

# JMPTS

JURNAL MITRA TEKNIK SIPIL

Volume 8 No. 3 Agustus 2025



e-ISSN : 2622-545X

Program Studi Sarjana Teknik Sipil UNTAR

## **JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil**

Volume 8, Nomor 3, Agustus 2025

### **Redaksi**

<b>Ketua Dewan Editor</b> <i>(Editor-in-Chief)</i>	Andy Prabowo, Ph.D. (Universitas Tarumanagara)
<b>Editor Pelaksana</b> <i>(Executive Editors)</i>	Ir. Arif Sandjaya, S.T., M.T. (Universitas Tarumanagara) Vittorio Kurniawan, S.T., M.Sc. (Universitas Tarumanagara) Lidwina Sri Ayu DR Sianturi, S.T., M.T. (Universitas Tarumanagara)
<b>Dewan Editor</b> <i>(Editorial Board)</i>	Prof. Ir. Leksmono Suryo Putranto, M.T., Ph.D. (Universitas Tarumanagara) Dr. Widodo Kushartomo, S.Si., M.Si. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ir. Daniel Christianto, S.T., M.T. (Universitas Tarumanagara) Ir. Yenny Untari Liucius, S.T., M.T. (Universitas Tarumanagara) Ir. Aniek Prihatiningsih, M.M. (Universitas Tarumanagara) Ir. Arianti Sutandi, M.Eng. (Universitas Tarumanagara) Ir. Sunarjo Leman, M.T. (Universitas Tarumanagara) Dr. Eng. Mia Wimala, S.T., M.T. (Universitas Katholik Parahyangan) Erwin Lim, S.T., M.S., Ph.D. (Institut Teknologi Bandung) Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
<b>Advisory International</b> <i>Editorial Boards</i>	Prof. Monty Sutrisna, Ph.D. (Massey University, New Zealand) Prof. Buntara Sthenly Ghan, Ph.D. (Nihon University, Japan)
<b>Mitra Bestari Nasional</b> <i>(National Reviewers)</i>	Dr. Ir. Najid, M.T. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ir. Wati Asriningsih Pranoto, M.T. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ir. Henny Wiyanto, M.T. (Universitas Tarumanagara) Ir. Oei Fuk Jin, S.T., M.Eng., D.Eng. (Universitas Tarumanagara) Dr. Mega Waty, M.T. (Universitas Tarumanagara) Alfred J. Susilo, S.T., M.Eng., Ph.D. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ir. Onnyxiforus Gondokusumo, M.Eng. (Universitas Tarumanagara) Dr. Ida Ayu Oka Suwati Sideman, S.T., M.Sc. (Universitas Mataram) Prof. Ir. Didi S. Agustawijaya, M.Eng., Ph.D. (Universitas Mataram) Dr. Nurul Fajar Januriyadi (Universitas Pertamina) Dr. Ir. Usman Wijaya, S.T., M.T. (Universitas Trisakti) Vienti Hadsari, Ph.D. (Universitas Atma Jaya Yogyakarta) Ir. Andryan Suhendra, M.T. (Binus University) Reynaldo Siahaan, S.T., M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas) Helmy H. Tjahjanto. S.T., M.T., Ph.D. (Universitas Katholik Parahyangan) Dr. Tilaka Wasanta, S.T., M.T. (Universitas Katholik Parahyangan) Anissa Noor Tadjudin, S.T., M.Sc., Ph.D. (cand) (Universitas Gadjah Mada) Dr. Amelia Yuwono, S.T., S.Kom., M.T. (PT. Tarumanagara Bumiayasa) Dr. Ir. F.X. Supartono (PT Midasindo Teknik Utama) Ir. Ali Iskandar, S.T., M.T. (PT. Solusi Andal Geointegra)

**Mitra Bestari  
Internasional  
(*International  
Reviewers*)**

Prof. Bonaventura W. Hadikusumo (Asian Institute Technology, Bangkok)  
Prof. Dr.-Ing. Joewono Prasetijo (University Tun Hussein Onn Malaysia)  
Andri Setiawan, Ph.D. (DIC) (Universitat Politècnica de València, Spain)  
Ir. Wong Widjaja, M.Sc. (WYN (South East Asia) Pte Ltd, Singapore)

**Alamat Redaksi  
(*Editorial Address*)**

Program Studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Tarumanagara  
Alamat: Jl. Letjen S. Parman No.1, Jakarta Barat, 11440  
Kampus 1 Gedung L Lantai 5  
Telepon: 021-5672548 ext.331  
E-mail: [jmts@untar.ac.id](mailto:jmts@untar.ac.id)

## **JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil**

Volume 8, Nomor 3, Agustus 2025

### **Kata Pengantar**

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil (E-ISSN 2622-545X) merupakan jurnal *peer-reviewed* yang dipublikasikan oleh Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara sebagai wadah peneliti, mahasiswa, dan dosen dari dalam maupun luar UNTAR untuk mempublikasikan makalah hasil penelitian dan studi ilmiah dalam bidang Teknik Sipil.

JMTS mempublikasikan artikel ilmiah pada bidang Teknik Sipil dengan sub-bidang sebagai berikut:

- Struktur
- Material Konstruksi
- Geoteknik
- Sistem dan Teknik Transportasi
- Manajemen Konstruksi
- Keairan

Tim editor JMTS menerima artikel yang berisi laporan kegiatan pengujian laboratorium/lapangan disertai simulasi numerik berbasis metode teruji yang bertujuan untuk memperoleh temuan baru, evaluasi terhadap hasil temuan eksisting, kritik terhadap metode eksisting. Selain itu, JMTS juga menerima artikel berisi *literature review* mengenai perkembangan dan penerapan *building information modelling*, *artificial intelligence*, *virtual reality*, *augmented reality* dan aspek digitalisasi lainnya pada dunia konstruksi.

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil terbitan Vol. 8 No. 3 bulan Agustus 2025 merupakan terbitan ke-29 sejak terbitan pertama pada Agustus 2018. Penerbitan JMTS dilakukan secara berkala setiap 3 bulan, yaitu pada bulan Februari, Mei, Agustus, dan November.

Pada edisi Vol. 7 No. 4, susunan redaksi JMTS mengalami perubahan signifikan berdasarkan hasil rapat dewan redaksi. Hal ini diwujudkan dengan hadirnya *Advisory International Editorial Boards* dan *International Reviewers*. Kedua penambahan ini melengkapi bergabungnya beberapa kolega dari luar UNTAR ke dalam *Editorial Board*. Harapannya agar JMTS dapat memperoleh peningkatan kualitas sekaligus akreditasi pada proses reakreditasi berikutnya.

JMTS berhasil mendapatkan akreditasi peringkat 4 (Sinta 4) akreditasi jurnal ilmiah periode 1 pada tahun 2022.

Penerbitan jurnal ini dapat berlangsung secara maksimal berkat kontribusi berbagai pihak. Terima kasih kepada tim editor yang telah membantu proses penerbitan dan Reviewer yang telah berkenan memberikan saran perbaikan untuk menjaga kualitas jurnal. Semoga jurnal ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu Teknik Sipil.

Salam,

Tim Redaksi Jurnal Mitra Teknik Sipil

## **JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil**

Vol. 8 No. 3, Agustus 2025

### **Daftar Isi**

ANALISIS PENGARUH BAKTERI BACILLUS SUBTILIS TERHADAP PARAMETER KUAT GESER PADA TANAH LANAU <i>Fernando Valentino Ritung dan Andryan Suhendra</i>	609-620
PERENCANAAN SEAWALL MODIFIKASI POLDER BERBASIS SELF-CLOSING FLOOD BARRIER DAN SMART WATER SQUARES PADA KAWASAN PESISIR <i>Hafif Ahmad Abdul Aziz, Laura Angelina Aprilianta Eka Putri, Wendik Setiawan, Vita Ayu Kusuma Dewi, dan Mega Septia Sarda Dewi</i>	621-634
PERBANDINGAN ESTIMASI DURASI PROYEK DENGAN METODE EARNED SCHEDULE DAN METODE EARNED DURATION MANAGEMENT <i>Wilsen Hartanto Lim dan Onnyxiforus Gondokusumo</i>	635-644
ANALISIS INTERAKSI STRUCTURE-SOIL-STRUCTURE PADA BASEMENT ADJACENT TERHADAP DEFLEKSI DINDING BASEMENT <i>Steven Gusanto, Alfred Jonathan Susilo, dan Sunarjo Leman</i>	645-658
ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH TIPE MECHANICALLY STABILIZED EARTH (MSE) PADA JALAN LAYANG BANTAIAN SUMATERA SELATAN <i>Erwin Ansori dan Nurly Gofar</i>	659-670
ANALISIS PERKUATAN SOIL NAILING PADA LERENG SUNGAI CILIWUNG DI AREA LAPANGAN TEMBAK KOPASSUS CIJANTUNG <i>Abi Maulana Hakim, Muhammad Rifan, dan Andhika Sahadewa</i>	671-684
STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH RASIO TULANGAN LENTUR TERHADAP MEKANISME KERUNTUHAN BALOK BETON BERTULANG <i>Muhammad Ishomuddin Wahid, Elvis Saputra, dan Muhammad Amirul Yachya</i>	685-696
PREDIKSI PENURUNAN BANGUNAN TINGGI YANG BERLOKASI DI JAKARTA UTARA <i>Meli Susiyanti, Hendy Wijaya, dan Ali Iskandar</i>	697-708
PENGARUH PERUBAHAN SUHU TERHADAP NILAI HUMIDITY MATERIAL FLY ASH PADA KONDISI ROOM TEMPERATURE <i>Deananta Julliana Pinangkaan, Andrias Suhendra Nugraha, dan Brance Kambuaya</i>	709-718
EVALUASI DAMPAK GETARAN TANAH AKIBAT PEKERJAAN FONDASI TIANG BOR TERHADAP BANGUNAN CAGAR BUDAYA <i>Vienti Hadsari dan Sumiyati Gunawan</i>	719-728
PENGARUH SERAT TERHADAP MODULUS ELASTISITAS BETON TANPA AGREGAT KASAR <i>Daniel Christianto, Yenny Untari Liucius, Patrick Matthew Handoyo</i>	729-736

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BARCHIP 48 DALAM PENGUJIAN KUAT TARIK LENTUR DAN KUAT TEKAN BETON <i>Laurensius Evan Suryana dan Widodo Kushartomo</i>	737-746
PENERAPAN METODE DESAIN GESER BETON BERTULANG ALTERNATIF DENGAN ACI 318 DAN MCFT AASHTO <i>Daniel Christianto, Yenny Untari Liucius, Sunarjo Leman, Andrew Hartanto Jusuf, dan Dhea Angelica Kho</i>	747-760
KOMPARASI AKSIAL TIANG PANCANG DENGAN METODE EMPIRIS DAN INTEPRETASI LOADING TEST PROYEK DI DUA LOKASI <i>Helga Lenita, Aniek Prihatiningsih, dan Sunarjo Leman</i>	761-770
PENGEMBANGAN KARET EBONIT SEBAGAI BAHAN DASAR SISTEM ISOLASI DASAR UNTUK MENGURANGI DAMPAK GEMPA BUMI <i>Jehuda Christofel Sriwijaya, Usman Wijaya, dan Andy Prabowo</i>	771-780
ANALISIS PERBANDINGAN KELAYAKAN INVESTASI PEMBANGUNAN APARTEMEN X DI TANGERANG, BANTEN <i>Randy Yudistira, Wati Asriningsih Pranoto, dan Mark Setiadi</i>	781-792
ANALISIS KAPASITAS TORSI BALOK L SPANDREL BETON BERTULANG TERHADAP VARIASI LEMBARAN SERAT KARBON <i>Davin Vincent Pratama dan Sunarjo Leman</i>	793-806
ANALISIS PERUBAHAN NILAI MODULUS ELASTISITAS AKIBAT PENAMBAHAN CAMPURAN KAPUR TOHOR <i>Edwin Nicklaus Pangestu dan Gregorius Sandjaja Sentosa</i>	807-816
PENENTUAN PRIORITAS GENANGAN DENGAN PERATURAN MENTERI PUPR NO.12 TAHUN 2014 DI KELURAHAN GELAM JAYA <i>Calvin Christopher Wangsa dan Wati Asri ningsih Pranoto</i>	817-824
DAMPAK PENGGUNAAN AMPAS KOPI TERHADAP KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR PAVING BLOCK <i>Christina Veronica dan Arif Sandjaya</i>	825-834
<i>PARAMETER IDENTIFICATION OF Cc IN SOFT SOIL THROUGH BACK ANALYSIS OF VACUUM PRELOADING</i> <i>Mikael Dylan Gunawan, Hendy Widjaya, dan Ali Iskandar</i>	835-846
<i>INVESTIGASI PEMANFAATAN LIMBAH BATU DAN SERBUK MARMER SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT PADA PERKERASAN KAKU</i> <i>M. Sa'dillah, Andy Kristafti Arifianto, Blima Oktaviastuti, dan Rosita Oktavia Jemadun</i>	847-862
ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI DAN PENURUNAN TANAH BERDASARKAN PENEMPATAN FONDASI DANGKAL DI KABUPATEN WAKATOBI <i>Darren Edwad Sutisna, Alfred Jonathan Susilo, dan Sunarjo Leman</i>	863-870

STUDI PERUBAHAN NILAI MODULUS ELASTISITAS PADA TANAH EKSPANSIF AKIBAT PENAMBAHAN ABU TERBANG <i>Go Bernard Christian Gosal dan Gregorius Sandjaja Sentosa</i>	871-880
PENGARUH EFEK TEBAL PELAT TERHADAP KONDISI DIAFRAGMA BERDASARKAN INDEKS FLEKSIBILITAS <i>Sunarjo Leman dan Husain</i>	881-888
<i>STATISTICAL CORRECTION OF A DYNAMIC PILE BEARING CAPACITY FORMULA BASED ON PDA DATA</i> <i>Sherlin Angelina, Hendy Wijaya, Ali Iskandar, Agus Johan, Aksan Kawanda, dan Daniel Tri Purnomo</i>	889-898
ANALISIS PERILAKU SEISMIK PADA BANGUNAN TINGGI BETON BERTULANG DENGAN VARIASI POSISI <i>OUTRIGGER</i> DAN <i>BELT TRUSS</i> <i>Edison Leo, Roby, dan Sunarjo Leman</i>	899-908
ANALISIS PENGGUNAAN TRANSPORTASI SUNGAI DI WILAYAH MAHAKAM ULU <i>Lidwina Sri Ayu DR Sianturi, Flora Emiliana Long, Gregorius Sandjaja, dan Hokbyan R.S Angkat</i>	909-918
STUDI KEBUTUHAN MASYARAKAT TERHADAP BUS SEKOLAH DI KOTA SORONG <i>Lidwina Sri Ayu DR Sianturi, Albert Eliezar Sabarofek, Edison Leo, dan Hokbyan R.S Angkat</i>	919-930
ANALISIS LIKUEFAKSI PADA LAPISAN TANAH BERPASIR DI LOKASI PROYEK PABRIK, GRESIK, JAWA TIMUR <i>Amelia Yuwono</i>	931-940
ANALISIS KEBUTUHAN LAHAN PARKIR UNTUK RENCANA PEMBANGUNAN GEDUNG PARKIR DI WILAYAH SANTERA DELAPONTE <i>Mochamad Anas Ataroqy Isa, Lila Ayu Ratna Winanda, dan Maranatha Wijayaningtyas</i>	941-950
STUDI PERBANDINGAN BIAYA-MANFAAT <i>RETROFITTING</i> STRUKTUR BANGUNAN EKSISTING BERDASARKAN <i>TIER 1 ANALYSIS ASCE 41-17</i> <i>Gilbert Hartman, Basuki Anondho, Mega Waty, dan Julian Thedja</i>	951-958
ESTIMASI RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB) DENGAN KONSEP <i>BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) 3D</i> <i>Prameswari Anggun Amiradani dan Arianti Sutandi</i>	959-966
ANALISIS PENYEBAB PEMBENGGKAKAN BIAYA PADA PROYEK KONSTRUKSI RUMAH TINGGAL X <i>Rosani Surya Bataric dan Mega Waty</i>	967-976
EVALUASI EFEKTIVITAS PENGATURAN LALU LINTAS PADA SIMPANG BERSINYAL DI KOTA SORONG <i>Leksmono Suryo Putranto dan Fidelia Mayaut</i>	977-984

- ANALISIS PERBANDINGAN METODE *EARNED VALUE MANAGEMENT*  
DAN *EARNED SCHEDULE* PADA PROYEK PEMBANGUNAN DAN  
RENOVASI RUMAH 985-996  
*Vania Yori Wakano dan Fuk Jin Oei*
- ANALYSIS OF LOAD TRANSFER PLATFORM THICKNESS ON LOAD TRANSFER*  
*EFFECTIVENESS AND ROAD STABILITY IN SOFT SOIL* 997-1008  
*Andrawan, Hendy Wijaya, Ali Iskandar, dan Albert Johan*

## PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BARCHIP 48 DALAM PENGUJIAN KUAT TARIK LENTUR DAN KUAT TEKAN BETON

Laurensius Evan Suryana<sup>1</sup> dan Widodo Kushartomo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia  
\*widodo@untar.ac.id

Masuk: 01-07-2025, revisi: 07-07-2025, diterima untuk diterbitkan: 15-07-2025

### ABSTRACT

Concrete has high compressive strength, but is weak against tensile or flexural forces. Therefore, concrete is often reinforced with additional materials such as steel reinforcement or fiber to increase its flexural strength. In this study, concrete was added with polypropylene fiber in the form of BarChip with a length of 48 mm and a diameter of 0.3 mm in an effort to increase its flexural strength. Variations of BarChip fiber added 2%, 5%, and 7% of the weight of the concrete, the test object was made in the form of a block measuring 400 mm x 100 mm x 100 mm as a flexural test object and a cylinder measuring 100 mm x 200 mm as a compression test object, the maintenance technique used the immersion method with a temperature of 20°C, the test was carried out at the age of 28 days. The test results showed that the addition of 4 kg of BarChip fiber per m<sup>3</sup> could increase the flexural strength by 48.8%. The more BarChip fiber added, the lower the workability of the mixture. The flexural strength results obtained were 4.1 MPa, 4.6 MPa, 5.3 MPa, and 6.1 MPa, while the compressive strengths obtained respectively were 22.1 MPa, 21.6 MPa, 18.4 MPa, and 16.7 MPa.

Keywords: Concrete; Fiber; BarChip; Flexural; Compression

### ABSTRAK

Beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi, tetapi lemah terhadap gaya tarik atau lentur. Oleh karena itu, beton sering diperkuat dengan bahan tambahan seperti tulangan baja atau serat untuk meningkatkan kekuatan lenturnya. Pada penelitian ini beton di tambahkan bahan berupa serat polypropilena berbentuk BarChip dengan panjang 48 mm dan diameter 0,3 mm dalam upaya menaikkan kuat lentur nya. Variasi serat BarChip yang di tambahkan 2%, 5%, dan 7% dari berat betonya, benda uji di buat dalam bentuk balok berukuran 400 mm x 100 mm x 100 mm sebagai benda uji lentur dan silinder berukuran 100 mm x 200 mm sebagai benda uji tekan, teknik pemeliharaan menggunakan metode perendaman dengan temperatru 20°C, pengujian di lakukan pada umur 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan penambahan serat BarChip sebanyak 4 kg per m<sup>3</sup> dapat meningkatkan kuat lentur sebesar 48,8 %. Semakin banyak serat BarChip yang di tambahkan maka akan menurunkan workabilitas adukan. Secara berturut turut hasil kuat lentur nya yang di dapat adalah 4,1 MPa, 4,6 MPa, 5,3 MPa, dan 6,1 MPa, sedangkan kuat tekan yang di dapat secara berturut adalah 22,1 MPa, 21,6 MPa, 18,4 MPa, dan 16,7 MPa.

Kata Kunci: Beton; Serat; BarChip; lentur; Tekan

## 1. PENDAHULUAN

Menurut Setiyarto & Pradana (2022) beton adalah campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air, keunggulan dari beton yaitu memiliki kemampuan dalam menahan gaya tekan, namun memiliki kuat tarik yang rendah. Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang cukup sering digunakan pada jalan, jembatan, bendungan, gedung, rumah, dan lain – lain.

Karena beton memiliki gaya tarik yang lemah biasanya untuk menanganin hal ini beton di campur dengan besi tulangan (*reinforcing steel bars*) yang berfungsi menahan gaya tarik beton yang di perkuat dengan besi tulangan biasa di sebut *Reinforced concrete*, cara lain untuk meningkatkan tegangan tarik dalam beton adalah penggunaan serat pendek seperti pada contoh pada tabel 1 di bawah dimana penggunaan serat dapat menaikkan kuat lenturnya. Pada percobaan ini perkuatan yang di gunakan adalah dengan menambahkan serat polypropilena berbentuk BarChip dengan panjang 48 mm.

Dikutip dari Al Faritzie et al. (2023) salah satu alternatif bahan tambah yang digunakan yang bersifat fisikal adalah serat polypropylene. Serat ini merupakan serat yang memiliki berat jenis yang rendah dan tidak menyerap air, sehingga serat ini tidak merubah fisik beton secara signifikan namun dapat merubah sifat mekanik beton.

Serat ada berbagai macam dari serat baja (*Steel Fibers*), serat kaca (*Glass Fibers*), serat polipropilen (*Polypropylene Fibers*), serat karbon (*Carbon Fibers*), serat aramid (*Aramid Fibers*), serat cellulose (*Selulosa*), serat polietilen (*Polyethylene Fibers*). Serat barchip 48 merupakan serat yang termaksud dalam golongan polipropilen (*Polypropylene Fibers*), fungsi utama dari serat ini adalah menambah kuat tarik beton barchip ini terbuat dari bahan plastik yang tahan terhadap bahan kimia

Tabel 1. Hasil uji kuat tekan dan tarik beton dengan serat polypropilene

Dikutip dari	Beton normal		Komposisi	Beton berserat	
	Tekan (MPa)	Tarik (MPa)		Tekan (MPa)	Tarik (MPa)
Al Faritzie et al. (2023)	31,87	2,14	Serat polypropylene 0,75% dari volume beton	29,43	3,62
Yusra et al. (2020)	57,38	-	Serat polypropylene 0,5% dari berat semen	55,74	-
Mulya et al. (2022)	-	8,62	Serat polypropylene 0,8%	-	9,26
Gusti et al. (2021)	43,9	2,67	Serat polypropylene 0,05% dari volume beton	45,38	4,04
Lisantonono et al. (2016)	33,46	1,35	Serat polypropylene 0,9 kg/m <sup>3</sup>	37,63	1,92
Oesman et al. (2024)	47,66	6,29	Serat polypropylene sebesar 1% dari volume beton	42,73	8,98

Dari penelitian terdahulu didapatkan bahwa penambahan serat dapat menaikkan kuat tariknya kenaikan kuat lenturnya tetapi penambahan kuat lenturnya tidak akan signifikan dengan penambahan serat yang tidak baik hanya akan mengurangi kuat tekannya dikarenakan serat yang mengumpul atau juga dapat disebabkan oleh berkurangnya workabilitasnya betonnya sehingga pepadatan beton menjadi kurang baik, akan lebih baik jika ingin kenaikan kuat lenturnya yang lebih signifikan dengan mengubah mix design betonnya (Mindess, 2021)

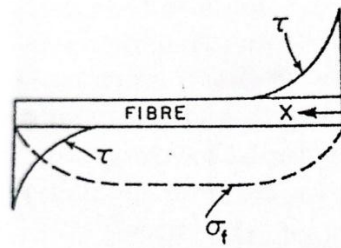
Dikutip dari Sultan et al. (2023) penambahan serat meningkatkan kinerja daktilitas pasca beban puncak, kekuatan tarik pra-retak, kekuatan patah, ketahanan benturan, kapasitas lentur, kinerja kelelahan dan lain-lain. Daktilitas beton serat bergantung pada kemampuan serat untuk menghambat retakan pada tingkat regangan yang tinggi.

### Beton Berserat

Dikutip dari Risdianto & Tobing (2019) beton berserat didefinisikan sebagai bahan beton yang dibuat dari bahan campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan sejumlah serat yang tersebar secara acak dalam matriks campuran beton, umumnya berupa batang-batang dengan ukuran 5-500µm, dengan panjang sekitar 25mm. Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastik (polypropylene), atau potongan kawat baja.

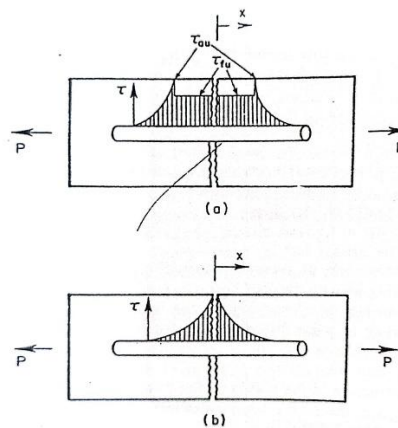
Dikutip dari buku Arnon (1990) sebelum terjadi keretakan pada beton, perpindahan tegangan elastis adalah mekanisme yang dominan. Pada tahap pembebanan yang lebih lanjut, pelepasan ikatan serat di seluruh antarmuka biasanya terjadi dan proses pengendalian perpindahan tegangan menjadi salah satu slip gesekan. Tegangan gesekan yang dikembangkan adalah tegangan geser. Transisi dari perpindahan tegangan elastis ke perpindahan tegangan gesekan terjadi ketika tegangan geser akibat pembebanan melebihi kekuatan geser serat. Saat tegangan ini terlaMPau, pelepasan ikatan serat dimulai. Transisi dari perpindahan tegangan elastis sebelum pelepasan ikatan ke perpindahan tegangan gesekan setelah pelepasan ikatan adalah proses bertahap.

Dikutip dari buku Arnon (1990) yang pertama mengembangkan model analitis perpindahan tegangan di zona elastis sebelum terjadinya keretakan adalah Cox, teori tersebut disebut dengan *Shear lag theories*. Dalam menghitung tegangan yang terjadi karena perubahan bentuk, beberapa asumsi penyederhanaan di buat, dari asumsi ini Cox merumuskan rumus seperti kuat tarik  $\sigma_f(x)$  dalam serat, dan tegangan geser elastis  $\tau(x)$ , pada jarak x dari ujung serat.



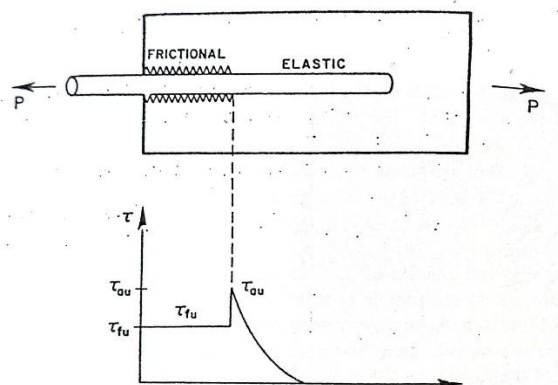
Gambar 1. Tegangan tarik dan tegangan geser yang terjadi pada serat (Arnon, 1990)

Dapat di lihat dari Gambar 1 di atas didapatkan bahwa tegangan geser maksimum nya terdapat pada ujung ujung serat dan menurun menjadi nol di tengah serat, di ujung serat biasanya terjadi perpindahan gaya dari matriks ke serat, sedangkan tegangan tarik meningkat dari ujung serat sampai titik maksimum di tengah serat. Yang membedakan perpindahan tegangan setelah terjadi keretakan adalah tegangan geser maksimum yang terjadi berada di titik dimana serat masuk ke dalam matriks



Gambar 2. Distribusi tegangan sepanjang serat memotong retakan (Arnon, 1990)

Pada Gambar 2 dikatakan jika ikatan geser melebihi, kegagalan dalam tingkat parah tidak akan terjadi, beban akan di tahan dengan mekanisme slip gesekan. Lawrence memperhitungkan slip gesekan di bagian serat yang terlepas.



Gambar 3. Gaya elastis dan gesek pada serat yang terlepas sebagian (Arnon, 1990)

Pembahasan pada Gambar 3 di atas mengenai gaya gesek di mekanisme perpindahan gaya, besarnya efek ini merupakan fungsi dari tegangan normal yang terbentuk di seluruh antar muka, tegangan normal dihasilkan oleh ketidaksesuaian antara jari-jari serat dan jari-jari lubang pada matriks bebas, pengurangan jari-jari lubang matriks karena alasan apa pun akan menyebabkan gaya tekan normal yang meningkatkan ketahanan gesekan.

Penelitian menggunakan serat BarChip 48 dikarenakan serat ini memiliki bentuk berbeda yaitu *continuous embosing* serat ini juga memiliki ciri seperti bagus dalam terhadap serangan alkali serat ini juga sudah mulai menyebar banyak

di Indonesia sehingga serat ini mudah di dapatkan di indonesia. serat ini juga belum banyak di teliti oleh karena ini perlunya pengujian lebih lanjut terhadap akurasi penggunaan serat ini seperti yang di spesifikasikan oleh produsen.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium beton universitas tarumanegara Jakarta barat, penelitian dilakukan dengan cara eksperimen, dimana penulis akan membandingkan kenaikan atau penurunan dari kuat lentur dan kuat tekan beton normal dan beton yang di tambahkan campuran serat.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan serat polypropilena berupa BarChip tambahan terhadap sifat mekanis beton, khususnya kuat tekan dan kuat lentur. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan utama, yaitu persiapan bahan, pembuatan benda uji, perawatan (curing), serta pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton. Benda uji yang akan digunakan adalah berbentuk balok berukuran 400 mm x 100 mm x 100 mm, sedangkan benda uji silinder memiliki diameter 100 mm dan tinggi 200 mm.

### 1. Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Dimana bahan akan melewati tahap uji agregat untuk mengetahui sifat dari agregat sendiri dengan panduan dari buku petunjuk praktikum teknologi bahan konstruksi (Kushartomo, 2015)

### 2. Perancangan Campuran Beton

Campuran beton dirancang berdasarkan metode campuran standar SNI Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa (SNI 7656, 2012) dengan variasi serat polypropilena yang dicampurkan sebanyak 2 kg, 4 kg, dan 6 kg per m<sup>3</sup>

### 3. Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang akan digunakan adalah berbentuk balok berukuran 400 mm x 100 mm x 100 mm, sedangkan benda uji silinder memiliki diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. pembuatan benda uji akan mengikuti petunjuk dari SNI Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa (SNI 7656, 2012)

### 4. Perawatan (Curing)

Setelah pencetakan, benda uji didiamkan selama 24 jam setelah berumur 24 jam benda uji di keluarkan dari cetakan, kemudian direndam dalam air selama 28 hari untuk proses pengerasan (curing) sesuai standar SNI Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium (SNI 2493, 2011).

### 5. Pengujian

Uji kuat lentur dilakukan pada benda uji balok dengan metode pembebanan dua titik pengujian menggunakan standar SNI Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan (SNI 4431, 2011). Uji kuat tekan dilakukan pada benda uji silinder menggunakan standar SNI Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder (SNI 1974, 2011).

Setelah melakukan pengujian agregat didapatkan data yang dibutuhkan dalam pembuatan *mix design* beton seperti kadar air, kadar lumpur, dan lain lain. Pembuatan campuran beton menggunakan standart SNI 7656 campuran di harapkan mendapatkan  $f_c$  30 dengan slump 7,5 cm. setelah melewati proses perhitungan di dapatkan hasil akhir campuran beton seperti pada tabel 2 di bawah.

Tabel 2. Tabel *mix design* beton

Uraian	Nilai
Air	181 kg/ m <sup>3</sup>
Semen	385,1 kg/ m <sup>3</sup>
Agregat kasar	1166,43 kg/ m <sup>3</sup>
Agregat halus	695,9 kg/ m <sup>3</sup>
Serat	
Variasi 1	0 %
Variasi 2	2 %
Variasi 3	5 %
Variasi 4	7 %

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah di lakukan pengujian slump, kuat lentur, dan kuat tekan pada beton normal dan beton dengan tambahan serat maka di dapatkan hasil test nya sebagai berikut

Tabel 3. Hasil slump beton normal dan tambahan serat

Variasi Serat	Slump (Cm)
0 %	6,5
2 %	5
5 %	2,5
7 %	1

Tabel 3 di atas adalah hasil slump beton normal sebelum di tambahkan serat dan slump beton normal setelah di tambahkan serat, dari hasil uji slump di dapatkan penurunan slump dari penggunaan beton normal dengan beton yang ditambahkan dengan serat. Dapat di lihat semakin banyak penambahan serat pada campuran beton slump yang di dapatkan menurun pula hal ini disebabkan karena air yang terdapat pada campuran beton terserap oleh beton sehingga fas beton berkurang membuat slump beton menjadi lebih kecil, serat yang ada dalam campuran beton akan membuat gaya gesekan antara agregat dan semen membuat campuran menjadi lebih susah mengalir. Dikutip dari buku Mindess (2021) tetapi dapat dikatakan bahwa perhitungan slump ini tidak dapat untuk mengukur workabilitas beton berserat ini dikarenakan di lapangan beton akan di kerjakan dengan vibrator sehingga pengetesan workabilitas yang baik lebih baik menggunakan pengetesan yang menggunakan getaran seperti *vebe test* dan *inverted slump cone test*. Dalam uji coba ini tidak dapat di lakukan pengujian dengan menggunakan metode *vebe test* dikarenakan kekurangan peralatan pada laboratorium.

Tabel 4. Hasil test kuat lentur dan kuat tekan rata rata

Variasi	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
0 %	4,1	22,1
2 %	4,6	21,6
5 %	5,3	18,4
7 %	6,1	16,7

Tabel 4 di atas menunjukkan hasil uji coba yang sudah di lakukan tabel tersebut menunjukkan bahwa penambahan serat menyebabkan peningkatan pada kuat lentur, namun di sisi lain, terjadi penurunan pada kuat tekan dari gambar grafik dan tabel hasil uji coba di atas di dapatkan bahawa nilai kuat tekan paling terbesar terdapat pada variasi beton normal sebesar 22,1 MPa. Sedang nilai kuat lentur yang terbesar terdapat pada campuran serat 7%, yaitu sebesar 6,1 MPa (pada umur 28 hari). Sementara itu, peningkatan kuat lentur terbesar terjadi pada variasi 5%, dengan kenaikan sebesar 29,27%. Namun, semakin banyak serat yang ditambahkan, justru terjadi penurunan kuat tekan.

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan volume serat secara signifikan meningkatkan kuat lentur beton. Pada campuran dengan 2% serat diperoleh kuat lentur 4,5 MPa, sedangkan penambahan menjadi 5% meningkatkan kuat lentur menjadi 5,3 MPa. hal ini terjadi karena mekanisme penjembatanan retak (*crack bridging*) oleh serat yang bekerja lebih optimal pada volume yang lebih tinggi. Setiap penambahan jumlah serat dalam campuran beton menciptakan lebih banyak nya serat yang menjembatani retak, sehingga mampu menghambat propagasi retak secara lebih efektif. Selain itu, serat yang terdistribusi secara merata dalam matriks beton berperan dalam mendistribusikan tegangan secara lebih merata ke seluruh struktur. Hal ini menyebabkan konsentrasi tegangan pada area tertentu dapat diminimalisir, sehingga beton mampu menahan beban lentur yang lebih besar sebelum terjadi kegagalan.

Penurunan kuat tekan pada beton bisa di sebabkan penurunan workabilitas dan slump beton semakin banyak serat yang ditambahkan ke dalam beton, semakin kaku campuran tersebut. Hal ini menyebabkan nilai slump menurun drastis. Beton yang terlalu kaku menjadi sulit untuk dipadatkan secara sempurna ke dalam bekisting. Akibatnya, banyak rongga udara (void) yang tertinggal dalam beton dan dapat terjadi pemisahan material (segregasi). Kondisi ini akhirnya mengurangi kekuatan tekan beton.

Efektifitas serat dalam meningkatkan sifat mekanisme beton dipengaruhi oleh proses di mana gaya apa yang di treansfer dari matrix ke serat, gaya geser yang terjadi sejajar dengan serat ke matriks adalah mekanisme utama dalam perpindahan gaya dari matriks ke serat ketika serat di berikan gaya (Arnon, 1990).

Kekuatan tarik beton dengan tambahan serat dapat di hitung dengan dasar ke dua bahan memiliki elastisitas yang sama dan memiliki ikatan yang sempurna, sehingga perhitungan ini hanya bisa di aplikasikan dalam menghitung kuat lentur nya saja di karenakan di kenyataannya ikatan serat tidak lah sempurna, harus di perhitungkan juga efek orientasi serat dan panjang serat (Arnon, 1990).

$$\sigma_{mu} = \sigma'_{mu} V_{mu} + \sigma'_f V_f \quad (1)$$

Dengan:  $\sigma_{mu}$  = Kuat lentur beton dengan tambahan serat,  $\sigma'_{mu}$  = Kuat lentur beton tanpa tambahan serat,  $V_{mu}$  = Volume beton,  $\sigma'_f$  = kuat lentur serat,  $V_f$  = Volume serat

Dari hasil uji coba di dapatkan kenaikan beton dengan tambahan serat di bandingkan beton tanpa tambahan serat, kenaikan ini sesuai seperti pada rumus nya di mana secara teori dengan penambahan serat maka kuat tarik nya pun meningkat, tetapi dari hasil uji penggunaan serat bukan hanya dapat meningkatkan kuat lentur nya saja tetapi di satu sisi kuat tekan nya menurun. Dari hasil uji coba di dapatkan kenaikan paling signifikan terdapat pada variasi serat 4% di mana di dapatkan sebesar 29,3% peningkatan ini di sertai dengan penurunan kuat tekan nya sebesar 16,7 % di mana penggunaan 2 % serat memberikan kenaikan yang tidak signifikan dan penggunaan 6 kg tidak memberikan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan penggunaan 5% di mana penggunaan 7% akan menurunkan kuat tekan dan slump nya yang signifikan.

Serat hanya akan memberikan kuat lentur yang signifikan jika volume yang digunakan melebihi volume kritis nya dimana volume kritis dapat di hitung dengan persamaan 4.2. setelah terjadi keretakan pertama beban akan di tahan oleh serat, dikarenakan volume nya yang mencukupi beban yang di berikan setelah keretakan masih bisa di tahan tanpa terjadi kehancuran beton. Dimana di mana jika orientasi serat dan panjang kritis serat di perhitungkan volume kritis serat akan meningkat sebesar 3 saMPai 6 kali karena di sebabkan oleh orientasi serat yang acak dengan persamaan 2 dapat di hitung distribusi serat secara 3 dimensi (Arnon, 1990).

$$V_f(crit) = 2 \frac{1}{l/d} \frac{\sigma'_{mu}}{\tau_{fu}} \quad (2)$$

Dengan:  $l$  = Panjang serat,  $d$  = Diameter serat,  $\tau_{fu}$  = Tegangan gesek maksimum,  $\sigma'_{mu}$  = Kuat lentur beton tanpa tambahan serat

Dari perhitungan dengan persamaan 2 di dapatkan volume kritis serat nya adalah sebesar 2,5%. Dapat di simpulkan dari hasil rumus perhitungan bahwa penggunaan serat sebanyak 2% berada di bawah volume kritis nya sama seperti hasil pengujian di mana serat dengan tambahan 2% tidak mengalami kenaikan kuat lentur yang signifikan berbeda dengan beton tambahan 5%, dan 7% dimana beton memiliki kenaikan kuat lentur yang signifikan dan balok tidak mengalami kegagalan fatal tetapi balok masih bisa menahan beban dan dapat berdeformasi lebih kenaikan kuat lentur seiring pertambahan volume serat juga ber pengaruh pada kuat tekan nya di mana kuat tekan dengan tambahan serat 2% tidak terlihat besar penurunan nya atau bahkan dapat di abaikan tetapi beton dengan tambahan 5% , dan 7% mengalami penurunan yang signifikan terhadap kuat tekan dan slumpnya.

Panjang kritis adalah parameter yang di definisikan sebagai panjang minimum serat yang di butuhkan untuk serat dapat menahan tegangan yang sama besar nya dengan kekuatan tarik serat nya, jika panjang serat yang digunakan kurang dari panjang kritis maka panjang tertanam tidak cukup untuk menciptakan tegangan yang sama besar dengan kekuatan tarik serat nya sehingga serat tidak efisien, hanya jika panjang serat melebihi panjang kritis barulah serat mencapai kekuatan tarik nya, perhitungan panjang kritis serat dapat digunakan persamaan 3. (Arnon, 1990)

$$l_c = \frac{\sigma_{fu} \cdot r}{\tau_{fu}} \quad (3)$$

Dimana:  $\tau_{fu}$  = Tegangan gesek maksimum,  $\sigma_{fu}$  = Kekuatan maksimum serat,  $r$  = Jari jari serat

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 3 didapatkan panjang kritis nya adalah 46 mm dimana panjang serat yang digunakan melebihi panjang kritis nya sehingga serat yang digunakan efisien jika tidak memperhitungkan orientasi serat dan di asumsikan ikatan nya sempurna.

Penggunaan serat untuk mendapatkan hasil yang optimal dapat menggunakan serat sebanyak 2%. Jika ingin peningkatan kuat lentur yang lebih signifikan, dosis 5% merupakan pilihan terbaik karena memberikan performa yang seimbang antara kekuatan dan kemudahan pengerjaan. Namun, jika serat ditambahkan hingga 6 kg/m<sup>3</sup>, meskipun kuat lenturnya masih meningkat, kenaikannya tidak terlalu berarti. Selain itu, jumlah serat sebanyak ini justru menyebabkan penurunan slump secara drastis, membuat beton menjadi lebih kaku dan sulit dikerjakan. Akibatnya, pekerja membutuhkan tenaga lebih besar dan waktu lebih lama untuk meratakan beton, yang berpotensi mengurangi efisiensi dan kualitas hasil akhir. Oleh karena itu, sebaiknya hindari penggunaan serat berlebihan.

Peningkatan dan kelebihan pada beton berserat terjadi di karenakan Serat bekerja sebagai penjemabatan retakan di mana saat beton normal di berikan beban beton akan hancur total seperti pada gambar 5



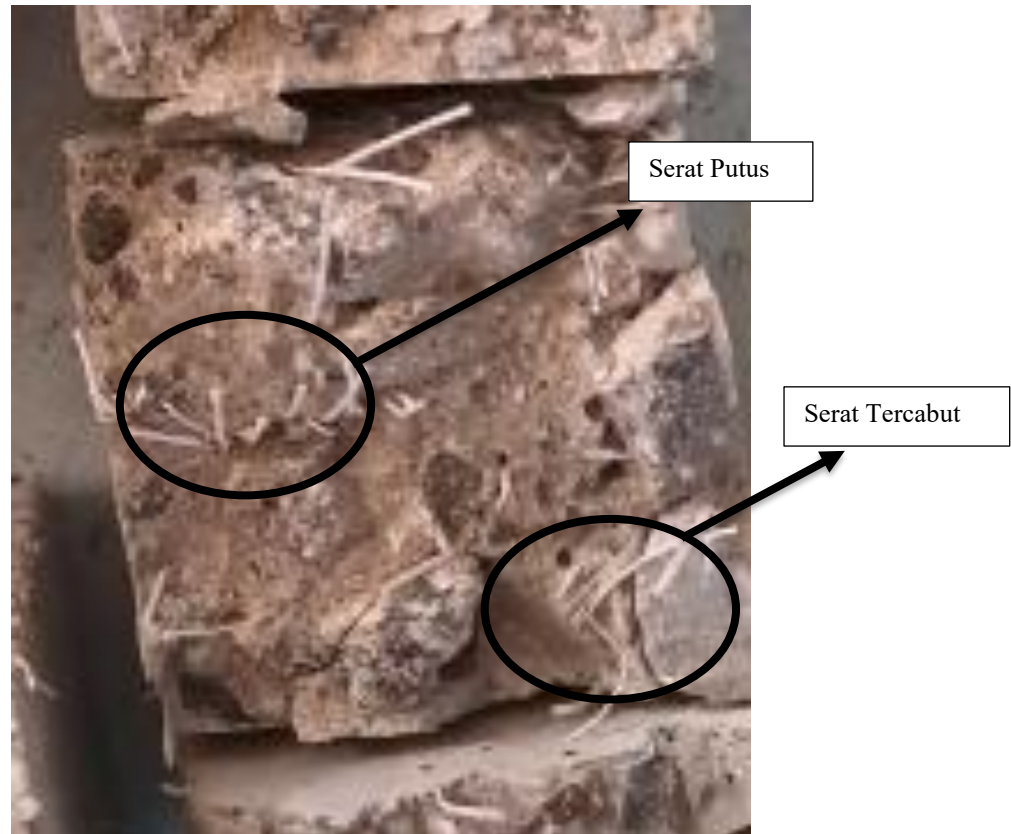
Gambar 5. Hasil uji lentur

Kehancuran yang terjadi pada beton berserat tidak akan mengalami kehancuran fatal tetapi serat di dalam beton akan menjadi pen jembatan retakan serat akan menahan kedua sisi beton sehingga retakan yang terjadi tidak semakin membesar contoh pada gambar 6 kehancuran yang terjadi pada beton dengan tambahan serat 2% tidak mengalami kehancuran fatal tetapi beton tetap dapat menerima beban lebih dan berdeformasi lebih.



Gambar 6. Hasil uji coba lentur beton berserat

Serat memberikan gaya elastis, di saat beton di berikan beban lebih lanjut serat akan terlepas secara bertahap ketika serat tercabut serat memberikan gaya gesekan, hal ini membuat beton menjadi lebih dektail dan dapat berdeformasi lebih saat sudah terjadi keretakan beton dapat berdeformasi lebih sebelum terjadi kehancuran. Pada sekala lebih kecil serat dapat bekerja sebagai penyalur gaya dalam beton sehingga gaya yang terjadi pada beton tidak terpusat pada satu titik tetapi serat mendistribusikan gaya nya merata ke seluruh beton dan serat juga dapat bekerja menahan retakan mikro agar tidak menjadi lebih besar.



Gambar 7. Serat setelah uji coba

Ketika beton di berikan beban, serat-serat di dalam beton dapat mengalami 2 kegagalan bisa terjadi putus atau tercabut keluar, serat yang mengalami putus biasanya di sebabkan oleh ikatan yang baik dengan beton serat yang terputus biasanya menaikan kuat lentur beton sebelum terjadi retak pertama sedangkan serat yang tercabut (Gambar 7) biasanya memberikan gaya elastis dan gaya gesek sehingga dapat membantu beton berdeformasi lebih dan masih memberikan kekuatan pada beton

Serat tercabut atau putus bisa di sebabkan karena beberapa hall contoh seperti panjang serat lebih pendek dari panjang kritis yang dibutuhkan untuk mencapai kekuatannya. Akibatnya, serat-serat pendek ini cenderung tertarik keluar (*pull-out*) daripada patah. Selama proses ini, gesekan antara serat dan matriks beton tetap memberikan tahanan tambahan, memungkinkan beton untuk:

1. Menerima beban lebih besar meskipun sudah retak.
2. Mengalami deformasi lebih lama tanpa langsung hancur (lebih ulet).

Dengan demikian, meskipun beton sudah retak, serat yang tercabut secara perlahan masih membantu menahan beban, memperpanjang waktu sebelum beton benar-benar runtuh. Ini membuat beton berserat lebih kuat dibanding beton biasa.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian, terlihat jelas bahwa penambahan serat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton. Semakin banyak serat yang ditambahkan, nilai slump beton semakin menurun. Pada campuran dengan 2% serat, slump masih berada di 5 cm. Namun ketika dosis ditingkatkan menjadi 5% dan 7%, nilai slump turun menjadi 2,5 cm, 1 cm. Hal ini menunjukkan beton menjadi semakin kaku dan sulit dikerjakan seiring penambahan serat.

Di sisi lain, kuat lentur beton menunjukkan peningkatan yang konsisten seiring penambahan serat. Campuran dengan 2% serat memiliki kuat lentur 4,5 MPa, yang kemudian naik menjadi 5,3 MPa pada 5%, dan mencapai 6,1 MPa pada 7%. Namun berbeda dengan kuat lentur, kuat tekan beton justru menunjukkan penurunan setelah mencapai titik tertentu. Awalnya kuat tekan meningkat dari 21,6 MPa (2%) menjadi 18,4 MPa (5%), tetapi kemudian turun signifikan menjadi 16,7 MPa pada campuran dengan 7% serat.

Dari data ini dapat disimpulkan bahwa penambahan serat memang meningkatkan kuat lentur beton, tetapi di sisi lain mengurangi kemudahan pengerjaan karena penurunan slump yang signifikan. Selain itu, penggunaan serat berlebihan (2,5%) justru dapat menurunkan kuat tekan beton. Oleh karena itu, dosis serat sekitar 2,5% dapat dianggap sebagai titik yang baik digunakan karena memberikan keseimbangan antara peningkatan kuat lentur, slump yang masih memadai, dan kuat tekan yang relatif baik. Penggunaan serat lebih dari jumlah ini perlu dipertimbangkan matang-matang karena dapat mengorbankan sifat-sifat penting beton lainnya.

Dalam uji coba berikutnya campuran serat 1%, dan 8% lebih sebaiknya di coba untuk mengetahui apakah dengan penggunaan 1 kg serat dapat menjembatani retak dengan efektif dan tidak terjadi kehancuran fatal dan mengetahui seberapa banyak serat yang dapat di tambahkan ke dalam campuran beton sebelum kuat lentur nya menurun akibat penggunaan serat yang berlebih.

Dalam uji coba dengan menggunakan serat bekisting yang besar lebih di sarankan contoh seperti silinder 150 mm X 300 mm hal ini dapat membantu dalam pemadatan beton berserat yang memiliki workabilitas yang rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Faritzie, H., Fuad, I. S., & Akbar, I. (2023). Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene Serta Super Plasticizer Terhadap Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton. *Jurnal Deformasi*, 8(1), 38–44. <https://doi.org/10.31851/deformasi.v8i1.11576>
- Arnon, B. and M. S. (1990). *Fiber Reinforced Cementitious Composites*. Elsevier Ltd.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder* (SNI 1774:2011). <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DaftarList>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium* (SNI 2493:2011). <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DaftarList>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua dengan dua titik pembebanan* (SNI 03 - 4431:2011). <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DaftarList>
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa* (SNI 7656:2011). <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DaftarList>
- Gusti, M., Noorhidana, V. A., & Irianti, L. (2021). Pengaruh Variasi Serat Polypropylene dan Faktor Air Semen Pada Uji Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Self Compacting Concrete (SCC). *Journal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 9(1), 105–118.
- Kushartomo, W. (2015). *Teknologi Bahan Konstruksi*.
- Lisantono, A., Kung, F., & Mikhael. (2016). Pengaruh Komposisi Serat Polypropylene Terhadap Sifat Mekanik Beton. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 10, Universitas Atmajaya Yogyakarta, 26-27 Oktober 2016 ISBN 978-602-60286-0-0, September*, 41–45.
- Mindess, S. (2021). Concrete. In *The Phenomenology of Mind*. <https://doi.org/10.4324/9781315830308-10>
- Mulya, A., .Muttaqin, & .Mahlil. (2022). Kuat Lentur Beton Mutu Tinggi Menggunakan Tanah Diatomae Sebagai Substitusi Semen dengan Penambahan Serat Polypropylene dan Serat Kaca. *Journal of The Civil Engineering Student*, 4(1), 64–70. <https://doi.org/10.24815/journalces.v4i1.19463>
- Oesman, M., Herawati, R., & Jauza, Z. N. (2024). Pengaruh Serat Polypropylene pada Beton. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 10(2), 103–113. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v10i2.103>
- Tobing, G. R. L., & Risdianto, Y. O. G. I. E. (2019). Pengaruh penambahan serat sabut kelapa (coconut fiber) terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada beton. *Rekayasa Tek. Sipil*, 1(2), 1-8.
- Setiyarto, Y. D., & Pradana, D. (2022). Crane : Civil Engineering Research Jounal Pengaruh Penggunaan Zat Epoxy Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Journal Pengaruh Penggunaan Zat Epoxy Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*, 3(April). <https://doi.org/https://doi.org/10.34010/crane.v3i1.7135>
- Thariq Al Faridzi, A. S., Ali, I. W., Gaus, A., & Sultan, M. A. (2023). Efek Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Perkerasan Kaku. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 9(1), 49-55.
- Yusra, A., Opirina, L., Satria, A., & Isma, I. (2020). Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, 6(1), 1-9.

