

## **TUGAS AKHIR**

# **PENGARUH ABU TERBANG DAN SILICA FUME SEBAGAI MATERIAL PENGISI TERHADAP KUAT TARIK DAN MODULUS ELASTISITAS BETON MEMADAT SENDIRI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat – Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh :**

**Dui kartika hasibuan**  
**2107210093**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**2025**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dui Kartika Hasibuan

NPM : 2107210093

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Abu Terbang Dan Silica Fume Sebagai Material Pengisi Terhadap Kuat Tarik Dan Modulus Elastisitas Beton Memadat Sendiri

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 Agustus 2025

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian:

Dosen Pembimbing



Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dui Kartika Hasibuan

NPM : 2107210093

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Abu Terbang Dan Silica Fume Sebagai Material Pengisi Terhadap Kuat Tarik Dan Modulus Elastisitas Beton Memadat Sendiri

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

20 Agustus 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc, Ph.D., IPM

Dosen Pemanding

I/Penguji



Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D.

Dosen Pemanding

II/Penguji



Rizki Efrida, S.T., M.T

Program Studi Teknik Sipil

Ketua,



Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D.

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Dui Kartika Hasibuan

NPM : 2107210093

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

" Pengaruh Abu Terbang Dan Silica Fume Sebagai Material Pengisi Terhadap Kuat Tarik Dan Modulus Elastisitas Beton Memadat Sendiri"

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, atau pun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau pun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 20 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,



Dui Kartika Hasibuan

## ABSTRAK

### PENGARUH ABU TERBANG DAN SILICA FUME SEBAGAI MATERIAL PENGISI TERHADAP KUAT TARIK DAN MODULUS ELASTISITAS BETON MEMADAT SENDIRI

Dui Kartika Hasibuan

2107210093

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

Self Compacting Concrete (SCC) merupakan perkembangan teknologi beton yang dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan pada proses pengecoran konvensional. Beton jenis ini mampu mengalir secara mandiri, menembus celah tulangan yang padat, serta mengisi cetakan tanpa bantuan pemadatan mekanis. Dengan karakteristik tersebut, SCC dapat menghasilkan beton yang lebih rapat, homogen, dan bermutu tinggi, sehingga sangat sesuai untuk diterapkan pada konstruksi berskala besar maupun struktur dengan detail yang rumit. Di sisi lain, isu keberlanjutan dalam industri konstruksi mendorong perlunya inovasi material yang ramah lingkungan. Produksi semen Portland, sebagai bahan utama dalam pembuatan beton, diketahui menyumbang emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dalam jumlah signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini menekankan pemanfaatan material tambahan berupa abu terbang (*fly ash*) dan *silica fume* sebagai substitusi sebagian semen. Kedua material tersebut bersifat pozzolanik, dengan kandungan silika dan alumina yang dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida untuk menghasilkan senyawa bersifat sementisius. Selain itu, ukuran partikelnya yang halus memungkinkan perannya sebagai *filler* yang memperbaiki kerapatan mikrostruktur beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan *fly ash* dan *silica fume* terhadap sifat mekanis SCC, khususnya kuat tarik belah dan modulus elastisitas, sekaligus menelaah hubungan antara kedua parameter tersebut.

**Kata kunci:** *Self Compacting Concrete*, Abu Terbang, *Silica Fume*, Kuat Tarik, Modulus Elastisitas.

## **ABSTRACT**

### ***THE EFFECT OF FLY ASH AND SILICA FUME AS FILLER MATERIALS ON THE TENSILE STRENGTH AND MODULUS OF ELASTICITY OF SELF-COMPACTING CONCRETE***

Dui Kartika Hasibuan

2107210093

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

*Self-Compacting Concrete (SCC) is a concrete technology developed to overcome the limitations of conventional casting processes. This type of concrete is able to flow independently, penetrate dense reinforcement gaps, and fill molds without the aid of mechanical compaction. With these characteristics, SCC can produce denser, more homogeneous, and higher quality concrete, making it ideal for large-scale construction and structures with complex details. On the other hand, sustainability issues in the construction industry have driven the need for environmentally friendly material innovations. The production of Portland cement, the main ingredient in concrete, is known to contribute significantly to carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions. Therefore, this study emphasizes the use of additional materials in the form of fly ash and silica fume as partial substitutes for cement. Both materials are pozzolanic, with silica and alumina content that can react with calcium hydroxide to produce cementitious compounds. In addition, their fine particle size allows them to act as fillers that improve the microstructure density of concrete. This study aims to evaluate the effect of fly ash and silica fume on the mechanical properties of SCC, particularly splitting tensile strength and elastic modulus, while examining the relationship between these two parameters.*

*Keywords: Self Compacting Concrete, Fly Gray, Fume Silica, Tensile Strength, Modulus of Elasticity.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Abu Terbang Dan *Silca Fume* Sebagai Material Pengisi Terhadap Kuat Tarik Dan Modulus Elastisitas Beton Memadat Sendiri” Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada :

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Josef Hadipramana selaku Dosen Penguji I dan sekaligus selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak membantu dan member saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T selaku Dosen Penguji II dan sekaligus sekretaris Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Untuk Bapak, Najaruddin, sosok yang tak pernah lelah berdiri di tengah hujan dan terik kehidupan demi melihat anakmu melangkah lebih jauh. Terimakasih atas segala peluh, doa, dan keyakinan yang tak pernah goyah meski keadaan sering tak mudah. Dan untuk Almarhumah Ibu, Tettiana, meski ragamu telah tiada, kasihmu tetap hidup dalam setiap detak semangat ini. Setiap langkah yang kutempuh, setiap halaman yang kutulis, tak lepas dari doamu yang mengalir sunyi dari langit. Kalian adalah alasan mengapa aku tetap bertahan, meski lelah, meski ingin menyerah. Skripsi ini bukan sekadar tugas akademik ia adalah bukti cinta, persembahkan sederhana untuk dua jiwa paling berarti dalam hidupku.
8. Terimakasih kepada abang kandung penulis Sori Lagat, Ade Putra dan Muhammad Satria yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
9. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bitu Armantia Putri, rekan laboratorium yang telah banyak membantu selama proses penelitian ini. Dalam berbagai keterbatasan alat, kehadiranmu menjadi dukungan yang sangat membantu. Terima kasih atas kerja sama, kesabaran, dan semangat yang selalu dijaga, hingga proses ini dapat berjalan dengan baik hingga akhir.
10. Untuk diriku, Dui Kartika Hasibuan, sang anak bungsu yang tetap bertahan meski banyak rintangan datang silih berganti. Terima kasih telah tetap berdiri, bahkan ketika dunia terasa berat. Aku belajar untuk tidak hanya mengandalkan orang lain, tapi juga percaya pada diri sendiri. Dari semua keraguan dan kelelahan, aku tumbuh menjadi seseorang yang lebih kuat. Ini bukan perjalanan yang mudah, tapi aku telah membuktikan bahwa aku bisa. Langkah ini bukan hanya untuk diriku, tapi juga untuk keluarga yang selalu berharap aku bisa menjadi lebih baik.

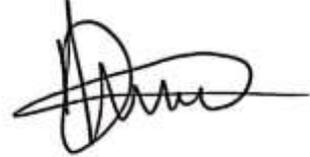
Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang membangun untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Struktur Teknik Sipil.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas ini.

Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil.

Medan, 10 Agustus 2025

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Dui Kartika Hasibuan', written in a cursive style.

Dui Kartika Hasibuan

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	<b>Error! Bookmark not defined.i</b>
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	15
1.1 Latar Belakang	15
1.2 Rumusan Masalah	16
1.4 Tujuan Penelitian	17
1.5 Manfaat Penelitian	17
1.6 Sistematika Penulisan	17
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	19
2.1 Umum	19
2.3 Bahan Campuran Beton	20
2.3.1 Semen	20
2.3.2 Agregat	20
2.3.3 Air	21
2.4 Bahan Tambah Campuran Beton	21
2.4.1 Fly Ash	21
2.4.2 Silica Fume	22
2.5 Pengujian Pada Beton SCC	22
2.5.1 Pengujian <i>Slump Flow</i>	22
2.5.2 Pengujian <i>L – Shaped Box</i>	23
2.5.3 Pengujian <i>V – funnel</i>	23

2.5.4	Pengujian Kuat Tarik Beton	23
2.5.5	Pengujian Modulus Elastisitas	24
2.6	Penelitian Terdahulu	24
BAB 3 METODE PENELITIAN		27
3.1	Metode Penelitian	27
3.1.1	Data Primer	27
3.1.2	Data Skunder	27
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.4	Bahan dan Peralatan	31
3.4.1	Bahan	31
3.4.2	Peralatan	31
3.5	Persiapan Penelitian	32
3.6	Pemeriksaan Agregat	32
3.6.1	Pemeriksaan Agregat Halus	32
3.6.2	Pemeriksaan Agregat Kasar	34
3.7	Perencanaan Campuran Beton	36
3.8	Mix Design	37
3.9	Pembuatan Benda Uji Beton	38
3.9	Pengujian <i>Slump Flow</i>	39
3.10	Pengujian <i>L – Shape Box</i>	39
3.11	Pengujian <i>V – Funnel</i>	40
3.12	Perawatan Benda Uji Beton	40
3.13	Pengujian Kuat Tarik Belah	40
3.14	Pengujian Modulus Elastisitas	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1	Hasil Pemeriksaan Campuran	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2	Perhitungan Mix Design Beton SCC	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3	<i>Slum Flow Test</i>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4	Pemeriksaan Viskositas	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5	Pemeriksaan <i>Passing Ability</i>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6	Pengujian Kuat Tarik	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.7	Pengujian Modulus Elastisitas	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1 Kesimpulan	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2 Saran	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	45

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Alir	30
Gambar 3.2 Benda Uji Beton	38
Gambar 4.1 Grafik Slum Flow Beton SCC	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.2 Grafik Passing Ability Beton SCC	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4.3 Grafik Kuat Tarik Belah Beton SCC	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1: Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji.	38
Tabel 4 1: Hasil pemeriksaan dasar	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.2: Komposisi campuran beton.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.3: Komposisi campuran beton. Self Compacting Concrete dalam 1m <sup>3</sup> dengan Fas 0,45	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.4: Nilai Slump Flow Beton SCC dengan FAS 0,45	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.5: V-Funnel Beton SCC dengan FAS 0,45	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.6: Passing Ability adonan beton SCC dengan FAS 0.45	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.7: Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton 28 Hari	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.8: Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton 28 Hari	<b>Error!</b>

## DAFTAR NOTASI

$F_t$	= Kuat Tarik Belah	(MPa)
$P$	= Beban pada waktu belah	(N)
$L$	= Panjang beban uji	(mm)
$D$	= Diameter benda uji	(mm)
$E_c$	= Modulus Elastisitas	(MPa)
$f_c'$	= kuat tekan beton dalam satuan	(MPa)
$W_g$	= Jumlah agregat kasar yang dibutuhkan untuk beton SCC	(Kg/m <sup>3</sup> )
$W_{gL}$	= Berat isi agregat kasar	(Kg/m <sup>3</sup> )
$W_{wc}$	= Jumlah air yang dibutuhkan untuk semen	(Kg/m <sup>3</sup> )
$W_{sp}$	= Jumlah superplasticizer	(Kg/m <sup>3</sup> )
$s/a$	= Perbandingan antara agregat kasar dan halus	(%)
$n\%$	= Dosis superplasticizer yang digunakan	(%)
$C$	= Jumlah semen	(Kg/m <sup>3</sup> )
$W_f$	= Jumlah fly ash	(Kg/m <sup>3</sup> )



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton menjadi komponen penting dalam pembangunan infrastruktur modern, namun penggunaan semen Portland sebagai bahan utamanya masih menimbulkan masalah lingkungan karena menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang cukup tinggi. Kondisi ini mendorong perlunya inovasi beton ramah lingkungan sebagai solusi berkelanjutan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah mengganti sebagian semen dengan material alternatif seperti fly ash, yang dinilai lebih ramah lingkungan dan dapat mendukung keberlanjutan konstruksi.

Beton Memadat Sendiri atau *Self Compacting Concrete* (SCC) merupakan pengembangan teknologi beton yang dirancang agar mampu mengatasi kesulitan pada tahap pengecoran dan pemadatan. Beton jenis ini memiliki sifat mampu mengalir secara mandiri, melewati celah tulangan yang padat, serta mengisi seluruh bagian cetakan tanpa membutuhkan proses pemadatan dengan alat penggetar (Pratama, 2020).

Beton SCC memerlukan bahan halus (*finer*) sebagai pelumas untuk meningkatkan *workability* dan *flowability*. Maka dari itu digunakan *fly ash* sebagai filler. Beberapa tahun belakangan, SCC telah digunakan secara luas untuk struktur beton bertulang terutama dalam kondisi pengecoran yang sulit dan desain tulangan yang rapat. Beton segar harus memiliki kemampuan mengalir yang tinggi dan tahan terhadap segregasi atau pemisahan butir kerikil dari campuran beton agar dapat mengatasi masalah pengecoran (Larasati, 2021)

Fly ash adalah residu sampingan dari proses industri yang memiliki sifat pozzolanik dan dapat berfungsi sebagai bahan pengikat dalam campuran beton. Pozzolan sendiri merupakan material yang kaya akan kandungan silika dan alumina, yang mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida sehingga menghasilkan senyawa bersifat menyerupai semen. Abu terbang ini berasal dari proses pembakaran batubara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan termasuk limbah non-B3. Tingginya kadar silika (SiO<sub>2</sub>) dan alumina dalam fly ash menjadikannya potensial untuk dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian semen pada pembuatan beton (Kuncoro, 2021).

Penambahan kadar *fly ash* pada pembuatan beton dapat mengurangi dampak dari penggunaan semen yang berlebihan. *Fly ash* dapat memperbaiki sifat *workability*, beton menjadi kedap air, akan tetapi seiring penambahan *fly ash* beton mengalami penurunan pada

sifat mekaniknya seperti kuat tekan dan kuat tariknya. Pembuatan beton menggunakan material reaktif berbutir lebih halus seperti *silica fume* memungkinkan beton menjadi lebih padat sehingga mampu memperbaiki sifat mekanik beton (Anggraini & Solikin, 2023).

Penggunaan *silica fume* sebagai admixture dalam penelitian ini termasuk ke dalam mineral admixture berbentuk material pozzolan berukuran sangat halus dengan kandungan silika yang tinggi. Karakteristik fisik dan kimianya memberikan dua peran penting dalam campuran beton, yakni sebagai pengisi (filler) serta sebagai pozzolan yang dapat bereaksi secara kimia. Ukurannya yang sangat halus memungkinkan *silica fume* menutup rongga-rongga pada beton, sehingga struktur campuran menjadi lebih padat dan mutu beton meningkat (Sayyidana, 2019).

Berlandaskan uraian diatas, penelitian ini menggunakan abu terbang (*fly ash*) dan *silica fume* sebagai bahan tambah semen dengan variasi yang sudah ditentukan untuk mengetahui kuat Tarik belah dan modulus elastisitas. Oleh karena itu peneliti mengambil judul “Pengaruh Abu Terbang Dan *Silica Fume* Sebagai Bahan Pengisi Terhadap Kuat Tarik Dan Modulus Elastisitas”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh abu terbang (*fly ash*) dan *silica fume* sebagai material pengisi terhadap kuat tarik dan modulus elastisitas pada beton memadat sendiri?
2. Apa hubungan antara kuat tarik dan modulus elastisitas pada beton memadat sendiri dalam campuran yang menggunakan abu terbang (*fly ash*) dan *silica fume*?

## 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun batasan batasan yang diambil dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

a) Bahan Penelitian:

- Jenis *fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini akan diambil dari sumber pembangkit listrik tenaga batubara.
- *Silica fume*

b) Metode Pengujian:

- Beton yang dihasilkan dari campuran akan diuji untuk menentukan kuat tarik dan modulus elastisitas pada umur 28 hari menggunakan standar pengujian ASTM C496 (kuat tarik belah) dan ASTM C469 (modulus elastisitas).

c) Variabel Penelitian:

- Proporsi *fly ash* 0%, 15% dan 25% dari berat semen.
- Proporsi *silica fume* 17% dari berat semen.

d) Benda uji

- Penelitian ini menggunakan cetakan silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan kuat tarik beton dan modulus elastisitas pada umur 28 hari dengan total sampel sebanyak 24 sampel.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh *fly ash* dan *silica fume* sebagai material pengisi terhadap kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton memadat sendiri .
2. Menentukan Hubungan antara Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas beton memadat sendiri.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan data ilmiah terkait pengaruh *fly ash* dan *silica fume* sebagai material pengisi pada beton memadat sendiri.
2. Mendukung pengembangan beton berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah industri.
3. Memberikan panduan bagi industri konstruksi dalam memilih proporsi material yang efisien dan ramah lingkungan.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah tahapan yang dilakukan dalam penulisan ini, disusun dalam lima (5) bab yaitu sebagai berikut:

**BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini pendahuluan berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang teori berupa pengertian dan landasan teori dari penelitian ini yang digunakan untuk menjelaskan tentang studi ini.

## BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang membahas mengenai tahapan penelitian dan tahap perencanaan yang dilakukan dan pelaksanaan pengumpulan data.

## BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang pengolahan data pembahasan berupa Pengaruh *fly ash* dan *silica fume* sebagai material pengisi terhadap kuat tarik dan modulus elastisitas beton memadat sendiri.

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini merupakan penutup yang berisikan kesimpulan dan saran yang telah diperoleh dari pembahasan dan hasil penelitian yang sudah dilakukan.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Beton adalah bahan yang diperoleh dari mencampur semen, pasir, agregat kasar, dan air dengan bahan tambahan yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan bangunan dan kimia dengan perbandingan tertentu yang mengeras menjadi benda padat. Agregat merupakan bagian yang terbanyak dalam pembentukan beton. Sedangkan semen dan air akan membentuk pasta yang akan mengikat agregat. Tugas perekat yaitu menghubungkan pasir atau kerikil dan mengisi lubang-lubang. Tambahan air baru memungkinkan pengikat dan pengerasan dari perekat (Dewi & Prasetyo, 2021).

Kuat tarik belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan. Kemudian diberi beban tekan secara merata arah tagak lurus dari atas ke seluruh panjang silinde (Arianto, 2020). Nilai kuat tarik beton berkisar antara 10% sampai 15% dari kuat tekannya (Fatmawati et al., 2020).

Modulus elastisitas adalah batas kekakuan dari material. Modulus elastisitas ditentukan dari perubahan tegangan terhadap regangan, modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan beton untuk menahan suatu beban yang besar dengan kondisi regangan yang kecil sehingga semakin tinggi nilai kuat tekan beton maka semakin tinggi juga nilai modulus elastisitasnya.

#### **2.2 Beton Self Compacting Concrete**

Beton memadat mandiri (Self Compacting Concrete). SCC dinilai lebih unggul baik dari segi mutu, waktu, maupun biaya dalam pelaksanaan konstruksi dibandingkan beton normal. SCC memerlukan semen dengan jumlah yang lebih banyak agar memiliki workability yang baik. Perlu diketahui selama pembuatan semen dilakukan proses pembakaran yang akan melepaskan CO<sub>2</sub> ke udara sehingga dibutuhkan bahan tambah sebagai pengganti sebagian semen agar dapat mengurangi CO<sub>2</sub> yang akan dilepaskan ke udara akibat proses pembuatan semen sehingga mampu mengurangi polusi udara (Larasati, 2021).

## **2.3 Bahan Campuran Beton**

### **2.3.1 Semen**

Semen adalah bahan perekat hidrolis yang berfungsi mengikat partikel-partikel agregat dalam campuran beton menjadi satu kesatuan yang kuat dan padat setelah bereaksi dengan air. Semen akan mengeras baik di udara maupun dalam air melalui proses hidrasi (SNI 15-2049-2004 2004).

Semen Portland digolongkan beberapa jenis menurut (SNI 15-2049-2004 2004), yaitu:

- a. Jenis I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- e. Jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

### **2.3.2 Agregat**

Menurut (Zuraidah et al., 2018) Agregat merupakan komponen yang cukup penting dalam material penyusun beton. Selain berpengaruh terhadap jenis dan kekuatan beton yang dihasilkan, agregat juga berpengaruh terhadap nilai ekonomis beton karena material ini mudah didapat dan relatif murah. Proporsi agregat dalam campuran beton kira-kira 70% – 80% volume beton.

Macam-macam Agregat terbagi 2 menurut (SNI 03-2834-2000) yaitu:

- a) Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.
- b) Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm.

### **2.3.3 Air**

Beton terbentuk dari proses hidrasi semen yang selanjutnya mengikat agregat halus dan kasar. Proses hidrasi semen terjadi karena adanya reaksi antara semen dan air. Air bereaksi secara kimiawi dengan semen Portland sehingga partikel semen akan memasuki fase cair dan menjadi pasta yang berperan sebagai perekat agregat. Selain itu, adanya air juga sangat penting dalam proses pembuatan beton. Air membuat campuran beton menjadi lebih mudah untuk diaduk, dituang, dan dipadatkan. Kemudahan dalam pekerjaan beton ini dikenal dengan kelecakan beton yang dapat sangat dipengaruhi oleh perbandingan jumlah air dan semen (Setyawan, 2015).

Fungsi air pada campuran beton adalah digunakan untuk reaksi kimia dalam pengikatan campuran beton sehingga terjadi proses pengerasan beton dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat dalam adukan beton sehingga mudah dipadatkan pada saat dituang pada media yang akan dicor. Kebutuhan air sebesar 25 % dari berat semen (Mulyono, 2003).

## **2.4 Bahan Tambah Campuran Beton**

Bahan tambah dalam campuran beton adalah bahan tambahan yang untuk meningkatkan sifat mekanis dalam beton, baik pada pembuatan, pengerjaan beton ataupun setelah beton mengeras (Setyawan, 2015). Tujuan penambahan bahan tambahan adalah untuk mengubah satu atau beberapa sifat beton, baik saat masih segar maupun setelah pengerasan. Misalnya untuk mempercepat pengerasan, meningkatkan workability, meningkatkan kuat tekan, meningkatkan daktilitas atau mengurangi retak pengerasan, dan lain sebagainya (Zulkarnain, 2022).

Bahan tambah dalam pembuatan beton biasanya digunakan dalam jumlah yang lebih sedikit dan perlu diawasi dengan cermat. Penggunaan yang berlebihan dapat berdampak mengurangi sifat pada beton.

### **2.4.1 Fly Ash**

Fly ash adalah hasil pemisahan sisa pembakaran yang halus dari pembakaran batubara yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap. Fly ash sendiri memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Apabila ada air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang ada dalam fly ash akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Abu terbang

sisia pembakaran batu bara (fly ash) apabila dibuang secara terbuka dapat mengakibatkan pencemaran karena abu terbang mengandung beberapa elemen yang beracun seperti arsenik, vanadium, antimony, boron dan chromium (M. Zakirullah, Rita Anggraini, 2021).

Fly ash memiliki ukuran yang kecil sehingga dapat dijadikan sebagai filler dan mengurangi porositas pada beton. Proses pengikatan yang terjadi antara fly ash dan  $\text{Ca(OH)}_2$  yang merupakan produk dari hidrasi semen dan interaksi ini menghasilkan senyawa CSH baru yang berperan dalam peningkatan kekuatan beton dalam jangka panjang (Sugiarto et al., 2024).

#### **2.4.2 Silica Fume**

Silica fume merupakan produk sampingan sebagai abu pembakaran dari proses pembuatan silicon metal atau silicon alloy dalam tungku pembakaran listrik. Mikrosilika ini bersifat pozzolan, dengan kadar kandungan senyawa silica- dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang sangat tinggi (> 90 %) dan ukuran butiran partikel yang sangat halus, yaitu sekitar 1/100 ukuran rata-rata partikel semen. Dengan demikian penggunaan mikrosilika pada umumnya akan memberikan sumbangan yang lebih efektif pada kinerja beton, terutama untuk beton bermutu sangat tinggi. Selain itu juga dapat meningkatnya ikatan pasta beton dengan agregat yang menghasilkan kekuatan beton lebih tinggi (Yuhanah et al., 2018).

### **2.5 Pengujian Pada Beton SCC**

#### **2.5.1 Pengujian *Slump Flow***

Pada pengujian slump ini, alat yang digunakan terbalik sehingga diameter yang kecil diletakkan dibawah dan diameter yang besar terletak diatas. Pengujian dengan slump flow dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan (*Filling Ability*). Hal ini dapat dilihat dari diameter lingkaran campuran beton untuk mengukur filling ability dari campuran beton. Metode pengujian dengan slump cone merupakan metode yang simple, cepat dan mudah dilakukan di lapangan. Metode pengujian slump cone ini tidak dapat mengindikasikan kemampuan beton untuk menahan segregasi. Pengujian slump cone sangat menguntungkan untuk menjaga konsistensi campuran beton yang direncanakan dan dibuat (Korua et al., 2019)

Di dalam pengujian dengan menggunakan slump cone, terdapat suatu batasan-batasan dimana kategori SCC dikatakan masuk dalam syarat filling ability yang baik (Korua et al., 2019). Beton SCC biasanya memiliki nilai slump flow dari 50 – 70 cm, yang mencerminkan

tingkat kemampuannya untuk mengalir dan mengisi bekisting tanpa memerlukan pemadatan mekanis.

### **2.5.2 Pengujian *L – Shaped Box***

Metode ini dibuat berdasarkan standard Jepang yang diaplikasikan untuk beton konstruksi bawah air, diperkenalkan oleh Petersson. Alat ini berbentuk huruf L dan terbuat dari plat besi. Pada alat ini, antara arah horizontal dengan vertikal dipasang pintu penutup yang cara membukanya dengan menarik kearah atas dan diberikan alat tambahan di depannya yang berupa halangan dari tulangan baja, halangan ini berfungsi untuk mengkondisikan sesuai dengan keadaan dilapangan (Korua et al., 2019).

Pengujian dengan menggunakan metode L- Shaped Box ini ditunjukkan terdapat suatu batasan-batasan dimana kategori SCC dikatakan masuk dalam syarat passing ability yang baik. Batasan dalam alat uji L- Shaped Box, campuran beton yang dikategorikan SCC harus mampu memenuhi syarat  $H2/H1 > 0,8$  (Risdianto, 2010).

### **2.5.3 Pengujian *V – funnel***

Berdasarkan spesifikasi SCC dari EFNARC, dapat dikatakan sebagai SCC apabila memenuhi kriteria segregation resistance. Segregation resistance adalah kemampuan beton SCC untuk menjaga tetap dalam keadaan komposisi yang homogen selama waktu transportasi sampai pada pengecoran. *V- Funnel* test digunakan untuk mengukur viskositas beton SCC dan sekaligus mengetahui “*segregation resistance*”. Kemampuan beton segar untuk segera mengalir melalui mulut diujung bawah alat ukur V - funnel diukur dengan besaran waktu antara 6 – 12 detik (Korua et al., 2019).

### **2.5.4 Pengujian Kuat Tarik Beton**

Uji tes kekuatan tarik belah beton dilakukan sesuai prosedur yang tercantum dalam (SNI 2491, 2014, 2014). Pengujian kuat tarik belah merupakan salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh dari hasil pembebanan benda uji secara lateral sampai mencapai kuat maksimumnya. Pengujian dilakukan apabila umur sudah mencapai hari yang ditentukan yakni 28 hari. sebelumnya benda uji dikeluarkan dari bak perendaman dan dibiarkan sampai air bekas rendaman mengering dibiarkan selama 24 jam sebelum melakukan pengujian. Pengujian dilakukan di laboratorium dengan menggunakan mesin penguji kuat tarik

belah (*compression machine*). Setelah benda uji kering dari air rendaman benda uji diukur diameter, tingginya menggunakan jangka sorong dan ditimbang sebelum melakukan pengujian. Benda uji yang telah disiapkan ditempatkan diantara dua buah plat pembebanan. Benda uji silinder diletakkan secara horizontal pada mesin uji dengan sumbu silinder tegak lurus pembebanan (Bunyamin et al., 2023).

Kuat tarik belah beton dapat di hitung dengan menggunakan rumus:

$$F_t = \frac{2p}{\pi LD} \quad (2.1)$$

Dimana :

$F_t$  = Kuat Tarik Belah (MPa)

P : Beban pada waktu belah (N)

L : Panjang beban uji (mm)

D : Diameter benda uji (mm)

### 2.5.5 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas dilakukan pada *Compression Testing Machine* (CTM) yang ditambahkan dial pada alat ekstensometer untuk mengetahui perubahan panjang ( $\Delta l$ ) yang dicatat setiap kenaikan tekanan sebesar 20 kN. Pengujian ini dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton pada saat umur 28 hari. Dari hasil pembacaan dial pada alat ekstensometer dapat dibuat grafik tegangan – regangan yang dilanjutkan untuk perhitungan modulus elastisitas (Kuncoro, 2021).

Pengujian Modulus elastisitas beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang berdasarkan rekomendasi SNI 2847:2019. Adapun modulus elastisitas ( $E_c$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus empiris dari SNI 2847:2019 yaitu:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} \quad (2.2)$$

Dimana:

$E_c$  = Modulus Elastisitas (kg/cm<sup>2</sup>)

$f'c$  = kuat tekan beton dalam satuan MPa,

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Untuk mendukung penelitian ini terdapat beberapa jurnal yang relevan, di antaranya :

1. (Kuncoro, 2021)

Dalam penelitian ini yang berjudul Kajian Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Beton dengan Bahan Pengganti Semen *Fly Ash* Kadar 15%, 30%, dan 40% Terhadap Beton Normal, hasil dari penelitian ini menunjukkan Semakin bertambahnya kadar *fly ash* maka semakin menurun juga nilai kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton dimana nilai kuat tekan beton tertinggi di kadar *fly ash* 15% dengan nilai 38,10 Mpa dan nilai kuat tarik belah beton tertinggi di kadar *fly ash* 15% dengan nilai 3,87 Mpa.

2. (Larasati, 2021)

Dalam penelitian yang dilakukan Larasti pada tahun 2021 dengan judul Perbandingan Nilai Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Pada Beton Normal Dan *High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) dengan Kadar *Fly Ash* 50%, 60%, dan 70%, hasil dari penelitian ini menunjukkan kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas nilai tertingginya dimiliki oleh beton normal. Nilai terkecil dari kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas di kadar *fly ash* 70 %. Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar *fly ash* maka semakin rendah nilai kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitasnya.

3. (Miling et al., 2024)

Dalam penelitian yang dilakukan Miling et al pada tahun 2024 dengan judul Penggunaan Silika Fume dan Viscocrete Sebagai Bahan Tambah Pada Beton SCC ( Self Compacting Concrete ). Dengan penambahan variasi *silica fume* 0%, 10%, 12,5%, 15% dengan campuran Viscocrete 3115N sebanyak 1,5% didapatkan hasil kuat tekan beton berturut-turut sebesar 42,425 MPa, 44,117 MPa, 46,149 MPa dan 48,180 MPa. Pengujian kuat tarik belah beton diperoleh hasil berturut-turut sebesar 4,242 MPa, 4,384 MPa, 4,596 MPa dan 4,879 MPa. Pengujian kuat lentur diperoleh hasil berturut-turut sebesar 5,346 MPa, 5,521 MPa, 5,782 MPa dan 6,131 MPa. Dan pengujian modulus elastisitas beton rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian berturut-turut sebesar 30312.643 MPa, 31659.274 MPa, 32022,059 MPa dan 34020.116 MPa. Maka dapat disimpulkan semakin banyak kadar *silica fume* maka semakin tinggi nilai kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur dan modulus elastisitas beton memadat sendiri.

4. (Anggraini & Solikin, 2023)

Penelitian yang dilakukan Anggraini & Solikin pada tahun 2023 dengan judul Pengaruh Pemakaian Silica Fume Terhadap Karakteristik Beton Dengan Variasi Kandungan Fly Ash. Dengan penambahan variasi *fly ash* 0%, 20%, 35%, 50% dengan pemakaian *silica fume* 5% didapatkan hasil kuat tarik belah beton berturut – turut *fly ash*

0% dan *silica fume* 0% dengan nilai 3,30 MPa, *fly ash* 20% dan *silica fume* 5% dengan nilai 3,21 MPa, *fly ash* 35% dan *silica fume* 5% dengan nilai 2,88 MPa, *fly ash* 50% dan *silica fume* 5% dengan nilai 2,48 MPa. Maka dapat disimpulkan semakin banyak kadar *fly ash* yang ditambahkan maka semakin menurun nilai kuat tarik belah betonnya.

5. (Alaloul et al., 2021)

Dalam penelitian yang dilakukan Alaloul et al. pada tahun 2021 dengan judul *Mechanical properties of silica fume modified high-volume fly ash rubberized self-compacting concrete*. sebagian dari bahan semen yang diganti dengan fly ash bervolume tinggi yang konstan, dan sebagian agregat halus diganti dengan crumb rubber (CR). Selain itu, silica fume (SF) juga ditambahkan, dengan harapan bahwa dengan menerapkan jenis material nano baru, kehilangan kekuatan mekanik akibat modifikasi sebelumnya seperti karetsasi dan penggantian dapat dicegah. Ada dua variabel yang ditemukan mempengaruhi konstituen/komponen dalam desain campuran: SF dan CR. Proporsi SF bervariasi dari 0% hingga 10%, sedangkan CR dari 0% hingga 30% volume pasir sungai, dimana 55% semen digantikan oleh fly ash. Sebanyak 13 sampel SCC karet dengan CR dan SF sebagai variabel kontrol dibuat, dan campuran desainnya diproduksi dengan Design of Experiment (DOE) di bawah Response Surface Methodology (RSM). Hasilnya menunjukkan sedikit peningkatan pada sifat mekanik dengan penambahan SF.

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian pembuatan benda uji beton dengan penambahan *fly ash* dan *silica fume* ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium menggunakan data – data tambahan dalam menyelesaikan penelitian ini yang didapat melalui :

##### 3.1.1 Data Primer

Data primer didapatkan dari hasil pengecekan data yang di uji di laboratorium beton Teknik sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, seperti:

- a. Analisa saringan agregat (SNI ASTM C136 – 2012)
- b. Berat jenis dan daya serap agregat kasar (ASTM C 127:2004)
- c. Berat jenis dan daya serap agregat halus (ASTM C 128:2004)
- d. Pemeriksaan berat isi agregat (ASTM C 29:2004)
- e. Pemeriksaan kadar air agregat (ASTM C 566:2004)
- f. Kadar lumpur (ASTM C 117:2004)
- g. *Mix design* (EFNARC 2005)
- h. *Slump flow* (EFNARC 2005)
- i. *L – Shaped Box* (EFNARC 2005)
- j. *V- funnel* (EFNARC 2005)
- k. Uji kuat Tarik beton (ASTM C496 )
- l. Uji modulus elastisitas beton (ASTM C469)

##### 3.1.2 Data Skunder

Data skunder didapatkan dari buku – buku, jurnal – jurnal yang berhubungan dengan penelitian, dimasukkan juga referensi pembuatan beton berdasarkan SNI (Standart Nasional Indonesia), PBI (Peraturan Beton Indonesia), JSCE (*Japan Society of Civil Engineers*), ASTM (*American Society For Testing and Materials*), dan EFNARC (*European Guidelines for Self Compacting Concrete*), dan Laporan Praktikum Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

### 3.2 Tahapan Penelitian

Berikut tahapan penelitian yang akan dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh *fly ash* dan *silica fume* sebagai material pengisi terhadap kuat tarik dan modulus elastisitas beton memadat sendiri:

#### 1. Persiapan Bahan

Dalam penelitian ini mempersiapkan berbagai bahan yang akan digunakan seperti agregat kasar, agregat halus, semen, air, *fly ash* dan *silica fume*.

#### 2. Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan bahan ini dilakukan pada agregat kasar dan agregat halus apakah masih basah atau memiliki kekurangan pada persyaratan penggunaan material dan memastikan material sudah memenuhi standar kualitas dan siap digunakan.

#### 3. Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran dilakukan berdasarkan hasil pengujian dari masing – masing bahan sebelumnya, termasuk semen, agregat kasar, agregat halus, air. Hasil dari perencanaan pencampuran ini berupa perbandingan proporsi bahan penyusun beton yang nantinya dijadikan sebagai acuan dalam proses pembuatan benda uji.

#### 4. Pembuatan Benda Uji

Setelah selesai menghitung proporsi bahan campuran beton, selanjutnya dilakukan proses pembuatan benda uji dengan mencampurkan semua bahan yaitu agregat kasar, agregat halus, semen, air, *fly ash* dan *silica fume*.

#### 5. Pengujian Beton Memadat Sendiri

Ada 3 tes Pengujian beton memadat sendiri yaitu:

- a. Pengujian slump flow dengan kerucut abrams.
- b. Pengujian viscositas dengan v-funnel.
- c. Pengujian passing ability dengan L- box

#### 6. Perawatan Benda Uji

Setelah beton mengering sempurna, beton diangkat dari cetakan untuk dilakukan perawatan (*curing*). Perawatan beton dilakukan dengan merendam beton dengan air selama 28 hari.

#### 7. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Setelah proses pembuatan beton selesai, maka dilakukan pengujian kuat tarik belah beton untuk mengetahui berapa besar ketahanan beton setelah diberikan beban – beban tertentu.

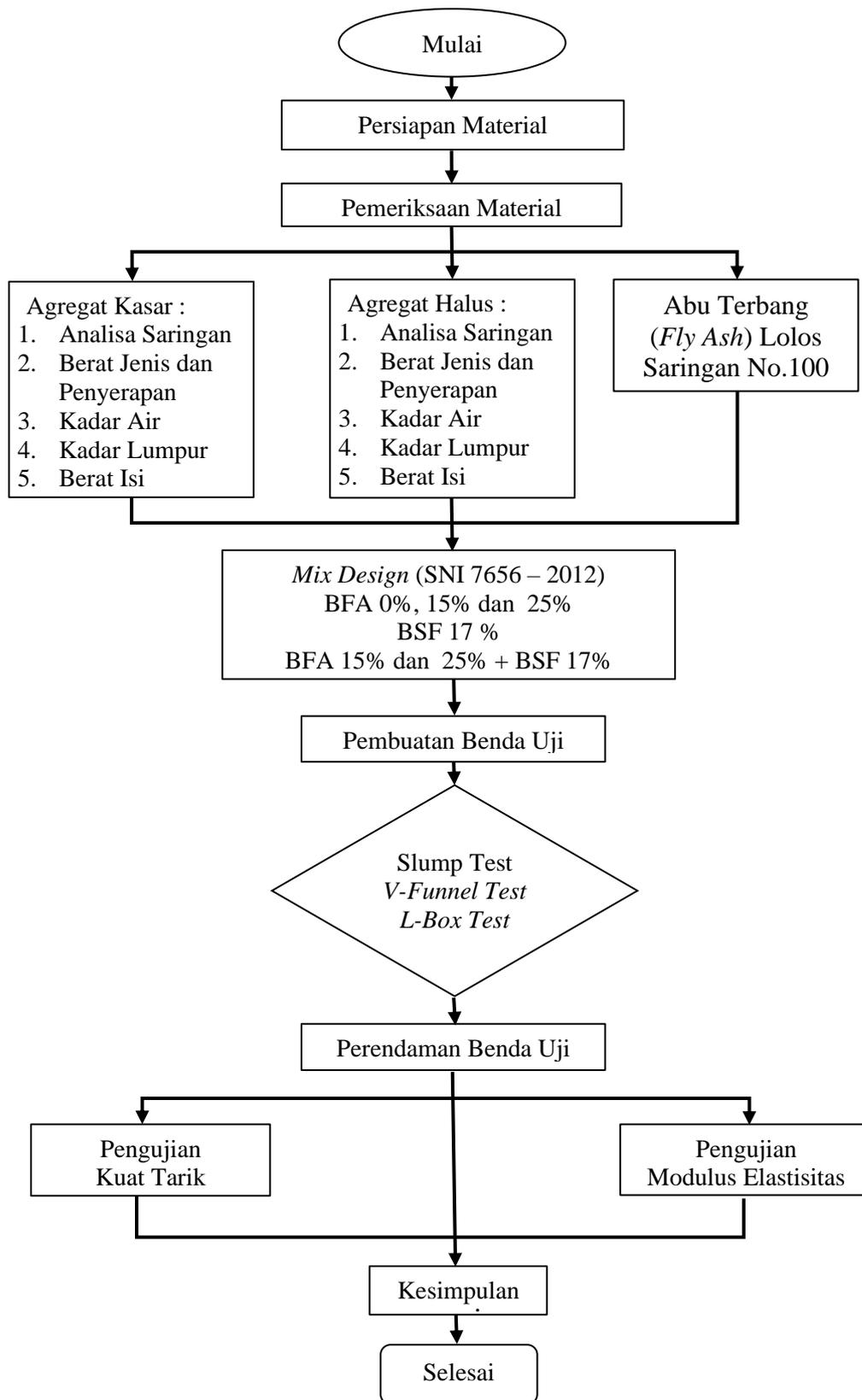
#### 8. Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Setelah proses pembuatan beton selesai, maka dilakukan pengujian modulus elastisitas beton untuk mengetahui besar ketahanan beton setelah diberikan beban - beban tertentu.

#### 9. Analisis Data

Pada tahap analisis data ini dilakukan pengolahan data dari pengujian yang telah dilakukan dengan bantuan program Microsoft Excel, setelah itu dilakukan pembahasan terkait hasil pengujian yang diperoleh.

Untuk mempersingkat tahapan penelitian di atas, maka di buatlah diagram alir dalam proses penelitian ini. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar 3.1: Bagan Alir

### **3.3 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dimulai pada bulan Januari 2025 sampai bulan Juni 2025. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

### **3.4 Bahan dan Peralatan**

#### **3.4.1 Bahan**

Penggunaan komponen bahan pembentuk beton memadat sendiri antara lain:

1. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan semen padang PPC (*Portlan Pozzolan Cement*).

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pasir yang di dapatkan dari daerah Binjai.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan batu pecah yang didapatkan dari daerah Binjai.

4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan air dari Laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

5. Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan abu terbang yang didapatkan dari PLTU.

6. *Silica Fume*

*Silica fume* yang di gunakan dalam penelitian ini menggunakan *silca fume* yang didapatkan dari toko material bangunan di kota Medan.

#### **3.4.2 Peralatan**

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Saringan Agregat yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan saringan No 4, No 8, No 16, No 30, No 50, dan No 100 untuk agregat halus, sedangkan untuk agregat kasar menggunakan saringan No 1 1/2", 3/4", 3/8", dan No 4.

2. Timbangan Digital

3. Plastik 5 kg
4. Kuas

Alat – alat yang digunakan dalam pembuatan beton memadat sendiri yaitu:

1. Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
2. Alat pengaduk beton (mixer)
3. Alat uji Slump flow, V-funnel, dan L-box
4. Tabung ukur
5. Pan
6. Ember
7. Skrap
8. Sarung Tangan
9. Masker
10. Vaseline
11. Bak Perendam

Aalat pengujian beton :

1. *Universal Testing Machine* (UTM)
2. *Compression Testing Machine* (CTM)

### **3.5 Persiapan Penelitian**

Setelah semua bahan sampai di lokasi, bahan – bahan dipisahkan berdasarkan jenisnya untuk memudahkan setiap tahapan penelitian dan menghindari tercampurnya material dengan bahan lain yang dapat mengurangi kualitas material. Kemudian dibersihkan dari kotoran seperti lumpur dan di jemur untuk mengeringkan material yang basah. Setelah semua persiapan material selesai kemudian lanjut pemeriksaan agregat.

### **3.6 Pemeriksaan Agregat**

pemeriksaan agregat baik agregat halus maupun agregat kasar dilakukan di Laboratorium dengan mengacu pada panduan ASTM terkait pemeriksaan agregat.

#### **3.6.1 Pemeriksaan Agregat Halus**

Pada penelitian ini memiliki beberapa tahapan pemeriksaan agregat halus diantaranya:

1. Pemeriksaan Kadar Air

Pemeriksaan kadar air adalah untuk menentukan presentase kandungan air yang ada didalam material. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berapa kandungan kadar air didalam agregat halus. Untuk mencari nilai kadar air mengacu pada panduan ASTM C566. Dengan rumus sebagai berikut :

$$Kadar\ Air = \frac{berat\ air}{berat\ contoh\ kering} \times 100\% \quad (3.1)$$

## 2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur adalah untuk menentukan persentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus yang digunakan sebagai campuran. Untuk mencari nilai kadar lumpur mengacu pada panduan ASTM C117 dengan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3.2)$$

di mana:

D = Persentase kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci

C = Berat kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci

A = Berat contoh kering

## 3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan pada agregat bertujuan untuk mengetahui rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama serta kemampuan dalam menyerap air dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh permukaan kering pada agregat. Untuk mencari nilai pemeriksaan berat jenis dan penyerapan mengacu pada panduan ASTM C127 dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{➤ Berat jenis contoh kering} = \frac{E}{(B+D-C)} \quad (3.3)$$

$$\text{➤ Berat jenis contoh SSD} = \frac{B}{(B+D-C)} \quad (3.4)$$

$$\text{➤ Berat jenis semu} = \frac{E}{(E+D-C)} \quad (3.5)$$

$$\text{➤ Penyerapan} = \frac{(B-E)}{E} \times 100\% \quad (3.6)$$

Dimana :

E = Berat contoh SSD kering oven (110°C)

B = Berat contoh SSD

D = Berat piknometer jenuh air

C = Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air

#### 4. Pemeriksaan Berat Isi

Pemeriksaan berat isi ini bertujuan untuk menentukan berat dan volume agregat halus. Untuk mencari nilai berat jenis isi ini mengacu pada panduan ASTM C29.

$$\text{Berat isi} = \frac{W_3}{V} \quad (3.7)$$

Dimana :

$W_3$  = Berat Jenis

$V$  = Volume wadah

### 3.6.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini memiliki beberapa tahapan pemeriksaan agregat kasar diantaranya:

#### 1. Pemeriksaan Kadar Air

Pemeriksaan kadar air adalah untuk menentukan presentase kandungan air yang ada didalam material. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berapa kandungan kadar air didalam agregat halus. Untuk mencari nilai kadar air mengacu pada panduan ASTM C566. Dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{berat air}}{\text{berat contoh kering}} \times 100\% \quad (3.8)$$

#### 2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur adalah untuk menentukan presntase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus yang digunakan sebagai campuran. Untuk mencari nilai kadar umpur mengacu pada panduan ASTM C117 dengan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3.9)$$

di mana:

$D$  = Persentase kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci

$C$  = Berat kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci

$A$  = Berat contoh kering

### 3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan pada agregat bertujuan untuk mengetahui rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama serta kemampuan dalam menyerap air dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh permukaan kering pada agregat. Untuk mencari nilai pemeriksaan berat jenis dan penyerapan mengacu pada panduan ASTM C127 dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{➤ Berat jenis contoh kering} = \frac{E}{(B+D-C)} \quad (3.10)$$

$$\text{➤ Berat jenis contoh SSD} = \frac{B}{(B+D-C)} \quad (3.11)$$

$$\text{➤ Berat jenis semu} = \frac{E}{(E+D-C)} \quad (3.12)$$

$$\text{➤ Penyerapan} = \frac{(B-E)}{E} \times 100\% \quad (3.13)$$

Dimana :

$E$  = Berat contoh SSD kering oven (110°C)

$B$  = Berat contoh SSD

$D$  = Berat piknometer jenuh air

$C$  = Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air

### 4. Pemeriksaan Berat Isi

Pemeriksaan berat isi ini bertujuan untuk menentukan berat dan volume agregat halus.

Untuk mencari nilai berat jenis isi ini mengacu pada panduan ASTM C29.

$$\text{Berat isi} = \frac{W_3}{V} \quad (3.14)$$

Dimana :

$W_3$  = Berat Jenis

$V$  = Volume wadah

### 5. Keausan Agregat dengan Mesin *Los angeles*

Pada pemeriksaan keausan agregat dengan mesin *los angeles* bertujuan untuk mengetahui kekuatan agregat kasar terhadap keausan agregat dengan mesin *los angeles*. Untuk alat, bahan dan cara kerja mengacu pada ASTM C33-1985.

- Berat awal saringan A<sub>1</sub>
  - Saringan 1/2
  - Saringan 3/8
- Berat akhir saringan A<sub>2</sub>
  - Saringan 1/2
  - Saringan 3/8
  - Saringan No.4
  - Saringan No.8
  - Pan
- Berat lolos saringan 1/2" (B) = Total berat awal – total berat akhir
- Kehausan =  $\frac{B}{A_1} \times 100\%$  (3.15)

### 3.7 Perencanaan Campuran Beton

Karena belum terdapat Standar Nasional Indonesia (SNI) khusus yang membahas pembuatan beton memadat sendiri, maka penentuan proporsi campuran memadat sendiri mengacu pada pedoman dari jurnal penelitian (Su et al., 2001).

1. Menentukan jumlah agregat kasar menggunakan rumus sebagai berikut:

$$W_g = PF \times W_{gL} \times \left(1 - \frac{s}{a}\right) \quad (3.16)$$

Dimana:

$W_g$  = Jumlah agregat kasar yang dibutuhkan untuk beton SCC (Kg/m<sup>3</sup>)

$PF$  = Faktor kerapatan agregat (diasumsikan 1,12)

$W_{gL}$  = Berat isi agregat kasar (Kg/m<sup>3</sup>)

$\frac{s}{a}$  = Perbandingan antara agregat kasar dan halus (%)

2. Menentukan jumlah agregat halus menggunakan rumus sebagai berikut:

$$W_s = PF \times W_{sL} \times \left(\frac{s}{a}\right) \quad (3.17)$$

Dimana:

$W_s$  = Jumlah agregat halus yang dibutuhkan untuk beton SCC (Kg/m<sup>3</sup>)

$PF$  = Faktor kerapatan agregat (diasumsikan 1,12)

$W_{gL}$  = Berat isi agregat kasar ( $\text{Kg/m}^3$ )

$\frac{s}{a}$  = Perbandingan antara agregat kasar dan halus (%)

3. Menentukan jumlah semen menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = \text{Rentang (400 – 600)} \quad (3.18)$$

Dimana

$C$  = Menurut Efnarc jumlah semen yang dibutuhkan 400 – 600 ( $\text{Kg/m}^3$ )

4. Menentukan jumlah fly ash yang dibutuhkan dengan rumus sebagai berikut:

$$W_f = A\% \times C \quad (3.19)$$

Dimana:

$W_f$  = Jumlah fly ash yang digunakan untuk beton SCC ( $\text{Kg/m}^3$ )

$A\%$  = Berapa persen fly ash yang digunakan (%)

$C$  = Jumlah semen ( $\text{Kg/m}^2$ )

5. Menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk beton scc dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{wc} = \left(\frac{w}{c}\right) \times (C + W_f) \quad (3.20)$$

Dimana

$W_{wc}$  = Jumlah air yang dibutuhkan untuk semen ( $\text{Kg/m}^3$ )

$w/c$  = Faktor air semen yang direncanakan

$C$  = Jumlah semen ( $\text{Kg/m}^3$ )

$W_f$  = Jumlah fly ash ( $\text{Kg/m}^3$ )

6. Menentukan jumlah superplasticizer dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{sp} = n\% \times (C + W_f) \quad (3.21)$$

Dimana

$W_{sp}$  = Jumlah superplasticizer ( $\text{Kg/m}^3$ )

$n\%$  = Dosis superplasticizer yang digunakan (%)

$C$  = Jumlah semen ( $\text{Kg/m}^3$ )

$W_f$  = Jumlah fly ash ( $\text{Kg/m}^3$ )

### 3.8 Mix Design

Pada penelitian ini menggunakan sempel beton memadat sendiri (*self compacting concrete*) yang mengacu pada (SNI) Standar Nasional Indonesia, ASTM (*American Society For Testing and Materials*), dan EFNARC (*European Guidelines for Self Compacting Concrete*). Ada beberapa variasi dalam campuran beton dengan penambahan *silica fume*

sebagai bahan pengisi semen sebesar 17% dari berat semen dan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan pengisi semen sebesar 15% dan 25%, dapat dilihat di table 3.1 :

No	Kode Benda Uji	Semen	Agregat Kasar	Agregat Halus	Abu Terbang	Silica Fume	Jumlah Sampel
1	BN	100%	100%	100%	0%	0%	4
2	BAT 1	85%	100%	100%	15%	0%	4
3	BAT 2	75%	100%	100%	25%	0%	4
4	BSF	83%	100%	100%	0%	17%	4
5	BATSF 1	67%	100%	100%	15%	17%	4
6	BATSF 3	58%	100%	100%	25%	17%	4
Jumlah sampel							24

Tabel 3.1:

Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji.

Keterangan :

BN = Beton normal

BAT 1 = Beton dengan abu terbang 15%

BAT 2 = Beton dengan abu terbang 25%

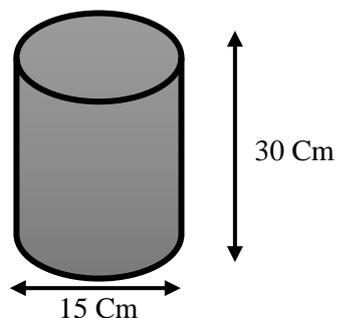
BSF = Beton dengan Silica fume 17%

BATSF 1 = Beton dengan abu terbang 15% dan silica fume 17%

BATSF 2 = Beton dengan abu terbang 25% dan silica fume 17%

### 3.9 Pembuatan Benda Uji Beton

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 15 x 30 cm. jumlah benda uji yang di gunakan dalam penelitian ini adalah 21 benda uji untuk uji Tarik belah beton dan modulus elastisitas pada umur 28 hari.



Gambar 3.2: Benda Uji Beton

### 3.9 Pengujian *Slump Flow*

Dalam penelitian ini nilai *slump flow* yang ditetapkan berada dalam rentang 600 – 800 mm, berdasarkan pada EFNARC (*European Suidelines For Self Compacting Concrete*). Langkah langkah yang di lakukan untuk pengujian slump sebagai berikut :

1. Siapkan kerucut abrams diatas plat. Kerucut abrams diletakkan secara terbalik, dan menyentuh alas.
2. Tekan bagian krucut abrams untuk memastikan kerucut abrams menepel dengan baik pada alas.
3. Isi kerucut abrams dengan dengan adonan semen. Setelah terisi biarkan kerucut yang terisi tidak lebih dari 30 detik.
4. Angakt kerucut abrams dan biarkan adonan semen menyebar pada alas.
5. Ukur diameter adonan beton yang menyebar pada alas.

### 3.10 Pengujian *L – Shape Box*

Dalam penelitian ini pengujian *L – shape box* mengacu pada EFNARC (*European Suidelines For Self Compacting Concrete*). Waktu yang dibutuhkan beton segar untuk menahan segregasi pada alat *L – shape box* adalah 0,8 sampe 1,0 H2/H1. Langkah – Langkah yanh dilakukan untuk pengujian *L – shape box* sebagai berikut :

1. Tempatkan L-Shape Box di atas permukaan horizontal yang rata, kemudian tutup gerbang yang memisahkan bagian vertikal dan horizontal kotak. Isi hopper pengisian dengan beton segar dari wadah, lalu biarkan beton diam selama  $60 \pm 10$  detik. Amati dan catat jika terjadi segregasi. Setelah itu, buka pintu gerbang untuk memungkinkan beton mengalir ke bagian horizontal kotak.
2. Setelah pergerakan beton berhenti, ukur jarak vertikal di ujung bagian horizontal kotak antara permukaan atas beton dan bagian atas kotak horizontal. Lakukan pengukuran ini pada tiga titik dengan jarak yang sama sepanjang lebar kotak. Gunakan ketiga pengukuran tersebut untuk menghitung rata-rata kedalaman beton, yang disebut sebagai H2 (mm). Dengan prosedur yang sama, ukur kedalaman beton di belakang pintu gerbang untuk menentukan nilai H1 (mm). Kedua nilai ini akan digunakan untuk mengevaluasi kualitas pengisian beton dalam pengujian L-Shape Box.

### **3.11 Pengujian V – Funnel**

Dalam penelitian ini pengujian *V - funnel* mengacu pada EFNARC (*European Suidelines For Self Compacting Concrete*). Waktu yang dibutuhkan beton segar untuk menahan segregasi pada alat *V – funnel* adalah 6 sampe 12 detik. Langkah – Langkah yang dilakukan untuk pengujian *V - funnel* sebagai berikut :

1. Letakkan *v – funnel* ditempat ang rata
2. Tutup bagian bawah katup *v – funnel*
3. Isi adonan kedalam *v – funnel* hingga penuh
4. Ratakan permukaan alat *v – funnel* dan tunggu selama  $10 \pm 2$  detik sebelum dibuka katup bawah *V – funnel*
5. Buka penutup katup bawah *V – funnel* dan hitung kecepatan aliran beton hingga adonan habis

### **3.12 Perawatan Benda Uji Beton**

Proses perawatan beton yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada ASTM C31 – 91. Prosesnya dilakukan dengan merendam benda uji beton di dalam bak yang berisi dengan air selama 28 hari. Langkah – Langkah yang dilakukan untuk perawatan beton sebagai berikut :

1. Keluarkan benda uji beton dari cetakan
2. Isi bak dengan air bersih
3. Masukkan benda uji kedalam bak yang beris dengani air
4. Diamkan benda uji beton didalam bak yang berisi air selama 28 hari.

### **3.13 Pengujian Kuat Tarik Belah**

Uji tes kekuatan tarik belah beton dilakuakan sesuai prosedur yang tercantum dalam (SNI 2491, 2014, 2014). Nilai kuat tarik belah diperoleh dari hasil pembebanan benda uji secara lateral sampai mencapai kuat maksimumnya. Pengujian dilakukan apabila umur sudah mencapai hari yang ditentukan yakni 28 hari. sebelumnya benda uji dikeluarkan dari bak perendaman dan dibiarkan sampai air bekas rendaman mengering dibiarkan selama 24 jam sebelum melakukan pengujian. Pengujian dilakukan di laboratorium dengan menggunakan mesin penguji kuat tarik belah (*compression machine*) (Bunyamin et al., 2023).

Kuat tarik belah beton dapat di hitung dengan menggunakan rumus:

$$F_t = \frac{2p}{\pi LD} \quad (3.22)$$

Dimana :

$F_t$  = Kuat Tarik Belah (MPa)

P : Beban pada waktu belah (N)

L : Panjang beban uji (mm)

D : Diameter benda uji (mm)

### 3.14 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas dilakukan pada Compression Testing Machine (CTM) yang ditambahkan dial pada alat ekstensometer untuk mengetahui perubahan panjang ( $\Delta l$ ) yang dicatat setiap kenaikan tekanan sebesar 20 kN. Pengujian ini dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton pada saat umur 28 hari (Kuncoro, 2021).

Pengujian Modulus elastisitas beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang berdasarkan SNI 2847:2019 dengan klasifikasi berat jenis beton  $\pm 2.200-2.500 \text{ kg/m}^3$ , menggunakan agregat alami atau batu pecah biasa.. digunakan rumus modulus elastisitas ( $E_c$ ) dengan menggunakan rumus dari SNI 2847:2019 yaitu:

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \quad (3.23)$$

Dimana:

$E_c$  = Modulus Elastisitas ( $\text{kg/cm}^2$ )

$f_c$  = kuat tekan beton dalam satuan MPa

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaloul, W. S., Musarat, M. A., Haruna, S., Law, K., Tayeh, B. A., Rafiq, W., & Ayub, S. (2021). Mechanical properties of silica fume modified high-volume fly ash rubberized self-compacting concrete. *Sustainability (Switzerland)*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/su13105571>
- Angraini, R. P. B., & Solikin, M. (2023). Pengaruh Pemakaian Silica Fume Terhadap Karakteristik Beton Dengan Variasi Kandungan Fly Ash. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2023*, 111–118.
- Arianto, D. &. (2020). Analisis Pemanfaatan Bahan Limbah B3 Karbit dan Fly Ash Pada Campuran Beto. 9(1), 43–52.
- Bunyamin, B., Idroes, I., & Fauzha, R. W. (2023). Pengaruh Serat Ban Bekas dan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Tarik Beton. *Sipil Dan Teknologi Konstruksi*, 9(1), 18–29.
- Dewi, S. U., & Prasetyo, F. (2021). Analisa Penambahan Bottom Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 2(02), 31. <https://doi.org/10.33365/jice.v2i02.1307>
- Fatmawati, L., Supriyadi, S., Kusumastuti, D. R., Satriyadi, L., & Yuseyowati, Y. (2020). Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Recycle Terhadap Beton Normal. *BangunRekaprima*, 6(2), 30. <https://doi.org/10.32497/bangunrekaprima.v6i2.2124>
- Guo, Y. Le, Liu, X. Y., & Hu, Y. P. (2021). Study on the influence of fly ash and silica fume with different dosage on concrete strength. *E3S Web of Conferences*, 237, 6–9. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123703038>
- Hanumesh, B., Varun, B., of, B. H.-I. J., & 2015, undefined. (2008). The mechanical properties of concrete incorporating silica fume as partial replacement of cement. *Researchgate.NetBM Hanumesh, BK Varun, BA HarishInternational Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2015•researchgate.Net, 9001(9)*, 270.
- Korua, A. M., Dapas, S. O., & Handono, B. D. (2019). Kinerja High Strength Self Compacting Concrete Dengan Penambahan Admixture “Beton Mix” Terhadap Kuat Tarik Belah. *Jurnal Sipil*, 7(10), 1353–1364. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/26062>
- Kuncoro, F. B. (2021). Kajian Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Beton dengan Bahan Pengganti Semen Fly Ash Kadar 15%, 30%, dan 40% Terhadap Beton Normal. *Matriks Teknik Sipil*, 9(3), 170. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v9i3.54494>
- Larasati, D. M. (2021). Perbandingan Nilai Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas pada Pada Beton Normal Dan High Volume Fly Ash Self Compacting

- Concrete (HVFA-SCC) dengan Kadar Fly Ash 50%, 60%, dan 70%. 9(3), 156–162.
- M. Zakirullah, Rita Anggraini, D. F. (2021). Analisa Penggunaan Fly Ash PLtu Ombilin Sebagai Substansi Semen Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton. *CivilEngineeringCollaboration*, 9(2), 1–6. <https://doi.org/10.35134/jcivil.v9i1.68>
- Miling, C. R., Tanijaya, J., & Sandy, D. (2024). *Penggunaan Silika Fume dan Viscocrete Sebagai Bahan Tambah Pada Beton SCC ( Self Compacting Concrete )*. 6(4), 619–627.
- Mulyono, T. (2003). Lokasi: Teknologi Beton. In *Teknologi Beton* (Issue March).
- Nasional, B. S. (2000). Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. *Sni*, 3, 2834.
- Pratama, K. F. (2020). Uji Tarik Beton Memadat Sendiri High Volume Fly Ash 60%. *MatriksTeknikSipil*, 8(3), 351. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v8i3.45550>
- Risdianto, Y. (2010). Penerapan Self Compacting Concrete (Scc) Pada Beton Mutu Normal. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 8(2), 54–60. <https://doi.org/10.36456/waktu.v8i2.852>
- Sayyidana, R. (2019). *Pengaruh Penggunaan Serbuk Kaca Dan Silica Fume Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Pada Beton Memadat Sendiri (SCC)*. <http://eprints.unram.ac.id/15071/>
- Setyawan, E. (2015). Beton Sebagai Material Konstruksi. *Galang Tanjung*, 2504, 1–9.
- Shmls, M., Bozsaky, D., & Horvath, T. (2022). Compressive, flexural and splitting strength of fly ash and silica fume concrete. *Pollack Periodica*, 17(1), 50–55. <https://doi.org/10.1556/606.2021.00448>
- SNI 15-2049-2004. (2004). Semen Portland. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 1–128.
- SNI 2491, 2014. (2014).
- Solikin, M., & Ariska, A. (2023). Pengaruh Penggunaan Silica fume Terhadap Sifat Mekanis Beton Mutu Tinggi High Volume Fly Ash (HVFA). *JRST (Jurnal Riset SainsDanTeknologi)*, 7(2), 151. <https://doi.org/10.30595/jrst.v7i2.16582>
- Su, N., Hsu, K.-C., & Chai, H.-W. (2001). A simple mix design method for self-compacting concrete. *Cement and Concrete Research*, 31(12), 1799–1807. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(01\)00566-X](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(01)00566-X)
- Sugiarto, T. P. B., Endah, E., & Wibowo, W. (2024). Kajian Kuat Lekat pada Beton Bubuk Reaktif dengan Pasir Kuarsa 30% dan Variasi Fly Ash sebagai Substitusi Parsial Semen. *Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal*, 1(3), 10. <https://doi.org/10.47134/scbmej.v1i3.3008>

- Yuhanah, T. R. I., Iduwin, T., & Wicaksono, B. (2018). Pengaruh Fly Ash dengan Penambahan Cacahan Karet, Silica Fume Dan Superplasticizer Terhadap Brton. *Forum Mekanika*, 7(Mei).
- Zulkarnain, F. (2022). The Effect of Utilization of Sugarcane Bagasse Ash as Partial Substitution of Cement with Silica Fume Added Materials on the Compressive Strength of Concrete. *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx)Journal*, 4(3), 210–219. DOI:<https://doi.org/10.33258/birex.v4i3.5690>
- Zuraidah, S., Sujtmiko, B., Hastono, K. B., & Linda, M. A. (2018). Pengaruh Serat Polypropylene dari Limbah Strapping Band Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan. *Sniter*, 12–20.

# **LAMPIRAN**



Gambar L.1: Mencampurkan Semua Bahan ke Dalam Mixer



Gambar L. 2 Melakukan Pengujian *Slum Flow* test pada Beton Segar



Gambar L. 3 Melakukan Pengujian V Funnel Test pada Beton Segar



Gambar L. 4: Melakukan Pengujian L – Box Test pada Beton Segar



Gambar L.5: Menyiapkan Bekisting



Gambar L.6: Mengeluarkan Beton dari cetakan



Gambar L.7: *Curing* selama 28 hari



Gambar L.8: Mengeluarkan Beton yang Sudah Direndam Selama 28 Hari



Gambar L. 9: Pengujian kuat tarik beton



Gambar L. 10: Pengujian Modulus Elastisitas k beton

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### INFORMASI PRIBADI

Nama : Dui Kartika Hasibuan  
Panggilan : Dui  
Tempat, Tanggal Lahir : Pasir, 23 September 2003  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Alamat : Pasir Jae  
Agama : Islam  
Nama Orang Tua  
Ayah : Najaruddin Hasibuan  
Ibu : Tettiana  
No HP : 085836032658  
E-mail : [duikartika.hasibuan@icloud.com](mailto:duikartika.hasibuan@icloud.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

NPM : 2107210093  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238

### PENDIDIKAN FORMAL

No.	Tingkat Pendidikan	Nama Pendidikan	Tahun Lulus
1	SD	SD Negeri 0417 Pasir Julu	2015
2	SMP	MTS Negeri Sibuhuan	2018
3	SMA	SMKN 1 Barumun	2021
4	Universitas	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2021- Selesai