

**SKRIPSI**

**KAJIAN EKSPERIMENTAL HUBUNGAN KEKUATAN  
TEKAN DENGAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY*,  
*ELECTRICAL RESISTIVITY*, DAN KEKUATAN TARIK  
BELAH DARI *STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE*  
DENGAN VARIASI *WATER TO BINDER RATIO***



**YOHANES ERICK PRAJITNO  
NPM: 6101801039**

**PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JULI 2022**

**EXPERIMENTAL STUDY ON COMPRESSIVE STRENGTH'S  
CORRELATION WITH ULTRASONIC PULSE VELOCITY,  
ELECTRICAL RESISTIVITY, AND SPLITTING TENSILE  
STRENGTH OF STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE  
WITH DIFFERENT WATER TO BINDER RATIO**



**YOHANES ERICK PRAJITNO  
NPM: 6101801039**

**ADVISOR: Herry Suryadi, Ph.D.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
FACULTY OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
(Accredited by SK BAN-PT No. 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JULY 2022**

## SKRIPSI

# KAJIAN EKSPERIMENTAL HUBUNGAN KEKUATAN TEKAN DENGAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY*, *ELECTRICAL RESISTIVITY*, DAN KEKUATAN TARIK BELAH DARI *STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE* DENGAN VARIASI *WATER TO BINDER RATIO*



**YOHANES ERICK PRAJITNO**  
NPM: 6101801039

**PEMBIMBING : Herry Suryadi, Ph.D.**

**PENGUJI 1 : Wisena Perceka, Ph.D.**

**PENGUJI 2 : Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
**BANDUNG**  
**JULI 2022**

## PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Yohanes Erick Prajitno

NPM : 6101801039

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

**KAJIAN EKSPERIMENTAL HUBUNGAN KEKUATAN TEKAN DENGAN  
*ULTRASONIC PULSE VELOCITY, ELECTRICAL RESISTIVITY, DAN KEKUATAN  
TARIK BELAH DARI STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE DENGAN VARIASI  
WATER TO BINDER RATIO***

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 18 Juli 2022



---

(Yohanes Erick Prajitno)

**KAJIAN EKSPERIMENTAL HUBUNGAN KEKUATAN  
TEKAN DENGAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY*,  
*ELECTRICAL RESISTIVITY*, DAN KEKUATAN TARIK  
BELAH DARI *STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE*  
DENGAN VARIASI *WATER TO BINDER RATIO***

**Yohanes Erick Prajitno  
NPM: 6101801039**

**Pembimbing: Herry Suryadi, Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
2022**

**ABSTRAK**

Beton merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan dalam dunia konstruksi. Hal ini disebabkan oleh kelebihan dari beton yang kuat terhadap gaya tekan, dapat dibentuk sesuai keinginan, dan ekonomis. Di samping itu, beton memiliki sifat yang getas dan lemah terhadap gaya tarik. Salah satu cara yang dapat mengatasi kelemahan beton ini adalah dengan penggunaan serat. Pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh dari variasi *water to binder ratio* dari *steel fiber reinforced concrete* terhadap kekuatan tekan, *electrical surface resistivity* (ESR), *ultrasonic pulse velocity* (UPV), dan kekuatan tarik belah. Variasi *water to binder ratio* yang digunakan adalah 0,2; 0,3; dan 0,4 dengan volume serat baja 0,5%. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder yang berukuran 100 × 200 mm sebanyak 27 buah untuk rangkaian pengujian ESR, UPV, kekuatan tekan dan 9 buah untuk pengujian kekuatan tarik belah. Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran beton adalah metode *Densified Mixture Design Algorithm* (DMDA) yang memanfaatkan penggunaan *fly ash*. Dari penelitian didapatkan hasil untuk masing-masing rasio w/b 0,2; 0,3; dan 0,4 pada umur 28 hari sebagai berikut: kekuatan tekan rata-rata 70,37 MPa, 33,85 MPa, dan 23,48 MPa; ESR rata-rata 12,58 kΩcm, 9,60 kΩcm, dan 8,88 kΩcm; UPV rata-rata 4702,89 m/s, 4308,48 m/s, dan 4201,22 m/s; serta kekuatan tarik belah rata-rata 4,79 MPa, 2,72 MPa, dan 2,14 MPa. Semakin besar rasio w/b yang digunakan maka nilai kekuatan tekan, ESR, UPV, dan kekuatan tarik belah dari beton akan semakin besar.

Kata kunci: *electrical surface resistivity*, kekuatan tarik belah, kekuatan tekan, *steel fiber reinforced concrete*, *ultrasonic pulse velocity*

# **EXPERIMENTAL STUDY ON COMPRESSIVE STRENGTH'S CORRELATION WITH ULTRASONIC PULSE VELOCITY, ELECTRICAL RESISTIVITY, AND SPLITTING TENSILE STRENGTH OF STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE WITH DIFFERENT WATER TO BINDER RATIO**

**Yohanes Erick Prajitno**  
**NPM: 6101801039**

**Advisor: Herry Suryadi, Ph.D.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**FACULTY OF ENGINEERING**  
**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
(Accredited by SK BAN-PT No. 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
**BANDUNG**  
**2022**

## **ABSTRACT**

Concrete is one of most widely used materials in construction industry. This is because the advantageous use of concrete, such as its strength to compressive load, customizable shape, and economical. However, concrete is brittle and has low tensile strength. The utilization of steel fibers is considered as one of many methods to overcome these disadvantages. The effect of different water to binder ratios to compressive strength, electrical surface resistivity (ESR), ultrasonic pulse velocity (UPV), and splitting tensile strength of steel fiber reinforced concrete will be investigated in this research. The variations of water to binder ratio used in this research were 0,2; 0,3; and 0,4 with 0,5% steel fiber volume. As much as 27 cylindrical specimens with size of  $100 \times 200$  mm were used to investigate ESR, UPV, compressive strength testing series and 9 specimens were used to investigate splitting tensile strength. Densified Mixture Design Algorithm (DMDA) method that utilizes fly ash was used to design concrete mix proportions. The obtained results at age of 28 days for each w/b ratio 0,2; 0,3; and 0,4 are as follows: average compressive strength 70,37 MPa; 33,85 MPa; and 23,48 MPa; average ESR 12,58 k $\Omega$ cm; 9,60 k $\Omega$ cm; and 8,88 k $\Omega$ cm; average UPV 4702,89 m/s; 4308,48 m/s; and 4201,22 m/s; and average splitting tensile strength 4,79 MPa; 2,72 MPa; and 2,14 MPa; respectively. The bigger the value of w/b ratio being used, the smaller the value of compressive strength, ESR, UPV, and splitting tensile strength.

Keywords: electrical surface resistivity, compressive strength, splitting tensile strength, steel fiber reinforced concrete, ultrasonic pulse velocity

## KATA PENGANTAR

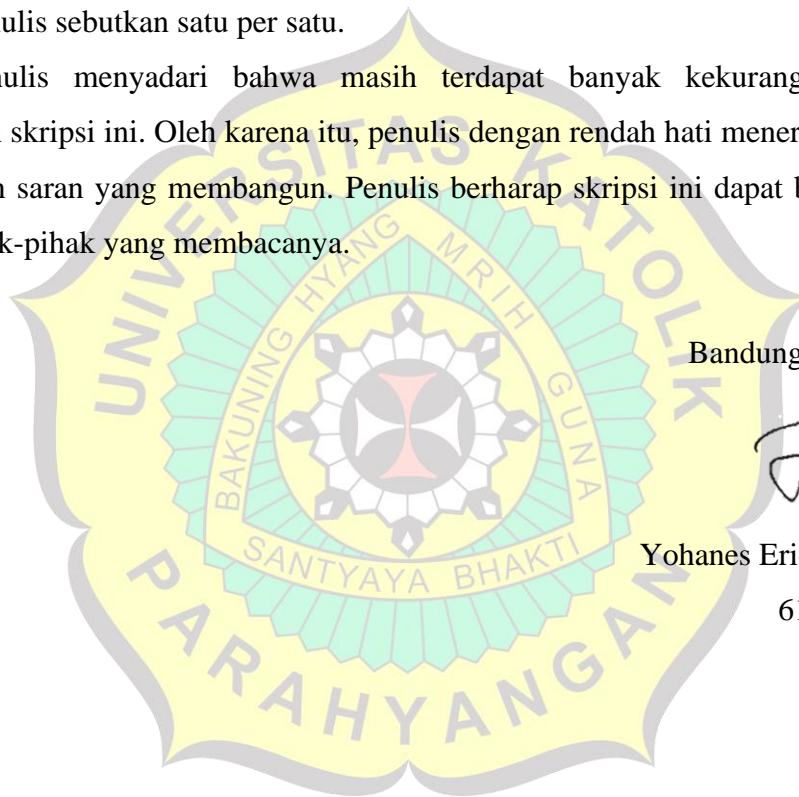
Puji dan syukur ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat melimpah yang telah diberikan dalam penyusunan skripsi yang berjudul “Kajian Eksperimental Hubungan Kekuatan Tekan dengan *Ultrasonic Pulse Velocity* dan *Electrical Resistivity* dari *Steel Fiber Reinforced Concrete* dengan Variasi *Water to Binder Ratio*” dapat selesai dengan baik dan tepat waktu. Penyusunan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi syarat kelulusan pada Program Studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Selama masa penyusunan skripsi, penulis menghadapi berbagai kesulitan, tantangan, dan rintangan. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya untuk pihak-pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, motivasi, kritik, dan saran, yaitu:

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang sudah memberikan bimbingan, masukan, dan waktunya selama penulis menyusun skripsi ini.
2. Bapak Teguh Farid Nurul Iman, S.T., Bapak Markus Didi G., dan Bapak Heri Sutandi yang telah memberikan masukan dan membantu penulis dalam seluruh proses penelitian di laboratorium.
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah hadir serta memberikan kritik dan saran melalui rangkaian seminar proposal, seminar isi, dan siding.
4. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan dukungan jasmani dan rohani selama penyusunan skripsi.
5. Hermawan yang telah banyak memberikan pengetahuan dan bantuan selama penelitian di laboratorium dan penyusunan skripsi.
6. Lie Vernando, Carel Delvine Winardo, Felicia Gabriele Saputra, Indra Permana, Josia Budi Leksono, Michael, Richard Faren Sutanto, Sophie Nathania, dan William Delbert selaku teman seperjuangan di laboratorium yang telah memberikan semangat dan bantuan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.

7. Bagas Raditya, Elsa Marvella, Elvan Tiojaya, Fernando Marpohno, Ivan Julianto Sudiro, Kelvin Hartatdji, Michael Tiojordy, Muhammad Adam Husen, Owen Bastian, Philips Henzi, Reinaldo Prana Wargatjie, dan Taufan Rahman Santoso selaku teman seperjuangan semasa perkuliahan.
8. Alvenia Salim, Helen Aurora Tania, Princessha Margeld, dan Ronaldi Tjaidianto selaku teman penulis yang telah memberikan semangat dan dukungan selama penyusunan skripsi.
9. Teman-teman jurusan Teknik Sipil UNPAR terutama angkatan 2018.
10. Seluruh pihak yang telah memberikan doa dan dukungan yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati menerima segala kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membacanya.



Bandung, Juli 2022

Yohanes Erick Prajitno

6101801039



# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1-1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1-1
1.2 Inti Permasalahan.....	1-2
1.3 Tujuan Penelitian .....	1-2
1.4 Pembatasan Masalah.....	1-3
1.5 Metode Penelitian .....	1-4
1.6 Diagram Alir Penelitian .....	1-5
1.7 Sistematika Penulisan .....	1-6
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>2-1</b>
2.1 Beton.....	2-1
2.2 Material Penyusun Beton.....	2-2
2.2.1 Semen Portland.....	2-2
2.2.2 <i>Fly Ash</i> (Abu Terbang).....	2-3
2.2.3 Agregat Halus .....	2-3
2.2.4 Agregat Kasar .....	2-3
2.2.5 Serat Baja.....	2-4
2.2.6 <i>Superplasticizer</i> .....	2-4
2.2.7 Air .....	2-5
2.3 Kelembapan Agregat .....	2-5
2.4 Rasio Air terhadap <i>Binder</i> .....	2-6
2.5 <i>Specific Gravity</i> .....	2-7
2.5.1 <i>Specific Gravity</i> Semen dan <i>Fly Ash</i> .....	2-7
2.5.2 <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus .....	2-8

2.5.3	<i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar .....	2-8
2.6	Absorpsi .....	2-8
2.7	Pengujian <i>Fineness Modulus (FM)</i> Agregat Halus .....	2-9
2.8	<i>Densified Mixture Design Algorithm (DMDA)</i> .....	2-9
2.9	Metode Perawatan Benda Uji .....	2-13
2.10	Pengujian Properti Beton .....	2-14
2.10.1	Pengujian Kekuatan Tekan .....	2-14
2.10.2	Pengujian Kekuatan Tarik Belah .....	2-15
2.10.3	Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)</i> .....	2-15
2.10.4	Pengujian <i>Electrical Surface Resistivity (ESR)</i> .....	2-17
2.10.5	Hubungan antara Kekuatan Tekan dengan UPV .....	2-19
2.10.6	Hubungan antara Kekuatan Tekan dengan ESR .....	2-19
2.10.7	Hubungan antara Kekuatan Tekan dengan Kekuatan Tarik Belah .....	2-20
2.10.8	Hubungan antara Kekuatan Tekan dan <i>Water to Binder Ratio</i> ....	2-20
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>3-1</b>
3.1	Material Penyusun Beton .....	3-1
3.1.1	Semen .....	3-1
3.1.2	<i>Fly Ash</i> .....	3-1
3.1.3	Agregat Halus .....	3-2
3.1.4	Agregat Kasar .....	3-2
3.1.5	Serat Baja .....	3-3
3.1.6	<i>Superplasticizer</i> .....	3-3
3.1.7	Air .....	3-3
3.2	Pengujian <i>Specific Gravity</i> .....	3-4
3.2.1	Pengujian <i>Specific Gravity</i> Semen dan <i>Fly Ash</i> .....	3-4
3.2.2	Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus .....	3-5
3.2.3	Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar .....	3-5
3.3	Pengujian Absorpsi .....	3-6
3.4	Pengujian <i>Fineness Modulus (FM)</i> Agregat Halus .....	3-7
3.5	Metode Perencanaan Campuran Beton dengan DMDA .....	3-8
3.5.1	Pengujian Parameter $\alpha$ .....	3-8
3.5.2	Pengujian Parameter $\beta$ .....	3-9
3.5.3	Hasil Perencanaan Campuran Beton .....	3-10
3.6	Metode Pengecoran .....	3-11

3.7	Pengujian <i>Slump</i> .....	3-13
3.8	Metode Perawatan ( <i>Curing</i> ) Beton .....	3-13
3.9	Pengujian Properti Beton .....	3-14
3.9.1	Pengujian <i>Electrical Surface Resistivity</i> (ESR).....	3-14
3.9.2	Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV).....	3-16
3.9.3	Pengujian Kekuatan Tekan .....	3-17
3.9.4	Pengujian Kekuatan Tarik Belah .....	3-17
<b>BAB 4 DATA DAN ANALISIS DATA .....</b>		<b>4-1</b>
4.1	Hasil Pengujian <i>Slump</i> .....	4-1
4.2	Hasil Pengukuran Dimensi Benda Uji .....	4-2
4.3	Analisis <i>Electrical Surface Resistivity</i> (ESR).....	4-4
4.3.1	ESR Variasi C0,2-STLF0,5 .....	4-4
4.3.2	ESR Variasi C0,3-STLF0,5 .....	4-5
4.3.3	ESR Variasi C0,4-STLF0,5 .....	4-6
4.3.4	Perbandingan ESR Antar-Variasi .....	4-7
4.3.5	Perbandingan ESR Penelitian Skripsi dengan Data Sekunder.....	4-8
4.4	Analisis <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> (UPV).....	4-9
4.4.1	UPV Variasi C0,2-STLF0,5.....	4-9
4.4.2	UPV Variasi C0,3-STLF0,5.....	4-10
4.4.3	UPV Variasi C0,4-STLF0,5.....	4-11
4.4.4	Perbandingan UPV Antar-Variasi .....	4-13
4.5	Analisis Kekuatan Tekan .....	4-14
4.5.1	Kekuatan Tekan Variasi C0,2-STLF0,5 .....	4-14
4.5.2	Kekuatan Tekan Variasi C0,3-STLF0,5 .....	4-15
4.5.3	Kekuatan Tekan Variasi C0,4-STLF0,5 .....	4-16
4.5.4	Perbandingan Kekuatan Tekan Antar-Variasi .....	4-17
4.6	Analisis Kekuatan Tarik Belah .....	4-18
4.6.1	Kekuatan Tarik Belah Variasi C0,2-STLF0,5 .....	4-18
4.6.2	Kekuatan Tarik Belah Variasi C0,3-STLF0,5 .....	4-18
4.6.3	Kekuatan Tarik Belah Variasi C0,4-STLF0,5 .....	4-19
4.6.4	Perbandingan Kekuatan Tarik Belah Antar-Variasi .....	4-19
4.7	Analisis Hubungan antara Kekuatan Tekan dan ESR.....	4-19
4.7.1	Hubungan Kekuatan Tekan dan ESR C0,2-STLF0,5 .....	4-19
4.7.2	Hubungan Kekuatan Tekan dan ESR C0,3-STLF0,5 .....	4-20

4.7.3	Hubungan Kekuatan Tekan dan ESR C0,4-STLF0,5 .....	4-21
4.8	Analisis Hubungan antara Kekuatan Tekan dan UPV .....	4-21
4.8.1	Hubungan Kekuatan Tekan dan UPV C0,2-STLF0,5 .....	4-21
4.8.2	Hubungan Kekuatan Tekan dan UPV C0,3-STLF0,5 .....	4-22
4.8.3	Hubungan Kekuatan Tekan dan UPV C0,4-STLF0,5 .....	4-22
4.9	Analisis Hubungan antara Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah .....	4-23
4.9.1	Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah C0,2-STLF0,5 .....	4-23
4.9.2	Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah C0,3-STLF0,5 .....	4-23
4.9.3	Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah C0,4-STLF0,5 .....	4-24
4.10	Analisis Hubungan antara Kekuatan Tekan dan <i>Water to Binder Ratio</i> .....	4-24
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>5-1</b>
5.1	Kesimpulan .....	5-1
5.2	Saran .....	5-2
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir .....	1-5
Gambar 2.1 Kelembapan Agregat.....	2-6
Gambar 2.2 Prinsip Pengukuran UPV .....	2-17
Gambar 2.3 Tipe-tipe Metode Pengujian UPV .....	2-17
Gambar 2.4 Prinsip Pengukuran Proceq Resipod .....	2-18
Gambar 2.5 Hubungan antara Kekuatan Tekan dan <i>Water to Binder Ratio</i> .....	2-20
Gambar 3.1 Semen Tiga Roda .....	3-1
Gambar 3.2 <i>Fly Ash</i> Kelas F .....	3-1
Gambar 3.3 Pasir Galunggung .....	3-2
Gambar 3.4 Batu Lagadar .....	3-2
Gambar 3.5 Serat Baja Tipe <i>Hooked-End</i> .....	3-3
Gambar 3.6 <i>Superplasticizer</i> .....	3-3
Gambar 3.7 Air.....	3-3
Gambar 3.8 <i>Le Chatelier Flask</i> berisi minyak tanah dan <i>fly ash</i> .....	3-4
Gambar 3.9 <i>Pycnometer Flask</i> berisi air dan pasir .....	3-5
Gambar 3.10 Menimbang Berat Batu di Dalam Air .....	3-6
Gambar 3.11 Contoh Sampel Pasir .....	3-7
Gambar 3.12 Pengujian FM .....	3-7
Gambar 3.13 Metode <i>Quartering</i> pada Campuran <i>Fly Ash</i> dan Pasir .....	3-9
Gambar 3.14 Metode <i>Quartering</i> pada Campuran <i>Fly Ash</i> + Pasir dan Batu ...	3-10
Gambar 3.15 Pembuatan Campuran Beton.....	3-12
Gambar 3.16 Pengujian <i>Slump</i> .....	3-13
Gambar 3.17 <i>Water Curing</i> .....	3-14
Gambar 3.18 Penandaan Penampang Benda Uji.....	3-15
Gambar 3.19 Kalibrasi Alat Proceq Resipod .....	3-15
Gambar 3.20 Pengujian ESR.....	3-15
Gambar 3.21 Kalibrasi Alat Proceq Pundit Lab+ .....	3-16
Gambar 3.22 Pengujian UPV .....	3-16
Gambar 3.23 Pengujian Kekuatan Tekan.....	3-17
Gambar 3.24 Pengujian Kekuatan Tarik Belah.....	3-18
Gambar 4.1 Uji <i>Slump</i> w/b 0,2.....	4-1
Gambar 4.2 Uji <i>Slump</i> w/b 0,3.....	4-1

Gambar 4.3 Uji <i>Slump</i> w/b 0,4.....	4-2
Gambar 4.4 Data Hasil Pengujian ESR C0,2-STLF0,5 .....	4-4
Gambar 4.5 Data Hasil Pengujian ESR C0,3-STLF0,5 .....	4-5
Gambar 4.6 Data Hasil Pengujian ESR C0,4-STLF0,5 .....	4-6
Gambar 4.7 Perbandingan Data Hasil Pengujian ESR Antar-Variasi.....	4-7
Gambar 4.8 Data Hasil Pengujian UPV C0,2-STLF0,5 .....	4-10
Gambar 4.9 Data Hasil Pengujian UPV C0,3-STLF0,5 .....	4-11
Gambar 4.10 Data Hasil Pengujian UPV C0,4-STLF0,5 .....	4-12
Gambar 4.11 Perbandingan Data Hasil Pengujian UPV Antar-Variasi.....	4-13
Gambar 4.12 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan C0,2-STLF0,5 .....	4-14
Gambar 4.13 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan C0,3-STLF0,5 .....	4-15
Gambar 4.14 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan C0,4-STLF0,5 .....	4-16
Gambar 4.15 Perbandingan Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Antar-Variasi .....	4-17
Gambar 4.16 Hubungan Kekuatan Tekan dengan ESR C0,2-STLF0,5.....	4-20
Gambar 4.17 Hubungan Kekuatan Tekan dengan ESR C0,3-STLF0,5.....	4-20
Gambar 4.18 Hubungan Kekuatan Tekan dengan ESR C0,4-STLF0,5.....	4-21
Gambar 4.19 Hubungan Kekuatan Tekan dengan UPV C0,2-STLF0,5 .....	4-21
Gambar 4.20 Hubungan Kekuatan Tekan dengan UPV C0,3-STLF0,5 .....	4-22
Gambar 4.21 Hubungan Kekuatan Tekan dengan UPV C0,4-STLF0,5 .....	4-22
Gambar 4.22 Hubungan Kekuatan Tekan dengan <i>Water to Binder Ratio</i> .....	4-24

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Rincian Benda Uji.....	1-4
Tabel 2.1 Persyaratan Gradasi Agregat Halus .....	2-9
Tabel 2.2 Pengkategorian Kualitas Beton Berdasarkan Nilai UPV .....	2-16
Tabel 2.3 Risiko Korosi berdasarkan Nilai ESR.....	2-19
Tabel 3.1 Hasil Perencanaan Campuran Beton dengan DMDA .....	3-11
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian <i>Slump</i> .....	4-1
Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Dimensi Benda Uji C0,2-STLF0,5 .....	4-2
Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Dimensi Benda Uji C0,3-STLF0,5 .....	4-3
Tabel 4.4 Data Hasil Pengukuran Dimensi Benda Uji C0,4-STLF0,5 .....	4-3
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian ESR C0,2-STLF0,5 .....	4-4
Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian ESR C0,3-STLF0,5 .....	4-5
Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian ESR C0,4-STLF0,5 .....	4-6
Tabel 4.8 Perbandingan Data Hasil Pengujian ESR .....	4-8
Tabel 4.9 Perbandingan Penelitian Skripsi dengan Data Sekunder .....	4-8
Tabel 4.10 Perbandingan Nilai Resistivitas dengan Data Sekunder pada Umur 28 Hari (k $\Omega$ cm) .....	4-8
Tabel 4.11 Data Hasil Pengujian UPV C0,2-STLF0,5 .....	4-10
Tabel 4.12 Data Hasil Pengujian UPV C0,3-STLF0,5 .....	4-11
Tabel 4.13 Data Hasil Pengujian UPV C0,4-STLF0,5 .....	4-12
Tabel 4.14 Perbandingan Data Hasil Pengujian UPV.....	4-13
Tabel 4.15 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan C0,2-STLF0,5 .....	4-14
Tabel 4.16 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan C0,3-STLF0,5 .....	4-15
Tabel 4.17 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan C0,4-STLF0,5 .....	4-16
Tabel 4.18 Perbandingan Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan .....	4-17
Tabel 4.19 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah C0,2-STLF0,5 .....	4-18
Tabel 4.20 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah C0,3-STLF0,5 .....	4-18
Tabel 4.21 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah C0,4-STLF0,5 .....	4-19
Tabel 4.22 Perbandingan Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah .....	4-19
Tabel 4.23 Perbandingan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah C0,2-STLF0,5 .....	4-23


Tabel 4.24 Perbandingan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah C0,3-STLF0,5 ..... 4-24

Tabel 4.25 Perbandingan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah C0,4-STLF0,5 ..... 4-24



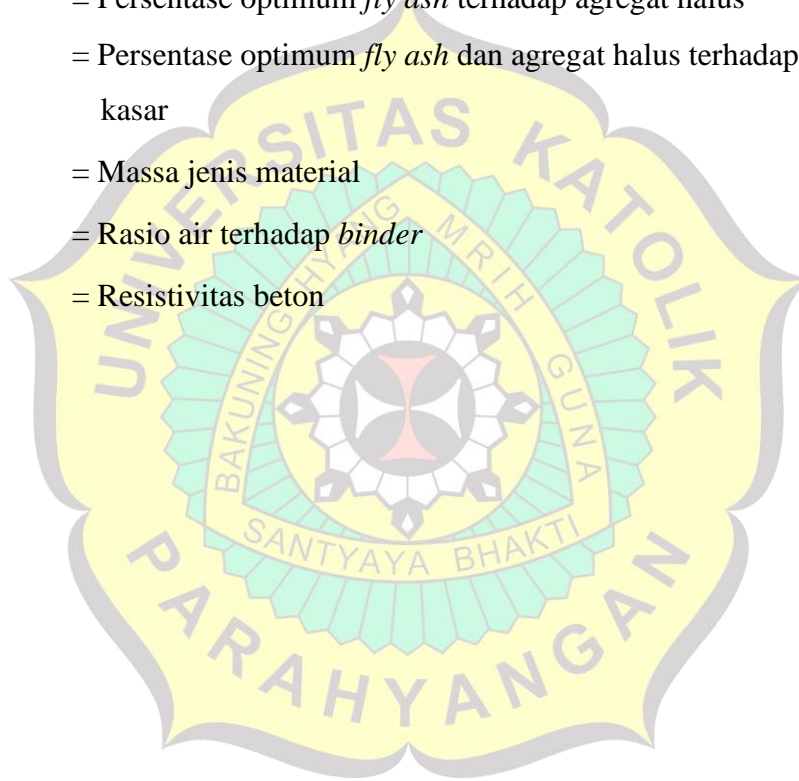


## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



$A$	= Luas penampang benda uji
ACI	= <i>American Concrete Institute</i>
AD	= <i>Air Dry</i>
ASTM	= <i>American Society for Testing and Materials</i>
cm	= Centimeter
$D$	= Diameter benda uji
DMDA	= <i>Densified Mixture Design Algorithm</i>
DT	= <i>Destructive Test</i>
ER	= <i>Electrical Resistivity</i>
ESR	= <i>Electrical Surface Resistivity</i>
$f_c$	= Kekuatan tekan beton
$f_{ct}$	= Kekuatan tarik belah beton
FM	= <i>Fineness Modulus</i>
g	= Gram
HRWRA	= <i>High-Range Water-Reducing Admixtures</i>
HSC	= <i>High-Strength Concrete</i>
kg	= Kilogram
$L$	= Panjang benda uji/jarak antarpusat transduser
m	= Meter
mm	= Milimeter
ml	= Mililiter
NDT	= <i>Non-Destructive Test</i>
OD	= <i>Oven Dry</i>
$P$	= Gaya aksial tekan maksimum
PCC	= <i>Portland Composite Cement</i>
PPC	= <i>Portland Pozzolan Cement</i>

SFRC	= <i>Steel Fiber Reinforced Concrete</i>
SG	= <i>Specific gravity</i>
SP	= <i>Superplasticizer</i>
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>
T	= Waktu perambatan gelombang ultrasonik
UPV	= <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>
$v$	= Kecepatan rambat gelombang ultrasonik
w/b	= <i>Water to binder ratio</i>
$\alpha$	= Persentase optimum <i>fly ash</i> terhadap agregat halus
$\beta$	= Persentase optimum <i>fly ash</i> dan agregat halus terhadap agregat kasar
$\gamma$	= Massa jenis material
$\lambda$	= Rasio air terhadap <i>binder</i>
$\rho$	= Resistivitas beton



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PENGUJIAN KARAKTERISTIK MATERIAL .....	L1-1
LAMPIRAN 2 PENGUJIAN PARAMETER $\alpha$ DAN $\beta$ .....	L2-1
LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN PERENCANAAN CAMPURAN BETON DENGAN METODE DMDA .....	L3-1
LAMPIRAN 4 HASIL PENGUJIAN AIR DAN BROSUR MATERIAL .....	L4-1
LAMPIRAN 5 DOKUMENTASI PENELITIAN .....	L5-1



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Infrastruktur dianggap sebagai salah satu penggerak pertumbuhan perekonomian suatu negara. Maka dari itu, pembangunan infrastruktur di Indonesia terus gencar dilakukan oleh pemerintah. Pada tahun 2022 sendiri, dilakukan percepatan pada pembangunan infrastruktur di Indonesia dengan tujuan untuk memulihkan pertumbuhan ekonomi pasca pandemi dan mencapai pemerataan pembangunan nasional. Adapun infrastruktur yang dimaksud di antaranya adalah jalan, jembatan, bendungan, dan permukiman. Percepatan pembangunan infrastruktur ini diharapkan dapat mewujudkan cita-cita Indonesia Maju pada tahun 2045 nanti (Aprillia, 2021; Kementerian PUPR, 2022; Nurmillah, 2021).

Material yang paling umum digunakan dalam pembangunan infrastruktur adalah beton. Hal ini disebabkan karena beton memiliki kelebihan seperti bentuknya dapat disesuaikan, kuat menahan gaya tekan, awet, dan ekonomis. Namun, seiring dengan berjalannya waktu kebutuhan akan beton dengan kualitas yang lebih baik dari beton normal terus mengalami peningkatan. Peningkatan ini dapat terjadi dikarenakan terus dilakukannya pembangunan gedung pencakar langit, jembatan dengan bentang panjang, bendungan, juga terowongan bawah tanah. Oleh karena itu, berbagai inovasi terus dilakukan dan salah satunya adalah beton mutu tinggi yang memiliki durabilitas dan kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal (Luvena et al., 2017). Berdasarkan SNI 03-6468-2000, beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kekuatan tekan ( $f_c$ ) minimal 41,4 MPa.

Kelebihan yang dimiliki beton membuatnya menjadi material yang sangat populer digunakan, tetapi beton memiliki kekurangan yaitu sifatnya yang getas dan kekuatan tariknya yang rendah. Upaya yang dapat dilakukan untuk menambah kekuatan tarik beton selain dengan menggunakan beton pratekan atau menambahkan tulangan baja adalah dengan menambahkan serat. Berbagai macam

serat dapat digunakan dalam pembuatan beton, seperti serabut kelapa yang merupakan serat alami, serat *polypropylene*, maupun serat baja. Berdasarkan Luvena et al. (2017), penambahan serat pada beton dapat meningkatkan kuat tarik yang dimiliki oleh beton. Dan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zhu et al. (2019) dan Wibisono et al. (2018), penambahan serat pada beton meningkatkan kekuatan tarik secara signifikan, tetapi peningkatan kekuatan tekannya tidak terlalu signifikan.

Pengujian beton biasanya dilakukan untuk mengetahui apakah beton sudah mencapai kekuatan yang direncanakan. Salah satu pengujian yang sering dilakukan adalah pengujian kekuatan tekan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM). Selain pengujian kekuatan tekan, terdapat pula pengujian kekuatan tarik belah yang juga dapat diuji menggunakan mesin CTM. Penggunaan mesin CTM ini dapat menghancurkan benda uji sehingga disebut sebagai *Destructive Test* (DT). Tentunya jenis pengujian ini tidak dapat diterapkan dalam pengujian kekuatan pada struktur beton karena dapat mempengaruhi kekuatan dan umur dari struktur beton tersebut. Oleh sebab itu, dikembangkanlah jenis pengujian yang tidak bersifat merusak, yaitu *Non-Destructive Test* (NDT). Contoh dari NDT sendiri adalah *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dan *Electrical Surface Resistivity* (ESR). Adapun kelebihan dari NDT ini adalah kemudahan saat pelaksanaan pengujian dan ekonomis (Malek & Kaouther, 2014; Shankar & Joshi, 2014). Pada penelitian ini, akan dilakukan pengujian DT dan NDT pada beton berserat baja.

## **1.2 Inti Permasalahan**

Pada penelitian ini, akan dipelajari mengenai hubungan antara kekuatan tekan, kekuatan tarik belah, UPV, ESR, dan rasio air terhadap *binder* dari beton berserat baja dengan variasi *water to binder ratio*.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari kajian eksperimental ini adalah:

1. Mempelajari pengaruh variasi *water to binder ratio* terhadap kekuatan tekan, UPV, ESR, dan kekuatan tarik belah dari beton berserat baja.
2. Membuat hubungan antara kekuatan tekan, UPV, ESR, dan kekuatan tarik belah pada beton berserat baja dengan variasi *water to binder ratio*.

3. Membuat hubungan antara kekuatan tekan dengan rasio air terhadap *binder* pada beton berserat baja dengan variasi *water to binder ratio*.

#### 1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada kajian eksperimental ini adalah sebagai berikut:

1. Rasio air terhadap *binder* ditetapkan sebesar 0,2; 0,3; dan 0,4.
2. Semen yang digunakan adalah Semen Portland Komposit merek Tiga Roda.
3. Agregat halus yang digunakan adalah Pasir Galunggung yang lolos saringan 4,75 mm.
4. Agregat Kasar yang digunakan adalah Batu Lagadar dengan ukuran agregat maksimum sebesar 12,5 mm.
5. *Steel fiber* yang digunakan adalah MasterFiber yang merupakan *hooked end steel fiber* dari PT. Master Builder Solution Indonesia dengan panjang 35 mm dan diameter 0,55 mm.
6. Volume *fiber* ditetapkan sebesar 0,5%.
7. *Fly ash* (abu terbang) yang digunakan adalah *fly ash* kelas F.
8. Superplasticizer yang digunakan adalah MasterGlenium SKY 8614 dari PT. Master Builder Solution Indonesia.
9. Perencanaan campuran beton menggunakan *Densified Mixture Design Algorithm* (DMDA).
10. Perawatan beton menggunakan metode *water curing* berdasarkan ASTM C192/C192M.
11. Kekuatan tekan beton diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan pengujian yang mengacu pada ASTM C39/C39M dengan menggunakan ELE ADR Control Pro.
12. Kekuatan tarik belah beton diuji pada umur 28 hari dengan pengujian yang mengacu pada ASTM C496/C496M dengan menggunakan ELE ADR Control Pro.
13. Pengujian UPV dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan pengujian yang mengacu pada ASTM C597 menggunakan Proceq Pundit Lab+.
14. Pengujian ESR dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan menggunakan Proceq Resipod.

15. Jumlah benda uji sebanyak 36 silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm.
16. Rincian benda uji yang digunakan untuk uji kekuatan tekan, uji UPV, dan uji *Electrical Resistivity* dapat dilihat pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Rincian Benda Uji

Jenis Pengujian	Bentuk dan Ukuran	Rasio w/b	Jumlah Benda Uji pada Umur Pengujian (Hari)		
			7	14	28
Kekuatan Tekan, UPV, ESR	Silinder (100 × 200 mm)	0,2	3	3	3
		0,3	3	3	3
		0,4	3	3	3
Kekuatan Tarik Belah	Silinder (100 × 200 mm)	0,2	-	-	3
		0,3	-	-	3
		0,4	-	-	3
Total Benda Uji				36	

### 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam kajian eksperimental ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Studi literatur

Studi literatur meliputi pengumpulan informasi dan sumber bacaan yang dapat dijadikan sebagai landasan untuk melakukan penelitian dan sebagai acuan dalam melakukan analisis hasil penelitian. Informasi dan sumber bacaan dapat berasal dari buku, jurnal, artikel, skripsi, tesis, standar, maupun peraturan.

#### 2. Kajian eksperimental

Kajian eksperimental meliputi persiapan alat dan bahan, pengujian karakteristik material, perhitungan kebutuhan bahan untuk campuran benda uji, dan pengujian benda uji.

3. Analisis data

Analisis data meliputi pengolahan data yang diperoleh dari penelitian, analisis data yang telah diperoleh, dan menarik kesimpulan dari hasil analisis.

### 1.6 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan selama masa penelitian dapat dilihat melalui diagram alir pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Diagram Alir



## **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan skripsi adalah sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, inti permasalahan penelitian, tujuan penelitian, pembatasan masalah dalam penelitian, diagram alir penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas mengenai uraian dasar teori yang digunakan sebagai landasan dalam melakukan penelitian dan analisis data hasil penelitian.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas mengenai metode-metode yang digunakan dalam penelitian dimulai dari persiapan alat dan bahan sampai dengan pengujian benda uji, di mana data hasil pengujian akan digunakan untuk keperluan analisis.

### **BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas mengenai analisis dari data yang diperoleh dari hasil pengujian benda uji.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dari analisis data dan saran untuk penelitian yang akan datang dan memperbaiki kekurangan dalam penelitian ini.