

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU TARIK LANGSUNG DAN AKIBAT LENTUR PADA BETON SERAT BAJA DAN *POLYPROPYLENE* MUTU TINGGI



JONATHAN TIRTADJAJA
NPM : 6101801215

PEMBIMBING : Herry Suryadi, Ph.D.

KO-PEMBIMBING : Wisena Perceka, Ph.D.

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

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU TARIK LANGSUNG DAN AKIBAT LENTUR PADA BETON SERAT BAJA DAN *POLYPROPYLENE* MUTU TINGGI



JONATHAN TIRTADJAJA
NPM : 6101801215

BANDUNG, 28 JANUARI 2022

PEMBIMBING : Herry Suryadi, Ph.D.

KO – PEMBIMBING : Wisena Perceka, Ph.D.

PENGUJI 1 : Nenny Samudra, Ir., M.T.

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

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

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama lengkap : Jonathan Tirtadjaja
NPM : 6101801215
Program Studi : Fakultas Teknik, Teknik Sipil

Menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul

“STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU TARIK LANGSUNG DAN AKIBAT LENTUR PADA BETON SERAT BAJA DAN *POLYPROPYLENE* MUTU TINGGI”

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 pengambilan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Bandung, 28 Januari 2021



Jonathan Tirtadjaja

6101801215

STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU TARIK LANGSUNG DAN AKIBAT LENTUR PADA BETON SERAT BAJA DAN *POLYPROPYLENE* MUTU TINGGI

JONATHAN TIRTADJAJA
NPM : 6101801215

Pembimbing : Herry Suryadi, Ph.D.
Ko-Pembimbing : Wisena Perceka, Ph.D.

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

ABSTRAK

Beton merupakan material yang penting dalam pembangunan dan sering digunakan sebagai material utama untuk berbagai konstruksi di Indonesia. Akan tetapi beton memiliki kekurangan dalam menahan gaya tarik dikarenakan sifatnya yang getas, serta kemampuan mengalami regangan tarik yang rendah. Penelitian ini mempresentasikan pengaruh tipe *fiber* yang dicampurkan ke dalam campuran beton mutu tinggi untuk meningkatkan kekuatan lentur serta kekuatan tarik langsung. Jenis *fiber* yang digunakan adalah *fiber* yang terbuat dari baja dan *polypropylene* dengan volume *fiber* di dalam total volume beton yang dibuat beton adalah 1,5%. Kekuatan lentur balok beton diuji pada hari ke 14 dan 28 dengan pembebanan *three-point loading* yang akan menghasilkan *modulus of rupture*. Nilai kekuatan lentur rata-rata pada hari ke 28 dari variasi SF100PF0 (kandungan *steel fiber* 100%) sebesar 19,615 MPa, variasi SF70PF30 (kandungan *steel fiber* 70% dan kandungan *polypropylene fiber* 30%) sebesar 14,089 MPa, dan variasi SF50PF50 (kandungan *steel fiber* 50% dan kandungan *polypropylene fiber* 50%) sebesar 9,127 MPa. Kekuatan tarik langsung beton diuji pada hari ke 28 yang akan menghasilkan kekuatan tarik rata-rata dari variasi SF100PF0 (kandungan *steel fiber* 100%) sebesar 5,207 MPa, variasi SF70PF30 (kandungan *steel fiber* 70% dan kandungan *polypropylene fiber* 30%) sebesar 4,769 MPa, dan variasi SF50PF50 (kandungan *steel fiber* 50% dan kandungan *polypropylene fiber* 50%) sebesar 4,045 MPa. Hasil dari pengujian kekuatan lentur dan kekuatan tarik langsung mengindikasikan bahwa penambahan *fiber* dapat meningkatkan nilai *modulus of rupture* serta kekuatan tarik langsung dari beton mutu tinggi dengan 6 dari 9 benda uji mengalami perilaku *tensile strain hardening*.

Kata Kunci : *high strength concrete*, *tensile strain hardening*, *fiber reinforced concrete*, perilaku kuat tekan, perilaku kuat tarik langsung

EXPERIMENTAL STUDY OF TENSILE STRENGTH AND MODULUS OF RUPTURE OF HIGH STRENGTH STEEL AND POLYPROPYLENE FIBER REINFORCED CONCRETE

JONATHAN TIRTADAJA
NPM : 6101801215

Advisor : Herry Suryadi, Ph.D.
Co-Advisor : Wisena Perceka, Ph.D.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING
(Acredited by SK BAN-PT Num. 11370/SK/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARY 2022

ABSTRACT

Concrete is one of the most important materials and often used for various construction in Indonesia. However concrete have a drawback in resisting tensile forces because of its brittle nature, and low stretchability. In this study, a variety of fiber will be used to be mixed into high strength concrete mixture to increase the capability of flexural strength and direct tensile strength of concrete. The type of fibers that will be used in this project are steel fiber and polypropylene fiber with the volume of fiber in 1m^3 concrete mix is 1,5%. The tensile strength of concrete will be tested at the day of 14th and 28th by using three-point loading test which will result in modulus of rupture of each variation. The average result of flexural strength at the day of 28th in variation SF100PF0 (full steel fiber) is 19,615 MPa, variation SF70PF30 (70% *steel fiber* dan 30% *polypropylene fiber*) is 14,089 MPa, dan variation SF50PF50 (50% *steel fiber* dan 50% *polypropylene fiber*) is 9,127 MPa. The direct tensile strength will be tested at the day of 28th with the average results of variation SF100PF0 (*full steel fiber*) is 5,207 MPa, variation SF70PF30 (70% *steel fiber* dan 30% *polypropylene fiber*) is 4,769 MPa, dan variation SF50PF50 (50% *steel fiber* dan 50% *polypropylene fiber*) is 4,045 MPa. The result of this tests indicate that the addition of fiber can increase the value of modulus of rupture and direct tensile strength of high strength concrete with 6 out of 9 samples with code variation SF100PF0 resulted with the best outcome.

Keywords: high strength concrete, tensile strain hardening, fiber reinforced concrete, direct tensile strength behavior, compressive strength behavior.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU TARIK LANGSUNG DAN AKIBAT LENTUR PADA BETON SERAT BAJA DAN POLYPROPYLENE MUTU TINGGI” dengan baik. Skripsi ini merupakan bagian dari penelitian dosen pembimbing dan ko-pembimbing serta demi memenuhi salah satu syarat wajib untuk menyelesaikan pendidikan S1 dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses pembuatan skripsi ini, penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak dapat diselesaikan dengan lancar tanpa adanya bantuan, masukan, kritik, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada pihak yang telah berkontribusi, terlebih kepada :

1. Orang tua serta adik penulis, selaku keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta doa selama proses pembuatan skripsi.
2. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. dan Bapak Wisena Perceka, Ph.D. selaku dosen pembimbing dan ko-pembimbing yang telah memberikan waktu, tenaga, bimbingan, kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T. selaku dosen dan peneliti dari Wika Beton yang telah membantu dan memberi saran dalam proses pelaksanaan pengecoran sehingga mendapatkan hasil yang baik.
4. Seluruh dosen di lingkungan Fakultas Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu serta memberikan masukan selama proses skripsi berlangsung.
5. Bapak Teguh Farid Nurul Iman, S.T., Bapak Markus Didi G., Bapak Heri Rustandi selaku Staf Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan yang telah membantu penulis dalam persiapan bahan, proses pengecoran, dan juga proses pengujian.

6. Teman seperbimbingan skripsi *Fiber Reinforced Concrete*, Andrew Quantum dan Andreas Davin Susilo yang telah membantu serta memberi opini untuk membuat skripsi ini lebih baik.
7. Teman seperjuangan Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan, Naga Wijaya, Callista Nolan, Keyne Maharani, Jose Vincent, Elsa Marvella, Alreza A, Yusuf P, Hermawan yang telah membantu dalam segala pekerjaan di laboratorium dan memberikan semangat kepada penulis selama proses skripsi.
8. Teman-teman Teknik Sipil khususnya angkatan 2018 Universitas Katolik Parahyangan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh sebab itu penulis bersedia menerima kritik dan saran yang diberikan kepada penulis. Penulis berharap agar penelitian ini dapat berguna dan menjadi masukan bagi penelitian yang akan datang.

Bandung, 20 Januari 2022



Jonathan Tirtadjaja
6101801215

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1-1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1-1 |
| 1.2 Inti Permasalahan | 1-2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 1-2 |
| 1.4 Pembatasan Masalah | 1-2 |
| 1.5 Metode Penelitian | 1-5 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 1-5 |
| 1.7 Diagram Alir | 1-7 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 2-1 |
| 2.1 Beton | 2-1 |
| 2.2 Material Campuran Beton | 2-1 |
| 2.2.1 Semen | 2-2 |
| 2.2.2 Agregat Kasar | 2-2 |
| 2.2.3 Agregat Halus | 2-3 |
| 2.2.4 Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>) | 2-3 |
| 2.2.5 <i>Silica Fume</i> | 2-4 |
| 2.2.6 Air | 2-5 |
| 2.2.7 <i>Steel Fiber</i> | 2-6 |
| 2.2.8 <i>Polypropylene Fiber</i> | 2-6 |
| 2.2.9 <i>Superplasticizer</i> | 2-6 |
| 2.3 Kadar Air | 2-7 |
| 2.4 Pengujian <i>Specific Gravity</i> | 2-8 |
| 2.4.1 <i>Specific Gravity</i> Semen dan <i>Fly Ash</i> | 2-8 |

| | | |
|---------|--|------|
| 2.4.2 | <i>Specific Gravity Silica Fume</i> | 2-9 |
| 2.4.3 | <i>Specific Gravity Agregat Kasar</i> | 2-10 |
| 2.4.4 | <i>Specific Gravity Agregat Halus</i> | 2-11 |
| 2.5 | Pengujian Absorpsi pada Agregat | 2-11 |
| 2.6 | Pengujian <i>Fineness Modulus</i> | 2-12 |
| 2.7 | Metode Perencanaan Campuran dengan <i>Volume Absolute</i> | 2-12 |
| 2.8 | Metode Pengujian..... | 2-15 |
| 2.6.1 | Pengujian Kuat Tekan | 2-15 |
| 2.6.1.1 | Pengujian Modulus Elastisitas | 2-16 |
| 2.6.2 | Pengujian Kuat Tarik Langsung..... | 2-17 |
| 2.6.3 | Pengujian Kuat Lentur | 2-18 |
| 2.9 | Metode Perawatan (<i>Curing</i>) | 2-19 |
| BAB 3 | PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN | 3-1 |
| 3.1 | Material dan Benda Uji | 3-1 |
| 3.1.1 | Material | 3-1 |
| 3.2 | Pengujian <i>Specific Gravity</i> | 3-7 |
| 3.2.1 | Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar..... | 3-7 |
| 3.2.2 | Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus..... | 3-8 |
| 3.2.3 | Pengujian <i>Specific Gravity Silica Fume</i> | 3-9 |
| 3.2.4 | Pengujian <i>Specific Gravity</i> Semen dan <i>Fly Ash</i> | 3-10 |
| 3.3 | Pengujian Absorpsi..... | 3-10 |
| 3.3.1 | Pengujian Absorpsi Pada Agregat Kasar | 3-10 |
| 3.3.2 | Pengujian Absorpsi Pada Agregat Halus | 3-11 |
| 3.4 | Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus | 3-12 |
| 3.5 | <i>Mix Proportion</i> | 3-12 |
| 3.6 | Proses Pencampuran Adukan (<i>Mixing</i>) | 3-13 |
| 3.7 | Proses Pengujian <i>Slump Test</i> | 3-16 |
| 3.8 | Perawatan Beton (<i>Curing</i>)..... | 3-17 |
| 3.9 | Pengujian Mekanik Pada Benda Uji..... | 3-17 |
| 3.9.1 | Pengujian Kuat Tekan | 3-18 |
| 3.9.2 | Pengujian Kuat Lentur | 3-19 |
| 3.9.3 | Pengujian Kuat Tarik Langsung..... | 3-21 |
| BAB 4 | ANALISIS DATA | 4-1 |
| 4.1 | Analisis Uji <i>Slump</i> | 4-1 |

| | | |
|-------|--|------|
| 4.2 | Analisis Kepadatan Benda Uji..... | 4-3 |
| 4.3 | Analisis Pengujian Kuat Tekan | 4-7 |
| 4.3.1 | Pengujian Kuat Tekan Variasi SF100PF0..... | 4-7 |
| 4.3.2 | Pengujian Kuat Tekan Variasi SF100PF0-V2 | 4-10 |
| 4.3.3 | Pengujian Kuat Tekan Variasi SF70PF30..... | 4-12 |
| 4.3.4 | Pengujian Kuat Tekan Variasi SF50PF50..... | 4-14 |
| 4.3.5 | Perbandingan Pengujian Kuat Tekan | 4-16 |
| 4.3.6 | Analisis Modulus Elastisitas | 4-18 |
| 4.4 | Analisis Pengujian Kuat Lentur | 4-18 |
| 4.4.1 | Pengujian Kuat Lentur Variasi SF100PF0..... | 4-19 |
| 4.4.2 | Pengujian Kuat Lentur Variasi SF100PF0-V2..... | 4-21 |
| 4.4.3 | Pengujian Kuat Lentur Variasi SF70PF30..... | 4-22 |
| 4.4.4 | Pengujian Kuat Lentur Variasi SF50PF50..... | 4-25 |
| 4.4.5 | Perbandingan Pengujian Kuat Lentur | 4-27 |
| 4.4.6 | Analisis <i>Toughness</i> | 4-28 |
| 4.5 | Analisis Pengujian Kuat Tarik Langsung..... | 4-29 |
| 4.5.1 | Pengujian Kuat Tarik Langsung Variasi SF100PF0..... | 4-29 |
| 4.5.2 | Pengujian Kuat Tarik Langsung Variasi SF100PF0-V2..... | 4-31 |
| 4.5.3 | Pengujian Kuat Tarik Langsung Variasi SF70PF30 | 4-33 |
| 4.5.4 | Pengujian Kuat Tarik Langsung Variasi SF50PF50 | 4-34 |
| 4.5.5 | Perbandingan Pengujian Kuat Tarik Langsung..... | 4-36 |
| 4.6 | Analisis Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat Lentur..... | 4-38 |
| 4.7 | Analisis Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat Tarik Langsung..... | 4-39 |
| BAB 5 | KESIMPULAN DAN SARAN | 5-1 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 5-1 |
| 5.2 | Saran | 5-2 |

DAFTAR PUSTAKA

UCAPAN TERIMA KASIH

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|------|
| Gambar 1. 1 Grafik <i>Tensile Stress-Strain</i> dari <i>Regular FRCC</i> dan <i>HPFRCC</i> (Monesinos, 2005) | 1-1 |
| Gambar 1. 2 Spesifikasi Benda Uji <i>Dogbone</i> | 1-4 |
| Gambar 1. 3 Diagram Alir | 1-7 |
| Gambar 2. 1 Kadar Air Pada Agregat (ACI E1;2016) | 2-8 |
| Gambar 2. 2 Grafik <i>stress-strain</i> pada beton <i>HPFRCC</i> (Liao, dkk;2017)..... | 2-17 |
| Gambar 2. 3 Pengujian Three Point Loading Flexural Test (ASTM C78) | 2-19 |
| Gambar 3. 1 <i>Ordinary Portland Cement</i> | 3-1 |
| Gambar 3. 2 Agregat Kasar..... | 3-2 |
| Gambar 3. 3 Pasir Pontianak..... | 3-3 |
| Gambar 3. 4 Pasir Galunggung..... | 3-3 |
| Gambar 3. 5 Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>)..... | 3-3 |
| Gambar 3. 6 <i>Silica Fume</i> | 3-4 |
| Gambar 3.7 <i>Steel Fiber</i> | 3-5 |
| Gambar 3.8 <i>Polypropylene Fiber</i> | 3-6 |
| Gambar 3. 9 <i>PCE Superplasticizer</i> | 3-6 |
| Gambar 3. 10 Penimbangan di Dalam Air..... | 3-7 |
| Gambar 3. 11 Molen Besar | 3-14 |
| Gambar 3. 12 Proses penambahan air pada Campuran Beton | 3-15 |
| Gambar 3. 13 Penambahan Fiber ke Dalam Campuran Beton | 3-16 |
| Gambar 3. 14 Garis Bantu pada Sampel Silinder | 3-18 |
| Gambar 3. 15 Persiapan Kamera pada CTM | 3-19 |
| Gambar 3. 16 Garis Bantu pada Sampel Balok | 3-20 |
| Gambar 3. 17 Persiapan Kamera pada UTM | 3-20 |
| Gambar 3. 18 Garis Bantu pada <i>Dogbone</i> | 3-21 |
| Gambar 3. 19 Persiapan Kamera pada UTM | 3-22 |
| Gambar 4. 1 <i>slump</i> variasi SF100PF0 | 4-2 |
| Gambar 4. 2 <i>slump</i> variasi SF70PF30..... | 4-2 |
| Gambar 4. 3 <i>slump</i> variasi SF50PF50..... | 4-2 |
| Gambar 4. 4 <i>slump</i> variasi SF100PF0-V2 | 4-3 |

| | |
|---|------|
| Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Kepadatan Benda Uji | 4-6 |
| Gambar 4. 6 Grafik Kuat Tekan Beton Variasi SF100PF0..... | 4-8 |
| Gambar 4. 7 Kurva Tegangan-Regangan Beton Variasi SF100PF0 Hari ke-28.. | 4-8 |
| Gambar 4. 8 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0 Benda Uji 1 Hari ke-28..... | 4-9 |
| Gambar 4. 9 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0 Benda Uji 2 Hari ke-28..... | 4-9 |
| Gambar 4. 10 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0 Benda Uji 3 Hari ke-28..... | 4-9 |
| Gambar 4. 11 Grafik Kuat Tekan Beton Variasi SF100PF0-V2 | 4-10 |
| Gambar 4. 12 Kurva Tegangan-Regangan Beton Variasi SF100PF0-V2 Hari ke-28 | 4-11 |
| Gambar 4. 13 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0 Benda Uji 1, 2, dan 3 Hari ke- 28..... | 4-11 |
| Gambar 4. 14 Grafik Kuat Tekan Beton Variasi SF70PF30..... | 4-12 |
| Gambar 4. 15 Kurva Tegangan-Regangan Beton Variasi SF70PF30 Hari ke-28 .4- 13 | |
| Gambar 4. 16 Pola Retak Beton Variasi SF70PF30 Benda Uji 1 Hari ke-28.... | 4-13 |
| Gambar 4. 17 Pola Retak Beton Variasi SF70PF30 Benda Uji 2 Hari ke-28.... | 4-14 |
| Gambar 4. 18 Pola Retak Beton Variasi SF70PF30 Benda Uji 3 Hari ke-28.... | 4-14 |
| Gambar 4. 19 Grafik Kuat Tekan Beton Variasi SF50PF50..... | 4-15 |
| Gambar 4. 20 Kurva Tegangan-Regangan Beton Variasi SF50PF50 Hari ke-28 .4- 15 | |
| Gambar 4. 21 Pola Retak Beton Variasi SF50PF50 Benda Uji 1 Hari ke-28.... | 4-16 |
| Gambar 4. 22 Pola Retak Beton Variasi SF50PF50 Benda Uji 2 Hari ke-28.... | 4-16 |
| Gambar 4. 23 Pola Retak Beton Variasi SF50PF50 Benda Uji 3 Hari ke-28.... | 4-16 |
| Gambar 4. 24 Grafik Perbandingan Kuat Tekan..... | 4-17 |
| Gambar 4. 25 Grafik Kuat Lentur Beton Variasi SF100PF0 | 4-19 |
| Gambar 4. 26 Kurva <i>Load-Dispalcement</i> Lentur Beton Variasi SF100PF0 Hari ke- 28..... | 4-20 |
| Gambar 4. 27 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0 Benda Uji 1 Hari ke-28.... | 4-20 |
| Gambar 4. 28 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0 Benda Uji 2 Hari ke-28.... | 4-20 |
| Gambar 4. 29 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0 Benda Uji 3 Hari ke-28.... | 4-20 |
| Gambar 4. 30 Kurva <i>Load-Dispalcement</i> Lentur Beton Variasi SF100PF0-V2 Hari ke-28..... | 4-21 |

| | |
|---|------|
| Gambar 4. 31 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0-V2 Benda Uji 1 Hari ke-28.. | 4-22 |
| Gambar 4. 32 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0-V2 Benda Uji 2 Hari ke-28.. | 4-22 |
| Gambar 4. 33 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0-V2 Benda Uji 3 Hari ke-28.. | 4-22 |
| Gambar 4. 34 Grafik Kuat Lentur Beton Variasi SF70PF30 | 4-23 |
| Gambar 4. 35 Kurva <i>Load-Dispalcement</i> Lentur Beton Variasi SF70PF30 Hari ke-28..... | 4-24 |
| Gambar 4. 36 Pola Retak Beton Variasi SF70PF30 Benda Uji 1 Hari ke-28.... | 4-24 |
| Gambar 4. 37 Pola Retak Beton Variasi SF70PF30 Benda Uji 2 Hari ke-28.... | 4-24 |
| Gambar 4. 38 Pola Retak Beton Variasi SF70PF30 Benda Uji 3 Hari ke-28.... | 4-24 |
| Gambar 4. 39 Grafik Kuat Lentur Beton Variasi SF50PF50 | 4-25 |
| Gambar 4. 40 Kurva <i>Load-Displacement</i> Lentur Beton Variasi SF50PF50 Hari ke-28..... | 4-26 |
| Gambar 4. 41 Pola Retak Beton Variasi SF50PF50 Benda Uji 1 Hari ke-28.... | 4-26 |
| Gambar 4. 42 Pola Retak Beton Variasi SF50PF50 Benda Uji 2 Hari ke-28.... | 4-26 |
| Gambar 4. 43 Pola Retak Beton Variasi SF50PF50 Benda Uji 3 Hari ke-28.... | 4-26 |
| Gambar 4. 44 Grafik Perbandingan Kuat Lentur | 4-27 |
| Gambar 4. 45 Kurva Kuat Tarik Langsung Beton Variasi SF100PF0..... | 4-30 |
| Gambar 4. 46 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0 Benda Uji 1 Hari ke-28.... | 4-30 |
| Gambar 4. 47 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0 Benda Uji 2 Hari ke-28.... | 4-30 |
| Gambar 4. 48 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0 Benda Uji 3 Hari ke-28.... | 4-31 |
| Gambar 4. 49 Kurva Kuat Tarik Langsung Beton Variasi SF100PF0-V2 | 4-31 |
| Gambar 4. 50 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0-V2 Benda Uji 1 Hari ke-28.. | 4-32 |
| Gambar 4. 51 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0-V2 Benda Uji 2 Hari ke-28.. | 4-32 |
| Gambar 4. 52 Pola Retak Beton Variasi SF100PF0-V2 Benda Uji 3 Hari ke-28.. | 4-32 |
| Gambar 4. 53 Kurva Kuat Tarik Langsung Beton Variasi SF70PF30..... | 4-33 |
| Gambar 4. 54 Pola Retak Beton Variasi SF70PF30 Benda Uji 1 Hari ke-28.... | 4-34 |

Gambar 4. 55 Pola Retak Beton Variasi SF70PF30 Benda Uji 2 Hari ke-28.... 4-34
Gambar 4. 56 Pola Retak Beton Variasi SF70PF30 Benda Uji 3 Hari ke-28.... 4-34
Gambar 4. 57 Kurva Kuat Tarik Langsung Beton Variasi SF50PF50..... 4-35
Gambar 4. 58 Pola Retak Beton Variasi SF50PF50 Benda Uji 1 Hari ke-28.... 4-36
Gambar 4. 59 Pola Retak Beton Variasi SF50PF50 Benda Uji 2 Hari ke-28.... 4-36
Gambar 4. 60 Pola Retak Beton Variasi SF50PF50 Benda Uji 3 Hari ke-28.... 4-36
Gambar 4. 61 Grafik Perbandingan Kuat Tarik Langsung 4-37
Gambar 4. 62 Grafik Rasio Kuat Tekan dengan Kuat Lentur..... 4-39
Gambar 4. 63 Grafik Rasio Kuat Tekan dengan Kuat Tarik Langsung..... 4-40



DAFTAR TABEL

| | |
|---|------|
| Tabel 1. 1 Konfigurasi Volume Serat Baja dan Serat <i>Polypropylene</i> | 1-3 |
| Tabel 1. 2 Rekapitulasi Benda Uji dan Jenis Pengujian..... | 1-3 |
| Tabel 2. 1 Gradasi Agregat Halus (ASTM C33-03) | 2-3 |
| Tabel 2. 2 Persyaratan Kinerja Beton Untuk Air Pencampur | 2-5 |
| Tabel 2. 3 Toleransi waktu maksimum untuk pengujian kuat tekan..... | 2-16 |
| Tabel 3. 1 Kadar Volume Fiber yang Digunakan | 3-5 |
| Tabel 3. 2 Hasil Perhitungan <i>Mix Proportion</i> | 3-13 |
| Tabel 4. 1 Hasil <i>Slump Test</i> | 4-1 |
| Tabel 4. 2 Kepadatan Silinder Variasi SF100PF0 | 4-3 |
| Tabel 4. 3 Kepadatan Silinder Variasi SF100PF0-V2..... | 4-4 |
| Tabel 4. 4 Kepadatan Silinder Variasi SF70PF30 | 4-5 |
| Tabel 4. 5 Kepadatan Silinder Variasi SF50PF50 | 4-5 |
| Tabel 4. 6 Tabel Kuat Tekan Beton Variasi SF100PF0..... | 4-7 |
| Tabel 4. 7 Tabel Kuat Tekan Beton Variasi SF100PF0-V2..... | 4-10 |
| Tabel 4. 8 Tabel Kuat Tekan Beton Variasi SF70PF30..... | 4-12 |
| Tabel 4. 9 Tabel Kuat Tekan Beton Variasi SF50PF50..... | 4-14 |
| Tabel 4. 10 Tabel Perbandingan Kuat Tekan..... | 4-16 |
| Tabel 4. 11 Tabel Perbandingan Regangan..... | 4-17 |
| Tabel 4. 12 Tabel Modulus Elastisitas | 4-18 |
| Tabel 4. 13 Tabel Kuat Lentur Beton Variasi SF100PF0 | 4-19 |
| Tabel 4. 14 Tabel Kuat Lentur Beton Variasi SF100PF0-V2..... | 4-21 |
| Tabel 4. 15 Tabel Kuat Lentur Beton Variasi SF70PF30 | 4-23 |
| Tabel 4. 16 Tabel Kuat Lentur Beton Variasi SF100PF0 | 4-25 |
| Tabel 4. 17 Tabel Perbandingan Kuat Lentur | 4-27 |
| Tabel 4. 18 Nilai <i>Toughness</i> benda uji lentur hari ke-28 | 4-28 |
| Tabel 4. 19 Tabel Kuat Tarik Langsung Beton Variasi SF100PF0 | 4-29 |
| Tabel 4. 20 Tabel Kuat Tarik Langsung Beton Variasi SF100PF0-V2..... | 4-31 |
| Tabel 4. 21 Tabel Kuat Tarik Langsung Beton Variasi SF70PF30 | 4-33 |
| Tabel 4. 22 Tabel Kuat Tarik Langsung Beton Variasi SF50PF50 | 4-35 |
| Tabel 4. 23 Tabel Perbandingan Kuat Tarik Langsung | 4-36 |

Tabel 4. 24 Tabel Hubungan Kuat Tekan Dengan Kuat Lentur 4-38
Tabel 4. 25 Tabel Hubungan Kuat Tekan Dengan Kuat Tarik Langsung 4-39



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



| | |
|---------------|--|
| A | = Luas penampang benda uji, mm^2 |
| b | = rata-rata lebar benda uji, mm |
| B_j | = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, g |
| B_k | = berat benda uji dalam keadaan kering oven, g |
| B_t | = Berat Kumulatif yang Tertahan, % |
| d | = rata-rata tinggi benda uji, mm |
| FM | = <i>Fineness Modulus</i> , % |
| f'_c | = Kuat tekan beton, MPa |
| f_{ct} | = Kuat tarik langsung, MPa |
| Fr | = <i>Modulus of Rupture</i> , MPa |
| k | = Konstanta perbandingan berat agregat |
| L | = panjang benda uji, mm |
| M_c | = Berat sampel uji semen atau <i>fly ash</i> , g |
| M_t | = Berat <i>flask</i> + berat minyak tanah murni + berat sampel uji, g |
| M_a | = Berat <i>flask</i> + berat minyak tanah sampai pembacaan 0 – 0,1 mL, g |
| P | = Beban maksimum, N |
| SG_c | = <i>Specific gravity</i> semen |
| SG_{flyash} | = <i>Specific gravity fly ash</i> |
| SG_{sf} | = <i>Specific gravity silica fume</i> |
| SG_{CA} | = <i>Specific gravity</i> agregat kasar |
| V_{CC} | = Volume beton per satuan m^3 |
| V_w | = Volume air, m^3 |
| V_b | = Volume binder, m^3 |
| V_{agg} | = Volume agregat, m^3 |
| V_{FA} | = Volume agregat halus, m^3 |
| V_{CA} | = Volume agregat kasar, m^3 |
| V_C | = Volume semen, m^3 |

| | |
|-------------------|--|
| V_{fly} | = Volume <i>fly ash</i> , m^3 |
| V_{sf} | = Volume <i>Silica fume</i> , m^3 |
| V_f | = Volume fiber, m^3 |
| V | = Pembacaan akhir perubahan tinggi permukaan cairan, mL |
| W_a | = Berat air, g |
| W_f | = Berat <i>flask</i> kosong, g |
| W_t | = Berat <i>flask</i> ditambah air dan sampel, g |
| W_S | = Berat <i>flask</i> ditambah air, g |
| W_{agg} | = Berat agregat, g |
| W'_C | = Koreksi berat semen akibat <i>silica fume</i> , g |
| W'_{fly} | = Koreksi berat <i>fly ash</i> akibat <i>silica fume</i> , g |
| ΔW_{CA} | = perubahan berat pada agregat kasar akibat fiber |
| ΔW_{FA} | = perubahan berat pada agregat halus akibat fiber |
| ΔW_{agg} | = perubahan berat pada agregat akibat absorpsi air, g |
| X | = Berat sampel agregat kasar pada kondisi SSD, g |
| Y | = Berat <i>pycnometer flask</i> + air, g |
| Z | = Berat <i>pycnometer flask</i> + air + sampel uji, g |
| γ_c | = Berat jenis semen, g/cm^3 |
| γ_w | = Berat jenis air, g/cm^3 |
| γ_w | = Berat jenis air, g/cm^3 |
| γ_{sf} | = Berat jenis <i>silica fume</i> , g/cm^3 |
| γ_{flyash} | = Berat jenis <i>fly ash</i> , kg/m^3 |
| γ_{CA} | = Berat jenis agregat kasar, g/cm^3 |
| γ_w | = Berat jenis air, g/cm^3 |
| α | = Persentase semen yang digunakan, % |
| β | = Persentase <i>fly ash</i> yang digunakan, % |
| λ | = Perbandingan berat air dengan berat <i>binder</i> |
| Ω | = Volume campuran beton dikurangi volume agregat, m^3 |
| ξ | = Persentase agregat halus dalam total agregat. |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|------------|---|-----|
| LAMPIRAN 1 | PENGUJIAN <i>PROPERTY</i> MATERIAL | 1-1 |
| LAMPIRAN 2 | PERHITUNGAN <i>MIX DESIGN</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE VOLUME ABSOLUT | 2-1 |



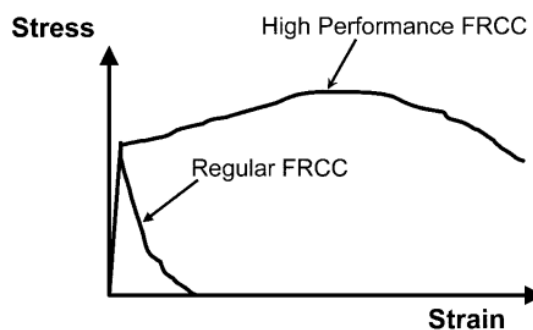
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan komponen yang penting dalam pembangunan dan sering digunakan sebagai material utama untuk berbagai macam proyek konstruksi di Indonesia karena proses produksi beton yang mudah, cepat, dan efisien serta biaya yang murah. Beton sendiri memiliki banyak kelebihan, selain dari yang sudah disebutkan beton juga memiliki kuat tekan yang tinggi. Bahan-bahan bersemen seperti beton, bersifat getas dan memiliki kelemahan dalam menahan gaya aksial (tarik) karena memiliki *tensile strain capacity* yang rendah (Naaman and Nannur;2011).

Seiring perkembangan teknologi ditemukan bahwa dengan menambahkan serat yang terbuat dari baja, polypropylene atau *glass* ke dalam campuran beton akan meningkatkan kuat tarik beton. Ketika beton dapat menahan tegangan tarik pada kapasitas regangan tarik yang relatif besar pada tahap retakan pertama maka dapat dikatakan material beton tersebut memiliki perilaku *tensile strain hardening* atau kemampuan beton untuk mempertahankan kekuatannya setelah retakan pertama. Salah satu cara untuk mencapai sifat tersebut adalah dengan penggunaan fiber dalam campuran beton, hal ini berkaitan erat dengan jenis fiber yang digunakan untuk campuran beton tersebut. *Prismatic or hooked fibers* telah dibuktikan menghasilkan kuat lentur yang lebih kuat sebesar 100% dari beton tanpa tulangan (ACI 544;2018).



Gambar 1. 1 Grafik *Tensile Stress-Strain* dari *Regular FRCC* dan *HPFRCC* (Monesinos, 2005)

Selain dari beton fiber, penelitian juga telah dilakukan untuk mengembangkan kinerja beton mutu tinggi dengan performa yang baik serta memperbaiki kekurangan beton dan memaksimalkan kelebihan beton. Namun walau beton mutu tinggi memiliki kuat tekan yang tinggi, beton tetap memiliki kuat tarik dan lentur yang rendah (Seungwoon Kim,2019). Dengan adanya penambahan serat pada campuran beton mutu tinggi, diharapkan beton dapat berperilaku seperti pada Gambar 1.1 dengan memiliki fase *Tensile Strain Hardening* pada *High Performance FRCC* yang dapat mengatasi kekurangan dalam *Normal FRC* (Liao, dkk;2017).

1.2 Inti Permasalahan

Pada umumnya, beton tanpa tulangan memiliki kekuatan tarik langsung dan kekuatan lentur yang rendah, hal ini bisa diatasi dengan penambahan serat. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa penambahan serat baja dan *polypropylene* dengan volume tertentu dapat membuat beton mutu tinggi mengalami *tensile strain hardening* (Chang;2021). Sehingga perlu diteliti fungsi dari penggunaan serat (serat baja, serat *polypropylene*, maupun serat *hybrid*) terhadap kuat tarik serta kuat lentur pada beton mutu tinggi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari studi eksperimental ini adalah mengetahui perilaku kuat tarik aksial dan kuat lentur pada beton mutu tinggi dengan adanya penambahan serat *polypropylene*, serat baja, serta serat *hybrid* demi mencapai fase *tensile strain hardening*.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah yang digunakan pada studi eksperimental ini adalah sebagai berikut :

1. Kadar w/b (*Water to Binder*) yang digunakan adalah 0,25

2. Volume fiber ditetapkan sebesar 1.5% per m³ dengan konfigurasi seperti pada Tabel 1.1 :

Tabel 1. 1 Konfigurasi Volume Serat Baja dan Serat *Polypropylene*

| Variasi | Serat | |
|----------------|-------|----------------------|
| | Baja | <i>Polypropylene</i> |
| I (SF100PF0) | 100% | - |
| II (SF70PF30) | 70% | 30% |
| III (SF50PF50) | 50% | 50% |

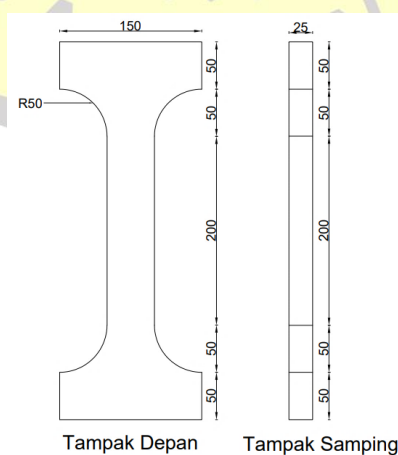
3. Kadar *silica fume* yang digunakan sebesar 50 kg/m³ dengan menggunakan jenis Mapeplast SF dari PT. Mapei Indonesia Construction Product.
4. Tipe *steel fiber* yang digunakan adalah serat baja Dramix 3D dengan kuat tarik 1225 MPa dengan panjang 60 mm dan memiliki diameter 0,75 mm, bentuk serat baja yang digunakan adalah *hooked*.
5. *Polypropylene fiber* yang digunakan berjenis IT39NV dari PT. Mapei Indonesia Construction Product.
6. Nilai slump mengacu kepada S43 dengan besaran 40 mm – 6025 mm,
7. Rekapitulasi benda uji dan jenis pengujian terlihat seperti di Tabel 1.2

Tabel 1. 2 Rekapitulasi Benda Uji dan Jenis Pengujian

| Jenis Pengujian | Bentuk Benda Uji [mm] | w/b | Persentase Volume Serat [1,5% dari volume beton] | Jumlah Benda Uji [hari] | | |
|-----------------|-----------------------|------|--|-------------------------|----|----|
| | | | | 7 | 14 | 28 |
| Kuat Tekan | Silinder [100 × 200] | 0,25 | Variasi I [SF100PF0] | 3 | 3 | 3 |
| | | | Variasi II [SF70PF30] | 3 | 3 | 3 |
| | | | Variasi III [SF50PF50] | 3 | 3 | 3 |
| | | | Variasi I Revisi [SF100PF0-V2] | 3 | - | 3 |
| | | | | | | |

| Jenis Pengujian | Bentuk Benda Uji [mm] | w/b | Persentase Volume Serat [1,5% dari volume beton] | Jumlah Benda Uji [hari] | | |
|--------------------------|-------------------------|------|--|-------------------------|----|----|
| | | | | 7 | 14 | 28 |
| Kuat Tarik Akibat Lentur | Balok [100 × 100 × 350] | 0,25 | Variasi I [SF100PF0] | - | 3 | 3 |
| | | | Variasi II [SF70PF30] | - | 3 | 3 |
| | | | Variasi III [SF50PF50] | - | 3 | 3 |
| | | | Variasi I Revisi [SF100PF0-V2] | - | - | 3 |
| | | | Variasi I [SF100PF0] | - | - | 3 |
| Kuat Tarik Aksial | Dogbone | 0,25 | Variasi II [SF70PF30] | - | - | 3 |
| | | | Variasi III [SF50PF50] | - | - | 3 |
| | | | Variasi I Revisi [SF100PF0-V2] | - | - | 3 |
| | | | Variasi I [SF100PF0] | - | - | 3 |
| | | | Variasi II [SF70PF30] | - | - | 3 |

8. *Dogbone* yang digunakan untuk pengujian memiliki spesifikasi yang terdapat pada gambar 1.2.



Gambar 1. 2 Spesifikasi Benda Uji *Dogbone*

9. Perawatan dilakukan dengan menggunakan metode *field curing*.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam studi eksperimental ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari dan mengumpulkan dasar ilmu baik itu landasan teori ataupun penelitian sebelumnya yang nantinya akan menjadi acuan yang bisa menunjang studi eksperimental yang dilakukan.

2. Studi Eksperimental

Studi eksperimental dilakukan dengan pengujian properti mekanis (kuat tarik dan tarik lentur) pada beton fiber bermutu tinggi.

3. Analisis Data

Meneliti dan mengolah data yang telah didapatkan dari hasil studi eksperimental demi mendapatkan kesimpulan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari studi eksperimental akan disusun dalam 5 bab, yaitu :

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai landasan teori yang digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan dan penyusunan studi eksperimental yang akan dilakukan.

BAB 3 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN

Bab ini membahas mengenai persiapan pengujian, pelaksanaan pengujian, dan pencatatan hasil pengujian.

BAB 4 ANALISIS HASIL PENGUJIAN

Bab ini membahas mengenai analisis data hasil pengujian benda uji dalam bentuk gambar, grafik, dan angka.

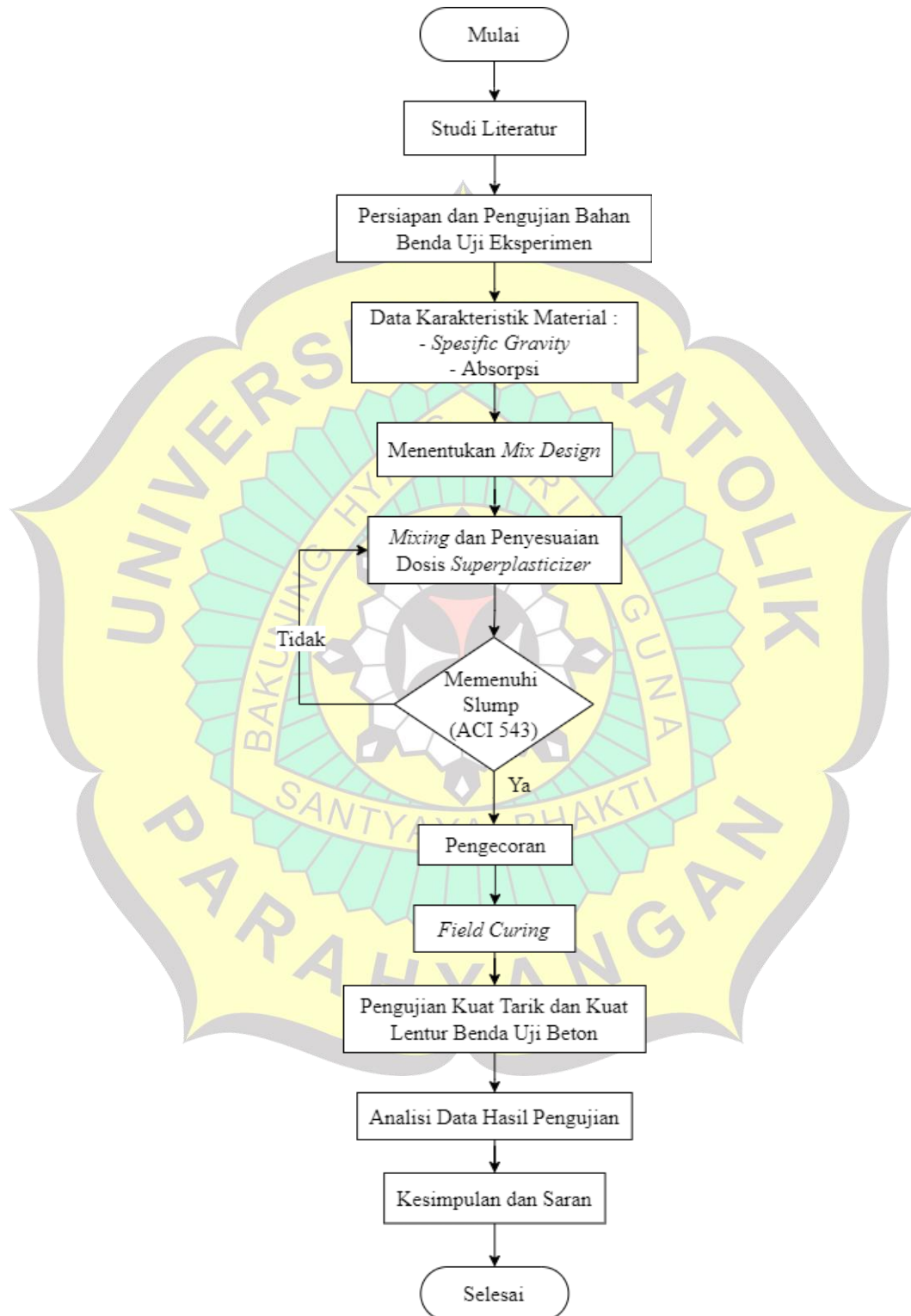
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas mengenai kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta saran-saran yang dapat diambil untuk melengkapi kekurangan dalam penelitian ini.



1.7 Diagram Alir

Prosedur pengujian pada studi eksperimental ini dilakukan seperti pada Gambar 1.3



Gambar 1. 3 Diagram Alir