

**TUGAS AKHIR**

**STUDI BESARAN MEKANIS BETON SCC YANG  
MENGANDUNG *POLYPROPYLENE***

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun Oleh :**

**Yufa Satrio Yudhoyono  
NIM : 30202100217**

**Jamaludin Ambiya  
NIM : 30202100226**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**2025**

**TUGAS AKHIR**

**STUDI BESARAN MEKANIS BETON SCC YANG  
MENGANDUNG *POLYPROPYLENE***

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun Oleh :**

**Yufa Satrio Yudhoyono**

**Jamaludin Ambiya**

**NIM : 30202100217**

**NIM : 30202100226**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**2025**



## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI BESARAN MEKANIS BETON SCC YANG MENGANDUNG *POLYPROPYLENE*



**Yufa Satrio Yudhoyono**  
NIM : 30202100217



**Jamaludin Ambiya**  
NIM : 30202100226

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 31 Juli 2025

#### Tim Penguji

1. **Prof. Dr. Ir. Antonius, MT.**  
NIDN: 0605046703
2. **Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**  
NIDN: 0625059102

#### Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Islam Sultan Agung

**Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**  
NIDN: 0625059102

## **BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

No: 15/A2/SA-T/VII/2025

Pada hari ini tanggal 31 Juli 2025 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing :

Nama : Prof. Dr. Ir. Antonius, MT.  
Jabatan Akademik : Guru Besar  
Jabatan : Dosen Pembimbing

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Yufa Satrio Yudhoyono  
NIM : 30202100217

Jamaludin Ambiya  
NIM : 30202100226

Judul : Studi Besaran Mekanis Beton SCC Yang Mengandung *Polypropylene*.

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	30/04/2025	ACC
2	Seminar Proposal	24/05/2025	
3	Pengumpulan Data	20/06/2025	
4	Analisis data	23/06/2025	
5	Penyusunan laporan	21/06/2025	
6	Selesai laporan	24/07/2025	

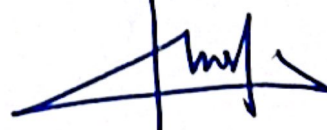
Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Antonius, MT.

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.



## PERNYATAAN KEASLIAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Yufa Satrio Yudhoyono

NIM : NIM : 30202100217

NAMA : Jamaludin Ambiya

NIM : NIM : 30202100226

JUDUL TUGAS AKHIR :

**Studi Besaran Mekanis Beton SCC Yang Mengandung *Polypropylene*.**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri. Kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini kami buat.

Semarang, 28 Juli 2025

Yang membuat pernyataan 1

  
METERAI TEMPEL  
2AMX420860764 /ono  
NIM : 30202100217

Yang membuat pernyataan 2

  
METERAI TEMPEL  
J. 1EFB7AMX434832525  
NIM : 30202100226

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Yufa Satrio Yudhoyono

NIM : 30202100217

NAMA : Jamaludin Ambiya

NIM : 30202100226

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

**Studi Besaran Mekanis Beton SCC Yang Mengandung *Polypropylene*.** benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 28 Juli 2025

Yang membuat pernyataan 1

  
  
no  
NIM : 30202100217

Yang membuat pernyataan 2

  
  
J. P. 2817AMX434832530  
NIM : 30202100226

## MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Q.S. Al-Baqarah : 286)

“Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Masing-masing beredar pada garis edarnya.”

(Q.S. Yasin : 40)

“Jangan terlalu keras pada dirimu sendiri, karena hasil akhir dari semua urusan di dunia ini sudah ditetapkan oleh Allah. Jika sesuatu ditakdirkan untuk menjauh darimu, maka ia tak akan pernah mendatangimu. Namun jika ia ditakdirkan bersamamu, maka kau tak akan bisa lari darinya.”

(Umar bin Khattab)

“Balas dendam terbaik adalah menjadikan dirimu lebih baik.” (Ali bin Abi Thalib)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(QS. Al-Insyirah : 6)

“Janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah, walau sebesar apapun dosa yang kamu lakukan.”

(Abu Bakr as-Siddiq)

“Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan?.”

(Q.S. Ar-Rahman : 13)

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini Penulis persembahkan untuk :

1. Teruntuk orang tua tercinta, yaitu Bapak Tri Yunanto dan Ibu Noer Farida atas semua cinta, pengertian, kasih sayang, kesabaran, doa, dan dukungan baik dalam bentuk material maupun spiritual serta selalu mencintai saya dengan tulus. Selain itu kepada kaka saya Yufa Sekar Arum Yunanto yang selalu mendukung dan mendoakan saya.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, MT. sebagai dosen pembimbing yang telah memberi waktu dan pengarahan dengan sabar, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Dosen-dosen Program Studi Teknik Sipil Unissula yang telah membagikan ilmunya.
4. Pengurus Batching Plant Kembar Jaya Mandiri Mulya, Mas Rico yang memberikan ilmunya dan membantu pelaksanaan penelitian dengan baik.
5. Rekan saya Jamaludin Ambiya yang telah berjuang bersama dan sabar dalam menyusun Tugas Akhir ini.
6. Pasangan saya Hasna Izzatul Jannah yang telah banyak membantu, mendoakan dan mendukung banyak hal selama masa kuliah saya.
7. Sahabat-sahabat saya s, dan teman teman lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Serta teman se-dosen pembimbing Vania, Yulia dan Elan yang ikut berperan memberi masukan dalam Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Angkatan 2021 Fakultas teknik khususnya kelas sipil C dan seluruh keluarga besar Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
9. Terakhir untuk diri saya Yufa Satrio Yudhoyono, terima kasih telah berjuang sejauh ini, dan bisa sampai di titik sekarang ini.

Yufa Satrio Yudhoyono  
NIM : 30202100217



## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini Penulis persembahkan untuk :

1. Teruntuk orang tua tercinta, yaitu Alm. Bapak Samsudin, Ibu Noerlaela terima kasih atas semua cinta, pengertian, kasih sayang, kesabaran, doa, dan dukungan baik dalam bentuk material maupun spiritual serta selalu mencintai saya dengan tulus. Selain itu kepada Ketiga kakak saya Nurul, Amar dan Alam yang selalu mendukung baik secara moral, finansial, material dan mendoakan saya.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, MT. sebagai dosen pembimbing yang telah memberi waktu dan pengarahan dengan sabar, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Dosen-dosen Program Studi Teknik Sipil Unissula yang telah membagikan ilmunya.
4. Pengurus Batching Plant Kembar Jaya Mandiri Mulya, Mas Rico yang memberikan ilmunya dan membantu pelaksanaan penelitian dengan baik.
5. Rekan saya Yufa Satrio Yudhoyono yang telah berjuang bersama dan sabar dalam menyusun Tugas Akhir ini
6. Teman-teman kontrakan Yuwa, Noval, Wildan, dan Yusuf yang telah banyak membantu dalam masa kuliah ini.
7. Sahabat seperjuangan saya di kelas yaitu Satria dan Nanda. Serta teman se-dosen pembimbing, Vania, Yulia dan Elan yang ikut berperan memberi masukan dalam Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman angkatan 2021 Fakultas Teknik khususnya kelas sipil C dan seluruh keluarga besar Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
9. Terakhir untuk diri saya Jamaludin Ambiya, terima kasih telah bertahan sejauh ini dan bisa sampai di titik sekarang ini.

Jamaludin Ambiya  
NIM : 30202100226

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Studi Besaran Mekanis Beton SCC Yang Mengandung *Polypropylene*.” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, MT. selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Kakak Tingkat yang telah memberikan referensi laporan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, Juli 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>v</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>TABEL NOTASI.....</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xvii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Maksud dan Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Beton SCC.....	5
2.2 Karakteristik Beton SCC .....	6
2.2.1 <i>Filling Ability</i> .....	6
2.2.2 <i>Passing Ability</i> .....	6
2.2.3 <i>Resistance to Segregation</i> .....	7
2.3 <i>Material Self Compacting Concrete (SCC)</i> .....	8
2.3.1 Agregat.....	8
2.3.2 Semen Portland.....	11
2.3.3 Air .....	11
2.3.4 <i>Fly Ash</i> .....	11
2.3.5 SS8 Consol.....	12



2.4	Beton Serat ( <i>Fiber Concrete</i> ) .....	12
2.4.1	Sifat-Sifat Beton Serat .....	13
2.4.2	Keunggulan Beton Serat .....	13
2.4.3	Tantangan dan Kekurangan .....	14
2.5	Serat <i>Polypropylene</i> .....	14
2.5.1	Pengujian Kuat Lentur Berdasarkan ASTM C-1609 .....	16
2.6	Pengaruh Penambahan Serat <i>Polypropylene</i> terhadap Sifat Mekanik Beton <i>Self-Compacting Concrete</i> (SCC) .....	19
2.6.1	Pengaruh Serat <i>Polypropylene</i> terhadap Kuat Tekan Beton SCC .....	19
2.6.2	Pengaruh Serat <i>Polypropylene</i> terhadap Kuat Tarik Belah Beton SCC. .....	20
2.6.3	Pengaruh Serat <i>Polypropylene</i> terhadap Kuat Lentur Beton SCC .....	20
2.6.4	Pengaruh Serat Modulus Statis terhadap Modulus Elastisitas Beton SCC .....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>21</b>
3.1	Metode Persiapan .....	21
3.2	Material .....	21
3.3	Metode Pengujian .....	22
3.3.1	Kuat Tekan ( <i>Compressive Strenght</i> ) .....	23
3.3.2	Kuat Tarik Belah .....	23
3.3.3	Kuat Lentur .....	23
3.3.4	Metode Perancangan Beton .....	23
3.4	Penentuan Variasi Berat Serat <i>Polypropylene</i> .....	24
3.5	Metode Pengolahan Hasil .....	25
3.6	Bagan Alir .....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>28</b>
4.1	Analisa Serat <i>Polypropylene</i> .....	28
4.2	<i>Mix Design</i> Beton .....	28
4.3	Standar Pengujian SCC .....	30
4.3.1	<i>Slump Flow</i> .....	30
4.3.2	<i>L-Box Test</i> .....	32
4.3.3	<i>V-Funnel Test</i> .....	35
4.4	Validasi .....	37
4.5	Uji Kuat Tekan .....	38
4.6	Uji Kuat Tarik Belah .....	41
4.7	Uji Kuat Lentur .....	45

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>49</b>
5.1    Kesimpulan.....	49
5.2    Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xx</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>xxii</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Indikator Uji Beton SCC .....	8
<b>Tabel 3.1</b> Matriks Benda Uji (Viscocrete) .....	22
<b>Tabel 3.2</b> <i>Mix Design</i> Beton Per 1 m <sup>3</sup> (w/c=0,38) .....	24
<b>Tabel 4.1</b> <i>Mix Design</i> Beton Per 1 m <sup>3</sup> (2518,3kg/m <sup>3</sup> ) .....	29
<b>Tabel 4.2</b> Komposisi Campuran Peradukan (0,053m <sup>3</sup> ).....	29
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Pengujian <i>Slump Flow</i> .....	30
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengujian <i>L-Box Test</i> .....	32
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Pengujian <i>V-Funnel Test</i> .....	35
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Uji Tekan Semua Benda Uji Beton SCC Umur 21 Hari.....	37
<b>Tabel 4.7</b> Validasi Hasil Uji Tekan Benda Uji Beton SCC Umur 21 Hari .....	37
<b>Tabel 4.8</b> Hasil Uji Tekan Benda Uji Beton SCC Umur 21 Hari.....	38
<b>Tabel 4.9</b> Hasil Uji Tarik Belah Benda Uji Beton SCC Umur 21 Hari.....	41
<b>Tabel 4.10</b> Ft/Fc' Beton SCC 21 Hari .....	44
<b>Tabel 4.11</b> Ft/Fc' Beton SCC 21 Hari Konversi Ke 28 Hari .....	44
<b>Tabel 4.12</b> Hasil Uji Kuat Lentur Benda Uji Beton SCC Umur 21 Hari.....	46





## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	<i>Slump-Flow Test</i> .....	6
<b>Gambar 2.2</b>	<i>L-Shape Box Test</i> .....	7
<b>Gambar 2.3</b>	<i>V-Funnel Test</i> .....	7
<b>Gambar 2.4</b>	Menunjukkan konsep dasar proses pembuatan beton SCC .....	8
<b>Gambar 2.5</b>	Grafik hubungan antara <i>Flexural Strength</i> (kekuatan lentur) dan <i>Deflection</i> (defleksi) berdasarkan variasi kadar serat <i>polypropylene</i> (PP) dengan standar ASTM C-1609. ....	17
<b>Gambar 2.6</b>	Grafik hubungan antara <i>Flexural Strength</i> (kekuatan lentur) dan <i>Deflection</i> (defleksi) berdasarkan variasi kadar serat <i>polypropylene</i> (PP) dengan standar ASTM C-1609. ....	17
<b>Gambar 2.7</b>	Grafik hubungan antara <i>Flexural Strength</i> (kekuatan lentur) dan <i>Deflection</i> (defleksi) berdasarkan variasi kadar serat <i>polypropylene</i> (PP) dengan standar ASTM C-1609. ....	18
<b>Gambar 2.8</b>	Grafik hubungan antara <i>Flexural Strength</i> (kekuatan lentur) dan <i>Deflection</i> (defleksi) berdasarkan variasi kadar serat <i>polypropylene</i> (PP) dengan standar ASTM C-1609. ....	18
<b>Gambar 4.1</b>	Diagram Hasil Uji <i>Slump Flow</i> .....	31
<b>Gambar 4.2</b>	Hasil Uji <i>Slump Flow</i> .....	31
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik Hasil Uji <i>L-Box</i> .....	33
<b>Gambar 4.4</b>	Hasil Uji <i>L-Box</i> (H1) .....	34
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil Uji <i>L-Box</i> (H2) .....	34
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik Hasil Uji <i>V-Funnel</i> .....	36
<b>Gambar 4.7</b>	Dokumentasi Hasil Uji <i>V-Funnel</i> .....	36
<b>Gambar 4.8</b>	Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Dengan Kandungan Serat <i>Polypropylene</i> 0 gram .....	39
<b>Gambar 4.9</b>	Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Dengan Kandungan Serat <i>Polypropylene</i> 455 gram .....	39
<b>Gambar 4.10</b>	Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Dengan Kandungan Serat <i>Polypropylene</i> 910 gram.....	40
<b>Gambar 4.11</b>	Grafik Hasil Uji Kuat Tarik Belah Dengan Kandungan Serat <i>Polypropylene</i> 0 Gram.....	42

<b>Gambar 4.12</b> Grafik Hasil Uji Kuat Tarik Belah Dengan Kandungan Serat <i>Polypropylene</i> 455 Gram.....	43
<b>Gambar 4.13</b> Grafik Hasil Uji Kuat Tarik Belah Dengan Kandungan Serat <i>Polypropylene</i> 910 Gram.....	43
<b>Gambar 4.14</b> Grafik Hasil FT/FC' .....	45
<b>Gambar 4.15</b> Grafik Hasil Uji Lentur Dengan Kandungan Serat <i>Polypropylene</i> 0 <i>gram</i> .....	47
<b>Gambar 4.16</b> Grafik Hasil Uji Lentur Dengan Kandungan Serat <i>Polypropylene</i> 455 gram.....	47
<b>Gambar 4.17</b> Grafik Hasil Uji Lentur Dengan Kandungan Serat <i>Polypropylene</i> 910 gram.....	48



**TABEL NOTASI**

Singkatan/Notasi	Keterangan
$f_c'$	Satuan kuat tekan beton
$f_t$	Satuan pada kuat tarik beton
$MPa$	Megapascal yang merupakan satuan tekanan dalam sistem Internasional
$SCC$	Self Compacting Concrete yang merupakan jenis beton khusus dapat mengalir dan memadat sendiri tanpa memerlukan vibrasi
$SF$	Silica Fume yaitu bahan tambahan dalam campuran beton
$SS-8$	Superplasticizer atau bahan tambahan dalam beton
$V_f$	Volume Fraction yang mengacu pada rasio atau presentase volume serat polypropylene
$w/c$	Water of Cemen Rasio adalah perbandingan antara jumlah air yang digunakan dengan jumlah semen dalam campuran beton



# STUDI BESARAN MEKANIS BETON SCC YANG MENGANDUNG *POLYPROPYLENE*

## ABSTRAK

Beton merupakan salah satu material utama dalam konstruksi, yang umumnya dibuat dari campuran semen, agregat kasar, agregat halus, air, serta bahan aditif bila diperlukan. Beton normal, sebagai jenis yang paling umum digunakan, terus mengalami perkembangan untuk menyesuaikan dengan kebutuhan konstruksi modern. Salah satu terobosan penting di bidang ini adalah hadirnya *Self Compacting Concrete* (SCC), yaitu beton yang mampu memadat secara mandiri tanpa bantuan getaran eksternal.

Penelitian ini mempelajari sifat mekanik SCC dengan penambahan serat *polypropylene* dan aditif Consol SS-8. Penambahan serat bertujuan utama untuk memperbaiki kekuatan tarik, meningkatkan daktilitas, serta memperkuat ketahanan beton terhadap retak. Metode penelitian yang digunakan bersifat eksperimental, meliputi pengujian pada benda uji silinder berukuran 150 × 300 mm untuk kuat tekan dan kuat tarik belah, serta benda uji prisma berukuran 150 × 150 × 600 mm untuk kuat lentur. Seluruh pengujian dilaksanakan di fasilitas Batching Plant Kembar Jaya Mandiri Mulya.

Berdasarkan hasil penelitian, penambahan serat *polypropylene* berpengaruh nyata terhadap sifat alir dan stabilitas beton segar. Penggunaan serat *polypropylene* sebanyak 455 gram menghasilkan keseimbangan terbaik antara stabilitas, kemampuan mengalir, dan kesesuaian dengan standar uji. Sementara itu, peningkatan dosis hingga 910 gram cenderung menurunkan performa alir beton, sebagaimana terlihat pada hasil uji *slump flow*, *L-box*, dan *V-funnel*, yang menunjukkan bahwa kelebihan serat dapat menghambat kelancaran aliran beton.

**Kata Kunci:** Serat *Polypropylene*, Consol SS-8, Kuat Tekan, Kuat Lentur, Kuat Tarik Belah.

# **STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES OF SCC CONCRETE CONTAINING POLYPROPYLENE**

## **ABSTRACT**

*Concrete, as a fundamental construction material, is Typically consists of Cement, coarse aggregate, fine aggregate, water, and, when necessary, supplementary admixtures. Conventional concrete, the most commonly used type, continues to evolve to meet the needs of modern construction. One notable advancement in this field is Self-Compacting Concrete (SCC), a variety capable of self-consolidation without the need for external vibration.*

*This study examines the mechanical properties of SCC incorporating polypropylene fibers and the Consol SS-8 additive. The main purpose of adding fibers is to improve the concrete's tensile strength, ductility, and resistance to cracking.*

*The research employed an experimental approach, utilizing 150 × 300 mm cylindrical specimens for compressive and splitting tensile strength tests, as well as 150 × 150 × 600 mm prismatic specimens for flexural strength tests. All experimental work was conducted at the Kembar Jaya Mandiri Mulya batching plant.*

*Results indicate that the inclusion of polypropylene fibers notably affects the flowability and stability of fresh SCC. The addition of 455 grams of polypropylene fiber produced an optimal balance between stability, workability, and adherence to testing standards. However, increasing the dosage to 910 grams tended to reduce the flow performance, as shown by the slump flow, L-box, and V-funnel test results, suggesting that excessive fiber content can hinder proper flow.*

**Keywords:** *Polypropylene Fiber, Consol SS-8, Compressive Strength, Flexural Strength, Splitting Tensile Strength.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton adalah material konstruksi yang tersusun dari campuran semen, agregat kasar, agregat halus, air, serta bahan tambahan apabila diperlukan.. Biasanya beton yang paling umum digunakan dalam proses konstruksi adalah beton normal. Proses pembuatan beton normal dianggap mudah karena tidak memerlukan bahan tambahan dan juga dianggap lebih ekonomis. Namun, dalam proses pengecoran beton normal sering terhambat karena jarak antara tulang terlalu rapat. Dampaknya adalah terjadi pemisahan antara agregat halus, semen dan air dengan agregat kasar (segregasi). Oleh karena itu, beton normal terus mengalami perubahan sesuai dengan kebutuhan konstruksi yang ada. Salah satu metode untuk mencapai hal tersebut adalah dengan menggunakan pengembangan beton jenis *Self Compacting Concrete* (SCC).

*Self Compacting Concrete* (SCC) adalah jenis beton yang memiliki kemampuan untuk memadat sendiri dengan tingkat kekentalan yang tinggi. Dalam penempatan bekisting dan proses pemadatan, SCC tidak memerlukan penggetaran seperti pada beton normal.

Dalam pekerjaan konstruksi beton, proses pemadatan atau getaran pada beton adalah suatu tindakan yang sangat penting untuk dilakukan dalam rangka pembangunan Struktur beton bertulang tradisional. Tugas dari proses pemadatan adalah untuk mengeluarkan udara yang terperangkap Pada beton dalam keadaan segar sehingga hasilnya adalah beton yang homogen dan bebas dari rongga rongga. Akibat dari pemadatan yang tidak sempurna pada beton bertulang adalah berkurangnya kuat tekan beton dan tingkat ketahanan air pada beton sehingga tulangan lebih rentan berkarat.

Penelitian mengenai beton serat di Indonesia mulai dikembangkan. Untuk menciptakan beton *Self Compacting Concrete* (SCC), Pemakaian serat *polypropylene* terbukti mampu meningkatkan serta memperbaiki karakteristik struktural beton, (ACI Committee 544, 1982).



*Self Compacting Concrete* (SCC) memiliki sejumlah kelebihan dibandingkan beton konvensional, yang menjadikannya material unggul dalam berbagai aplikasi konstruksi. Salah satu kelebihannya adalah kemampuan mengalir dan memadat secara mandiri tanpa memerlukan getaran mekanis, sehingga mampu mengisi cetakan yang rumit atau rapat dengan sempurna, termasuk di area yang sulit dijangkau. Selain itu, SCC memiliki homogenitas yang tinggi karena campuran agregatnya lebih stabil, mengurangi risiko segregasi atau *bleeding*. Kelebihan lainnya mencakup peningkatan kualitas permukaan akhir, pengurangan kebisingan dan getaran di lokasi proyek karena tidak memerlukan pemadatan tambahan, serta efisiensi waktu dan biaya pelaksanaan. Keunggulan-keunggulan ini membuat SCC semakin diminati pada proyek-proyek yang menuntut presisi tinggi, efisiensi kerja, serta peningkatan kualitas hasil akhir konstruksi.

Penelitian ini akan menambahkan kombinasi serat *polypropylene* dalam beton mutu tinggi menjadi solusi penting meningkatkan kekuatan, daktilitas ketahananbenturan pada beton. Berdasarkan penjelasan di atas, material beton berserat *polypropylene* SCC merupakan pilihan yang sangat efektif dalam pembuatan komponen struktur beton berserat *polypropylene* yang berkualitas.

Penambahan serat pada campuran beton diperkirakan akan mempercepat penurunan kelecakan adukan, sejalan dengan Bertambahnya konsentrasi serat dan perbandingan rasio aspek serat (perbandingan panjang terhadap diameter serat) (Sudarmoko, 1993).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari penjelasan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah beton berserat *polypropylene* SCC mempunyai karakteristik yang sama dengan beton berserat *polypropylene* non-SCC?
2. Bagaimana pengaruh serat *polypropylene* pada beton mutu tinggi SCC?
3. Bagaimana karakteristik kuat tekan, tarik, belah beton berserat *polypropylene* mutu tinggi SCC?

### 1.3 Maksud dan Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui karakteristik beton berserat *polypropylene* SCC dan beton berserat *polypropylene* non-SCC dengan mencari bahan tambah yang optimum dan sesuai.
2. Untuk mengetahui pengaruh serat *polypropylene* pada beton memadat sendiri mutu tinggi pada aspek kemudahan pengerjaannya (*workability*)
3. Melakukan validasi beton berserat *polypropylene* SCC terkekang dengan persamaan desain eksisting

### 1.4 Batasan Masalah

Di dalam penelitian ada beberapa pembatasan yang dilakukan sebagai berikut :

1. Bahan susun beton berserat *polypropylene* SCC yang digunakan berasal dari material lokal
2. Parameter bahan susun yang digunakan sesuai dengan kebutuhan perancangan
3. Reaksi kimia bukanlah fokus utama, tetapi yang lebih penting adalah perilaku material dalam beton berserat *polypropylene* SCC
4. Bahan yang ditambahkan untuk menciptakan beton SCC yaitu SS-8

### 1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

#### **BAB I      PENDAHULUAN**

Dalam bab ini, dijelaskan tentang gambaran singkat dan jelas tentang masalah dan latar belakang yang dibahas dalam penelitian ini. Bab ini memuat latar belakang, perumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan penelitian, serta sistematika penulisan.

#### **BAB II     TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi informasi dari literatur dan penelitian sebelumnya yang relevan terkait dengan landasan teori dan metode pemecahan masalah yang akan diterapkan dalam penelitian.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bagian ini berisikan informasi mengenai lokasi dan jadwal penelitian, peralatan dan bahan yang digunakan, objek yang diuji, serta langkah-langkah prosedur penelitian.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini ini dipaparkan hasil analisis karakteristik mekanik ( kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur) pada beton SCC yang menggunakan variasi tambahan serat *polypropylene*.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bagian ini merupakan akhir dari seluruh penulisan tugas akhir yang berisi hasil analisis data yang berupa kesimpulan dari Studi yang sudah dilakukan sesuai dengan tujuan Studi ini juga memberikan rekomendasi untuk penelitian berikutnya.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Beton SCC

*Self Compacting Concrete* merupakan beton yang dapat memadat sendiri dan mempunyai nilai *slump* yang tinggi. Pada saat penuangan dan pemadatan, SCC tidak memerlukan getaran seperti biasa, karena memiliki *flowability* yang cukup baik sehingga dapat mengalir dengan baik, mengisi seluruh bekisting dan memadat sendiri. SCC dirancang untuk memenuhi dua persyaratan utama yaitu *flowability* dan ketahanan terhadap segregasi.

Meskipun SCC mempunyai *flowability* yang tinggi, namun beton jenis ini tetap stabil dan tidak mengalami segregasi, khususnya pemisah antara agregat kasar, agregat halus dan semen. Dengan kata lain SCC dapat mengalir dengan baik tanpa mempengaruhi kestabilan campuran beton. Adapun kelebihan dari *Self Compacting Concrete* (SCC) diantaranya :

1. Tekstur yang encer dan dapat mengalir dengan baik ke dalam cetakan sehingga dapat memudahkan saat pengecoran.
2. Dapat memadat dengan sendirinya tanpa memerlukan pemadatan manual.
3. Menghasilkan beton yang lebih padat dan lebih homogen.
4. Kuat tekan beton dengan mutu yang tinggi.
5. Kualitas beton lebih baik dan tahan lama.
6. Lebih kedap, porositas lebih kecil.
7. SCC menghasilkan permukaan beton yang lebih halus, bebas cacat atau gelembung udara.
8. Karena tidak memerlukan penggetaran manual, sehingga menciptakan lingkungan kerja yang lebih tenang dan mengurangi dampak kebisingan saat pelaksanaan pengecoran.
9. Dapat menghemat biaya karena tenaga kerja yang dibutuhkan lebih sedikit dikarenakan kemampuan SCC yang dapat memadat dengan sendiri.

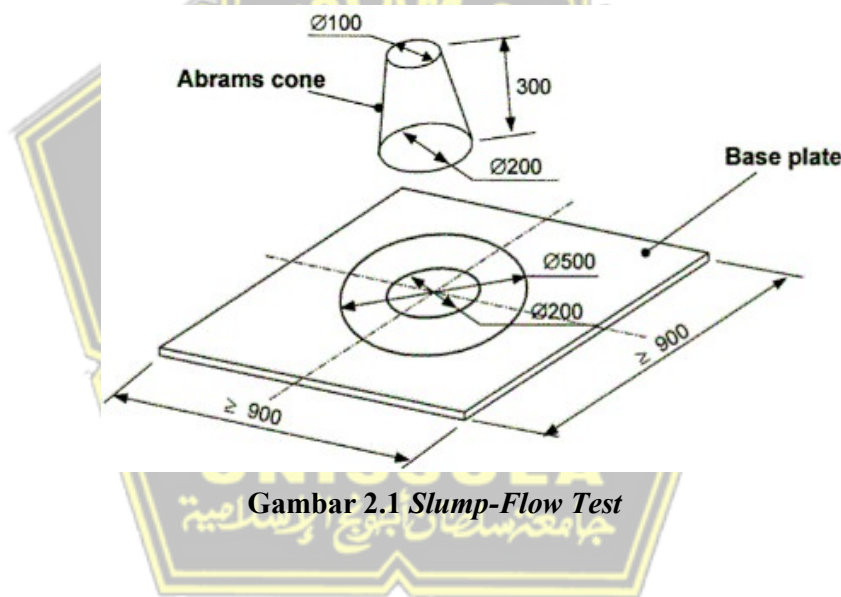


## 2.2 Karakteristik Beton SCC

Berdasarkan EFNARC (*Guidelines for Self-Compacting Concrete*, 2002) beton dapat disebut SCC apabila sifat-sifat beton memenuhi kriteria sebagai berikut :

### 2.2.1 Filling Ability

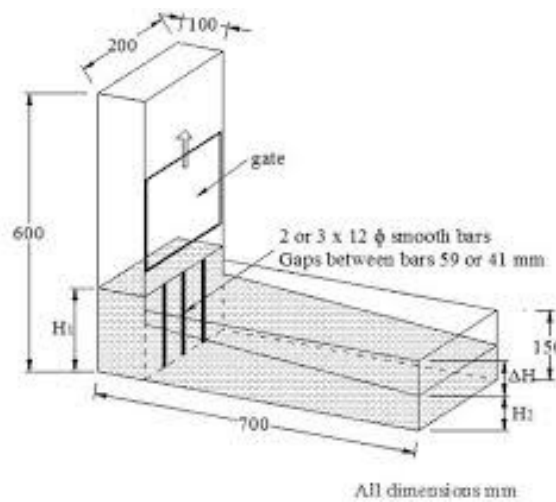
Kapasitas beton SCC dalam mengalir dan mengisi cetakan secara merata dengan beratnya sendiri. Untuk mengetahui apakah beton SCC memiliki kemampuan *filling ability* maka akan dilakukan pengujian *Slump-flow Test*. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur seberapa jauh campuran SCC dapat menyebar secara horizontal ketika ditempatkan dalam cetakan *slump* yang sudah diangkat. Hasil pengukuran diameter penyebaran yaitu sebesar antara 60-75 cm menunjukkan bahwa beton mempunyai *filling ability* yang cukup baik. Pengujian *slump flow* bisa dilihat pada **Gambar 2.1**.



### 2.2.2 Passing Ability

Beton SCC memiliki kemampuan mengalir melewati celah di antara tulangan atau ruang cetakan sempit tanpa mengalami segregasi maupun penyumbatan. Untuk mengukur *passing ability* beton SCC, gunakan alat pengujian berupa *L-shape Box Test*. *Passing ability* dinilai berdasarkan rasio tinggi beton pada ujung bagian horizontal dari *L-Box* dibandingkan tinggi beton pada bagian awal ( $H_2/H_1$ ). Semakin tinggi nilai *blocking rate* maka beton segar akan mengalir dengan viskositas tertentu semakin baik. Pada SCC, nilai kriteria khusus berada

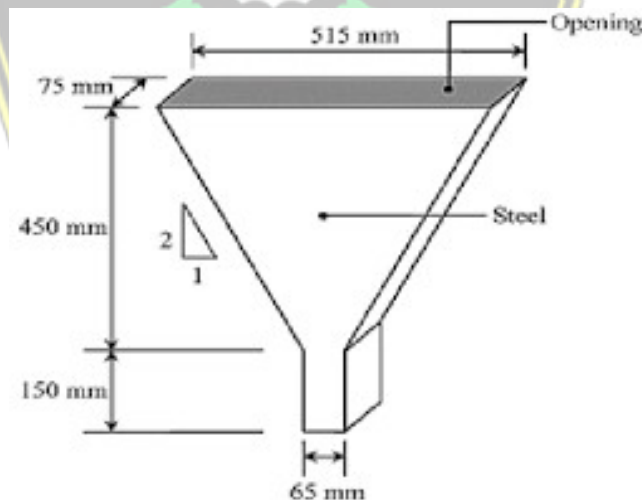
pada kisaran 0,8 hingga 1,0. Pengujian *L-Shape Box* dapat dilaksanakan sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 2.2**.



**Gambar 2.2** *L-Shape Box Test*

### 2.2.3 Resistance to Segregation

Ketahanan beton segar terhadap segregasi dapat diuji menggunakan alat *V-Funnel*. Pengujian ini mengukur waktu yang dibutuhkan beton untuk mengalir melalui lubang pada bagian bawah alat *V-Funnel*, yang idealnya berada dalam rentang 7–13 detik (*Japan Society of Civil Engineers*, 2007). uji *V-Funnel* bisa dilihat pada **Gambar 2.3**.

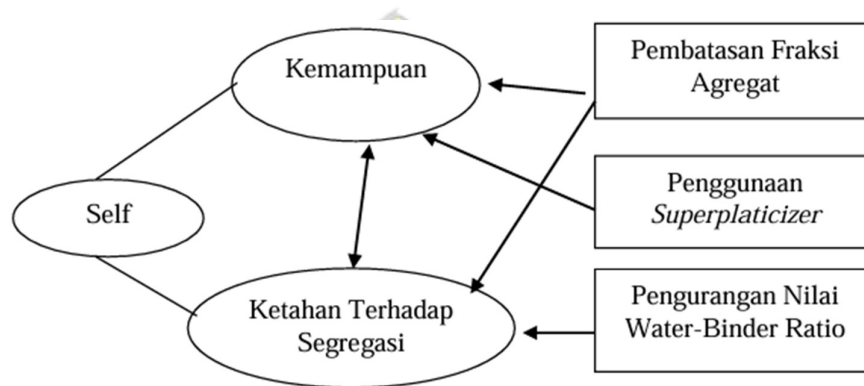


**Gambar 2.3** *V-Funnel Test*

**Tabel 2.1** Indikator Uji Beton SCC

Metode Test	Satuan	Kriteria Penerimaan	
		Minimum	Maksimum
<i>Slump Flow Test</i>	mm	650	800
<i>L-Shape Box Test</i>	H2/H1	0,8	1,0
<i>V-Funnel Test</i>	detik	6	12

**Gambar 2.4** memperlihatkan konsep dasar yang digunakan dalam proses pembuatan beton SCC.



**Gambar 2.4** Menunjukkan konsep dasar proses pembuatan beton SCC

## 2.3 Material *Self Compacting Concrete* (SCC)

Bahan utama yang digunakan dalam beton SCC mirip dengan beton konvensional, namun formulasi dan proporsinya disusun secara khusus untuk mencapai aliran yang tinggi, stabilitas, dan ketahanan terhadap segregasi. Berikut ini adalah material yang digunakan dalam proses pembuatan beton SCC :

### 2.3.1 Agregat

Karena agregat menyusun sekitar 70–75% dari total volume beton, mutu agregat memiliki pengaruh besar terhadap kualitas beton secara keseluruhan. Agregat dibagi menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus:

#### 1. Agregat kasar

Agregat kasar dapat berupa batu hasil disintegrasi alami dari batuan, atau Batu pecah yang diperoleh dari proses penghancuran batu, dengan ukuran butir antara 5–40 mm (tertahan pada saringan no. 4). Beberapa tahap yang perlu dilakukan

dalam penelitian seperti Pemeriksaan agregat sebelum digunakan untuk pembuatan benda uji meliputi antara lain sebagai berikut:

1. Pengecekan gradasi

Pengecekan gradasi bertujuan untuk mendapatkan ukuran partikel (gradasi) agregat melalui proses penyaringan menggunakan ayakan. Berdasarkan Standar SK SNI M-09-F tahun 1989 dari hasil Pengujian gradasi agregat diperoleh Nilai modulus halus butir (MHB). Modulus halus butir merupakan ukuran kehalusan atau kekasaran butir agregat merupakan hasil yang dipakai untuk menunjukkan tingkat halus atau kasar butir agregat. Nilai ini dihitung dengan menjumlahkan persentase kumulatif butir agregat yang tertahan pada susunan saringan tertentu, kemudian dibagi seratus. Semakin besar nilai MHB, semakin besar ukuran butir agregat tersebut. Umumnya, pasir memiliki nilai MHB berkisar antara 2,3 hingga 3,3

2. Pengecekan Kadar Lumpur

Pengecekan ini bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur yang terdapat pada pasir.

3. Berat Air

Pengujian Berat Air bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang terkandung dalam agregat halus. Berdasarkan Standar SK SNI M-09-F tahun 1989, perhitungan kadar air dapat dilakukan menggunakan rumus

$$\frac{\text{volume sebelum di oven} - \text{berat setelah di oven}}{\text{berat setelah oven}} \times 100\%$$

4. Pengujian Kadar kandungan Organik

Pengujian ini bertujuan menentukan kadar zat organik yang terdapat dalam pasir untuk campuran beton. Berdasarkan Standar SK SNI M-09-F tahun 1989, prosedurnya dilakukan dengan merendam sampel pasir ke dalam larutan NaOH selama 24 jam, setelah itu membandingkan Perbandingan warna larutan tersebut menggunakan *tintometer*. Jika warna larutan sesuai dengan warna pada *tintometer*, maka agregat dapat digunakan dalam penelitian. Namun, apabila tidak ada kesesuaian warna, agregat sebaiknya dicuci terlebih dahulu untuk mengurangi kandungan zat organik di dalamnya.



## 5. Pengujian Massa jenis dan tingkat penyerapan

Pengujian Massa jenis dan tingkat penyerapan bertujuan untuk menentukan massa jenis serta tingkat penyerapan pada agregat halus. Menurut SK SNI M-09-F (1989), perhitungan massa jenis dan penyerapan dapat dilakukan dengan beberapa rumus, antara lain:

- *Bulk Specific Gravity* untuk agregat halus (3-3)
- *Bulk Specific Gravity SSD* (3-4)
- *Apparent Specific Gravity* (Berat Jenis Tampak) (3-5)
- *Absorption* (3-6)

Keterangan:

- A = Berat kering pasir (gram)
- V = Berat sebelum pengujian pasir (gram)
- W = volume air (liter)

Secara umum, agregat halus mempunyai berat jenis sekitar berkisar antara 2,3 hingga 2,6. Sedangkan untuk penyerapan, nilai maksimal yang diperbolehkan adalah 5%.

Rumus serupa juga digunakan kepada agregat kasar, yaitu:

- Bulk (volume keseluruhan) Specific Gravity (3-7)
- Bulk (volume keseluruhan) Specific Gravity SSD (3-8)
- Apparent Specific Gravity (berat jenis tampak) (3-9)
- Absorption (penyerapan)  $\times 100\%$  (3-10)

Keterangan:

- A = Berat tidak basah oven (gram)
- B = Berat SSD (gram)
- C = Berat agregat Ketika di dalam air (gram)

## 6. Pengujian abrasi atau keausan

Pengujian abrasi atau keausan bertujuan mengukur tingkat kekerasan agregat yang kasar dapat Menggunakan alat *Los Angeles Machine* sesuai SK SNI M-09-E (1989). Uji ini menilai kekuatan agregat terhadap aus, yang berkaitan dengan kekerasan dan kekuatan kerikil serta kemungkinan pecahnya butiran kerikil selama proses penumpukan, pemindahan, dan pengangkutan.

## 2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alami yang berasal dari proses disintegrasi batuan secara alami, atau pasir yang dihasilkan melalui pemecahan batu, dengan ukuran butir kurang dari 3/16 inci atau setara dengan 5 milimeter (lolos saringan nomor 4).

### 2.3.2 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2029-2004:1).

### 2.3.3 Air

Air merupakan salah satu komponen kunci dalam beton yang bekerjasama dengan semen untuk menahan agregat. Air dalam SCC biasanya lebih sedikit dibandingkan dengan beton biasa. Peran air dalam beton SCC untuk mengaktifkan hidrasi semen dan mempengaruhi *flowability* dan *workability* serta mengontrol viskositas dan ketahanan segregasi.

### 2.3.4 Fly Ash

*Fly ash* merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pembakaran Batubara pada PLTU dan diangkut melalui ketel. Material ini banyak digunakan sebagai material pelengkap untuk meningkatkan kinerja, keawetan dan ekonomisitas beton. *Fly ash* tergolong pozzolone karena mengandung kadar Silika dan alumina yang cukup tinggi. Kandungan *fly ash* secara kimia Mampu bereaksi dengan larutan alkali pada suhu tertentu sehingga membentuk bahan campuran. Berdasarkan *ACI Manual of Concrete Practice* (1993), *fly ash* dapat dibedakan menjadi 3 kelas, yaitu:

#### 1. Kelas C

*Fly ash* dengan kandungan CaO di atas 10% berasal dari pembakaran batubara lignit atau sub-bituminus (batubara muda). Persentase ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) melebihi 50%, sedangkan kadar CaO sekitar 10%. Dalam campuran beton, material ini digunakan sebanyak 15–35% dari berat *binder*.

## 2. Kelas F

*Fly ash* dengan kandungan CaO kurang dari 10% berasal dari pembakaran batubara antrasit atau bituminus. Komposisi ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) lebih dari 70%, sedangkan kadar CaO kurang dari 50%. Dalam campuran beton, material ini digunakan sebesar 15–25% dari berat *binder*.

## 3. Kelas N

Pozzolan alam maupun hasil pembakaran yang termasuk di dalamnya antara lain tanah diatom, opaline chert, serpih (*shales*), tuf (*tuff*), dan abu vulkanik. Bahan-bahan tersebut dapat diproses melalui pembakaran maupun tanpa pembakaran. Kandungan ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) pada material ini melebihi 70%.

### 2.3.5 SS8 Consol

Consol SS-8 adalah *superplasticizer* berbahan dasar polikarboksilat eter (PCE) yang dimodifikasi, sangat cocok untuk beton dan mortar. Dirancang khusus untuk produksi beton volume tinggi dengan sifat retensi aliran yang luar biasa. Consol SS-8 memenuhi standar ASTM C494/C494M-19 untuk aditif kelas F.

Consol SS-8 memungkinkan pengurangan air yang sangat besar hingga 30%, sehingga memungkinkan diperolehnya beton dengan kepadatan tinggi, kekuatan tinggi, dan permeabilitas rendah. Secara signifikan meningkatkan kemampuan *flowability* beton, memungkinkan beton untuk mengisi cetakan atau tanpa memerlukan pemadatan eksternal, khususnya untuk campuran SCC.

Hal ini memudahkan SCC untuk bergerak dengan mudah di sekitar tulangan yang rapat. Dan dapat membantu mempertahankan koehsi yg optimal, mencegah segregasi dan memastikan campuran tetap homogen.

Dosis standar Consol SS-8 adalah 0,6% hingga 2,0% berat semen. *Superplasticizer* ini biasanya ditambahkan setelah Sebagian besar air dimasukkan ke dalam campuran untuk mencapai hasil yang optimal dalam hal kemampuan *flowability* dan kekuatan.

## 2.4 Beton Serat (*Fiber Concrete*)

Beton serat atau *fiber reinforced concrete* (FRC) merupakan jenis beton yang ditambahkan material serat ke dalam campurannya untuk meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan beton terhadap berbagai kondisi pembebanan. Serat yang digunakan dalam beton dapat berasal dari berbagai jenis material, seperti serat

bendrat, serat polimer (*polypropylene*), serat kaca, hingga serat alami. Penambahan serat ke dalam beton bertujuan untuk mengurangi kelemahan beton terhadap gaya tarik dan memperbaiki perilaku retak beton.

#### **2.4.1 Sifat-Sifat Beton Serat**

Secara umum, beton serat memiliki sifat sebagai berikut:

- Peningkatan ketahanan retak: Serat bekerja sebagai penahan propagasi retak (*crack bridging*), sehingga mencegah penyebaran retak mikro menjadi retak besar.
- Daktilitas lebih baik: Beton serat menunjukkan perilaku lebih daktil atau tidak getas, sehingga mampu menahan deformasi lebih besar sebelum patah.
- Peningkatan energi serap: Dengan kehadiran serat, beton memiliki kemampuan menyerap energi lebih banyak sebelum kegagalan, yang penting untuk aplikasi tahan gempa atau struktur yang mengalami pembebanan dinamis.
- Pengaruh terbatas pada kuat tekan: Penambahan serat umumnya tidak memberikan peningkatan signifikan pada kuat tekan, namun lebih dominan meningkatkan sifat tarik dan lentur.
- Penyebaran serat yang merata penting: Distribusi serat yang baik dalam campuran beton sangat berpengaruh terhadap efektifitas peran serat dalam meningkatkan performa beton.

#### **2.4.2 Keunggulan Beton Serat**

Dibandingkan beton konvensional, beton serat memiliki sejumlah keunggulan, di antaranya:

- Mengurangi kebutuhan tulangan tambahan: Dalam beberapa aplikasi, serat mampu menggantikan atau mengurangi jumlah tulangan baja konvensional, terutama untuk mengontrol retak susut plastik atau retak karena temperatur.
- Meningkatkan ketahanan aus: Beton serat memiliki daya tahan lebih baik terhadap abrasi dan keausan permukaan, cocok untuk lantai industri, jalan, dan area yang mengalami gesekan tinggi.
- Peningkatan ketahanan benturan: Serat meningkatkan *toughness* beton, membuatnya lebih tahan terhadap benturan mendadak.



- Ketahanan terhadap spalling saat kebakaran: Beberapa jenis serat (seperti *polypropylene*) membantu mengurangi risiko spalling pada beton saat terjadi kebakaran dengan menciptakan jalur pelepasan uap.
- Mempermudah perbaikan struktur: Beton serat yang mengalami retak cenderung tetap mempertahankan integritas strukturnya, sehingga mempermudah dalam proses perbaikan atau perawatan.

#### 2.4.3 Tantangan dan Kekurangan

Meski memiliki banyak keunggulan, penggunaan beton serat juga menghadapi beberapa tantangan, seperti:

- Pencampuran harus lebih hati-hati untuk memastikan distribusi serat yang merata.
- Kemungkinan mempengaruhi *workability* beton, terutama jika menggunakan serat dengan panjang atau jumlah tertentu.
- Harga serat tertentu lebih mahal dibandingkan aditif beton biasa, sehingga perlu perhitungan biaya yang tepat.

#### 2.5 Serat *Polypropylene*

*Polypropylene Fibre* (serat PP) adalah Serat-serat tipis berbahan plastik yang bersifat hidrofobik, sehingga tidak menyerap air. Pada beberapa kasus, penambahan air pada beton berserat bertujuan untuk meningkatkan *workability*, namun dapat menurunkan kuat tekan beton. Hasil penelitian Sivakumar dan Santhanam (2007) menunjukkan bahwa penambahan serat PP sebanyak 0,9 kg/m<sup>3</sup> mampu meningkatkan kuat tarik beton hingga 33,14% dibandingkan beton tanpa serat. Serat PP tersedia dalam dua jenis, yaitu serat monofilamen dan serat film. Serat *Polypropylene* (PP) yang digunakan dalam penelitian ini memiliki sifat fisik berupa berat jenis 0,91 g/cm<sup>3</sup>, diameter serat sekitar 18–50 mikron, dan panjang serat 6–20 mm. Serat ini memiliki modulus elastisitas berkisar 3,5–5 GPa serta kekuatan tarik 350–700 MPa. Dengan titik leleh sekitar 160–170°C, serat PP dikenal sebagai bahan non-korosif, ringan, serta memiliki ketahanan kimia yang baik, sehingga efektif digunakan untuk meningkatkan daktilitas beton dan mengurangi retak akibat penyusutan plastis.

Serat *polypropylene* adalah material umum yang digunakan sebagai bahan baku berbagai produk plastik. Awalnya, serat ini dimanfaatkan dalam industri tekstil

karena harganya yang terjangkau dan mampu menghasilkan produk berkualitas. Bentuknya berupa filamen yang, saat dicampurkan ke dalam adukan beton, akan terurai menjadi untaian-untaian halus. Jenis serat ini dapat meningkatkan kuat tarik, lentur, dan tekan beton (Arde, 2005), sekaligus mengurangi retak akibat penyusutan serta meningkatkan ketahanan terhadap benturan (*impact*) dan sifat daktilitas (Dina, 1999).

Serat PP 54+ adalah perkuatan serat sintetis monofilamen berbasis polimer performa tinggi yang digunakan pada beton yang secara langsung menggantikan aplikasi tulangan baja atau wiremesh pada proyek infrastruktur yang membutuhkan kekuatan struktural yang tinggi. Kratos Macro diproduksi dengan rekayasa Kordsa terbuat dari 100% *polypropylene* murni sesuai standar EN 14889-2 Kelas 2 dan ASTM C-1116, Kratos Macro PP 54+ meningkatkan kekuatan beton terhadap beban rencana struktur dan memberikan kontrol retak yang efektif dengan distribusi homogen 3 dimensional dalam beton.

Salah satu penerapan utamanya terdapat pada lantai industri, seperti lantai gudang cerdas (*smart warehouse*), fasilitas pengolahan makanan, depot pendingin, laboratorium, pusat penelitian, serta kawasan industri. Pada area ini, beton dituntut memiliki durabilitas tinggi dan kemampuan menahan beban dinamis maupun statis yang besar.

Selain itu, beton juga diaplikasikan secara luas pada beton di atas tanah, seperti pada area parkir truk, zona bongkar muat kargo, tempat penyimpanan barang, serta tempat parkir umum. Beton pada aplikasi ini sering difungsikan sebagai *screed* atau lapisan perata untuk menunjang kenyamanan dan ketahanan permukaan lantai.

Di bidang transportasi dan struktur sipil, beton banyak digunakan pada sistem slab-on-ground, jalur kereta api dengan sistem *slab track* (slab beton jalan rel), jalan beton, trotoar, hingga jembatan. Bahkan, aplikasi pada bandara juga menjadi salah satu bentuk kebutuhan beton berkinerja tinggi karena lalu lintas beban pesawat yang sangat besar.

Tidak hanya terbatas pada permukaan tanah, beton juga digunakan pada aplikasi bawah tanah seperti lining terowongan, *shotcrete*, dan pertambangan, yang memerlukan beton dengan daya rekat dan kekuatan awal yang tinggi. Untuk struktur berskala besar, elemen pracetak, bendungan, dan pembangkit listrik tenaga

air juga menjadi area penting dalam penerapan beton modern. Beberapa proyek dengan kebutuhan fondasi khusus juga menggunakan sistem *slabs-on-piles* untuk kestabilan tambahan (Brosur penjualan serat PP, 2025).

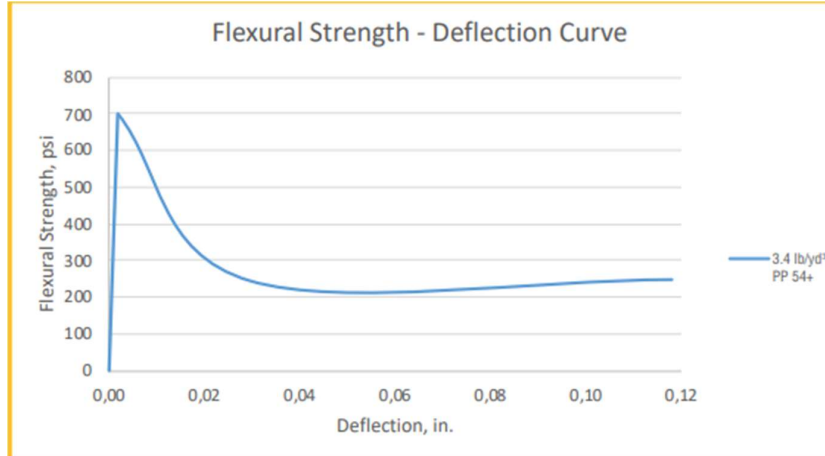
### 2.5.1 Pengujian Kuat Lentur Berdasarkan ASTM C-1609

ASTM C-1609 merupakan standar uji yang digunakan untuk mengukur performa kuat lentur dari beton, khususnya beton berserat, menggunakan metode pembebanan tiga titik pada sampel balok beton berukuran  $150 \times 150 \times 500$  mm. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi perilaku beton ketika menerima beban lentur serta mengetahui sejauh mana material tersebut mampu mengalami defleksi sebelum mengalami kegagalan struktural.

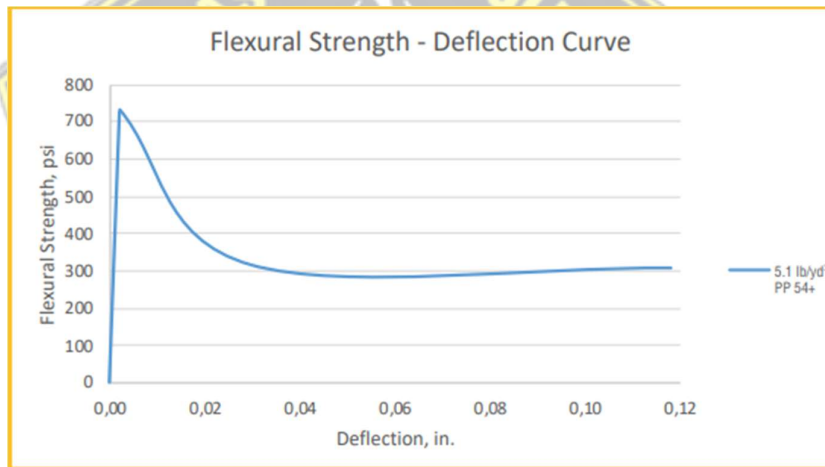
Berdasarkan data yang ditampilkan dalam grafik dan tabel, terlihat bahwa variasi penambahan serat *polypropylene* (PP) berpengaruh signifikan terhadap hasil kuat lentur dan rasio kekuatan lentur ekuivalen ( $R^e$ ). Pada campuran beton dengan serat sebesar  $2 \text{ kg/m}^3$ , diperoleh nilai kuat lentur puncak sebesar 1,7 MPa atau setara dengan 247 psi, dengan nilai  $R^e$  sebesar 37%. Sementara pada penambahan serat  $5 \text{ kg/m}^3$ , nilai kuat lenturnya meningkat menjadi 3,1 MPa (454 psi) dengan rasio ekuivalen mencapai 65%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis serat yang ditambahkan ke dalam campuran beton, maka semakin besar kontribusinya terhadap peningkatan kekuatan lentur serta kemampuan beton dalam menahan defleksi.

Grafik kurva lentur terhadap defleksi untuk masing-masing kadar serat juga menggambarkan perilaku deformasi yang berbeda. Pada kadar serat yang lebih rendah ( $2\text{--}3 \text{ kg/m}^3$ ), kurva menunjukkan penurunan tajam setelah mencapai puncak kekuatan, mengindikasikan sifat getas. Sebaliknya, campuran dengan kadar serat lebih tinggi ( $4\text{--}5 \text{ kg/m}^3$ ) menunjukkan penurunan kekuatan yang lebih landai, serta area di bawah kurva yang lebih luas. Hal ini mencerminkan adanya peningkatan daktilitas dan kemampuan menyerap energi, yang sangat penting dalam aplikasi beton struktural yang menuntut ketahanan terhadap retak dan beban dinamis.

Dengan demikian, data dari standar ASTM C-1609 ini memberikan gambaran penting mengenai efek serat terhadap perilaku lentur beton, dan mendukung pendekatan penggunaan serat *polypropylene* dalam pengembangan beton berperforma tinggi seperti *Self Compacting Concrete* (SCC).

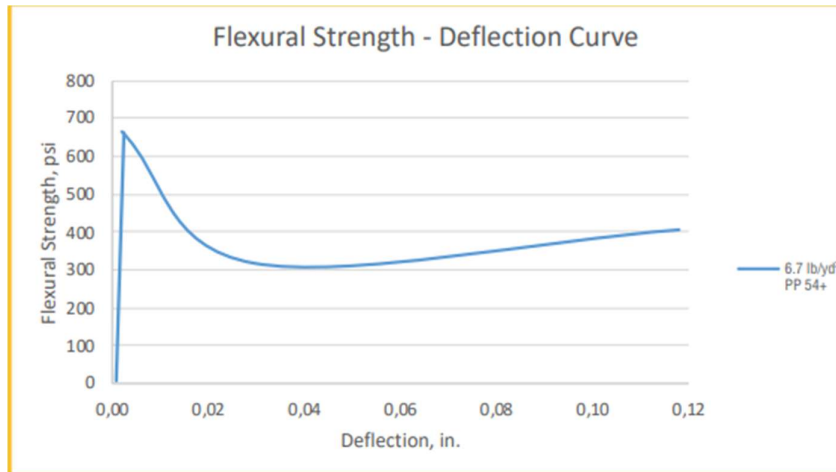


**Gambar 2.5** Grafik hubungan antara *Flexural Strength* (kekuatan lentur) dan *Deflection* (defleksi) berdasarkan variasi kadar serat *polypropylene* (PP) dengan standar ASTM C-1609.

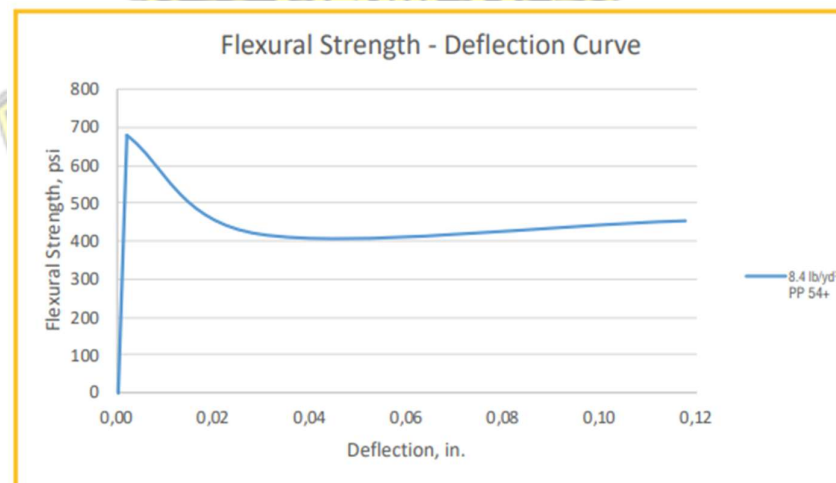


**Gambar 2.6** Grafik hubungan antara *Flexural Strength* (kekuatan lentur) dan *Deflection* (defleksi) berdasarkan variasi kadar serat *polypropylene* (PP) dengan standar ASTM C-1609.





**Gambar 2.7** Grafik hubungan antara *Flexural Strength* (kekuatan lentur) dan *Deflection* (defleksi) berdasarkan variasi kadar serat *polypropylene* (PP) dengan standar ASTM C-1609.



**Gambar 2.8** Grafik hubungan antara *Flexural Strength* (kekuatan lentur) dan *Deflection* (defleksi) berdasarkan variasi kadar serat *polypropylene* (PP) dengan standar ASTM C-1609.

## **2.6 Pengaruh Penambahan Serat *Polypropylene* terhadap Sifat Mekanik Beton *Self-Compacting Concrete* (SCC)**

Beton *Self-Compacting Concrete* (SCC) merupakan inovasi beton modern yang memiliki kemampuan mengalir dan memadat secara mandiri tanpa perlu pemadatan mekanis. SCC dirancang untuk memenuhi kebutuhan konstruksi dengan tingkat pengerjaan yang lebih cepat, kualitas permukaan lebih baik, serta mengurangi risiko segregasi dan *honeycombing* (EFNARC, 2002). Namun, meskipun memiliki keunggulan dalam *workability*, SCC memiliki kecenderungan kekurangan dalam sifat mekanik tertentu, terutama dalam menghadapi retak akibat tegangan tarik dan lentur (Okamura & Ouchi, 2003).

Salah satu metode untuk meningkatkan performa mekanik beton adalah dengan penambahan serat ke dalam campuran beton, yang berfungsi sebagai material penguat dalam mikrostruktur beton. Serat *polypropylene* (PP) menjadi salah satu jenis serat sintetis yang banyak digunakan karena memiliki sifat ringan, tahan korosi, murah, serta mampu meningkatkan ketahanan retak beton (Bentur & Mindess, 2007).

Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak tambahan serat *polypropylene* kepada kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, serta modulus elastisitas (modulus statis) pada beton SCC. Diharapkan, penggunaan serat *polypropylene* dapat meningkatkan kemampuan beton dalam menahan gaya tarik dan lentur, sekaligus memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tekan dan modulus elastisitasnya.

### **2.6.1 Pengaruh Serat *Polypropylene* terhadap Kuat Tekan Beton SCC**

Kuat tekan merupakan salah satu parameter utama dalam menilai kualitas beton. Penambahan serat *polypropylene* dapat memberikan efek minor hingga moderat terhadap peningkatan kuat tekan, tergantung pada persentase volume serat yang digunakan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa dalam jumlah tertentu, serat *polypropylene* tidak secara signifikan meningkatkan kuat tekan, namun mampu membantu menahan mikroretak yang terjadi selama proses pengerasan, sehingga menjaga integritas beton (Banthia & Gupta, 2004; Yazıcı et al., 2007).

### **2.6.2 Pengaruh Serat *Polypropylene* terhadap Kuat Tarik Belah Beton SCC**

Kuat tarik belah beton merupakan ukuran kemampuan beton dalam menahan gaya tarik secara tidak langsung. Beton umumnya memiliki kelemahan dalam menahan gaya tarik, sehingga mudah terjadi retak. Dengan adanya serat *polypropylene* yang tersebar merata dalam campuran, terjadi mekanisme *bridging* (penjembatanan retak), di mana serat berfungsi menahan propagasi retak. Hal ini berdampak pada peningkatan nilai kuat tarik belah beton SCC (Sivakumar & Santhanam, 2007).

### **2.6.3 Pengaruh Serat *Polypropylene* terhadap Kuat Lentur Beton SCC**

Kuat lentur berhubungan dengan kemampuan beton dalam menahan gaya yang menyebabkan pembengkokan. Serat *polypropylene* membantu meningkatkan daktilitas beton, sehingga beton lebih tahan terhadap beban lentur sebelum mengalami patah total. Serat berperan dalam menunda penyebaran retak dan meningkatkan energi serap retak (*fracture energy*), yang berkontribusi terhadap peningkatan nilai kuat lentur (Johnston, 2001; Sivakumar & Santhanam, 2007).

### **2.6.4 Pengaruh Serat Modulus Statis terhadap Modulus Elastisitas Beton SCC**

Modulus elastisitas atau modulus statis beton menggambarkan keunggulan beton dalam mengalami deformasi elastis ketika diberi beban. Penambahan serat *polypropylene* dapat memberikan efek kecil atau bahkan menurunkan sedikit modulus elastisitas, karena sifat serat yang lebih elastis dibandingkan matriks beton itu sendiri (Nataraja et al., 1999). Namun, kehadiran serat dapat meningkatkan deformabilitas beton, sehingga beton lebih mampu menahan deformasi sebelum patah.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Persiapan

Penelitian ini dilakukan secara bertahap dan dilakukan dengan cara percobaan (trial). Penelitian ini dilakukan dengan mengacu Standar SNI yang digunakan untuk menetapkan tipe dan jumlah benda uji. Untuk mencapai tujuan penelitian, metode penelitian terdiri dari 7 (tujuh) tahapan kegiatan.

Tahapan Bagian pertama adalah kajian pustaka, untuk mengetahui keunggulan dan ketidakunggulan dari beton *SCC Polypropylene Fibre* oleh peneliti terdahulu. Yang dimana di dalam penelitian ini akan dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian.

Tahap yang Kedua kajian pustaka dalam menentukan bahan susun Beton *SCC Polypropylene Fibre*. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan bahan susun Beton *SCC Polypropylene Fibre* yang sesuai standar seperti air, agregat halus, agregat kasar, semen, *fly ash*, *superplasticizer*, dan bahan susun utama yang lainnya.

Tahap ketiga adalah penentuan takaran bahan penyusun beton *SCC Polypropylene Fibre*, seperti prosentase Perbandingan massa jenis antara agregat kasar dan agregat halus yang dimana Harus disesuaikan dengan model yang akan dibuat. Sebelum pembuatan benda uji, akan dilakukan percobaan (*Trial*) terlebih dahulu untuk menentukan kadar Viscocrete yang optimum sesuai dengan standar Beton *SCC Polypropylene Fibre*.

Tahap keempat adalah membuat benda uji. Yang terdiri dari benda uji berserat *Polypropylene* ditambah Viscocrete yang berfungsi sebagai beton *SCC*.

#### 3.2 Material

Material yang digunakan untuk penelitian ini yaitu agregat halus, agregat kasar, *fly ash*, air bersih yang memenuhi syarat, semen.

### 3.3 Metode Pengujian

Pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan persamaan desain Beton Berserat *Polypropylene SCC* yaitu variabel utama volume fraksi serat polipropilane (0 gram, 455 gram, 910 gram):

- Kuat Tekan
- Kuat Tarik Belah
- Kuat Lentur

Matriks benda uji ditunjukkan pada tabel 3.1

**Tabel 3.1** Matriks Benda Uji (Viscocrete)

<b>Sifat Mekanik</b>	<i>Polypropylene Fibre</i> <b>0 gram</b>	<i>Polypropylene Fibre</i> <b>455 gram</b>	<i>Polypropylene Fibre</i> <b>910 gram</b>	<b>Spesimen (mm)</b>	<b>Jumlah Benda Uji</b>
Kuat Tekan Umur 28 hari ( $f_c'$ )	3	3	3	Silinder 150 x 300	9
Kuat Tarik Belah ( $f_t$ )	6	6	6	Silinder 150 x 300	18
Kuat Lentur ( $f_r$ )	3	3	3	Prisma 150 x 150 x 600	9
Jumlah					36

Tahap kelima membuat perancangan campuran Beton *Polypropylene*. Selanjutnya menghitung kebutuhan bahan susun beton dengan penambahan Viscocrete

Tahap keenam adalah pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan beton silinder 150x300 milimeter. Hasil uji akan mendapatkan nilai  $f_c'$  yang dimana nilai itu akan menjadi acuan dari mutu beton berserat polipropilena SCC.

Tahap ketujuh setelah semua model dan design campuran beton SCC dengan *Polypropylene Fibre* diperoleh, langkah selanjutnya adalah menganalisis hasil percobaan (*Trial*) dan permodelan.



### 3.3.1 Kuat Tekan (*Compressive Strenght*)

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui beban maksimum yang mampu ditahan oleh objek uji. Prosedur pengujian berdasarkan ASTM C39 dan SNI 03-1974-1990.

### 3.3.2 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah beton adalah salah satu sifat untuk memprediksi retak dan defleksi balok. Sifat ini adalah Salah satu faktor utama dalam kemampuan kuat beton. Untuk Pengujian untuk mengukur kuat tarik belah dilakukan di dalam laboratorium dengan Metode pembebanan lateral diterapkan pada setiap benda uji silinder hingga mencapai kekuatan maksimum. Prosedur pengujian mengacu pada ASTM C496 dan SNI 03-2491-2002.

### 3.3.3 Kuat Lentur

Kuat lentur pengujiannya dengan cara meletakkan 2 perletakan yang menaham benda tegak lurus dengan balok Benda uji berukuran  $150 \times 150 \times 600$  mm dengan mengacu SNI 4154:2014 dan ASTM C293/C293M-10.

### 3.3.4 Metode Perancangan Beton

Di dalam penelitian ini rancangan campuran beton mengacu kepada cara ACI yang dimodifikasi.

Perancangan campuran beton pada penelitian ini menggunakan metode berdasarkan pedoman ACI (American Concrete Institute) yang telah dimodifikasi sesuai kebutuhan *Self Compacting Concrete* (SCC). Komposisi campuran ditentukan dengan memperhatikan aspek-aspek seperti rasio air terhadap semen (w/c), jumlah agregat halus dan kasar, serta penggunaan bahan tambahan seperti *superplasticizer* dan serat *polypropylene*.

Penentuan rasio air terhadap semen (w/c) sebesar 0,38 dipilih untuk memperoleh beton dengan konsistensi alir yang tinggi namun tetap memiliki kekuatan tekan yang baik. Dalam hal ini, jumlah air ditetapkan sebesar 207,54 liter/m<sup>3</sup>, sementara jumlah semen ditetapkan sebesar 548 kg/m<sup>3</sup>. Penambahan *fly ash* sebanyak 72,05 kg/m<sup>3</sup> digunakan untuk meningkatkan *workability* dan ketahanan terhadap retak mikro.

Penggunaan agregat diatur dengan proporsi agregat halus sebesar 1.397,73 kg/m<sup>3</sup> dan agregat kasar sebesar 288 kg/m<sup>3</sup>. Proporsi ini disesuaikan untuk

memenuhi karakteristik SCC yang cenderung memiliki dominasi agregat halus agar mampu mengalir sendiri tanpa segregasi. *Superplasticizer* berjenis Viscocrete ditambahkan sebanyak 7,38 kg/m<sup>3</sup> guna memperbaiki *workability* beton tanpa menambah kadar air.

Adapun untuk variasi campuran serat *polypropylene*, digunakan tiga kadar berbeda, yaitu 0 gram, 0,455 kg/m<sup>3</sup>, dan 0,910 kg/m<sup>3</sup>. Penambahan serat ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat mekanik beton, terutama dalam hal ketahanan lentur dan kontrol retak. Perbedaan kadar serat pada setiap komposisi bertujuan untuk melihat keseimbangan antara kemampuan *flow* dan kekuatan beton.

**Tabel 3.2** *Mix Design* Beton Per 1 m<sup>3</sup> (w/c=0,38)

Bahan	w/c=0,38		
	Vf=0 gram	Vf=455 gram	Vf=910 gram
Semen (kg/m <sup>3</sup> )	548	548	548
<i>Fly Ash</i> (kg/m <sup>3</sup> )	72,05	72,05	72,05
Agregat Halus (kg/m <sup>3</sup> )	1397,93	1397,93	1397,93
Agregat Kasar (kg/m <sup>3</sup> )	288,78	288,78	288,78
Air (lt/m <sup>3</sup> )	207,54	207,54	207,54
SS8 (kg/m <sup>3</sup> )	4,2	4,2	4,2
Serat Polipropilen (kg/m <sup>3</sup> )	-	0,45	0,91

### 3.4 Penentuan Variasi Berat Serat *Polypropylene*

Penentuan variasi berat serat *polypropylene* pada penelitian ini diawali dengan serangkaian uji coba (*trial mix*) untuk mencari berat serat optimum yang sesuai dengan karakteristik *Self Compacting Concrete* (SCC). Tahapan ini penting dilakukan agar variasi yang digunakan pada penelitian benar-benar merepresentasikan kondisi beton SCC yang ideal.

Proses penentuan dilakukan dengan menggabungkan dua pendekatan, yaitu pengamatan kualitatif dan pengamatan kuantitatif :

- Pengamatan kualitatif dilakukan secara visual saat proses pencampuran dan setelah adukan tercetak, dengan memperhatikan kemudahan alir, tingkat homogenitas campuran, serta ada atau tidaknya segregasi dan *bleeding*.

- Pengamatan kuantitatif dilakukan melalui pengujian sifat segar SCC mengacu pada standar EFNARC (2005), meliputi *slump flow test* untuk mengukur diameter sebar, *V-funnel test* untuk waktu alir, serta *L-box test* untuk kemampuan melewati celah.

Beberapa komposisi awal berat serat diuji, lalu hasilnya dibandingkan. Berat serat optimum ditetapkan pada variasi yang mampu memenuhi seluruh persyaratan pengujian kuantitatif serta menunjukkan hasil pengamatan kualitatif yang baik.

Setelah nilai berat serat optimum diperoleh, ditetapkan tiga variasi yang akan digunakan dalam penelitian, yaitu:

1. 0% berat serat optimum (variasi kontrol tanpa serat).
2. 50% berat serat optimum.
3. 100% berat serat optimum.

Pendekatan ini memungkinkan untuk menganalisis secara lebih detail pengaruh perbedaan kadar serat terhadap sifat mekanis beton SCC, sekaligus memastikan setiap variasi yang diuji masih berada dalam rentang kinerja yang dapat diterima.

### **3.5 Metode Pengolahan Hasil**

Dalam pelaksanaan penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah melalui metode pengolahan data yang diperoleh secara eksperimental di laboratorium serta dilanjutkan dengan analisis perhitungan secara sistematis. Seluruh proses pengumpulan data dilakukan melalui tahapan-tahapan pengujian yang telah dirancang sebelumnya guna memperoleh hasil yang tepat dan dapat dipertanggungjawabkan. Adapun jenis pengujian yang dilakukan meliputi beberapa parameter penting dalam karakterisasi beton, yaitu salah satunya adalah pengujian terhadap kuat tekan beton, yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana beton mampu menahan gaya tekan sebelum mengalami kerusakan. Selain itu, juga dilakukan pengujian kuat tarik belah, yang digunakan untuk mengukur daya tahan beton terhadap gaya tarik tidak langsung. Kedua jenis pengujian ini menjadi acuan utama dalam menganalisis performa beton yang telah dirancang dalam penelitian ini, sehingga hasil akhir yang diperoleh benar-benar mencerminkan kualitas beton berdasarkan perlakuan campuran yang digunakan.

Kemudian untuk menganalisis hasil uji kuat beton dapat dianalisis dengan cara berikut:

$$\text{Kuat Tekan } (f_c') = \frac{P}{A} \text{ Mpa} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$\text{Kuat Tarik Belah } (f_{ct}) = \frac{2P}{\pi LD} \text{ Mpa} \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\text{Kuat Lentur } (f_r') = \frac{3Pa}{bh^2} \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots (3.3)$$

dimana :

P = Beban Maksimum yang diterima (*kg* atau *N*)

A = Luas penampang benda uji (*cm*<sup>2</sup> atau *mm*<sup>2</sup>)

L = Panjang Silinder

D = Diameter

*a* = Jarak dari beban ke tumpuan terdekat (*mm* atau *cm*)

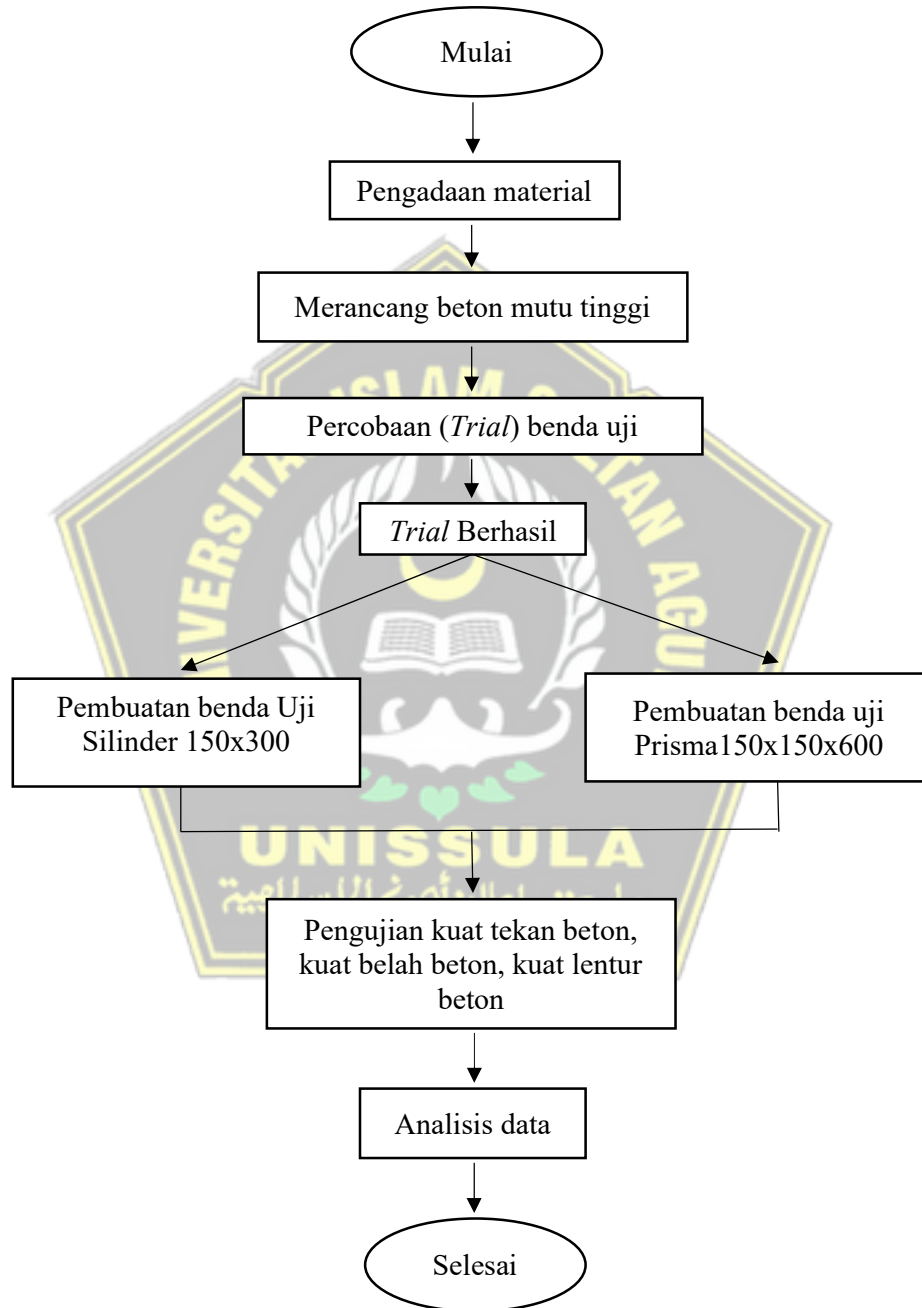
*b* = Lebar (*mm* atau *cm*)

*h* = Tinggi (*mm* atau *cm*)



### 3.6 Bagan Alir

Untuk mempermudah penelitian, serta agar sesuai dengan urutan kegiatan maka dibuatlah bagan alir. Bagan alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1





## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Serat *Polypropylene*

Analisis dimensi serat *Polypropylene* dalam campuran beton SCC berfokus pada dampak ukuran serat terhadap karakteristik serta sifat mekanis material. Ukuran serat *Polypropylene* yang ditentukan oleh panjang dan rasio aspek, berpengaruh pada distribusi serat, viskositas campuran dan ketahanan beton terhadap retakan. Serat yang memiliki rasio aspek tinggi cenderung lebih efektif dalam meningkatkan ketangguhan serta kekuatan lentur beton dengan cara menghubungkan retakan.

Namun, serat dengan spek rasio tinggi ini juga dapat menurunkan *workability* beton segar, seperti *slump flow* dan *passing ability*, karena meningkatkan gesekan antar partikel dalam campuran. Sebaliknya serat dengan rasio aspek rendah memberikan pengaliran yang lebih, tetapi memiliki dampak yang lebih sedikit terhadap sifat mekanis. Penelitian menunjukkan bahwa distribusi serat yang merata sangat penting untuk mencegah terjadinya penggumpalan yang dapat merusak homogenitas beton. Optimasi campuran sering kali membutuhkan tambahan *superplasticizer* menyeimbangkan penurunan *workability*.

#### 4.2 Mix Design Beton

*Mix design* beton adalah proses menentukan proporsi bahan penyusun beton, seperti semen, air, agregat halus, agregat kasar, dan aditif lainnya, untuk menghasilkan beton dengan sifat mekanik dan daya tahan tertentu. Kekuatan tekan dan *workability* adalah dua faktor utama yang dipertimbangkan saat membuat *mix design*. Mutu beton yang digunakan mengacu pada beton dengan  $f_c' 30$  MPa. Sampel benda uji yang dicetak merupakan silinder berukuran 150 x 300 mm dan Prisma berukuran 150 x 150 x 500 mm. Proporsi dari campuran beton yang dibuat memiliki *Water to Cement Ratio* ( $w/c$ ) 0,38 yang meliputi Penambahan *silica fume* sebanyak 0 gram, 455 gram, dan 910 gram.

**Tabel 4.1** *Mix Design* Beton Per 1 m<sup>3</sup> (2518,3kg/m<sup>3</sup>)

<b>Bahan</b>	<b>w/c=0,38</b>		
	<b>Serat PP 0 gram</b>	<b>Serat PP 455 gram</b>	<b>Serat PP 910 gram</b>
Semen (kg/m <sup>3</sup> )	548	548	548
<i>Fly Ash</i> (kg/m <sup>3</sup> )	72,05	72,05	72,05
Agregat Halus (kg/m <sup>3</sup> )	1397,73	1397,73	1397,73
Agregat Kasar (kg/m <sup>3</sup> )	288,78	288,78	288,78
Air (lt/m <sup>3</sup> )	207,54	207,54	207,54
SS8 (kg/m <sup>3</sup> )	4,2	4,2	4,2
Serat Polipropilen (kg/m <sup>3</sup> )	-	0,45	0,91

**Tabel 4.2** Komposisi Campuran Peradukan (0,053m<sup>3</sup>)

<b>Bahan</b>	<b>w/c = 0,38</b>		
	<b>Serat PP 0 gram</b>	<b>Serat PP 455 gram</b>	<b>Serat PP 910 gram</b>
Semen (kg)	29,04	29,04	29,04
<i>Fly Ash</i> (kg)	3,82	3,82	3,82
Agregat Halus (kg)	74,08	74,08	74,08
Agregat Kasar (kg)	15,3	15,3	15,3
Air (lt)	10,99	10,99	10,99
SS8 (kg)	0,22	0,22	0,22
Serat Polipropilen (kg)	-	0,024	0,048

### 4.3 Standar Pengujian SCC

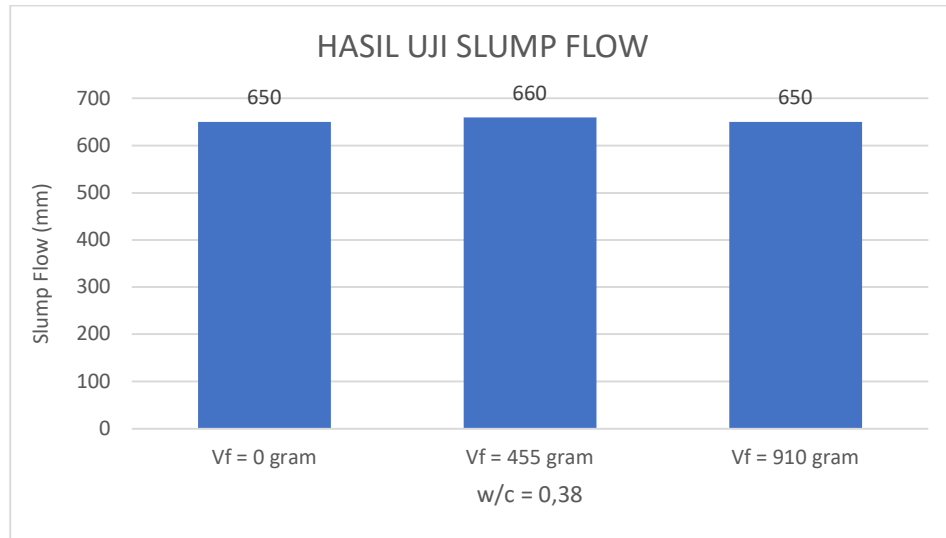
#### 4.3.1 Slump Flow

Pengujian *slump* adalah pengujian sederhana yang digunakan untuk mengukur kemudahan kerja atau kemudahan alir beton segar. Pengujian ini mengukur konsistensi campuran beton, yang berhubungan dengan kemudahan pengerjaan saat beton dituangkan dan dipadatkan. Hasil pengujian standar *slump* yaitu sebesar 650 mm - 800 mm.

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian *Slump Flow*

Mix Design	VF (gram)	Hasil Uji <i>Slump Flow</i>	EFNARC	Kriteria
w/c =0,38	0	650 mm	650 mm - 800 mm	Memenuhi beton SCC
	455	660 mm		
	910	650 mm		

Dari hasil pengujian *slump test* diperoleh grafik sebagai berikut. Grafik tersebut menunjukkan hasil *slump flow* dari hasil awal 650 mm dengan Serat *PolyPropylene* 0 gram kemudian dengan ditambahnya Serat *PolyPropylene* sebesar 455 gram *slump flow* mengalami kenaikan sebesar 10 mm. Dan hasil *slump test* dengan penambahan Serat *PolyPropylene* 910 gram mengalami penurunan sebesar 10 mm dari hasil uji *slump flow* Serat *PolyPropylene* 910 gram. Ketiga pengujian tersebut memenuhi standar pengujian tetapi semakin besar Serat *PolyPropylene* yang diberikan mengurangi alir beton segar tetapi masih dalam batas yang relatif kecil dan konsisten.



**Gambar 4.1** Diagram Hasil Uji *Slump Flow*



**Gambar 4.2** Hasil Uji *Slump Flow*

#### 4.3.2 L-Box Test

*L-Box Test* merupakan salah satu metode pengujian untuk mengevaluasi kemampuan beton segar dalam mengalir melewati hambatan tanpa mengalami segregasi atau pemisahan material. Untuk mengukur kinerja beton dalam hal *passing ability* (kemampuan melewati hambatan), *flow ability* (kemampuan mengalir), dan *blocking behavior* (perilaku penghalangan). Dengan menghitung hasilnya menggunakan rumus  $flow\ ratio = H2/H1$ . Idealnya nilai *flow ratio* antara 0,8 – 1,0 cm. Apabila nilai yang diperoleh lebih rendah mengindikasikan adanya masalah, seperti segregasi atau hambatan dalam aliran.

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian *L-Box Test*

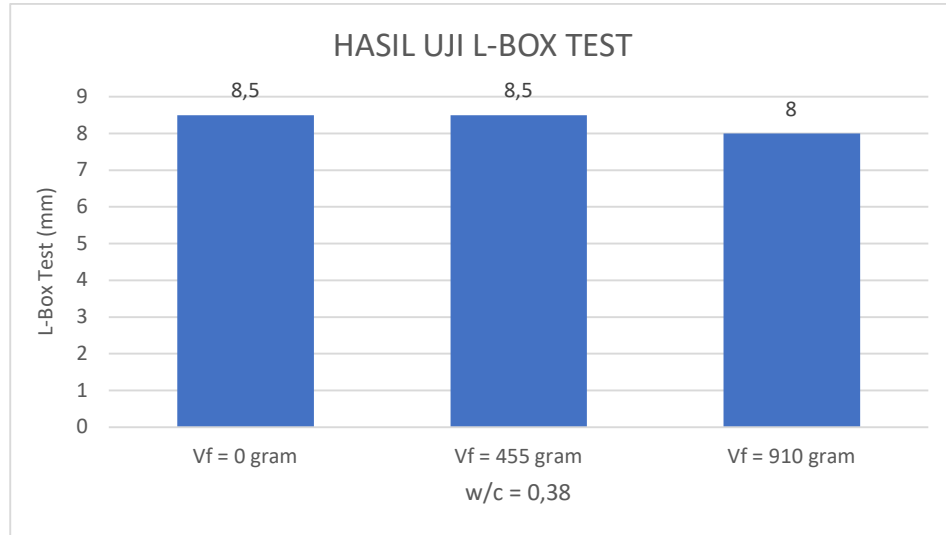
Mix Design	VF (gram)	Hasil Uji <i>L-Box Test</i>	EFNARC	Kriteria
w/c = 0,38	0	8,5 mm	8 mm - 10 mm	Memenuhi beton sec
	455	8,5 mm		
	910	8 mm		

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan alat *L-box*, diperoleh grafik yang memperlihatkan pola perubahan kemampuan alir beton dengan variasi kandungan serat *Polypropylene*. Nilai awal pengujian pada beton tanpa penambahan serat (0 gram) menunjukkan hasil *L-box* sebesar 0,85 cm. Menariknya, ketika serat *Polypropylene* ditambahkan sebanyak 455 gram ke dalam campuran, tidak terjadi perubahan yang berarti terhadap hasil uji *L-box*. Nilainya tetap berada pada angka yang sama, sehingga bisa disimpulkan bahwa penambahan serat dalam jumlah tersebut tidak memengaruhi kemampuan alir secara signifikan.

Namun, kondisi berbeda terjadi saat jumlah serat ditingkatkan menjadi 910 gram. Pada variasi ini, nilai hasil pengujian *L-box* justru mengalami sedikit penurunan sebesar 0,05 cm dibandingkan dengan variasi sebelumnya (455 gram). Penurunan tersebut menunjukkan bahwa penambahan serat dalam jumlah berlebih mulai memengaruhi sifat alir beton, yang kemungkinan disebabkan oleh meningkatnya hambatan gerak partikel akibat konsentrasi serat yang lebih tinggi.



Dari ketiga variasi yang diuji, penambahan serat *Polypropylene* sebanyak 455 gram tampaknya memberikan hasil yang paling seimbang, di mana beton tetap stabil secara struktural sekaligus mempertahankan kemampuan alirnya. Sebaliknya, ketika serat ditambahkan secara berlebihan seperti pada dosis 910 gram, terjadi indikasi penurunan *workability* atau kemudahan alir beton, yang dapat mengganggu sifat *self-compacting* pada campuran tersebut.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Uji *L-Box*





**Gambar 4.4** Hasil Uji *L-Box* (H1)



**Gambar 4.5** Hasil Uji *L-Box* (H2)

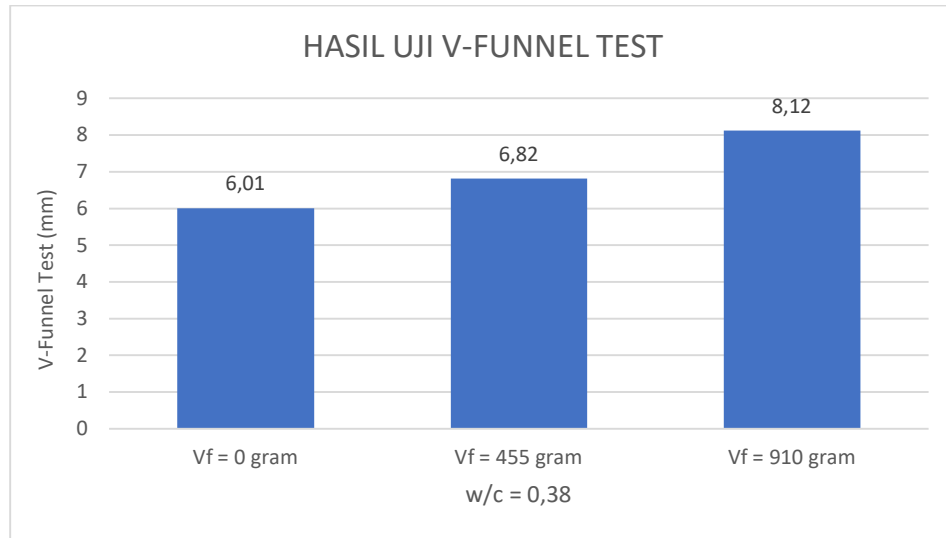
#### 4.3.3 V-Funnel Test

Pengujian *V-Funnel* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menilai beton segar dengan fokus pada kemampuannya untuk mengalir melalui saluran sempit yang merepresentasikan celah di antara tulangan pada struktur beton. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui viskositas dan aliran beton. Dan mengetahui potensi segregasi beton selama proses pengaliran dengan *flow time* antara 6-12 detik.

**Tabel 4.5** Hasil Pengujian *V-Funnel Test*

<i>Mix Design</i>	VF (gram)	Hasil Uji <i>V-Funnel Test</i>	EFNARC	Kriteria
w/c =0,38	0	6,01 detik	6 detik - 12 detik	Memenuhi beton scc
	455	6,82 detik		
	910	8,12 detik		

Dari hasil pengujian *V-funnel test* diperoleh grafik sebagai berikut. Grafik tersebut menunjukkan adanya hasil *slump test* dari hasil awal 6,01 detik dengan Serat *Polypropylene* 0 gram kemudian dengan ditambahnya Serat *Polypropylene* sebesar 455 gram *V- Funnel test* mengalami peningkatan waktu sebesar 0,81 detik. Dan hasil *V-Funnel test* dengan penambahan vf 910 gram mengalami peningkatan lagi sebesar 1,3 detik dari hasil uji *V-Funnel test* Serat *Polypropylene* 455 gram. Hasil menunjukkan bahwa spesies w/c 0,38 dengan Serat *Polypropylene* mengalami kenaikan yang progresif dan spesies w/c 0,38 dengan Serat *Polypropylene* 910 gram adalah yang paling lama memadat.



**Gambar 4.6** Grafik Hasil Uji *V-Funnel*



**Gambar 4.7** Dokumentasi Hasil Uji *V-Funnel*

#### 4.4 Validasi

Data dikumpulkan dan dianalisis dengan teliti guna menjamin keabsahan hasil penelitian. Dari keseluruhan sampel yang terkumpul, di antaranya dikeluarkan karena tidak sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Pengambilan keputusan tersebut dilakukan untuk mencegah penurunan kualitas hasil analisis. Dengan menyisihkan data yang tidak relevan, langkah ini dipandang penting dalam upaya meningkatkan kualitas serta kredibilitas penelitian.

**Tabel 4.6** Hasil Uji Tekan Semua Benda Uji Beton SCC Umur 21 Hari

BENDA UJI	KADAR SERAT PP (Gram)	UMUR (HARI)	BERAT (KG)	GAYA (Kn)	KUAT TEKAN (N/mm <sup>2</sup> )	Rata Rata (N/mm <sup>2</sup> )
A1	0	21	12,95	640	36,23	40,95
A2	0	21	12,95	640	36,23	
A3	0	21	13,05	890	50,39	
B1	455	21	12,72	550	31,14	34,91
B2	455	21	12,94	470	26,61	
B3	455	21	12,64	830	46,99	
C1	910	21	12,67	630	35,67	30,92
C2	910	21	12,57	450	31,62	
C3	910	21	12,54	450	25,48	

**Tabel 4.7** Validasi Hasil Uji Tekan Benda Uji Beton SCC Umur 21 Hari

BENDA UJI	KADAR SERAT PP (Gram)	UMUR (HARI)	BERAT (KG)	GAYA (Kn)	KUAT TEKAN (N/mm <sup>2</sup> )	Rata Rata (N/mm <sup>2</sup> )
A1	0	21	12,95	640	36,23	36,23
A2	0	21	12,95	640	36,23	
B1	455	21	12,72	550	31,14	28,87
B2	455	21	12,94	470	26,61	
C1	910	21	12,67	630	35,67	30,92
C2	910	21	12,57	450	31,62	
C3	910	21	12,54	450	25,48	

Penghilangan nilai kuat tekan pada penelitian ini dilakukan karena hasil uji kuat tekan pada beberapa benda uji menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan



Diperbandingkan dengan benda uji lain dalam setiap kelompok variasi serat *polypropylene*. Benda uji yang dihilangkan adalah benda uji dengan kode A3 dan B3. Nilai kuat tekan beton yang digunakan setelah melalui proses validasi disajikan pada Tabel 4.7. Selanjutnya, untuk proses analisis, akan digunakan nilai kuat tekan sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.8.

#### 4.5 Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton dalam menahan beban tekan maksimum sebelum mengalami kerusakan. Pengujian ini dilakukan pada benda uji silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, pada umur 21 hari. Data yang diperoleh menjadi salah satu indikator utama untuk menilai mutu beton, khususnya pada campuran *Self Compacting Concrete* (SCC) yang mengandung serat *polypropylene*. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah analisis.

**Tabel 4.8** Hasil Uji Tekan Benda Uji Beton SCC Umur 21 Hari

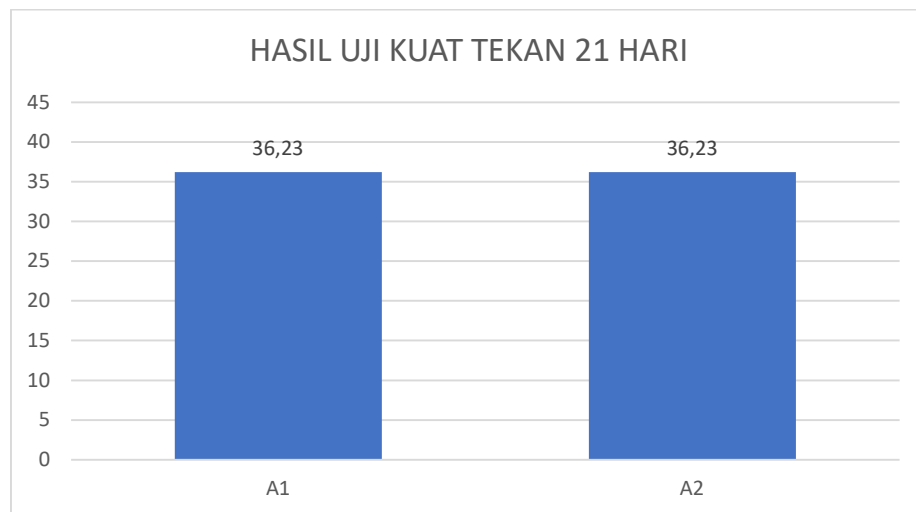
BENDA UJI	KADAR SERAT PP (Gram)	UMUR (HARI)	BERAT (KG)	GAYA (Kn)	KUAT TEKAN (N/mm <sup>2</sup> )	Rata Rata (N/mm <sup>2</sup> )
A1	0	21	12,95	640	36,23	36,23
A2	0	21	12,95	640	36,23	
B1	455	21	12,72	550	31,14	28,87
B2	455	21	12,94	470	26,61	
C1	910	21	12,67	630	35,67	30,92
C2	910	21	12,57	450	31,62	
C3	910	21	12,54	450	25,48	

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa pengujian kuat tekan dilakukan pada beton *Self Compacting Concrete* (SCC) dengan variasi kadar serat *polypropylene* sebesar 0 gram, 455 gram, dan 910 gram pada umur 21 hari. Setiap variasi terdiri dari tiga benda uji.

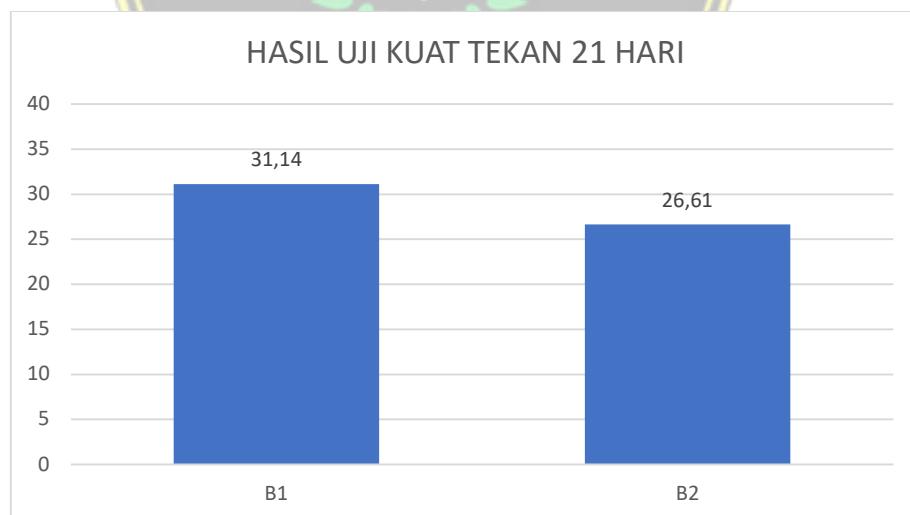
Untuk campuran tanpa serat (0 gram), nilai kuat tekan berkisar antara 36,23 N/mm<sup>2</sup>, dengan rata-rata yang cenderung lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya. Pada campuran dengan penambahan serat *polypropylene* sebesar 455 gram, nilai kuat tekan menunjukkan fluktuasi, yaitu antara 26,61 N/mm<sup>2</sup> hingga 31,14 N/mm<sup>2</sup>.

Sementara itu, pada campuran dengan kadar serat 910 gram, kuat tekan cenderung menurun, dengan nilai terendah mencapai 25,48 N/mm<sup>2</sup>.

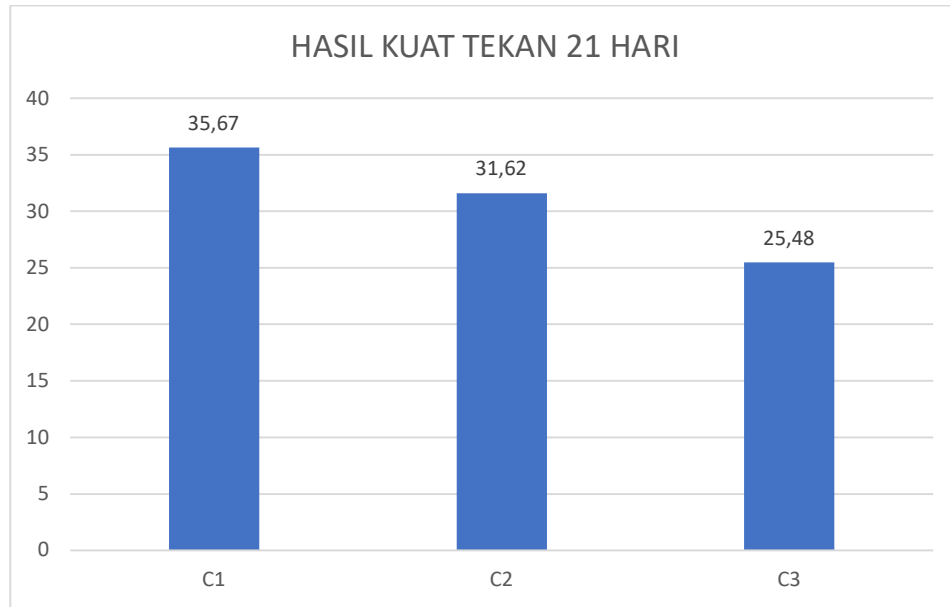
Secara umum, penambahan serat *polypropylene* menunjukkan pengaruh terhadap kuat tekan beton, namun tidak selalu meningkatkan kekuatannya. Pada kadar tertentu, serat justru dapat menurunkan kuat tekan jika distribusinya tidak merata atau menyebabkan *void* dalam beton. Hasil ini akan dianalisis lebih lanjut melalui grafik dan perbandingan rata-rata antar variasi.



**Gambar 4.8** Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Dengan Kandungan Serat *Polypropylene* 0 gram



**Gambar 4.9** Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Dengan Kandungan Serat *Polypropylene* 455 gram



**Gambar 4.10** Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Dengan Kandungan Serat *Polypropylene* 910 gram



#### 4.6 Uji Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah beton merupakan salah satu parameter penting untuk mengetahui ketahanan beton terhadap gaya tarik tidak langsung. Pengujian ini dilakukan pada benda uji silinder dengan metode pembebanan diametral. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan serat *polypropylene* dalam campuran SCC terhadap daya tahan beton terhadap retak akibat gaya tarik. Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik untuk dianalisis lebih lanjut.

**Tabel 4.9** Hasil Uji Tarik Belah Benda Uji Beton SCC Umur 21 Hari

BENDA UJI	KADAR SERAT PP (Gram)	UMUR (HARI)	BERAT (KG)	GAYA (Kn)	KUAT TARIK BELAH (N/mm <sup>2</sup> )	Rata Rata (N/mm <sup>2</sup> )
A1	0	21	13,14	210	2,97	3,11
A2	0	21	12,96	200	2,83	
A3	0	21	12,94	220	3,11	
A4	0	21	12,78	240	3,40	
A5	0	21	12,65	210	2,97	
A6	0	21	12,34	240	3,40	
B1	455	21	12,72	270	3,82	4,01
B2	455	21	12,94	260	3,68	
B3	455	21	12,64	310	4,39	
B4	455	21	12,94	290	4,10	
B5	455	21	12,64	300	4,24	
B6	455	21	12,66	270	3,82	
C1	910	21	12,7	290	4,10	4,31
C2	910	21	12,65	310	4,39	
C3	910	21	12,92	320	4,53	
C4	910	21	12,33	300	4,24	
C5	910	21	12,64	310	4,39	
C6	910	21	12,02	300	4,24	

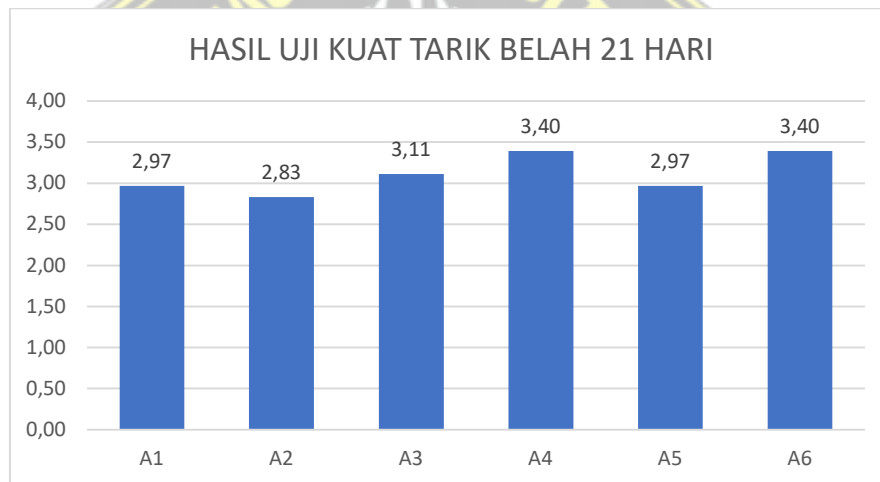
Berdasarkan data pengujian yang tercantum dalam tabel di atas, terlihat bahwa kuat tarik belah beton SCC mengalami variasi nilai tergantung pada kadar serat *polypropylene* yang ditambahkan dalam campuran.

Untuk beton tanpa penambahan serat (0 gram), nilai kuat tarik belah berkisar antara 2,83 N/mm<sup>2</sup> hingga 3,40 N/mm<sup>2</sup>, dengan rata-rata sebesar 3,11 N/mm<sup>2</sup>. Pada

campuran dengan kadar serat sebesar 455 gram, terjadi peningkatan kuat tarik belah dengan kisaran nilai antara 3,68 N/mm<sup>2</sup> hingga 4,24 N/mm<sup>2</sup>, dan rata-rata sebesar 4,01 N/mm<sup>2</sup>.

Selanjutnya, pada campuran dengan penambahan serat sebesar 910 gram, kuat tarik belah menunjukkan kenaikan yang lebih signifikan, yaitu dengan nilai tertinggi mencapai 4,53 N/mm<sup>2</sup>, dan rata-rata sebesar 4,31 N/mm<sup>2</sup>. Namun pada variasi 910 gram lainnya juga terdapat nilai yang lebih rendah yaitu sekitar 4,10 N/mm<sup>2</sup>.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat *polypropylene* pada beton SCC dapat meningkatkan kuat tarik belahnya. Peningkatan ini diduga terjadi karena serat berfungsi sebagai pengikat mikro yang membantu menahan dan membatasi perkembangan retak saat beton menerima gaya tarik, sehingga meningkatkan ketahanan tarik secara keseluruhan.



**Gambar 4.11** Grafik Hasil Uji Kuat Tarik Belah Dengan Kandungan Serat *Polypropylene* 0 Gram





**Gambar 4.12** Grafik Hasil Uji Kuat Tarik Belah Dengan Kandungan Serat *Polypropylene* 455 Gram



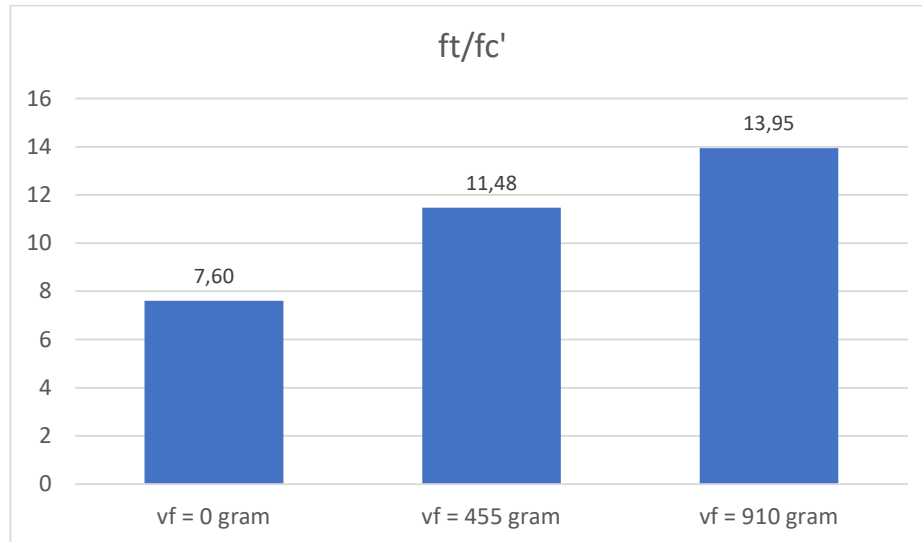
**Gambar 4.13** Grafik Hasil Uji Kuat Tarik Belah Dengan Kandungan Serat *Polypropylene* 910 Gram

**Tabel 4.10** Ft/Fc' Beton SCC 21 Hari

Kadar Serat <i>PolyPropylene</i>	Kuat Tarik Belah Umur 21 Hari (Mpa)		Kuat Tekan Umur 21 Hari (Mpa)			Ft/Fc' (%)	
	Ft	Rata-rata	Fc'		Rata-rata		
0 gram	2,97	3,40	3,11	36,23	36,23	36,23	7,60
	2,83	2,97					
	3,11	3,40					
455 gram	3,82	4,10	4,01	31,14	26,61	28,87	11,48
	3,68	4,24					
	4,39	3,82					
910 gram	4,10	4,24	4,3	35,67		30,92	13,95
	4,39	4,39		31,62			
	4,53	4,24		25,48			

**Tabel 4.11** Ft/Fc' Beton SCC 21 Hari Konversi Ke 28 Hari

Kadar Serat <i>PolyPropylene</i>	Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari (Mpa)			Kuat Tekan Umur 28 Hari (Mpa)			Ft/Fc' (%)
	Ft		Rata-rata	Fc'		Rata-rata	
0 gram	3,38	3,86	3,54	40,26	40,26	40,26	8,8
	3,22	3,38					
	3,54	3,86					
455 gram	4,34	4,66	4,55	34,60	29,12	31,86	29,8
	4,18	4,82					
	4,98	4,34					
910 gram	5,63	4,82	5,39	39,63		34,36	15,7
	5,63	4,98		35,13			
	5,79	5,47		28,31			



**Gambar 4.14** Grafik Hasil FT/FC'

Grafik presentase diatas menunjukkan bahwa hasil dari  $ft/fc'$  pada umur 21 hari berada di kisaran 7–14%. Nilai ini masih termasuk dalam rentang yang biasa diasumsikan untuk beton normal, yaitu antara 6–14%.

#### 4.7 Uji Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur beton bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan beton dalam menahan beban lentur sebelum mengalami retak atau kerusakan struktural. Metode ini juga memberikan gambaran mengenai kapasitas beton dalam menghadapi gaya tekan atau aksial. Umumnya, benda uji berbentuk balok dengan dimensi 100 x 100 x 400 mm atau 150 x 150 x 600 mm, mengacu pada standar ASTM C78/C78M maupun SNI 03-4154-1996. Nilai kuat lentur yang diperoleh dari pengujian ini umumnya berada di kisaran 10 hingga 15 persen dari kuat tekan beton.

**Tabel 4.12** Hasil Uji Kuat Lentur Benda Uji Beton SCC Umur 21 Hari

BENDA UJI	KADAR SERAT PP (GRAM)	UMUR (HARI)	BERAT (KG)	PANJANG BENTANG 2 TUMPUAN (CM)	GAYA (KN)	Modulus of Rupture OMR = $PL/bh^2$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Rata Rata (N/mm <sup>2</sup> )
A1	0	21	26,63	45,00	32	4,74	5,04
A2	0	21	27,27	45,00	35	5,19	
A3	0	21	26,85	45,00	35	5,19	
B1	455	21	27,53	45,00	55	8,15	7,51
B2	455	21	27,41	45,00	50	7,41	
B3	455	21	27,25	45,00	47	6,96	
C1	910	21	26,95	45,00	70	10,37	9,04
C2	910	21	27,12	45,00	58	8,59	
C3	910	21	27,56	45,00	55	8,15	

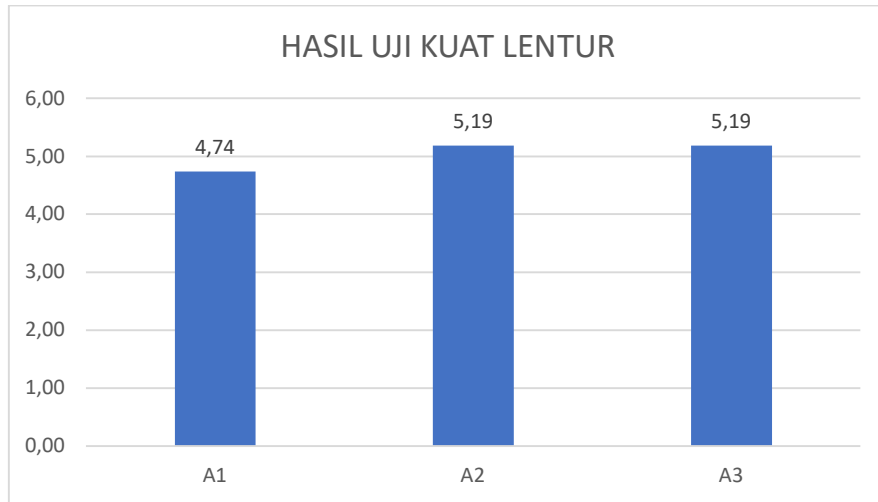
Pengujian kuat lentur dilakukan pada balok beton dengan rasio air terhadap semen (w/c) sebesar 0,38, menggunakan tiga variasi kadar serat *polypropylene* (PP), yaitu 0 gram, 455 gram, dan 910 gram. Semua benda uji dites pada umur 21 hari.

Dari hasil yang didapat, terlihat kalau penambahan serat PP berpengaruh cukup signifikan terhadap nilai kuat lenturnya. Misalnya, pada benda uji tanpa serat (A1–A3), nilai *Modulus of Rupture* (OMR) rata-rata hanya sekitar 5,04 MPa. Nilai ini bisa dibilang masih standar untuk beton tanpa tambahan serat.

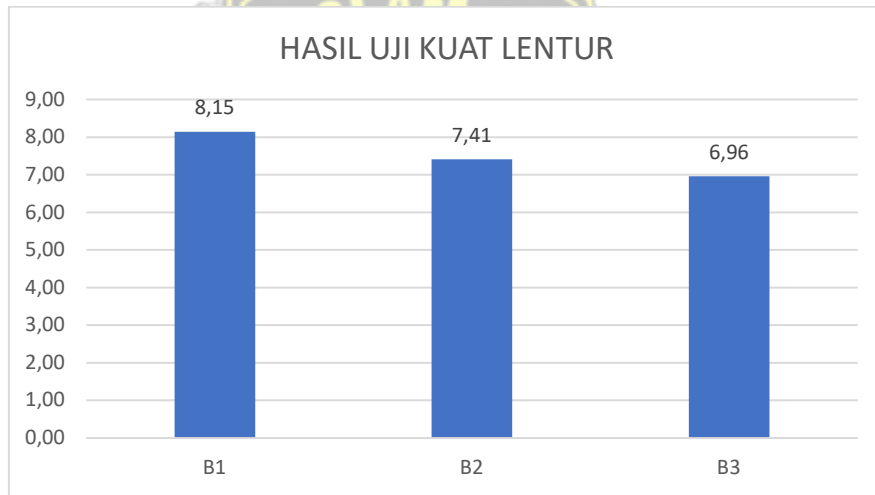
Tapi saat serat PP ditambahkan sebanyak 455 gram (B1–B3), kuat lenturnya langsung naik cukup tinggi, rata-ratanya jadi 7,51 MPa. Bahkan hasil tertingginya sampai 8,15 MPa. Ini menunjukkan kalau serat dapat membantu beton lebih tahan saat terkena beban tarik di bawah.

Lalu ketika kadar serat ditingkatkan lagi jadi 910 gram (C1–C3), nilai OMR-nya makin meningkat, rata-ratanya mencapai 9,04 MPa. Hasil tertinggi bahkan sampai 10,37 MPa di benda uji C1. Jadi bisa dibilang, semakin banyak serat yang ditambahkan, semakin tinggi juga kemampuan lenturnya.

Secara umum, dari tabel ini terlihat jelas kalau penambahan serat *polypropylene* membuat beton jadi lebih kuat menahan lenturan, karena seratnya dapat "menahan" keretakan mikro sebelum nyebar lebih besar.

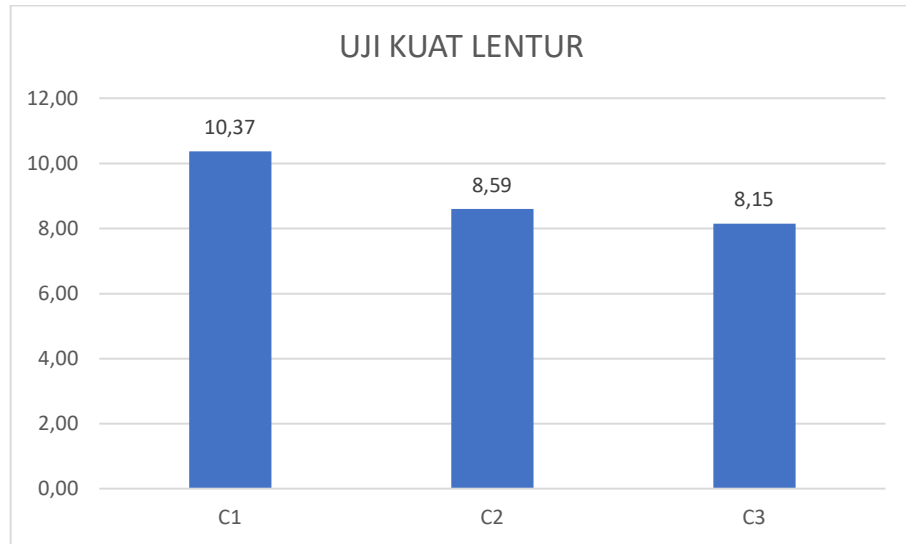


**Gambar 4.15** Grafik Hasil Uji Lentur Dengan Kandungan Serat  
*Polypropylene 0 gram*



**Gambar 4.16** Grafik Hasil Uji Lentur Dengan Kandungan Serat  
*Polypropylene 455 gram*





**Gambar 4.17** Grafik Hasil Uji Lentur Dengan Kandungan Serat  
*Polypropylene 910 gram*



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil percobaan pada beberapa benda uji beton dan hasil analisis data percobaan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penambahan serat *polypropylene* memberikan pengaruh terhadap kuat tekan beton SCC. Pada umur 21 hari, campuran tanpa serat menunjukkan rata-rata kuat tekan yang cenderung lebih tinggi dibandingkan campuran dengan serat. Penambahan serat dengan vf 455 gram menunjukkan fluktuasi kuat tekan, sementara penambahan serat dengan vf 910 gram cenderung menurunkan kuat tekan. Hal ini menunjukkan bahwa serat tidak selalu meningkatkan kuat tekan, dan distribusinya yang tidak merata atau menyebabkan *void* dapat menurunkan kuat tekan.
2. Penambahan serat *polypropylene* terbukti meningkatkan kuat tarik belah beton SCC. Peningkatan ini terjadi karena serat berfungsi sebagai pengikat mikro yang menahan dan membatasi perkembangan retak akibat gaya tarik. Kuat tarik belah rata-rata meningkat secara signifikan dari 3,11 N/mm<sup>2</sup> (tanpa serat *polypropylene*) menjadi 4,01 N/mm<sup>2</sup> (455 gram serat *polypropylene*) dan 4,31 N/mm<sup>2</sup> (910 gram serat *polypropylene*).
3. Penambahan serat *polypropylene* memberikan peningkatan yang cukup signifikan terhadap nilai kuat lentur beton SCC. Nilai *Modulus of Rupture* (OMR) rata-rata meningkat dari 5,04 MPa (tanpa serat *polypropylene*) menjadi 7,51 MPa (455 gram serat *polypropylene*) dan 9,04 MPa (910 gram serat *polypropylene*). Hal ini menunjukkan bahwa serat *polypropylene* membantu beton lebih tahan terhadap beban lentur dan menahan keretakan mikro.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan serat *polypropylene* pada beton SCC dapat meningkatkan kemampuan beton dalam menahan gaya tarik dan lentur, serta memengaruhi karakteristik aliran beton segar. Namun, pengaruhnya terhadap kuat tekan tidak selalu positif dan perlu dioptimalkan melalui pengaturan dosis serat dan bahan tambah lainnya.

## 5.2 Saran

1. Disarankan untuk melakukan optimasi dosis serat *polypropylene* dengan rentang yang lebih luas atau variasi rasio aspek serat untuk mendapatkan pengaruh yang lebih signifikan terhadap peningkatan kuat tekan dan *workability* beton SCC.
2. Untuk aplikasi praktis, perlu dilakukan studi kelayakan ekonomi dan teknis terkait penggunaan beton SCC berserat *polypropylene* dalam skala besar.



## DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544. (1982). *State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete*. American Concrete Institute.
- Arde, R. (2005). *Pengaruh Serat Polypropylene terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton*.
- Banthia, N., & Gupta, R. (2004). *Influence of Polypropylene Fiber on the Mechanical Properties of Concrete*. Cement and Concrete Composites.
- Bentur, A., & Mindess, S. (2007). *Fibre Reinforced Cementitious Composites* (2nd ed.). Taylor & Francis.
- Dina, H. (1999). *Pengaruh Penggunaan Serat terhadap Retak dan Daktilitas Beton*.
- EFNARC. (2002). *Specifications and Guidelines for Self-Compacting Concrete*. European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems.
- Johnston, C. D. (2001). *Fiber-Reinforced Cements and Concretes*. Gordon and Breach Science Publishers.
- Japan Society of Civil Engineers. (2007). *Recommendations for Design and Construction of High Performance Fiber Reinforced Concrete*.
- Nataraja, M. C., Dhang, N., & Gupta, A. P. (1999). *Stress-Strain Curves for Steel-Fiber Reinforced Concrete in Compression*. Cement and Concrete Composites.
- Okamura, H., & Ouchi, M. (2003). *Self-Compacting Concrete*. Journal of Advanced Concrete Technology, 1(1), 5–15.
- SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder*.
- SNI 03-2491-2002. *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*.
- SNI 4154:2014. *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Satu Titik Pembebanan Tengah*.
- SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*.
- Sudarmoko. (1993). *Pengaruh Konsentrasi dan Aspect Ratio Serat terhadap Kelecahan Beton*.
- Sivakumar, A., & Santhanam, M. (2007). *Mechanical Properties of High Strength Concrete Reinforced with Metallic and Non-Metallic Fibres*. Cement and Concrete Composites.

Yazıcı, Ş., Inan, G., & Tabak, V. (2007). *Effect of Aspect Ratio and Volume Fraction of Steel Fiber on the Mechanical Properties of SFRC*. Construction and Building Materials.

