

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT MIKRO DAN  
MAKRO SINTETIS *POLYPROPYLENE* TERHADAP  
KUAT TARIK BELAH *SELF COMPACTING  
CONCRETE***

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar  
Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**KARTIKA SUKMA PRATIWI**  
**03011182025022**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kartika Sukma Pratiwi

NIM : 03011182025022

Judul : Pengaruh Penambahan Serat Mikro dan Makro Sintetis *Polypropylene*  
Terhadap Kuat Tarik Belah *Self Compacting Concrete*

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Juli 2024



**KARTIKA SUKMA PRATIWI**  
**NIM. 03011182025022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT MIKRO DAN  
MAKRO SINTETIS *POLYPROPYLENE* TERHADAP  
KUAT TARIK BELAH *SELF COMPACTING*  
*CONCRETE***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh:

**KARTIKA SUKMA PRATIWI**

**03011182025022**

**Palembang, Juli 2024**

**Diperiksa dan disetujui oleh,**

**Dosen Pembimbing**



**Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T.**

**NIP. 197605092000122001**

**Mengetahui/Menyetujui**

**Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan**



**Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.**

**NIP. 197610312002122001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Pengaruh Penambahan Serat Mikro dan Makro Sintetis *Polypropylene* Terhadap Kuat Tarik Belah *Self Compacting Concrete*” yang disusun oleh Kartika Sukma Pratiwi, 03011182025022 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Juni 2024.

Palembang, 11 Juni 2024

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Dosen Pembimbing:

1. Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T  
NIP. 197605092000122001

(  )

Dosen Penguji :

2. Dr. Ir. Hanafiah, M.S.  
NIP. 195603141985031020

(  )

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Jurusan Teknik Sipil  
dan Perencanaan

Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.  
NIP. 19670615199512002



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.  
NIP. 197610312002122001

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Pengaruh Penambahan Serat Mikro dan Makro Sintetis *Polypropylene* Terhadap Kuat Tarik Belah *Self Compacting Concrete*” yang disusun oleh Kartika Sukma Pratiwi, 03011182025022 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Juni 2024.

Palembang, 11 Juni 2024

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Dosen Pembimbing:

1. Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T  
NIP. 197605092000122001

Dosen Penguji :

2. Dr. Ir. Hanafiah, M.S.  
NIP. 195603141985031020

Palembang, 10 Juli 2024

Mengetahui,

**Plh. Dekan Fakultas Teknik**

The image shows the official purple stamp of Universitas Sriwijaya, Faculty of Engineering. The stamp is circular with a five-petaled flower in the center. The text around the flower reads 'KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI' at the top, 'UNIVERSITAS SRIWIJAYA' on the left, and 'FAKULTAS TEKNIK' at the bottom. To the right of the stamp is a handwritten signature in blue ink.

**Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T.**

**NIP. 197502112003121002**



## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kartika Sukma Pratiwi

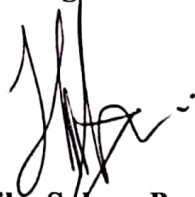
NIM : 03011182025022

Judul : Pengaruh Penambahan Serat Mikro dan Makro Sintetis *Polypropylene*  
Terhadap Kuat Tarik Belah *Self Compacting Concrete*

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2024



Kartika Sukma Pratiwi

NIM. 03011182025022

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Kartika Sukma Pratiwi  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Status : Belum menikah  
Agama : Islam  
Warga Negara : Indonesia  
Nomor HP : 089696381110  
E-mail : krtkaaasp@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SDN 187 KOTA PALEMBANG	-	-	SD	2008-2014
SMPN 10 KOTA PALEMBANG	-	-	SMP	2014-2017
SMAN 6 KOTA PALEMBANG	-	MIPA	SMA	2017-2020
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2020-2024

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



**Kartika Sukma Pratiwi**  
03011182025022

## RINGKASAN

### PENGARUH PENAMBAHAN SERAT MIKRO DAN MAKRO SINTETIS POLYPROPYLENE TERHADAP KUAT TARIK BELAH SELF COMPACTING CONCRETE

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 11 Juni 2024

Kartika Sukma Pratiwi; Dibimbing oleh Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xviii + 69 halaman, 59 gambar, 17 tabel

*Self compacting concrete* atau SCC adalah jenis beton khusus yang dapat mengalir dengan beratnya sendiri untuk mengisi bekisting tanpa menggunakan alat penggetas pada proses pemadatan, namun tetap menjaga homogenitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serat pada campuran SCC (FRSCC) terhadap nilai kuat tarik belah, pola dari keruntuhan yang dihasilkan, dan komposisi optimum dari penggunaan serat mikro dan makro *polypropylene*. Adapun mutu yang direncanakan adalah 30 MPa dengan material yang digunakan berupa batu pecah, pasir, semen, air, *superplastisizer*, serta serat mikro dan makro *polypropylene* pada persentase 0%; 0,75%; 1%; dan 1,25% dari volume benda uji. Hasil pengujian menunjukkan terdapat kenaikan nilai kuat tarik belah SCC seiring dengan bertambahnya persentase serat *polypropylene* yang digunakan dibandingkan dengan SCC normal. FRSCC yang diperkuat serat mikro *polypropylene* dengan persentase 0,75%; 1%; dan 1,25% mengalami kenaikan berturut-turut sebesar 2%; 18%; dan 6%, sedangkan kenaikan pada FRSCC yang diperkuat serat makro *polypropylene* sebesar 12%; 27%; dan 41% terhadap SCC normal. Pada SCC yang diperkuat serat mikro *polypropylene* memiliki campuran optimum pada persentase serat 1%, sedangkan SCC yang diperkuat serat makro *polypropylene* pada persentase 1,25%. Berdasarkan hasil analisis dari pola keruntuhan pada setiap variabel benda uji yang dihasilkan disimpulkan bahwa pengaruh penambahan serat mikro dan makro *polypropylene* mampu memberikan tahanan yang lebih baik terhadap beban tarik belah dengan bentuk retak halus pada benda uji.

**Kata Kunci:** SCC, kuat tarik belah, *polypropylene*, mikro, makro, pola keruntuhan



## SUMMARY

### THE EFFECT OF MICRO AND MACRO SYNTHETIC POLYPROPYLENE FIBER ADDITION ON SPLIT TENSILE STRENGTH OF SELF COMPACTING CONCRETE

Scientific papers in form of Final Projects, June 11<sup>th</sup> 2024

Kartika Sukma Pratiwi; Guide by Advisor Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xviii + 69 pages, 59 images, 17 tables

*Self compacting concrete or SCC is a special type of concrete which can flow with its own weight to fill the formwork without using a vibrator in the compacting process, but still maintaining its homogeneity. This research is intended to determine the effect of using fibers in SCC (FFRSCC) on the splitting tensile strength, the patterns of the failure, and the optimum composition polypropylene micro and macro fibers used. The designed compressive strength is 30 MPa using coarse aggregate, sand, cement, water, superplasticizer, and polypropylene micro and macro fibers at percentages 0%; 0,75%; 1%; and 1,25% of the volume. The test results showed that there was an increase in the split tensile strength of FRSCC compared to normal SCC. FRSCC with polypropylene micro fiber with a percentage of 0,75%; 1%; and 1,25% had an increase of 2%; 18%; and 6%, respectively, while the increase in FRSCC with polypropylene macro fiber was 12%; 27%; and 41% against normal SCC. The polypropylene micro fiber reinforced SCC has an optimum mixture at 1% fiber percentage, while the polypropylene macro fiber reinforced SCC at 1.25% percentage. Based on the results of the analysis of the failure pattern in each variable of the samples, it can be concluded that the influence of the addition of micro and macro fibers able to provide better resistance to tensile loads in the form of fine cracks.*

**Keyword:** SCC, *splitting tensile strength, polypropylene, micro, macro, failure pattern*

# PENGARUH PENAMBAHAN SERAT MIKRO DAN MAKRO SINTETIS *POLYPROPYLENE* TERHADAP KUAT TARIK BELAH *SELF COMPACTING CONCRETE*

Kartika Sukma Pratiwi<sup>1)</sup>, Rosidawani<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: [krtkaaasp@gmail.com](mailto:krtkaaasp@gmail.com)

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: [rosidawani@ftunsri.ac.id](mailto:rosidawani@ftunsri.ac.id)

## Abstrak

*Self compacting concrete* atau SCC adalah jenis beton khusus yang dapat mengalir dengan beratnya sendiri untuk mengisi bekisting tanpa menggunakan alat penggetar pada proses pematatan, namun tetap menjaga homogenitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serat pada campuran SCC (FRSCC) terhadap nilai kuat tarik belah, pola dari keruntuhan yang dihasilkan, dan komposisi optimum dari penggunaan serat mikro dan makro *polypropylene*. Adapun mutu yang direncanakan adalah 30 MPa dengan material yang digunakan berupa batu pecah, pasir, semen, air, *superplastisizer*, serta serat mikro dan makro *polypropylene* pada persentase 0%; 0,75%; 1%; dan 1,25% dari volume benda uji. Hasil pengujian menunjukkan terdapat kenaikan nilai kuat tarik belah SCC seiring dengan bertambahnya persentase serat *polypropylene* yang digunakan dibandingkan dengan SCC normal. FRSCC yang diperkuat serat mikro *polypropylene* dengan persentase 0,75%; 1%; dan 1,25% mengalami kenaikan berturut-turut sebesar 2%; 18%; dan 6%, sedangkan kenaikan pada FRSCC yang diperkuat serat makro *polypropylene* sebesar 12%; 27%; dan 41% terhadap SCC normal. Pada SCC yang diperkuat serat mikro *polypropylene* memiliki campuran optimum pada persentase serat 1%, sedangkan SCC yang diperkuat serat makro *polypropylene* pada persentase 1,25%. Berdasarkan hasil analisis dari pola keruntuhan pada setiap variabel benda uji yang dihasilkan disimpulkan bahwa pengaruh penambahan serat mikro dan makro *polypropylene* mampu memberikan tahanan yang lebih baik terhadap beban tarik belah dengan bentuk retak halus pada benda uji.

**Kata Kunci:** SCC, kuat tarik belah, *polypropylene*, mikro, makro, pola keruntuhan

Palembang, Juli 2024

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T.

NIP. 197605092000122001

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



# **THE EFFECT OF MICRO AND MACRO SYNTHETIC POLYPROPYLENE FIBER ADDITION ON SPLIT TENSILE STRENGTH OF SELF COMPACTING CONCRETE**

**Kartika Sukma Pratiwi<sup>1)</sup>, Rosidawani<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: [krtkaaasp@gmail.com](mailto:krtkaaasp@gmail.com)

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: [rosidawani@ftunsri.ac.id](mailto:rosidawani@ftunsri.ac.id)

## **Abstract**

*Self compacting concrete or SCC is a special type of concrete which can flow with its own weight to fill the formwork without using a vibrator in the compacting process, but still maintaining its homogeneity. This research is intended to determine the effect of using fibers in SCC (FFRSCC) on the splitting tensile strength, the patterns of the failure, and the optimum composition polypropylene micro and macro fibers used. The designed compressive strength is 30 MPa using coarse aggregate, sand, cement, water, superplasticizer, and polypropylene micro and macro fibers at percentages 0%; 0,75%; 1%; and 1,25% of the volume. The test results showed that there was an increase in the split tensile strength of FRSCC compared to normal SCC. FRSCC with polypropylene micro fiber with a percentage of 0,75%; 1%; and 1,25% had an increase of 2%; 18%; and 6%, respectively, while the increase in FRSCC with polypropylene macro fiber was 12%; 27%; and 41% against normal SCC. The polypropylene micro fiber reinforced SCC has an optimum mixture at 1% fiber percentage, while the polypropylene macro fiber reinforced SCC at 1.25% percentage. Based on the results of the analysis of the failure pattern in each variable of the samples, it can be concluded that the influence of the addition of micro and macro fibers able to provide better resistance to tensile loads in the form of fine cracks.*

**Keyword:** SCC, splitting tensile strength, polypropylene, micro, macro, failure pattern

**Palembang, Juli 2024**

**Diperiksa dan disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing**



**Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T.**  
NIP. 197605092000122001

**Mengetahui/Menyetujui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan**



**Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.**  
NIP. 197610312002122001

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan segala puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan anugerah-Nya, berkat dan kesehatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Serat Mikro dan Makro Sintetis *Polypropylene* Terhadap Kuat Tarik Belah *Self Compacting Concrete*”**. Pada kesempatan ini, penulis juga hendak mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian laporan tugas akhir ini, diantaranya:

1. Kedua orang tua, kakak, keluarga serta sahabat yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
2. Ibu Dr. Saloma, S. T., M. T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Ir. Hj. Reini Silvia Iilmiaty, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Ibu Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir ini.
5. Kak Hari selaku teknisi Laboratorium Struktur, Konstruksi, dan Material Universitas Sriwijaya yang telah membantu dari awal hingga akhir penelitian, serta saran saran yang sangat bermanfaat untuk penelitian ini.
6. Kepada keluarga tercinta Mama, Papa, Mas Ipan, dan Mba Intan yang telah banyak memberikan doa dan dukungan terbaiknya selama proses pembuatan Tugas Akhir ini.
7. Kepada teman teman “Pejuang Tugas Akhir”, yaitu Uun, Adel, Vinka, Efta, Kamal, dan Alifzan yang telah berjuang bersama untuk menyelesaikan penelitian ini.
8. Kepada Widhi, Fitri, Aca, dan Naisyah yang selalu saling menyemangati satu sama lain dan menemani penulis selama perkuliahan sehingga kehidupan perkuliahan penulis menjadi berwarna.
9. Kepada Adelia Safigar dan Vinka Berliana Putri yang telah menjadi sahabat dan menemani dalam setiap momen suka dan duka sejak awal hingga akhir perkuliahan sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah dengan baik.

Laporan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan yang disebabkan oleh keterbatasan ilmu pengetahuan dan wawasan yang dimiliki penulis. Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan berbagai pihak lain yang membutuhkannya, khususnya civitas akademika Program Studi Teknik Sipil.

Palembang, Juli 2024



Kartika Sukma Pratiwi



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....	vi
RINGKASAN .....	vii
<i>SUMMARY</i> .....	viii
ABSTRAK .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL .....	xviii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Rumusan Masalah .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Tujuan Penelitian .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4. Ruang Lingkup Penelitian .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5. Metodologi Penelitian.....</b>	<b>5</b>
<b>1.6. Sistematika Penulisan .....</b>	<b>5</b>
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Pendahuluan .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. Beton yang Diperkuat Serat (<i>Fiber Reinforced Concrete</i>) .....</b>	<b>10</b>

2.3.	Beton yang Diperkuat Serat Sintetis ( <i>Synthetic Fiber Reinforced Concrete</i> ).....	12
2.4.	Beton yang Memadat Sendiri ( <i>Self Compacting Concrete</i> ).....	12
2.5.	Sifat Mekanis Beton yang Diperkuat Serat Sintetis.....	13
2.5.1.	Kekuatan dan Perilaku Tekan.....	13
2.5.2.	Kekuatan dan Perilaku Tarik Lentur .....	14
2.5.3.	Kekuatan dan Perilaku Tarik Belah .....	14
2.5.4.	Modulus Elastisitas .....	16
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>17</b>
3.1.	Studi Literatur .....	17
3.2.	Tahapan Penelitian.....	17
3.3.	Bahan Penyusun Beton yang Diperkuat Serat .....	18
3.4.	Benda Uji.....	22
3.5.	Alat Penelitian.....	23
3.6.	Tahapan Pengujian .....	30
3.6.1.	Studi Literatur .....	31
3.6.2.	Persiapan Alat dan Bahan .....	31
3.6.3.	Pengujian Properties Bahan.....	31
3.6.4.	Perencanaan Komposisi Campuran ( <i>Job Mix Design</i> ).....	32
3.6.5.	<i>Trial Mix Design</i> .....	33
3.6.6.	Pembuatan Benda Uji.....	36
3.6.7.	Pengujian Kuat Tarik Belah .....	37
3.6.8.	Analisis Data.....	40
<b>BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>41</b>
4.1.	Kode Benda Uji.....	41
4.2.	Hasil Pengujian Beton Segar .....	42

<b>4.3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah.....</b>	<b>43</b>
<b>4.3.1. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah pada SCC yang Diperkuat Serat Mikro .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3.2. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah pada SCC yang Diperkuat Serat Makro.....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.3. Perbandingan Hasil Kuat Tarik Belah dari SCC yang Diperkuat Serat Mikro dan Makro .....</b>	<b>47</b>
<b>4.4. Analisis Pola Keruntuhan Tarik Belah .....</b>	<b>51</b>
<b>4.4.1. Analisis Pola Keruntuhan Tarik Belah pada SCC Normal .....</b>	<b>51</b>
<b>4.4.2. Analisis Pola Keruntuhan Tarik Belah pada SCC yang Diperkuat Serat Mikro .....</b>	<b>52</b>
<b>4.4.3. Analisis Pola Keruntuhan Tarik Belah pada SCC yang Diperkuat Serat Makro .....</b>	<b>58</b>
<b>4.4.4. Perbandingan Analisis Pola Keruntuhan Tarik Belah SCC yang Diperkuat Serat Mikro dan Makro.....</b>	<b>63</b>
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>67</b>
<b>5.1. Kesimpulan .....</b>	<b>67</b>
<b>5.2. Saran.....</b>	<b>68</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>69</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	18
Gambar 3. 2 Semen Portland .....	19
Gambar 3. 3 Pasir Alam .....	19
Gambar 3. 4 Air.....	20
Gambar 3. 5 Serat <i>Polypropylene</i> .....	21
Gambar 3. 6 Agregat Kasar.....	22
Gambar 3. 7 <i>Superplasticizer</i> .....	22
Gambar 3. 8 Benda Uji (Silinder) .....	23
Gambar 3. 9 <i>Compression Testing Machine</i> .....	23
Gambar 3. 10 Alat Pelurus .....	24
Gambar 3. 11 Timbangan.....	24
Gambar 3. 12 Peralatan <i>Slump Flow</i> .....	25
Gambar 3. 13 <i>L-Shape Box</i> .....	26
Gambar 3. 14 <i>V-Funnel</i> .....	26
Gambar 3. 15 Bekisting Silinder.....	27
Gambar 3. 16 <i>Mixer</i> .....	28
Gambar 3. 17 Pan.....	28
Gambar 3. 18 Sendok Semen .....	29
Gambar 3. 19 Ember .....	29
Gambar 3. 20 Kunci 14 .....	30
Gambar 3. 21 Mistar Retak .....	30
Gambar 3. 22 Pengujian <i>Slump Flow</i> .....	34
Gambar 3. 23 Pengujian <i>L-Shape Box</i> .....	35
Gambar 3. 24 Pengujian <i>V-Funnel</i> .....	36
Gambar 3. 25 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Belah (Haibaho dkk., 2020) .....	38
Gambar 3. 26 Proses Pengujian Kuat Tarik Belah.....	39
Gambar 3. 27 Analisis Ukuran Retak .....	40
Gambar 4. 1 Grafik Kuat Tarik Belah SCC yang Diperkuat Serat Mikro <i>Polypropylene</i> .....	44

Gambar 4. 2 Grafik Kuat Tarik Belah Rata Rata SCC yang Diperkuat Serat Mikro <i>Polypropylene</i> Terhadap Persentase Serat .....	44
Gambar 4. 3 Grafik Kuat Tarik Belah SCC yang Diperkuat Serat Makro <i>Polypropylene</i> .....	46
Gambar 4. 4 Grafik Kuat Tarik Belah Rata Rata SCC yang Diperkuat Serat Makro <i>Polypropylene</i> Terhadap Persentase Serat .....	46
Gambar 4. 5 Grafik Kuat Tarik Belah SCC yang Diperkuat Serat <i>Polypropylene</i>	47
Gambar 4. 6 Hasil Pengujian SCC Normal.....	52
Gambar 4. 7 Hasil Pengujian SCC Serat Mikro <i>Polypropylene</i> 0,75% .....	53
Gambar 4. 8 Hasil Pengujian SCC Serat Mikro <i>Polypropylene</i> 1% .....	54
Gambar 4. 9 Hasil Pengujian SCC Serat Mikro <i>Polypropylene</i> 1,25% .....	56
Gambar 4. 10 Hasil Pengujian SCC Serat Makro <i>Polypropylene</i> 0,75% .....	58
Gambar 4. 11 Hasil Pengujian SCC Serat Makro <i>Polypropylene</i> 1% .....	60
Gambar 4. 12 Hasil Pengujian SCC Serat Makro <i>Polypropylene</i> 1,25% .....	61
Gambar 4. 13 Ukuran Lebar Retak SCC yang Diperkuat Serat <i>Polypropylene</i> ...	65
Gambar 4. 14 Ukuran Panjang Retak SCC yang Diperkuat Serat <i>Polypropylene</i>	65



## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Serat <i>Polypropylene</i> .....	21
Tabel 3. 2 Penggunaan Bekisting Silinder untuk Pengujian .....	27
Tabel 3. 3 Hasil Pengujian Properties Bahan.....	32
Tabel 3. 4 Komposisi <i>Mix Design Self Compacting Concrete</i> .....	33
Tabel 4. 1 Kode Benda Uji.....	416
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Beton Segar .....	42
Tabel 4. 3 Nilai Kuat Tarik Belah SCC yang Diperkuat Serat Mikro <i>Polypropylene</i> .....	43
Tabel 4. 4 Nilai Kuat Tarik Belah SCC yang Diperkuat Serat Makro <i>Polypropylene</i> .....	45
Tabel 4. 5 Ukuran Keretakan SCC dengan Serat Mikro <i>Polypropylene</i> 0,75% ...	53
Tabel 4. 6 Ukuran Keretakan SCC dengan Serat Mikro <i>Polypropylene</i> 1% .....	55
Tabel 4. 7 Ukuran Keretakan SCC dengan Serat Mikro <i>Polypropylene</i> 1,25% ...	56
Tabel 4. 8 Ukuran Keretakan SCC yang Diperkuat Serat Mikro <i>Polypropylene</i> .	57
Tabel 4. 9 Ukuran Keretakan SCC dengan Serat Makro <i>Polypropylene</i> 0,75%...	59
Tabel 4. 10 Ukuran Keretakan SCC dengan Serat Makro <i>Polypropylene</i> 1%.....	60
Tabel 4. 11 Ukuran Keretakan SCC dengan Serat Makro <i>Polypropylene</i> 1,25%.	62
Tabel 4. 12 Ukuran Keretakan SCC Serat Makro <i>Polypropylene</i> .....	62
Tabel 4. 13 Ukuran Keretakan SCC yang diperkuat Serat <i>Polypropylene</i> .....	64

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

*Self compacting concrete* yang disingkat dengan SCC adalah material konstruksi yang dapat mengalir dengan beratnya sendiri untuk mengisi penuh bekisting tanpa perlu dilakukan pemadatan, namun tetap dapat menjaga homogenitasnya. Dengan menggunakan SCC, waktu yang digunakan pada suatu konstruksi menjadi lebih singkat, serta mampu mengurangi kebisingan dan getaran. Kemampuan mengisi, kemampuan lolos dan ketahanan terhadap segregasi adalah sifat penting dari SCC yang diperoleh dengan meningkatkan jumlah agregat halus (agregat berukuran  $<0,125$  mm), mengurangi rasio *water/cement* (air/semen), dan menggunakan *superplasticizer*.

Beton merupakan bahan konstruksi yang banyak digunakan pada proyek konstruksi gedung, jembatan, jalan, terowongan. Penggunaan beton menjadi pilihan utama pada berbagai pekerjaan konstruksi disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kuat tekan beton yang tinggi, harga yang terjangkau, mudah dibentuk, dan awet. Namun dibalik sifat kuat tekan beton yang tinggi, beton justru lemah dalam menahan beban tarik. Hal ini menyebabkan konstruksi dengan penggunaan beton akan mudah mengalami keretakan jika mendapat beban dan tegangan tarik. Munculnya keretakan pada beton diakibatkan karena faktor perubahan kadar air, suhu, dan pembebanan. Salah satu solusi dari permasalahan keretakan ini adalah dengan menambahkan serat ke dalam campuran beton agar dapat meningkatkan sifat kuat tarik pada beton. Penambahan serat ke dalam campuran beton mampu menghasilkan modifikasi baru yang disebut dengan beton yang diperkuat serat atau *fiber reinforced concrete*.

FRC merupakan beton dengan campuran semen yang ditambahkan berbagai jenis serat di dalamnya. Beton yang diperkuat serat memiliki komposisi yang terdiri dari semen, agregat, dan serat yang tersebar secara homogen yang dicampur dengan air. Serat yang tersebar secara homogen dapat mencegah retak pada beton dan

memperlambat perkembangan retak pada beton, sehingga beton menjadi lebih tahan lama (Abdelwahab Z.A. Altera dkk., 2021). Penggunaan serat dengan dimensi yang berbeda akan memberikan peran yang berbeda juga pada karakteristik dari beton yang diperkuatnya. Penambahan serat pada beton dapat berupa serat alami, baja, sintetis, dan serat berbasis kaca. Serat sintetis merupakan salah satu serat yang banyak digunakan pada campuran beton karena serat sintetis memiliki ketahanan terhadap sebagian besar bahan kimia, sehingga dapat meningkatkan daya tahan beton (Maziar Mahdavi dkk., 2018). Salah satu jenis serat sintetis yang umum digunakan adalah serat *polypropylene*. Serat *polypropylene* digunakan pada beton karena kemudahan dalam penggunaannya, densitas yang rendah, tidak mudah rapuh, dan tahan terhadap korosi. Penambahan serat *polypropylene* pada beton mampu meningkatkan sifat mekanik dan durabilitasnya, serta memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap suhu panas dan peningkatan kemampuan penyerapan energi (Yaqin Chen dkk., 2023).

Penambahan serat tidak berpengaruh secara efektif pada kekuatan tekan beton, tetapi secara signifikan mampu meningkatkan kekuatan tarik beton. Kekuatan tarik beton adalah kemampuan beton untuk dapat menerima beban dan tegangan tarik. Karena sifat beton yang getas, beton memiliki nilai kuat tarik yang lemah. Besarnya nilai kekuatan tarik belah beton termasuk relatif rendah, yaitu berkisar antara 10%-15% dari kekuatan tekan beton. Kuat tarik beton berfungsi menghambat terjadinya keretakan yang diakibatkan oleh adanya penyusutan. Kekuatan tarik belah lebih sensitif terhadap penambahan serat dibandingkan dengan kekuatan tekan dan menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi pada fraksi volume serat yang sama. Penambahan serat sintetis *polypropylene* pada campuran beton untuk meningkatkan kekuatan tarik belah beton telah banyak dilakukan di Indonesia karena serat *polypropylene* mudah didapatkan dan diproduksi oleh berbagai pabrikan (AIR Sabara dkk., 2023).

Pada penelitian (Agus Dwianto dkk., 2023) terkait pengaruh penambahan serat *polypropylene* terhadap kuat tarik belah pada beton ringan dengan umur beton 7,14, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan secara konstan pada kuat tarik belah dari beton yang diperkuat serat *polypropylene* dibandingkan dengan beton tanpa serat atau beton normal. Semakin besar variasi

penambahan serat pada beton, semakin rendah nilai kuat tarik belah pada beton. Sebaliknya, jika penambahan serat pada beton sedikit, maka semakin tinggi nilai kuat tarik belah pada beton. Hal ini disebabkan karena semakin banyak serat yang digunakan, maka semakin banyak juga air yang diserap pada kuat tarik belah beton. Pada penelitian ini, ditemukan nilai kuat tarik belah yang optimum terdapat pada beton berserat dengan persentase 0,25% dengan kuat tarik yang dihasilkan sebesar 1,54 MPa pada umur 28 hari.

SCC sering digunakan dalam konstruksi beton karena workabilitasnya yang sangat baik serta efisiensinya dalam waktu pengerjaan dan penggunaan tenaga kerja. Namun, SCC rentan terhadap retak susut karena tingginya kadar bahan aditif dan rendahnya kadar agregat. Dengan adanya retak susut pada struktur beton dapat mengurangi kekuatan dan daya tahan struktur. Di sisi lain, penggunaan serat ke dalam campuran beton telah diketahui dapat digunakan untuk mengendalikan retak dan meningkatkan perilaku pasca retak pada beton. Sehingga penambahan serat ke dalam campuran SCC diharapkan dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap retak dan meningkatkan sifat-sifat mekanis beton, seperti kuat tarik, kuat lentur, dan kuat tekan. Namun demikian, kandungan serat yang tinggi juga dapat mengurangi *workability* beton, yang dapat menghilangkan faktor menguntungkan dari SCC (Aris Aryanto dkk., 2023). Oleh karena itu, pengaruh penggunaan serat pada campuran SCC, yaitu *fiber reinforced self compacting concrete* atau dikenal dengan FRSCC, perlu diteliti untuk mendapatkan campuran optimum agar diperoleh performa FRSCC yang terbaik.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dilakukan penelitian lebih lanjut secara eksperimen terkait pengaruh penambahan serat mikro dan makro sintetis *polypropylene* dengan persentase 0%; 0,75%; 1%; 1,25% terhadap sifat kekuatan tarik belah serta pola dari keruntuhan yang dihasilkan pada *self compacting concrete*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas pada penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan serat sintetis *polypropylene* mikro dan makro dengan persentase 0%; 0,75%; 1%; 1,25% terhadap kuat tarik belah *self compacting concrete*?
2. Bagaimana komposisi campuran yang optimum dalam penambahan serat sintetis *polypropylene* mikro dan makro terhadap kuat tarik belah *self compacting concrete*?
3. Bagaimana pengaruh serat sintetis *polypropylene* mikro dan makro dengan persentase 0%; 0,75%; 1%; 1,25% terhadap pola keruntuhan tarik belah dari *self compacting concrete*?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa pengaruh penambahan serat sintetis *polypropylene* mikro dan makro dengan persentase 0%; 0,75%; 1%; 1,25% terhadap kuat tarik belah *self compacting concrete*.
2. Menganalisa komposisi campuran yang optimum dalam penambahan serat sintetis *polypropylene* mikro dan makro terhadap kuat tarik belah *self compacting concrete*.
3. Menganalisa pengaruh serat sintetis *polypropylene* mikro dan makro dengan persentase 0%; 0,75%; 1%; 1,25% terhadap pola keruntuhan tarik belah dari *self compacting concrete*.



#### 1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Beton dibuat dengan metode *self compacting concrete* (SCC).
2. Serat sintetis yang digunakan adalah serat mikro dan makro dengan jenis *polypropylene* sebagai bahan campuran utama dalam tambahan beton dengan persentase 0%; 0,75%; 1%; 1,25%.
3. Mutu *self compacting concrete* yang direncanakan adalah 30 MPa.
4. Bahan utama yang digunakan adalah semen PCC Baturaja, agregat halus (pasir alam Tanjung Lubuk), agregat kasar (*split* <10mm), air, dan *superplasticizer* (Sika Viscocrete-3270).
5. Pengujian beton segar terdiri dari *slump flow*, *l-shape box*, dan *v-funnel*.
6. Pengujian kuat tarik belah akan dilakukan sesuai ASTM C496M.
7. Benda uji berupa beton silinder (15 x 30 cm) untuk uji kuat tarik belah sebanyak 21 silinder.
8. Pelaksanaan penelitian dilakukan eksperimen di laboratorium Struktur, Konstruksi, dan Material di Universitas Sriwijaya.

#### 1.5. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental di laboratorium, dimana penelitian akan dilakukan di Laboratorium Universitas Sriwijaya. Variabel penelitian yang akan digunakan adalah variasi persentase penggunaan serat mikro makro sintetis *polypropylene*. Parameter pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian kekuatan tarik belah sesuai ASTM C496M.

#### 1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Penambahan Serat Mikro dan Makro Sintetis *Polypropylene* Terhadap Kuat Tarik Belah *Self Compacting Concrete*” ini disusun sebagai berikut:

### BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan membahas mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode pengumpulan data serta sistematika penulisan.

## **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab tinjauan pustaka membahas mengenai hasil kajian studi literatur yang dilakukan mengenai teori yang berkaitan dengan *self compacting concrete*, beton berserat, serat sintetis mikro dan makro, dan pengaruh penambahan serat pada beton. Pada bab ini juga terdapat bahasan mengenai penelitian sebelumnya yang dijadikan sebagai acuan dalam penelitian ini.

## **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab metode penelitian membahas mengenai material, peralatan serta metodologi yang digunakan dalam penelitian meliputi pengujian bahan penyusun *self compacting concrete* yang diperkuat serat, pembuatan benda uji, pengerasan benda uji dan metode pengujian benda uji.

## **BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab hasil penelitian dan pembahasan membahas mengenai hasil pengujian meliputi nilai kuat tarik belah dan analisis pola keruntuhan tarik belah. Data kuat tarik belah disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, sedangkan untuk analisis pola keruntuhan tarik belah ditampilkan dalam bentuk dokumentasi benda uji yang telah diuji menggunakan *compression machine test* serta tabel data ukuran lebar dan panjang retak pada benda uji.

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab 5 kesimpulan dan saran membahas kesimpulan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya terkait dengan topik tugas akhir.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

Abbass, W., Khan, M.I. and Mourad, S. (2018) 'Evaluation of mechanical properties of steel fiber reinforced concrete with different strengths of concrete', *Construction and Building Materials*, 168, pp. 556–569. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.164>.

Abd Al Kareem, S. and Ahmed, I.F. (2021) 'Impact Resistance of Bendable Concrete Reinforced with Grids and Containing PVA Solution', *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 11(5), pp. 7709–7713. Available at: <https://doi.org/10.48084/etasr.4440>.

Ahmad, J. *et al.* (2021) 'Self-fibers compacting concrete properties reinforced with propylene fibers', *Science and Engineering of Composite Materials*, 28(1), pp. 64–72. Available at: <https://doi.org/10.1515/secm-2021-0006>.

Ahmad, J. and Zhou, Z. (2022) 'Mechanical Properties of Natural as well as Synthetic Fiber Reinforced Concrete: A Review', *Construction and Building Materials*, 333(December 2021), p. 127353. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127353>.

Ahmad, J. and Zhou, Z. (2023) 'Development of high strength self compacting concrete with waste glass and waste marble', *Construction and Building Materials*, 408(October), p. 133760. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133760>.

Ahmad, S. and Umar, A. (2018) 'Fibre-reinforced Self-Compacting Concrete: A Review', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 377(1), pp. 3–8. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/377/1/012117>.

ALTERA, A.Z. a. *et al.* (2021) 'Investigation of the Usage Areas of Different Fiber Reinforced Concrete', *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(1), pp. 7–18. Available at: <https://dergipark.org.tr/en/pub/kastamonujes/issue/63105/910273>.

Amalia, A. and Riyadi, M. (2019) 'Kualitas Beton SCC dengan Substitusi Agregat

Halus Tailing Tambang Emas Daerah Pongkor’, *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 25(1), p. 59. Available at: <https://doi.org/10.14710/mkts.v25i1.18500>.

Aryanto, A. and Muliohardjo, A. (2023) ‘Effect of Macro-Synthetic Polypropylene Fiber on Mechanical Properties and Drying Shrinkage Cracking of Self-Consolidating Concrete’, *International Journal of GEOMATE*, 24(101), pp. 60–67. Available at: <https://doi.org/10.21660/2023.101.g12266>.

Ash, H. *et al.* (2014) ‘Experimental Investigation on Concrete by Using Rice’, 2(1), pp. 323–329.

ASTM C469 (2008) ‘Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens’, *ASTM Standard Book*, pp. 545-545–3.

Blazy, J. and Blazy, R. (2021) ‘Polypropylene fiber reinforced concrete and its application in creating architectural forms of public spaces’, *Case Studies in Construction Materials*, 14, p. e00549. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00549>.

Cazan, O.E. *et al.* (2015) ‘Strength properties of polypropylene fiber reinforced high strength concrete’, *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 1(6), pp. 193–200. Available at: <https://doi.org/10.5593/sgem2015/b61/s24.027>.

Chen, Y. *et al.* (2024) ‘Durability Properties of Macro-Polypropylene Fiber Reinforced Self-Compacting Concrete’, *Materials*, 17(2). Available at: <https://doi.org/10.3390/ma17020284>.

Daneshfar, M. *et al.* (2023) ‘Experimental Model for Study of Thickness Effect on Flexural Fatigue Life of Macro-Synthetic-Fiber-Reinforced Concretes’, *Buildings*, 13(3). Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings13030642>.

Dwianto, A., Nisumanti, S., Minaka, U.S., (2022). (2018) ‘Pengaruh Variasi Penggunaan Serat Polypropylene Terhadap Uji Kuat Tarik Belah Beton Ringan’, *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 3(1), pp. 10–27. Available at: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>.

EPG (2005) 'EFNARC for Self-Compacting Concrete', *The European Guidelines for Self Compacting Concrete* [Preprint], (May).

Ghosh, D. *et al.* (2021) 'Development of high-early-strength fiber-reinforced self-compacting concrete', *Construction and Building Materials*, 266, p. 121051. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121051>.

Guerini, V. *et al.* (2018) 'Influence of steel and macro-synthetic fibers on concrete properties', *Fibers*, 6(3), pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.3390/fib6030047>.

Haily, E. *et al.* (2023) 'Natural fibers as an alternative to synthetic fibers in the reinforcement of phosphate sludge-based geopolymer mortar', *Journal of Building Engineering*, 67(January), p. 105947. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105947>.

Kazemian, M. and Shafei, B. (2023) 'Mechanical properties of hybrid fiber-reinforced concretes made with low dosages of synthetic fibers', *Structural Concrete*, 24(1), pp. 1226–1243. Available at: <https://doi.org/10.1002/suco.202100915>.

Khan, M., Rehman, A. and Ali, M. (2020) 'Efficiency of silica-fume content in plain and natural fiber reinforced concrete for concrete road', *Construction and Building Materials*, 244, p. 118382. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118382>.

Liu, X. *et al.* (2020) 'Comparison of the structural behavior of reinforced concrete tunnel segments with steel fiber and synthetic fiber addition', *Tunnelling and Underground Space Technology*, 103(July 2019), p. 103506. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103506>.

Mahdavi, M., Abolmaali, A. and Ghahremannejad, M. (2018) 'The effects of pH and temperature on compressive strength of synthetic fiber-reinforced concrete cylinders exposed to sulfuric acid', *Advances in Civil Engineering Materials*, 7(1), pp. 403–413. Available at: <https://doi.org/10.1520/ACEM20180018>.

Milind V. Mohod (2015) 'Performance of Polypropylene Fibre Reinforced

Concrete'n', *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 12(1), pp. 28–36. Available at: <https://doi.org/10.9790/1684-12112836>.

Naibaho, A., Sugiarto, A. and Dewi, P. (2020) 'Studi Kelayakan Material Gunung Daerah Aliran Sungai Arah Malang-Kota Batu Dalam Penggunaannya Sebagai Salah Satu Material Beton', *PROKONS: Jurusan Teknik Sipil*, 14(2), p. 30. Available at: <https://doi.org/10.33795/prokons.v14i2.296>.

Raj, B. *et al.* (2020) 'Mechanical and durability properties of hybrid fiber reinforced foam concrete', *Construction and Building Materials*, 245, p. 118373. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118373>.

Rivera, J.E., Eid, R. and Paultre, P. (2021) 'Influence of synthetic fibers on the seismic behavior of reinforced-concrete circular columns', *Engineering Structures*, 228(February 2020). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111493>.

Sabara, A.I.R. *et al.* (2023) 'Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Panjang Polypropylene Fibre terhadap Performa Beton', *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 9(2), p. 38. Available at: <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v9i2.38>.

Sadrinejad, I., Madandoust, R. and Ranjbar, M.M. (2018) 'The mechanical and durability properties of concrete containing hybrid synthetic fibers', *Construction and Building Materials*, 178, pp. 72–82. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.145>.

Saman, Khan *et al.* (2015) 'Mechanical properties of Polypropylene Fibre reinforced concrete for M 25 & M 30 mixes : A Comparative study', *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS)*, 1(6), pp. 327–340. Available at: <http://ijseas.com/volume1/v1i6/ijseas20150634.pdf>.

Wang, Q., Zhang, J. and Ho, J.C.M. (2020) 'Zeolite to improve strength-shrinkage performance of high-strength engineered cementitious composite', *Construction and Building Materials*, 234. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117335>.

Wang, Y. *et al.* (2020) 'Effect of polyethylene fiber content on physical and mechanical properties of engineered cementitious composites', *Construction and*

*Building Materials*, 251, p. 118917. Available at:  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118917>.

Yang, J., Chen, B. and Nuti, C. (2021) 'Influence of steel fiber on compressive properties of ultra-high performance fiber-reinforced concrete', *Construction and Building Materials*, 302(July), p. 124104. Available at:  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124104>.