

SKRIPSI

**KAJIAN EKSPERIMENTAL KEKUATAN TEKAN
DAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY* PADA *HIGH-
STRENGTH-HIGHLY-FLOWABLE CONCRETE*
DENGAN PASIR HALUS SILIKA DAN VARIASI
KADAR *SILICA FUME***



**ALDITIO MANALU
NPM : 6102001096**

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULI 2024**

SKRIPSI

**KAJIAN EKSPERIMENTAL KEKUATAN TEKAN
DAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY* PADA *HIGH-
STRENGTH-HIGHLY-FLOWABLE CONCRETE*
DENGAN PASIR HALUS SILIKA DAN VARIASI
KADAR *SILICA FUME***



**ALDITIO MANALU
NPM : 6102001096**

BANDUNG, 24 JULI 2024

PEMBIMBING:



Herry Suryadi, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULI 2024**

SKRIPSI

**KAJIAN EKSPERIMENTAL KEKUATAN TEKAN
DAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY* PADA *HIGH-
STRENGTH-HIGHLY-FLOWABLE CONCRETE*
DENGAN PASIR HALUS SILIKA DAN VARIASI
KADAR *SILICA FUME***



**ALDITIO MANALU
NPM : 6102001096**

PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.

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

PENGUJI 2: Buen Sian, Ir., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULI 2024**

LEMBAR PERNYATAAN

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

Nama : Alditio Manalu

NPM : 6102001096

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

KAJIAN EKSPERIMENTAL KEKUATAN TEKAN DAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY* PADA *HIGH-STRENGTH-HIGHLY-FLOWABLE CONCRETE* DENGAN PASIR HALUS SILIKA DAN VARIASI KADAR *SILICA FUME*

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: 8 Juli 2024



A handwritten signature in black ink, which appears to read 'A. Manalu', is written over the electronic stamp.

Alditio Manalu

KAJIAN EKSPERIMENTAL KEKUATAN TEKAN DAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY* PADA *HIGH-STRENGTH-HIGHLY-FLOWABLE CONCRETE* DENGAN PASIR HALUS SILIKA DAN VARIASI KADAR *SILICA FUME*

**ALDITIO MANALU
NPM: 6102001096**

Pembimbing: Herry Suryadi, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JUNI 2024
ABSTRAK**

Beton adalah salah satu material yang paling umum digunakan dalam dunia konstruksi. Seiring dengan meningkatnya skala pembangunan, diperlukan pengembangan beton dengan properti yang lebih baik. Pengembangan properti beton menghasilkan, antara lain, *high-strength concrete* (HSC) dan *highly-flowable concrete* (HFC). Selain itu, beton juga berkembang dari sisi material yang digunakan dengan penggunaan *filler* dan bahan pengganti semen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai dan perkembangan dari kekuatan tekan dan *ultrasonic pulse velocity* (UPV) pada beton dengan properti gabungan kekuatan tekan dan *workability* yang tinggi menjadi *high-strength-highly-flowable concrete* (HSHFC) dengan penggunaan pasir silika halus sebagai *filler* dan *silica fume* (SF) sebagai pengganti sebagian semen. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapat bahwa nilai kekuatan tekan menurun pada persentase SF 2,5% dan 5,0% dibandingkan dengan beton tanpa SF. Kemudian nilai kekuatan tekan optimum tercapai pada persentase SF 7,5% sebesar 70,18 MPa. Kemudian perkembangan kekuatan tekan dari umur 7 hari hingga 28 hari meningkat seiring dengan meningkatnya proporsi SF pada beton dan mencapai optimum pada persentase SF 7,5% sebesar 29,00%. Kemudian nilai UPV pada beton menurun seiring dengan bertambahnya persentase SF pada beton dengan nilai tertinggi 4,46 km/s pada persentase SF 0% dan nilai terendah 4,38 km/s pada persentase SF 7,5%. Namun perkembangan nilai UPV meningkat seiring dengan bertambahnya persentase SF dengan nilai tertinggi 3,34% pada persentase SF 7,5% dan nilai terendah 2,25% pada SF 0%. Sehingga dapat dikatakan bahwa kadar SF optimum berdasarkan penelitian ini adalah 7,5%. Untuk penelitian lebih lanjut, sebaiknya dilakukan penelitian mengenai kekuatan tekan beton dengan *silica fume* sebagai pengganti sebagian semen dengan kadar lebih dari 7,5%.

Kata Kunci: *high-strength concrete*, *highly-flowable concrete*, *silica fume*, kekuatan tekan, *ultrasonic pulse velocity*.

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE COMPRESSIVE STRENGTH AND
ULTRASONIC PULSE VELOCITY ON HIGH-STRENGTH-HIGHLY-
FLOWABLE CONCRETE INCORPORATED WITH FINE SILICA SAND
AND SILICA FUME DOSAGE VARIATIONS**

**ALDITIO MANALU
NPM: 6101901176**

Advisor: Herry Suryadi, Ph.D.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BACHELOR PROGRAM
(Accredited by SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JUNE 2024**

ABSTRACT

Concrete is one of the most common used materials in the construction. As construction scale increasing, there is a need to develop concrete with better properties. Some of the result of concrete properties development is high-strength concrete (HSC) and highly-flowable concrete (HFC). In addition, concrete is also developing in terms of the materials used, with the use of fillers and cement replacement materials. This experiment aims to analyze the compressive strength, ultrasonic pulse velocity (UPV) and its development in concrete with combined properties of high-strength and highly-flowable into high-strength-highly-flowable concrete (HSHFC) using fine silica sand as filler and silica fume (SF) as partial cement replacement. Based on this experiment result, compressive strength value decreased at SF percentages of 2,5% and 5,0% compared to concrete without SF. Then the optimum compressive strength was achieved at SF percentage of 7,5% of 70,18 MPa. The development of compressive strength from 7 days to 28 days increased along with increasing SF proportion in concrete and reached an optimum at an SF percentage of 7,5% of 29,00%. Then the UPV value in concrete decreased along with increasing SF percentage in concrete with the highest value of 4,46 km/s at SF percentage of 0% and the lowest value of 4,38 km/s at SF percentage of 7,5%. However, the development of UPV value increased along with increasing SF percentage with the highest value of 3,34% at SF percentage of 7.5% and the lowest value of 2,25% at SF 0%. Hence, it can be said that the optimum SF content based on this research is 7,5%. For further research, it is recommended to conduct research on the compressive strength of concrete with silica fume as partial cement replacement with a content of more than 7,5%.

Keywords: high-strength concrete, highly-flowable concrete, silica fume, compressive strength, ultrasonic pulse velocity

PRAKATA

Puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yesus atas berkat dan penyertaan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “KAJIAN EKSPERIMENTAL KEKUATAN TEKAN DAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY* PADA *HIGH-STRENGTH-HIGHLY-FLOWABLE CONCRETE* DENGAN PASIR HALUS SILIKA DAN VARIASI KADAR *SILICA FUME*” dengan baik dan tepat waktu.

Skripsi ini merupakan salah satu kriteria kelulusan dari Program Studi Sarjana Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan. Selama proses penulisan skripsi ini, penulis menghadapi tantangan, rintangan, dan marabahaya, namun semua itu berhasil dilewati atas saran, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah terlibat dalam proses penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Akong, Ama, Mama, Papa, Dominica, Cicilya dan anggota keluarga lainnya dari penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi dan doa yang tiada hentinya. Tanpa mereka penulis tidak akan bisa mencapai posisi penulis saat ini.
2. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing penulis yang telah memberikan wawasan, masukan serta waktu selama proses penyusunan skripsi ini dari penentuan topik, penulisan skripsi, seminar judul, seminar isi hingga sidang.
3. Bapak Teguh Farid Nurul Iman, S.T. dan Bapak Markus Didi G. yang telah memberikan waktu, tenaga, wawasan, dan masukan selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Christian Vieri selaku rekan seperjuangan dan teman dekat penulis yang telah menemani dari persiapan material, pembuatan dan pengujian benda uji, hingga pengerjaan skripsi, yang telah membantu dan bekerja bersama penulis.

5. Kezia Margaretha S.Hub.Int yang telah memberikan waktu, tenaga, nasihat, motivasi, dan dukungan selama masa perkuliahan yang telah dilewati penulis. Terimakasih telah menjadi salah satu alasan penulis tetap menjalani masa perkuliahan dengan tekad dan ambisi.
6. Kelvin Hasanudin, Alya Aurellia Putri Ryan, Fioni Citra Effendi, Kendra Nathanael dan Alfando Santona yang menjadi rekan seperjuangan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas katolik Parahyangan yang telah memberi bantuan dan dukungan selama proses penyusunan skripsi.
7. Teman Christiano Benedictus Tjahjadi selaku teman dekat penulis yang telah memberikan waktu, nasihat dan dukungan dari awal masa perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi ini selesai.
8. Berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis mengetahui bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Dengan demikian, penulis menerima dan mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak terhadap studi eksperimental ini. Penulis juga berharap skripsi ini dapat menambah wawasan kepada siapapun yang membacanya dan membantu penelitian selanjutnya.

Bandung, 4 Juli 2024



Alditio Manalu

6102001096

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|
| SKRIPSI | i |
| LEMBAR PERNYATAAN | i |
| ABSTRAK | ii |
| ABSTRACT | iii |
| PRAKATA | iv |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvii |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Inti Permasalahan | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4 Pembatasan Masalah | 2 |
| 1.5 Metode Penelitian..... | 4 |
| 1.6 Sistematika Penulisan..... | 4 |
| 1.7 Diagram Alir | 5 |
| BAB 2 DASAR TEORI | 6 |
| 2.1 <i>High-Strength Highly-Flowable Concrete</i> | 6 |
| 2.2 Metode Volume Absolut | 7 |
| 2.3 Berat Isi Optimum..... | 10 |
| 2.4 Material Campuran <i>High-Strength Highly-Flowable Concrete</i> | 11 |
| 2.4.1 Semen..... | 11 |

| | | |
|--------------|------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4.2 | Agregat Halus..... | 12 |
| 2.4.3 | Agregat Kasar..... | 13 |
| 2.4.4 | <i>Filler</i> | 13 |
| 2.4.5 | <i>Silica Fume</i> | 13 |
| 2.4.6 | Air..... | 13 |
| 2.4.7 | <i>Superplasticizer</i> | 14 |
| 2.5 | Metode Pengujian..... | 15 |
| 2.5.1 | Uji <i>Slump Flow</i> dan <i>Flow Rate</i> | 15 |
| 2.5.2 | Uji Kekuatan Tekan..... | 16 |
| 2.5.3 | Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> | 17 |
| BAB 3 | METODE PENELITIAN..... | 19 |
| 3.1 | Material Campuran Beton..... | 19 |
| 3.1.1 | Semen..... | 19 |
| 3.1.2 | Agregat Halus..... | 19 |
| 3.1.3 | <i>Filler</i> | 20 |
| 3.1.4 | Agregat Kasar..... | 20 |
| 3.1.5 | <i>Silica Fume</i> | 21 |
| 3.1.6 | <i>Superplasticizer</i> | 21 |
| 3.1.7 | Air..... | 22 |
| 3.2 | Pengujian Material Campuran Beton..... | 22 |
| 3.2.1 | Pengujian <i>Specific Gravity</i> Semen..... | 22 |
| 3.2.2 | Pengujian Berat Isi Optimum Agregat Halus..... | 24 |
| 3.2.3 | Pengujian Absorpsi Agregat Halus..... | 27 |
| 3.2.4 | Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus..... | 29 |
| 3.2.5 | Pengujian <i>Fineness Modulus</i> Agregat Halus..... | 30 |
| 3.2.6 | Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar..... | 32 |

| | | |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.7 | Pengujian Absorpsi Agregat Kasar..... | 34 |
| 3.2.8 | Pengujian Berat Isi Optimum Agregat Campuran..... | 35 |
| 3.2.9 | Pengujian <i>Specific Gravity Silica Fume</i> | 37 |
| 3.3 | Proporsi Campuran <i>High-Strength-Highly-Flowable Concrete</i> | 38 |
| 3.4 | Pembuatan Benda Uji..... | 39 |
| 3.4.1 | Pengecoran Beton..... | 39 |
| 3.4.2 | Perawatan Benda Uji | 41 |
| 3.5 | Pengujian Beton | 42 |
| 3.5.1 | Pengujian Kekuatan Tekan Beton | 42 |
| 3.5.2 | Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> | 42 |
| BAB 4 | ANALISIS DATA..... | 44 |
| 4.1 | Analisis Uji <i>Slump Flow</i> HSHFC | 44 |
| 4.2 | Analisis Uji Kekuatan Tekan HSHFC..... | 45 |
| 4.2.1 | Analisis Kekuatan Tekan Variasi SF 0% | 46 |
| 4.2.2 | Analisis Kekuatan Tekan Variasi SF 2,5% | 48 |
| 4.2.3 | Analisis Kekuatan Tekan Variasi SF 5,0% | 49 |
| 4.2.4 | Analisis Kekuatan Tekan Variasi SF 7,5% | 51 |
| 4.2.5 | Analisis Pengaruh <i>Silica Fume</i> Terhadap Kekuatan Tekan..... | 53 |
| 4.3 | Analisis Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> | 55 |
| 4.3.1 | Analisis UPV Variasi SF 0% | 55 |
| 4.3.2 | Analisis UPV Variasi SF 2,5%..... | 56 |
| 4.3.3 | Analisis UPV Variasi SF 5,0%..... | 56 |
| 4.3.4 | Analisis UPV Variasi SF 7,5%..... | 57 |
| 4.3.5 | Analisis Pengaruh <i>Silica Fume</i> Terhadap Nilai UPV | 57 |
| BAB 5 | KESIMPULAN DAN SARAN | 59 |
| 5.1 | Kesimpulan | 59 |

| | | |
|-----|----------------------------|-----------|
| 5.2 | Saran..... | 60 |
| | DAFTAR PUSTAKA..... | 61 |



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

| | | |
|----------|---|-----------------------------------------------|
| A | : | Luas bidang tekan (mm^2) |
| A_{bs} | : | Penyerapan air (%) |
| ACI | : | <i>American Concrete Institute</i> |
| $ASTM$ | : | <i>American Society of Testing Materials</i> |
| CTM | : | <i>Compression Testing Machine</i> |
| f_c | : | Kekuatan tekan beton pada umur 28 hari (MPa) |
| HSC | : | <i>High-Strength Concrete</i> |
| HFC | : | <i>Highly-Flowable Concrete</i> |
| $HSFHC$ | : | <i>High-Strength-Highly-Flowable Concrete</i> |
| M_a | : | Massa labu + minyak tanah (g) |
| M_t | : | Massa labu + GGBFS/CaO + minyak tanah (g) |
| OD | : | <i>Oven Dry</i> |
| SF | : | <i>Silica Fume</i> |
| SG | : | <i>Specific Gravity</i> |
| SP | : | <i>Superplasticizer</i> |
| SSD | : | <i>Saturated Surface Dry</i> |
| SNI | : | Standar Nasional Indonesia |
| UPV | : | <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> |
| V | : | Volume (m^3) |

| | | |
|-------------|---|---------------------------------------------------|
| V_{air} | : | Volume udara (m^3) |
| V_{CA} | : | Volume agregat kasar (m^3) |
| V_{FA} | : | Volume agregat halus (m^3) |
| V_{Semen} | : | Volume semen (m^3) |
| V_{SF} | : | Volume <i>silica fume</i> (m^3) |
| V_W | : | Volume air (m^3) |
| W_{CA} | : | Berat agregat kasar (kg) |
| W_{FA} | : | Berat agregat halus (kg) |
| W_{Semen} | : | Berat semen(kg) |
| W_{SF} | : | Berat <i>silica fume</i> (kg) |
| W_W | : | Berat air (kg) |
| α | : | Proporsi pasir halus silika terhadap pasir (%) |
| β | : | Proporsi agregat halus terhadap agregat kasar (%) |
| Ω | : | Proporsi semen terhadap pengikat(%) |
| Ψ | : | Proporsi <i>silica fume</i> terhadap pengikat (%) |
| λ | : | Rasio air terhadap bahan pengikat |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------------|-----------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1 | Diagram Alir..... | 5 |
| Gambar 2.1 | Ilustrasi Aplikasi HSHFC (EFNARC, 2005) | 7 |
| Gambar 2.2 | Ilustrasi Metode Volume Absolut..... | 8 |
| Gambar 2.3 | Ilustrasi Berat Isi Optimum | 10 |
| Gambar 2.4 | Grafik Regresi Kuadratik | 11 |
| Gambar 2.5 | Hasil <i>Slump Flow</i> | 16 |
| Gambar 2.6 | Mesin CTM..... | 16 |
| Gambar 2.7 | Jenis Keruntuhan Silinder Beton (ASTM C39-17b)..... | 17 |
| Gambar 2.8 | Alat UPV | 18 |
| Gambar 2.9 | Skema UPV | 18 |
| Gambar 3.1 | Semen PCC Tiga Roda..... | 19 |
| Gambar 3.2 | Pasir Galunggung..... | 20 |
| Gambar 3.3 | Pasir Halus Silika..... | 20 |
| Gambar 3.4 | Batu Pecah Lagadar..... | 21 |
| Gambar 3.5 | <i>Silica Fume</i> | 21 |
| Gambar 3.6 | <i>Superplasticizer</i> | 22 |
| Gambar 3.7 | Air | 22 |
| Gambar 3.8 | Labu <i>Le Chatelier</i> | 24 |
| Gambar 3.9 | Kurva Berat Isi Optimum Agregat Halus..... | 26 |

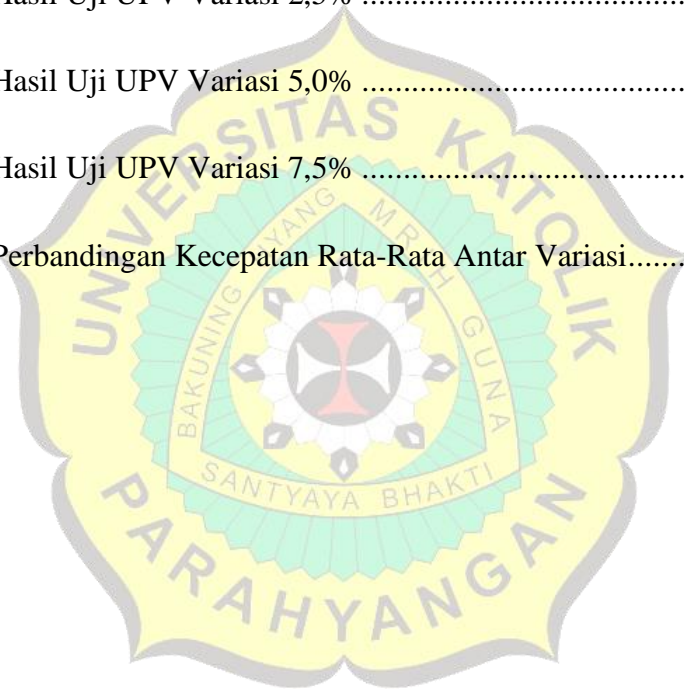
| | | |
|--------------------|-----------------------------------------------|----|
| Gambar 3.10 | Alat Uji Berat Isi Optimum Agregat Halus..... | 27 |
| Gambar 3.11 | <i>Heat Gun</i> | 28 |
| Gambar 3.12 | Kerucut Abrams dan Penumbuk..... | 28 |
| Gambar 3.13 | Keruntuhan Pasir Kondisi SSD..... | 29 |
| Gambar 3.14 | <i>Volumetric Flask</i> | 30 |
| Gambar 3.15 | Saringan dan <i>Sieve Shaker</i> | 32 |
| Gambar 3.16 | Kurva Gradasi Agregat Halus..... | 32 |
| Gambar 3.17 | Ember Kawat | 33 |
| Gambar 3.18 | Menimbang Agregat Kasar..... | 34 |
| Gambar 3.19 | Alat Uji Berat Isi Optimum Agregat..... | 36 |
| Gambar 3.20 | Kurva Berat Isi Optimum Agregat Kasar..... | 37 |
| Gambar 3.21 | Cetakan Silinder..... | 40 |
| Gambar 3.22 | Mesin Molen..... | 40 |
| Gambar 3.23 | <i>Slump Cone</i> | 41 |
| Gambar 3.24 | <i>Sealed Curing</i> | 41 |
| Gambar 3.25 | Mesin <i>Grinding</i> | 42 |
| Gambar 3.26 | Kalibrasi Alat UPV | 43 |
| Gambar 3.27 | Hasil UPV..... | 43 |
| Gambar 4.1 | <i>Slump Flow</i> Benda Uji SF0 | 44 |
| Gambar 4.2 | <i>Slump Flow</i> Benda Uji SF2,5 | 45 |
| Gambar 4.3 | <i>Slump Flow</i> Benda Uji SF5 | 45 |

| | | |
|--------------------|-----------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.4 | <i>Slump Flow</i> Benda Uji SF7,5 | 45 |
| Gambar 4.5 | Pola Keruntuhan Sampel C1 SF0% | 47 |
| Gambar 4.6 | Pola Keruntuhan Sampel C2 SF0% | 47 |
| Gambar 4.7 | Pola Keruntuhan Sampel C3 SF0% | 47 |
| Gambar 4.8 | Pola Keruntuhan Sampel C1 SF2,5% | 48 |
| Gambar 4.9 | Pola Keruntuhan Sampel C2 SF2,5% | 49 |
| Gambar 4.10 | Pola Keruntuhan Sampel C3 SF2,5% | 49 |
| Gambar 4.11 | Pola Keruntuhan Sampel C1 SF5,0% | 50 |
| Gambar 4.12 | Pola Keruntuhan Sampel C2 SF5,0% | 51 |
| Gambar 4.13 | Pola Keruntuhan Sampel C3 SF5,0% | 51 |
| Gambar 4.14 | Pola Keruntuhan Sampel C1 7,5% | 52 |
| Gambar 4.15 | Pola Keruntuhan Sampel C2 7,5% | 52 |
| Gambar 4.16 | Pola Keruntuhan Sampel C3 7,5% | 53 |
| Gambar 4.17 | Perbandingan Kekuatan Tekan Rata-Rata Antar Variasi | 54 |
| Gambar 4.18 | Perbandingan Kecepatan Rata-Rata Antar Variasi | 58 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1.1 | Rekapitulasi Jumlah Benda Uji | 3 |
| Tabel 2.1 | Klasifikasi <i>Slump Flow</i> | 6 |
| Table 2.2 | Klasifikasi <i>Viscosity</i> | 6 |
| Tabel 2.3 | Batasan Gradasi Agregat Halus Menurut ASTM C33 – 03..... | 12 |
| Table 2.4 | Kualitas Beton Berdasarkan Nilai UPV (Djayaprabha et al., 2020) | 18 |
| Tabel 3.1 | Hasil Pengujian <i>Specific Gravity</i> Semen | 23 |
| Tabel 3.2 | Hasil Pengujian Volume Kontainer Agregat Halus..... | 25 |
| Tabel 3.3 | Hasil Pengujian Berat Isi Optimum Agregat Halus..... | 26 |
| Tabel 3.4 | Hasil Pengujian Absorpsi Agregat Halus | 28 |
| Tabel 3.5 | Hasil Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus | 30 |
| Tabel 3.6 | Hasil Pengujian <i>Fineness Modulus</i> Agregat Halus Sampel 1 | 31 |
| Tabel 3.7 | Hasil Pengujian <i>Fineness Modulus</i> Agregat Halus Sampel 2..... | 31 |
| Tabel 3.8 | Hasil Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar..... | 33 |
| Tabel 3.9 | Hasil Pengujian Absorpsi Agregat Kasar | 35 |
| Tabel 3.10 | Hasil Pengujian Volume Kontainer Agregat Campuran..... | 36 |
| Tabel 3.11 | Hasil Pengujian Berat Isi Optimum Agregat Campuran | 36 |
| Tabel 3.12 | Hasil Pengujian <i>Specific Gravity Silica Fume</i> | 38 |
| Tabel 3.13 | Proporsi Campuran 1m ³ HSHFC..... | 39 |
| Tabel 4.1 | Hasil Uji <i>Slump Flow</i> HSHFC | 44 |

| | | |
|-------------------|----------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.2 | Hasil Uji Kekuatan Tekan Variasi SF 0% | 46 |
| Tabel 4.3 | Hasil Uji Kekuatan Tekan Variasi SF 2,5%..... | 48 |
| Tabel 4.4 | Hasil Uji Kekuatan Tekan Variasi SF5% | 49 |
| Tabel 4.5 | Hasil Uji Kekuatan Tekan Variasi SF7,5%..... | 51 |
| Tabel 4.6 | Perbandingan Kekuatan Tekan Rata-Rata Antar Variasi..... | 53 |
| Tabel 4.7 | Hasil Uji UPV Variasi 0% | 55 |
| Tabel 4.8 | Hasil Uji UPV Variasi 2,5% | 56 |
| Tabel 4.9 | Hasil Uji UPV Variasi 5,0% | 56 |
| Tabel 4.10 | Hasil Uji UPV Variasi 7,5% | 57 |
| Tabel 4.11 | Perbandingan Kecepatan Rata-Rata Antar Variasi..... | 57 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|-------------------------------------------------------------|----|
| LAMPIRAN 1 <i>SPECIFIC GRAVITY</i> SEMEN | 64 |
| LAMPIRAN 2 BERAT ISI OPTIMUM AGREGAT HALUS | 65 |
| LAMPIRAN 3 ABSORPSI AGREGAT HALUS | 68 |
| LAMPIRAN 4 <i>SPECIFIC GRAVITY</i> AGREGAT HALUS | 69 |
| LAMPIRAN 5 <i>FINENESS MODULUS</i> AGREGAT HALUS..... | 70 |
| LAMPIRAN 6 <i>SPECIFIC GRAVITY</i> AGREGAT KASAR..... | 71 |
| LAMPIRAN 7 ABSORPSI AGREGAT KASAR..... | 72 |
| LAMPIRAN 8 BERAT ISI OPTIMUM AGREGAT CAMPURAN | 73 |
| LAMPIRAN 9 <i>SPECIFIC GRAVITY SILICA FUME</i> | 75 |
| LAMPIRAN 10 BROSUR <i>SILICA FUME</i> | 76 |
| LAMPIRAN 11 BROSUR <i>SUPERPLASTICIZER</i> | 78 |
| LAMPIRAN 12 PROPORSI <i>MIX DESIGN</i> VARIASI SF0%..... | 80 |
| LAMPIRAN 13 PROPORSI <i>MIX DESIGN</i> VARIASI SF2,5% | 82 |
| LAMPIRAN 14 PROPORSI <i>MIX DESIGN</i> VARIASI SF5%..... | 84 |
| LAMPIRAN 15 PROPORSI <i>MIX DESIGN</i> VARIASI SF7,5% | 86 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan penduduk terbanyak di Asia Tenggara. Pada tahun 2023, penduduk Indonesia berjumlah 278,696 juta penduduk dan akan mencapai 318,9 juta penduduk pada tahun 2045 (BPS, 2023). Seiring dengan bertumbuhnya jumlah penduduk di Indonesia, kebutuhan akan gedung industri, gedung perkantoran, gedung residensial, dan sebagainya juga akan ikut meningkat. Material yang umum digunakan di Indonesia adalah beton. Beton adalah campuran antara semen portland, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI 2847:2013). Beton digunakan karena biaya perawatan beton yang relatif murah dan beton segar mudah untuk dipindahkan, dicetak, dan dibentuk (Tjokrodinuljo, 2007).

Seiring dengan berjalannya waktu, kebutuhan pembuatan beton dengan properti yang lebih baik untuk pembangunan skala besar diperlukan pengembangan beton dengan kuat tekan tinggi atau yang dikenal dengan *High-Strength Concrete*. HSC adalah beton yang secara umum memiliki properti mekanis berupa kuat tekan yang melebihi 50 MPa (Zeng et al., 2020). HSC sendiri umumnya memiliki *water-to-cementitious ratio* (w/cm) yang lebih rendah dari 0,35 (Sakthidoss & Senniappan, 2019). Selain kuat tekan, *workability* beton juga menjadi salah satu properti beton yang dikembangkan dan menghasilkan *flowable cement-based materials*. *Flowable cement-based materials* adalah tipe beton yang dapat mengalir tanpa terjadi segregasi pada beton tersebut (Fantous & Yahia., 2020). Selain pengembangan dalam properti beton, dilakukan juga pengembangan dalam penggunaan material campuran beton. Beberapa pengembangan dalam material campuran beton adalah penggunaan *filler* dan penggunaan bahan pengganti semen. Salah satu *filler* yang digunakan dalam material campuran beton adalah pasir halus silika. Pasir halus silika adalah jenis pasir alam yang biasanya digunakan sebagai bahan campuran semen, bahan pembuat keramik, dan bahan penjernih air (Cakrawijaya et al., 2022). Kemudian, salah satu material yang digunakan untuk

menggantikan semen adalah *silica fume*. *Silica fume* adalah residu dari produksi silikon dan ferrosilicon yang digunakan sebagai pengganti semen. *Silica fume* akan meningkatkan produksi *calcium-silicate-hydrate* selama masa pengerasan beton (Niewiadomski et al., 2021). Kemudian, dalam pembuatan beton juga digunakan *admixture* berupa *superplasticizer*. *Superplasticizer* adalah bahan aditif yang memungkinkan campuran beton mencapai *workability* yang diperlukan pada w/cm yang rendah (Martin, 2006).

Kekuatan tekan beton adalah sifat mekanis beton yang didapat melalui uji kuat tekan pada beton yang berumur 28 hari (Ni & Wang, 2000). *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) adalah uji non destruktif yang dapat digunakan untuk memantau kepadatan dari beton seiring dengan proses hidrasi semen seiring dengan perkembangan umur beton. Secara umum, semakin padat beton yang diuji, maka semakin cepat gelombang UPV akan merambat dan sebaliknya (Estévez et al., 2020). Uji UPV seringkali dapat dikaitkan dengan kekuatan tekan beton untuk menilai kekuatan beton berdasarkan uji non destruktif.

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari uji eksperimental ini adalah untuk mempelajari pengaruh variasi kadar *silica fume* sebagai pengganti sebagian semen terhadap kekuatan tekan dan nilai UPV dari beton dengan properti *High-strength* dan *Highly-flowable* yang dikembangkan menjadi *High-Strength-Highly-Flowable Concrete* (HSHFC).

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, adalah:

1. Menganalisis perkembangan nilai kekuatan tekan dan nilai UPV pada HSHFC dengan variasi kadar *silica fume*.
2. Menganalisis pengaruh variasi kadar *silica fume* terhadap nilai kekuatan tekan dan nilai UPV pada HSHFC.

1.4 Pembatasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa pembatasan masalah, yaitu:

1. Semen yang digunakan adalah PCC dengan merek Semen Tiga Roda.
2. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Galunggung yang ditambahkan dengan pasir halus silika.
3. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah Lagadar dengan ukuran agregat maksimum sebesar 9,5 mm.
4. *Silica fume* yang digunakan adalah SikaFume diperoleh dari PT. Sika Indonesia. *Silica fume* digunakan dengan kadar penggantian sebagian semen sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5%.
5. *Superplasticizer* (SP) yang digunakan adalah Masterease 3079 dari PT. Sika Indonesia.
6. Rasio air terhadap semen yang digunakan adalah sebesar 0,2.
7. Perencanaan mix design menggunakan metode volume absolut.
8. Kriteria beton segar mengacu pada *slump flow classes* dan *viscosity classes* dari *The European Guidelines for Self Compacting Concrete* dari *The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems* (EFNARC) dengan kriteria *slump flow* harus berada dalam rentang 660 mm hingga 750 mm (*slump flow* 2) dan T₅₀₀ harus lebih dari 2 detik (VS 2) untuk pembuatan *ramps, walls and piles*.
9. Perawatan sampel dilakukan dengan metode *sealed curing*.
10. Pengujian kekuatan tekan beton dan UPV dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan benda uji berbentuk silinder berdiameter 100 mm dengan tinggi 200 mm.
11. Jumlah total benda uji adalah sebanyak 36 silinder seperti yang terlihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Rekapitulasi Jumlah Benda Uji

| Variasi (%) | Umur Pengujian (hari) | Jumlah Benda Uji (buah) |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| 0 | 7, 14, dan 28 | 9 |
| 2,5 | | 9 |
| 5 | | 9 |
| 7,5 | | 9 |
| Total Benda Uji | | 36 |

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada studi eksperimental ini adalah:

1. Studi Literatur

Metode penelitian studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan informasi-informasi yang didapat dari artikel jurnal, buku, skripsi, dan sumber-sumber lainnya. Dalam prosesnya, metode penelitian studi literatur membantu penulis untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang topik penelitian dan mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan yang perlu diketahui.

2. Studi Eksperimental

Pengujian eksperimental dilakukan secara langsung di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan, dimulai dari persiapan bahan, pembuatan sampel, dan pengujian sampel.

3. Analisis Data

Analisis data merupakan tahap pengolahan yang dilakukan terhadap data hasil eksperimen untuk mencapai tujuan penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi 5 bab, yaitu:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang penelitian, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah dalam penelitian, sistematika penulisan, serta diagram alir penelitian.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Isi dari bab ini adalah landasan teori yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian dan penyusunan skripsi.

BAB 3 : METODE PENELITIAN

Dalam bab ini terdapat beberapa metode penelitian, antara lain persiapan material, pengujian material, pembuatan sampel, dan pengujian sampel.

BAB 4 : ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

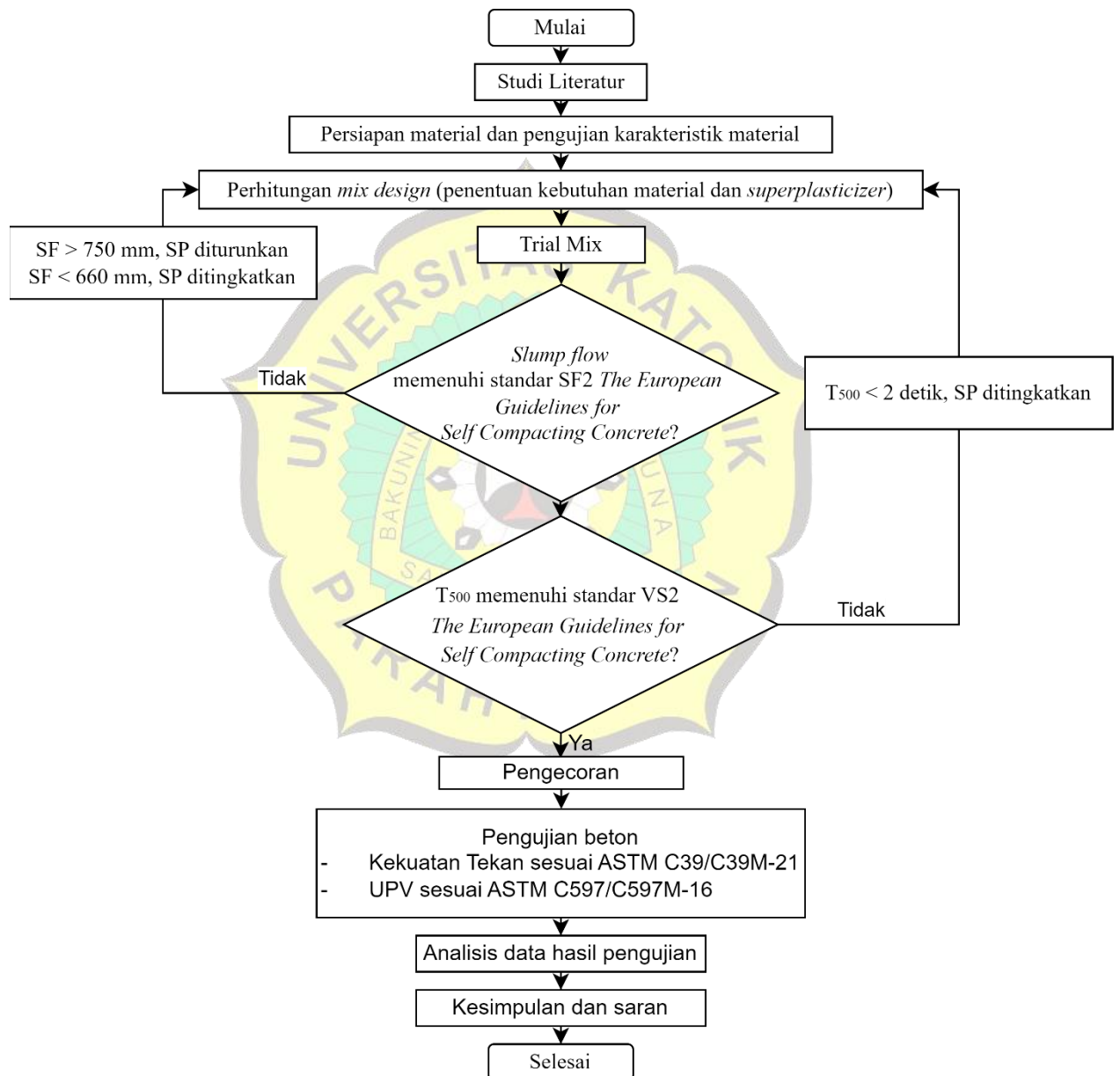
Dalam bab ini berisi analisis data dan pembahasan dari hasil pengujian sampel di laboratorium.

BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisi kesimpulan atas hasil yang diperoleh dari penelitian dan saran untuk perkembangan penelitian selanjutnya.

1.7 Diagram Alir

Studi eksperimental ini dilakukan dengan prosedur seperti pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Diagram Alir