TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN FLY ASH DAN SILICA FUME SEBAGAI BAHAN TAMBAH CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS SELF-COMPACTING CONCRETE (SCC)

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

BITA ARMANTIA PUTRI
2107210050

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bita Aramantia Putri

NPM : 2107210050

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Fly Ash Dan Silica Fume Sebagai Bahan Tambah Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Self-Compacting Concrete (Scc)

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, 19 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 : Bita Aramantia Putri

NPM : 2107210050

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Fly Ash Dan Silica Fume Sebagai Bahan Tambah Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Self-Compacting Concrete (Scc)

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.

19 Agustus 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing

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

Dosen Pembanding I/Penguji	Dosen Pembanding II/Penguji
Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, ST., M.Sc., Ph.D.	Ir. Tondi Amirsyah Putera, S.T., MT

Program Studi Teknik Sipil

Ketua,

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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Bita Armantia Putri

NPM : 2107210050

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

" Pengaruh Penggunaan Fly Ash Dan Silica Fume Sebagai Bahan Tambah Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Self-Compacting Concrete (Scc)"

Bukan merupakan plagiarisnie, 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 orisinil 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, 19 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,

Bita Armantia Putri

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN FLY ASH DAN SILICA FUME SEBAGAI BAHAN TAMBAH CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS SELF-COMPACTING CONCRETE (SCC)

Bita Armantia Putri
2107210050
Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M. Sc, Ph.D., IPM.

Self-Compacting Concrete (SCC) merupakan inovasi beton modern yang mampu memadat secara mandiri tanpa bantuan alat pemadat, namun penggunaannya memerlukan jumlah semen yang relatif tinggi. Penelitian ini berfokus pada upaya pengurangan semen dengan memanfaatkan material substitusi berupa fly ash dan silica fume. Variasi yang diterapkan adalah fly ash 15%, 20%, 25% serta silica fume 7,5%, untuk dianalisis pengaruhnya terhadap kuat tekan dan porositas beton. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa peningkatan kadar fly ash berdampak pada penurunan flowability, filling ability, dan passing ability. Nilai rata-rata kuat tekan yang diperoleh adalah BN (16,98 MPa), BFA1 (11,32 MPa), BFA2 (10,75 MPa), BFA3 (10,19 MPa), BSF (18,11 MPa), BFASF1 (14,15 MPa), BFASF2 (13,58 MPa), serta BFASF3 (13,02 MPa), dengan hasil optimum pada campuran BSF sebesar 18,11 MPa. Uji porositas menunjukkan hasil terbaik pada variasi BSF dengan nilai 1,78%. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan adanya keterkaitan terbalik antara porositas dan kuat tekan beton, dimana peningkatan kuat tekan diikuti oleh penurunan porositas.

Kata Kunci: *Self-Compacting Concrete, Fly Ash, Silica Fume*, Kuat Tekan, Porositas.

ABSTRACT

EFFECT OF THE USE OF FLY ASH AND SILICA FUME AS ADDITIVES IN CONCRETE MIXTURES ON THE COMPRESSIVE STRENGTH AND POROSITY OF SELF-COMPACTING CONCRETE (SCC)

Bita Armantia Putri
2107210050
Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M. Sc, Ph.D., IPM.

Self-Compacting Concrete (SCC) is a modern concrete innovation that can compact independently without the aid of compaction equipment, but its use requires a relatively high amount of cement. This study focuses on reducing cement by utilizing substitute materials such as fly ash and silica fume. The variations applied were 15%, 20%, and 25% fly ash and 7.5% silica fume to analyze their effects on concrete compressive strength and porosity. The test results showed that an increase in fly ash content had an impact on reducing flowability, filling ability, and passing ability. The average compressive strength values obtained were BN (16.98 MPa), BFA1 (11.32 MPa), BFA2 (10.75 MPa), BFA3 (10.19 MPa), BSF (18.11 MPa), BFASF1 (14.15 MPa), BFASF2 (13.58 MPa), and BFASF3 (13.02 MPa), with the optimum result in the BSF mixture at 18.11 MPa. The porosity test showed the best result in the BSF variation with a value of 1.78%. Overall, this study proves the inverse relationship between porosity and concrete compressive strength, where an increase in compressive strength is followed by a decrease in porosity.

Keywords: Self-Compacting concrete, fly ash, silica fume, compressive strength, porosity.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, 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 nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Pengaruh Penggunaan Fly Ash Dan Silica Fume Sebagai Bahan Tambah Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Self-Compacting Concrete (Scc)" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji I yang telah banyak membantu dan memberikan saran demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II yang telah banyak membantu dan memberikan saran serta masukan demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Josef Hadipramana, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan Ibu Rizki Efrida S.T., M.T., Selaku Sekertaris Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

5. Bapak Munawar Alfansyury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Sipil kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Papa Bro, Ayahanda Sukarman sosok panutan sejati dan cinta pertama dalam hidup penulis. Dalam diamnya, beliau terus menjadi pahlawan yang setia memberi, tanpa lelah menjadi donatur tetap dalam setiap langkah perjalanan ini. Terima kasih atas pengorbanan tanpa batas, didikan yang penuh keteguhan, motivasi yang tak pernah padam, serta kasih sayang yang tak terukur nilainya.
9. Bundahara ku, Ibunda tersayang Rita Ariani sosok penuh cinta yang tak pernah lelah mengalirkan kasih sayang dalam setiap hela napasnya. Dengan kelembutan hati, beliau terus menguatkan langkah penulis melalui motivasi dan doa yang tak pernah putus, siang dan malam. Berkat cinta dan ketulusan beliau, penulis mampu menapaki setiap tantangan hingga akhirnya berhasil menyelesaikan studi dan meraih gelar sarjana.
10. Terimakasih teruntuk Abang ku Armanda Ritanto dan Adik-adik ku tersayang Rio Arman Dinata dan si bungsu Azkiya Arman Naifa yang selalu memberikan arahan, doa, dan dukungan dalam bentuk hal apapun bukan hanya pada saat penulisan skripsi melainkan teman baik dari kecil hingga saat ini dengan semangat penuh cinta kepada penulis.
11. Terima kasih penulis sampaikan kepada Dui Kartika Hasibuan, rekan laboratorium sekaligus sahabat yang telah banyak membantu selama proses penelitian ini, serta menjadi tempat berbagi keluh kesah. Dalam berbagai keterbatasan alat dan kesalahan adukan, 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.

12. Rekan seperjuanagan kelas B1 pagi prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera utara stambuk 2021 yang telah banyak membantu dan mendukung serta berjuang bersama untuk menyelesaikan perkuliahaan ini. Terimakasih sudah menjadi bagian dari sebuah kisah yang tidak akan pernah terlupakan.
13. Untuk diriku sendiri terima kasih telah menjadi pribadi yang tangguh, yang terus melangkah meski jalan terasa berat. Terima kasih telah memilih untuk bangkit, percaya, dan tetap mencintai diri ini di tengah segala keraguan. Setiap tetes air mata, tawa, dan perjuangan telah membawa langkah ini sampai di titik ini. Proud of my self. You made it, and you whispered to every challenge "*I can do that".*

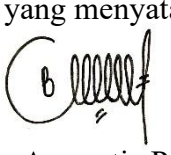
Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini tidak luput dari berbagai kesalahan dan kekurangan, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penelitian yang dilakukan.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhhir ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman teman Mahasiswa Teknik Sipil khusunya. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 19 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,



Bita Armantia Putri

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING i

HALAMAN PENGESAHAN ii

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI iii

ABSTRAK iv

KATA PENGANTAR vi

DAFTAR ISI ix

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR NOTASI xiii

BAB 1 PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Sistematika Penulisan 5

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1 Pengertian Beton SCC 6
2.2 Bahan Tambah Beton 7
2.3 Pengaruh Fly Ash Terhadap Beton 8
2.4 Pengaruh Silica Fume Terhadap Beton 8
2.5 Interaksi Antara Fly Ash dan Silica Fume 9
2.6 Kuat Tekan Beton 10
2.7 Porositas Beton 11
2.8 Penelitian Terdahulu 11

BAB 3 METODE PENELITIAN 14

3.1 Metode Penelitian 14
3.2 Tahap Penelitian 14
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian 17
3.4 Sumber dan Pengambilan Data 17
3.4.1 Data Primer 17
3.4.2 Data Sekunder 17
3.5 Alat dan Bahan 18
3.5.1 Alat 18
3.5.1 Bahan 19

3.6 Persiapan Bahan Tambah 20
3.6.1 Fly Ash 20
3.7 Tahap Pengujian 20
3.7.1 Pemeriksaan Bahan 20
3.7.2 Pengujian Analisa Saringan 21
3.7.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan 21
3.7.4 Pengujian Kadar Air 22
3.7.5 Pengujian Berat Isi 22
3.7.6 Pengujian Kadar Lumpur 22
3.7.7 Perencanaan *Mix Design* 23
3.7.8 Pembuatan Benda Uji 24
3.7.9 Pengujian Slump Flow 25
3.7.10 Pengujian L-Shape Box 25
3.7.11 Pengujian V–Funnel Test 26
3.8 Perawatan Benda Uji 27
3.9 Pengujian Porositas Beton 28
3.10 Pengujian Kuat Tekan Beton 28

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 29

4.1 Hasil Pemeriksaan Campuran Beton 29
4.2 Perhitungan *Mix Design* 29
4.3 Pemeriksaan *Slump Flow* 39
4.4 Pemeriksaan Viskositas 40
4.5 Pemeriksaan Passing Ability 42
4.6 Pengujian Kuat Tekan 43
4.6.1 Analisa Kuat Tekan Rata – Rata FAS 0,45 45
4.7 Pengujian Porositas Beton 46

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 49

5.1 Kesimpulan 49
5.2 Saran 50

DAFTAR PUSTAKA 52

LAMPIRAN 56

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 : Penelitian Terdahulu. 11
Tabel 3. 1 : komposisi campuran benda uji dan kode benda uji: 23
Tabel 3. 2 : Toleransi waktu yang di izinkan untuk pengujian terhadap umur beton. 28
Table 4. 1 : Data - data tes dasar 29
Table 4. 2 : Variasi penambahan abu terbang serta sabut silica fume 30
Table 4. 3 : Komposisi Campuran Beton Self-Compacting Concrete dalam 1m3 dengan FAS 0.45 31
Table 4. 4 : Nilai slump flow beton SCC dengan FAS 0,45. 39
Table 4. 5 : Nilai flow time v-funnel beton SCC dengan FAS 0,45. 41
Table 4. 6 : Nilai Passing Ability beton SCC dengan FAS 0,45. 42
Table 4. 7 : Nilai Kuat Tekan beton SCC dengan FAS 0,45. 43
Table 4. 8 : Nilai Porositas Beton SCC dengan FAS 0,45. 47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 :	Bagan Alir Penelitian	16
Gambar 3. 2 :	Benda Uji Silinder Beton.	24
Gambar 3. 3 :	Sketsa Alat Kerucut Abrams (EFNARC 2005)	25
Gambar 3. 4 :	L-Shape Box Test (EFNARC Standard, 2005).	26
Gambar 3. 5 :	V-Funel test (EFNARC Standard, 2005).	27
Gambar 4. 1 :	Grafik slump flow beton SCC dengan FAS 0,45	40
Gambar 4. 2 :	Grafik Passing Ability beton SCC dengan FAS 0,45	42
Gambar 4. 3 :	Grafik Kuat Tekan FAS 0,45	44
Gambar 4. 4 :	Grafik Kuat Tekan Rerata FAS 0,45.	46
Gambar 4. 5 :	Grafik Porositas Beton FAS 0,45.	47

DAFTAR NOTASI

f'c	= Kuat Tekan Beton	(MPa)
P	= Beban maksimum	(N)
A	= Luas penampang yang menerima tekan	(mm^2)
ϕ	= Porositas	(%)
mk	= Berat Kering	(gr)
mb	= Berat basah	(gr)
Wg	= Jumlah agregat kasar yang dibutuhkan untuk beton SCC	(Kg/m^3)
W(gL)	= Berat isi agregat kasar	(Kg/m^3)
Wwc	= Jumlah air yang dibutuhkan untuk semen	(Kg/m^3)
Wsp	= Jumlah superplaticizer	(Kg/m^3)
s/a	= Perbandingan antara agregat kasar dan halus	(%)
n%	= Dosis admixture yang digunakan	(%)
C	= Jumlah semen	(Kg/m^3)
Wf	= Jumlah fly ash	(Kg

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam industri konstruksi, beton merupakan salah satu material utama yang paling sering digunakan karena keunggulannya dalam hal kekuatan dan fleksibilitas desain. seiring dengan berjalannya waktu hadir inovasi baru, yaitu beton yang dapat memadat sendiri *Self Compacting Concrete* (SCC). Namun, kelemahan dari SCC adalah penggunaan semen yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton konvensional. Semen juga memiliki beberapa kelemahan antara lain tingginya emisi karbon yang di hasilkan dari proses produksi semen (Hamdi dkk., 2022)

Data Global Cement and Concrete Association (GCCA) menunjukkan bahwa proses pembuatan semen menyumbang hingga 8% dari total emisi karbon dioksida global. Oleh karena itu, upaya pengurangan penggunaan semen dengan mengganti beberapa material dengan material alternatif seperti abu terbang (*fly ash*) dan *Silica Fume* merupakan langkah penting dalam menciptakan beton yang lebih ramah lingkungan.

Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) telah menjadi salah satu inovasi penting dalam dunia konstruksi, terutama dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas struktur beton. SCC adalah jenis beton yang dirancang untuk mampu mengalir dan mengisi cetakan secara otomatis tanpa membutuhkan pemadatan mekanis. Hal ini membantu mengurangi risiko segregasi sekaligus meningkatkan kualitas struktur beton (Hamdi dkk., 2022). Bahan tambah admixture tersebut berupa superplasticizer dan tambahan bahan lainnya seperti silica fume atau fly ash (Ningrum dkk., 2024).

Silica fume merupakan produk sampingan dari proses industri silicon metal yang memiliki kandungan (SiO_2) tinggi. Material ini bertekstur sangat halus, berbentuk butiran berukuran mikro, dan sering disebut sebagai mikrosilika (Putra.,2024). Tiap butirannya memiliki ukuran 100 kali lebih halus dibandingkan dengan butiran semen. Silica fume mengandung unsur (SiO_2) lebih dari 85%. Sehingga silica fume dapat dikategorikan sebagai bahan pozzoland. Berdasarkan

penelitian sebelumnya, penggunaan Silica Fume sebagai material dapat memengaruhi karakteristik beton, seperti kekuatan tekan dan daya tahan, karena mampu mengurangi volume pori di dalam struktur beton (Mahenda Achmad dkk., 2023)

Abu terbang (*fly ash*) merupakan abu hasil sisa pembakaran batu bara berbutir halus dan bersifat pozzolanik. *Fly ash* bersifat tidak mampu mengikat beton seperti semen, tetapi dengan campuran air dan partikel berukuran halus, ditambah oksida silika yang ada di dalam *fly ash* dan melalui proses kimiawi dengan kalsium hidroksida akibat proses hidrasi semen, akan menghasilkan zat dengan kemampuan sebagai pengikat (Anggraini. E dan Hardiani. D. P, 2023). Manfaatnya antara lain meningkatkan sifat mekanik beton seperti kuat tekan, serta berpotensi menurunkan porositas sehingga dapat memperpanjang umur pakai beton. Menurut Putra (2024), penggunaan *fly ash* dan *silica fume* sebagai bahan tambahan dalam campuran beton terbukti mampu meningkatkan kekuatan tekan pada beton dengan mutu tinggi.

Porositas yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kekuatan dan daya tahan beton, sehingga penting untuk memahami bagaimana kombinasi *fly ash* dapat mempengaruhi kedua sifat ini. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pada variasi 0%, nilai kuat tekannya 9,483 MPa dan porositasnya 36.1%, hasil variasi *Fly Ash* 15% nilai kuat tekannya 8.776 MPa, porositasnya 29.3%, hasil variasi *Fly Ash* 25% nilai kuat tekannya 10,333 MPa dan porositasnya 31.2%. dan nilai variasi Fly Ash 35% nilai kuat tekannya 9,766 MPa, dan porositasnya 33.2% (Anggraini. R. dkk., 2022)

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak penggunaan fly ash dan silica fume sebagai bahan tambah dalam campuran beton terhadap kuat tekan dan porositas beton self-Compacting concrete (SCC). Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material beton yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh penggunaan *fly ash* tipe N dan *silica fume* sebagai bahan tambah pada campuran beton *Self-Compacting Concrete* (Beton Memadat Sendiri) terhadap kuat tekan dan porositas beton?
2. Apakah terdapat hubungan antara kuat tekan dan porositas beton SCC dengan variasi penggunaan *fly ash* tipe N dan *silica fume*?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

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

1. Bahan Penelitian:
    - Jenis fly ash tipe N yang digunakan dalam penelitian ini akan diambil dari sumber pembangkit listrik tenaga uap pangkalan susu
    - Silica Fume yang di gunakan dalam penelitian ini adalah silica fume yang berasal dari toko material bangunan terdekat di kota medan
2. Metode Pengujian:
    - Beton yang dihasilkan dari campuran akan diuji untuk menentukan kuat tekan pada umur 28 hari menggunakan standar pengujian (SNI 1974-2011)
    - Porositas beton akan diukur menggunakan metode pengujian absorpsi air atau pengujian porositas menggunakan standar pengujian (SNI ASTM C642-2015)
3. Variabel Penelitian:
    - Proporsi *fly ash* 0%, 15%, 20%, dan 25% dari berat semen
    - Proporsi *Silica Fume* 7,5 % dari berat semen
4. Benda Uji
    - Penelitian ini menggunakan cetakan silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan kuat tekan dan porositas beton pada umur 28 hari dengan total sampel sebanyak 24 sampel.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh penggunaan *fly ash* dan *silica fume* sebagai bahan tambah pada campuran beton *Self-Compacting Concrete* (Beton Memadat Sendiri) terhadap kuat tekan dan porositas beton.
2. Menentukan hubungan antara kuat tekan dan porositas beton SCC dengan variasi penggunaan *fly ash* dan *silica fume*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru mengenai penggunaan *fly ash* dan *silica fume* dalam campuran beton SCC, serta dampaknya terhadap sifat mekanik dan fisik beton. Hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang material konstruksi.
2. Dengan memahami pengaruh *fly ash* dan *silica fume*, penelitian ini dapat membantu dalam merumuskan campuran beton yang lebih berkualitas, dengan kuat tekan yang lebih tinggi dan porositas yang lebih rendah, sehingga meningkatkan daya tahan beton terhadap berbagai kondisi lingkungan.
3. Penelitian ini mendukung penggunaan bahan tambah yang lebih ramah lingkungan, seperti *fly ash*, yang merupakan limbah industri. Dengan memanfaatkan *fly ash*, penelitian ini berkontribusi pada pengurangan limbah dan penggunaan sumber daya yang lebih berkelanjutan dalam industri konstruksi.
4. Dengan meningkatkan kualitas beton dan mengurangi kebutuhan akan bahan baku konvensional, penelitian ini dapat berkontribusi pada pengurangan biaya konstruksi dan meningkatkan daya saing proyek-proyek konstruksi.
5. Penelitian ini dapat meningkatkan kesadaran di kalangan praktisi dan akademisi tentang pentingnya inovasi dalam penggunaan material konstruksi, serta mendorong penelitian lebih lanjut dalam pengembangan bahan tambah yang efisien dan berkelanjutan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas tahapan yang dilakukan dalam tugas akhir yang berjudul Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* dan *Silica Fume* Sebagai Bahan Tambah Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton SCC. Penulisan tugas akhir ini dikelompokkan ke dalam 5 (lima) bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan pustaka atau landasan teori yang digunakan untuk menjelaskan tentang studi ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang tahapan penelitian dan tahap perencanaan yang dilakukan dan pelaksanaan pengumpulan data.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pengolahan dan perhitungan terhadap data-data yang telah diperoleh dengan memakai teori dan pendekatan yang tertulis pada Bab Tinjauan Pustaka.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup yang berisikan Kesimpulan dan saran berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari pembahasan bab-bab sebelumnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton SCC

Beton banyak digunakan sebagai material struktural seperti pada balok, kolom, pelat lantai, maupun gelegar jembatan karena memiliki kekuatan tekan tinggi, mudah dibentuk sesuai kebutuhan konstruksi, biaya pemeliharaan yang rendah, serta ketahanan yang baik terhadap api (Yumkham dkk., 2022).

Namun demikian, dalam praktik konstruksi beton kerap menghadapi permasalahan mutu baik pada kondisi segar maupun setelah mengeras seperti segregasi, peningkatan permeabilitas, penyusutan, dan keretakan yang berpengaruh negatif terhadap daya tahan dan kinerja struktural khususnya, segregasi dan ketidakhomogenan campuran berdampak buruk pada kemampuan beton untuk mengisi ruang dan membungkus tulangan dalam area kompleks. Ada beberapa solusi yang untuk mengatasi masalah ini salah satunya dengan menggunakan campuran beton SCC (Ahmed dan punki., 2024).

EFNARC mendefinisikan Self-Compacting Concrete (SCC) sebagai beton segar dengan kemampuan mengalir di bawah pengaruh beratnya sendiri, mengisi cetakan, dan menutup area tulangan tanpa memerlukan usaha mekanis (vibrasi), sambil tetap mempertahankan homogenitas campurannya. Beton yang dapat memadat sendiri (SCC) direkayasa untuk mengalir secara mandiri dan memenuhi setiap ceruk cetakan tanpa memerlukan pengadukan atau pemadatan mekanis yang instensif (Zulkarnain dan Batubara., 2024).

Dari segi mutu Self-Compacting Concrete memiliki keunggulan yaitu sangat encer dengan bahan tambah zat aditif dapat menahan nilai slump dengan waktu yang lama), kuat tekan beton dapat digunakan untuk mutu tinggi, dapat mengurangi permeabilitas dari beton sehingga permukaan beton jadi lebih halus (Ningrum dkk., 2024).

2.2 Bahan Tambah Beton

Dalam dunia konstruksi modern, kebutuhan akan beton berkualitas tinggi yang dapat memenuhi tuntutan teknis dan efisiensi semakin meningkat. Bahan tambah beton, atau admixture, menjadi salah satu solusi inovatif untuk mencapai hal tersebut. Bahan ini mampu meningkatkan performa beton, baik dari segi workability, kekuatan, maupun durabilitasnya. Bahan tambah beton didefinisikan sebagai material, selain komponen utama beton (semen, agregat, dan air), yang ditambahkan pada campuran beton baik sebelum atau selama proses pencampuran untuk memodifikasi sifat-sifatnya (ACI 116R).

Bahan tambah dalam beton, seperti *fly ash* dan *silica fume*, memiliki peran penting dalam meningkatkan sifat-sifat beton. Penambahan bahan-bahan ini dapat meningkatkan kekuatan tekan beton, memperbaiki durabilitasnya, serta mengurangi *percolation of calcium hydroxide*, yang membantu mengurangi kerusakan akibat serangan kimia. *Fly ash* dan *silica fume*, bertindak sebagai bahan pengganti sebagian semen dan berkontribusi pada reaksi *pozzolanic* yang menghasilkan produk tambahan yang meningkatkan kekuatan beton (Mehta dan Monteiro., 2014).

Bahan tambah ini terbagi menjadi dua kelompok utama:

1. Bahan tambah kimiawi meliputi *superplasticizer, retarder, accelerator*, dan *air-entraining agents.*
2. Bahan tambah mineral, seperti *fly ash, silica fume,* dan *slag*, sering digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton dan mengurangi biaya material.

Namun pada penelitian ini penulis menggunakan bahan tambah fly ash dan silica fume sebagai bahan campuran pada beton. Silica fume meningkatkan kekuatan tekan beton hingga 30% lebih tinggi dibanding beton biasa (Neville.,2014). *Fly ash* dan *silica fume*, memiliki peran penting dalam meningkatkan sifat-sifat beton, di antaranya:

1. meningkatkan kekuatan tekan beton.
2. memperbaiki durabilitasnya.
3. mengurangi *percolation of calcium hydroxide*, yang membantu mengurangi kerusakan akibat serangan kimia.

Fly ash dan silica fume, bertindak sebagai bahan pengganti sebagian semen dan berkontribusi pada reaksi pozzolanic yang menghasilkan produk tambahan yang meningkatkan kekuatan beton (Mehta dan Monteiro., 2014).

Sebagaimana disebutkan oleh Mehta dan Monteiro (2014), inovasi dalam bahan tambah tidak hanya meningkatkan kualitas beton, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, bahan tambah beton bukan hanya solusi teknis, tetapi juga langkah strategis dalam pembangunan berkelanjutan.

2.3 Pengaruh Fly Ash Terhadap Beton

Fly ash merupakan limbah hasil pembakaran batu bara yang mengandung silika dan alumina. Ketika dicampurkan dengan kalsium hidroksida dalam kondisi basah, fly ash bereaksi secara pozzolanik membentuk senyawa semen yang meningkatkan kekuatan dan daya tahan beton (Skill-Lync., 2023). Fly ash biasanya digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton, terutama untuk:

1. Meningkatkan kekuatan beton dalam jangka panjang.
2. Mengurangi panas hidrasi pada beton massa.
3. Meningkatkan *workability* atau kemudahan pengerjaan campuran beton segar.
4. Mengurangi permeabilitas beton, sehingga meningkatkan ketahanan terhadap lingkungan agresif.

Penggunaan fly ash sebagai bahan tambah pozzolan dalam beton juga berkontribusi pada keberlanjutan konstruksi dengan mengurangi limbah industri dan emisi karbon dioksida yang terkait dengan produksi semen (Hamada dan Al-khaiat., 2024).

2.4 Pengaruh Silica Fume Terhadap Beton

Silica fume, juga dikenal sebagai mikrosilika, merupakan produk sampingan dari proses produksi logam silikon dan ferrosilikon dalam industri elektrometalurgi. Partikel-partikelnya sangat halus, dengan lebih dari 95% berukuran kurang dari 1 mikrometer, dan memiliki permukaan spesifik yang tinggi serta kandungan silika amorf yang tinggi. Karena

sifat pozzolaniknya yang sangat reaktif, silica fume digunakan dalam jumlah kecil untuk meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas beton.(Turkoz dkk., 2021)

Penambahan silica fume dalam campuran beton dapat meningkatkan kekuatan tekan beton, terutama pada umur 28 hari. Namun, peningkatan kadar silica fume dapat menurunkan workability beton, sehingga perlu perhatian khusus dalam menentukan proporsi yang tepat untuk mencapai keseimbangan antara kekuatan dan kemudahan pengerjaan beton (Sopa dkk., 2023). Dalam proses pembuatan beton berkualitas tinggi, penggunaan Silica Fume memiliki beberapa keuntungan, termasuk kelebihan berikut:

1. Meningkatkan *workabilitas* untuk jangka waktu yang lama.
2. Meningkatkan stabilitas dan keterpaduan campuran beton segar.
3. Ketahanan beton meningkat drastis.
4. Air resapan pada beton banyak berkurang.
5. Peningkatan yang besar ketahanan terhadap karbonasi.
6. Perembasan klorid dalam beton banyak berkurang.
7. Kekuatan awal dan akhir yang tinggi.

2.5 Interaksi Antara Fly Ash dan Silica Fume

Fly ash dan silica fume merupakan dua bahan tambahan yang umum digunakan dalam campuran beton untuk memperbaiki sifat mekanis dan daya tahan. Kombinasi kedua bahan ini memberikan efek sinergis yang signifikan dalam meningkatkan kekuatan tekan beton. Fly ash dan silica fume berinteraksi dalam campuran beton melalui proses reaksi pozzolanik. Fly ash menyuplai silika dan alumina yang bereaksi dengan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) untuk membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H), senyawa utama yang berkontribusi pada kekuatan beton. Sementara itu, silica fume dengan kandungan silika yang lebih tinggi mempercepat reaksi ini, sekaligus meningkatkan kerapatan mikrostruktur beton secara signifikan (Wijaya dkk., 2022).

Penelitian menunjukkan bahwa penambahan fly ash dan silica fume dalam proporsi tertentu dapat meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan. Misalnya, penelitian oleh Wijaya dkk., (2022) menemukan bahwa penggunaan 30% fly ash dan 20% silica fume pada campuran Ultra High-Performance Concrete (UHPC)

memberikan hasil kuat tekan tertinggi. Selain itu, Susi Aprilia (2013) melaporkan bahwa kombinasi optimal 7,5% silica fume dan 20% fly ash menghasilkan kuat tekan maksimum sebesar 336 kg/cm².

Optimalisasi proporsi campuran antara fly ash dan silica fume sangat penting untuk mencapai performa terbaik. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penambahan silica fume sebanyak 5-10% bersama dengan 15-25% fly ash dapat meningkatkan workability dan mengurangi permeabilitas beton. Namun, perlu diperhatikan bahwa proporsi yang berlebihan dari salah satu bahan dapat menyebabkan penurunan sifat mekanik (Putra., 2024).

2.6 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan beban tekan hingga terjadi retak. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton meliputi komposisi bahan mineral utama, yang memainkan peran penting dalam menentukan perkembangan kekuatan awal beton (Sari., 2020).

Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar SNI-1974-2011. Kekuatan tekan beton (fc) dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$F_C = \frac{P}{A} \tag{2.1}$$

Keterangan:

F_C = Kekuatan tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum yang diterima (N)

A = Luas penampang sampel (mm^2)

Beton dengan nilai kuat tekan yang tinggi umumnya dikategorikan memiliki kualitas baik. Pengujian terhadap benda uji silinder akan menunjukkan nilai kuat tekan beton, di mana tegangan maksimum (F_c) yang tercapai oleh benda uji selama 28 hari pengujian digunakan sebagai indikator kuat tekan beton tersebut (Firmansyah dkk., 2022).

2.7 Porositas Beton

Porositas beton adalah rasio antara volume pori ruang yang dapat diisi oleh fluida dengan total volume beton (Sultan dkk., 2021). Pengujian dan perhitungan nilai porositas dilakukan berdasarkan ASTM C642 – 06.

$$\text{Porositas} = \frac{mb-mk}{mk}\ x\ 100\% \qquad (2.2)$$

Dimana:

mk = Berat Kering (gr)

mb = Berat basah (gr)

Kuat tekan atau mutu beton cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya tingkat kepadatan beton. Sebaliknya, semakin tinggi porositas beton, semakin menurun kekuatan yang dimilikinya (Sultan dkk., 2021).

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dapat di lihat pada Tabel 2.1:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.

No	Penulis	Judul Jurnal	Hasil Pengujian
1.	Rajamallu, C., dkk. (2024)	Investigation Of Self-Compacting Concrete Utilizing Diferent Supplemantary Pozzolanic Materials For Cement Replacement.	1. Campuran optimal ditemukan GGBS 30% untuk kekuatan tekan, bentonit 10% untuk kuat tarik lentur dan belah. Hasil menunjukkan peningkatan kekuatan dan penurunan porositas sebesar menggabungkan bahan-bahan ini.
2.	Apriyanti, E., Chasanah, U., dan Subekti, S. (2024).		2. Dalam penelitian diperoleh kuat tekan pada komposisi campuran fly ash 5% dengan kuat tekan 25, 44 MPa dan porositas 2,34% untuk beton normal mempunyai kuat tekan 26,63 MPa.

Tabel 2.1 *Lanjutan.*

No	Penulis	Judul Jurnal	Hasil Pengujian
			Campuran fly ash 10% didapat 21, 36 dan porositas 2,07%; campuran fly ash 15% didapat 6,048 MPa dan porositas 6,09%.
3.	Anggitia, W. C., Nuklirullah, M., dan Bahar, F. F. (2023).	Pengaruh penambahan fly ash sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton self Compacting concrete (SCC).	1. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa workability dan kuat tekan beton Self Compacting Concrete (SCC) menurun seiring dengan bertambahnya kadar fly ash. Kuat tekan tertinggi yaitu pada campuran fly ash dengan variasi 5%, yaitu dengan kuat tekan sebesar 21,543 MPa, yang mana telah memenuhi kuat tekan rencana sebesar 20 MPa.
4.	Siva Prasad., dkk. (2024)	Strength and durability characteristics of self Compacting recycled aggregate concrete incorporating crumb rubber, fly ash and silica fume	Hasil menunjukkan bahwa kekuatan tekan dan kekuatan lentur pada 28 hari berkurang sekitar 21,78% dan 19,51% ketika 100% agregat daur ulang digunakan dibandingkan dengan agregat alami, dan 10% karet remah digunakan sebagai pengganti agregat halus. Namun, penggunaan bahan tambahan seperti fly ash dan silica fume dapat mengatasi penurunan kekuatan ini. RA100CR10F20S10 menunjukkan sifat

Tabel 2.1 *Lanjutan.*

No	Penulis	Judul Jurnal	Hasil Pengujian
			kekuatan yang serupa dengan campuran konvensional. Tren yang sama juga terlihat pada sifat daya tahan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa karet remah, fly ash, dan silica fume memiliki dampak positif pada kekuatan dan daya tahan dari beton agregat daur ulang yang dapat memadat sendiri.
5.	Ningrum, N. P. A., dkk. (2024).	Pengaruh penambahan silica fume terhadap campuran beton memadat sendiri (self-Compacting concrete) mutu tinggi.	1. Hasil menunjukkan bahwa kuat tekan dengan variasi beton normal memiliki kuat tekan rata – rata 39.90 MPa pada umur 28 hari. 2. Tetapi, nilai kuat tekan dengan variasi silica fume 5% mengalami penurunan yang signifikan mencapai 30,72 MPa pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan dengan variasi silica fume 10% lebih tinggi dibandingkan dengan variasi sebelumnya, rata – rata 36,185 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan silica fume terhadap beton Self Compacting Concrete dapat menyebabkan nilai kuat tekan beton menurun.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah serangkaian langkah atau prosedur yang disusun secara terstruktur untuk mengumpulkan, menganalisis, dan memahami data guna menjawab pertanyaan penelitian atau mencapai tujuan dari sebuah studi. Pembuatan beton SCC menggunakan Abu Terbang (*Fly Ash*) dan bahan kimia *Silica Fume* dilakukan dengan mengumpulkan data melalui serangkaian percobaan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.2 Tahap Penelitian

1. Mulai

   Penelitian dilakukan setelah proposal tugas akhir disetujui oleh kepala program studi. Selanjutnya, penelitian diawali dengan pengujian dasar di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Persiapan Material

   Menyediakan material utama untuk pembuatan beton, yaitu agregat kasar, agregat halus, semen, air, serta material tambahan yang di gunakan pada penelitian ini berupa abu terbang (*fly ash*) dan bahan campuran kimia seperti *silica fume.*
3. Pengujian Dasar Material

   Pengujian pada sampel agregat kasar, agregat halus, abu terbang (*Fly Ash*) dan *Silica Fume* dengan memeriksa berat jenis, kadar air, kadar lumpur dan berat isi.
4. Perencanaa Campuran *Mix Design* Beton

   Berdasarkan SNI 03-2834-2000, *Mix design* merupakan proses perencanaan komposisi beton untuk memperoleh campuran dengan sifat-sifat yang diinginkan, seperti kekuatan, ketahanan, dan kepraktisan kerja,

dengan memanfaatkan bahan-bahan yang tersedia secara efisien dari segi biaya.

5. Pembuatan Benda Uji

   Pada tahap ini, pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan meliputi sebagai berikut:

   a. Membuat campuran beton
   b. Melakukan pengujian *slump test*
   c. Melakukan pengujian *V Funnel Test*
   d. Melakukan *L – Box Test*
   e. Pencetakan kedalam wadah berbentuk silinder
   f. Melepas benda uji dari cetakan wadah berbentuk silinder

6. Perawatan Benda Uji

   Perawatan (*curring*) benda uji dengan merendam masing – masing sampel benda uji yang sudah di lepas dari cetakan silinder yang telah berumur 28 hari.

7. Pengujian Porositas Beton

   mengukur jumlah pori-pori atau ruang kosong yang terdapat dalam beton, dengan cara berat basah beton di kurang dengan berat kering beton lalu di bagi dengan berat basah beton dan di kalikan seratus.

8. Pengujian Kuat Tekan Beton

   Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap kekuatan tekan beton menggunakan alat uji *Compression Test* setelah benda uji berumur 28 hari. Hasil dari pengujian ini kemudian menjadi data yang digunakan untuk proses pelaksanaan pada bab 4 tugas akhir.

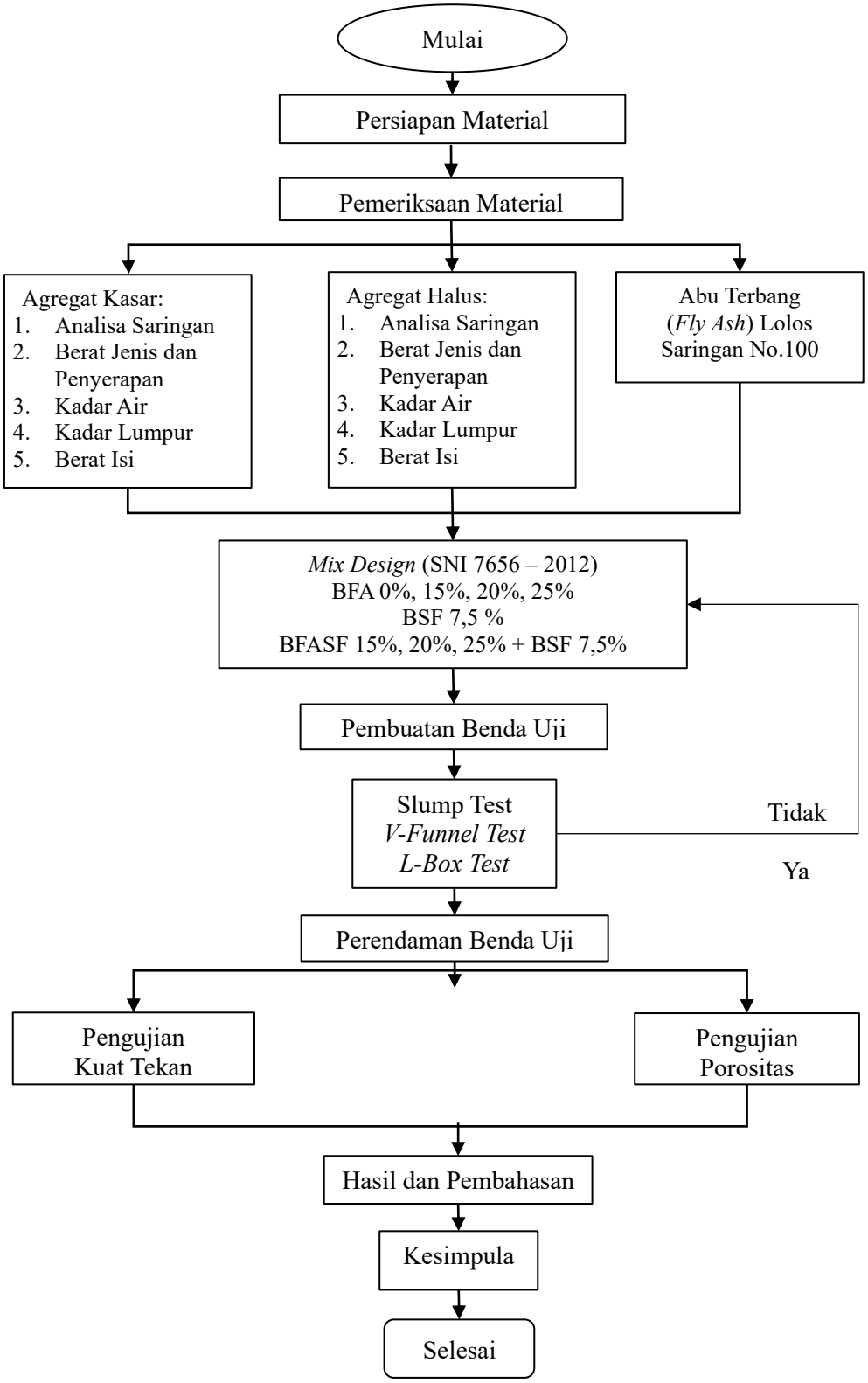
9. Analisa dan Pembahasan

   Pada tahap ini data yang telah di dapat dari masing masing pengujian di analisis menggunakan *software microsoft excell*. Selanjutnya, dilakukan pembahasan terhadap hasil pengujian yang telah selesai dilaksanakan.

10. Kesimpulan

    Selanjutnya membuat kesimpulan dari hasil data yang telah di analisis menggunakan *microsoft excell*.

Secara keseluruhan, tahapan penelitian dapat digambarkan dalam diagram alir yang terdapat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Juni – Juli 2025. Untuk pembuatan beton, pengujian kuat tekan serta pengujian porositas beton dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.4 Sumber dan Pengambilan Data

3.4.1 Data Primer

Data yang di dapat dari hasil pemeriksaan dan pengujian yang di lakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara:

1. Analisa Saringan (SNI ASTM C136-2012)
2. Berat jenis Agregat dan Penyerapan (SNI 1970-2016)
3. Kadar Air (SNI 1971-2011)
4. Kadar Lumpur (SNI 03-4142-1996)
5. Berat Isi (SNI 1973-2008)
6. *Mix Design* (SNI 03-2834-2000) dan EFNARC sebagai standar karakteristik beton *Self Compacting Concrete* (SCC).
7. Pengujian *Slump Flow* (EFNARC 2005)
8. *V – Funnel Test* (EFNARC 2005)
9. *L – Box Test* (EFNARC 2005)
10. Pengujian Porositas (SNI ASTM C642-2015)
11. Pengujian Kuat Tekan (SNI 1974-2011)

3.4.2 Data Sekunder

Data penelitian dikumpulkan dari berbagai buku dan jurnal yang relevan dengan topik pembuatan beton. Selain itu, referensi juga bersumber dari standar pembuatan beton seperti SNI (Standar Nasional Indonesia), ACI (American Concrete Institute), dan EFNARC (European Guidelines for Self-Compacting Concrete). Proses pengumpulan data juga melibatkan konsultasi dengan dosen pembimbing serta Kepala Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.5 Alat dan Bahan

Untuk mencapai hasil penelitian yang optimal, diperlukan peralatan dan bahan berkualitas yang memenuhi standar dan persyaratan yang berlaku. Adapun peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.5.1 Alat

Alat – Alat yang diperlukan pada penelitian ini sebagian besar telah terdapat di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, namun ada beberapa alat pendukung yang harus di sedikan sendiri yaitu V – Funnel Test, L – Box Test, masker dan sarung tangan. Alat – alat yang akan di gunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Satu set saringan agregat halus antara lain saringan No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100 dan Pan untuk agregat halus dan Satu set saringan agregat kasar antara lain saringan No 1/2", 3/4", 3/8" dan No. 4 untuk agregat kasar.
2. Timbangan digital yang di gunakan untuk mengetahui berat material secara akurat.
3. Gelas ukur, digunakan untuk mengukur air, *admixture* yang di gunakan pada pembuatan beton *self compacting concrete*.
4. *Stopwatch*, di gunakan untuk mengukur waktu pengujian pada beton.
5. Piknometer, adalah alat yang di gunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan pada pasir, dan *Fly Ash*.
6. Oven, alat ini digunakan untuk mengeringkan sampel beton.
7. Bak perendam, untuk merendam sampel beton yang telah di lepas dari cetakan.
8. Plastik 10 kg sebagai wadah untuk meletakan material yang telah siap untuk di *mixer*.
9. Pan sebagai alas pada saat pengadukan beton.
10. Skop tangan dan skrap di gunakan untuk mengaduk dan memasukan beton segar ke dalam cetakan dan meratakan permukaan beton segar di dalam cetakan.
11. Cetakan (*Bekisting*) beton diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

12. Vaselin dan kuas berfungsi untuk melumasi bekisting agar saat melepaskan beton tidak begitu sulit.
13. Satu set alat *slump test*, terdiri dari kerucut *abrams*, penggaris dan plat.
14. Alat *V – Funnel Test.*
15. Alat *L – Box Test.*
16. Mesin pengaduk beton (*Mixer Concrete*), untuk mencampur semua material.
17. Mesin uji kuat tekan beton (*Compression Testing Machine*).

3.5.1 Bahan

Bahan – bahan yang di gunakan untuk membuat beton self Compacting concrete adalah sebagai berikut:

1. Agregat Kasar

   Agregat kasar yang di gunakan dalam penelitian ini berupa kerikil yang di ambil dari Binjai.
2. Agregat Halus

   Agregat halus berupa pasir yang di ambil dari Binjai.
3. Semen

   Semen yang di gunakan pada penelitian ini berupa semen portland tipe I, yang di dapat dari toko material bangunan terdekat.
4. Air

   Air yang di gunakan pada penelitian ini adalah jenis air yang tidak terkontaminasi dengan zat lain, dan telah di sediakan oleh Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Abu terbang (*Fly Ash*)

   Abu terbang (*Fly Ash*) yang di gunakan pada penelitian ini adalah *Fly Ash* yang di dapat dari pembelian mandiri hasil dari limbah sumber pembakaran PLTU.
6. Bahan tambah kimia *Silica Fume*

   Silica fume yang di gunakan dengan kadar 5% dari berat semen di dapat dari toko bangunan terdekat yang berada di kota Medan.

3.6 Persiapan Bahan Tambah

Sebelum melakukan pencampuran, ada bahan tambah yang harus di persiapkan terlebih dahulu sebelum layak untuk di gunakan yaitu Abu Terbang (Fly Ash). Metode persiapan bahan tambah ini sebagai berikut:

3.6.1 Fly Ash

Fly Ash tipe N yang di gunakan di dapat dari limbah hasil pembakaran pada PLTU, setelah di dapat Fly Ash di jemur hingga benar - benar kering.

Langkah - langkahnya sebagai berikut:

1. Meletakan *Fly Ash* ke dalam wadah
2. Siapkan alat berupa pan untuk menjemur *Fly Ash* hingga kering
3. Pastikan hingga *Fly Ash* benar – benar dalam kondisi kering
4. Mengumpulkan *Fly Ash* yang telah kering ke dalam wadah
5. Lakukan penumbukan pada *Fly Ash* agar mendapatkan *Fly Ash* dengan kehalusan maksimal.
6. Ayak menggunakan saringan No. 100 dan tertahan saringan No. 200
7. Selesai

3.7 Tahap Pengujian

Agar hasil yang diperoleh akurat, diperlukan beberapa tahapan pengujian terhadap bahan dan material dengan menggunakan metode yang telah ditentukan sebelumnya. Penjelasan mengenai tahapan-tahapan tersebut disampaikan di bawah ini:

3.7.1 Pemeriksaan Bahan

Untuk memastikan kualitas beton yang baik, disarankan untuk melakukan pemeriksaan terhadap bahan dasar yang akan digunakan dalam pembuatan beton. Proses pengujian dimulai dengan membersihkan bahan dari kotoran, seperti lumpur. Selain itu, material yang basah dapat dikeringkan terlebih dahulu dengan cara di jemur.

3.7.2 Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan ini merupakan metode untuk menentukan distribusi ukuran agregat halus dan kasar dengan cara menyaring dalam suatu sampel agregat. Persentase berat butiran agregat yang melewati satu rangkaian saringan dihitung dalam analisis saringan agregat. Hasil ini kemudian diilustrasikan dalam grafik distribusi ukuran butiran sesuai dengan standar (SNI ASTM C136:2012). Berikut langkah–langkah untuk melakukan analisa saringan:

1. Keringkan benda uji dengan cara memasukan benda uji ke dalam oven dengan suhu (110 ± 5) °C.
2. Susun saringan membentuk satu set saringan No (3), (1/2), (3/4), dan (No.4) untuk menyaring agregat kasar. (No.4), (No. 8), (No. 16), (No. 30), (No.50), (No.100), (No.200) dan pan untuk menyaring agregat halus. Saringan dengan ukuran paling besar di letakan di paling atas, lalu guncang satu set saringan menggunakan mesin pengguncang selama 15 menit.

3.7.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Metode pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan, berat jenis semu dan penyerapan air oleh agregat halus dan kasar. Pengujian ini berdasarkan (SNI 1969:2016) dengan pers. sebagai berikut:

Berat Jenis Curah $$s_d = \frac{A}{(B-C)} \quad (3.1)$$

Berat Jenis Kering Permukaan $$s_s = \frac{B}{(B-C)} \quad (3.2)$$

Berat Jenis Semu $$s_a = \frac{A}{(A-C)} \quad (3.3)$$

Penyerapan Air $$s_w = \left[\frac{B-A}{A}\right] x\ 100\% \quad (3.4)$$

A = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara (gr)

C = Berat benda uji jenuh kering permukaan dalam air (gr)

3.7.4 Pengujian Kadar Air

Metode pengukuran kadar air adalah metode yang di gunakan untuk mengukur kadar air dalam agregat dimana secara ideal adalah menghitung kondisi kadar air kering permukaan atau Saturated Surface Dry (SSD) terhadap kondisi agregat kering hasil oven, yang di ukur sebagai kadar berat air dalam agregat. Metode pengukuran kadar air agregat kasar dan halus ini mengacu pada SNI 1971: 2011.

Untuk menghitung jumlah kadar air (Water Content) dalam agregat adalah dengan rumus pers. 3.5 sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air} = \frac{Berat\ SSD - Berat\ kering\ oven}{Berat\ kering\ oven}\ x\ 100\% \quad (3.5)$$

3.7.5 Pengujian Berat Isi

Metode pengujian ini di gunakan untuk menentukan nilai kepadatan massal agregat yang di perlukan untuk di gunakan untuk metode proporsi campuran beton. Pengukuran ini merujuk pada Panduan (SNI 1973:2008). Berikut adalah pers. 3.6 yang di gunakan untuk menentukan berat isi:

$$\text{M} = \frac{(G-T)}{V} \quad (3.6)$$

Di mana:

M = Berat isi agregat kering oven (kg/m3)

G = Berat agregat dan penakar (kg)

T = Berat penakar (kg)

V = Volume penakar (m3)

3.7.6 Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan besar kadar lumpur dalam sampel agregat sehingga dapat menentukan kondisi agregat terhadap syarat batas yang di tentukan. Pengujian ini merujuk kepada standar (SNI 03 4142 1996). Berikut adalah pers. 3.7 yang di gunakan untuk menghitung persentase kadar lumpur:

$$L = \frac{(A-C)}{A}\ x\ 100\ \% \quad (3.7)$$

Dimana:

L = Persentase lumpur dalam agregat (%)

A = Berat agregat sebelum di cuci (kg)

C = Berat agregat setelah di cuci dan kering oven (kg).

3.7.7 Perencanaan *Mix Design*

Mix design adalah sebuah proses dalam menentukan karakteristik campuran beton yang di perlukan. Mix design mengarah pada pengembangan spesifikasi sebuah beton, sedangkan proporsi campuran mengacu pada proses penentuan jumlah bahan beton, yaitu penggunaan bahan – bahan lokal yang tersedia, untuk mencapai karakteristik yang di tentukan dari sebuah beton. Mix design ini menggunakan acuan dan standard desain komposisi campuran beton adalah (SNI 03-2834-2000) dan EFNARC sebagai standar karakteristik beton *Self Compacting Concrete* (SCC).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Anggita dkk. (2024), pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan variasi fly ash sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20%. Sementara itu, Ningrum dkk. (2023) menguji kuat tekan beton SCC dengan menggunakan silica fume pada variasi 5% dan 10%. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji kuat tekan beton dengan variasi fly ash sebesar 15%, 20%, dan 25%, serta silica fume pada variasi 7,5%.

Tabel 3.1: komposisi campuran benda uji dan kode benda uji:

No.	Kode Benda Uji	Semen	Agregat Kasar	Agregat Halus	Abu Terbang (*Fly Ash*)	*Silica Fume*	Jumlah Sampel
1	BN	100%	100%	100%	0%	0%	3
2	BFA 1	85%	100%	100%	15%	0%	3
3	BFA 2	80%	100%	100%	20%	0%	3
4	BFA 3	75%	100%	100%	25%	0%	3
5	BSF	92,5%	100%	100%	0%	7,5%	3

Tabel 3.1: *Lanjutan.*

No.	Kode Benda Uji	Semen	Agregat Kasar	Agregat Halus	Abu Terbang (*Fly Ash*)	*Silica Fume*	Jumlah Sampel
6	BFASF 1	77,5%	100%	100%	15%	7,5%	3
7	BFASF 2	72,5%	100%	100%	20%	7,5%	3
8	BFASF 3	67,7%	100%	100%	25%	7,5%	3
Jumlah							24

Keterangan:

BN = Beton Normal

BFA 1 = Beton *Fly Ash* 15%

BFA 2 = Beton *Fly Ash* 20%

BFA 3 = Beton *Fly Ash* 25%

BSF = Beton *Silica Fume* 7,5%

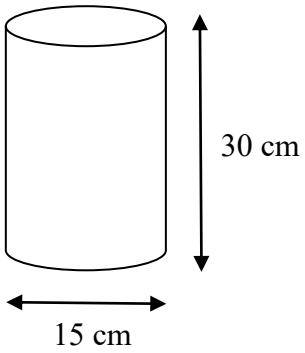
BFASF 1 = Beton *Fly Ash* 15% + Beton *Silica Fume* 7,5%

BFASF 2 = Beton *Fly Ash* 20% + Beton *Silica Fume* 7,5%

BFASF 3 = Beton *Fly Ash* 25% + Beton *Silica Fume* 7,5%

3.7.8 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang di gunakan pada penelitian ini berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm dengan jumlah 24 sampel.



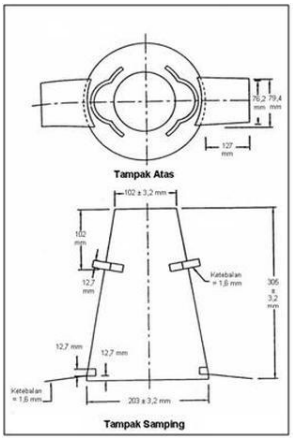
Gambar 3.2: Benda uji silinder beton.

3.7.9 Pengujian Slump Flow

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui flowability (kemampuan alir) beton segar untuk dapat mengisi cetakan (bekisting). Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah kerucut abrams, meteran, sendok semen, dan alas slump flow. Pengujian slump flow dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh Efnarc 2005. Cara kerja pengujian slump flow yaitu:

1. Kerucut abrams diletakkan dengan posisi diamter yang kecil diletakkan di bawah.
2. Adonan beton dimasukkan ke dalam kerucut abrams sampai penuh tanpa dirojok.
3. Setelah penuh ratakan permukaan kerucut abrams.
4. Angkat kerucut abrams secara perlahan dan biarkan adonan menyebar pada alas.
5. Ukur diameter dari sebaran beton tersebut.

Berikut adalah alat slump test yang di gunakan:

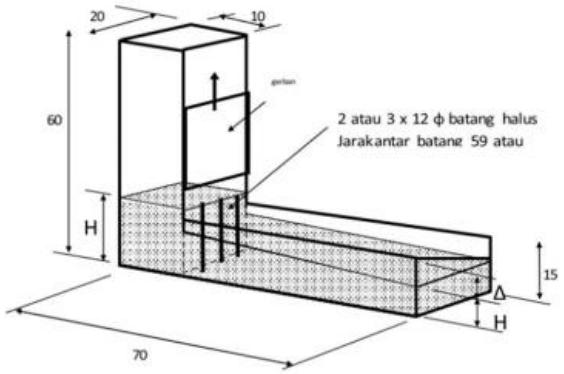


Gambar 3.3: Sketsa alat kerucut abrams (EFNARC 2005).

3.7.10 Pengujian L-Shape Box

Penelitian ini menggunakan uji L-Shape Box berdasarkan pedoman EFNARC (2005). Uji ini bertujuan untuk mengukur kemampuan beton segar menahan segregasi, dengan kisaran waktu minimum 0,8 dan maksimum 1,0 untuk nilai H2/H1. Prosedur pelaksanaan uji L-Shape Box adalah sebagai berikut:

1. Tempatkan *L-Shape Box* pada permukaan horizontal yang rata, dan tutup pintu gerbang antara bagian vertikal dan horizontal. Tuangkan beton segar dari wadah ke dalam hopper pengisian *L-Shape Box* dan biarkan selama (60±10) detik. Amati adanya segregasi, lalu buka pintu gerbang agar beton mengalir ke bagian horizontal kotak.
2. Setelah pergerakan beton berhenti, ukur jarak vertikal pada ujung bagian horizontal kotak antara permukaan atas beton dan bagian atas kotak horizontal. Lakukan pengukuran di tiga titik yang berjarak sama sepanjang lebar kotak. Gunakan hasil pengukuran ini untuk menghitung rata-rata kedalaman beton sebagai H2 (dalam mm). Lakukan prosedur yang sama untuk menghitung kedalaman beton di belakang pintu gerbang, yang dinyatakan sebagai H1 (dalam mm).



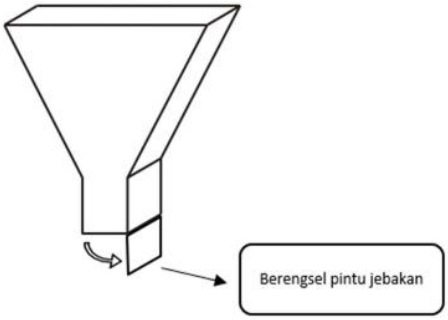
Gambar 3.4: L-shape box test (EFNARC Standard, 2005).

3.7.11 Pengujian V–Funnel Test

Penelitian ini menggunakan uji V-Funnel berdasarkan panduan EFNARC (2005) untuk mengukur kemampuan beton segar menahan segregasi, dengan waktu alir yang ideal antara 6–12 detik. Berikut adalah langkah-langkah pelaksanaan uji V-Funnel:

1. Siapkan alat *V-Funnel* pada permukaan yang rata.
2. Bersihkan alat menggunakan busa untuk mencegah penambahan kadar air pada beton SCC.
3. Tutup katup di bagian bawah alat *V-Funnel*.
4. Isi alat *V-Funnel* dengan beton SCC sebanyak ±12 liter.

5. Ratakan permukaan beton dalam alat dan diamkan selama 1 ± 2 detik sebelum membuka katup.
6. Letakkan wadah di bawah alat *V-Funnel* untuk menampung beton yang keluar.
7. Buka katup bagian bawah sambil menghitung waktu dengan stopwatch hingga seluruh beton SCC mengalir keluar dari alat.
8. Jika beton mengalir secara terputus-putus, ulangi pengujian. Apabila hal ini terjadi lebih dari dua kali, beton SCC tersebut tidak memenuhi syarat sebagai *self-Compacting concrete***.**



Gambar 3.5: V-funnel test (EFNARC Standard, 2005).

3.8 Perawatan Benda Uji

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, perawatan dilakukan dengan membiarkan benda uji pada suhu ruangan hingga waktu pengujian kuat tekan beton, yaitu pada umur 28 hari. Berikut adalah langkah-langkah proses perendaman benda uji:

1. Keluarkan benda uji dari cetakan dengan hati-hati.
2. Pastikan benda uji tersebut sudah benar-benar kering.
3. Siapkan bak perendaman dengan mengisinya menggunakan air bersih dari keran Laboratorium Beton, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Masukkan benda uji ke dalam bak perendaman dengan perlahan dan hati-hati.

5. Biarkan benda uji direndam hingga mencapai usia 27 hari, kemudian angkat spesimen pada usia 28 hari.
6. Tunggu hingga spesimen mengering, lalu lakukan penimbangan.

3.9 Pengujian Porositas Beton

Pengujian porositas bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak zat, khususnya air, yang dapat diserap oleh beton. Uji ini penting karena tingkat penyerapan air oleh beton berpengaruh terhadap ketahanan dan kualitasnya. Proses pengujian dilakukan dengan merendam sampel beton ke dalam air selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah itu, beton dikeringkan selama 48 jam hingga benar-benar kering, kemudian ditimbang untuk mengetahui perubahan beratnya. Pengujian ini di lakukan di lab Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Pengujian ini berlandaskan pada (ASTM C642).

3.10 Pengujian Kuat Tekan Beton

Penujian kuat tekan beton ini untuk menentukan kekuatan tekan beton sesuai dengan standard dan ketentuan yang berlaku sehingga tujuannya tercapai. Persamaan kuat tekan beton berdasarkan SNI 03–1974–2011 dapat ditentukan menggunakan persamaan 3.8 di bawah ini:

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} \tag{3.8}$$

Tabel 3.2: Toleransi waktu yang di izinkan untuk pengujian terhadap umur beton.

Umur Benda Uji	Waktu yang diizinkan
12	± 15 menit atau 2,1 %
14	± 30 menit atau 2,1 %
3 Hari	± 2 jam atau 2,8 %
7 Hari	± 6 jam atau 3,6 %
28 Hari	± 20 jam atau 3,0 %
90 Hari	± 2hari atau 2,2 %

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dengan berakhirnya proses penelitian dan analisis terhadap hasil pengujian, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh penggunaan *Fly Ash* dan *Silica Fume* terhadap karakteristik beton *Self-Compacting Concrete* (SCC):
    a. Slump flow tertinggi diperoleh pada variasi tanpa bahan tambah (BN) dengan faktor air semen (FAS) 0,45 yaitu sebesar 650 mm, dan variasi BSF 7,5% sebesar 590 mm pada FAS yang sama. Sementara itu, nilai slump flow terendah terjadi pada variasi BFASF 3 dengan FAS 0,45 sebesar 400 mm. Penurunan ini disebabkan oleh peningkatan kadar campuran bahan tambah (*Fly Ash* dan *Silica Fume*) yang menyebabkan adonan beton menjadi lebih kental sehingga menurunkan kemampuan alir (flowability) beton SCC.
    b. Berdasarkan hasil pengujian slump flow, viskositas, dan L-box pada campuran beton dengan FAS 0,45, dapat disimpulkan bahwa hanya variasi beton normal (BN) yang memenuhi kriteria Self-Compacting Concrete (SCC). Nilai slump flow BN sebesar 650 mm dan waktu alir 8,51 detik serta nilai L-box 0,85 memenuhi persyaratan beton SCC Sementara itu, beton dengan silica fume (BSF) tidak memenuhi kriteria SCC karena slump flow-nya hanya 590 mm di bawah minimum syarat beton SCC yaitu 600-800 mm, waktu alir 11 detik, dan nilai L-box 0,68 (di bawah syarat 0,8). Dengan demikian, hanya BN yang dapat dikategorikan sebagai SCC.
    c. Penggunaan kombinasi *Fly Ash* dan *Silica Fume* juga mempengaruhi kuat tekan beton. Pada FAS 0,45, kuat tekan BN umur 28 hari mengalami penurunan dari 16,98 MPa menjadi 11,32, 10,75, 10,19 MPa pada variasi BFA 1, BFA 2, dan BFA 3. Sementara itu, pada Variasi BSF, kuat tekan naik menjadi 18,11 MPa. Dan pada variasi campuran

antara BFASF 1, BFASF 2 dan BFASF 3 yaitu variasi yang menggunakan *silica fume* mengalami kenaikan jika di bandingkan dengan variasi BFA 1, BFA 2, dan BFA 3 dengan nilai 14,15 MPa, 13,58 MPa, dan 13,02 MPa.

Hal ini terjadi karena sifat fly ash yang memperlambat reaksi awal hidrasi dan karakter silica fume yang sangat halus dan reaktif dapat meningkatkan viskositas campuran, yang berpengaruh pada workability dan kepadatan beton. Kombinasi keduanya dapat menyebabkan pemadatan yang kurang sempurna jika tidak diimbangi dengan pengendalian kadar air dan aditif lain.

2. Dari hasil penelitian hubungan antara kuat tekan dan porositas beton SCC akibat variasi penggunaan fly ash dan silica fume:
   a. Kuat tekan maksimum dicapai pada BSF yaitu sebesar 18,11 MPa, dan BN sebesar 16,98 MPa sedangkan kuat tekan terendah terjadi pada BFA 3 yaitu sebesar 10,19 MPa.
   b. Porositas maksimum di capai pada BFASF 2 dengan nilai sebesar 2,76% dan nilai minimum di capai pada beton variasi BSF dan BN dengan nilai porositas di dapat sebesar 1,78% dan 1,80%.
   c. Kombinasi yang optimum pada variasi BSF menghasilkan nilai kuat tekan tinggi senilai 18,11 MPa dan porositas yang rendah sebesar 1,78%.

   Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan terbalik antara porositas dan kuat tekan beton. Semakin besar kandungan fly ash dan silica fume, nilai porositas cenderung meningkat akibat penurunan kemampuan alir dan pemadatan beton, yang pada akhirnya menurunkan kekuatan tekan beton.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk penelitian lanjutan agar dapat menghasilkan beton *Self-Compacting Concrete* (SCC) dengan karakteristik yang lebih optimal, antara lain:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan optimal dan proporsi campuran *Fly Ash* (BFA) dan *Silica Fume* (BSF) dalam beton SCC, khususnya untuk mengetahui sejauh mana keduanya dapat meningkatkan kekuatan mekanik tanpa memperburuk nilai porositas.
2. Penggunaan *admixtuure* sangat memengaruhi nilai *workability* beton SCC, terutama ketika bahan tambah reaktif seperti BSF digunakan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian tambahan untuk menentukan dosis *admixture* yang ideal agar slump flow tetap berada dalam batas standar.
3. Proses pencampuran material harus dilakukan dengan cermat dan homogen untuk mencegah kehilangan material dan memastikan tidak terjadi segregasi yang dapat memengaruhi hasil pengujian kuat tekan dan porositas.
4. Meskipun penelitian ini berfokus pada kuat tekan dan porositas, disarankan untuk melakukan pengujian lanjutan terhadap kuat tarik belah dan kuat lentur beton SCC dengan variasi BFA dan BSF. Hal ini penting untuk mendapatkan gambaran yang lebih menyeluruh terhadap performa struktural beton SCC.
5. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi awal atau literatur pendukung untuk pengembangan lebih lanjut mengenai pemanfaatan material pozolanik seperti *Fly Ash* dan *Silica Fume* dalam beton SCC. Penelitian lanjutan diharapkan mampu menemukan kombinasi bahan tambah yang lebih efisien dan menghasilkan beton dengan performa lebih baik secara teknis dan ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, H., & Punkki, J. (2024). Methods for Assessing Concrete Segregation Due to Compaction. *Nordic Concrete Research*, *70*(1). https://doi.org/10.2478/ncr-2023-0013

Akbulut, Z. F., Yavuz, D., Tawfik, T. A., Smarzewski, P., & Guler, S. (2024). Examining the workability, mechanical, and thermal characteristics of eco-friendly, structural self-compacting lightweight concrete enhanced with fly ash and silica fume. *Materials, 17*(14), 3504. https://doi.org/10.3390/ma17143504

Alyousef, R., et al. (2022). Prediction of Compressive Strength of Self-Compacting Concrete Containing Fly Ash and Silica Fume. Arabian Journal for Science and Engineering. https://link.springer.com/article/10.1007/s13369-022-07359-3

American Concrete Institute (ACI). (2000). Guide for the Use of High-Volume Fly Ash in Concrete. ACI 116R-00. *American Concrete Institute*. 1

Anggarini, E., & Hardiani, D. P. (2023). Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Subtitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Normal 30 MPa. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, *6*(1), 51-62.

Anggitia, W. C., Nuklirullah, M., & Bahar, F. F. (2023). Pengaruh penambahan fly ash sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton self Compacting concrete (SCC). *Jurnal Komposit : Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil*, 7 (2), 173-179. DOI: http://dx.doi.org/10.32832/komposit.v7i2.11736

Anggraini, R., Nanda, R. E., Warman, H., & Mulyani, R. (2022). Penggunaan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous. *Jurnal Rekayasa*, 12(1), 11-25.

Apriwelni, S., & Nugrah, B. W. (2020). Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Memanfaatkan Fly Ash dan Bubuk Kaca Sebagai Bahan Pengisi. *Jurnal Saintis*, 20, 61-68.DOI: 10.25299/saintis2020.vol20(01).4846

Apriyanti, E., Chasanah, U., & Subekti, S. (2024). Pemanfaatan material komposit fly ash sebagai bahan substitusi pada pembuatan beton ditinjau dari uji tekan dan uji porositas. *JUTSU: Jurnal Teknik Sipil Unpand*, 1(2), 45–55.

Chaudhary, S. K., & Sinha, A. K. (2020). Effect of Silica Fume on Permeability and Microstructure of High Strength Concrete. Civil Engineering Journal, 6(9), 1697–1703. https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091575

Firmansyah, A., Halim, A., Aditya, C., & Artikel, D. (2022). *The 5th Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH 2022) Prefix-RTR Seminar Hasil Riset The 5 th Conference on Innovation and Application of Science and Technology (Clastech)* Pengaruh Penambahan Abu Vulkanik Gunung Semeru Sebagai Bahan Additive Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton.

Hamdi, F., Lapian, F. E. P., Tumpu, M., Mabui, D. S. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., & Rangan, P. R. (2022). *Teknologi Beton*. Tohar Media.

Hamada, H. M., & Al-Khaiat, H. (2024). Enhancing pozzolanic activity of fly ash via dry and wet activation methods. *Materials Science and Engineering: A*, 864, 144706. https://doi.org/10.1016/j.msea.2023.144706

Ihza Mahendra, A., Rochmah, N., & Widhiarto, H. (2023). Pengaruh Penggunaan Silica Fume Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Alir. *Student Scientific Creativity Journal*, *1*(4), 117-126. https://doi.org/10.55606/sscj-amik.v1i4.1577

Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). Concrete: Microstructure, properties, and materials (4th ed.). *McGraw-Hill Education.*

Miling, C. R., Tanijaya, J., & Sandy, D. (2024). Penggunaan Silika Fume dan Viscocrete sebagai bahan tambah pada beton SCC (Self Compacting Concrete). *PCEJ*, 6(4), 619–627. https://doi.org/10.52722/grnsay64

Neville, A. M. (2011). Properties of concrete *(5th ed.). Pearson Education Limited.*

Ningrum, N. P. A., et al. (2024). Pengaruh penambahan silica fume terhadap campuran beton memadat sendiri (self-Compacting concrete) mutu tinggi. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 29(2), 73–80.

Patil, A., Jayale, V., Arunachalam, K. P., Ansari, K., Avudaiappan, S., Agrawal, D., Kuthe, A. M., Alharbi, Y. R., Khan, M. A., & Roco-Videla, Á. (2024). Performance analysis of self-compacting concrete with use of artificial aggregate and partial replacement of cement by fly ash. Buildings, 14(1), 143. https://doi.org/10.3390/buildings14010143

Putra, R. H. (2024). Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Memanfaatkan Fly Ash dan Silica Fume sebagai Bahan Pengisi. *Tugas Akhir*. (n.d.).

Putra, R. H., Irianti, L., Sebayang, S., & Widyawati, R. (2022). Kuat tekan beton mutu tinggi dengan memanfaatkan fly ash dan silica fume sebagai bahan pengisi. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, *10*(3), 501–516. https://doi.org/10.23960/jrsdd.v10i3.2760

Ragireddy Veera Venkata Siva Prasad, Y., Paluri, Y., Hemanth, A., & Ganesh, P. (2024). Strength and durability characteristics of self Compacting recycled aggregate concrete incorporating crumb rubber, fly ash and silica fume. *Journal of Physics: Conference Series*, *2779*(1), 012013. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2779/1/012013

Rajamallu, C., Jagarapu, D. C. K., Kumar, M. K., Sambangi, A., Sai Charan, S., Rollakanti, C. R., & Prince, S. (2024). Investigation of self-Compacting concrete utilizing different supplementary pozzolanic materials for cement replacement. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, *19*(13), 815-827.

Saputri, Y. E., Despa, D., & Wardono, H. (2023). Pengaruh fly ash terhadap kekuatan beton. *Prosiding Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)*, 5(1), 45–55. Universitas Lampung.

Sari, D. N. (2020). Observasi Kuat Tarik Belah Beton Ringan Clc (Cellular Lightweight Concrete) Yang Diperkuat Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Telur Secara Eksperimental (Studi Penelitian). *Retrieved From* Https://Www.Elsevier.Com/Locate/Scp

S. Kumar, R. Kumar, B. Rai, and P. Samui, "Prediction of compressive strength of high-volume fly ash self-compacting concrete with silica fume using machine learning techniques," *Construction and Building Materials*, vol. 438, p. 136933, 2024.

Skill-Lync. (2023). *Fly ash as pozzolan: Benefits of using this underused component in concrete construction*. Skill-Lync Blogs. https://skill-lync.com/blogs/technical-blogs/civil-fly-ash-as-pozzolan-benefits-of-using-this-underused-component-in-concrete-construction

Sultan, M. A., Imran, & Litiloly, F. (2021). Korelasi Porositas Beton Terhadap Kuat Tekan Rata-Rata. *Jurnal Paduraksa, 10*(1), 1-7. https://dx.doi.org/10.30872/ts.v2i2.2189

Sopa, Y. M. N. R., Nisumanti, S., & Chandra, D. (2023). Pengaruh penambahan silica fume terhadap kuat tekan beton Fc'25. *Proteksi, 2*(1), 1–10. https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p1-6

Türköz, M., Umu, S. U., & Öztürk, O. (2021). Effect of silica fume as a waste material for sustainable environment on the stabilization and dynamic behavior of dispersive soil. *Sustainability*, 13(8), 4321. https://doi.org/10.3390/su13084321

Verma, A., et al. (2023). Effect of Polypropylene Fibre on High Volume Fly Ash Self-Compacting Concrete. In: Advances in Construction Materials and Structures. Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-99-1111-0_26

Wijaya, H. T., Roberto, N. A., Hardjito, D., & Antoni. (2022). Pengaruh penggunaan fly ash dan silica fume dengan kadar tinggi terhadap kuat tekan ultra high-performance concrete. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, *11*(1), 92-99.

Wibowo, A., et al. (2024). Compressive Strength Performance of High-Volume Fly Ash Concrete with $CaCO_3$ Addition. Jurnal Teknik Sipil ITS. https://iptek.its.ac.id/index.php/joe/article/view/22092

Yumkham, B., Shijagurumayum, C., & Thokchom, S. (2022). *Fire resistance of concrete structure – A review*. SAMRIDDHI: A Journal of Physical Sciences Engineering and Technology, 14(01 SPL), 63–67. https://doi.org/10.18090/samriddhi.v14spli01.12

Zhang, Q., et al. (2024). Optimization Design of Mix Proportion for Fly Ash–Silica Fume–Basalt Fiber–Polypropylene Fiber Concrete. Materials, MDPI. https://www.mdpi.com/1996-1944/17/8/1862

Zulkarnain F, Batubara A. (2024). The Effect of Using Zeolite and Agave Sisalana Fiber on Compressive Strength Using the Self Compacting Concrete (SCC) Method. *Media Komunikasi Teknik Sipil, 30*(1), 135-143. *https://dx.doi.org/10.14710/mkts.v30i1.57981*

LAMPIRAN

Gambar L.1: Mencampurkan semua bahan ke dalam *mixer*

Gambar L.2: Melakukan pengujian *slump flow.*

Gambar L.3: Mengukur diameter *slump flow.*

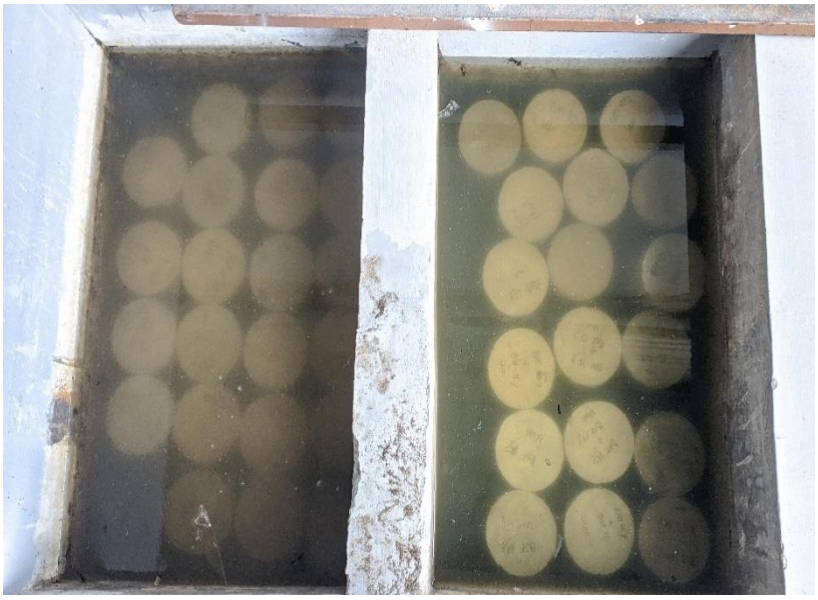
Gambar L.4: Melakukan pengujian *v-funnel.*

Gambar L.5: Melakukan pengujian *l-box.*

Gambar L.6: Menyiapkan *bekisting.*

Gambar L.7: Beton setelah keluar dari *bekisting*.

Gambar L.8: Menimbang beton seebelum curring.



Gambar L.9: *Curring* selama 28 hari.

Gambar L.10: Mengeluarkan beton setelah *curring* selama 28 hari.

ss

Gambar L.11: Menimbang beton setelah *curring* selama 28 hari.

Gambar L.12: Pengujian kuat tekan beton.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

INFORMASI PRIBADI

Nama	: Bita Armantia Putri
Panggilan	: Bita
Tempat, Tanggal Lahir	: Sialang, 06 Oktober 2003
Jenis Kelamin	: Perempuan
Alamat	: Jl. Gajah Mada Km.25 Tasik Serai Barat
Agama	: Islam
Nama Orang Tua	
Ayah	: Sukarman
Ibu	: Rita Ariani
No HP	: 082214886571
E-mail	: Putribita5@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

NPM	: 2107210050
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 27 Tasik Serai	2015
2	SMP	MTs Hubbul Bilad	2018
3	SMA	SMA Negeri 4 Pinggir	2021
4	Universitas	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2021- Selesai