

# TINJAUAN PENGARUH PENAMBAHAN SERAT POLYPROPYLENE DAN PEMANFAATAN BETON *ULTRA HIGH PERFORMANCE* TERHADAP KETAHANAN ABRASI BETON

Maulana Nur Hidayat<sup>1)</sup>, Mochamad Solikin<sup>1,\*)</sup>, Senja Rum Harnaeni<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Magister Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani, Pabelan, Surakarta 57162

<sup>\*)</sup>Correspondent Author: msolikin@ums.ac.id

## **Abstract**

Concrete is a material that is widely used in the construction process, proven in various sectors widely used such as foundation construction, building structures, road pavements and water channels. However, concrete still has many weaknesses in abrasion resistance. To improve the quality of concrete abrasion resistance, the addition of Polypropylene fibers and the use of Ultra High Performance Concrete (UHPC) can be used. The fibers used in the study used Polypropylene fibers and the compressive strength of concrete with the UHPC method was planned to be more than 80 MPa. Mix planning was carried out using the American Concrete Institute (ACI) method with adjustments from trial and error. Furthermore, testing was carried out and test data was obtained which will be continued with the analysis and discussion process to draw conclusions. This study is intended to test the abrasion resistance of UHPC concrete with the addition of 0.2, 0.4, 0.6 polypropylene fibers, with the pressurized water spray method at the age of 28 days. The test results showed 0.351%, 0.284%, 0.369%.

**Keywords:** abrasion, fiber concrete, UHPC, fly ash, silicafume

## **PENDAHULUAN**

Beton merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam proses pembangunan konstruksi (Solikin et al., 2024). Beton dapat digunakan pada berbagai bidang, seperti pondasi, struktur bangunan gedung, perkerasan kaku atau *rigid pavement*, bendungan, saluran irigasi, dan beton untuk pemecah gelombang di daerah tepi pantai yang terkena abrasi (Solikin et al., 2021). *Rigid pavement* banyak digunakan pada proyek pembangunan jalan tol. Di Indonesia pembangunan jalan tol dengan beton sudah mencapai panjang 2545 km yang sudah beroperasi dan 1809 km dalam proses

Pembangunan. Untuk bendungan di Indonesia terdapat 216 bendungan dan untuk sabo dam terdapat 489 buah (Prihapsari et al., 2022).

Beton banyak digunakan dalam proyek konstruksi karena beton mudah untuk dikerjakan, perawatan beton yang mudah, material yang digunakan mudah didapat, dan murah jika dibandingkan dengan material lain. Apabila diaplikasikan pada konstruksi jalan beton dapat lebih mendistribusikan beban kebidang tanah yang lebih luas karena sifat beton yang lebih kaku dan memiliki nilai modulus elastisitas yang tinggi (Rahmawati et al., 2021; Wantoro,

2023). Beton juga memiliki banyak kekurangan apabila diterapkan dalam bidang konstruksi.

Kekurangan beton terdapat berat volume yang cukup berat 2300 – 2400 kg/m<sup>3</sup>, membuat beton kurang bagus apabila diaplikasikan pada konstruksi dengan bangunan tinggi (Pujiyanto et al., 2021). Inovasi pengurangan berat dalam beton dapat dilakukan memasukan agregat inovasi seperti plastik dalam campuran beton (Rochman et al., 2023). Selain itu, beton secara alami memiliki daya serap air yang tinggi dan air dengan kandungan garam dapat mempercepat kerusakan pada beton (Hadi, 2021). Dibuktikan dengan hasil pengujian beton normal didapatkan nilai 29 Mpa, beton yang dilakukan perendaman dengan air laut didapatkan hasil tekan sebesar 24 Mpa (Muhammad Kemal Rafif & Alfinna Mahya Ummati, 2023; Rafif & Ummati, 2023).

Beton memiliki nilai ketahanan tarik dan kuat lentur yang rendah (Maryani & Lisantono, 2023). Penelitian dengan menambahkan serat kawat kedalam campuran beton dengan proporsi yang sama didapatkan hasil bahwa serat kawat dapat meningkatkan nilai kuat tarik sebesar 21,99 % dengan proporsi kawat 0,75% dan nilai kuat lentur meningkat 25 %, jika dibandingkan dengan beton tanpa penambahan serat kawat (Pratama et al., 2021).

Penelitian lain yang dilakukan dengan memasukan 2% serat baja dalam beton mendapatkan hasil kuat tarik mengalami peningkatan kuat tarik (Sudjatmiko & Dredha Pradipta,

2021). Penelitian yang dilakukan terfokus pada pengujian kuat tekan, tarik dan lentur, sehingga dapat dikedangkan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan serat pada ketahanan abrasi beton. Selain itu beton memiliki ketahanan abrasi yang rendah apabila diterapkan pada bidang konstruksi pengairan dan bangunan pemecah gelombang tepi pantai.

Ketahanan abrasi merupakan kemampuan untuk mempertahankan kehilangan berat akibat dari gesekan, dapat terjadi pada saluran irigasi karena gesekan air dan kendaraan (Warudkar & Elavenil, 2020; Panda et al., 2021). Penambahan serat dilakukan untuk menghasilkan beton yang lebih tahan abrasi (Liu et al., 2024; Hidayat & Mochamad Solikin, 2023), dicoba memasukan 1,5 % serat baja dan didapatkan hasil dapat mengurangi nilai ketahanan abrasi hanya 10 % kehilangan berat dari sebelum dilakukan pengujian (Wu et al., 2022).

Selain memperkuat nilai ketahanan abrasi, penambahan serat dapat meningkatkan sifat mekanik, keuletan dan ketangguhan dari beton (W. Li et al., 2024). Keunggulan dari pengaplikasian serat dalam beton membuat beton serat dapat dimasukan kedalam beton untuk digunakan dalam struktur khusus. (Mezzal et al., 2021). Penelitian yang dilakukan sebelumnya masih terbatas pada *literatur review* dan masih kurang penelitian langsung pada skala laboratorium. Belum banyak yang membahas penerapan beton UHPC dan penambahan serat untuk dilakukan pengujian abrasi dan

dikaitkan korelasinya dengan kuat tekan.

Pengaplikasian serat *Polypropylene* dalam beton dengan proporsi 0,9 % dari campuran, didapatkan hasil 4% kehilangan berat dari pengujian abrasi pada umur beton 28 hari, hasil tersebut lebih baik apabila dibandingkan dengan beton normal (Guo et al., 2023). Penelitian dengan menggunakan serat *polyester* dengan proporsi 0,6 % dengan metode uji penyemprotan dengan air dan pasir dengan kecepatan tinggi dapat meningkatkan ketahanan abrasi dari beton, didapatkan angka ketahanan abrasi sebesar 0,53 g/min, lebih baik dari beton pembanding dengan hasil ketahanan abrasi sebesar 0,71 g/min (Zarrabi et al., 2021). Selain dengan memanfaatkan serat untuk diaplikasikan kedalam beton, untuk meningkatkan nilai ketahanan abrasi, penggunaan beton *Ultra High Performance Concrete* (UHPC) juga terbukti efektif.

Beton UHPC merupakan inovasi beton yang memiliki ketahanan yang tinggi, dengan memasukan jumlah partikel halus yang lebih banyak dan menekan nilai faktor air semen sampai dengan angka 0,2 (Saleem et al., 2024). Beton UHPC menjadi salah satu inovasi yang dapat diterapkan dikonstruksi dengan lingkungan yang agresif (J. Li et al., 2020). Ketahanan yang tinggi dalam beton UHPC membuat tingkat durabilitas dari beton meningkat, dan berpengaruh positif pada ketahanan abrasi beton (Su et al., 2024). Dalam penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa beton UHPC dapat

menahan 3 kali nilai abrasi. Beton UHPC mendapatkan hasil pengujian kehilangan berat 1,2 g dalam waktu 40 menit (Pyo et al., 2018).

Dalam pemanfaatan beton UHPC dilakukan penambahan material yang mengandung *pozzolan* diantaranya *fly ash* dan *silica fume*. Penambahan *fly ash* dalam beton dengan kadar tertentu dibuktikan dapat meningkatkan sifat mekanik, durabilitas dan kuat tekan dari beton (Mochamad Solikin & Nabiilah, 2022; Satria et al., 2019; Luthfiana et al., 2019), penambahan *fly ash* dalam campuran beton dapat mengurangi sampai dengan 51 % penggunaan semen (Ujjianto et al., 2018). Penambahan *silica fume* dapat meningkatkan kuat tekan awal dan durabilitas beton (Anggraini & Mochamad Solikin, 2023), peningkatan durabilitas dapat meningkatkan ketahanan abrasi. Disebutkan dengan penambahan lebih dari 20 % *silica fume* meningkatkan durabilitas beton (Hamada et al., 2023).

Permasalahan utama yang sering dihadapi dalam penerapan beton pada konstruksi, khususnya di lingkungan yang bersifat abrasif seperti saluran irigasi, bendungan, dan bangunan pemecah gelombang di tepi pantai, adalah rendahnya ketahanan beton terhadap abrasi akibat gesekan air, partikel padat, dan kandungan garam yang tinggi. Selain itu, daya serap air yang besar, serta kekuatan tarik dan lentur yang rendah, yang dapat mempercepat kerusakan struktural. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan inovasi material

beton yang tidak hanya memiliki kekuatan tinggi, tetapi juga durabilitas yang lebih baik terhadap kondisi lingkungan ekstrem. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan *Ultra High Performance Concrete (UHPC)* melalui penambahan material pozolan seperti *fly ash* dan *silica fume*, serta serat *polypropylene*, guna meningkatkan ketahanan abrasi dan sifat mekanik beton secara keseluruhan.

### METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan dengan topik pembahasan Penelitian ini berfokus untuk meninjau *Ultra High Performance Concrete (UHPC)* dan penambahan serat *Polypropylene* diuji ketahanan abrasi. Untuk meningkatkan

ketahanan abrasi dalam beton dapat dilakukan berbagai inovasi, salah satu cara yang dapat dilakukan dengan memasukan serat dalam beton untuk meningkatkan kuat tekan dan durabilitas beton.

Pengambilan bahan material yang digunakan diambil dari PT Adhi Persada Beton. Untuk persiapan alat dilakukan pengecekan alat yang ada di laboratorium. Material pasir dan kerikil dilakukan pemeriksaan sesuai dengan SNI yang berlaku. Sedangkan untuk semen, *silicafume* dan *fly ash* dilakukan pengecekan dengan pengujian ikatan awal semen sesuai dengan SNI 03-6827-2002. Pengujian material diperlukan, agar perencanaan campuran sesuai dengan yang diinginkan dan sesuai dengan yang direncanakan.

Tabel 1. Hasil pengujian agregat halus

No	Jenis Pengujian	Hasil	Standar	Kesimpulan	Standar SNI
1	Kandungan Organik	No.1	≤ No. 3	Memenuhi	SNI 2816:2014
2	SSD	Runtuh sebagian	Runtuh Sebagian	Memenuhi	SNI 1970:2008
3	Berat Jenis	2,65	2.5 -2.7	Memenuhi	SNI 1970:2008
4	Penyerapan	2,88%	< 3%	Memenuhi	SNI 1970:2008
5	Kandungan Lumpur	2,80%	< 5%	Memenuhi	SNI C117:2012
6	Gradasi Agregat	Daerah I	Daerah I-IV	Memenuhi	SNI C136:2012

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium terhadap agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini, seluruh parameter mutu agregat menunjukkan hasil yang memenuhi standar nasional. Hasil uji kandungan organik menunjukkan nilai pada tingkat No. 1, yang masih berada di bawah batas maksimum No. 3 sesuai SNI 2816:2014, sehingga agregat tidak mengandung zat organik berbahaya

dalam jumlah signifikan. Uji kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) menunjukkan kondisi runtuh sebagian yang sesuai dengan kriteria dalam SNI 1970:2008. Berat jenis agregat tercatat sebesar 2,65, yang masih berada dalam rentang standar 2,5–2,7.

Nilai penyerapan air sebesar 2,88% juga berada di bawah batas maksimum 3%, menunjukkan agregat memiliki porositas yang masih dapat

diterima. Kandungan lumpur sebesar 2,80% masih memenuhi syarat karena tidak melebihi ambang batas 5% sebagaimana diatur dalam SNI C117:2012. Sementara itu, hasil analisis gradasi menunjukkan bahwa agregat berada pada Daerah I dalam kurva gradasi, yang berarti sesuai

dengan rentang Daerah I–IV berdasarkan SNI C136:2012. Secara keseluruhan, seluruh hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan layak digunakan untuk campuran beton sesuai dengan ketentuan teknis yang berlaku.

Tabel 2. Pengujian agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil	Standar	Kesimpulan	Standar SNI
1	Keausan	21,5 %	≤ No. 3	Memenuhi	SNI 2417:2008
2	Berat jenis	2,55	2,5 - 2,7	Memenuhi	SNI 1969:2008
3	Penyerapan	3,66	< 5%	Memenuhi	SNI 1969:2008

Hasil pengujian agregat kasar menunjukkan bahwa material memenuhi standar SNI. Nilai keausan sebesar 21,5% (SNI 2417:2008), berat

jenis 2,55 dan penyerapan 3,66% (SNI 1969:2008), seluruhnya sesuai batas ketentuan, sehingga agregat layak digunakan dalam campuran beton.

Tabel 3. Senyawa kimia *fly ash* dan *silicafume*

Parameter	satuan	<i>fly ash</i>	<i>Silicafume</i>
SiO <sub>2</sub>	%	46,1	95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	19,42	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	11,25	0,5
CaO	%	11,89	0,9

Perencanaan beton campuran yang akan digunakan direncanakan dengan menggunakan metode *American Concrete Institute* (ACI) dan beberapa penyesuaian dari *trial and error*.

Campuran direncanakan dengan kuat tekan rencana lebih dari 80 Mpa dan direncanakan dengan ditambahkan serat *Polypropylene*.

Tabel 4. Spesifikasi serat *polypropylene*

No	Keterangan	Spesifikasi
1	Ukuran	<i>Length</i> ~51 mm Diameter 55 µm nominal
2	<i>Density</i>	0.91 kg/l
3	<i>Melting Point</i>	<i>Softening at</i> 160°C
4	<i>Ignition temperature</i>	593° C
5	<i>Tensile strenght</i>	~310 MPa
6	<i>Water absorption</i>	0 %

Serat *polypropylene* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki panjang

sekitar 51 mm dengan diameter nominal 55 µm. Serat ini memiliki

densitas 0,91 kg/l, titik leleh pada suhu 160°C, serta titik nyala pada 593°C. Kuat tariknya mencapai sekitar 310 MPa dan tidak memiliki daya serap air

(0%), sehingga cocok digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas beton tanpa menambah kelembaban internal campuran.

Tabel 5. Kebutuhan material beton

Nama	Semen (kg)	Fly Ash (kg)	Silica fume (kg)	Serat PF	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (Liter)	Admix ture 1	Admix ture 2
UHPCPF 0	1200,00	75,00	225,00	0,00	357,76	336,72	225,00	37,50	15,00
UHPCPF 0,2	1200,00	75,00	225,00	4,91	357,76	336,72	225,00	37,50	15,00
UHPCPF 0,4	1200,00	75,00	225,00	9,83	357,76	336,72	225,00	37,50	15,00
UHPCPF 0,6	1200,00	75,00	225,00	14,74	357,76	336,72	225,00	37,50	15,00
HS SCC	606,67	-	-	-	928,03	633,25	182,00	9,10	-

Keterangan singkatan :

PF : *Polypropylene fiber*

Pada penelitian ini digunakan benda uji beton silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm untuk pengujian kuat tekan dan untuk pengujian abrasi beton berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 5 cm. Pengujian benda uji uji dilakukan pada umur beton 7 dan 28 hari. Sedangkan pengujian beton segar meliputi pengujian *slump flow*.

Pengujian Kuat tekan beton dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM), dan pengujian abrasi dilakukan selama 3 jam, untuk mengetahui ketahanan permukaan beton terhadap abrasi akibat aliran air bertekanan secara terus-menerus. Berikut langkah langkah pengujian abrasi.

#### 1. Pemasangan Sistem dan Pengujian

- Pasang sistem pipa dan pompa agar air dapat mengalir dan menyemprot langsung ke permukaan beton.
- Letakkan benda uji tepat di bawah semprotan air.

- Nyalakan pompa air dan atur debit serta tekanan air sesuai kebutuhan

- Lakukan penyemprotan

#### 2. Pengamatan dan Evaluasi

- Setelah pengujian selesai, keringkan benda uji dan ukur kehilangan massa atau volume akibat abrasi.
- Bandingkan hasil dengan kriteria ketahanan abrasi yang ditentukan.



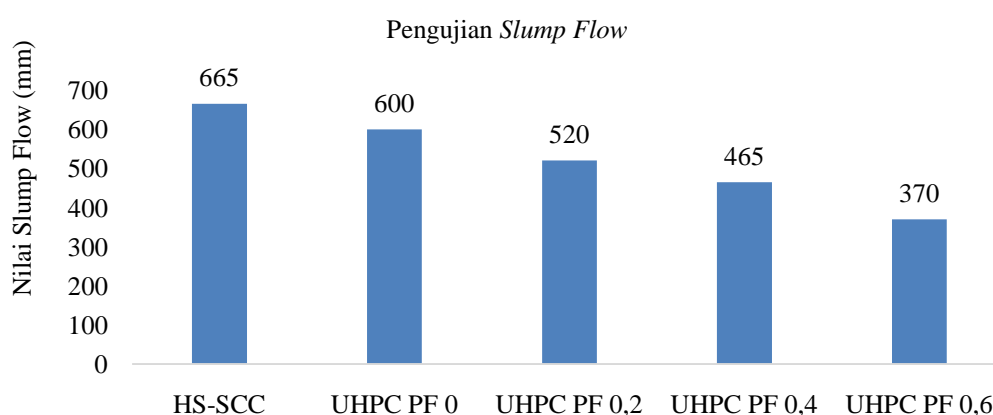
Gambar 1. Alat Pengujian Abrasi

Hasil data yang didapatkan kemudian dilakukan analisa dengan bantuan *software microsoft office* (MS. Word dan MS excel), hasil dan analisa dituangkan dalam bentuk gambar maupun tabel untuk mempermudah proses analisa apakah inovasi yang dilakukan memiliki pengaruh dalam pembuatan beton.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengujian *Slumpflow*

Pengujian *slump flow* seperti pada Gambar 2 mengacu pada standar uji EFNARC, (2002) yang berfungsi untuk mengetahui nilai *flowability* dan *workability* dari campuran beton yang dibuat. Spesifikasi pengujian *slump flow* harus mencapai diameter 650 – 800 mm.



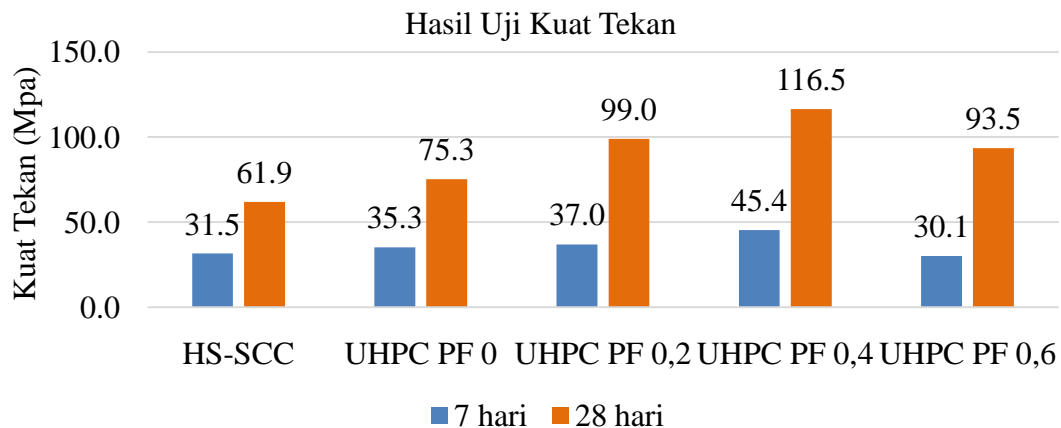
Gambar 2. Hasil uji *slump flow*

Pengujian *slump flow* didapatkan bahwa dengan semakin bertambahnya serat yang ditambahkan dalam campuran beton menyebabkan nilai *slump* mengalami penurunan, hal tersebut disebabkan oleh serat yang ditambahkan membuat ikatan antar agregat menjadi lebih baik. Sesuai dengan penelitian (Lewa and Kusumaningrum 2020) dengan penambahan serat baja menyebabkan penurunan kelacakan, hal ini disebabkan oleh serat yang digunakan memberikan pengaruh tambahan friksi. Penelitian lain melakukan percobaan dengan menambahkan serat *Polypropylene* dan serat *fiber*

menunjukkan penurunan nilai *slumpflow*, ditunjukkan dengan penambahan serat *Polypropylene* 1 % didapatkan nilai *slump* 92 mm dan penambahan serat *fiber* 1% didapatkan 170 mm, nilai ini lebih rendah dari beton UHPC normal dengan nilai *slump* sebesar 195 mm (Pham et al., 2024; Tayeh et al., 2022)

### 2. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton mengacu pada standar uji SNI 2493:2011,(2011) yang dilakukan dengan alat uji UTM. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pengujian kuat tekan

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya proporsi serat *Polypropylene* yang dimasukkan kedalam campuran, namun terdapat batas optimum dari penambahan serat *Polypropylene*. Hasil pengujian menunjukkan dengan penambahan 0 %, 0,2% dan 0,4 % didapatkan hasil kuat tekan rata rata dari 3 benda uji 75,3 MPa, 99 Mpa dan 116 Mpa, sedangkan pada penambahan 0,6% serat mengalami penurunan, didapatkan hasil kuat tekan 93 Mpa.

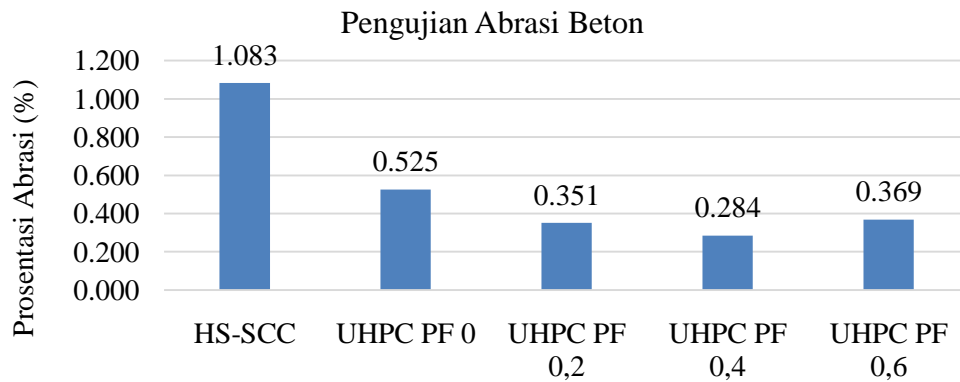
Penelitian yang serupa dilakukan dengan menambahkan 0,6 % serat *Polypropylene* menunjukkan penurunan nilai kuat tekan, jika dibandingkan dengan penambahan serat 0,3 %. Penambahan serat 0,6 % didapatkan hasil kuat tekan 18 MPa, sedangkan penambahan 0,3 % didapatkan kuat tekan 30 MPa (Saputra et al., 2023). Penelitian serupa menunjukkan dengan penambahan 0,4 % serat

*Polypropylene* dalam beton mendapatkan peningkatan nilai kuat tekan sebesar 8,5 % dari beton tanpa penambahan serat (Htet et al., 2023). Didapatkan hasil yang serupa pula dengan penambahan 0,2 % serat *Polypropylene* pada beton UHPC dengan nilai kuat tekan 125 MPa dan pada penambahan 0,6 % didapatkan penurunan nilai kuat tekan menjadi 104 MPa (Kamjou et al., 2022).

### 3. Pengujian Abrasi Beton

Pengujian abrasi juga merupakan salah satu parameter pengujian durabilitas beton dilakukan pengujian pada umur uji 28 hari. Pengujian ini dilakukan dengan menyemprotkan air dengan tekanan tertentu dengan campuran pasir dengan konsentrasi 400 kg/m<sup>3</sup>. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.





Gambar 4. Hasil pengujian abrasi

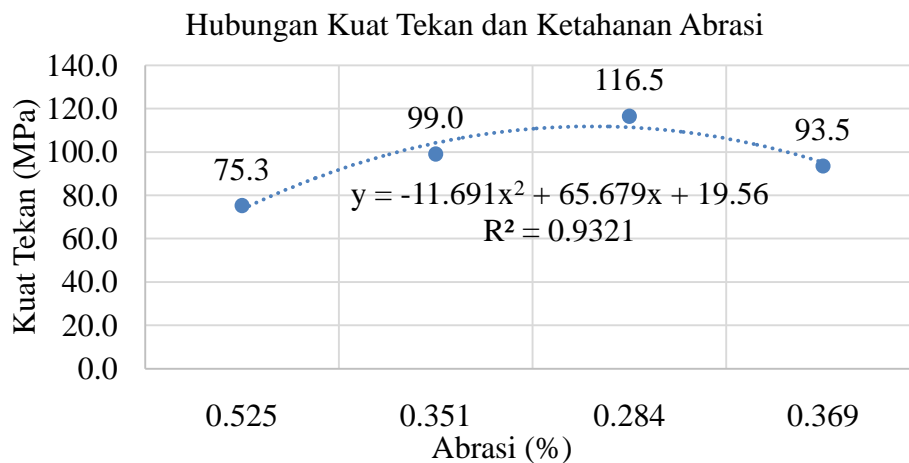
Hasil dari pengujian abrasi menunjukkan dengan penambahan serat dapat meningkatkan ketahanan abrasi dari beton, didapatkan hasil rata rata pengujian 3 benda uji ketahanan abrasi dengan proporsi serat 0,2 % sebesar 0,351 %, penambahan serat 0,4 % sebesar 0,284 %, dan penambahan serat 0,6 % sebesar 0,369 %, hasil ini lebih baik dibandingkan dengan beton UHPC dan beton *high strength* dengan nilai ketahanan abrasi 0,525 % dan 1,083 %.

Hasil yang serupa didapatkan dengan menambahkan serat baja pada beton UHPC dapat meningkatkan ketahanan abrasi sebesar 20 % dibandingkan dengan beton kontrol, nilai ketahanan abrasi yang dihasilkan berbanding lurus dengan nilai kuat tekan (Hasnat & Ghafoori, 2021). Penelitian lain dengan menambahkan serat *Polypropylene*  $0,9 \text{ kg/m}^3$  dapat membuat ikatan beton menjadi lebih

baik sehingga dapat meningkatkan ketahanan abrasi pada beton dengan kehilangan berat sebesar 0,094 kg lebih baik dibandingkan beton kontrol dengan kehilangan berat sebesar 0,126 kg (Guo et al., 2023b).

#### 4. Hubungan Kuat Tekan dan Abrasi Beton

Hubungan antara kuat tekan beton dan ketahanannya terhadap abrasi menjadi aspek penting dalam menilai durabilitas beton, terutama pada struktur yang terpapar beban gesek atau aliran material abrasif. Pengujian abrasi dapat mencerminkan tingkat keausan permukaan beton, sedangkan kuat tekan menunjukkan kekuatan internalnya. Oleh karena itu, analisis korelasi antara kedua parameter ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kekuatan tekan beton dapat memengaruhi ketahanannya terhadap abrasi.



Gambar 5. Hubungan kuat tekan dan abrasi beton

Hasil analisa kuat tekan dan abrasi menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kuat tekan beton, ketahanan abrasi dari beton akan semakin meningkat. Pada hasil kuat tekan 75,3 MPa didapatkan nilai ketahanan abrasi 0,525 %, kuat tekan 99 MPa didapatkan 0,351 %, kuat tekan 116,5 nilai ketahanan abrasi 0,284 dan nilai kuat tekan 93,5 MPa nilai ketahanan abrasi 0,369 %. Analisa hubungan antara kuat tekan dan abrasi menunjukkan hubungan yang kuat, semakin tinggi nilai kuat tekan beton, maka nilai ketahanan abrasi beton akan semakin meningkat, dibuktikan dengan nilai  $R^2 = 0,9321$  mendekati nilai 1. Penelitian lain menjelaskan hal serupa dengan penambahan 0,08% *graphine oxchide* akan meningkatkan nilai kuat tekan sebesar 21 %, angka kenaikan juga didapatkan pada nilai ketahanan abrasi yang meningkat sebesar 23 % (Fonseka et al., 2023).

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa penambahan

serat *Polypropylene* dalam campuran beton menunjukkan peningkatan ketahanan abrasi. Persentase serat yang optimal ditemukan pada 0,4%, yang memberikan hasil terbaik dalam ketahanan abrasi dan kuat tekan dibandingkan dengan beton tanpa serat. Pada pengujian abrasi beton, pengujian pada umur beton 28 hari menunjukkan bahwa beton dengan serat *Polypropylene* dan UHPC memiliki ketahanan abrasi yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal.

Penambahan serat *Polypropylene* berdampak pada penurunan nilai *slump*, yang menunjukkan bahwa serat meningkatkan kohesi campuran namun mengurangi kemudahan aliran beton segar. Hubungan nilai kuat tekan dan ketahanan abrasi beton berbanding lurus, dengan semakin tinggi nilai kuat tekan, nilai ketahanan abrasi beton akan lebih baik, ditunjukkan dengan nilai  $R^2$  yang mendekati 1.

Dengan mempertimbangkan berbagai kelemahan dan celah penelitian terdahulu, penelitian ini

telah berhasil dilakukan untuk menjawab gap yang ada, khususnya dalam mengkaji hubungan antara kuat tekan beton dan ketahanan terhadap abrasi. Melalui pendekatan eksperimental dengan penambahan kombinasi serat dan bahan pozzolan pada campuran beton, serta pengujian abrasi menggunakan metode semprot air, penelitian ini tidak hanya memperkuat temuan sebelumnya tetapi juga mengisi kekosongan kajian terkait durabilitas beton dalam lingkungan agresif. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat menjadi kontribusi signifikan dalam pengembangan material beton yang lebih tangguh dan berkelanjutan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini, khususnya kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) atas dukungan pendanaan melalui Kontrak Nomor 108/E5/PG.02.00.PL/2024 ; 007/LL6/PB/AL.04/2024 ; 196.107/A-3-III/LRI/VI/2024. Dukungan ini sangat berarti dalam penyelesaian penelitian dan penyusunan jurnal ini. Kami juga mengapresiasi dukungan dari Universitas Muhammadiyah Surakarta, khususnya Program Studi Magister Teknik Sipil, yang telah menyediakan fasilitas dan kesempatan untuk melaksanakan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

Anggraini, R.P.B., & Solikin, M., 2023, Pengaruh Pemakaian Silica Fume Terhadap Karakteristik

Beton Dengan Variasi Kandungan Fly Ash. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2023*, 111–118.

Fonseka, I., Mohotti, D., Wijesooriya, K., Lee, C.-K., & Mendis, P., 2023, *Influence of Graphene oxide on abrasion resistance and strength of concrete*.

Guo, J., Xia, X., Zhang, P., & Wang, K., 2023a, Reinforcement mechanism of nano-SiO<sub>2</sub> and polypropylene fibers on concrete abrasion resistance subject to dynamic sandy water. *Journal of Materials Research and Technology*, 27, 1630–1650.

Guo, J., Xia, X., Zhang, P., & Wang, K., 2023b, Reinforcement mechanism of nano-SiO<sub>2</sub> and polypropylene fibers on concrete abrasion resistance subject to dynamic sandy water. *Journal of Materials Research and Technology*, 27, 1630–1650.

HADI, S., 2021, Pengaruh Air Soda Terhadap Kuat Tekan Beton. *Ganec Swara*, 15(2), 1181.

Hamada, H.M., Abed, F., Binti Katman, H.Y., Humada, A.M., Al Jawahery, M.S., Majdi, A., Yousif, S.T., & Thomas, B.S., 2023, Effect of silica fume on the properties of sustainable cement concrete. *Journal of Materials Research and Technology*, 24, 8887–8908.

Hasnat, A., & Ghafoori, N., 2021, Abrasion Resistance of Ultra-High-Performance Concrete for Railway Sleepers. *Urban Rail Transit*, 7(2), 101–116.

- Hidayat, M.N., & Solikin, M., 2023, Analisis Abrasi, Kuat Tarik Dan Kuat Tekan Sambungan Beton Lama Dengan Beton Self Compacting (SCC) Dengan Penambahan Fiber Dan Fly.
- Htet, P., Chen, W., Hao, H., & Shaikh, F., 2023, Influence of micro basalt and recycled macro polypropylene hybrid fibre on physical and mechanical properties of recycled aggregate concrete. *Journal of Building Engineering*, 76.
- Kamjou, A.S., Khaloo, A., & Hassanpour, S., 2022, Experimental and numerical investigation of minimum required fiber content in bending characteristics of 100 MPa UHPC-formulated concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 16.
- Lewa, S.T. paiding, & Kusumaningrum, P., 2020, Pengaruh Penambahan Serat Baja Terhadap Sifat Mekanis Reactive Powder Concrete. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, 3(2), 49.
- Li, J., Wu, Z., Shi, C., Yuan, Q., & Zhang, Z., 2020, Durability of ultra-high performance concrete – A review. *Construction and Building Materials*, 255, 119296.
- Li, W., Guo, Y., Zhang, X., Dong, W., Li, X., Yu, T., & Wang, K., 2024, Development of self-sensing ultra-high-performance concrete using hybrid carbon black and carbon nanofibers. *Cement and Concrete Composites*, 148(January), 105466.
- Liu, Q., Vabbersgaard, L., Zhang, M., & Wu, M., 2024, Abrasion damage of concrete for hydraulic structures and mitigation measures: A comprehensive review. *Construction and Building Materials*, 422(September 2023), 135754.
- Luthfiana, M., Budi, A.S., & Safitri, E., 2019, Kajian Tegangan-Regangan dan Kuat Tekan Beton HVFA Memadat Sendiri terhadap Beton Normal dengan Kekangan Topi Baja. *Matriks Teknik Sipil*, 7(4), 466–470.
- Maryani, D., & Lisantono, A., 2023, Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Sifat Mekanik Beton Expanded Polystyrene. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(3), 208–214.
- Mezzal, S.K., Al-Azzawi, Z., & Najim, K.B., 2021, Effect of discarded steel fibers on impact resistance, flexural toughness and fracture energy of high-strength self-compacting concrete exposed to elevated temperatures. *Fire Safety Journal*, 121(June 2020), 103271.
- Mubarak, F., Solikin, M., & Sunarjono, S., 2023, Perbandingan Tingkat Kehalusan Fly Ash Terhadap Durabilitas Dan Sifat Mekanis High Volume Fine Fly Ash-Self Compacting Concrete.

- Muhammad Kemal Rafif, & Alfinna Mahya Ummati, 2023, Pengaruh pasang surut air laut terhadap kekuatan beton komposit material Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS). *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 12(2), 218–227.
- Panda, S., Sarkar, P., & Davis, R., 2021, Abrasion resistance and slake durability of copper slag aggregate concrete. *Journal of Building Engineering*, 35(August), 101987.
- Pham, T.M., Hyde, H., Kaung, M.K., Zhuge, Y., Tran, D.T., Vlietstra, D., & Tran, T.M., 2024, Comparative impact behaviours of ultra high performance concrete columns reinforced with polypropylene vs steel fibres. *Defence Technology*.
- Pranav, S., Lahoti, M., Muthukumar, G., & Yang, E.H., 2024, Clinker-free CaO-activated silica fume as a cementitious binder for pavement application. *Resources, Conservation and Recycling Advances*, 22.
- Pratama, L.A., Rifqi, A.H., & Riyadi, M., 2021, Kinerja Serat Kawat Bendrat Sebagai Bahan Tambah Beton Fas 0.4. *Construction and Material Journal*, 3(1), 33–40.
- Prihapsari, S.D., Adilah, N.A., Yaman, A., Rosadi, A.S.Z., Pratiwi, L.A., Azaki, N., Faturrochim, R.A., & Azhari, N.F., 2022, Informasi Statistik Infrastruktur PUPR 2022. In *Informasi Statistik Infrastruktur PUPR 2022* (Vol. 1, Issue 1, pp. 1–67). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Pusat Data dan Teknologi Informasi Jl. Patimura No. 20 Kebayoran Baru Jakarta Selatan.
- Pujianto, A., Faizah, R., Wijaya, D. A., Abdurazak, J., Prayuda, H., & Wijaya, H. (2021). Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton Serat Menggunakan Agregat Ringan. *Semesta Teknika*, 24(1), 1–9.
- Pyo, S., Abate, S.Y., & Kim, H.K., 2018, Abrasion resistance of ultra high performance concrete incorporating coarser aggregate. *Construction and Building Materials*, 165, 11–16.
- Rafif, M.K., & Ummati, A.M., 2023, Pengaruh pasang surut air laut terhadap kekuatan beton komposit material Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS). *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 12(2), 218–227.
- Rahmawati, Zulfadly, Z., & Jamaluddin, J., 2021, Perkerasan Kaku Jalan Pantai Dengan Menggunakan Pasir Laut. *Jurnal Karajata Engineering*, 1(1), 7–15.
- Rochman, A., Ujianto, M., Nurchasanah, Y., & Ernawati, S., 2023, *Pemanfaatan Limbah Plastik Cor Sebagai Agregat Kasar Olahan Pada Beton*.
- Saleem, M.A., Liaquat, F., Saleem, M.M., Aziz, M., Aslam, F., & Mohamed, A., 2024, Development and characterization of non-proprietary ultra high

- performance concrete. *Heliyon*, 10(2), e24260.
- Saputra, R.A., Helmi Pratama, L., Widodo, P., Susanti, R., & Vokasi, S., 2023, *Inovasi pemanfaatan serat polypropylene dan limbah abu cangkang sawit sebagai bahan substitusi beton*. 1(2).
- Satria, R.G., Wibowo, W., & Safitri, E., 2019, Pengaruh Kadar Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Pada High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete (Hvfa-Scc) Benda Uji Silinder D 7,5 Cm X 15 Cm Usia 14, 28 Dan 90 Hari. *Matriks Teknik Sipil*, 7(3), 226–232.
- Solikin, M., & Nabiilah, M., 2022, Analisis Pengaruh Penggunaan Variasi Fly Ash Terhadap Karakteristik Beton Dengan Penambahan Kapur Tohor. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2022 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 116–123.
- Solikin, M., Nur Ihsan, I., Setiawan, B., & Nurchasanah, Y., 2021, Analisis Kehalusan Fly Ash Sebagai Bahan Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Durabilitas Beton High Volume Fly Ash Mutu Normal. *Prosiding CEEDRiMS 2021*, 157–163.
- Solikin, M., Setiawan, B., Afani, I.R., Perdana, H.R., & Sabrina, N., 2024, *Analisis Serangan Sulfat pada Self Compacting Concrete ( SCC ) menggunakan Variasi Penambahan Silica fume dengan Metode Perubahan Panjang*. 09(01), 115–126.
- Su, F., Ma, X., Lin, Y., & He, T., 2024, Exploring the factors influencing the abrasion resistance of hydraulic concrete based on underwater steel ball test. *Case Studies in Construction Materials*, 20(October 2023).
- Sudjatmiko, A., & Dredha Pradipta, A., 2021, Analisis Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Absorpsi Pada Beton Dengan Penambahan Limbah Slag Baja Yang Variatif, Superplasticizer, Dan Serat Steel Wireterhadap Beton Normal. *Simposium Nasional Rapi XX-2021 FT UMS*.
- Tayeh, B.A., Akeed, M.H., Qaidi, S., & Bakar, B.H.A., 2022, Influence of microsilica and polypropylene fibers on the fresh and mechanical properties of ultra-high performance geopolymer concrete (UHP-GPC). *Case Studies in Construction Materials*, 17.
- Ujianto, M., Ardiansyah, E.L., Ilokana, G.O., & Falah, M.F., 2018, Optimization of superplasticizer MasterGlenium SKY 8614 with added materials fly ash, steel slag, and silica fume for high strength concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 403(1).
- Wantoro, M., 2023, ST-20 Analisis Tidak Tercapainya Mutu Beton K-250 Dengan Penggunaan Agregat Dari Quarry Sungai

- Abukarei Serui. *KoNTekS Ke-17 (Konferensi Teknik Sipil)*, 1(1), 1–12.
- Warudkar, A., & Elavenil, S., 2020, A comprehensive review on abrasion resistance of concrete. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 17(1), 29–43.
- Wu, F., Yu, Q., & Chen, X., 2022, Effects of steel fibre type and dosage on abrasion resistance of concrete against debris flow. *Cement and Concrete Composites*, 134(September), 104776.
- Zarrabi, N., Moghim, M.N., & Eftekhar, M.R., 2021, Effect of hydraulic parameters on abrasion erosion of fiber reinforced concrete in hydraulic structures. *Construction and Building Materials*, 267(xxxx), 120966.