

Analisis Perilaku Tarik Belah Beton dengan Inovasi Serat Batang Mendong Sebagai Material Tambahan Alami

Behavioral Analysis of Concrete Splitting Tensile Strength Using Innovative Mendong Stem Fibers as a Natural Additive Material

Jufri Manga*, Hernita Matana, Dewindri Soga

*E-mail : jufri@ukitoraja.ac.id

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Toraja

Diterima: 10 Mei 2025 / Disetujui: 30 Agustus 2025

ABSTRAK

Perkembangan teknologi material telah mendorong lahirnya material komposit yang merupakan kombinasi dari dua atau lebih material dengan sifat berbeda, salah satunya adalah serat alam. Serat alam dari tumbuhan, seperti serat batang mendong, dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam beton untuk meningkatkan sifat mekanis tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat batang mendong terhadap kuat tarik belah beton. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan mutu rencana beton $f'_c = 25$ MPa dan menggunakan variasi penambahan serat mendong sebesar 1%, 2%, dan 3% terhadap volume beton. Benda uji berbentuk silinder berukuran 15 cm × 30 cm, dan pengujian dilakukan pada umur 28 hari sesuai SNI 7656:2012. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tarik belah beton normal sebesar 1,56 MPa, sementara pada variasi 1%, 2%, dan 3% berturut-turut menurun menjadi 1,14 MPa, 0,90 MPa, dan 0,88 MPa. Penurunan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan serat batang mendong, semakin menurun pula daya tahan beton terhadap gaya tarik lateral yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh kemungkinan distribusi serat yang tidak merata dan pengaruh ikatan antar serat dan pasta semen yang kurang optimal.

Kata Kunci: Beton, Serat Alami, Batang Mendong, Kuat Tarik Belah, Material Komposit

ABSTRACT

*The development of material technology has led to the emergence of composite materials, which are combinations of two or more materials with differing properties. One such material component is natural fiber, commonly derived from plants, animals, or minerals. Plant-based fibers, such as banana peel fiber, pineapple fiber, ramie, sugarcane bagasse, and others, have shown potential for improving concrete performance. This study focuses on the effect of adding mendong (*Fimbristylis globulosa*) stem fibers as a natural admixture on the split tensile strength of concrete. An experimental method was employed using concrete with a target compressive strength of 25 MPa and fiber addition variations of 1%, 2%, and 3% by volume. Cylindrical specimens measuring 15 cm × 30 cm were tested at 28 days following SNI 7656:2012. The test results showed that the split tensile strength of normal concrete was 1.56 MPa, while the strengths for the 1%, 2%, and 3% fiber additions were 1.14 MPa, 0.90 MPa, and 0.88 MPa, respectively. These results indicate a decreasing trend in tensile strength with increased fiber content. The reduction is likely due to uneven fiber distribution and suboptimal bonding between the fibers and cement paste.*

Keywords: Concrete, Natural Fiber, Mendong Stem, Split Tensile Strength, Composite Material



This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

A. PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia karena sifatnya yang kuat terhadap tekanan, mudah dibentuk, dan ekonomis (Pane, 2015). Namun, kelemahan beton yang signifikan adalah rendahnya kuat tarik dan sifatnya yang getas, sehingga berpotensi menimbulkan keretakan (Kusumawardaningsih, 2016). Untuk mengatasi kelemahan tersebut, berbagai inovasi material telah dikembangkan, salah satunya melalui pemanfaatan material tambahan seperti serat.

Penggunaan serat dalam beton bertujuan untuk memperbaiki karakteristik mekanisnya, terutama dalam memperkuat beton terhadap retakan dan meningkatkan kemampuan menahan gaya tarik. Serat bekerja dengan menahan tegangan tarik yang terjadi karena beban luar atau karena perubahan volume akibat penyusutan plastis (Mulyono, 2004). Di antara berbagai jenis serat yang telah dikaji, penggunaan serat alami semakin banyak diteliti karena ketersediaannya yang melimpah, harga yang rendah, dan karakteristik ramah lingkungan (Rahmawati & Sutarto, 2020).

Salah satu serat alami yang potensial adalah serat batang mendong

(*fimbristylis globulosa*), yaitu tanaman rawa yang umum dijumpai di beberapa daerah di Indonesia. Mendong selama ini dimanfaatkan untuk kerajinan tangan seperti tikar atau tas, namun limbah batang keringnya belum banyak dimanfaatkan untuk aplikasi konstruksi. Berdasarkan studi awal, batang mendong mengandung serat dengan komponen selulosa yang memungkinkan untuk digunakan sebagai penguat dalam material komposit seperti beton (Hapsari, 2021).

Pemanfaatan limbah serat mendong dalam beton diharapkan dapat menjadi alternatif inovatif dalam pengembangan material beton berkelanjutan (*green concrete*), sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap bahan tambahan sintetis (Bahar, 2024). Selain itu, pendekatan ini juga mendukung prinsip-prinsip ekonomi sirkular dengan memanfaatkan potensi lokal yang belum dimaksimalkan (Prasetyo & Nugroho, 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana dampak akibat adanya tambahan serat batang mendong terhadap kuat tarik belah beton, serta mengevaluasi kemungkinan penggunaannya dalam aplikasi beton struktural non-prategang.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan serat batang mendong terhadap kuat tarik belah beton.

B. METODE PENELITIAN

1. Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sejauh mana penambahan serat mendong sebagai bahan tambahan dapat memengaruhi kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Studi ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Teknik Sipil, Kampus II Universitas Kristen Indonesia Toraja. Dengan pendekatan laboratorium yang sistematis dan terencana, diharapkan dapat diperoleh data empiris yang dapat menjadi dasar dalam mengevaluasi potensi serat mendong sebagai bahan alternatif dalam pengembangan beton berkelanjutan.

2. Lokasi Pengambilan Material

Pada penelitian ini material agregat kasar diperoleh dari wilayah Lampan, Kecamatan Tondon, Kabupaten Toraja Utara. Sementara itu, agregat halus diperoleh dari Tapparan, Kecamatan Rantetayo, Kabupaten Tana Toraja, yang juga dikenal sebagai sumber pasir lokal yang cukup representatif untuk uji coba laboratorium. Adapun serat mendong yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari daerah Dende', Kecamatan

Denpina, Kabupaten Toraja Utara. Serat ini sebelumnya telah melalui proses pembersihan dan pengeringan sebelum digunakan dalam campuran beton.

3. Metode Penelitian

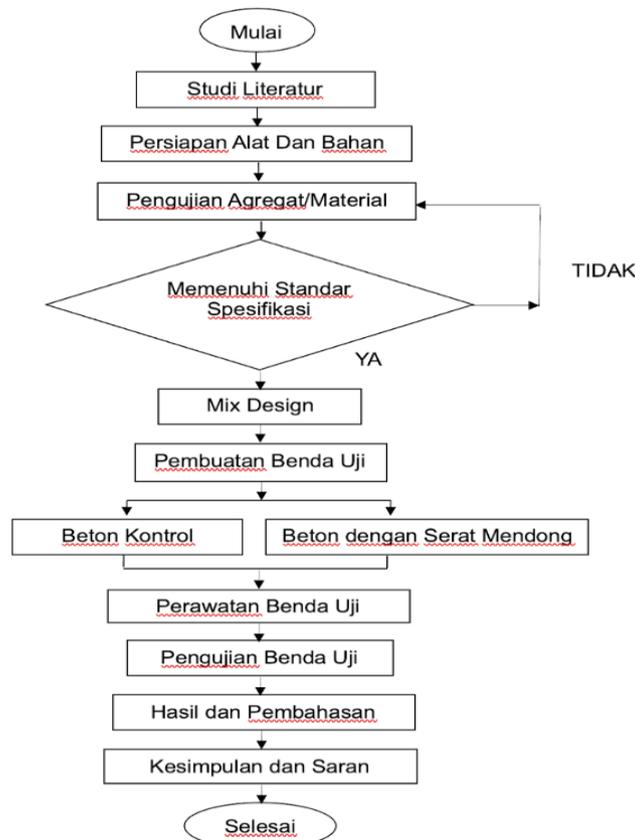
Dalam pelaksanaannya, penelitian ini menggabungkan pendekatan teoritis melalui studi literatur dan pendekatan praktis melalui eksperimen. Pendekatan studi literatur dilakukan dengan menelaah berbagai sumber pustaka yang relevan, seperti buku, jurnal ilmiah, dan dokumen standar nasional maupun internasional yang berkaitan dengan teknologi beton dan pemanfaatan serat alami sebagai bahan tambah. Studi ini bertujuan untuk memperkuat landasan teori, membantu dalam pemilihan variabel-variabel penting, serta membentuk dasar metodologi eksperimen yang tepat. Salah satu referensi penting dalam kajian ini adalah SNI 03-6468-2000 tentang metode pengujian kuat tarik belah beton (BSN, 2000), serta standar perancangan campuran beton mengacu pada SNI 7656:2012 (BSN, 2012).

Pendekatan studi eksperimental dilakukan dengan merancang dan melaksanakan serangkaian pengujian di laboratorium. Beton diproduksi dengan bahan dasar semen, agregat halus dan kasar, serta penambahan serat batang

mendong (*fimbristylis globulosa*) dalam variasi 1%, 2%, dan 3% terhadap berat semen. Serat mendong dipilih karena merupakan material lokal alami yang mudah diperoleh, ringan, dan berpotensi memperbaiki sifat mekanik beton. Pemanfaatan serat alami seperti mendong selaras dengan upaya menuju material konstruksi berkelanjutan, sebagaimana dikemukakan oleh Sumajouw dan Muntohar (2018), bahwa bahan alami dapat menjadi alternatif ramah lingkungan jika diolah secara tepat.

standar pengujian (SNI 03-6468-2000). Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui pengaruh penambahan serat mendong terhadap kekuatan tarik belah beton. Data disajikan dalam bentuk grafik dan dianalisis tren-nya untuk menarik kesimpulan. Dengan menggabungkan pendekatan teoritis dan praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap inovasi material beton berbasis lokal yang lebih berkelanjutan dan ekonomis.

Sampel beton diuji pada umur 28 hari dengan mengacu pada prosedur



Gambar 1. Flowchart alur penelitian

Jumlah dan variasi benda uji disajikan dalam tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Jumlah Sampel Benda Uji

| Variasi Serat Mendong | Umur Benda Uji Beton (28 hari) |
|-----------------------|--------------------------------|
| Normal | 3 |
| 1% | 3 |
| 2% | 3 |
| 3% | 3 |
| Total | 12 |

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Hasil Uji terhadap Parameter Fisik material

Untuk memastikan kualitas material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi, dilakukan

pengujian terhadap sifat fisik agregat kasar. Pengujian ini meliputi kadar air, kadar lumpur, bobot isi, berat jenis, penyerapan air, dan tingkat abrasi untuk menentukan kesesuaian agregat dengan standar rujukan (SNI) yang berlaku. Selain itu, analisis saringan dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran agregat kasar serta menghitung nilai modulus halus butir (MHB) sebagai indikator gradasi material. Data hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 2 - 5 berikut ini.

Tabel 2. Data Hasil Uji terhadap Sifat Fisik Agregat

| No. | Kategori Uji | Nilai Hasil Uji | Standar Rujukan (SNI) | Ket. |
|-----|----------------------------------|-----------------|-----------------------|----------|
| 1 | Kadar Air | 1,91 | 0.5% - 5% | Memenuhi |
| 2 | Kadar Lumpur | 0,30 | 0.2% - 6% | Memenuhi |
| 3 | Bobot Isi : | | | |
| | Kondisi Padat | 1,66 | 1.2 - 1.9 | Memenuhi |
| | Kondisi Lepas | 1,34 | 1.2 - 1.9 | Memenuhi |
| 4 | Berat Jenis (<i>Bulk</i>) | 2,60 | 1.6 - 3.1 | Memenuhi |
| 5 | BJ. Jenuh Kering Permukaan (SSD) | 2,65 | 1.6 - 3.2 | Memenuhi |
| 6 | Bj. Semu (<i>Apparent</i>) | 2,74 | 1.6 - 3.1 | Memenuhi |
| 7 | Penyerapan Air | 1,89 | 0.2% - 5% | Memenuhi |
| 8 | Abrasi (Keausan) | 19,26 | 15% - 40% | Memenuhi |

Tabel 3. Analisa saringan Agregat Kasar

| No. saringan | Berat agregat Kasar | | | | 2500 gr | | |
|----------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------|-----------|---------------|
| | Berat saringan (gr) | Berat saringan + Tertahan (gram) | Berat tertahan (gram) | Σ berat tertahan (gram) | B. Tertahan (%) | Lolos (%) | Kumulatif (%) |
| 1 ½" (38,1 mm) | 607 | 607 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 1" (25,4mm) | 550 | 550 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| ¾" (19,1mm) | 529 | 590 | 61 | 61 | 2,44 | 97,56 | 2,44 |
| ½" (12,7mm) | 419 | 711 | 292 | 353 | 11,68 | 85,88 | 14,12 |
| 3/8" (9,52mm) | 519 | 1870 | 1351 | 1704 | 54,04 | 31,84 | 68,16 |
| No.4 (4,75mm) | 444 | 1240 | 796 | 2500 | 31,84 | 0 | 100 |
| No.8 (2,36mm) | 364 | 364 | 0 | 2500 | 0 | 0 | 100 |
| No.16 (1,18mm) | 409 | 409 | 0 | 2500 | 0 | 0 | 100 |
| No.30 (0,60mm) | 348 | 348 | 0 | 2500 | 0 | 0 | 100 |
| No.50(0,30mm) | 340 | 340 | 0 | 2500 | 0 | 0 | 100 |

| No. saringan | Berat agregat Kasar | | | | 2500 gr | | |
|-----------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------|---------------|--------|
| | Berat saringan (gr) | Berat saringan + Tertahan (gram) | Berat tertahan (gram) | Σ berat tertahan (gram) | Persentase | | |
| | | B. Tertahan (%) | | | Lolos (%) | Kumulatif (%) | |
| No.100(0,15mm) | 386 | 386 | 0 | 2500 | 0 | 0 | 100 |
| No.200(0,75mm) | 386 | 386 | 0 | 2500 | 0 | 0 | 100 |
| PAN | 457 | 457 | 0 | 2500 | 0 | 0 | 100 |
| Σ | | | | | | | 184,72 |
| Modulus halus butir (MHB) % | | | | | | | 1,85 |

Tabel 4. Data Uji Sifat Fisik Agregat Halus-

| No. | Jenis Pengujian | Hasil Pengujian | Spesifikasi (SNI) | Keterangan |
|-------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|------------|
| 1 | Kadar Air | 3,45 | 0.5% - 5% | Memenuhi |
| 2 | Kadar Lumpur | 2,04 | 0.2% - 6% | Memenuhi |
| Bobot Isi : | | | | |
| 3 | Kondisi Padat | 1,36 | 1.2 - 1.9 | Memenuhi |
| | Kondisi Lepas | 1,43 | 1.2 - 1.9 | Memenuhi |
| 4 | Berat Jenis (<i>Bulk</i>) | 2,20 | 1.6 - 3.1 | Memenuhi |
| 5 | BJ. Jenuh Kering Permukaan (SSD) | 2,26 | 1.6 - 3.2 | Memenuhi |
| 6 | Bj. Semu (<i>Apparent</i>) | 2,35 | 1.6 - 3.1 | Memenuhi |
| 7 | Penyerapan (<i>Absorption</i>) | 2,88 | 0.2% - 5% | Memenuhi |

Tabel 5. Analisa saringan Agregat Halus

| No. saringan | Berat agregat halus | | | | 1000 gr | | |
|-----------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------|---------------|-------|
| | Berat saringan (gr) | Berat saringan + Tertahan (gram) | Berat tertahan (gram) | Σ berat tertahan (gram) | Persentase | | |
| | | Berat. Tertahan (%) | | | Lolos (%) | Kumulatif (%) | |
| 1 ½" (38,1 mm) | 607 | 607 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 1" (25,4mm) | 550 | 550 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| ¾" (19,1mm) | 516 | 516 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| ½" (12,7mm) | 420 | 420 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 3/8" (9,52mm) | 518 | 518 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| No.4 (4,75mm) | 445 | 445 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| No.8 (2,36mm) | 369 | 369 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| No.16 (1,18mm) | 410 | 434 | 24 | 24 | 3,7 | 97,6 | 2,4 |
| No.30 (0,60mm) | 348 | 544 | 196 | 220 | 26,4 | 78 | 22 |
| No.50(0,30mm) | 340 | 802 | 462 | 682 | 23,1 | 31,8 | 68,2 |
| No.100(0,15mm) | 388 | 695 | 307 | 989 | 12,1 | 1,1 | 98,9 |
| No.200 (0,75mm) | 386 | 393 | 7 | 996 | 13,2 | 0,4 | 99,6 |
| PAN | 457 | 461 | 4 | 1000 | 16,6 | 0 | 100 |
| Σ | | | | | | | 291,1 |
| Modulus halus butir (MHB) % | | | | | | | 2,91 |

2. Rancangan Campuran Beton

Rancangan campuran beton pada penelitian ini disusun berdasarkan karakteristik agregat halus dan agregat

kasar yang telah diuji sebelumnya.

Agregat halus memiliki berat jenis (SSD) sebesar 2,26 gr/cm³, dengan tingkat penyerapan air sebesar 2,88%, kadar air

sebesar 3,45%, dan modulus kehalusan sebesar 2,91%. Sementara itu, agregat kasar menunjukkan berat jenis (SSD) sebesar 2,65 gr/cm³, penyerapan air sebesar 1,89%, serta kadar air sebesar 1,91%. Perencanaan campuran beton mengacu pada ketentuan SNI 7656:2012, sehingga proporsi material dapat memenuhi persyaratan mutu beton yang diinginkan. Berdasarkan perhitungan, komposisi campuran beton yang diperoleh

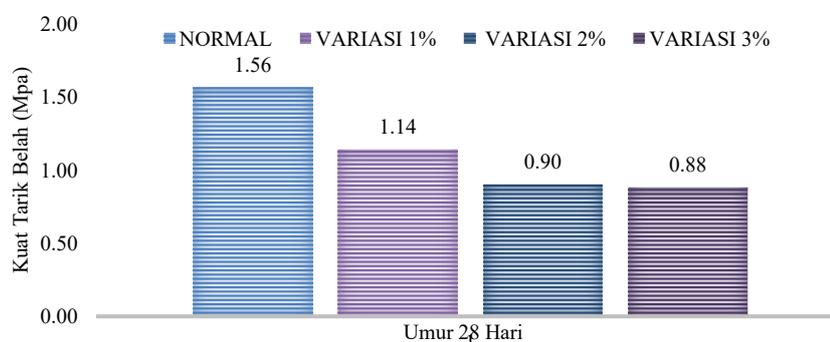
adalah air sebanyak 336,066 kg/m³, semen 200,142 kg/m³, agregat kasar 820,521 kg/m³, dan agregat halus 1030,108 kg/m³. Komposisi ini diharapkan mampu menghasilkan beton dengan kekuatan dan durabilitas optimal sesuai dengan spesifikasi teknis.

3. Hasil Analisis Data

Dari pengujian benda uji diperoleh data sebagaimana dalam Tabel 6 berikut ini:

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan tambahan serat mendong

| Beton Kontrol & Beton Variasi Penambahan Serat | Kode | Berat sampel | D (mm) | Ls (mm) | P (N) | Kuat Tarik (Mpa) | Kuat Tarik Rata-Rata (Mpa) |
|--|------|--------------|--------|---------|--------|------------------|----------------------------|
| Normal | BN1 | 11.704 | 150 | 300 | 110000 | 1.56 | 1.56 |
| | BN2 | 11.558 | 149 | 300 | 100000 | 1.42 | |
| | BN3 | 11.615 | 150 | 300 | 120000 | 1.70 | |
| Variasi 1% | BV1 | 11.609 | 150 | 300 | 70000 | 0.99 | 1.14 |
| | BV2 | 11.568 | 149 | 300 | 95000 | 1.35 | |
| | BV3 | 11.787 | 149 | 300 | 75000 | 1.07 | |
| Variasi 2% | BV1 | 11.32 | 150 | 300 | 55000 | 0.78 | 0.90 |
| | BV2 | 11.584 | 149 | 300 | 70000 | 1.00 | |
| | BV3 | 11.355 | 149 | 300 | 65000 | 0.93 | |
| Variasi 3% | BV1 | 11.299 | 149.1 | 300 | 50000 | 0.71 | 0.88 |
| | BV2 | 11.277 | 148.5 | 300 | 65000 | 0.93 | |
| | BV3 | 11.305 | 149.5 | 300 | 70000 | 0.99 | |



Gambar 3. Grafik hasil pengujian umur 28 hari

Hasil pengujian kuat tarik belah serat batang mendong menunjukkan pada beton dengan variasi penambahan adanya perbedaan yang jelas

dibandingkan dengan beton normal. Beton tanpa tambahan serat (beton normal) menunjukkan nilai kuat tarik belah tertinggi, yaitu sebesar 1,56 MPa pada umur 28 hari. Sebaliknya, beton dengan penambahan serat mengalami penurunan kekuatan yang semakin signifikan seiring dengan peningkatan kadar serat yang digunakan. Pada penambahan serat sebesar 1%, nilai kuat tarik belah rata-rata menurun menjadi 1,14 MPa. Penurunan yang lebih besar terjadi pada penambahan 2%, dengan nilai kuat tarik belah rata-rata hanya 0,90 MPa, dan mencapai titik terendah pada penambahan 3%, yaitu 0,88 MPa.

Fenomena ini dapat dikaitkan dengan beberapa faktor teknis yang memengaruhi integritas struktural beton (Saputra, 2014). Salah satunya adalah distribusi serat batang mendong yang tidak merata di dalam campuran beton. Ketidakteraturan distribusi ini dapat menyebabkan terbentuknya rongga udara (void) yang memperlemah ikatan antar partikel agregat dan matriks semen. Selain itu, semakin tinggi kadar serat yang digunakan, semakin besar pula kemungkinan serat menjadi penghalang dalam proses hidrasi semen, sehingga mengurangi kualitas ikatan internal beton. Akibatnya, beton kehilangan sebagian

besar kemampuannya untuk menahan gaya tarik.

Meskipun secara teoritis penambahan serat alami seperti batang mendong dapat meningkatkan daktilitas beton, mengontrol perambatan retak mikro, serta memperbaiki sifat deformasi, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa manfaat tersebut tidak tercapai secara optimal. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan penggunaan serat mendong sangat bergantung pada proporsi serat yang tepat, metode pencampuran yang sesuai, dan pengendalian kualitas pada tahap pengerjaan beton (Hamdi, 2022; Sulistiyawati, 2024). Proporsi serat yang terlalu tinggi justru dapat menciptakan titik lemah pada struktur karena serat tidak mampu berfungsi sebagai pengikat tambahan, melainkan menjadi pemisah antar material dalam beton.

Temuan ini menegaskan bahwa meskipun inovasi penggunaan serat mendong sebagai bahan tambahan dalam beton memiliki potensi, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi kadar serat yang ideal agar dapat meningkatkan kuat tarik belah tanpa mengorbankan kualitas mekanis beton secara keseluruhan. Selain itu, metode pencampuran yang lebih efektif perlu diuji, misalnya dengan penggunaan

aditif perekat atau peralatan pencampur berteknologi tinggi untuk memastikan distribusi serat lebih homogen. Dengan demikian, penggunaan serat alami dapat dioptimalkan untuk mendukung keberlanjutan material konstruksi sekaligus meningkatkan kinerja struktur beton.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan serat mendong ke dalam campuran beton memengaruhi kuat tarik belah pada umur 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton normal (tanpa serat) memiliki nilai kuat tarik belah tertinggi sebesar 1,56 MPa. Sementara itu, penambahan serat mendong sebesar 1%, 2%, dan 3% menunjukkan penurunan kuat tarik belah masing-masing menjadi 1,14 MPa, 0,90 MPa, dan 0,88 MPa. Penurunan ini mengindikasikan bahwa penggunaan serat mendong dalam jumlah tertentu dapat memengaruhi kohesi dan integritas internal beton. Meskipun demikian, potensi serat mendong sebagai material alternatif ramah lingkungan masih terbuka, terutama jika dilakukan pengolahan awal (treatment) terhadap serat atau optimasi campuran dengan bahan tambahan lainnya.

Dengan demikian, penelitian ini membuka ruang untuk pengembangan lebih lanjut, seperti : 1) Penggunaan bahan tambahan (aditif) untuk meningkatkan ikatan antara serat dan pasta semen, 2) Studi pengaruh panjang serat dan distribusinya dalam beton, serta 3) Pemanfaatan kombinasi serat alami dan buatan untuk mencapai performa optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (1996). SNI 03-4095-1996: Metode pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-6468-2000: Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-6825-2002: Spesimen silinder beton untuk pengujian laboratorium. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 7656:2012: Tata cara perancangan campuran beton normal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 7656:2012: Tata Cara Perancangan Campuran Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Ringan. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019: Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (mengacu pada ACI 318-14). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bahar, F. F., & Wiranto, S. (2024). Inovasi Material dalam Beton Berkelanjutan: Studi Literatur tentang Pemanfaatan Fly Ash dengan Peningkatan Kekuatan Beton: Innovation in Sustainable Concrete Materials: A Literature Review on the Utilization of Fly Ash for Enhanced Concrete Strength. *Jurnal Engineering*, 6(1), 47-52.

- Bentur, A., & Mindess, S. (2007). *Fibre Reinforced Cementitious Composites*. CRC Press.
- Hamdi, F., Lopian, F. E. P., Tumpu, M., Mabui, D. S. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., & Rangan, P. R. (2022). Teknologi beton. Tohar Media.
- Hapsari, M. (2021). Potensi Serat Mendong sebagai Bahan Tambah pada Beton Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknik Sipil Nusantara*, 8(1), 15–23.
- Kalimuthu, P., Sudalaimani, K., & Ramanathan, K. (2020). Review on natural fiber reinforced concrete. *Materials Today: Proceedings*, 33, 1071–1076.
- Kusumawardaningsih, R. (2016). *Beton dan Permasalahannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Li, Z., Wang, X., & Wang, L. (2015). Effect of chemical treatment on properties of natural fiber reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 96, 98–105.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete* (5th ed.). Pearson Education.
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton. *Jurnal sipil statik*, 3(5), 313-321.
- Prasetyo, B., & Nugroho, R.A. (2022). Inovasi Beton Berbasis Material Lokal dalam Perspektif Ekonomi Sirkular. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 4(1), 33–41.
- Rahmawati, E., & Sutarto, D. (2020). Pengaruh Penambahan Serat Alami terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton. *Jurnal Konstruksia*, 12(2), 89–97.
- Saputra, A. G., Taran, R., Sudjarwo, P., & Buntoro, J. (2014). Identifikasi penyebab kerusakan pada beton dan pencegahannya. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 3(2).
- Satyanarayana, K. G., Arizaga, G. G. C., & Wypych, F. (2009). Biodegradable composites based on lignocellulosic fibers—An overview. *Progress in Polymer Science*, 34(9), 982–1021
- Sulistiyawati, D., Hatta, N. M., Setiawan, F. W., Enggarriny, A. W., & Patria, A. S. N. (2024). Serat Tanaman Mendong Sebagai Fiber Jacket Untuk Perkuatan Kolom Beton Bertulang Pasca Kerusakan Bangunan. *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*, 3(1), 141-148.
- Sumajouw, D. M. J., & Muntohar, A. S. (2018). *Inovasi Material Konstruksi Ramah Lingkungan*. Yogyakarta: UGM Press.