serat Kratos (*Micro Fibers*) yang telah mencuri banyak perhatian karena disebut memiliki keunggulannya yang tinggi dari pada serat yang lain sebagai serat sintetis. Munculnya inovasi-inovasi terbaru mengenai serat untuk campuran beton membuat banyak penelitian terus bermunculan dan berkembang dengan maksud ingin mengetahui bagaimana pengaruhnya terhadap kekuatan beton, terutama pada kuat lentur beton. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan dan membandingkan efek dari penggunaan serat Kratos (*Micro Fibers*) sebagai serat sintetis dan serabut kelapa untuk kekuatan lentur beton. Sehingga didapatkan bahan alternatif yang efektif dan ramah lingkungan dalam Meningkatkan kualitas kerja beton.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah suatu bahan yang bisa diperoleh dengan cara mencampurkan berbagai jenis bahan seperti air, kerikil, pasir, semen Portland, dan bahan pengikat hidrolik jenis lain menggunakan atau tanpa menggunakan bahan tambahan lainnya [3]. Selain itu, beton polos merupakan beton struktur yang tidak terdapat penulangan atau menggunakan tulangan yang lebih sedikit dari batas minimum yang ditentukan pada beton bertulang [4]. Salah satu kelebihan beton adalah bisa dikombinasi dengan bahan/campuran lainnya untuk mendapatkan ketahanan yang lebih tinggi dibandingkan beton polos tanpa bahan tambahan. Salah satu kekurangan beton yang bersifat getas atau kaku, serta kuat tariknya yang rendah sehingga mudah retak.

2.2 Beton Serat

Beton berserat (*Fibre Concrete*) memiliki pengertian sebagai beton yang terbuat dari campuran dari semen baik itu tipe I, II, III, atau VI berdasarkan SNI [5], air, agregat halus alami maupun olahan dengan menyaring atau memisahkan butiran batu atau terak tanur tinggi, dan agregat halus alami yang berasal dari pasir yang dihasilkan oleh penguraian batuan [6], agregat kasar, dan berbagai serat yang tersebar di dalam campuran dari beton. Salah satu beton serat memiliki keunggulan mampu menaikkan nilai kekuatan lentur beton dan dengan adanya tambahan material berupa serat maka biaya dapat menjadi lebih mahal [7].

2.3 Serat Fabrikasi (*Micro Fibers*)

Kratos Micro Serat Sintetis diproduksi dari bahan baku Polymide 6.6 sesuai standar EN 14889-2 Kelas I dan memiliki keunggulan dalam hal mencegah terjadinya retak akibat *early age plastic shrinkage* dan *drying shrinkage* jangka panjang dibanding dengan serat polypropylene dan serat basalt. Berbeda dengan serat sintetis lainnya, Kratos Micro mampu menyerap hingga 5% kelembaban [8].

Tabel 1. Karakteristik Kratos *Micro Fibers*

Kratos Macro	Karakteristik Properti
Kelas Serat	EN 14889-2 Kelas I
Bahan Baku	Polyamide 6.6
Berat jenis (gr/cm ³)	1,14
Panjang (mm)	6 - 12
Kuat Tarik (MPa)	900
Ketahanan Alkali	Tinggi
Ketahanan terhadap korosi	Tinggi
Titik Leleh (°C)	260
Jumlah Serat/kg	222 Juta (6 mm) 111 Juta (12 mm)

Dari hasil pengujian terakreditasi yang dilakukan di Universitas Aachen Jerman membuktikan bahwa aplikasi dengan dosis 600 g/m³ beton akan mencegah 99% retak akibat susut beton. Penggunaan 300 g/m³ Kratos Micro dapat mencehag 67,7% retak susut [9].

**Gambar 1.** Serat Kratos (*Micro Fibers*)

2.4 Serat Alam (Serabut Kelapa)

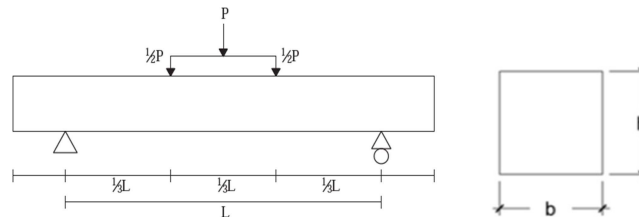
Serabut kelapa dicirikan dengan panjang 15 cm – 30 cm, ringan, tahan terhadap microba, penggosokan serta penyadapan. Pengaruh dari tambahan serabut kelapa pada beton dapat mengurangi workability, namun dengan penambahan juga bisa meningkatkan kekuatan lentur beton [10]. Dari Sunario (Tahun 2008) pada Laboratorium Balai Besar Pulp dan Kertas pada terdapat beberapa komposisi kimia pada serabut kelapa [11]. Lihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Komposisi Serat Kelapa

Parameter	Hasil pengujian komposisi	Metode pengujian
Presentase abu	2,02%	SNI 14-1031-1989
Presentase lignin	31,48%	SNI 14-0492-1990
Presentase sari	3,41%	SNI 12-1032-1989
Presentase alfa seulosa	32,64%	SNI 14-0444-1989
Presentase total selulosa	55,34%	Metoda Internal BBPK
Presentase pentosan sebagai hemiselulosa	22,70%	SNI 01-1561-1989
Kelarutan dalam NaOH 1%	20,48%	SNI 19-1938-1990

2.5 Kuat Lentur Beton

Kemampuan balok beton yang ditempatkan pada dua posisi untuk menahan gaya yang diberikan tegak lurus pada sumbu benda yang diuji sampai benda uji mengalami patah, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya persatuan luas merupakan pengertian kuat lentur beton. [12]. Terdapat beberapa metode pengujian kuat lentur seperti : Sistem dengan 1 titik bagian pembebanan [13] dan Sistem dengan 2 titik bagian pembebanan [14]. Benda uji berupa balok yang panjangnya empat kali lebar balok. Uji beban dua titik pada suatu balok ditunjukkan pada **Gambar 2**.

**Gambar 1.** Peletakan Pembebanan Beton

Untuk menghitung nilai kuat lentur, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{PL}{b.h^2} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- = kuat lentur (MPa)
- = beban maksimum saat terjadi keretakan (N)
- = panjang bentang antar tumpuan (mm)
- = lebar penampang balok uji (mm)
- = tinggi penampang balok uji (mm)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode eksperimental dalam Laboratorium Universitas Widya Gama Malang untuk mengumpulkan data atau angka kemudian dapat diambil suatu kesimpulan dari perbandingan beton serat antara serat fabrikasi (*Micro Fibers*) dan serat alam (serabut kelapa) dengan perencanaan mutu beton adalah beton f'c 20 MPa. Dengan tahapan persiapan bahan, pengujian agregat, mix design, pengujian slump, pembuatan benda uji, perawatan, dan pengujian.

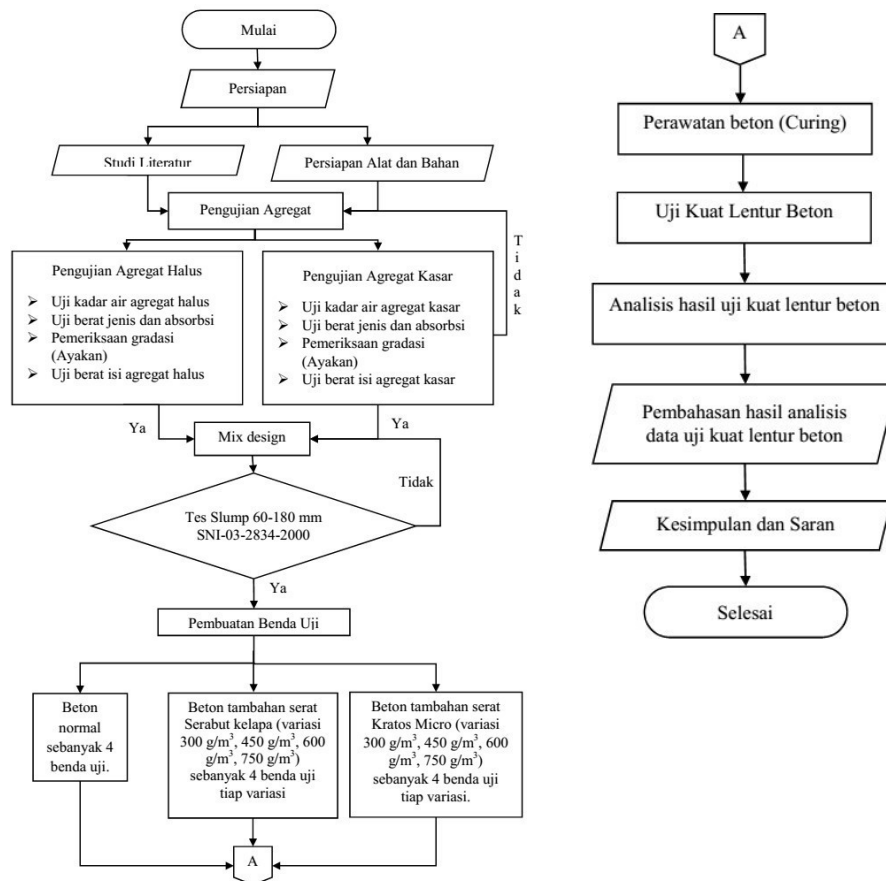
3.1 Pembuatan Benda Uji

Perencanaan kebutuhan serat *Micro Fibers* pada 16 balok adalah 113,4 gram dan kebutuhan untuk serabut kelapa pada 16 balok adalah 113,4 gram. Panjang serat adalah 6-12 mm yang ditambahkan untuk benda uji. Dibutuhkan 36 buah balok beton, dengan takaran pasir, semen dan kerikil yang sama rata.

Tabel 1. Populasi Benda Uji

No	Takaran Serat	Umur Beton	Uji Kuat Lentur	
			Serat <i>Micro Fibers</i>	Serabut Selapa
1	Beton Serat 300 gr/m ³	28 Hari	4	4
2	Beton Serat 450 gr/m ³	28 Hari	4	4
3	Beton Serat 600 gr/m ³	28 Hari	4	4
4	Beton Serat 750 gr/m ³	28 Hari	4	4
Jumlah Beton Serat			16	16
Total keseluruhan + 4 Beton Normal			36	

3.2 Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Prosedur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Agregat

Pengujian agregat kasar dan halus dalam rangka mengetahui spesifikasi material yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji penelitian dapat dilihat dalam **Tabel 4**.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar Dan Halus

Pengujian	Agregat Kasar			Agregat Halus		
	Hasil	SNI	Ket.	Hasil	SNI	Ket.
Kadar air (%)	3,24	3% - 5%	Memenuhi	3,36	(2% - 5%)	Memenuhi
Kadar lumpur (%)	0,57	Maks. 1%	Memenuhi	1,57	Maks. 5%	Memenuhi
Berat jenis (g/cm³)	2,58	2,58 - 2,83	Memenuhi	2,58	1,6 - 3,3	Memenuhi
Penyerapan (%)	0,91	-	Memenuhi	2,57	0,20 - 2,00	Memenuhi
Modulus halus (%)	6,59	6,0 - 7,1	Memenuhi	3,35	1,50 - 3,80	Memenuhi
Berat volume (cm³)	Padat : 1,47	1,20 - 1,60	Memenuhi	Padat : 1,55	1,20 - 1,90	Memenuhi
	Gembur : 1,26			Gembur : 1,20		

4.2 Mix Design

Kondisi ideal agregat yaitu saat kondisi jenuh kering permukaan (SSD), dimana kondisi aktual agregat biasanya tidak memenuhi syarat tersebut. Maka susunan campuran aktual untuk tiap 1 m³ beton adalah pasir = 673,74 kg, semen = 372,73 kg, kerikil = 1122,67 kg, dan air 180,86 Kg. Volume dalam 1 cetakan ukuran 60 x 15 x 15 = 0,0135 m³. Maka jumlah volume 36 benda uji :

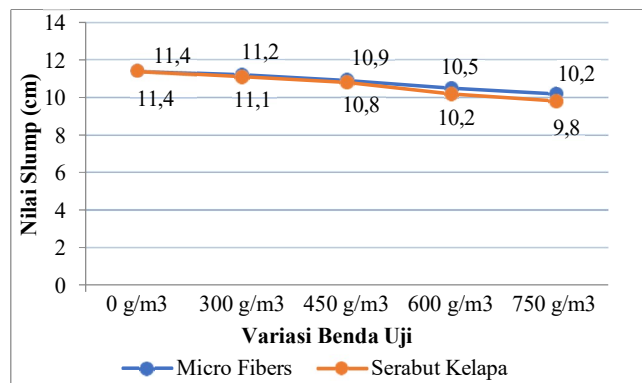
$$\begin{aligned}\text{Volume total 36 benda uji} &= \text{Volume 1 cetakan} \times 36 \\ &= 0,0135 \times 36 = 0,486 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Tabel 3. Perkiraan Berat Campuran Untuk Benda Uji

Material	Berat benda uji (kg)	Estimasi penambahan 20% per variasi	Berat 36 benda uji (kg)
Semen	5,0319	24,1531	217,38
Air	2,4416	11,7197	105,48
Pasir	9,0955	43,6584	392,93
Kerikil	15,1561	72,7492	654,74

4.3 Pengujian Slump Beton

Berdasarkan pengujian slump beton berserat baik itu beton normal, beton berserat fabrikasi (*Micro Fibers*) dan serat alam (serabut kelapa), hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 3. Grafik Nilai Slump Pada Beton Normal Dan Beton Berserat.

Penambahan serat juga mempengaruhi hasil slump beton, sebab serat menyerap air yang terkandung dalam campuran beton, maka semakin banyak serat yang dicampurkan beton yang diperoleh semakin kental. Nilai slump yang didapatkan telah masuk ke dalam slump rencana yaitu antara 60 – 180 mm sesuai dengan SNI 03-2834-2000 [15].

4.4 Pengujian Kuat Lentur Beton

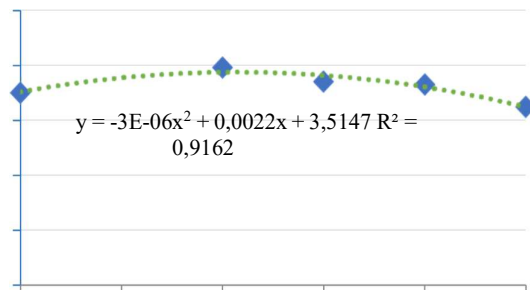
Pengujian kuat lentur beton dilakukan 28 hari dan telah melalui masa perawatan dengan cara perendaman serta pengeringan, menggunakan alat *Hydraulic Jack Concrete Beam*. Berikut ini perhitungan kuat lentur beton pada beton normal :

$$\sigma = \frac{PL}{b \cdot h^2} = \frac{2400 \text{ N} \times 500 \text{ mm}}{150 \text{ mm} \times 150^2 \text{ mm}} = 3,65 \text{ Mpa}$$

Maka hasil kuat lentur rata-rata beton normal dan berserat dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Lentur Dan Persentase Perubahan

Takaran Serat	Kuat lentur rata-rata (MPa)	Persentase Perubahan terhadap beton normal (%)	Persentase perubahan setiap penambahan serat (%)
Beton Normal			
BN 1	3,50	0	0
Beton Serat Fabrikasi (<i>Micro Fibers</i>)			
BS 300 gr	3,96	13,23	13,23
BS 450 gr	3,70	5,82	-6,54
BS 600 gr	3,65	4,23	-1,5
BS 750 gr	3,24	-7,41	-11,17
Beton Serat Alam (Serabut kelapa)			
BSK 300 gr	3,65	4,23	4,23
BSK 450 gr	3,54	1,06	-3,05
BSK 600 gr	3,52	0,53	-0,52
BSK 750 gr	3,41	-2,65	-3,16



Gambar 4. Pengaruh Penambahan Serat Micro Fibers Terhadap Kuat Lentur

Pada **Gambar 5** didapatkan pengaruh penambahan kadar serat terhadap peningkatan kuat lentur beton dengan rumus pendekatan sebagai berikut.

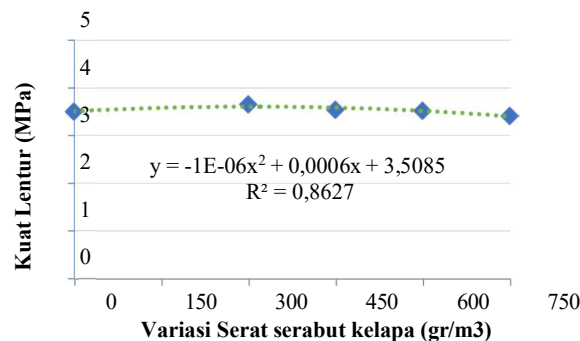
Nilai optimum didapatkan dari x saat $f_{lt} = 0$

$$0 = -0,000006x + 0,0022$$

$$x = \frac{0,0022}{0,000006} = 366,67 \text{ gr/m}^3$$

$$f_{lt} = -0,000003(366,67)^2 + 0,0022(366,67) + 3,5147 = 3,92 \text{ MPa}$$

Maka penambahan serat *Micro Fibers* dalam campuran beton yang optimal sebesar 366,67 gr/m³ yang dapat menghasilkan nilai kuat lentur maksimum sebesar 3,92 MPa.



Gambar 5. Pengaruh Penambahan Serabut Kelapa Fibers Terhadap Kuat

Pada **Gambar 6** didapatkan pengaruh penambahan kadar serat terhadap peningkatan kuat lentur beton dengan rumus pendekatan yang sama dengan perhitungan pengaruh penambahan kadar serat *Micro Fibers* sebagai berikut.

$$f_{lt} = -0,000001(300)^2 + 0,0006(300) + 3,5085 = 3,60 \text{ MPa}$$

Maka penambahan serat serabut kelapa yang optimal sebesar 300 gr/m³, nilai kuat lentur maksimum sebesar 3,60 MPa.

Anova: Single Factor (Micro Fibers)**SUMMARY**

<i>roups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
BN	4	94,5	23,625	4,729167
BS 300 gr/m3	4	107	26,75	0,416667
BS 450 gr/m3	4	100	25	4
BS 600 gr/m3	4	98,5	24,625	0,729167
BS 750 gr/m3	4	87,5	21,875	0,0625

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	51,625	4	12,90625	6,493711	0,003068	3,055568
<i>Within Groups</i>	29,8125	15	1,9875			
<i>Total</i>	81,4375	19				

Hipotesis :

H0 = BS tidak berpengaruh terhadap kenaikan kuat lentur beton. H1

= BS berpengaruh terhadap kenaikan kuat lentur beton.

$$H0 = \alpha < P\text{-Value}$$

$$H1 = \alpha > P\text{-Value}$$

$$\alpha = 0,05 > P\text{-Value} = 0,003068$$

H1 = BS berpengaruh terhadap kenaikan kuat lentur beton.

Anova: Single Factor (Serabut Kelapa)**SUMMARY**

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
BN	4	94,5	23,625	4,729167
BSK 300 gr/m3	4	98,5	24,625	0,229167
BSK 450 gr/m3	4	95,5	23,875	0,395833
BSK 600 gr/m3	4	95	23,75	0,916667
BSK 750 gr/m3	4	92	23	2,833333

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	5,425	4	1,35625	0,744851	0,576326	3,055568
<i>Within Groups</i>	27,3125	15	1,820833			
<i>Total</i>	32,7375	19				

Hipotesis :

H0 = BSK tidak berpengaruh terhadap kenaikan kuat lentur beton.

H1 = BSK berpengaruh terhadap kenaikan kuat lentur beton.

$$H0 = \alpha < P\text{-Value}$$

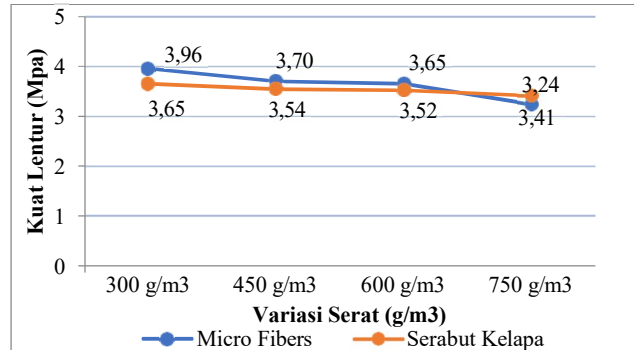
$$H1 = \alpha > P\text{-Value}$$

$$\alpha = 0,05 < P\text{-Value} = 0,576326$$

H0 = BSK tidak berpengaruh terhadap kenaikan kuat lentur beton

4.5 Perbandingan Serat Pada Beton

Setelah semua data diperoleh, grafik yang dihasilkan dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Kuat lentur (MPa) Antara Serat Fabrikasi (*Micro Fibers*) Dan Serat Alam (Serabut Kelapa)

Keseluruhan perhitungan penurunan kuat lentur beton campuran serat fabrikasi (*Micro Fibers*) dan serat alam (serabut kelapa) dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5. Rata-rata Penurunan Kuat Lentur

Variasi Serat	Kuat Lentur <i>Micro Fibers</i> (MPa)	Penurunan Kuat Lentur <i>Micro Fibers</i> (MPa)	Kuat Lentur Serabut Kelapa (MPa)	Penurunan Kuat Lentur Pada Serabut Kelapa (MPa)
300 gr/m³	3,96	-	3,65	-
450 gr/m³	3,70	0,26	3,54	0,11
600 gr/m³	3,65	0,05	3,52	0,02
750 gr/m³	3,24	0,41	3,41	0,11
Rata-rata penurunan kuat lentur		0,24		0,08

Sesuai dengan **Tabel 7**, setiap penambahan 150 gr/m³ serat fabrikasi (*Micro Fibers*) mengalami penurunan rata-rata kuat lentur sebesar 0,24 MPa, berbeda dengan serat alam (serabut kelapa) yang setiap penambahan 150 gr/m³ serat hanya mengalami penurunan rata-rata kuat lentur sebesar 0,08 MPa. Hal ini menjadikan serat serabut kelapa sebagai serat yang penurunan rata-rata kuat lenturnya lebih kecil dibandingkan dengan serat *Micro Fibers*. Berikut ini merupakan perhitungan selisih dan persentase antara serat fabrikasi (*Micro Fibers*) dan serat alam (serabut kelapa) pada variasi 300 gr/m³:

$$\text{Selisih pada variasi } 300 \text{ gr/m}^3 = \text{Nilai kuat lentur } \textit{Micro Fibers} - \text{nilai kuat lentur serabut kelapa} \\ = 3,96 \text{ MPa} - 3,65 \text{ MPa} = 0,31 \text{ MPa}$$

$$\text{Persentase perbandingan variasi } 300 \text{ gr/m}^3 = (3,96 - 3,65) / 3,65 * 100\% \\ = 8,49\%$$

Maka keseluruhan perhitungan untuk selisih dan persentase kuat lentur beton campuran serat fabrikasi (*Micro Fibers*) dan serat alam (serabut kelapa) dapat dilihat pada **Tabel 8** berikut.

Tabel 6. Selisih dan Persentase Perbandingan Kuat Lentur Antara Serat Fabrikasi (*Micro Fibers*) dan Serat Alam (Serabut Kelapa)

Variasi Serat	Kuat Lentur <i>Micro Fibers</i> (MPa)	Kuat Lentur Serabut Kelapa (MPa)	Selisih Antarserat (MPa)	Perbandingan Antarserat (%)
300 gr/m³	3,96	3,65	0,31	8,49
450 gr/m³	3,70	3,54	0,16	4,51
600 gr/m³	3,65	3,52	0,13	3,69
750 gr/m³	3,24	3,41	0,17	5,25

Meskipun kedua jenis serat memiliki ukuran panjang yang sama yaitu 6 – 12 mm untuk serat fabrikasi (*Micro Fibers*) dengan variasi 300 gr/m³ memiliki nilai rata-rata kuat lentur yang lebih tinggi yaitu 3,96 MPa (13,23% terhadap beton normal) dibandingkan dengan variasi yang sama 300 gr/m³ serat alam (serabut kelapa) yang hanya mencapai nilai rata-rata kuat lentur tertinggi yaitu 3,65 MPa (4,23% terhadap beton normal), dengan selisih kuat lentur 0,31 MPa (8,49%).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa penambahan serat pada beton mempengaruhi kuat lentur yang dihasilkan, khususnya pada variasi serat 300 gr/m³. Serat fabrikasi (*Micro Fibers*) menunjukkan nilai kuat lentur tertinggi sebesar 3,96 MPa dengan peningkatan 13,23% terhadap beton normal, sedangkan serat alam (serabut kelapa) mencapai 3,65 MPa dengan peningkatan 4,23%. Hasil analisis statistik Anova menunjukkan bahwa hanya serat *Micro Fibers* yang memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kuat lentur beton, sedangkan serabut kelapa tidak memberikan pengaruh signifikan. Selisih kuat lentur antara kedua jenis serat pada variasi 300 gr/m³ sebesar 0,31 MPa atau 8,49%, membuktikan bahwa serat fabrikasi lebih efektif dalam meningkatkan kualitas kuat lentur beton. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa serat *Micro Fibers* lebih direkomendasikan sebagai bahan tambah dalam beton berserat dibandingkan serat alam, baik dari segi efektivitas peningkatan kuat lentur maupun kestabilan hasil pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. P. Pane, H. Tanudjaja, and R. S. Windah, "Pengujian Kuat Tarik Belah Dengan Variasi Kuat Tekan Beton," 2015.
- [2] M. A. Mokoagow, "Analisis metode pembuatan terhadap sifat mekanik dan morfologi patahan honeycomb sandwich komposit serat karbon ud 12k layer 2c2," *Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*.
- [3] K. Usman and R. Widyawati, "Pengendalian Mutu Beton Ready Mix Pada Batching Plant Dengan Menggunakan Statistical Quality Control," *Rekayasa J. Ilm. Fak. Tek. Univ. Lampung*, vol. 15, no. 3, pp. 205–216, 2011.
- [4] S. N. Indonesia, "Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung," *Sni*, vol. 2847, p. 2013, 2013.
- [5] B. S. Nasional, "Standar Nasional Indonesia (SNI) SNI 2049-2004: Semen Portland," 2004, *Jakarta*.
- [6] B. S. Nasional, "SNI 03-6820-2002 Spesifikasi agregat halus untuk pekerjaan adukan dan plesteran dengan bahan dasar semen," *Badan Stand. Nasional. Jakarta Badan Stand. Nas.*, 2002.
- [7] T. R. H. Lubis, "Pemanfaatan Serat Ijuk Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah Viscocrete 3115n Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah (Studi Penelitian)," *J. Ilm. Mhs. Tek. [JIMT]*, vol. 1, no. 2, 2021.
- [8] K. Reincorment, "Kratos Fibers *Micro Fibers*." [Online]. Available: <https://kratosreinforcement.com/id/micro-fibers-2/>
- [9] K. Reincorment, "Kratos Fibers *Micro Fibers*." [Online]. Available: <https://kratosreinforcement.com/id/produk-serat-kratos/>
- [10] G. R. L. Tobing and Y. Risdianto, "Pengaruh penambahan serat sabut kelapa (coconut fiber) terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada beton," *Rekayasa Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2019.
- [11] S. Surianti and A. Arham, "Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Media Inov. Tek. Sipil UNIDAYAN*, vol. 6, no. 1, pp. 57–64, 2017.
- [12] B. S. Nasional, "Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan SNI 4431:2011," 2011.
- [13] B. S. Nasional, "Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan Sni 03-4431-1997," *Mod. large Cult. Dimens. Glob.*, vol. 00, no. 1980, pp. 3–41, 1997, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>
- [14] B. S. Nasional, "Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Dibebani Terpusat Langsung SNI 03-4154-1996," *Tetrahedron*, vol. 52, no. 44, pp. 13837–13866, 1996.
- [15] B. S. Nasional, "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal," *Sni*, vol. 3, p. 2834, 2000.