



## EFEKTIVITAS PENAMBAHAN SERAT *POLYPROPYLENE* TERHADAP KUAT LENTUR BETON GEOPOLIMER dengan SUPERPLASTICIZER

Rafli Putra Raihan, Istiqomah, Budi Kudwadi, Ben Novarro Batubara\*

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

\*Corresponding author, email: [bensnovr@upi.edu](mailto:bensnovr@upi.edu)

### ABSTRACTS

Geopolymer concrete is concrete composed of a mixture of coarse and fine aggregate without Portland cement binder. Fly ash is used as a substitute, because it contains a lot of silica and alumina. Geopolymer concrete has good strength and durability, but concrete also has disadvantages, namely brittleness, workability and often cracking due to tensile loads. Superplasticizer (SP) is used at 2% of fly ash weight to improve workability. The SP used is Sika viscocrete 1003. The addition of polypropylene fiber is one way to overcome brittle properties and the appearance of fine cracks in concrete. In this paper using Sika fiberforce 48mm polypropylene fiber which has a tensile strength of 465N/mm<sup>2</sup>(MPa) at a dose of 0%, 0.5%, 1%, 1.5% and 2%. The alkaline activator used is a mixture of NaOH and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> solutions. The molarity of the NaOH solution used is 8M with a ratio of NaOH/Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 2: 3. From the test results, it is known that the influence of polypropylene fiber is effective for increasing the bending strength of geopolymer concrete. The bending strength value of geopolymer concrete with the addition of polypropylene fibers increased by 60.19%. The polypropylene fiber content will be maximum at a percentage of 0.5% of the total volume of the mixture.

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Submitted/Received: 20 Mei 2024

First Revised: 10 Juni 2024

Accepted: 11 Juni 2024

First Available online: 30 Juni 2024

Publication Date: 01 Juli 2024

#### Keywords:

Fiber, Flexural Strength, Fly Ash Geopolymer Concrete, Polypropylene, Superplasticizer

## 1. PENDAHULUAN

Semen sebagai salah satu bahan pembentuk beton dalam produksinya menghasilkan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang setara dengan produksi semen. Diperlukan bahan alternatif pengganti semen menghasilkan beton ramah lingkungan. Material geopolimer digunakan sebagai bahan pembentuk beton (Budh dan Warhade, 2014). Beton geopolimer adalah jenis beton baru yang 100% tidak menggunakan semen sebagai pengikat (Setiawati, M., et al. 2022). Beton Geopolimer adalah sintesis dari bahan alami anorganik yang melewati proses polimerisasi. Bahan baku dasar utama yang diperlukan dalam pembuatan bahan geopolimer ini adalah bahan yang mengandung banyak silika dan alumina seperti abu terbang (*fly ash*). *Fly ash* hasil pembakaran batubara merupakan salah satu material yang dapat digunakan sebagai pengikat dalam campurannya (Salain, I.M.A.K., et al. 2021; Batubara, B. N., et al. 2020).

Untuk *memperoleh* beton geopolimer yang baik, jenis aktivator disesuaikan dengan senyawa yang terkandung dalam *fly ash*. Komposisi yang digunakan adalah *natrium hidroksida* (NaOH) 8M dan *natrium sulfat* atau *waterglass* (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dengan perbandingan 2:3. Karena kandungan utamanya adalah silika (SiO<sub>2</sub>) dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), *fly ash* dapat digunakan sebagai bahan dasar pembentuk geopolimer. *Fly ash* yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembentuk geopolimer adalah *fly ash* atau *fly ash* tipe F yang banyak mengandung unsur silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (Oktaviastuti, B., et al. 2020).

Material geopolimer dibuat dengan mencampurkan prekursor dengan larutan alkali sebagai aktivator. Prekursor dan aktivator akan bersintesa membentuk material padat melalui proses polimerisasi, dimana proses polimerisasi yang terjadi adalah disolusi yang diikuti oleh polikondensasi. Dalam reaksi polimerisasi ini *aluminium* (Al) dan *silica* (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi. (Budiningrum, D.S., et al 2021; Utami, A.R.I., 2021; Wijaya, A., et al. 2018). Sifat dan karakteristik yang paling mengesankan adalah bahwa beton geopolimer memiliki kuat tekan dan durabilitas yang tinggi. Namun beton juga memiliki kekurangan yaitu sifatnya yang getas dan sering mengalami keretakan karena beban tarik (Siahaan, N.S.M., et al 2020). Secara struktural, beton memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan gaya tekan. Kelemahan beton adalah rendahnya kemampuan menahan beban tarik, karena beton merupakan bahan yang getas. Sifat beton yang getas menyebabkan beton segera retak apabila mendapat gaya tarik yang terlalu besar (Fernandez, M.G.O., et al. 2021; Rasyid, M.H.A., et al 2022).

*Polypropylene* adalah senyawa hidrokarbon dengan rumus kimia C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>, dengan wujud berupa filament tunggal atau jaringan serabut tipis berbentuk jala, dengan ukuran panjang berkisar antara 6 mm sampai 50 mm dengan diameter kira-kira 8-90 mikron. Serat *Polypropylene* biasanya digunakan untuk bahan dasar pembuatan barang yang terbuat dari plastik (Zainuri, Z., et al. 2021). Penambahan serat *polypropylene* menjadi salah satu cara untuk mengatasi sifat getas dan kemunculan retak halus pada beton. Tujuan penelitian ini

DOI:

yaitu untuk mengetahui kuat lentur beton geopolimer dengan penambahan serat *polypropylene* dan mengetahui kadar maksimum penambahan serat *polypropylene* pada beton geopolimer. Serat *polypropylene* yang akan digunakan yakni *Sika fiberforce* 48mm yang memiliki daya tarik 465N/mm<sup>2</sup>(MPa) dengan dosis 0%, 0.5%, 1%, 1.5% dan 2%.

## 2. METODE

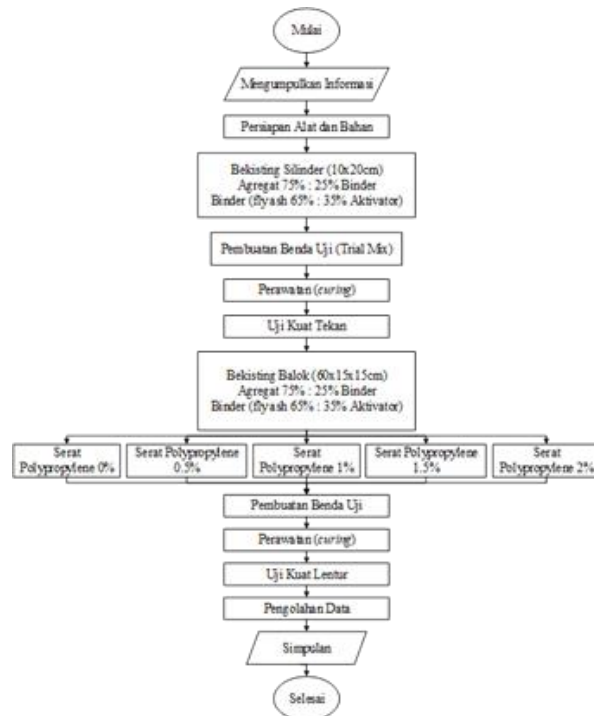
### 2.1. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Universitas Pendidikan Indonesia di Jl. Dr. Setiabudhi no. 207 Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Waktu pengujian selama 28 hari dengan jumlah sampel yang digunakan sebanyak 20 sampel. Metode yang digunakan yakni metode eksperimen.

### 2.2. Prosedur Penelitian

- a. Persiapan = Mempersiapkan alat dan bahan untuk uji eksperimen kuat tekan (dengan ketentuan bekisting silinder 10x20 cm, komposisi agregat 75% : 25% Binder, komposisi Binder : fly ash 65% : 35% activator) dan uji eksperimen kuat lentur (dengan ketentuan bekisting balok 60x15x15 cm, komposisi agregat 75%:25% Binder, komposisi Binder : fly ash 65% : 35% activator). Untuk sample kuat lentur diberi variable control dengan ketentuan penambahan Serat Polpropylene 0%, Serat Polpropylene 0.5%, Serat Polpropylene 1%, Serat Polpropylene 1.5%, Serat Polpropylene 2%.
- b. Pembuatan Benda Uji = Pembuatan benda uji untuk periksaan hasil kekuatan beton yang dilakukan sesuai dengan SNI 2493:2011
- c. Perawatan (Curing) = Proses curing yaitu dengan metode memasukkan benda uji ke dalam oven dan dibiarkan dalam suhu ruangan. (Solikim, M., 2021; Gandina, N.L.,et al. 2020). Proses curing pada beton geopolimer yaitu dengan metode ambient curing. Dalam metode ini, mortar geopolimer disimpan pada suhu ruang dan terhindar dari sinar matahari secara langsung, dan tetap disimpan sampai waktu pengujian yang telah dilakukan yaitu umur 28 hari.
- d. Pengujian = Uji kuat tekan beton dilakukan saat umur beton berumur 7 hari, dilakukan sesuai dengan SNI 1974-2011. Untuk pengujian kuat lentur beton, dilakukan untuk mengetahui kuat lentur dari beton yang mewakili spesimen beton dalam mix design. Pengujian kuat lentur beton dilakukan saat umur beton 28 hari. Dilakukan sesuai dengan SNI 4431-2011.

## 2.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Perhitungan Mix Design

#### 3.1.1. Alkali Aktivator

Aktivator alkali merupakan cairan yang berperan penting dalam proses polimerisasi. Aktivator alkali digunakan untuk melarutkan unsur silika dan alumina dalam abu terbang dan memungkinkan terjadinya reaksi kimia. Larutan aktivator alkali yang paling umum digunakan dalam beton geopolimer adalah campuran natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silika (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) (Sulistiyorini, D., et al. 2023). Untuk membuat larutan NaOH 8M maka digunakan rumus sebagai berikut.

$$M = n/V \text{ atau } M = \text{massa}/M_r \times 1000/v \quad (1)$$

dimana:

M = Molaritas (mol/L)

N = mol zat terlarut

V = volume larutan (liter)

M<sub>r</sub> = massa molekul relatif

v = volume larutan (ml)

Diketahui M<sub>r</sub> NaOH = 40 (Ar Na = 23, Ar O = 16, dan Ar H = 1), maka untuk massa NaOH untuk membuat larutan NaOH 8M perliter adalah

$$\text{massa} = M \times M_r$$

$$\text{massa} = 8 \times 40$$

$$\text{massa} = 320 \text{ gram}$$

DOI:

### 3.1.2. Komposisi Balok

Dalam penelitian ini menggunakan 5 macam variasi persentase penambahan serat *polypropylene* 0%, 0.5%, 1%, 1.5% dan 2% terhadap total volume balok. Beton dengan masing – masing variasi dibuat sebanyak 4 buah sehingga total benda uji yang dibuat sebanyak 20 buah. Mix Design yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perbandingan Agregat dengan Binder adalah 75%:25%, sedangkan untuk perbandingan agregat halus dengan agregat kasar adalah 1:2
- b. Pembuatan binder dilakukan dengan perbandingan antara Fly Ash dan Aktivator yaitu 65%:35% dan untuk perbandingan larutan alkali aktivator antara NaOH dengan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> adalah 2:3

Berikut adalah contoh perhitungan mix design beton geopolimer dengan ukuran balok 60x15x15cm.

- |  |  |
|--|--|
| <p>1) Volume balok ukuran 60 x 15 x 15 cm<br/> <math>= p \times l \times t</math><br/> <math>= 0.6 \times 0.15 \times 0.15</math><br/> <math>= 0.0135 \text{ m}^3</math></p> <p>2) Volume 75% Agregat<br/> <math>= 0.75 \times 0.0135</math><br/> <math>= 0.010125 \text{ m}^3</math></p> <p>3) Agregat Kasar<br/> <math>= 2/3 \times 0.010125</math><br/> <math>= 0.00675 \text{ m}^3</math></p> <p>4) Agregat Halus<br/> <math>= 1/3 \times 0.010125</math><br/> <math>= 0.003375 \text{ m}^3</math></p> | <p>5) Volume 25% Binder<br/> <math>= 0.25 \times 0.0135</math><br/> <math>= 0.003375 \text{ m}^3</math></p> <p>6) Volume 65% Fly Ash<br/> <math>= 0.65 \times 0.003375</math><br/> <math>= 0.002193 \text{ m}^3</math></p> <p>7) Volume 2% Superplasticizer terhadap fly ash<br/> <math>= 2\% \times 5.0456</math><br/> <math>= 0.1009</math></p> <p>8) Volume 35% Aktivator<br/> <math>= 0.35 \times 0.003375</math><br/> <math>= 0.001181 \text{ m}^3</math><br/>             - NaOH<br/> <math>= \frac{1}{4} \times 0.001181</math><br/> <math>= 0.0002952</math></p> |
|--|--|

Tabel 1. Komposisi Volume Beton Geopolimer

Bahan Penyusun	Volume	Massa Jenis	Total Kebutuhan 1 Balok
Agregat Halus	0.003375	2583	8.7176 kg
Agregat Kasar	0.006750	2399	16.1933 kg
Fly Ash	0.002194	2300	4.9447 kg
2% SP			0.1009 kg
NaOH	0.000473	2x Pencampuran	0.9450 mL
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0.000709	2x Pencampuran	1.4175 mL

Sumber: Hasil Olah Data, 2024

DOI:

### 3.2. Hasil dan Pembahasan

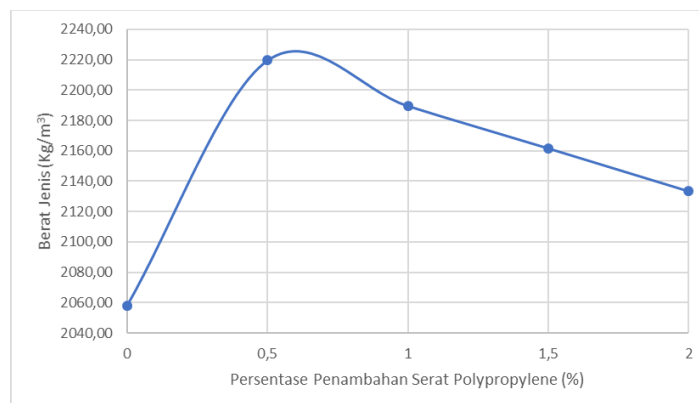
#### 3.2.1. Pengujian Berat Jenis Beton

Perhitungan berat jenis dilakukan dengan membagi massa terhadap volume beton tersebut. Dimana parameter yang didapatkan berupa berat beton (kg) dan volume beton (m<sup>3</sup>).

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis Beton

Berat Jenis Beton								
Nama Sampel	Persentase Serat Polypropylene	Sampel	Umur	Berat Benda Uji (Kg)	Volume Benda Uji (m <sup>3</sup> )	Berat Jenis (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat Jenis Rata-rata tiap Varian (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat Jenis rata-rata (Kg/m <sup>3</sup> )
BGSP 0%	0	1	28	28.4	0.138	2065.09	2057.74	
		2	28	28.5	0.0141	2024.27		
		3	28	28.4	0.0136	2083.87		
		4	28	28.6	0.0133	2146.36		
BGSP 0.5%	0.5	1	28	29.6	0.0136	2181.08	2219.53	
		2	28	29.8	0.0132	2249.13		
		3	28	30.2	0.0136	2228.39		
		4	28	29.8	0.0144	2076.51		
BGSP 1%	1	1	28	29.2	0.0134	2184.81	2189.66	2157.55
		2	28	29.3	0.0133	2201.17		
		3	28	29.2	0.0134	2183.01		
		4	28	29.1	0.0134	2170.02		
BGSP 1.5%	1.5	1	28	29.4	0.0131	2246.28	2161.71	
		2	28	29.5	0.0139	2128.13		
		3	28	29.2	0.0138	2110.74		
		4	28	29.3	0.0132	2224.94		
BGSP 2%	2	1	28	29.5	0.0138	2145.19	2133.47	
		2	28	29.2	0.0132	2213.55		
		3	28	29.3	0.0144	2041.67		
		4	28	29.3	0.0130	2246.79		

Sumber: Hasil Olah Data, 2024



Gambar 2. Grafik Berat Jenis

Sumber: Hasil Olah Data, 2024

Berat jenis beton akan bertambah seiring bertambahnya persentase penambahan serat *polypropylene*. Beton tanpa serat *polypropylene* memiliki berat jenis terendah yaitu 2045.51kg/m<sup>3</sup>. Berat jenis tertinggi berada pada beton dengan

DOI:

penambahan serat *polypropylene* 0.5% dengan berat jenis sebesar 2180.01 kg/m<sup>3</sup>. Nilai berat jenis beton pada penambahan serat *polypropylene* 0.5%, 1%, 1.5%, 2% secara berturut – turut adalah 2180.01 kg/ m<sup>3</sup>, 2174.64 kg/ m<sup>3</sup>, 2132.15 kg/ m<sup>3</sup>, 2116.81 kg/ m<sup>3</sup>. Dengan keadaan tersebut terjadi peningkatan berat jenis sebesar 6.58% pada BGSP 0.5%, 6.31% pada BGSP 1%, 4.24% pada BGSP 1.5%, 3.49% pada BGSP 2%. Menurut SNI 2847-2013 berat jenis beton dikelompokkan menjadi:

1. Beton ringan berat jenis  $\leq$  1900 kg/m<sup>3</sup>,
2. Beton normal berat jenis antara 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup>,
3. Beton berat berat jenis  $>$  2500 kg/m<sup>3</sup>.

Berdasarkan hasil perhitungan berat jenis beton, beton geopolimer variabel 0%, 0.5%, dan 1% termasuk pada kelompok beton ringan, lalu beton geopolimer variabel 1.5% dan 2% termasuk kelompok beton normal. Jadi berat jenis masih memenuhi syarat berat jenis beton ringan dan beton normal menurut SNI 03-2847-2013.

### 3.2.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

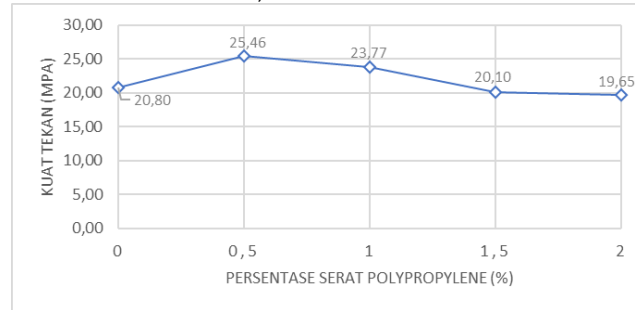
Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Sianturi, S.H.H., et al 2023; Setiyanto, Y.D., 2022). Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kuat tekan masing – masing variasi penambahan serat *polypropylene*. Pada kajian ini data kuat tekan merujuk pada penelitian “Penambahan serat *polypropylene* terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah campuran beton geopolimer”.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat Tekan Beton							
Nama Sampel	Umur	Berat	Luas (mm <sup>2</sup> )	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata
BGSP 0%	28	3.444	7853.98	21292.52	150.4	19.15	20.80
	28	3.441	7853.98	2190.61	157.4	20.04	
	28	3.46	7853.98	2202.70	182.4	23.22	
BGSP 0.5%	28	3.529	7853.98	2246.63	187.4	23.86	25.46
	28	3.591	7853.98	2286.10	199.3	25.38	
	28	3.556	7853.98	2263.82	213.3	27.16	
BGSP 1%	28	3.508	7853.98	2233.26	196	24.96	23.77
	28	3.481	7853.98	2216.07	173.7	22.12	
	28	3.497	7853.98	2226.26	190.3	24.23	
BGSP 1.5%	28	3.44	7853.98	2189.98	149.5	19.03	20.10
	28	3.405	7853.98	2167.69	177.5	22.60	
	28	3.448	7853.98	2195.06	146.5	18.65	
BGSP 2%	28	3.495	7853.98	2224.99	182.5	23.24	19.65
	28	3.514	7853.98	2237.08	128.6	16.37	
	28	3.36	7853.98	2139.04	151.9	19.34	

Sumber: Hasil Olah Data, 2024

DOI:



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Rata-rata

Sumber: Hasil Olah Data, 2024

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan beton mencapai titik maksimum pada persentase serat *polypropylene* 0.5% dengan nilai kuat tekan sebesar 25.46MPa. Namun dengan semakin banyaknya presentase penambahan serat *polypropylene* pada benda uji, maka nilai kuat tekan semakin menurun. Nilai kuat tekan rata – rata terkecil didapatkan oleh beton dengan variasi serat *polypropylene* sebesar 2% dengan hasil kuat tekan rata – rata sebesar 19.65 MPa. Nilai kuat tekan rata – rata yang didapatkan oleh variasi beton serat *polypropylene* 0.5%, 1%, 1.5%, 2% secara berturut – turut adalah 25.46 MPa, 23.77 MPa, 20.10 MPa, 19.65 MPa.

### 3.2.3. Pengujian Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu yang diberikan padanya sampai balok beton patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) (Saparingga, A., et al 2023; Paembonan, M., et al. 2023; Kaselle,H., et al. 2021). Pengujian kuat lentur beton dilakukan ketika benda uji sudah berumur 28 hari. Metode yang digunakan adalah ambient curing, dimana beton disimpan pada suhu ruangan tanpa terkena paparan sinar matahari. Penambahan serat *polypropylene* yaitu 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%..

Tabel 4. Hasil Kuat Lentur Beton

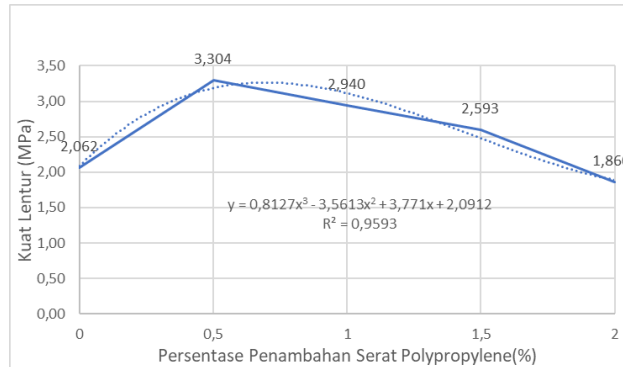
Berat Jenis Beton										
Nama Sampel	Persentase Serat Polypropylene	Sampel	Berat	B	H	Beban Maks	Lt	Jarak Tumpuan	Kuat Lentur	Kuat Lentur Rata-Rata
BGSP 0%	0	1	28.4	152.5	150.3	16.34	600	450	2.134	2.062
		2	28.5	153.5	152.6	15.5	600	450	1.951	
		3	28.4	150.7	150.9	17.26	599	450	2.263	
		4	28.6	151.7	154.1	15.21	570	450	1.900	
BGSP 0.5%	0.5	1	29.6	149.2	151.6	27.6	600	450	3.622	3.304
		2	29.8	147.1	150.12	23.95	600	450	3.251	
		3	30.2	152.05	149.8	22.9	595	450	3.020	
		4	29.8	149	150	24.74	600	450	3.321	
BGSP 1%	1	1	29.2	153.25	147.25	19.46	580	450	2.635	2.940
		2	29.3	148.75	147.92	26.95	630	450	3.726	
		3	29.2	148.22	148.15	18.35	630	450	2.538	
		4	29.1	148.67	145.21	19.93	610	450	2.861	

DOI:



BGSP 1.5%	1.5	1	29.4	149.08	148.75	19.13	620	450	2.609	2.593
		2	29.5	151.48	147.6	17.28	590	450	2.356	
		3	29.2	150.2	151.66	22.24	630	450	2.897	
		4	29.3	151.48	148.43	18.62	580	450	2.511	
BGSP 2%	2	1	29.5	150.5	149	15.68	596	450	2.112	1.860
		2	29.2	150.15	148	12.48	599	450	1.708	
		3	29.3	149.87	149	12.7	599	450	1.905	
		4	29.3	150.8	149.25	14.22	600	450	1.718	

Sumber: Hasil Olah Data, 2024



Gambar 4. Hubungan Kuat Lentur dengan Persentase Pertambahan Serat Polypropylene

Sumber: Hasil Olah Data, 2024

Penambahan serat sangat memengaruhi kuat lentur beton. Kuat lentur mencapai titik maksimum pada beton dengan penambahan serat *polypropylene* 0.5% dengan kuat lentur sebesar 3.304 MPa. Nilai kuat lentur mengalami penurunan dimulai dari variabel 1%. Nilai kuat lentur terendah terdapat pada beton dengan penambahan serat *polypropylene* 2% yang memiliki kuat lentur sebesar 1.86 MPa. Nilai kuat lentur mengalami penurunan setelah mencapai puncak dikarenakan jumlah daya tambah sudah mencapai titik maksimal sehingga apabila ditambahkan serat lebih banyak lagi maka serat akan mengikat agregat dan akan menciptakan rongga pada beton, hal ini dapat dibuktikan dengan nilai massa jenis yang berkurang pada variasi penambahan 1%, 1.5% dan 2%. Nilai kuat lentur beton penambahan serat *polypropylene* 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2% secara berturut – turut adalah 2.062 MPa, 3.304 MPa, 2.940 MPa, 2.593 MPa, 1.860 MPa. Terjadi peningkatan kuat lentur sebesar 60.19% pada BGSP 0.5%, 42.57% pada BGSP 1%, dan 25.74% pada BGSP 1.5%.



Gambar 5. Rongga pada beton

DOI:

Berdasarkan hasil penelitian untuk beton dengan penambahan serat *polypropylene* 0.5% mencapai titik maksimum untuk nilai kuat tekan dan kuat lentur, lalu mengalami penurunan kuat tekan dan kuat lentur dimulai setelah titik maksimum pada beton dengan serat *polypropylene* 0.5%. Contoh perhitungan hubungan antar kuat lentur dengan kuat tekan adalah:

Beton penambahan Serat *Polypropylene* 0%:

$$f_r = x \sqrt{f_c}$$

$$3.303 = x \sqrt{25.46}$$

$$X = 3.303 / 5.046$$

$$X = 0.655$$

$$f_r = 0.655 \sqrt{f_c}$$

Berikut tabel hubungan rangkuman kuat lentur dengan kuat tekan:

Tabel 5. Korelasi Kuat Lentur dengan Kuat Tekan

Variabel Serat	Kuat Lentur	Kuat Tekan	Hubungan Kuat Lentur dengan Kuat Tekan
0%	2.06227658	20.80	$f_r = 0.452 \sqrt{f_c}$
0.5%	3.3035387	25.46	$f_r = 0.655 \sqrt{f_c}$
1%	2.94017909	23.77	$f_r = 0.603 \sqrt{f_c}$
1.5%	2.59314014	20.10	$f_r = 0.578 \sqrt{f_c}$
2%	1.86048111	19.65	$f_r = 0.493 \sqrt{f_c}$

Sumber: Hasil Olah Data, 2024

Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa hanya variabel beton 0.5% yang memiliki korelasi antara kuat lentur dengan kuat tekan yang lebih tinggi dari nilai yang direkomendasikan oleh SNI 2847 Tahun 2013 yaitu  $f_r = 0.62 \sqrt{f_c}$ .

### 3.2.4 Retak Pada Balok

Dari hasil pengukuran retak dari balok beton, didapatkan bahwa balok BGSP 0% terjadi patahan hingga terbelah menjadi 2 bagian. Pada beton dengan penambahan serat *polypropylene* 0.5%, pada jarak 0 cm (bawah) terjadi retakan dengan lebar rata – rata sebesar 4.81 mm. Pada jarak 5 cm terjadi retakan dengan rata – rata sebesar 3.44 mm. Pada jarak 10 cm terjadi retakan dengan rata – rata 1.63 mm. Pada jarak 15 cm (atas) terjadi retakan dengan lebar rata – rata sebesar 0 mm. Pada beton dengan penambahan serat *polypropylene* 1%, pada jarak 0 cm (bawah) terjadi retakan dengan lebar rata – rata sebesar 4.13 mm. Pada jarak 5 cm terjadi retakan dengan rata – rata sebesar 2.38 mm. Pada jarak 10 cm terjadi retakan dengan rata – rata 1.19 mm. Pada jarak 15 cm (atas) terjadi retakan dengan lebar rata – rata sebesar 0 mm. Pada beton dengan penambahan serat *polypropylene* 1.5%, pada jarak 0 cm (bawah) terjadi retakan dengan lebar rata – rata sebesar 3 mm. Pada jarak 5 cm terjadi retakan dengan rata – rata sebesar 2 mm. Pada jarak 10 cm terjadi retakan dengan rata – rata 1.13 mm. Pada jarak 15 cm (atas) terjadi retakan dengan

DOI:

lebar rata – rata sebesar 0 mm. Pada beton dengan penambahan serat *polypropylene* 2%, pada jarak 0 cm (bawah) terjadi retakan dengan lebar rata – rata sebesar 2.88 mm. Pada jarak 5 cm terjadi retakan dengan rata – rata sebesar 1.81 mm. Pada jarak 10 cm terjadi retakan dengan rata – rata 0.94 mm. Pada jarak 15 cm (atas) terjadi retakan dengan lebar rata – rata sebesar 0 mm.

Tabel 6. Hasil Retakan Balok

Beton	No	Letak Retakan	Retakan		
			Lebar Retakan Sisi Kanan (mm)	Lebar Retakan Sisi Kiri (mm)	Lebar Rata Rata Retakan Sisi Kanan dan Kiri (mm)
BGSP 0%	1	0 cm (bawah)	8	7	7.5
		5 cm	7	7	7
		10 cm	5	4	4.5
		15 cm (atas)	3	3	3
	2	0 cm (bawah)	6	7	6.5
		5 cm	5	6	5.5
		10 cm	4	6	5
		15 cm (atas)	4	5	4.5
	3	0 cm (bawah)	8	7	7.5
		5 cm	6	6	6
		10 cm	6	5	5.5
		15 cm (atas)	5	5	5
	4	0 cm (bawah)	6	7	6.5
		5 cm	6	6	6
		10 cm	5	6	5.5
		15 cm (atas)	4	5	4.5
BGSP 0.5%	1	0 cm (bawah)	5	4.5	4.75
		5 cm	3	3.5	3.25
		10 cm	0.5	0.5	0.5
		15 cm (atas)	0	0	0
	2	0 cm (bawah)	5	4	4.5
		5 cm	4	3	3.5
		10 cm	2	2.5	2.25
		15 cm (atas)	0.5	0	0.25
	3	0 cm (bawah)	4.5	5	4.75
		5 cm	2.5	3.5	3
		10 cm	0.5	2	1.25
		15 cm (atas)	0.5	1	0.75
	4	0 cm (bawah)	5.5	5	5.25
		5 cm	4.5	3.5	4
		10 cm	3	2	2.5
		15 cm (atas)	0	0.5	0.25
BGSP 1%	1	0 cm (bawah)	5	5.5	5.25
		5 cm	2.5	2.5	2.5
		10 cm	1.5	1	1.25
		15 cm (atas)	0	0	0
	2	0 cm (bawah)	3.5	3.5	3.5
		5 cm	2.5	2	2.25
		10 cm	1.5	1	1.25
		15 cm (atas)	0	0	0
	3	0 cm (bawah)	3	3.5	3.25
		5 cm	1.5	2	1.75
		10 cm	1	1	1
		15 cm (atas)	0	0	0

DOI:

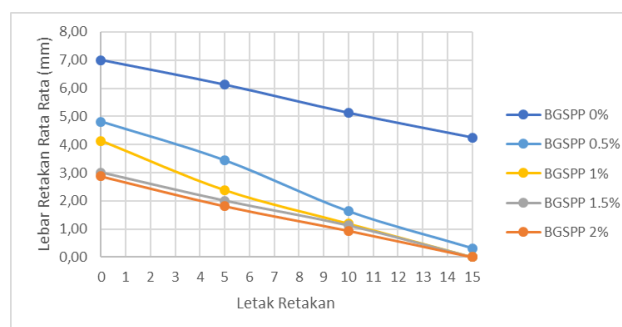
	4	0 cm (bawah)	5	4	4.5
		5 cm	3.5	2.5	3
		10 cm	1.5	1	1.25
		15 cm (atas)	0	0	0
<b>BGSPP 1.5%</b>	1	0 cm (bawah)	4	3	3.5
		5 cm	2.5	2	2.25
		10 cm	1	0.5	0.75
		15 cm (atas)	0	0	0
	2	0 cm (bawah)	3	3.5	3.25
		5 cm	2	2	2
		10 cm	1.5	1	1.25
		15 cm (atas)	0	0	0
	3	0 cm (bawah)	3.5	3	3.25
		5 cm	2.5	1.5	2
		10 cm	1.5	1	1.25
		15 cm (atas)	0	0	0
	4	0 cm (bawah)	2	2	2
		5 cm	2	1.5	1.75
		10 cm	1.5	1	1.25
		15 cm (atas)	0	0	0
<b>BGSPP 2%</b>	1	0 cm (bawah)	3.5	3	3.25
		5 cm	2	1.5	1.75
		10 cm	1	0.5	0.75

Sumber: Hasil Olah Data, 2024

Tabel 7. Balok Rata – Rata

Beton	Letak Retakan	Lebar Retakan Rata Rata (mm)
<b>BGSPP 0%</b>	0 cm (bawah)	7.00
	5 cm	6.13
	10 cm	5
	15 cm (atas)	4
<b>BGSPP 0.5%</b>	0 cm (bawah)	4.81
	5 cm	3.44
	10 cm	1.63
	15 cm (atas)	0
<b>BGSPP 1%</b>	0 cm (bawah)	4.13
	5 cm	2.38
	10 cm	1.19
	15 cm (atas)	0
<b>BGSPP 1.5%</b>	0 cm (bawah)	3.00
	5 cm	2.00
	10 cm	1.13
	15 cm (atas)	0
<b>BGSPP 2%</b>	0 cm (bawah)	2.88
	5 cm	1.81
	10 cm	0.94
	15 cm (atas)	0.00

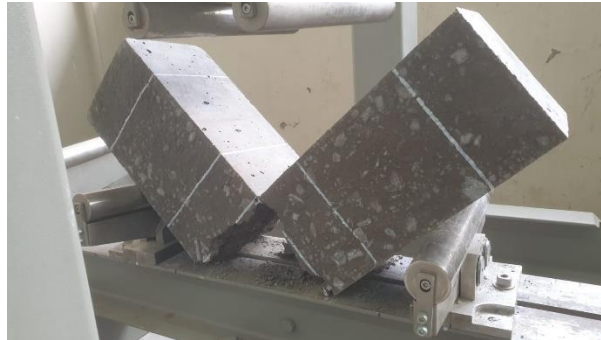
Sumber: Hasil Olah Data, 2024



Gambar 6. Lebar Retakan Balok Lentur

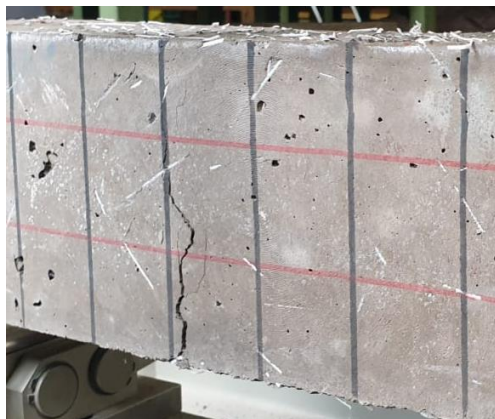
DOI:

Beton tanpa penambahan serat *polypropylene* terbelah total. Pada saat pengujian beton tanpa penambahan serat *polypropylene*, retak mikro terus tumbuh dan kemudian menyatu dengan retak makro sehingga menyebabkan keruntuhan dengan memisahkan benda uji menjadi dua bagian ketika terjadi keruntuhan.



Gambar 7. Patahan Tanpa Serat *Polypropylene*

Beton dengan penambahan serat *polypropylene* tidak mengalami belah total dan terdapat retak dengan lebar yang kecil, karena adanya serat *polypropylene* berfungsi menahan retak makro. Pada beton BGSP 0% terjadi patahan pada sampel saat terjadi beban maksimum. Namun ketika terjadi keruntuhan, pada beton berserat tidak terjadi patahan menjadi dua bagian tetapi beton menciptakan *bridging effect* pada patahan, yaitu serat pada permukaan patahan menjembatani retak dan menghubungkan dua bagian elemen



Gambar 8. Retakan Beton Serat *Polypropylene*

Penambahan serat digunakan untuk meningkatkan perilaku lentur beton. Keruntuhan pada beton *polypropylene* ini mengkonsumsi lebih banyak energi saat pengujian karena serat beton menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Ketika beton ditambahkan serat *polypropylene*, retak pada beton diperbaiki oleh serat *polypropylene* sehingga memberikan *bridging effect*. Oleh karena itu nilai kuat lentur beton dapat ditingkatkan dengan menambahkan serat kedalam campuran, salah satunya serat *polypropylene*. Berikut perbandingan gambar retakan setiap variabel beton dengan serat *polypropylene*.

DOI:

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji eksperimen, analisis dan perhitungan yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat lentur beton dengan penambahan serat polypropylene 0.5%, 1%, 1.5%, dan 2% terhadap volume beton normal berturut – turut adalah 3.04 MPa, 2.94 MPa, 2.59 MPa dan 1.86 MPa.
2. Kadar maksimum penambahan serat polypropylene adalah 0.5% dengan kuat lentur sebesar 3.304 MPa.

#### REFERENSI

- Batubara, B. N., Istiqomah, I., Kudwadi, B., & Alfian, D. KARAKTERISTIK BETON GEOPOLIMER PADA AKTIVATOR NATRIUM HIDROKSIDA (NAOH) DAN NATRIUM SILIKAT (NA<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>). *Kokoh*, 20(2), 85-92.
- Budh, C. D., & Warhade, N. R. (2014). Effect Of Molarity On Compressive Strength Of Geopolymer Mortar. *International journal of civil engineering research*, 5(1), 83-86
- Budiningrum, D. S., Kustirini, A., Purnijanto, B., Mahasukma, D., & Utama, T. Y. (2021). Studi Experimental Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Pltu Tanjungjati B Jepara. *Bangun Rekaprima*, 7(2), 55-61.
- Fernandez, M. G. O., & Khatulistiani, U. (2021). Pemanfaatan Limbah Sandal Karet Sebagai Material Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton. *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 9(1), 041-050.
- Gandina, N. L., & Setiyarto, Y. D. (2020). Studi Eksperimental Beton Geopolimer Dengan Memanfaatkan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen dan Serat Mat Sebagai Aditif. *Crane: Civil Engineering Research Journal*, 1(1).
- Kaselle, H., & Allo, R. B. (2021). Pengaruh Penggunaan Slag Nikel Pada Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Geopolimer. *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering*, 1(2), 67-73.
- Oktaviastuti, B., & Yurnalisdel, Y. (2020). Studi Kuat Tekan Beton Geopolymer Dengan Fly Ash Sebagai Perkerasan Kaku Di Pesisir Pantai. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 201-214.
- Paembonan, M., Phengkarsa, F., & Tonapa, S. R. (2023). Penggunaan Blast Slag Nickel

DOI:

- Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Geopolimer. *Paulus Civil Engineering Journal*, 5(1), 107-114.
- Rasyid, M. H. A., & Sarasanty, D. (2022, September). Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Sandal Karet Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton. *In Seminar Nasional Fakultas Teknik (Vol. 1, No. 1, pp. 293-298)*.
- Salain, I. M. A. K., Wiryasa, M. N. A., & Pamungkas, I. N. M. M. A. (2021). Kuat Tekan Beton Geopolimer Menggunakan Abu Terbang. *Jurnal Spektran*, 9(1), 76-84.
- Saparingga, A., & Yogaswara, D. (2023). Analisis Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton SCC dengan Campuran Pasir Cilopang dan Pasir Cimalaka. *Jurnal Konstruksi*, 21(1), 37-46.
- Setiawati, M., Martini, S., & Nurulita, R. (2022). Variasi Molaritas Naoh Dan Alkali Aktivator Beton Geopolimer. *Jurnal deformasi*, 7(1), 56-64. [2]Badan Standarisasi Nasional 1974-2011, Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder, 2011.
- Setiyarto, Y. D. (2022). Pengaruh Penggunaan Zat Epoxy Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 3(1), 12-21.
- Siahaan, N. S. M., Sumajouw, M. D., & Mondoringin, M. R. (2020). Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4).
- Sianturi, S. H. H., Hutabarat, L. E., & Setiyadi, S. (2023). Pengaruh Penambahan Zat Epoxy Resin dan Polypropylene Fiber Mesh (PFM) Terhadap Kuat Lentur Beton. *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 9(2), 105-115.
- Solikin, M. (2021). Analisis Pemakaian Kombinasi Fly Ash Tipe F Dan Slag 1: 1 Pada Beton Geopolymer Dengan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> Dan NaOH Sebagai Alkali Aktivator: Sebuah Kajian Literatur. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 14(1), 13-20.
- Sulistyorini, D., Galuh, D. L. C., Prayogi, Y. O., Ardiansyah, M. T., & Hakim, A. R. (2023). Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Geopolimer Molaritas Rendah Dengan Variasi Alkali Aktivator 1, 5 dan 2, 5. *Bangun Rekaprima*, 9(1), 106-114.
- Utami, A. R. I. (2021). Impak Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Dan Jenis Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambahan Slump Flow Dan Kuat Tekan Beton Self Compacting Concrete Dengan Fas Yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik*

[JIMT], 1(3).

Wijaya, A., & Wardhono, A. (2018). Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Geopolimer Berbahan Dasar Naoh 14m Molar Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(2), 1-10.

Zainuri, Z., & Soehardi, F. (2021). Kualitas Paving Block Dengan Menggunakan Limbah Plastik Polypropylene Terhadap Kuat Tekan. *Jurnal Teknik*, 15(2), 185-190.