

# PENGARUH PENAMBAHAN SERAT RESAM DAN SERAT WARU TERHADAP SIFAT-SIFAT MEKANIS BETON

Edowinsyah<sup>1)</sup>, Vike Itteridi<sup>2)</sup>, M. Ali Thopan Alparas<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Pagar Alam, Jl. Masik Siagim No.75 Simpang Mbacang Kec. Dempo Tengah kota Pagar Alam. Email: [itpa@itpa.ac.id](mailto:itpa@itpa.ac.id)

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Pagar Alam, Jl. Masik Siagim No.75 Simpang Mbacang Kec. Dempo Tengah kota Pagar Alam. Email: [itpa@itpa.ac.id](mailto:itpa@itpa.ac.id)  
Email: [edopga18@gmail.com](mailto:edopga18@gmail.com)

## Abstrak

Saat ini, inovasi dalam teknologi beton difokuskan pada peningkatan performa mekanisnya, khususnya modulus elastisitas dan kekuatan tekan, melalui penambahan material serat. Beton memiliki keunggulan dalam menahan beban tekan, namun cenderung lemah terhadap beban lentur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan pengaruh penggunaan serat alami dari tanaman resam dan waru terhadap kekuatan tekan serta lentur beton, guna menentukan jenis serat yang paling efektif dalam meningkatkan karakteristik beton berserat. Metode penelitian ini bersifat eksperimental dengan menambahkan serat resam dan waru masing-masing sebanyak 0,5% dari berat semen, dan menggunakan variasi komposisi serat 75% dan 25%. Spesimen yang diuji berbentuk silinder untuk pengujian tekan dan balok untuk pengujian lentur. Pengujian dilakukan menggunakan Universal Testing Machine untuk mendapatkan data kekuatan tekan dan lentur dari setiap campuran beton. Hasil pengujian pada beton umur 28 hari menunjukkan bahwa beton normal (tanpa serat) memiliki kekuatan tekan lebih tinggi dibandingkan beton yang dicampur dengan serat. Namun, peningkatan signifikan terlihat pada kekuatan lentur, terutama pada campuran BS2 dengan perbandingan 75% serat waru dan 25% serat resam, yang mencapai nilai 4,80 MPa. Oleh karena itu, kombinasi serat resam dan waru terbukti memberikan kontribusi terhadap peningkatan kekuatan mekanis beton, khususnya dalam hal kekuatan lentur.

**Kata kunci:** Beton Serat, Kuat Tekan, Kuat Lentur, Serat Resam, Serat Waru

## Abstract

urrently, innovations in concrete technology are focused on enhancing its mechanical performance, particularly the modulus of elasticity and compressive strength, through the addition of fiber materials. While concrete is known for its high compressive strength, it tends to be weak in resisting flexural loads. This study aims to analyze and compare the effects of natural fibers derived from resam and waru plants on the compressive and flexural strength of concrete, in order to identify the most effective type of fiber in improving the characteristics of fiber-reinforced concrete. The research method employed is experimental, involving the addition of resam and waru fibers at 0.5% of the cement weight, with variations in fiber composition of 75% and 25%. The test specimens were cylindrical for compressive strength tests and prismatic beams for flexural strength tests. Testing was conducted using a Universal Testing Machine to obtain compressive and flexural strength data for each concrete mixture. The test results at 28 days of curing indicated that normal concrete (without fibers) exhibited higher compressive strength than fiber-reinforced concrete. However, a notable improvement in flexural strength was observed, particularly in the BS2 mixture, which consisted of 75% waru fiber and 25% resam fiber, reaching a value of 4.80 MPa. Therefore, the combination of resam and waru fibers has been proven to contribute to the enhancement of concrete's mechanical properties, especially its flexural strength.

**Keywords:** Fiber Concrete, Compressive Strength, Flexural Strength, Resam Fiber, Waru Fiber

## 1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material yang sangat penting dan banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur, karena berperan sebagai komponen utama dalam suatu struktur [1]. Permintaan terhadap beton terus meningkat seiring dengan berkembangnya kebutuhan akan sarana dan prasarana yang menunjang aktivitas manusia. Umumnya, campuran beton terdiri atas pasir, kerikil, atau batu pecah [2]. Salah satu keunggulan beton adalah kemampuannya menahan tekanan (kuat tekan) yang tinggi, meskipun memiliki kelemahan dalam hal kekuatan tarik [3]. Saat ini, berbagai inovasi dalam teknologi beton telah dilakukan untuk meningkatkan kekuatan tarik dan tekan, salah satunya melalui

penggunaan steel fiber concrete[4]. Serat baja ini memiliki berat jenis yang rendah dan tidak menyerap air, sehingga tidak banyak mempengaruhi sifat fisik beton, namun mampu meningkatkan karakteristik mekaniknya [5].

Selain itu, berbagai inovasi telah dikembangkan oleh sejumlah peneliti dengan memanfaatkan beragam jenis serat, termasuk serat resam dan serat waru. Serat resam (*Dicranopteris linearis*) diketahui memiliki kekuatan tarik dan tingkat regangan yang tinggi, meskipun nilai modulus elastisitasnya tergolong rendah. Sementara itu, serat waru (*Hibiscus tiliaceus*) berasal dari kulit pohon dan memiliki struktur serat yang saling terikat satu sama

lain, sehingga mampu memberikan daya tarik yang sangat baik dalam menahan beban.

## 2. METODE

### 2.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2025, dengan lokasi pelaksanaan pembuatan benda uji, perawatan, dan pengujian beton bertempat di Laboratorium Institut Teknologi Pagar Alam, yang beralamat di Jl. Masik Siagim No. 75, Simpang Mbacang, Kecamatan Dempo Tengah, Kota Pagar Alam. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi uji slump, proses perawatan beton, penimbangan berat benda uji, serta pengujian kuat tekan dan kuat lentur.

### 2.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yang bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan serat resam dan serat waru terhadap kekuatan tekan dan kekuatan lentur beton.

### 2.3 Persiapan Material

Material penyusun beton yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Agregat kasar berupa batu split dengan ukuran 30 mm.
- Agregat halus yang diperoleh dari Sungai Lematang, Kota Pagar Alam.
- Semen yang digunakan adalah semen Portland tipe I.
- Air yang digunakan merupakan air bersih yang layak digunakan sebagai campuran beton.
- Serat yang digunakan berasal dari tanaman alami.

### 2.4 Persiapan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Cetakan silinder dan balok, berfungsi untuk membentuk benda uji beton.
- Sendok semen, digunakan untuk memindahkan adukan beton ke dalam cetakan.
- Timbangan, digunakan untuk mengukur berat bahan-bahan seperti semen, agregat halus, dan agregat kasar.
- Sekop, berfungsi untuk mengambil dan memindahkan agregat halus serta agregat kasar.
- Mesin molen, digunakan untuk mengaduk campuran bahan-bahan penyusun beton.

- Loyang, digunakan sebagai wadah untuk menampung serat resam, serat waru, agregat halus, agregat kasar, dan semen.
- Kerucut Abrams, lengkap dengan pelat baja alas dan tongkat besi, digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan (workability) adukan beton melalui uji slump. Kerucut ini memiliki diameter bawah 200 mm, diameter atas 100 mm, dan tinggi 300 mm.
- Bak rendam, digunakan untuk merendam benda uji selama masa perawatan.
- Penumbuk besi, berfungsi untuk memadatkan adukan beton yang telah dituangkan ke dalam cetakan.
- Alat uji kuat tekan dan kuat lentur, digunakan untuk mengukur performa mekanik beton setelah perawatan.

### 2.5 proses pengolahan serat

serat yang telah dipisahkan dari tumbuhan resam dan waru direndam dengan air yang telah dilarutkan NaOH sebanyak 5 % selama 24 jam kemudian di keringkan tampah paparan langsung dari sinar matahari.

### 2.6 Pengujian Agregat Halus

#### 1. Uji Kadar Lumpur [6]

Pengujian kadar lumpur bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan lumpur dalam agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton.

##### a. Peralatan:

- Gelas ukur berkapasitas 100 ml
- Alat pengaduk

##### b. Bahan:

- Pasir sebanyak 50 ml
- Air secukupnya sesuai kebutuhan pengujian

##### c. Prosedur Pengujian:

- Pasir ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur.
- Tambahkan air hingga seluruh pasir terendam.
- Gelas ukur dikocok atau digoyangkan untuk melepaskan lumpur dari permukaan pasir.
- Biarkan gelas ukur dalam posisi tegak dan diam selama 24 jam agar lumpur dapat mengendap secara sempurna.
- Setelah waktu pengendapan selesai, catat tinggi lapisan pasir dan lapisan lumpur di dalam gelas ukur.
- Hitung persentase kadar lumpur berdasarkan perbandingan antara tinggi lumpur dan total campuran.

#### 2. Berat Jenis Agregat [7]

Pengujian berat jenis dilakukan untuk menentukan sifat fisik agregat halus yang berkaitan dengan penggunaannya sebagai bahan campuran beton.

##### a. Peralatan:

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram

2. Tabung ukur
  3. Cawan
  4. Oven
  5. Sendok
- b. Bahan:
- Pasir sebanyak 500 gram
- c. Prosedur Pengujian:
1. Isi tabung ukur hingga mencapai garis batas akhir.
  2. Timbang tabung ukur tersebut, kemudian keluarkan air dari tabung.
  3. Masukkan pasir ke dalam tabung ukur dengan hati-hati agar tidak tumpah.
  4. Tambahkan air kembali hingga mencapai garis batas akhir pada tabung.
  5. Goyangkan tabung ukur secara perlahan agar gelembung udara keluar.
  6. Setelah proses penggoyangan, keluarkan air dari tabung ukur.

### 2.7 Perencanaan Campuran Beton [8]

Dalam penelitian ini, perencanaan campuran beton dengan mutu  $F_c$  16,9 MPa dilakukan sesuai dengan prosedur yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan tercantum dalam standar SNI 7394-2008. Standar tersebut mengatur tata cara pembuatan rencana campuran beton berdasarkan perencanaan campuran beton normal

Tabel 1. Komposisi Campuran beton Silender

No	Kode	Semen (Kg)	Agregat Halus (kg)	Split (Kg)	Air (L)	Serat Resam (Gr)	Serat Waru (Gr)
1	BN	2,112	4,386	6,186	1,29	0	0
2	BS1	2,112	4,386	6,186	1,29	7,929	2,64
3	BS2	2,112	4,386	6,186	1,29	2,64	7,92

Tabel 2. Komposisi Campuran beton Silender

No	Kode	Semen (Kg)	Agregat Halus (kg)	Split (Kg)	Air (L)	Serat Resam (Gr)	Serat Waru (Gr)
1	BN	4,752	9,868	13,918	2,902	0	0
2	BS1	4,752	9,868	13,918	2,902	17,82	5,94
3	BS2	4,752	9,868	13,918	2,902	5,94	17,82

### 2.8 Tahapan Uji Slump Test [9]

Uji slump digunakan untuk mengukur konsistensi campuran beton segar. Prosedur uji slump dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Basahi cetakan dan letakkan pada permukaan yang datar, lembab, tidak menyerap air, dan kaku. Pegang cetakan dengan kuat selama pengisian oleh operator. Isilah cetakan dalam tiga lapisan, masing-masing sekitar sepertiga volume cetakan, dengan ketebalan lapisan pertama sekitar 67 mm dan dua lapisan berikutnya sekitar 155 mm.
2. Padatkan setiap lapisan menggunakan batang pemadat dengan 25 tusukan yang merata. Pada lapisan bawah, tusukan dilakukan miring dan sebagian dekat pinggir cetakan, dilanjutkan dengan penusukan vertikal spiral di pusat permukaan. Hindari batang mengenai dasar cetakan. Padatkan lapisan kedua dan atas hingga menyatu dengan lapisan bawah.
3. Saat mengisi dan memadatkan lapisan atas, tambahkan beton lebih untuk memastikan permukaan atas cetakan memiliki kelebihan campuran. Ratakan permukaan beton dengan menggelindingkan batang pemadat. Angkat cetakan secara vertikal hati-hati dengan jarak sekitar 300 mm dalam waktu  $5 \pm 2$  detik tanpa gerakan menyamping atau memutar. Proses pengujian dari pengisian hingga pelepasan cetakan harus selesai dalam waktu maksimal 2,5 menit tanpa gangguan.
4. Setelah permukaan beton turun, segera ukur slump dengan mengukur selisih vertikal antara bagian atas cetakan dan titik tengah permukaan beton. Jika terjadi keruntuhan atau geseran pada beton, pengujian dianggap gagal dan harus diulang dengan sampel baru.

## 2.9 Tahapan Percetakan Benda Uji

Proses pencetakan benda uji dilakukan melalui beberapa tahap sebagai berikut:

1. Bersihkan terlebih dahulu seluruh peralatan yang akan digunakan, lalu timbang bahan-bahan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan dalam hasil Mix Design.
2. Siapkan molen yang bagian dalamnya sudah dibasahi. Masukkan agregat kasar, agregat halus, dan semen secara bertahap, kemudian aduk hingga tercampur merata.
3. Setelah bahan-bahan kering tercampur, tambahkan air secara perlahan (untuk beton normal) dan serat (untuk beton berserat) secara bergantian sesuai dengan variasi yang telah ditetapkan.
4. Lakukan uji slump untuk mengukur tingkat workability dari adukan beton tersebut.
5. Jika nilai slump sesuai dengan spesifikasi, tuangkan adukan beton ke dalam cetakan silinder dan lakukan pemadatan dengan alat penggetar agar campuran beton menjadi padat dan rapat.
6. Biarkan beton dalam cetakan selama 24 jam.
7. Setelah 24 jam, lepaskan cetakan dan lanjutkan dengan proses perawatan beton.

## 2.10 Perawatan Benda Uji [10]

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendamnya dalam bak perendaman. Benda uji diangkat dari bak tersebut satu hari sebelum dilakukan pengujian agar pada saat pengujian sampel dalam kondisi tidak basah. Pengujian dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, dan 28 hari.

## 2.11 Uji Berat Beton [11]

Pengujian berat beton bertujuan untuk mengetahui pengaruh agregat kasar dan halus

terhadap massa beton. Pengujian ini dilakukan pada semua benda uji sebelum pengujian kuat tekan. Alat yang digunakan dalam pengujian berat beton adalah timbangan digital..

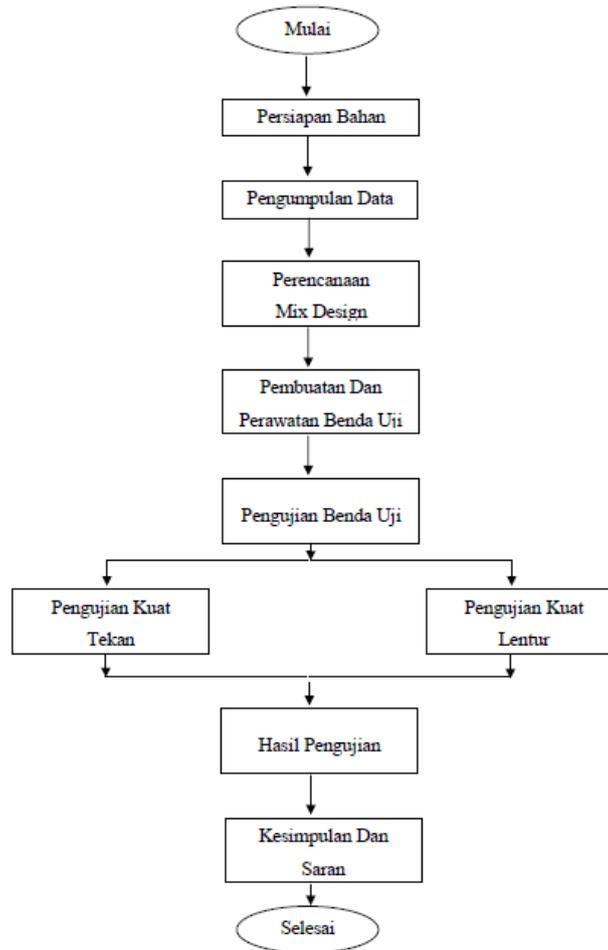
## 2.12 Uji Kuat Tekan [12]

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras menggunakan benda uji berbentuk silinder. Beban diberikan hingga silinder beton mengalami kerusakan, kemudian dicatat beban maksimum PP yang selanjutnya digunakan untuk menghitung tegangan tekan beton ( $f_c'$ ). Pengujian kuat tekan dilakukan setelah tahap perawatan benda uji, yaitu pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kapasitas beton dalam menahan beban tekan maksimum. Tahapan pengujian kuat tekan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: benda uji yang telah direndam diangkat dari bak perendaman dan dibersihkan dari kotoran menggunakan kain lembab, kemudian dikeringkan di tempat terbuka. Setelah kering, benda uji diletakkan pada alas mesin uji tekan dengan memastikan permukaan yang rata dan tegak lurus terhadap alas mesin bersentuhan langsung dengan piston penekan. Kemiringan benda uji tidak boleh melebihi  $0,50^\circ$  terhadap sumbu vertikal. Beban aksial diberikan secara perlahan hingga benda uji mengalami keruntuhan.

## 2.13 Uji Kuat Lentur [13]

Untuk memastikan mutu beton memenuhi persyaratan dalam konstruksi bangunan sipil, pengujian laboratorium perlu dilakukan terhadap agregat, adukan beton, serta beton pada umur tertentu. Agar struktur beton dapat menahan gaya lentur dengan aman, beton harus memiliki kuat lentur sesuai standar yang ditetapkan. Oleh karena itu, pengujian kuat lentur beton di laboratorium sangat diperlukan,.

## 2.14 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengujian Agregat Halus

#### 1. Pengujian kadar Lumpur

Hasil pengujian kadar lumpur tersaji pada gambar berikut



Gambar 2. Pengujian kadar lumpur agregat halus

Pasir = 48 ml

Volume endapan = 1 ml

$$\text{Kandungan lumpur dalam agregat halus} = \frac{1}{49} \times 100\% = 2,04 \%$$

**2. Berat Jenis Agregat halus**

Berdasarkan hasil dari pengujian berat jenis agregat yang didapat sebesar 2,43 gr/cm

**3.2 Slump Test**

Hasil pengujian slump test dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 3. hasil pengujian slump test

No	Kode	Nilai slump test
1	BN	14
2	BS1	13,5
3	BS2	12,5

Berdasarkan data pada tabel hasil pengujian slump test, beton normal menunjukkan penurunan slump sebesar 14 cm, beton serat 1 sebesar 13,5 cm, dan beton serat 2 sebesar 12,5 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai penurunan slump pada penelitian ini sesuai dengan standar yang mensyaratkan nilai slump test sebesar  $12 \pm 2$  cm.

**3.3 Pengujian Berat Jenis**

**a. Pengujian berat jenis beton Silender**

Pengujian berat jenis dilakukan untuk menentukan berat satuan pada setiap sampel beton normal dan beton serat. Pemeriksaan ini dilakukan pada beton dengan umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari, dengan hasil yang dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4. Pengujian Berat Jenis Beton Silender

Kode	Umur (Hari)				
	3	7	14	21	28
BN	2,23	2,26	2,28	2,29	2,30
BS1 (25%,75%)	2,22	2,23	2,25	2,26	2,28
BS2 (75%, 25%)	2,20	2,20	2,23	2,24	2,27

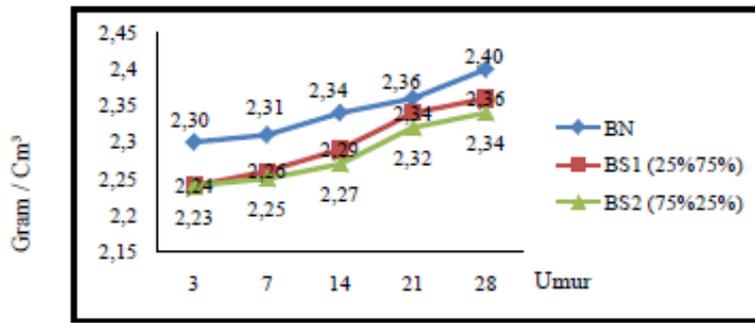
Berdasarkan tabel, hasil pengujian berat jenis menunjukkan bahwa beton normal memiliki berat jenis lebih tinggi dibandingkan beton yang mengandung campuran serat. Data tersebut juga mengindikasikan bahwa berat jenis tertinggi pada beton berserat diperoleh pada variasi pertama dengan komposisi serat 75% resam dan 25% waru untuk beton berumur 28 hari. Penggunaan serat sebagai bahan tambahan dalam campuran beton menghasilkan material yang lebih

ringan, sehingga mempengaruhi penurunan berat jenis beton.

**a. Pengujian berat jenis beton balok**

Tabel 5 hasil pengujian berat jenis beton balok

Kode	Umur (Hari)				
	3	7	14	21	28
BN	2,30	2,31	2,34	2,36	2,40
BS1 (25%,75%)	2,24	2,26	2,29	2,34	2,36
BS2 (75%, 25%)	2,23	2,25	2,27	2,32	2,40



Gambar 3. berat jenis beton balok

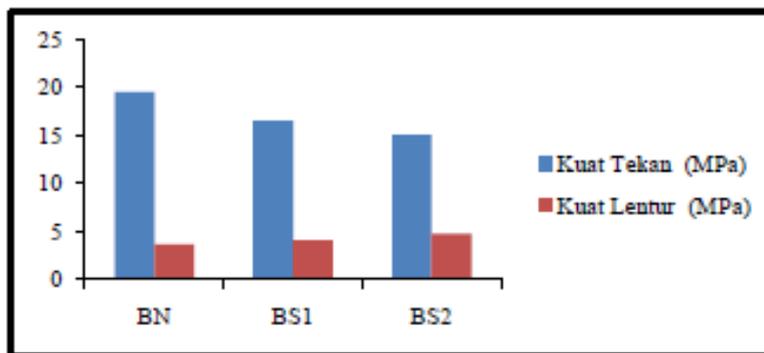
Terlihat bahwa berat jenis beton normal lebih tinggi dibandingkan dengan beton berserat. Berat jenis beton yang mengandung bahan tambah serat lebih rendah karena serat merupakan material yang ringan. Selain itu, semakin besar volume fraksi serat yang ditambahkan, maka tingkat kelecakan beton akan semakin menurun.

### 3.4 Pengujian Kuat Tekan dan Lentur Beton

Hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur disajikan dalam bentuk tabel dan grafik berikut. Pengujian tersebut dilakukan setelah beton melewati proses perawatan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

Tabel 6. Pengujian kuat tekan dan lentur

Kode	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Kuat Lentur Beton (Mpa)
BN	19,52	3,67
BS1 (25%,75%)	16,50	4,09
BS2 (75%, 25%)	15,07	4,80



Gambar 4. pengujian kuat tekan dan kuat lentur

Berdasarkan tabel dan gambar, dapat diamati hasil pengujian beton berserat pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan tertinggi tercatat pada beton normal (BN) sebesar 19,52 MPa, diikuti oleh beton serat BS1 dengan 16,5 MPa, dan BS2 dengan 15,07 MPa. Kuat tekan beton berserat dalam penelitian ini menunjukkan penurunan dibandingkan beton normal. Penurunan ini disebabkan oleh penambahan serat yang mengurangi workability campuran beton, sehingga proses pemadatan menjadi lebih sulit. Selain itu, serat yang menyerap air menyebabkan berkurangnya kandungan air dalam beton, sehingga menurunkan kuat tekan.

Sedangkan untuk kuat lentur, komposisi dengan mutu lentur tertinggi adalah BS2, dengan nilai 4,80 MPa, yang menggunakan proporsi 75% serat waru dan 25% serat resam pada beton umur 28 hari. Serat-serat ini tersebar secara acak dalam campuran beton untuk mencegah retak dini pada bahan. Serat resam dan waru berperan dalam mengurangi laju patah dan meningkatkan regangan pada beton berserat, dengan kombinasi serat yang efektif memperluas elastisitas semen.

#### 4. SIMPULAN

Pada umur 28 hari, nilai kuat tekan dan kuat lentur beton mencapai titik tertinggi. Pengujian menunjukkan bahwa penggunaan serat dalam campuran beton menyebabkan penurunan kuat tekan, dengan nilai masing-masing BN (19,52 MPa), BS1 (16,5 MPa), dan BS2 (15,07 MPa). Sebaliknya, kuat lentur mengalami peningkatan pada campuran serat, yaitu BN (3,67 MPa), BS1 (4,09 MPa), dan BS2 (4,8 MPa). Serat yang tersebar secara acak dalam beton membantu mencegah retak dini pada struktur beton. Namun, penambahan serat juga mengurangi workability campuran, sehingga mempersulit proses pemadatan. Beton yang tidak padat sempurna akan memiliki rongga yang dapat menurunkan kuat tekan. Selain itu, hasil pengujian berat jenis pada silinder dan balok beton menunjukkan adanya penurunan tingkat kepadatan, yang disebabkan oleh bahan serat yang lebih ringan, sehingga mempengaruhi berat jenis beton secara keseluruhan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Syarif *et al.*, *Ilmu Teknik Sipil*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah, 2024.
- [2] M. Almahi, Y. Yelfidar, and S. H. Rawi, "Pengaruh Penambahan Abu Batu Terhadap Mix Design Campuran Beton Program Studi Teknik Sipil, Institut K-225," *J. Sipil Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 141–150, 2023.
- [3] J. Juslianto, E. Edowinsyah, and V. Itteridi, "Pengaruh Penambahan Serat Daun Sisal (Agave Sisalana) Terhadap Karakteristik Beton," *J. Unitek*, vol. 16, no. 1, pp. 71–81, 2023.
- [4] V. Itteridi, E. Edowinsyah, and G. Andreson, "Pengaruh Penambahan Serat Ampas Tebu Sebagai Tulangan Micro pada Beton," *J. Talent. Sipil*, vol. 7, no. 2, pp. 787–796, 2024.
- [5] K. P. Umum and P. R. R. Indonesia, "PENGARUH TIPE BENTUK SERAT BAJA TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK BETON BERSERAT BAJA MEMADAT SENDIRI".
- [6] B. S. Nasional, "SNI 03-6821-2002: Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Batu Cetak Beton Pasangan Dinding." Jakarta, 2002.
- [7] D. P. Umum and B. K. al SPM, "Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus." Sni, 1970.
- [8] SNI 7394:2008, "Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton pracetak untuk konstruksi bangunan gedung," *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–29, 2008.
- [9] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, "Cara uji slump beton," *Badan Standarisasi Nas.*, 2008.
- [10] SNI 2493:2011, "SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium," *Badan Standar Nas. Indones.*, p. 23, 2011, [Online]. Available: [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- [11] B. S. Nasional, "SNI 1973: 2008-Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton," *Jakarta Badan Standarisasi Nas.*, 2008.
- [12] S. N. Indonesia, "Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder," *Badan Standarisasi Nasional, Jakarta*, 1974.
- [13] SNI-4431, "Ca ra uji kuat lentur b e ton normal Cara dengan dua ti titik tik pembeba p embebanan," 2011.