

TUGAS AKHIR

PERILAKU KEKUATAN TARIK *ENGINEERED* *CEMENTITIOUS COMPOSITE* YANG DIPERKUAT SERAT MIKRO SINTETIS

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



DAVID SUNARKO

03011381924121

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

2024

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : David Sunarko
NIM : 03011381924121
Judul : Perilaku Kekuatan Tarik *Engineered Cementitious Composite*
Yang Diperkuat Serat Mikro Sintetis

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



DAVID SUNARKO
03011381924121

HALAMAN PENGESAHAN

**PERILAKU KEKUATAN TARIK *ENGINEERED*
CEMENTITIOUS COMPOSITE YANG DIPERKUAT
SERAT MIKRO SINTETIS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh:

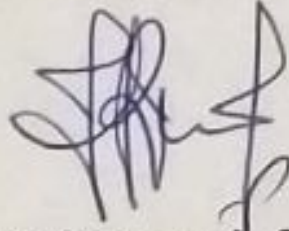
DAVID SUNARKO

03011381924121

Palembang, Juli 2024

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing

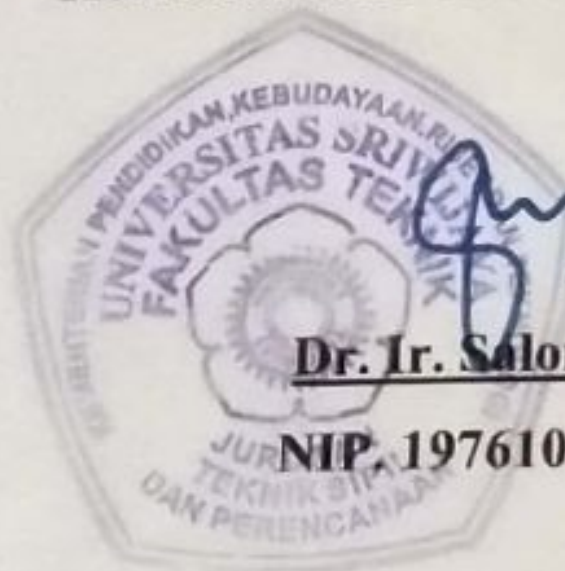


Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T.

NIP. 197605092000122001

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



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

NIP. 197610312002122001

HALAMAN PERSETUJUAN

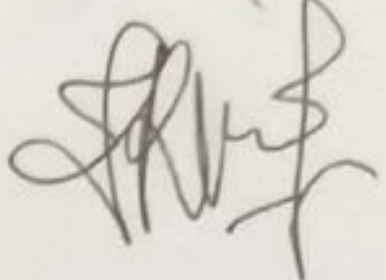
Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “ Perilaku Kekuatan Tarik *Engineered Cementitious Composite* Yang Diperkuat Serat Mikro Sintetis” yang disusun oleh David Sunarko, 03011381924121 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Juli 2024.

Palembang, Juli 2024

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

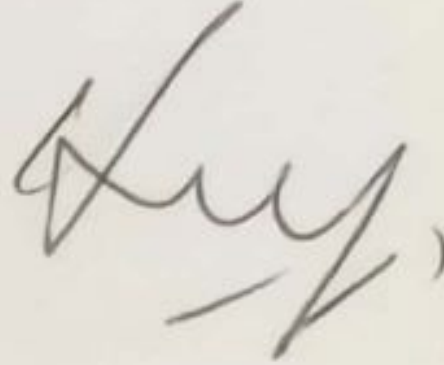
Dosen Pembimbing :

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

()

Dosen Penguji :


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

()

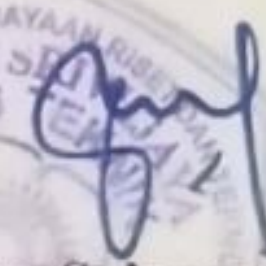
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Jurusan Teknik Sipil


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

NIP. 197502112003121002


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

NIP. 197610312002122001

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

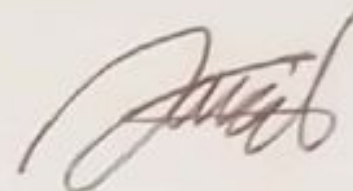
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : David Sunarko
NIM : 03011381924121
Judul : Perilaku Kekuatan Tarik *Engineered Cementitious Composite*
Yang Diperkuat Serat Mikro Sintetis

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, 30 Juli 2024



David Sunarko

NIM. 03011381924121

RIWAYAT HIDUP

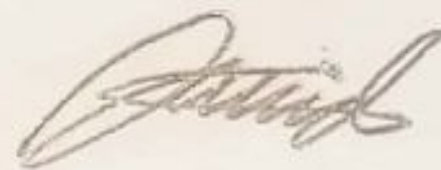
Nama Lengkap : David Sunarko
Jenis Kelamin : Laki-laki
Status : Belum menikah
Agama : Kristen
Warga Negara : Indonesia
Nomor HP : 083803998283
E-mail : sunarko158.ds@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD Xaverius 4 Palembang	-	-	SD	2007-2013
SMP Xaverius 2 Palembang	-	-	SMP	2013-2016
SMA Xaverius 1 Palembang	-	MIPA	SMA	2016-2019
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2019-2024

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



David Sunarko

NIM. 03011381924121

RINGKASAN

PERILAKU KEKUATAN TARIK *ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITE* YANG DIPERKUAT SERAT MIKRO SINTETIS

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 15 Juli 2024

David Sunarko; Dibimbing oleh Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xviii + 57 halaman, 56 gambar, 23 tabel

Karakteristik material komposit berbahan dasar cementitious adalah memiliki kekuatan tekan namun berperilaku getas (rapuh) karena kekuatan tariknya yang lemah. Rekayasa komposit *cementitious* (ECC) mampu memperbaiki kekurangan beton konvensional dengan menambahkan jenis serat mikro sintetis yaitu serat *polypropylene*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penambahan serat mikro *polypropylene* terhadap kekuatan dan perilaku tarik serta lentur pada ECC. Variasi persentase serat sebesar 0%; 0.75%; 1%; dan 1.25% terhadap volume benda uji dengan mutu rencana 20 MPa. Komposisi semen, pasir alam, nanosilika, air dan superplasticizer untuk 1 m³ ECC masing-masing 320 kg; 226 kg; 96 kg; 144 kg; dan 3.52 kg. Benda uji silinder 15 x 30 cm untuk pengujian kuat tarik belah dan benda uji balok 10 x 10 x 50 cm untuk pengujian kuat lentur. Hasil uji kuat tarik belah ECC dengan serat mikro *polypropylene* 0.75% (3.18 MPa); 1% (3.11 MPa); dan 1.25% (3.31 MPa) tidak terlalu berbeda jauh dengan ECC normal (3.29 MPa). Hasil uji kuat lentur ECC dengan serat mikro *polypropylene* 0.75% (5.69 MPa); 1% (5.29 MPa); dan 1.25% (5.40 MPa) meningkat signifikan dibanding ECC normal (4.49 MPa). Pola keruntuhan berupa retakan dengan jumlah dan ukuran yang menurun, menghasilkan kondisi yang lebih tegar dalam uji tarik belah dan lentur seiring penambahan serat mikro *polypropylene*.

Kata Kunci: *ECC, serat, mikro, polypropylene, tarik, lentur*

SUMMARY

TENSILE STRENGTH BEHAVIOR OF SYNTHETIC MICRO FIBER REINFORCED ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITE

Scientific papers in form of Final Projects, July 15th 2024

David Sunarko; Guide by Advisor Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xviii + 57 pages, 56 images, 23 table

Concrete has its characteristic as compressive strength but brittle due to its low tensile and flexural strength. Engineered cementitious composite (ECC) could overcome the shortcomings of conventional concrete by adding a type of synthetic microfibers, namely polypropylene fibers. This study analyzing the effect of adding polypropylene microfibers on the tensile and flexural strength and behavior of ECC. The fiber percentage variations are 0%; 0.75%; 1%; and 1.25% of the specimen volume with characteristic compressive strength of 20 MPa. The composition of cement, sand, nanosilica, water, and superplasticizer for 1 m³ ECC is 320 kg, 226 kg, 96 kg, 144 kg, and 3.52 kg, respectively. Cylinder specimens of 15 x 30 cm were used for the split tensile strength test and beam specimens of 10 x 10 x 50 cm for flexural (modulus of rupture) test. The results of the split tensile strength test of ECC with 0.75% polypropylene microfibers (3.18 MPa); 1% (3.11 MPa); and 1.25% (3.31 MPa) were not significantly different from normal ECC (3.29 MPa). The results of the flexural strength test of ECC with 0.75% polypropylene microfibers (5.69 MPa), 1% (5.29 MPa), and 1.25% (5.40 MPa) increased significantly compared to normal ECC (4.49 MPa). The failure pattern showed a decrease in the number and size of cracks, indicating a more ductile behavior in both split tensile and flexural tests with the addition of polypropylene microfibers.

Keywords: *ECC, microfibers, polypropylene, tensile, flexural*

PERILAKU KEKUATAN TARIK ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITE YANG DIPERKUAT SERAT MIKRO SINTETIS

David Sunarko¹⁾, Rosidawani²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: sunarko158.ds@gmail.com

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: rosidawani@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Karakteristik material komposit berbahan dasar *cementitious* adalah memiliki kekuatan tekan namun berperilaku getas (rapuh) karena kekuatan tariknya yang lemah. Rekayasa komposit *cementitious* (ECC) mampu memperbaiki kekurangan beton konvensional dengan menambahkan jenis serat mikro sintetis yaitu serat polypropylene. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penambahan serat mikro polypropylene terhadap kekuatan dan perilaku tarik serta lentur pada ECC. Variasi persentase serat sebesar 0%; 0.75%; 1%; dan 1.25% terhadap volume benda uji dengan mutu rencana 20 MPa. Komposisi semen, pasir alam, nanosilika, air dan superplasticizer untuk 1 m³ ECC masing-masing 320 kg; 226 kg; 96 kg; 144 kg; dan 3.52 kg. Benda uji silinder 15 x 30 cm untuk pengujian kuat tarik belah dan benda uji balok 10 x 10 x 50 cm untuk pengujian kuat lentur. Hasil uji kuat tarik belah ECC dengan serat mikro polypropylene 0.75% (3.18 MPa); 1% (3.11 MPa); dan 1.25% (3.31 MPa) tidak terlalu berbeda jauh dengan ECC normal (3.29 MPa). Hasil uji kuat lentur ECC dengan serat mikro polypropylene 0.75% (5.69 MPa); 1% (5.29 MPa); dan 1.25% (5.40 MPa) meningkat signifikan dibanding ECC normal (4.49 MPa). Pola keruntuhan berupa retakan dengan jumlah dan ukuran yang menurun, menghasilkan kondisi yang lebih tegar dalam uji tarik belah dan lentur seiring penambahan serat mikro polypropylene.

Kata Kunci: *ECC, serat, mikro, polypropylene, tarik, lentur*

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

TENSILE STRENGTH BEHAVIOR OF SYNTHETIC MICROFIBER REINFORCED ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITE

David Sunarko¹⁾, Rosidawani²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: sunarko158.ds@gmail.com

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: rosidawani@ft.unsri.ac.id

Abstract

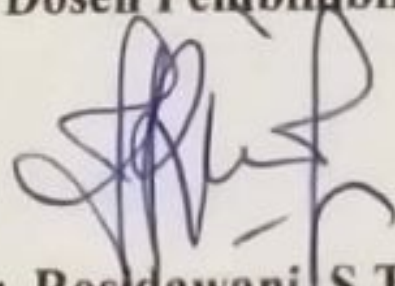
Concrete has its characteristic as compressive strength but brittle due to its low tensile and flexural strength. Engineered cementitious composite (ECC) could overcome the shortcomings of conventional concrete by adding a type of synthetic microfibers, namely polypropylene fibers. This study analyzing the effect of adding polypropylene microfibers on the tensile and flexural strength and behavior of ECC. The fiber percentage variations are 0%; 0.75%; 1%; and 1.25% of the specimen volume with characteristic compressive strength of 20 MPa. The composition of cement, sand, nanosilica, water, and superplasticizer for 1 m³ ECC is 320 kg, 226 kg, 96 kg, 144 kg, and 3.52 kg, respectively. Cylinder specimens of 15 x 30 cm were used for the split tensile strength test and beam specimens of 10 x 10 x 50 cm for flexural (modulus of rupture) test. The results of the split tensile strength test of ECC with 0.75% polypropylene microfibers (3.18 MPa); 1% (3.11 MPa); and 1.25% (3.31 MPa) were not significantly different from normal ECC (3.29 MPa). The results of the flexural strength test of ECC with 0.75% polypropylene microfibers (5.69 MPa), 1% (5.29 MPa), and 1.25% (5.40 MPa) increased significantly compared to normal ECC (4.49 MPa). The failure pattern showed a decrease in the number and size of cracks, indicating a more ductile behavior in both split tensile and flexural tests with the addition of polypropylene microfibers.

Keywords: *ECC, microfibers, polypropylene, tensile, flexural*

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

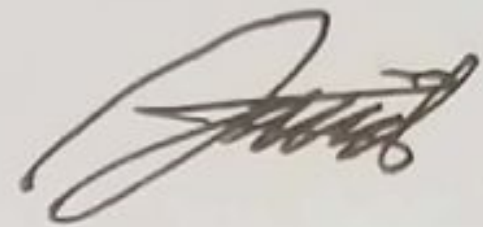
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “**Pengaruh Kekuatan Tarik *Engineered Cementitious Composite* yang Diperkuat Serat Mikro Sintetis**”. Banyak orang membantu penulis menyelesaikan laporan tugas akhir ini, dan pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Ibu Dr. Saloma, S. T., M. T.
2. Dosen pembimbing tugas akhir, Ibu Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T., yang telah memberikan banyak motivasi, bimbingan dan bantuan dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
3. Dosen penguji tugas akhir, Bapak Dr. Ir. Hanafiah, M.S. IPM., yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan pada proses pengujian laporan tugas akhir ini.
4. Dosen pembimbing akademik, Bapak Anthony Costa, S.T., M.T., atas bimbingan, dan masukan yang telah diberikan.
5. Bapak Hari selaku teknisi dari Laboratorium SKM Universitas Sriwijaya yang telah banyak membantu dan memberi saran pada saat proses penelitian.
6. PT Semen Baturaja Kertapati yang telah menunjang peralatan pengujian terkait Tugas Akhir.
7. Papa, mama, adik-adik yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Tim “PEJUANG TUGAS AKHIR” yang telah banyak menyumbangkan tenaga, buah pikiran, dan memberikan semangat selama proses penelitian ini.
9. Tim “*Process = Results*”, Agung, Erik, Frederick, Gungun, Willy, dan Yanu yang telah banyak memberikan semangat, dan menjadi tempat bersandar dan pendengar keluh kesah terbaik dikala lelah.
10. Mario, Kelvin, Charles, dan Agung yang telah membantu selama proses perkuliahan.

Mohon maaf apabila ada kesalahan atau hal-hal yang tidak menyenangkan dalam laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan menjadi referensi untuk penelitian di masa mendatang, khususnya dalam bidang material konstruksi dalam teknik sipil.

Palembang, Juli 2024



David Sunarko

03011381924121

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY.....	viii
Abstrak.....	ix
Abstract.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pendahuluan.....	5
2.2 Beton yang Diperkuat Serat (<i>Fiber Reinforced Concrete</i>).....	6
2.3 Beton yang Diperkuat Serat Sintetis (<i>Synthetic Fiber Reinforced Concrete</i>)	7
2.4 Engineered Cementitious Composite yang Diperkuat Serat Sintetis.....	8
2.5 Sifat Mekanis Beton yang Diperkuat Serat Sintetis.....	9

2.5.1	Kekuatan dan Perilaku Tekan.....	10
2.5.2	Kekuatan dan Perilaku Tarik Belah.....	10
2.5.3	Kekuatan dan Perilaku Lentur.....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		13
3.1	Umum	13
3.2	Studi Literatur	13
3.3	Alur Penelitian	13
3.4	Peralatan dan Bahan Penelitian.....	14
3.4.1	Bahan.....	14
3.4.2	Alat.....	17
3.5	Metodologi Penelitian.....	22
3.5.1	Tahap I (Studi Literatur).....	22
3.5.2	Tahap II (Persiapan Alat dan Bahan)	22
3.5.3	Tahap III (Pengujian <i>Properties</i> Bahan)	22
3.5.4	Tahap IV (Penentuan Komposisi dan Variabel)	23
3.5.5	Tahap V (<i>Trial Mix Design</i>)	23
3.5.6	Tahap VI (Pembuatan Benda Uji)	25
3.5.7	Tahap VII (Perawatan/ <i>Curing</i>).....	26
3.5.8	Tahap VIII (Pengujian).....	27
3.5.9	Tahap IX (Analisis)	30
3.5.10	Tahap X (Kesimpulan)	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		31
4.1	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah (<i>Splitting Tensile Strength</i>).....	31
4.1.1	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah ECC Tanpa Diperkuat Serat Mikro	31
4.1.2	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah ECC Diperkuat Serat Mikro 0,75%	33
4.1.3	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah ECC Diperkuat Serat Mikro 1%.....	35
4.1.4	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah ECC Diperkuat Serat Mikro 1,25%	38
4.1.5	Analisa Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah.....	40

4.2	Hasil Pengujian Kuat Lentur.....	42
4.2.1	Hasil Pengujian Kuat Lentur pada ECC Normal	42
4.2.2	Hasil Pengujian Kuat Lentur pada ECC Berserat Mikro 0,75%.....	43
4.2.3	Hasil Pengujian Kuat Lentur pada ECC Berserat Mikro 1%.....	45
4.2.4	Hasil Pengujian Lentur pada ECC Berserat Mikro 1,25%.....	47
4.2.5	Analisa Hasil Pengujian Kuat Lentur.....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		52
5.1	Kesimpulan	52
5.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA.....		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Denah Lokasi Penelitian (<i>earth.google.com</i>).....	13
Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian.....	14
Gambar 3.3 Semen Portland	15
Gambar 3.4 Pasir Alam	15
Gambar 3.5 Pasir Silika.....	15
Gambar 3.6 Air.....	16
Gambar 3.7 <i>Superplasticizer</i>	16
Gambar 3.8 Serat Mikro PP	17
Gambar 3.9 Timbangan.....	17
Gambar 3.10 Sekop.....	18
Gambar 3.11 Kerucut Abrams.....	18
Gambar 3.12 Pelat Dasar.....	19
Gambar 3.13 Bekisting Silinder.....	19
Gambar 3.14 Bekisting Balok	20
Gambar 3.15 Meteran.....	20
Gambar 3.16 Molen	20
Gambar 3.17 <i>Compression Testing Machine</i>	21
Gambar 3.18 Mistar Ukur	21
Gambar 3.19 <i>Jig and Bearing Strips</i>	22
Gambar 3.20 Uji <i>Slump Flow</i>	24
Gambar 3.21 Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>).....	27
Gambar 3.22 Pengujian Kuat Tarik Belah	28
Gambar 3.23 Benda Uji dan Pengujian Kuat Lentur	28
Gambar 3.24 Patah di 13 bentang tengah	29
Gambar 3.25 Patah di luar 13 bentang pusat dan jarak pusat-patahan < 5%.....	29
Gambar 3.26 Patah di luar 13 bentang pusat dan jarak pusat-patahan > 5%.....	29
Gambar 4.1 Grafik Kuat Tarik Belah ECC Tanpa Diperkuat Serat Mikro	32
Gambar 4.2 Perilaku Retak pada ECC Tanpa Diperkuat Serat Mikro	32
Gambar 4.3 Grafik Kuat Tarik Belah ECC Diperkuat Serat Mikro 0.75%.....	33

Gambar 4.4 Perilaku Retak pada Benda Uji TS-MI-0.75-A	34
Gambar 4.5 Perilaku Retak pada Benda Uji TS-MI-0.75-B	34
Gambar 4.6 Perilaku Retak pada Benda Uji TS-MI-0.75-C	35
Gambar 4.7 Grafik Kuat Tarik Belah ECC Diperkuat Serat Mikro 1%.....	36
Gambar 4.8 Perilaku Retak pada Benda Uji TS-MI-1-A	37
Gambar 4.9 Perilaku Retak pada Benda Uji TS-MI-1-B	37
Gambar 4.10 Perilaku Retak pada Benda Uji TS-MI-1-C	37
Gambar 4.11 Grafik Kuat Tarik Belah ECC Diperkuat Serat Mikro 1.25%.....	38
Gambar 4.12 Perilaku Retak pada Benda Uji TS-MI-1.25-A	39
Gambar 4.13 Perilaku Retak pada Benda Uji TS-MI-1.25-B	39
Gambar 4.14 Perilaku Retak pada Benda Uji TS-MI-1.25-C	40
Gambar 4.15 Analisa Penambahan Serat terhadap Kuat Tarik Belah	40
Gambar 4.16 Grafik Kuat Lentur ECC Tanpa Diperkuat Serat Mikro	42
Gambar 4.17 Perilaku Retak pada Benda Uji FS-MI-0	43
Gambar 4.18 Grafik Kuat Lentur ECC Diperkuat Serat Mikro 0.75%.....	44
Gambar 4.19 Perilaku Retak pada Benda Uji FS-MI-0.75-A	45
Gambar 4.20 Perilaku Retak pada Benda Uji FS-MI-0.75-B	45
Gambar 4.21 Perilaku Retak pada Benda Uji FS-MI-0.75-C	45
Gambar 4.22 Grafik Kuat Lentur ECC Diperkuat Serat Mikro 1%.....	46
Gambar 4.23 Perilaku Retak pada Benda Uji FS-MI-1-A	47
Gambar 4.24 Perilaku Retak pada Benda Uji FS-MI-1-B	47
Gambar 4.25 Perilaku Retak pada Benda Uji FS-MI-1-C	47
Gambar 4.26 Grafik Kuat Lentur ECC Diperkuat Serat Mikro 1.25%.....	48
Gambar 4.27 Perilaku Retak pada Benda Uji FS-MI-1.25-A	49
Gambar 4.28 Perilaku Retak pada Benda Uji FS-MI-1.25-B	49
Gambar 4.29 Perilaku Retak pada Benda Uji FS-MI-1.25-C	49
Gambar 4.30 Analisa Penambahan Serat terhadap Kuat Lentur	50

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Serat Mikro <i>Polypropylene</i> (<i>kratosreinforcement.com</i>)	17
Tabel 3.2 Penggunaan Bekisting Silinder dan Balok untuk Pengujian.....	19
Tabel 3.3 Hasil Pengujian <i>Properties</i> Bahan	22
Tabel 3.4 Kebutuhan Material Penyusun (<i>Mix Design</i>) Komposit Semen	23
Tabel 3.5 Komposisi Campuran Benda Uji Coba (<i>Trial Mix</i>)	23
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah ECC Tanpa Serat Mikro	31
Tabel 4.2 Perilaku Retak ECC Tanpa Diperkuat Serat Mikro (Kuat Tarik Belah)32	
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah ECC Diperkuat Serat Mikro 0.75% 33	
Tabel 4.4 Perilaku Retak ECC Diperkuat Serat Mikro 0.75% (Kuat Tarik Belah)33	
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah ECC Diperkuat Serat Mikro 1%.....	35
Tabel 4.6 Perilaku Retak ECC Diperkuat Serat Mikro 1% (Kuat Tarik Belah)....	36
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah ECC Diperkuat Serat Mikro 1.25% 38	
Tabel 4.8 Perilaku Retak ECC Diperkuat Serat Mikro 1.25% (Kuat Tarik Belah)38	
Tabel 4.9 Rekapitulasi Analisa Retak (Kuat Tarik Belah)	41
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kuat Lentur ECC Tanpa Diperkuat Serat Mikro	42
Tabel 4.11 Perilaku Retak ECC Tanpa Diperkuat Serat (Kuat Lentur).....	43
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Kuat Lentur ECC Diperkuat Serat Mikro 0.75%.....	43
Tabel 4.13 Perilaku Retak ECC Diperkuat Serat Mikro 0.75% (Kuat Lentur)....	44
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Kuat Lentur ECC Diperkuat Serat Mikro 1%.....	45
Tabel 4.15 Perilaku Retak ECC Diperkuat Serat Mikro 1% (Kuat Lentur).....	46
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Kuat Lentur ECC Diperkuat Serat Mikro 1.25%.....	48
Tabel 4.17 Perilaku Retak ECC Diperkuat Serat Mikro 1.25% (Kuat Lentur)....	48
Tabel 4.18 Rekapitulasi Analisa Retak (Kuat Lentur)	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton sering digunakan dalam konstruksi karena harganya yang terjangkau, kekuatan mekanisnya yang luar biasa, dan daya tahannya tinggi terlihat sekitar dua puluh lima miliar ton beton digunakan per tahun (Zhao dkk., 2023). Beton memiliki banyak keunggulan, seperti kemudahan mencetak bentuk, kapasitas tekan yang kuat, biaya rendah, dan mudah diakses, tetapi juga memiliki kelemahan, seperti kerapuhan dan kekuatan tarik yang relatif rendah (Wang dkk., 2020). Beton biasa dikenal sebagai material yang rapuh dengan kapasitas regangan tarik kurang dari 0,1%, sehingga beton rentan retak, yang dapat mempercepat masuknya cairan eksternal yang membawa material berbahaya dan menyebabkan kerusakan (Zhang dkk., 2020).

Dalam memperbaiki sifat rapuh dan meningkatkan sifat mekanik beton, dilakukan penelitian terkait beton yang diperkuat serat (*Fiber Reinforced Concrete/ FRC*). FRC adalah beton yang diperkuat serat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan sejumlah serat diskrit yang disebar acak dalam campuran beton (Nemeti, 2013). Serat yang digunakan pada FRC adalah serat logam, serat kaca, serat karbon, dan serat *polyester*, dengan modulus elastisitas yang cukup tinggi. FRC memiliki kekuatan tarik, deformasi dan ketahanan retak yang lebih baik daripada beton konvensional, namun FRC tidak cocok untuk bangunan tinggi dan rawan gempa dikarenakan FRC memiliki berat jenis yang cukup besar, sehingga perlu dilakukan modifikasi campuran.

Sejak akhir abad kedua puluh, mulai dilakukan pengembangan desain campuran *cementitious* yang dikenal rekayasa komposit *cementitious* atau *Engineered Cementitious Composite* (ECC). Berbeda dari FRC, ECC tidak menggunakan agregat kasar melainkan pasir silika dengan tambahan serat khusus dengan modulus elastisitas yang lebih rendah, sehingga ECC lebih disebut mortar dibandingkan beton. Dalam pembuatannya, ECC menggunakan *superplasticizer* pada campuran demi mengurangi penggunaan air dan meningkatkan kekuatan tekan. Penambahan *superplasticizer* membuat ECC segar menjadi cair layaknya

beton yang memadat sendiri (*Self Compacting Concrete*) dan meningkatkan *workability*.

Rekayasa komposit *cementitious* mampu memberikan sifat tarik dan lentur yang lebih tinggi dengan kapasitas regangan tariknya mampu lebih dari 3% yaitu sekitar beberapa kali lipat dari beton normal (Wang dkk., 2020). ECC memiliki kekuatan tarik, kuat tekan, dan deformasi yang lebih tinggi dari FRC. ECC diperkuat serat super elastis yang memiliki daktilitas tinggi dan kontrol lebar retak yang lebih kecil (Shrooq Abd Al Kareem dkk., 2021) seperti serat *polyethylene*, *polyvinyl alcohol* (PVA), dan *polypropylene* (Soc dkk., 2013).

Serat *polypropylene* merupakan serat sintesis dengan modulus elastisitas rendah membuatnya sangat elastis, sehingga mampu meningkatkan kekuatan lentur, modulus elastisitas, CTE atau koefisien muai panas, dan sifat mekanik beton lainnya (Al Rikabi dkk., 2018). ECC dengan serat *polypropylene* dapat lebih tahan terhadap retakan dan mencegah retakan susut kering. Selain itu, serat sintesis telah digunakan untuk meningkatkan ketangguhan beton dengan ketahanan retak yang lebih baik (Khalid dkk., 2018).

Serat *polypropylene* (PPF) mikro unggul digunakan untuk meningkatkan kinerja beton, yakni dengan menggabungkan berbagai serat cincang terputus-putus ke dalam beton (Yuan & Jia, 2021). Meskipun serat *polypropylene* meningkatkan sifat material, itu hanya dapat dilakukan sampai batas tertentu, dan lebih dari itu akan berdampak negatif. Maka sebelum merencanakan yang terbaik, sangat penting untuk melihat komposisi campuran dan karakteristik serat seperti bahan, bentuk, dan dimensi: panjang, diameter, dan lentur (Blazy & Blazy, 2021).

Serat *polypropylene* yang tahan terhadap zat kimiawi dan tidak mengalami korosi atau oksidasi menjadikannya pilihan yang baik untuk beton yang akan berada dalam kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, seperti lingkungan industri dan laut. Serat *polypropylene* (PPF) dibagi menjadi dua jenis, yakni serat makro dan serat mikro dengan karakteristik dan fungsi yang berbeda. Serat makro memiliki diameter yang setara lebih besar dari 0,3 mm, yang juga dikenal sebagai serat structural, mampu menggantikan tulangan tradisional yang terdiri dari batang baja dan beban transfer yang bekerja pada struktur (Blazy & Blazy, 2021). Serat mikro memiliki diameter lebih kecil dari 0,3 mm, mampu mengurangi efek

penyusutan plastik pada beton, serta dapat membatasi pertumbuhan retakan mikro dan mempengaruhi kekuatan awal beton (Kazemian & Shafei, 2023).

Serat mikro sintetis memiliki massa jenis yang rendah sebesar $0,9 \text{ gr/cm}^3$ (Hannant, 2003), sehingga cocok digunakan sebagai campuran beton ringan dan cocok pada daerah rawan gempa. Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan di atas, penelitian ini bertujuan untuk merekayasa komposit *cementitious* yang diperkuat oleh serat mikro sintetis jenis *polypropylene* dan mengamati perilaku kekuatan tarik pada beton tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini adalah rumusan masalah penelitian ini.

1. Bagaimana pengaruh penambahan serat mikro *polypropylene* terhadap sifat tarik belah dan lentur *Engineered Cementitious Concrete*?
2. Bagaimana perilaku tarik belah dan lentur *Engineered Cementitious Concrete* yang diperkuat serat mikro *polypropylene*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan penelitian ini.

1. Untuk menganalisis pengaruh penambahan serat mikro *polypropylene* terhadap sifat tarik belah dan lentur *Engineered Cementitious Concrete*.
2. Untuk menganalisis perilaku tarik belah dan lentur *Engineered Cementitious Concrete* yang diperkuat serat mikro *polypropylene*.

1.4 Ruang Lingkup

Berikut ini adalah ruang lingkup penelitian ini.

1. Serat sintetis yang digunakan adalah serat mikro *polypropylene* dengan persentase 0%; 0,75%; 1%; dan 1,25%.
2. Mutu beton yang direncanakan adalah 20 Mpa.
3. Bahan utama adalah semen Baturaja PCC, pasir alam, pasir silika, air, dan *superplasticizer*.
4. Pengujian kuat tarik belah dilakukan di Laboratorium SKM UNSRI Indralaya dan pengujian kuat lentur dilakukan di PT Semen Baturaja. Pengujian dilaksanakan berdasarkan Standar Nasional Indonesia.

5. Benda uji berupa benda uji silinder (15 x 30 cm) untuk uji kuat tarik belah, dan benda uji balok (10 x 10 x 35 cm) untuk uji kuat lentur.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dipenelitian ini merupakan pengujian eksperimental di laboratorium. Penelitian direncanakan akan dilaksanakan di Laboratorium Politeknik Sriwijaya. Variabel penelitian yang akan digunakan adalah variasi persentase penggunaan serat mikro sintetis. Parameter pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian mekanik yang meliputi uji kuat tarik belah dan uji kuat lentur sesuai Standar Nasional Indonesia.

1.6 Sistematika Penelitian

Pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan, kesimpulan, saran, dan daftar pustaka disertakan dalam laporan tugas akhir tentang perilaku kekuatan tarik pada ECC yang diperkuat serat mikro sintetis.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup, dan metodologi penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori yang digunakan sebagai landasan atau acuan untuk penelitian yang akan dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas bagan alur penelitian (*flowchart*), bahan dan peralatan yang digunakan, dan metode penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil pengujian, analisis, dan diskusi tentang benda uji yang telah diuji sesuai standar.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas ringkasan hasil penelitian dan saran peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- 1974-2011, S. (2011). SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.
- Abbass, W., Khan, M. I., & Mourad, S. (2018). Evaluation of mechanical properties of steel fiber reinforced concrete with different strengths of concrete. *Construction and Building Materials*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.164>
- ACI Comite 544. (2002). State of the Art Report on Fiber Reinforced Concrete Reported (ACI 544.1R-96 Reapproved 2002). *ACI Structural Journal*, 96(Reapproved).
- Afroughsabet, V., & Ozbakkaloglu, T. (2015). Mechanical and durability properties of high-strength concrete containing steel and polypropylene fibers. *Construction and Building Materials*, 94. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.06.051>
- Al Rikabi, F. T., Sargand, S. M., Khoury, I., & Hussein, H. H. (2018). Material Properties of Synthetic Fiber-Reinforced Concrete under Freeze-Thaw Conditions. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 30(6). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0002297](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002297)
- Al-Amoudi, S. N. A., Al-Ani, M. S., & Hooton, M. R. (2017). Development of fiber-reinforced concrete: A review. *Construction and Building Materials*. *Construction and Building Materials*, 146, 109-122.
- AL-Gemeel, A. N., & Zhuge, Y. (2018). Experimental investigation of textile reinforced engineered cementitious composite (ECC) for square concrete column confinement. *Construction and Building Materials*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.161>
- Amin, M., Tayeh, B. A., & agwa, I. saad. (2020). Investigating the mechanical and microstructure properties of fibre-reinforced lightweight concrete under elevated temperatures. *Case Studies in Construction Materials*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00459>
- ASTM C 494 /C 494M. (2013). Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. *Annual Book of ASTM Standards*, 04.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Indikator Konstruksi Triwulan/Quarter 1-2023 Volume 17, Nomor 3, 2023*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). SNI 03-2491-2014 Metode Uji Kuat Tarik Belah Spesimen Beton Silinder. *Badan Standar Nasional Indonesia*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002b). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. *Bandung: Badan Standardisasi Nasional*.

- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 4431-2011 : Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan. *Badan Standar Nasional Indonesia*.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2014). SNI 7064:2014 Semen Portland Komposit. *Badan Standardisasi Nasional*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2493-2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. www.bsn.go.id
- Banthia, N., Bindiganavile, V., Jones, J., & Novak, J. (2012). Fiber-reinforced concrete in precast concrete applications: Research leads to innovative products. *PCI Journal*, 57(3). <https://doi.org/10.15554/pcij.06012012.33.46>
- Behbahani, H., Behbahani, H. P., Nematollahi, B., & Farasatpour, M. (2011). *Steel Fiber Reinforced Concrete: A Review*. <https://www.researchgate.net/publication/266174465>
- Blazy, J., & Blazy, R. (2021). Polypropylene fiber reinforced concrete and its application in creating architectural forms of public spaces. *Case Studies in Construction Materials*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00549>
- Brandt, A. M. (2008). Fibre Reinforced Cement Based (FRC) Composites After Over 40 Years of Development in Building and Civil Engineering. *Composite structures*, 86(1-3), 3-9.
- Castillo-Lara, J. F., Flores-Johnson, E. A., Valadez-Gonzalez, A., Herrera-Franco, P. J., Carrillo, J. G., Gonzalez-Chi, P. I., & Li, Q. M. (2020). Mechanical properties of natural fiber reinforced foamed concrete. *Materials*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/ma13143060>
- Daneshfar, M., Hassani, A., Aliha, M. R. M., Sadowski, T., & Karimi, A. (2023). Experimental Model for Study of Thickness Effect on Flexural Fatigue Life of Macro-Synthetic-Fiber-Reinforced Concretes. *Buildings*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/buildings13030642>
- Flores Medina, N., Barluenga, G., & Hernández-Olivares, F. (2015). Combined effect of Polypropylene fibers and Silica Fume to improve the durability of concrete with natural Pozzolans blended cement. *Construction and Building Materials*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.050>
- Hannant, D. J. (2003). Fibre- Reinforced Concretes. *Advanced Concrete Technology Proccess edited by John Newman and Ban Seng Choo*.
- Hasan, M. J., Afroz, M., & Mahmud, H. M. I. (2011). An Experimental Investigation on Mechanical Behavior of Macro Synthetic Fiber Reinforced Concrete. *Environmental Engineering*, 11(June).
- Kazemian, M., & Shafei, B. (2023). Mechanical properties of hybrid fiber-reinforced concretes made with low dosages of synthetic fibers. *Structural Concrete*, 24(1). <https://doi.org/10.1002/suco.202100915>
- Khalid, F. S., Irwan, J. M., Ibrahim, M. H. W., Othman, N., & Shahidan, S. (2018). Performance of plastic wastes in fiber-reinforced concrete beams.

Construction and Building Materials, 183.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.122>

- Leong, G. W., Mo, K. H., Loh, Z. P., & Ibrahim, Z. (2020). Mechanical properties and drying shrinkage of lightweight cementitious composite incorporating perlite microspheres and polypropylene fibers. *Construction and Building Materials*, 246. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118410>
- Liu, X., Sun, Q., Yuan, Y., & Taerwe, L. (2020). Comparison of the structural behavior of reinforced concrete tunnel segments with steel fiber and synthetic fiber addition. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 103. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103506>
- Mai, Y. W., Andonian, R., & Cotterell, B. (1980). Thermal Degradation of Polypropylene Fibers in Cement Composites. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 2. <https://doi.org/10.1016/b978-1-4832-8370-8.50133-9>
- Malisch, W. R. (1986). HOW WELL DO POLYPROPYLENE FIBERS CONTROL CRACKING? *Concrete Construction - World of Concrete*, 31(4).
- Meng, C., Li, W., Cai, L., Shi, X., & Jiang, C. (2020). Experimental research on durability of high-performance synthetic fibers reinforced concrete: Resistance to sulfate attack and freezing-thawing. *Construction and Building Materials*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120055>
- Nagabhushanam, M., Ramakrishnan, V., & Vondran, G. (1989). Fatigue strength of fibrillated polypropylene fiber reinforced concretes. *Transportation Research Record*, 1226.
- Neeladharan, C., Muralidharan, A., & Sathish, P. (2018). Experimental Investigation on Concrete by Using Admixture. *Suraj Punj Journal For Multidisciplinary Research*, 8(11).
- Nemeti, K. M. (2013). Concrete Technology. *University of Washington*.
- Ramakrishnan, V., Wu, G. Y., & Hosalli, G. (1989). Flexural fatigue strength, endurance limit, and impact strength of fiber reinforced concretes. *Transportation Research Record*, 1226.
- Romualdi, J. P., & Batson, G. B. (2008). Mechanics of crack arrest in concrete. *American Concrete Institute, ACI Special Publication, SP-249*. <https://doi.org/10.1061/jmcea3.0000381>
- Sadrinejad, I., Madandoust, R., & Ranjbar, M. M. (2018). The mechanical and durability properties of concrete containing hybrid synthetic fibers. *Construction and Building Materials*, 178. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.145>
- Saidani, M., Saraireh, D., & Gerges, M. (2016). Behaviour of different types of fibre reinforced concrete without admixture. *Engineering Structures*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.01.041>

- Shrooq Abd Al Kareem, & Ikram Faraoun Ahmed. (2021). Impact Resistance Of Bendable Concrete Reinforce With Grids And Containing PVA Solution. https://www.researchgate.net/publication/355269757_Impact_Resistance_of_Bendable_Concrete_Reinforced_with_Grids_and_Containing_PVA_Solution.
- Sivakumar, A., & Santhanam, M. (2007). Mechanical properties of high strength concrete reinforced with metallic and non-metallic fibres. *Cement and Concrete Composites*, 29(8). <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2007.03.006>
- Smarzewski, P. (2017). Effect of Curing Period on Properties of Steel and Polypropylene Fibre Reinforced Ultra-High Performance Concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 245(3). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/3/032059>
- Soe, K. T., Zhang, Y. X., & Zhang, L. C. (2013). Material properties of a new hybrid fibre-reinforced engineered cementitious composite. *Construction and Building Materials*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.02.021>
- Velasco, R. V., Filho, R. D. T., Fairbairn, E. M. R., Lima, P. R. L., & Neumann, R. (2004). Spalling and stress-strain behaviour of polypropylene fibre reinforced hpc after exposure to high temperatures. *6th RILEM Symposium on Fibre-Reinforced Concretes (FRC) - BEFIB, 1*.
- Vondran, G. L., Nagabhushanam, M., & Ramakrishnan, V. (1989). Fatigue Strength of Polypropylene Fiber Reinforced Concretes. *Elsevier Applied Science*, 533–543.
- Wang, Y., Liu, F., Yu, J., Dong, F., & Ye, J. (2020). Effect of polyethylene fiber content on physical and mechanical properties of engineered cementitious composites. *Construction and Building Materials*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118917>
- Yuan, Z., & Jia, Y. (2021). Mechanical properties and microstructure of glass fiber and polypropylene fiber reinforced concrete: An experimental study. *Construction and Building Materials*, 266. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121048>
- Zhang, D., Jaworska, B., Zhu, H., Dahlquist, K., & Li, V. C. (2020). Engineered Cementitious Composites (ECC) with limestone calcined clay cement (LC3). *Cement and Concrete Composites*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103766>
- Zhao, J., Wang, Q., Xu, G., Shi, Y., & Su, Y. (2023). Influence of macro-synthetic fiber on the mechanical properties of iron ore tailing concrete. *Construction and Building Materials*, 367. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130293>