

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI
DAN SUPERPLASTICIZER PADA UJI KUAT GESER
BETON**

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

DHEA PUSPITA SIREGAR

2107210114



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dhea Puspita Siregar

NPM : 2107210114

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Superplasticizer
Pada Uji Kuat Geser Beton

Bidang Ilmu : Struktur

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

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 02 September 2025

Dosen Pembimbing



Ir. Fahrizal Zulkarnain, Ph.D, IPM

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dhea Puspita Siregar

NPM : 2107210114

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Superplasticizer
Pada Uji Kuat Geser Beton

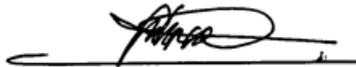
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 02 September 2025

Mengetahui Dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., IPM

Dosen Penguji I



Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D

Dosen Penguji II



Sri Prafanti, S.T., M.T

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Josef Madipramana, S.T., M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dhea Puspita Siregar

NPM : 2107210114

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Superplasticizer Pada Uji Kuat Geser Beton”

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

Bila kemudian hari diduga kuat dan 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 ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 02 September 2025



Saya yang menyatakan

Dhea Puspita Siregar

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN SUPERPLASTICIZER PADA UJI KUAT GESER BETON

Dhea Puspita Siregar
2107210114

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

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan karena memiliki keunggulan dalam hal kekuatan, ketahanan, serta kemampuannya untuk dibentuk sesuai kebutuhan. Namun, tingginya konsumsi beton berdampak pada peningkatan penggunaan sumber daya alam yang dapat merusak lingkungan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah memanfaatkan limbah sebagai bahan tambah, seperti abu sekam padi (ASP) dan Sika Fume (SF), yang bersifat pozzolanik dan berpotensi meningkatkan kualitas beton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi abu sekam padi dan penambahan Sika Fume terhadap kuat geser beton. Metode penelitian dilakukan dengan membuat benda uji balok beton yang dirawat melalui perendaman selama 28 hari, dengan variasi campuran berupa beton normal, ASP 5%, ASP 10%, ASP 15%, SF 5%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton normal memiliki kuat geser 0,86 MPa. Substitusi ASP secara tunggal justru menurunkan kuat geser dengan nilai rata-rata 0,81 MPa (ASP 5%), 0,64 MPa (ASP 10%), dan 0,62 MPa (ASP 15%). Sebaliknya, penambahan SF 5% mampu meningkatkan kuat geser hingga 0,97 MPa. Kombinasi ASP 5% + SF 5% menghasilkan kuat geser 0,93 MPa atau meningkat sekitar 8,14% dibandingkan beton normal. Dengan demikian, penggunaan ASP dalam jumlah rendah masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan ramah lingkungan, sementara SF terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas beton.

Kata kunci: beton, abu sekam padi, Sika Fume, kuat geser, material ramah lingkungan.

ABSTRACT

INFLUENCE OF RICE HUSK ASH AND SUPERPLASTICIZER ON THE SHEAR STRENGTH OF CONCRETE

Dhea Puspita Siregar
2107210114

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

Concrete is one of the most widely used construction materials due to its advantages in strength, durability, and workability. However, the increasing consumption of concrete has led to higher exploitation of natural resources, which poses environmental concerns. One possible solution is the utilization of waste materials as additives, such as rice husk ash (RHA) and silica fume (SF), which possess pozzolanic properties and have the potential to improve concrete quality. This study aims to analyze the effect of rice husk ash substitution and silica fume addition on the shear strength of concrete. The research was conducted by preparing concrete beam specimens cured by water immersion for 28 days, with variations including normal concrete, RHA 5%, RHA 10%, RHA 15%, SF 5. The results showed that the shear strength of normal concrete was 0.86 MPa. Substitution with RHA alone decreased the shear strength with average values of 0.81 MPa (RHA 5%), 0.64 MPa (RHA 10%), and 0.62 MPa (RHA 15%). Conversely, the addition of 5% SF improved the shear strength to 0.97 MPa. The combination of 5% RHA + 5% SF produced a shear strength of 0.93 MPa, which is an increase of approximately 8.14% compared to normal concrete. Therefore, RHA at low substitution levels can still be utilized as an environmentally friendly additive, while SF is proven to be effective in enhancing concrete performance.

Keywords: *concrete, rice husk ash, silica fume, shear strength, sustainable material*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tak terhitung. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Dan Superplasticizer Pada Uji Kuat Geser Beton” yang merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam proses penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan. Sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing yang telah sabar membimbing dan memberikan masukan 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. Ibu Sri Frapanti S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II yang telah banyak membantu memberikan saran serta masukkan demi kelancaran penulis dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Rizki Efrida S.T., M.T., Selaku Sekretaris Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu Teknik Sipil.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teristimewa kepada Ayahanda Junaidi. S dan Ibunda tercinta Mazliana yang dengan tulus memberi doa, kasih sayang, nasehat, serta dukungan semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Teman terkasih penulis Duc Huy yang telah memberikan perhatian serta dukungan yang tulus kepada penulis sehingga penulis bersemangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Rekan seperjuangan kelas C1 penulis terutama Hanna yang telah menginspirasi penulis serta Imam dan Virza yang telah banyak membantu penulis dalam penelitian yang dilakukan.
12. Yang terakhir untuk diri sendiri, Dhea Puspita Siregar karena telah berusaha keras, bertahan serta tidak menyerah dalam perjalanan dari awal pendidikan hingga detik ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki. Dengan demikian, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis.

Medan, 20 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,



Dhea Puspita Siregar

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
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 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metodologi	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Material Penyusun Campuran Beton	6
2.2.1 Semen	7
2.2.2 Air	8
2.2.3 Agregat	9
2.3 Bahan Tambah Abu Sekam Padi	10
2.4 Bahan Tambah <i>Sika Fume</i>	11
2.5 Pengujian Kuat Geser Beton	12
2.6 Penelitian Terdahulu	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	16
3.1 Metode Penelitian	16
3.1.1 Data Primer	16
3.1.2 Data Sekunder	17
3.2 Bagan Alir	18

3.3	Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian	20
3.4	Bahan Penelitian	20
3.4.1	Bahan	20
3.4.2	Peralatan	20
3.5	Desain dan Jumlah Benda Uji	22
3.6	Persiapan Penelitian	23
3.7	Pengujian Agregat	23
3.7.1	Pengujian Analisa Saringan	23
3.7.2	Pengujian <i>Spesific Gravity</i> Agregat (Berat Jenis)	23
3.7.3	Pengujian Berat Isi	26
3.7.4	Pengujian Kadar Air	27
3.7.5	Pengujian Kadar Lumpur	27
3.8	Pembuatan Benda Uji	28
3.9	<i>Slump Test</i>	28
3.10	Perendaman Benda Uji	29
3.11	Pengujian Kuat Geser Beton	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Tinjauan Umum	30
4.2	Hasil Pemeriksaan Agregat	30
4.3	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	30
4.3.1.	Analisa Saringan Agregat Kasar	30
4.3.2.	Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar	32
4.3.3.	Berat Isi Agregat Kasar	33
4.3.4.	Kadar Air Agregat Kasar	34
4.3.5.	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	34
4.4	Pemeriksaan Agregat Halus	35
4.4.1.	Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus	35
4.4.2.	Pengujian Berat Jenis Agregat Halus	36
4.4.3.	Pengujian Berat Isi Agregat Halus	37
4.4.4.	Pengujian Kadar Air Agregat Halus	38
4.4.5.	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	39
4.5	Perencanaan Pencampuran Beton	40
4.5.1.	Langkah Perhitungan	40
4.6	Kebutuhan <i>Material</i>	46
4.7	Pengujian <i>Slump</i>	47
4.8	Pengujian Kuat Geser Beton	48

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	56
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Komposisi kimia <i>Sika Fume</i>	12
Tabel 2.2: Penelitian terdahulu	13
Tabel 3.1: Komposisi campuran benda uji	22
Tabel 4.1: Pengujian analisa saringan agregat kasar	31
Tabel 4.2: Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	32
Tabel 4.3: Pengujian berat isi agregat kasar	33
Tabel 4.4: Pengujian kadar air agregat kasar	34
Tabel 4.5: Pengujian kadar lumpur agregat kasar	34
Tabel 4.6: Pengujian analisa saringan agregat halus	36
Tabel 4.7: Pengujian dan berat jenis agregat halus	37
Tabel 4.8: Pengujian berat isi agregat halus	38
Tabel 4.9: Kadar air agregat halus	38
Tabel 4.10: Pengujian kadar lumpur agregat halus	39
Tabel 4.11: Data kebutuhan <i>mix design</i>	40
tabel 4.12: Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah (sni -7656,2012)	41
Tabel 4.13: Hubungan antara rasio air - semen (w/c) atau rasio air – bahan bersifat semen $\{w/(c+p)\}$ dan kekuatan beton (SNI-7656, 2012).	42
Tabel 4.14: Volume agregat kasar per satuan volume beton (SNI-7656, 2012).	43
Tabel 4.15: Perkiraan awal berat beton segar (SNI-7656, 2012).	43
Tabel 4.16: Perbandingan berat bahan	45
Tabel 4.17: Perkiraan berat campuran beton	46
Tabel 4.18: Nilai <i>slump test</i>	47
Tabel 4.19: Nilai kuat geser beton	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Gaya geser akibat beban transversal pada balok	13
Gambar 3.1: Diagram alir benda uji	19
Gambar 3.2: Ilustrasi benda uji balok	28
Gambar 4.1: Diagram batang nilai slump pada beton	48
Gambar 4.2: Diagram batang nilai kuat geser 24 benda uji	50

DAFTAR NOTASI

v	= Tegangan geser rata-rata	(MPa)
V	= Gaya geser	(N)
b	= Lebar balok	(mm)
d	= Tinggi bidang geser	(mm)
P	= Kadar air benda uji	(%)
w_1	= Massa benda uji	(gr)
w_2	= Massa benda uji kering oven	(gr)
A	= Berat benda uji kering oven	(gr)
B	= Berat piknometer berisi garam	(gr)
C	= Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	(gr)
S	= Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	(gr)
w_3	= Berat contoh	(gr)
w_2	= Berat wadah	(gr)
w_3	= Berat contoh dan wadah	(gr)
V	= Volume wadah	(cm ³)
FM	= Modulus Kehalusan	(%)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam berbagai proyek bangunan karena keunggulannya dalam hal kekuatan dan daya tahan serta kemampuannya untuk di bentuk sesuai kebutuhan. Beton tersebut diperoleh melalui proses pencampuran air, semen Portland, dan agregat dalam takaran tertentu (Thiyafi, 2023). Komposisi bahan yang digunakan sangat berpengaruh pada kualitas beton, sehingga inovasi dalam penggunaan bahan tambah menjadi penting.

Penggunaan beton yang semakin tinggi menimbulkan dampak lingkungan yang cukup signifikan. Peningkatan konsumsi bahan baku alami berpotensi meyebabkan kerusakan lingkungan akibat eksploitasi yang berlebihan. Oleh karena itu, upaya yang dapat dilakukan ialah penggunaan limbah sebagai bahan tambah. Abu sekam padi dan *sika fume* merupakan bahan tambah yang berpotensi meningkatkan kualitas beton sekaligus ramah lingkungan.

Abu sekam padi memiliki 93% *silica* (SiO_2) yang hampir setara dengan kandungan *silica* yang terdapat pada *microsilica* pada pabrik, sehingga bersifat pozzolanic. Menurut Badan Pusat Statisti (BPS), sepanjang tahun 2021 produktivitas padi Indonesia mencapai 52,26 kuintal gabah kering giling (GKG) perhektare. Jumlah ini meningkat sebesar 1,9 % dari tahun sebelumnya (Lim dkk., 2023).

Sika Fume adalah bahan tambahan mineral yang dihasilkan sebagai produk sampingan dari proses reduksi quarsa murni (SiO_2) dengan batu bara dalam tanur listrik, yang digunakan dalam pembuatan campuran *silicon* dan *ferrosilicon*. Bahan ini memiliki kandungan SiO_2 yang tinggi dan tekstur permukaan yang halus, berbentuk bulat dengan diameter yang hanya 1/100 dari diameter semen. Warna sika fume cenderung abu-abu dan memiliki berat jenis sekitar 0,60 kg/lit (Adnan, R, dan Mustakim, 2024).

Meskipun penelitian tentang pengaruh abu sekam padi dan sika fume terhadap kekuatan beton secara terpisah telah dilakukan, pengaruh kombinasi kedua bahan ini terhadap kekuatan geser beton masih terbatas. Oleh karena itu, penting untuk mengkaji lebih lanjut bagaimana kombinasi abu sekam padi dan *Sika Fume* dapat memengaruhi kuat geser beton. Kuat geser beton berperan dalam meningkatkan kekakuan struktur sekaligus menunjukkan kemampuan beton dalam menahan gaya lateral. Aspek ini penting untuk diperhatikan, karena nilai kuat geser beton umumnya lebih rendah dibandingkan dengan kuat tekannya, yaitu hanya sekitar 10%-14% dari nilai kuat tekan beton (Zulkarnain, Aulia, dan Frapanti 2024).

Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan material beton yang lebih ramah lingkungan, serta meningkatkan kualitas dan ketahanan beton terhadap gaya geser, sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi yang membutuhkan daya tahan lebih tinggi terhadap beban dinamis dan geseran.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini, sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan abu sekam padi dan *Sika Fume* terhadap kuat geser beton?
2. Bagaimana perbandingan nilai kuat geser beton pada variasi campuran abu sekam padi 5%, 10%, dan 15% dan *Sika Fume* sebesar 5%?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi efek penambahan abu sekam padi dan *Sika Fume* terhadap peningkatan kuat geser beton.
2. Mengevaluasi perbandingan nilai kuat geser beton pada campuran abu sekam padi variasi 5%, 10%, dan 15% dan *Sika Fume* dengan variasi 5%.

1.4 Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengujian yang dilakukan adalah kuat geser beton.
2. Variasi campuran abu sekam padi yang digunakan adalah 5%, 10%, 15% dan *Sika Fume* 5%.
3. Semen yang digunakan adalah Semen Portland.
4. Pengujian kuat geser beton dilakukan pada umur 28 hari.
5. Perawatan benda uji dengan cara perendaman.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, abu sekam padi dan *Sika Fume* dapat menjadi bahan tambah yang dapat meningkatkan kualitas beton. Abu sekam padi dan *Sika Fume* merupakan bahan sisa pertanian dan produk sampingan pabrik, memiliki potensi untuk meningkatkan sifat mekanik dan daya tahan beton terhadap berbagai kondisi. Kedua bahan ini tidak hanya mudah diperoleh dengan harga yang relative murah, tetapi juga dapat memberikan kontribusi pada pengurangan limbah. Diharapkan penelitian ini dapat diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi di lapangan dan mendukung kemajuan teknologi beton yang lebih ramah lingkungan.

1.6 Metodologi

A. Pengumpulan data

Pengumpulan data untuk penulisan tugas akhir ini didapat dengan beberapa cara:

1. Data primer adalah data-data yang diperoleh langsung dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium
2. Data sekunder adalah data-data yang diperoleh dari sumber sumber yang terkait seperti teknis SNI (Standar Nasional Indonesia), ASTM serta buku buku literatur sebagai penunjang untuk memperkuat penelitian yang dilakukan.

B. Analisa data

1. Setelah data-data yang perlu dilakukan terkumpul, baru kemudian

dilakukan analisa data.

2. Adapun metode perencanaan campuran menggunakan metode SNI.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pemahaman, sistematika penulisan ini disusun dalam beberapa bab yaitu sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, metodologi dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisikan tentang teori berupa pengertian dan landasan teori dari penelitian sebelumnya yang memaparkan teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang diteliti.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini berisikan tentang diagram alir penelitian, peralatan, bahan-bahan, pembuatan sampel uji, dan pengumpulan sampel.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisikan tentang hasil penelitian dan menganalisis data yang diperoleh dari penelitian

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini merupakan penutup yang berisikan tentang kesimpulan dan saran atas hasil penelitian yang sudah dilakukan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Dalam Bahasa Indonesia, istilah beton berasal dari Bahasa Belanda. Sementara itu, dalam Bahasa Inggris, material ini dikenal sebagai *concrete*, yang berasal dari kata Latin *concretus*. Secara etimologis, *concretus* berarti “Bersatu” atau “menyatu menjadi satu kesatuan”. Istilah ini menggambarkan karakter beton sebagai hasil pencampuran elemen-elemen seperti semen, air, dan agregat, yang berpadu membentuk bahan bangunan yang kuat, kokoh, dan menjadi pondasi sebagai struktur modern.

Beton adalah material konstruksi yang terdiri atas campuran semen Portland ataupun jenis semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan maupun tanpa tambahan bahan tertentu untuk meningkatkan karakteristiknya. Ketika campuran beton dituangkan ke dalam cetakan dan dibiarkan mengeras, proses hidrasi terjadi, yaitu reaksi kimia antara air dan semen, yang secara bertahap meningkatkan kekuatan beton. Dalam strukturnya, rongga di antara butiran besar seperti kerikil maupun batu pecah diisi oleh butiran kecil seperti pasir, sementara celah-celah kecil lainnya terisi oleh pasta semen, sehingga membentuk material yang padat, kuat, dan tahan lama (Budiman dan Patanduk, 2018)

Struktur beton dirancang untuk dapat bertahan dalam kondisi yang telah ditentukan tanpa mengalami kerusakan sepanjang masa pakai yang direncanakan. Pada lingkungan yang mengandung unsur kimia, terutama asam, beton akan mengalami kerusakan secara perlahan, dimulai dari bagian tepi dan sudutnya. Asam tersebut menyebabkan terjadinya pelepasan partikel-partikel beton, yang mengakibatkan penurunan kepadatan dan ketahanan beton, sehingga menjadikannya lebih rapuh dan mudah terdegradasi (Sani, 2021).

Beton memiliki berbagai keunggulan dan kekurangan, yang antara lain adalah (Ainurrasyid, 2023):

1. Keunggulan
 - a. Beton tahan terhadap panas dan korosi, sehingga sedikit perawatan.

b. Proses pengerjaan lebih efisien karena beton dapat dicetak dan dibentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

2. Kekurangan

a. Beton memiliki berbagai kelas kekuatan, sehingga perencanaannya perlu disesuaikan dengan kebutuhan yang spesifik.

b. Bahan penyusun beton seperti agregat halus dan kasar, bervariasi tergantung pada lokasi pengambilannya yang dapat mempengaruhi teknik serta metode pengerjaannya.

Berat beton terbagi menjadi tiga, antara lain (Irianto dkk., 2023):

a. Beton berat, beton ini memiliki berat jenis lebih dari 2500 kg/m^3 . Beton jenis ini umumnya digunakan pada struktur khusus, seperti struktur yang dirancang untuk menahan radiasi nuklis.

b. Beton normal, beton ini memiliki berat jenis antara $2200\text{-}2500 \text{ kg/m}^3$ umumnya diaplikasikan pada hampir semua elemen structural bangunan.

c. Beton ringan, beton ini memiliki berat jenis kurang dari 1900 kg/m^3 dan umumnya diaplikasikan pada elemen bangunan yang bersifat non-struktural, seperti partisi atau insulasi.

2.2 Material Penyusun Campuran Beton

Komposisi bahan penyusun beton memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas dan mutu beton yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemilihan bahan penyusun yang berkualitas menjadi faktor penting dalam menghasilkan beton bermutu tinggi. Agregat menyusun sekitar 70% hingga 80% dari total campuran beton, sehingga pemilihan jenis agregat memiliki peran krusial dalam menentukan mutu beton. Dalam campuran beton, agregat berfungsi sebagai bahan pengisi. Agar campuran beton memiliki sifat yang baik, diperlukan agregat dengan karakteristik yang saling mengikat dan mengisi secara optimal. Oleh karena itu, bentuk dan permukaan agregat yang digunakan harus sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh ASTM maupun ACI (Irianto dkk., 2023).

2.2.1 Semen

Semen merupakan bahan perekat yang berfungsi untuk mengikat material padat sehingga membentuk satu kesatuan yang kompak dan kuat. Berdasarkan sifat pengikatannya, semen dapat dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu semen non-hidrolik dan semen hidrolik.

Semen non-hidrolik adalah jenis semen yang tidak dapat mengeras apabila terkena air, tetapi membutuhkan udara untuk proses pengerasannya. Contoh utama dari jenis ini adalah kapur. Sebaliknya, semen hidrolik memiliki kemampuan untuk mengikat dan mengeras di bawah permukaan air. Salah satu contoh semen hidrolik yang paling umum digunakan ialah semen *Portland* (Irianto dkk., 2023).

Semen portland merupakan jenis semen hidrolik yang diperoleh dengan menggiling terak semen portland, yang sebagian besar mengandung kalsium silikat bersifat hidrolik. Terak ini digiling bersama bahan tambahan berupa satu atau lebih kristal senyawa kalsium sulfat, dan dapat juga ditambahkan bahan lain. Selain itu, semen hidrolik ini mengandung udara tambahan dalam jumlah tertentu, yang menyebabkan udara terperangkap dalam mortar sesuai dengan batasan yang dispesifikasikan dan diukur menggunakan metode yang telah ditetapkan (SNI 15-2049-2015, 2015).

Semen *Portland* dibagi menjadi lima tipe sebagai berikut (Passa dan Safitri, 2021):

a. Tipe I

Semen *Portland* tipe ini digunakan untuk keperluan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus, seperti yang ada pada tipe lainnya. Tipe I adalah semen yang paling banyak digunakan, dengan proporsi mencapai 80% hingga 90% dari total produksi semen Portland.

b. Tipe II

Semen tipe II umumnya digunakan pada bangunan-bangunan berikut:

1. Pelabuhan.
2. Pondasi atau basement yang terpapar kontaminasi sulfat dari tanah atau air tanah.
3. Bangunan yang berada di kawasan rawa.
4. Saluran air atau bangunan limbah.

c. Tipe II

Semen tipe III sering digunakan pada bangunan-bangunan berikut:

1. Beton pracetak.
2. Bangunan yang memerlukan pembongkaran bekisting cepat.
3. Perbaikan beton.
4. Pembetonan di daerah dengan suhu dingin.

d. Tipe IV

Semen tipe ini memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah dan digunakan untuk konstruksi seperti:

1. Konstruksi bangunan.
2. Basement.
3. Bangunan di daerah panas.

e. Tipe V

Semen tipe ini serupa dengan tipe II, namun memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap kontaminasi sulfat.

2.2.2 Air

Air merupakan salah satu komponen utama dalam campuran beton yang berperan dalam memicu reaksi kimia semen, membasahi agregat, serta meningkatkan kemudahan dalam proses pengerjaan beton.

Dalam campuran beton, kualitas beton dapat terganggu jika air yang digunakan mengandung senyawa berbahaya seperti garam, minyak, gula, dan bahan kimia lainnya. Ketika air dicampurkan dengan semen, terbentuklah pasta semen, sehingga yang lebih penting bukanlah perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran, melainkan perbandingan antara jumlah air dan semen, yang dikenal dengan faktor air-semen (*water-cement ratio*). Penggunaan air yang berlebihan dapat menyebabkan terbentuknya gelembung air setelah proses hidrasi, sementara penggunaan air yang terlalu sedikit dapat menghambat proses hidrasi secara penuh, yang berpotensi mempengaruhi kekuatan beton (Irianto dkk., 2023).

Air yang digunakan dalam campuran beton harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu sebagai berikut (SNI 03-6861.1, 2002):

1. Air harus dalam keadaan bersih dan bebas dari endapan lumpur, minyak, serta benda apung lainnya.
2. Air tidak boleh mengandung senyawa perusak seperti asam atau bahan organik melebihi 0,5 gram/liter.
3. Kandungan benda tersuspensi dalam air tidak boleh melebihi 2 gram/liter.
4. Air tidak boleh mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter; untuk beton pratekan, kandungan klorida harus lebih rendah, yaitu tidak lebih dari 0,05 gram/liter.
5. Kandungan senyawa sulfat (SO₃) dalam air tidak boleh melebihi 1 gram/liter.

2.2.3 Agregat

Agregat adalah material granular seperti pasir, kerikil, atau batu pecah yang digunakan sebagai bahan pengisi utama dalam campuran beton untuk meningkatkan volume, kekuatan, dan mengurangi penyusutan.

Agregat menyusun sekitar 70-75% dari volume total beton dan memiliki pengaruh besar terhadap kualitas serta kekuatan beton. Berdasarkan jenisnya, agregat dibagi menjadi dua kelompok utama (Thiyafi, 2023)

2.2.3.1 Agregat kasar

Agregat kasar terdiri dari kerikil yang terbentuk secara alami melalui disintegrasi batuan atau batu pecah yang dihasilkan melalui proses pemecahan batu di industri. Ukuran butir agregat kasar berkisar antara 4,75 mm hingga 40 mm. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi untuk agregat kasar dalam campuran beton adalah sebagai berikut (SNI 03-1969,2008):

- a. Agregat kasar yang digunakan harus memiliki sifat keras dan tidak berpori, serta memiliki daya tahan yang baik terhadap pengaruh cuaca, baik panas maupun hujan. Butiran pipih dalam agregat hanya diizinkan sebanyak 20% dari total berat agregat.
- b. Kadar lumpur yang terkandung dalam agregat kasar harus maksimal 1%.
- c. Agregat kasar harus terbebas dari material yang dapat merusak kualitas beton.

- d. Agregat yang berpotensi bereaksi dengan alkali hanya boleh digunakan bersama semen yang memiliki kandungan alkali setara Natrium Oksida tidak lebih dari 0,6%, atau dapat ditambahkan bahan penghambat untuk mencegah terjadinya pemuaihan yang berbahaya akibat reaksi alkali-agregat.
- e. Kekerasan agregat diuji menggunakan mesin *Los Angeles*, dengan syarat tidak ada kehilangan berat lebih dari 50%.

2.2.3.2 Agregat halus

Agregat halus merupakan produk dari disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dengan ukuran butir maksimal 4,75 mm. Adapun persyaratan agregat halus yang harus dipenuhi dalam campuran beton antara lain sebagai berikut (SNI 03-1970, 2008):

- a. Kadar maksimum tanah liat dan partikel yang mudah hancur dalam agregat halus tidak boleh melebihi 0,5%.
- b. Persentase maksimum berat lumpur atau partikel dengan ukuran lebih kecil dari 75 mikron (ayakan No. 200) adalah 3% untuk beton yang mengalami abrasi, dan 5% untuk beton jenis lainnya.
- c. Agregat harus bebas dari zat organik yang dapat menurunkan kualitas beton dari berbagai segi.
- d. Agregat halus yang digunakan dalam pembuatan beton yang akan terpapar kelembaban secara terus-menerus wajib bebas dari bahan yang dapat bereaksi dengan alkali.
- e. Agregat harus memiliki sifat ketahanan yang diuji dengan larutan garam sulfat.
- f. Modulus halus butir agregat harus berada dalam rentang 1,5 hingga 3,8.

2.3 Bahan Tambah Abu Sekam Padi

Abu sekam padi adalah material yang dihasilkan dari pembakaran sisa sekam padi. Proses pembakaran ini menghilangkan kandungan organik pada sekam padi dan meninggalkan residu yang kaya akan silika (SiO_2). Perlakuan panas yang diberikan pada sekam padi menyebabkan perubahan struktur yang memengaruhi tingkat aktivitas *pozzolan* serta kehalusan partikel abu yang dihasilkan. Sebagai

pozzolan alami, abu sekam padi memiliki kandungan senyawa *silika* (SiO_2) yang memungkinkan penggunaannya sebagai bahan pengganti sebagian semen, sehingga dapat membantu mengurangi pemanfaatan sumber daya alam dalam proses produksi semen (Diwa dkk., 2022).

Proses kimia yang terjadi selama pengikatan dan pengerasan beton sangat bergantung pada keberadaan air. Meskipun dalam kondisi normal air tersedia secara memadai untuk proses hidrasi selama pencampuran, penting untuk memastikan bahwa air tetap terperangkap atau berada dalam kondisi jenuh untuk mendukung keberlanjutan proses kimia tersebut. Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan campuran dalam beton dapat meningkatkan kuat tekan beton, terutama pada variasi penggunaan abu sekam padi sebesar 10% dari berat semen (Thiyafi, 2023).

2.4 Bahan Tambah *Sika Fume*

Sika Fume adalah bahan sampingan yang dihasilkan melalui proses reduksi kuarsa murni (SiO_2) dengan batu bara di tanur listrik untuk pembuatan silikon dan ferro silikon. Bahan ini mengandung kadar SiO_2 yang tinggi. Penambahan *Sika Fume* dalam campuran beton dapat menggantikan sebagian semen serta berfungsi sebagai pengisi partikel semen, yang berakibat pada penyusutan porositas beton, meningkatkan kedekatan, dan memperkuat beton. Meskipun *Sika Fume* ditambahkan dalam jumlah kecil, dampaknya terhadap beton sangat signifikan sesuai dengan tujuan penggunaannya. Oleh karena itu, pengawasan yang cermat sangat penting untuk memastikan bahwa dosis *Sika Fume* yang ditambahkan tidak berlebihan, agar tidak menurunkan kekuatan atau sifat-sifat lainnya dari beton (Zulkarnain dan Kamil, 2021).

Penambahan *Sika Fume* dalam campuran beton dengan dosis yang sesuai, antara 2% hingga 10% dari berat semen, dapat meningkatkan performa beton. Hal ini dilakukan dengan mengurangi permeabilitas beton, yang pada gilirannya meningkatkan durabilitas beton secara keseluruhan. Selain itu, *Sika Fume* juga memperbaiki daya ikat dan stabilitas beton segar, meningkatkan ketahanan terhadap karbonasi, serta memperkuat stabilitas beton. Penggunaan *Sika Fume* juga menurunkan penetrasi klorin dan gas, mengurangi terjadinya penyusutan, serta

meningkatkan kekuatan tekan pada beton baik pada tahap awal maupun akhir (Adnan dkk., 2024).

Tabel 2.1: Komposisi kimia *Sika Fume* (Adnan dkk., 2024).

No.	Unsur	<i>Sika Fume</i> (%)	ASTM C 1240-93
1	Silicon Dioksida (SiO ₂)	93,08	Minimum 85.0
2	Alumunium Oksida (Al ₂ O ₃)	1,42	-
3	Kalsium Oksida (CaO)	0,00	-
4	Magnesium Oksida (MgO)	0,93	-
5	Mangan Oksida (MnO)	0,08	-
6	Pospor Oksida (P ₂ O ₅)	0,23	-
7	Sulfur Trioksida (SO ₃)	0,10	-
8	Titanium Oksida (TiO ₂)	0,08	-
9	Ferik Oksida (Fe ₂ O ₃)	4,09	-
10	Karbon (C)	2,19	-
11	Loss on Ignition (LOI)	1,49	Maksimum 6.0

2.5 Pengujian Kuat Geser Beton

Kuat geser merupakan kemampuan suatu elemen struktur dalam menahan beban pada penampangnya, khususnya terhadap gaya luar seperti gaya transversal. Saat menerima gaya transversal, balok akan mengalami momen serta gaya geser yang berpengaruh terhadap kinerjanya (Ainurrasyid, 2023).

Menentukan kuat geser secara eksperimental lebih kompleks dibandingkan dengan kuat mekanis lainnya, karena sulitnya mengisolasi pengaruh geser dari kuat tekan. Berbagai penelitian eksperimental menunjukkan bahwa kuat geser dapat bervariasi antara 20% hingga 85% dibandingkan dengan kuat tekan. Kuat geser beton menjadi aspek penting karena kapasitasnya lebih rendah dibandingkan kuat tekan. Pada beton mutu tinggi, nilai kuat geser hanya sekitar 10-14% dari kuat tekannya (Zulkarnain dkk., 2024).

Pengujian tegangan geser dapat dilakukan dengan metode pembebanan *center-point loading*. Dari pengujian ini, diperoleh nilai beban yang digunakan untuk menghitung kuat geser beton berdasarkan persamaan 2.1 (Haq dan Andayani, 2017).

$$v = \frac{V}{b \cdot d} \quad (2.1)$$

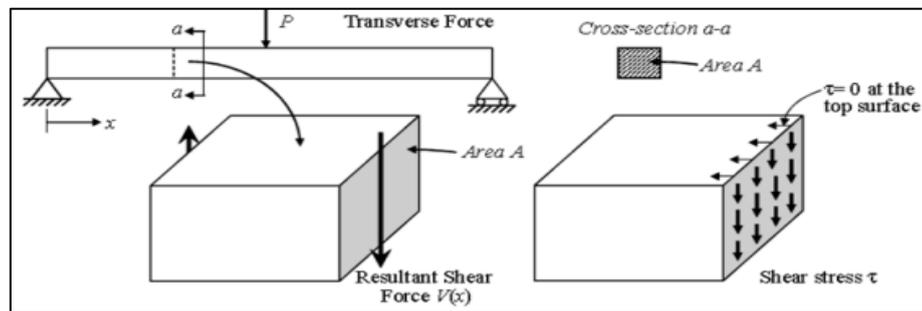
Dimana:

v : Tegangan geser rata-rata (Mpa)

V : Gaya geser (N)

b : Lebar balok (mm)

d : Tinggi bidang geser (mm)



Gambar 2.1: Gaya geser akibat beban transversal pada balok (Haq dan Andayani, 2017).

2.6 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.2: Penelitian terdahulu.

No	Judul	Kesimpulan
1.	Pengaruh Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Sikafume Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Lentur Beton SCC (Azka Jindar Thiyaf, 2023)	Penggunaan abu sekam padi 10% dan variasi sika fume (0%, 3%, 5%, 8%, 10%) pada beton SCC mutu rencana 41,5 MPa terbukti meningkatkan performa mekanis beton. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan kuat tekan sebesar 19,63%, kuat tarik belah 17,65%, serta kuat lentur 9,04% dibandingkan beton normal tanpa bahan tambahan.

Tabel 2.2: *Lanjutan.*

No.	Judul	Kesimpulan
2.	Pengaruh Penambahan Pecahan Tempurung Kelapa dan <i>Sikament-NN</i> Dalam Pembuatan Balok Beton Berdasarkan Uji Kuat Geser (Ainurrasyid, 2023)	Penelitian ini meneliti pengaruh penambahan pecahan tempurung kelapa dan <i>Sikament-NN</i> pada beton. Hasil uji menunjukkan bahwa keduanya menurunkan kuat tekan namun meningkatkan kuat geser. Kombinasi terbaik terdapat pada 1,5% pecahan tempurung kelapa dan 2,3% <i>Sikament-NN</i> yang mampu meningkatkan kedua sifat beton tersebut.
3.	Uji Kuat Geser Beton Dengan Menggunakan Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus dan <i>Sikacim Concrete Additive</i> Sebagai Bahan Tambah (Zulkarnain dkk., 2024)	Penggunaan pasir pantai memang menurunkan kuat geser beton akibat kandungan garam, namun penambahan <i>Sikacim</i> mampu memperbaikinya. Variasi BTPPS 30% menghasilkan kuat geser tertinggi (1,21 MPa) sehingga menjadi komposisi paling optimal. Selain itu, semakin besar persentase pasir pantai, nilai slump semakin menurun yang membuat beton lebih kental dan sulit diolah.
4.	<i>The Effects of Rice Husk Ash as Bio-Cementitious Material in Concrete</i> (Alsaed dkk., 2024)	Penambahan abu sekam padi (<i>RHA</i>) 10–20% sebagai pengganti semen Portland mampu meningkatkan kuat tekan beton hingga umur 28 hari, mengurangi kadar udara, serta menghasilkan beton yang lebih ringan dengan performa tetap baik. Penggunaan <i>RHA</i> tidak hanya menjaga kualitas beton, tetapi juga mendorong terciptanya material konstruksi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Tabel 2.2: Lanjutan.

No.	Judul	Kesimpulan
5.	<i>Study on concrete with rice husk ash</i> (Siddika dkk., 2018)	Abu sekam padi (<i>RHA</i>) dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah semen yang ramah lingkungan dan ekonomis. Penggunaan 10% <i>RHA</i> menghasilkan kuat tekan, lentur, dan tarik yang setara dengan beton kontrol, sekaligus meningkatkan ketahanan terhadap serangan kimia. Namun, semakin besar persentase penggantian semen, nilai slump menurun dan kebutuhan air meningkat.

- **Hipotesa Penelitian**

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, penggunaan abu sekam padi (*Rice Husk Ash/RHA*) dan bahan tambahan mineral atau kimia seperti *Silica Fume*, *Sikament-NN*, maupun Sikacim terbukti mampu memengaruhi sifat mekanis beton. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *RHA* pada kadar 10–20% dapat meningkatkan kekuatan tekan, tarik, maupun lentur beton, sementara penelitian lain menyatakan bahwa penambahan bahan aditif seperti *Silica Fume* dan *Sikament-NN* mampu meningkatkan kuat geser meskipun pada saat yang sama berpotensi menurunkan kuat tekan. Selain itu, kombinasi tertentu antara material pengganti semen dan bahan tambah kimia terbukti lebih efektif dalam meningkatkan performa beton dibandingkan penggunaannya secara tunggal.

Dengan mengacu pada hasil-hasil tersebut, penelitian ini mengajukan hipotesis bahwa substitusi abu sekam padi dalam kadar rendah serta penambahan *Sika Fume* dapat menghasilkan beton dengan kuat geser yang lebih baik dibandingkan beton normal. Sebaliknya, penggunaan abu sekam padi pada kadar tinggi diperkirakan menurunkan kuat geser beton. Kombinasi abu sekam padi dan *Sika Fume* diperkirakan memberikan efek sinergis yang mampu meningkatkan mutu geser beton secara signifikan, sekaligus menjadikan beton lebih ramah lingkungan melalui pengurangan penggunaan semen.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian diawali dengan memperoleh persetujuan dari Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dilanjutkan dengan studi literatur yang mencakup pencarian referensi jurnal, kajian terhadap kandungan bahan tambahan yang digunakan, serta metode yang diterapkan dalam penelitian.

Tahap awal penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data sekunder dikumpulkan untuk keperluan pengujian bahan dasar agregat, termasuk karakterisasi serta evaluasi material yang akan digunakan dalam percobaan campuran beton. Dalam penyusunan tugas akhir ini, berbagai data pendukung turut digunakan sebagai acuan. Data pendukung tersebut diperoleh dari:

3.1.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium, yaitu:

- a. Analisa saringan agregat (SNI ASTM C136-2012)
- b. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1970-2016)
- c. Berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970-2016)
- d. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 1973-2008)
- e. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971-2011)
- f. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4142-1996)
- g. Perbandingan campuran beton (*mix design*) (SNI 7656-2012)
- h. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2393-2011)
- i. Kekentalan adukan beton segar (*Slump*) (SNI 1972-2008)
- j. Uji kuat geser beton

3.1.2 Data Sekunder

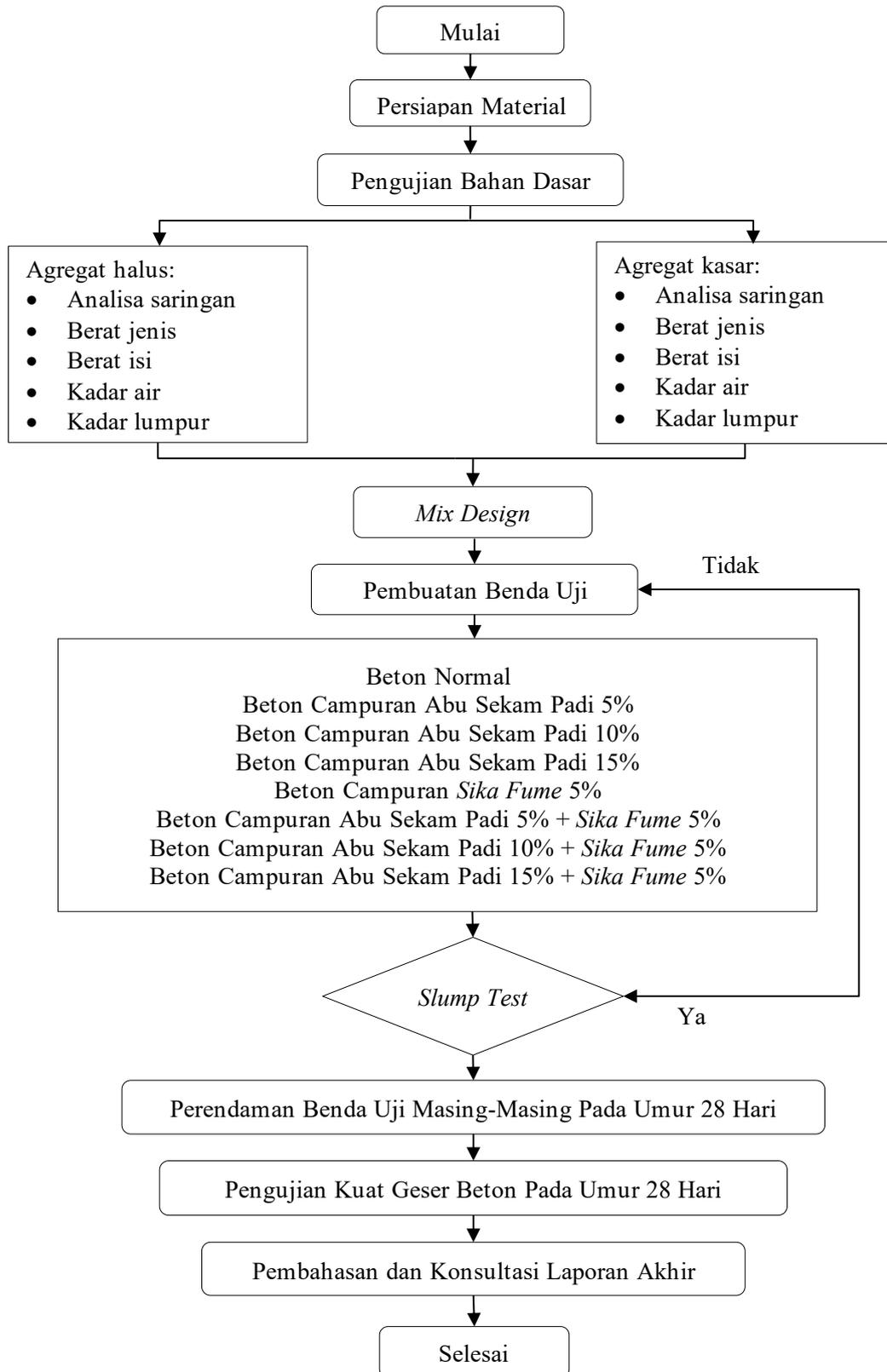
Data sekunder merupakan informasi yang diperoleh dari berbagai sumber, seperti buku dan jurnal yang membahas konstruksi beton. Penelitian ini dapat terlaksana dengan baik berkat bimbingan dosen pembimbing serta kajian terhadap berbagai referensi dari jurnal dan penelitian terdahulu, sehingga menghasilkan data yang lebih valid. Dalam pengolahan data sekunder, penelitian ini mengacu pada standar yang ditetapkan dalam SNI untuk memastikan akurasi dan kesesuaian dengan ketentuan yang berlaku. Adapun SNI yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Peraturan SNI 03-2834-2000 mengenai cara pembuatan rencana beton normal.
2. Peraturan SNI 1974-2011 mengenai metode pengujian kuat tekan beton.

3.2 Bagan Alir

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penambahan abu sekam padi dan *sika fume* terhadap kualitas beton, khususnya kuat geser pada umur 28 hari. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian disusun dalam tahapan sistematis yang ditampilkan dalam diagram alir.

Kegiatan dimulai dengan studi literatur sebagai dasar teori, dilanjutkan persiapan alat dan bahan, serta pengujian material berupa agregat halus, agregat kasar, dan bahan tambahan. Pengujian mencakup analisis saringan, berat jenis, berat isi, kadar air, dan kadar lumpur. Setelah itu dilakukan perancangan campuran beton (*mix design*) mengacu pada SNI 7656:2012. Beton segar diuji slump untuk mengetahui kelecakan, kemudian dirawat hingga umur pengujian. Keseluruhan tahapan penelitian disajikan secara terstruktur pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Diagram alir benda uji.

3.3 Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang terletak di Jl. Kapten Muctar Basri No. 3, Medan. Penelitian dilakukan pada bulan April.

3.4 Bahan Penelitian

3.4.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan sebagai material pembentuk beton antara lain:

a. Semen Portland

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *portland* tipe 1.

b. Agregat Halus dan Agregat Kasar

Agregat halus dan kasar yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Binjai. Agregat halus digunakan setelah lolos pada saringan no. 4, sedangkan agregat kasar berbentuk batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm.

c. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

d. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi yang digunakan diperoleh dari Deli Serdang.

e. Sika Fume

Sika fume yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT Sika Indonesia.

3.4.2 Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini telah tersedia di Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Alat-alat yang digunakan antara lain:

- a. Satu set saringan agregat halus yang digunakan meliputi saringan No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, dan pan. Saringan ini digunakan untuk memeriksa gradasi pasir yang digunakan. Sedangkan untuk agregat kasar, saringan yang digunakan antara lain saringan 1 ½”, ¾”, 3/8”, dan No.4.
- b. Timbangan digital

- Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan dengan akurat.
- c. Gelas ukur
Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air.
 - d. Oven
Oven berfungsi untuk mengeringkan sampel bahan.
 - e. Wadah atau ember
Wadah atau ember digunakan untuk merendam sampel dalam air.
 - f. Mesin aduk beton (molen)
Molen berfungsi untuk mencampur adonan beton.
 - g. Kerucut Abrams
Kerucut abrams digunakan untuk menguji slump beton.
 - h. Tongkat penumbuk
Tongkat penumbuk berfungsi untuk memadatkan benda uji.
 - i. Penggaris
Penggaris digunakan untuk mengukur tinggi slump beton.
 - j. Cetakan balok
Cetakan beton berfungsi untuk membentuk benda uji beton.
 - k. Plastik
Plastik digunakan sebagai wadah untuk agregat.
 - l. Sekop tangan
Sekop tangan berfungsi untuk mengaduk dan memasukkan agregat ke dalam cetakan.
 - m. Sendok semen
Sendok semen digunakan untuk meratakan adonan beton.
 - n. Pan
Pan berfungsi sebagai wadah untuk campuran beton.
 - o. *Loading frame*
Loading frame merupakan alat untuk menguji kuat geser beton.
 - p. Plat konus besi
Plat konus digunakan sebagai tumpuan untuk benda uji.

3.5 Desain dan Jumlah Benda Uji

Benda uji yang digunakan berbentuk balok dengan ukuran 60 cm x 15 cm x 15 cm dengan variasi persentase abu sekam padi 5%, 10%, dan 15% dan *sika fume* 5%.

Tabel 3.1: Komposisi campuran benda uji.

No.	Kode Benda Uji	Agregat Halus	Agregat Kasar	Semen	Abu Sekam Padi	<i>Sika Fume</i>	Jumlah Sampel
1	BN	100%	100%	100%	0%	0%	3
2	BASP 1	100%	100%	95%	5%	0%	3
3	BASP 2	100%	100%	90%	10%	0%	3
4	BASP 3	100%	100%	85%	15%	0%	3
5	BSPSF 1	100%	100%	90%	5%	5%	3
6	BSPSF 2	100%	100%	85%	10%	5%	3
7	BSPSF 3	100%	100%	80%	15%	5%	3
8	BSF	100%	100%	95%	0%	5%	3
Jumlah							24

Keterangan:

BN : Beton Normal

BASP 1 : Beton dengan abu sekam padi 5%

BASP 2 : Beton dengan abu sekam padi 10%

BASP 3 : Beton dengan abu sekam padi 15%

BSPSF 1 : Beton dengan campuran abu sekam padi 5% dan *Sika Fume* 5%

BSPSF 2 : Beton dengan campuran abu sekam padi 10% dan *Sika Fume* 5%

BSPSF 3 : Beton dengan campuran abu sekam padi 15% dan *Sika Fume* 5%

BSF : Beton dengan campuran *Sika Fume* 5%

3.6 Persiapan Penelitian

Setelah semua material yang diperoleh tiba di lokasi, material tersebut dipisahkan berdasarkan jenisnya untuk mempermudah tahapan penelitian selanjutnya dan untuk menghindari pencampuran dengan bahan lain yang dapat memengaruhi kualitas material. Selain itu, material juga dibersihkan dari lumpur kemudian dijemur jika dalam keadaan basah.

3.7 Pengujian Agregat

Pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus dilakukan untuk menilai kelayakan agregat sebagai bahan campuran dan pembentuk beton. Proses pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Beton dengan mengikuti pedoman SNI mengenai pemeriksaan agregat.

3.7.1 Pengujian Analisa Saringan

Prosedur dalam pengujian analisa saringan agregat adalah sebagai berikut (SNI ASTM C136-2012).

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5) °C hingga mencapai berat tetap.
2. Timbang benda uji sesuai dengan berat yang ditentukan. Susun saringan dengan meletakkan saringan terbesar di bagian atas dan pan di bagian bawah. Agregat dimasukkan dari bagian atas, kemudian bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan. Pengayakan dilakukan menggunakan mesin pengayak selama 15 menit untuk memastikan hasil ayakan terpisah dengan merata.
3. Setelah itu, berat agregat yang tertahan di setiap saringan ditimbang.

3.7.2 Pengujian *Spesific Gravity* Agregat (Berat Jenis)

Berat jenis agregat merupakan rasio antara massa dan volume dari material yang diuji, sedangkan penyerapan menunjukkan tingkat atau kemampuan suatu material dalam menyerap air. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis

jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry*), berat jenis semu (*Apparent*), berat jenis kering oven (*Bulk*), serta persentase penyerapan air pada pasir dan abu batu yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton.

Dalam pengujian ini, berat jenis agregat kasar dan halus ditentukan dengan mengacu pada SNI 1970-2016.

1. Berat Jenis Curah (*Bulk Specific Gravity*)

a. Agregat kasar

$$\text{Berat jenis curah } (S_d) = \frac{A}{B-C} \quad (3.1)$$

Keterangan:

A : Berat benda uji kering oven (gr)

B : Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan udara (gr)

C : Berat benda uji dalam air (gr)

b. Agregat halus

$$\text{Berat jenis curah } (S_d) = \frac{A}{B+S-C} \quad (3.2)$$

Keterangan:

A : Berat benda uji kering oven (gr)

B : Berat benda piknometer berisi air (gr)

C : Berat benda piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gr)

S : Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

2. Berat Jenis Jenuh (*Bulk Gravity SSD*)

a. Agregat kasar

$$\text{Berat jenis jenuh } (S_s) = \frac{B}{B-C} \quad (3.3)$$

Keterangan:

B : Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan udara (gr)

C : Berat benda uji dalam air (gr)

b. Agregat halus

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan } (S_s) = \frac{A}{(B+S-C)} \quad (3.4)$$

Keterangan:

B : Berat benda piknometer berisi air (gr)

C : Berat benda piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gr)

S : Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

3. Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*)

a. Agregat kasar

$$\text{Berat jenis semu } (S_a) = \frac{A}{A-C} \quad (3.5)$$

Keterangan:

A : Berat benda uji kering oven (gr)

C : Berat benda uji dalam air (gr)

b. Agregat halus

$$\text{Berat jenis semu } (S_a) = \frac{A}{(B+A-C)} \quad (3.6)$$

Keterangan:

A : Berat benda uji kering oven (gr)

B : Berat benda piknometer berisi air (gr)

C : Berat benda piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gr)

4. Penyerapan (*Absorbtion*)

a. Agregat kasar

$$\text{Penyerapan } (A_w) = \left[\frac{B-A}{A} \right] \times 100\% \quad (3.7)$$

Keterangan:

A : Berat benda uji kering oven (gr)

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

b. Agregat halus

$$\text{Penyerapan } (A_w) = \left[\frac{S-A}{A} \right] \times 100\% \quad (3.8)$$

Keterangan:

A : Berat benda uji kering oven (gr)

S : Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

3.7.3 Pengujian Berat Isi

Berat isi atau berat satuan agregat adalah perbandingan antara berat agregat dengan volume yang ditempati. Berat isi agregat sangat penting dalam perhitungan campuran beton terutama ketika bahan dicatat berdasarkan volume. Besar kecilnya berat isi agregat dipengaruhi oleh berat butiran agregat yang berarti semakin besar berat butirannya semakin tinggi pula berat isinya. Sebaliknya semakin besar volume agregat berat isinya akan semakin kecil karena berat isi agregat berbanding terbalik dengan volume agregat (Aulia, 2023).

Alat, bahan, dan prosedur pengujian mengikuti SNI 1973:2008 serta pedoman praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mengenai berat jenis dan penyerapan agregat kasar. Langkah-langkah percobaan untuk menentukan berat isi agregat:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Menimbang dan mencatat berat wadah.
3. Mengukur tinggi dan berat wadah.
4. Menghitung volume wadah.
5. Mengisi wadah dengan agregat hingga 1/3 tinggi wadah, kemudian merojoknya sebanyak 25 kali. Isi lagi 1/3 wadah dan merojoknya 25 kali, kemudian isi wadah hingga penuh.
6. Meratakan permukaan agregat di dalam wadah dengan mistar perata.
7. Menimbang wadah beserta isinya dan mencatat beratnya.
8. Menghitung berat isi agregat berdasarkan data yang telah diperoleh.

Perhitungan berat isi agregat dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{W_3}{V} \quad (3.9)$$

Keterangan:

- D : Berat isi beton (kg/m^3)
W₁ : Berat contoh dan wadah (gr)
W₂ : Berat wadah (gr)
W₃ : Berat contoh ($W_3 = W_1 - W_2$) (gr)
V : Volume wadah (cm^3)

3.7.4 Pengujian Kadar Air

Kadar air agregat merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat pada kondisi basah dan berat agregat pada kondisi kering, yang kemudian dinyatakan dalam bentuk persen (%). Perhitungan kadar air agregat dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \quad (3.10)$$

Keterangan:

- P : Kadar air benda uji (%)
- W_1 : Berat contoh dan wadah (gr)
- W_2 : Berat wadah (gr)

Alat, bahan, dan prosedur pengujian mengikuti SNI 1971:2011 serta panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mengenai kadar air. Langkah-langkah prosedur percobaan kadar air adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Mengambil sampel bahan yang akan digunakan dalam percobaan.
3. Menimbang sampel bahan setelah dimasukkan ke dalam wadah.
4. Mengeringkan sampel bahan dalam oven selama ± 24 jam pada suhu $\pm 105^\circ\text{C}$ hingga mencapai berat konstan.
5. Mengeluarkan sampel bahan dari oven, mendinginkannya pada suhu ruangan, lalu menimbanginya kembali.

3.7.5 Pengujian Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat dilakukan untuk menentukan persentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat. Kandungan lumpur yang berlebihan dapat menyebabkan ikatan antara agregat dan semen menjadi lemah, sehingga mengurangi kuat tekan beton yang dihasilkan. Adapun rumus dari kadar lumpur:

1. Berat sampel kering (A)
2. Berat sampel kering setelah dicuci (B)
3. Berat kotoran agregat lolos saringan No.100 setelah dicuci

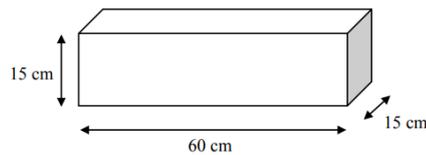
$$(C) = A - B \quad (3.11)$$

4. Persentase kotoran agregat lolos saringan No.100 setelah dicuci

$$(D) = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3.12)$$

3.8 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk balok dengan dimensi 60 cm × 15 cm x 15 cm. Ilustrasi dari benda uji yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2: Ilustrasi benda uji balok.

3.9 Slump Test

Slump test adalah uji yang digunakan untuk mengukur konsistensi campuran beton, yang berkaitan dengan tingkat *workability*. Kekuatan beton dipengaruhi oleh jumlah air yang digunakan dalam campuran, sehingga *slump test* ini menunjukkan kondisi campuran beton yang kekurangan, kelebihan, atau kecukupan air.

Alat, bahan, dan prosedur pengujian slump test dilakukan sesuai dengan SNI 1972:2008 dan panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Prosedur percobaan *slump test* adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Meletakkan kerucut Abrams pada papan datar.
3. Menekan pegangan dasar kerucut dengan kaki dalam posisi membungkuk.
4. Mengisi kerucut dengan adukan beton hingga 1/3 tinggi kerucut, kemudian merojoknya 25 kali pada tempat yang berbeda.
5. Mengisi kembali kerucut hingga 2/3 tinggi dan merojoknya 25 kali.
6. Mengisi kerucut hingga penuh dengan adukan beton.

7. Merojoknya sebanyak 25 kali, kemudian meratakan permukaannya.
8. Menunggu selama 30 detik, kemudian mengangkat kerucut secara vertikal dengan hati-hati hingga adukan beton terlepas.
9. Mengukur tinggi adukan beton dengan menggunakan penggaris
10. Selisih antara tinggi adukan beton dan tinggi kerucut merupakan nilai slump.
11. Jika nilai *slump* yang diperoleh kurang dari 3-6 cm, maka campuran beton belum memenuhi standar yang ditetapkan.
12. Ulangi prosedur dari langkah 4 hingga 10 jika hasil yang diperoleh belum memenuhi syarat.

3.10 Perendaman Benda Uji

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, benda uji akan dilakukan perawatan melalui perendaman dalam air hingga mencapai umur 28 hari, sebelum dilakukan pengujian kuat geser.

3.11 Pengujian Kuat Geser Beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kuat geser beton setelah 28 hari perawatan. Benda uji yang digunakan berbentuk balok dengan dimensi 60 cm x 15 cm x 15 cm. Jumlah benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat geser ini adalah sebanyak 24 buah. Adapun langkah-langkah dalam prosedur pengujian kuat geser adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji berbentuk balok dengan dimensi 60 cm x 15 cm x 15 cm.
2. Menimbang benda uji dan mencatat beratnya.
3. Menempatkan benda uji di tengah alat uji tekan beton.
4. Mengoperasikan *loading frame* dan memberikan pembebanan secara merata hingga terjadi kerusakan pada bidang geser benda uji.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

Dalam pengujian terhadap agregat, baik kasar maupun halus, peneliti mengumpulkan data terkait karakteristik material, seperti hasil analisis saringan, berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar air, serta kadar lumpur. Seluruh pemeriksaan bahan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan terhadap agregat, baik kasar maupun halus, dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan mengacu pada standar pemeriksaan agregat sesuai ketentuan SNI yang berlaku.

4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Dalam penelitian ini, agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah yang diperoleh dari daerah Binjai, Sumatera Utara. Secara umum, kualitas batu pecah dari wilayah tersebut telah memenuhi standar untuk digunakan sebagai material bangunan. Pengujian yang dilakukan meliputi analisis saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, berat isi, serta kadar lumpur.

4.3.1. Analisa Saringan Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian analisis saringan terhadap agregat kasar dilakukan berdasarkan standar SNI ASTM C 136:2012 tentang metode analisis saringan agregat kasar. Hasil pengujian tersebut menghasilkan data ukuran butiran agregat kasar yang disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Pengujian analisa saringan agregat kasar.

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif (%)	
			Tertahan	Lolos
mm (inci)	Gr	Gr	(d)	(e)
25.4 mm (1 inci)		0		100
19.1 mm (3/4 inci)	1161	1161	23,22	76,78
12.7 mm (1/2 inci)	1364	2525	50,5	49,5
9.52 mm (3/8 inci)	952	3477	69,54	30,46
4.75 mm (No. 4)	1125	4602	92,04	7,96
2.36 mm (No. 8)			100	0
1.18 mm (No. 16)			100	0
0.6 mm (No. 30)			100	0
0.3 mm (No. 50)			100	0
0.15 mm (No. 100)			100	0
0.075 mm (No. 200)			100	0
Pan	398	5000	100	0
Modulus Kehalusan			735,3	7,35

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 4.1, diperoleh nilai modulus kehalusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus Kehalusan)} &= \frac{\Sigma \text{ Berat Tertahan Kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{735,3}{100} \\
 &= 7,35
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai modulus kehalusan (FM) yang diperoleh adalah sebesar 7,35%. Nilai tersebut melebihi batas yang ditetapkan dalam standar ASTM C33-97, yaitu antara 6% hingga 7%, sehingga gradasi agregat kasar yang digunakan tergolong terlalu kasar atau berada di luar rentang yang disarankan.

4.3.2. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar mengacu pada standar SNI 1969:2016. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh nilai berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

	Satuan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Rata – rata
				I	II	
<i>Wt of SSD sample in air</i> (Berat contoh SSD kering permukaan jenuh)	Gr	A	-	1999	2012	2005,5
<i>Wt of oven dry sample</i> (Berat contoh SSD kering oven)	Gr	B	-	1973	1983	1978
<i>Wt of Sample in water</i> (Berat contoh dalam air)	gr	C	-	1220	1250	1235
<i>Bulk sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh kering)	gr/cm ³	-	$\frac{B}{(A - C)}$	2,53	2,60	2,57
<i>Bulk sp. Grafity SSD</i> (Berat jenis contoh SSD)	gr/cm ³	-	$\frac{A}{(A - C)}$	2,57	2,64	2,60
<i>Apparent sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh semu)	gr/cm ³	-	$\frac{B}{(B - C)}$	2,62	2,71	2,66
<i>Absorption</i> (Penyerapan)	%	-	$\frac{A - B}{B} \times 100$	1,32	1,46	1,39

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai berat jenis agregat kasar dalam kondisi jenuh permukaan kering (*Saturated Surface Dry/SSD*) sebesar rata-rata 2,60 gr/cm³. Nilai tersebut berada dalam rentang standar yang diperkenankan, yaitu antara 2,2 hingga 2,9, sehingga agregat kasar tersebut dapat diklasifikasikan sebagai

agregat normal. Adapun nilai rata-rata penyerapan air (*absorption*) agregat kasar yang diperoleh dari hasil pengujian adalah sebesar 1,39%.

4.3.3. Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian dilakukan berdasarkan pedoman SNI 1973:2008 serta merujuk pada laporan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) mengenai berat isi agregat kasar. Adapun hasil pengujian disajikan Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Pengujian berat isi agregat kasar.

No	Keterangan	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
1	Berat contoh & Wadah (<i>WT of Sample & Mold</i>)		Gr	22974	24023	23272
2	Berat Wadah (<i>WT of Mold</i>)		Gr	5450	5450	5450
3	Berat Contoh (<i>WT of Sample</i>)	1 - 2	Gr	17524	18573	17822
4	Volume Wadah (<i>Volume of Mold</i>)		cm ³	10851,84	10851,84	10851,8
5	Berat Isi (<i>Unit Weight</i>)	3 ÷ 4	gr/cm ³	1,6148414	1,711507	1,6423
6	Rata - Rata (<i>Average</i>)		gr/cm ³	1,66		
			kg/m ³	1,656		

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai rata-rata berat isi agregat kasar sebesar 1,66 gr/cm³. Mengacu pada ketentuan untuk beton normal yang mensyaratkan rentang berat isi antara 1,4 hingga 1,8 gr/cm³, maka agregat kasar yang digunakan telah memenuhi kriteria yang dipersyaratkan.

4.3.4. Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian kadar air dilaksanakan berdasarkan standar yang tercantum dalam SNI 1971:2011. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh data kadar air agregat kasar yang disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Pengujian kadar air agregat kasar.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Benda Uji	
				I	II
Massa Wadah + Benda Uji	a		Gr	2030	2048
Massa Wadah	b		Gr	510	489
Massa Benda Uji	W1	a – b	Gr	1520	1559
Massa Wadah + Benda Uji Kering Oven	c		Gr	1997	2031
Massa Wadah	d		Gr	510	489
Massa Benda Uji Kering Oven	W2	c – d	Gr	1487	1542
Kadar Air Total	P	$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$	%	2,22	1,10
Rata – Rata			%	1,66	

Pengujian kadar air dilakukan sebanyak dua kali, pengujian pertama diperoleh hasil sebesar 2,22%, dan pada pengujian kedua diperoleh hasil sebesar 1,10%. Berdasarkan kedua hasil tersebut, maka kadar air rata-rata yang diperoleh adalah sebesar 1,66%.

4.3.5. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pengujian kadar lumpur pada agregat kasar dilakukan berdasarkan SNI 4142:1996 mengenai kadar lumpur dalam agregat kasar. Adapun hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat Wadah + Isi	W1		1580	1560	gr
Berat Wadah	W2		580	560	gr

Tabel 4.5: *Lanjutan.*

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat Wadah + Contoh Kering	W3		1559	1542	Gr
Berat Kering Contoh Awal	W4	$W1 - W2$	1000	1000	gr
Berat Kering Contoh Akhir	W5	$W3 - W2$	979	982	gr
Berat Kotoran Agregat Lolos Saringan No.200	W6	$W4 - W5$	21	18	gr
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan No. 200	W7	$(W6 \div W4) \times 100$	2,1	1,8	%
Rata – Rata			1,95		%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar lumpur pada sampel 1 sebesar 2,1% dan pada sampel 2 sebesar 1,8%. Dari kedua nilai tersebut, diperoleh rata-rata kadar lumpur sebesar 1,95%.

4.4 Pemeriksaan Agregat Halus

Dalam penelitian ini, agregat halus yang digunakan adalah pasir alam yang diperoleh dari wilayah Binjai, Sumatera Utara. Pasir tersebut secara umum telah memenuhi persyaratan mutu sebagai bahan konstruksi. Beberapa pengujian yang dilakukan meliputi analisis saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar air, serta kadar lumpur.

4.4.1. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian analisis saringan terhadap agregat halus mengacu pada standar SNI ASTM C136:2012. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh data hasil analisis saringan agregat halus yang disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Pengujian analisa saringan agregat halus.

Saringan	Massa Tertahan gr	Jumlah Tertahan Gr	Persentase Kumulatif (%)	
			Tertahan	Lolos
mm (Inci)	(a)	(b)	(c)	(d)
9.52 mm (3/8 inci)	0	0	0,0	100
4.75 mm (No. 4)	65	65	2,6	97,4
2.36 mm (No. 8)	57	122	4,9	95,1
1.18 mm (No. 16)	435	557	22,3	77,7
0.6 mm (No. 30)	421	978	39,1	60,9
0.3 mm (No. 50)	708	1686	67,4	32,6
0.15 mm (No. 100)	739	2425	97,0	3,0
0.075 mm (No. 200)	58	2483	99,3	0,7
Pan	17	2500	100,0	0,0
Modulus Kehalusan			233,3	2,3332

Berdasarkan Tabel 4.6, diperoleh nilai modulus kehalusan (*fineness modulus*) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus Kehalusan)} &= \frac{\Sigma \text{Berat tertahan kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{233}{100} \\
 &= 2,33
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai Modulus Kehalusan (FM) agregat halus sebesar 2,33%. Nilai tersebut berada dalam rentang yang dipersyaratkan oleh standar ASTM C33-97, yaitu antara 2,3% hingga 3,1%.

4.4.2. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus mengacu pada standar SNI 1969:2016. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh nilai berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang disajikan dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Pengujian dan berat jenis agregat halus.

<i>Fine Agregats</i> (Agregat Halus) <i>Passing No. 4</i> (Lolos Ayakan No. 4)	Satuan	Notasi	Benda Uji		Rata - rata
			I	II	
<i>Wt of SSD sample in air</i> (Berat contoh SSD kering permukaan jenuh)	gr	B	500	500	500
<i>Wt of oven dry sample</i> (Berat contoh SSD kering oven)	gr	E	483	487	485
<i>Wt of flask + water</i> (Berat Piknometer penuh air)	gr	D	662	665	663,5
<i>Wt of flask + water + sample</i> (Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air)	gr	C	964	975	969,5
<i>Bulk sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh kering)	gr/cm ³	$\frac{E}{(B + D - C)}$	2,44	2,56	2,50
<i>Bulk sp. Grafity SSD</i> (Berat jenis contoh SSD)	gr/cm ³	$\frac{B}{(B + D - C)}$	2,53	2,63	2,58
<i>Apparent sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh semu)	gr/cm ³	$\frac{E}{(E + D - C)}$	2,67	2,75	2,71
<i>Absorption</i> (Penyerapan)		$\frac{B - E}{E} \times 100$	3,52	2,67	3,09

Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat halus dalam kondisi jenuh permukaan kering (*SSD*) memiliki berat jenis rata-rata sebesar 2,58 gr/cm³. Nilai ini memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan, yakni berada dalam batas nilai antara 2,2 hingga 2,9. Selain itu, nilai rata-rata penyerapan air (*Absorption*) dari agregat halus yang diperoleh melalui pengujian adalah sebesar 3,09%.

4.4.3. Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pengujian dilakukan berdasarkan pedoman SNI 1973:2008 serta merujuk pada laporan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) mengenai berat isi agregat kasar. Adapun hasil pengujian disajikan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Pengujian berat isi agregat halus.

No	Keterangan	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
1	Berat contoh & Wadah (<i>WT of Sample & Mold</i>)		gr	16991	17921	17910
2	Berat Wadah (<i>WT of Mold</i>)		gr	5450	5450	5450
3	Berat Contoh (<i>WT of Sample</i>)	1 - 2	gr	11541	12471	12460
4	Volume Wadah (<i>Volume of Mold</i>)		cm ³	10851,84	10851,84	10851,84
5	Berat Isi (<i>Unit Weight</i>)	3 ÷ 4	gr/cm ³	1,064	1,149	1,148
6	Rata - Rata (<i>Average</i>)		gr/cm ³	1,120		
			kg/m ³	1120,302		

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai rata-rata berat isi agregat halus sebesar 1,12 gr/cm.

4.4.4. Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air dilaksanakan berdasarkan standar yang tercantum dalam SNI 1971:2011. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh data kadar air agregat halus yang disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Kadar air agregat halus.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Benda Uji	
				I	II
Massa Wadah + Benda Uji	a		Gr	2493	2510
Massa Wadah	b		Gr	488	510
Massa Benda Uji	W1	a - b	Gr	2005	2000
Massa Wadah + Benda Uji Kering Oven	c		Gr	2394	2408
Massa Wadah	d		Gr	488	510

Tabel 4.9: Lanjutan.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Benda Uji	
				I	II
Massa Benda Uji Kering Oven	W2	c - d	Gr	1906	1898
Kadar Air Total	P	$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$	%	5,19	5,37
Rata – Rata			%	5,28	

Pengujian kadar air dilakukan sebanyak dua kali, pengujian pertama diperoleh hasil sebesar 5,19%, dan pada pengujian kedua diperoleh hasil sebesar 5,37%. Berdasarkan kedua hasil tersebut, maka kadar air rata-rata yang diperoleh adalah sebesar 5,28%.

4.4.5. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur pada agregat kasar dilakukan berdasarkan SNI 4142:1996 mengenai kadar lumpur dalam agregat kasar. Adapun hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Pengujian kadar lumpur agregat halus.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat Wadah + Isi	W1		1622	1748	gr
Berat Wadah	W2		510	506	gr
Berat Wadah + Contoh Kering	W3		1570	1699	gr
Berat Kering Contoh Awal	W4	W1 - W2	1112	1242	gr
Berat Kering Contoh Akhir	W5	W3 - W2	1060	1193	gr
Berat Kotoran Agregat Lolos Saringan No.200	W6	W4 - W5	52	49	gr
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan No. 200	W7	$(W6 \div W4) \times 100$	4,68	3,95	%
Rata – Rata			4,31		%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar lumpur pada sampel 1 sebesar 4,68% dan pada sampel 2 sebesar 3,95%. Dari kedua nilai tersebut, diperoleh rata-rata kadar lumpur sebesar 4,31%.

4.5 Perencanaan Pencampuran Beton

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian karakteristik dasar terhadap agregat halus dan agregat kasar guna memperoleh data yang diperlukan dalam perancangan campuran beton. Nilai hasil pengujian dasar selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam perencanaan campuran beton (*mix design*). Proses perencanaan campuran beton ini dilakukan mengacu pada ketentuan SNI 7656:2012.

Tabel 4.11: Data kebutuhan *mix design*.

Keterangan	Nilai	Satuan
Mutu Beton	25	MPa
Slump	75 - 100	mm
Ukuran Agregat Maksimum	19.1	mm
Berat Kering Oven Agregat Kasar	1514.5	gr
Berat Jenis Semen Tanpa Tambahan Udara	3.15	gr/cm ³
Modulus Kehalusan Agregat Halus	2,3	mm
Berat Jenis Agregat Kasar	2,60	gr/cm ³
Berat Jenis Agregat Halus	2,58	gr/cm ³
Penyerapan Air Agregat Kasar	1,39	%
Penyerapan Air Agregat Halus	3,09	%

4.5.1. Langkah Perhitungan

Adapun tahapan perhitungan yang dilakukan untuk menentukan kebutuhan material per 1 m³ campuran beton adalah sebagai berikut:

1. Banyaknya air pencampuran

Tabel 4.12: Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah (SNI -7656,2012).

Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9.5 mm	12.7 mm	19 mm	25 mm	37.5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
Beton tanpa tambahan udara								
25 – 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 – 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 – 175	243	228	216	202	190	178	160	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
Banyaknya udara dalam beton (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Beton dengan tambahan udara								
25 – 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 – 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 – 175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan sebagai berikut:								
Ringan (%)	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Sedang (%)	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Berat (%)	7.5	7.0	6.0	6.0	6.0	5.0	4.5	4.0

Berdasarkan data yang disajikan pada tabel di atas, diperoleh bahwa kebutuhan air untuk proses pencampuran beton sebesar 205 kg/m³.

2. Rasio air semen

Berdasarkan SNI 7656:2012, apabila dilakukan pembuatan campuran uji untuk mengkaji hubungan kekuatan atau mengevaluasi ulang mutu suatu campuran beton, maka kadar air pencampur dan kadar udara yang digunakan harus serendah mungkin. Nilai kadar udara tidak boleh melebihi batas maksimum yang diperkenankan, dan pengujian slump harus dilakukan hingga mencapai batas atas nilai yang diizinkan. Apabila campuran beton memiliki kadar air lebih rendah, kadar udara lebih rendah, atau keduanya, maka proporsi material penyusunnya harus disesuaikan agar karakteristik beton yang dihasilkan tetap memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.

Tabel 4.13: Hubungan antara rasio air - semen (w/c) atau rasio air - bahan bersifat semen $\{w/(c+p)\}$ dan kekuatan beton (SNI-7656, 2012).

Kekuatan Beton umur 28 hari (MPa)	Rasio air – semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0.42	-
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

Berdasarkan Tabel 4.13, maka rasio air semen yang digunakan untuk beton dengan kekuatan 25 MPa ialah 0,61.

3. Kadar semen

Kadar semen ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$= \frac{\text{Kadar air pencampur}}{\text{Rasio air semen}} = \frac{205}{0,61} = 336.07 \text{ kg}$$

4. Berat kering agregat kasar

Berdasarkan Tabel 4.14, Campuran beton dengan agregat halus 2,40 dan agregat kasar 19 mm diperkirakan memerlukan 0,66 m³ agregat kasar per 1 m³ beton.

Tabel 4.14: Volume agregat kasar per satuan volume beton (SNI-7656, 2012).

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Maka, nilai berat kering agregat kasar ialah $0.66 \times 1514.5 = 999,57$ Kg.

5. Perkiraan awal berat beton segar

Penentuan awal berat beton segar dilakukan dengan mengacu pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Perkiraan awal berat beton segar (SNI-7656, 2012).

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9.5	2280	2200
12.5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37.5	2410	2350

Tabel 4.15: *Lanjutan.*

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Berdasarkan nilai yang tercantum dalam Tabel 4.15, beton dengan agregat kasar berukuran maksimum 19 mm dan tanpa tambahan udara memiliki massa sebesar 2345 kg/m³. Maka, massa agregat halus dapat dihitung sebagai berikut:

- Air = 200.05 Kg
- Semen = 336.07 Kg
- Agregat kasar = 999.57 kg
- Jumlah = 1540.64 Kg

Sehingga, massa agregat halus yang didapat = 2345 – 1540.64 = 804.36 Kg

6. Volume absolut

Kebutuhan agregat halus ditentukan berdasarkan volume absolut, dengan mempertimbangkan volume semen, air, agregat kasar, serta udara terperangkap sekitar 1% sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.12. Dengan mempertimbangkan proporsi masing-masing komponen, volume agregat halus dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

- Volume air:

$$= \frac{205}{1000} = 0.205 \text{ m}^3$$
- Volume padat semen:

$$= \frac{336.07}{3.15 \times 1000} = 0.107 \text{ m}^3$$
- Volume agregat kasar:

$$= \frac{999.57}{2.60 \times 1000} = 0.384 \text{ m}^3$$

- Volume udara terperangkap:
= $1\% \times 1 = 0.01 \text{ m}^3$
- Volume padat selain agregat halus:
= $(0.205 + 0.107 + 0.384 + 0.01) = 0.706 \text{ m}^3$
- Volume agregat halus yang dibutuhkan:
= $1 - 0.706 = 0.294 \text{ m}^3$
- Berat agregat halus yang dibutuhkan:
= $0.294 \times 2.58 \times 1000 = 758.2 \text{ Kg}$

7. Perbandingan berat

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 7656:2012, perbandingan berat antara air (berat bersih), semen, agregat halus kering, dan agregat kasar kering tercantum dalam Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Perbandingan berat bahan.

Keterangan	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolut (kg)
Air (berat bersih)	205	205
Semen	336.07	336.07
Agregat Kasar (kering)	999,57	999,57
Agregat Halus (kering)	804.36	758.52

8. Koreksi terhadap kandungan air

Berdasarkan hasil pengujian, diketahui kadar air dalam agregat seperti yang ditunjukkan pada data berikut. Jika proporsi campuran menggunakan pendekatan massa, maka diperlukan perhitungan ulang terhadap berat agregat untuk menyesuaikan pengaruh kadar airnya. Sehingga, diperoleh nilai penyesuaian agregat sebagai berikut:

Kadar air yang diperoleh:

- Agregat kasar: 1.66%
- Agregat halus: 5,28%

- Agregat kasar (basah): $999.57 \times (1 + 0.016) = 1015.56 \text{ Kg}$
- Agregat halus (basah): $804.36 \times (1 + 0.0528) = 846.83 \text{ Kg}$

Air yang diserap tidak termasuk dalam komposisi air pencampur dan harus dieliminasi pada tahap penyesuaian jumlah air yang ditambahkan. Sehingga, kontribusi air dari agregat kasar adalah $1.66\% - 1.39\% = 0.27\%$, sedangkan kontribusi air dari agregat halus adalah $5.28\% - 3.09\% = 2.19\%$.

Dengan demikian, kebutuhan air pada proporsi campuran beton dihitung sebagai berikut:

$$205 - (999,57 \times 0.27\%) - (804.36 \times 2.19\%) = 184.68 \text{ kg}$$

Perkiraan berat setiap komponen campuran untuk 1 m^3 beton ditampilkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Perkiraan berat campuran beton.

Keterangan	Jumlah
Air (yang ditambahkan)	184.68 kg
Semen	336.07 kg
Agregat kasar	1015.56 kg
Agregat halus	846.83.kg
Total	2383.14 kg

4.6 Kebutuhan Material

1. Benda uji pada penelitian ini memiliki bentuk balok dengan spesifikasi berikut:

Kebutuhan material untuk campuran beton ini dihitung berdasarkan hasil perancangan *mix design* sebelumnya, dengan rincian sebagai berikut:

- Panjang balok = $60 \text{ cm} = 0,60 \text{ m}$
- Lebar balok = $15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$
- Tinggi balok = $15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$
- Volume balok dihitung sebagai:

$$V = p \times l \times t$$

$$V = 0,60 \times 0,15 \times 0,15 = 0,0135 \text{ m}^3$$

2. Jumlah keseluruhan material yang diperlukan untuk memproduksi satu benda uji silinder berukuran 15 cm × 30 cm adalah sebagai berikut:

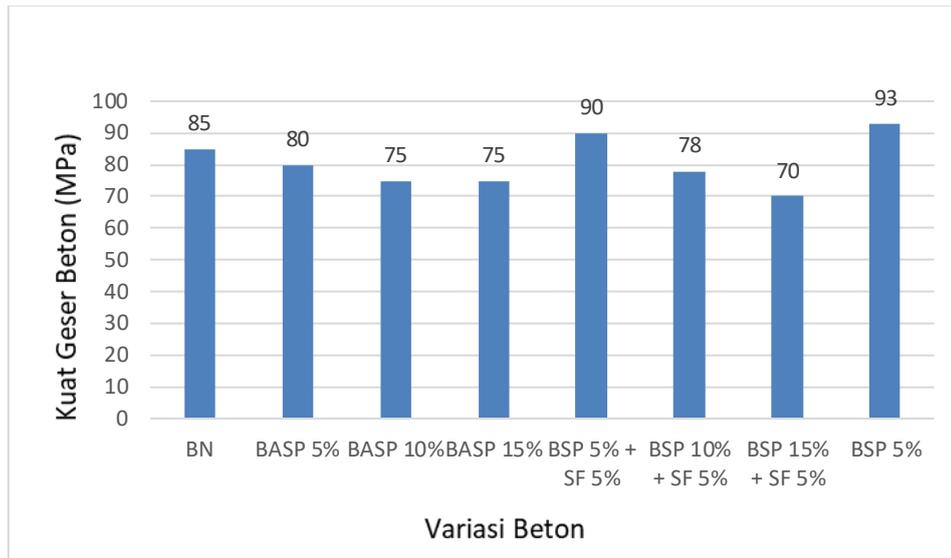
- Air = 2505.195 gr
- Semen = 4536.945 gr
- Agregat halus = 11432.21 gr
- Agregat kasar = 13710.1 gr

4.7 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan menggunakan kerucut Abrams dengan prosedur sebagai berikut. Beton segar dimasukkan ke dalam kerucut Abrams dalam tiga lapisan, masing-masing setinggi $\pm \frac{1}{3}$ dari volume cetakan. Setiap lapisan dipadatkan dengan penusukan menggunakan tongkat penusuk sebanyak 25 kali, hingga menembus ke lapisan di bawahnya. Setelah pengisian lapisan terakhir, permukaan beton diratakan, kemudian cetakan diangkat secara vertikal sejauh 300 mm dalam rentang waktu 5 ± 2 detik tanpa adanya gerakan lateral maupun torsional. Seluruh rangkaian pengujian, mulai dari pengisian beton hingga pelepasan cetakan, diselesaikan tanpa jeda dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit. Nilai *slump* diperoleh dari selisih tinggi kerucut dengan tinggi adukan setelah cetakan dilepaskan. Tabel 4.18 menunjukkan hasil pengujian nilai slump pada masing-masing variasi campuran beton yang digunakan:

Tabel 4.18: Nilai *slump test*.

No.	Jenis Beton	Nilai Slump (mm)
1	BN	85
2	BASP 5%	80
3	BASP 10%	75
4	BASP 15%	75
5	BSP 5% + SF 5%	90
6	BSP 10% + SF 5%	78
7	BSP 15% + SF 5%	70
8	BSP 5%	93



Gambar 4. 1: Diagram batang nilai *slump* pada beton.

4.8 Pengujian Kuat Geser Beton

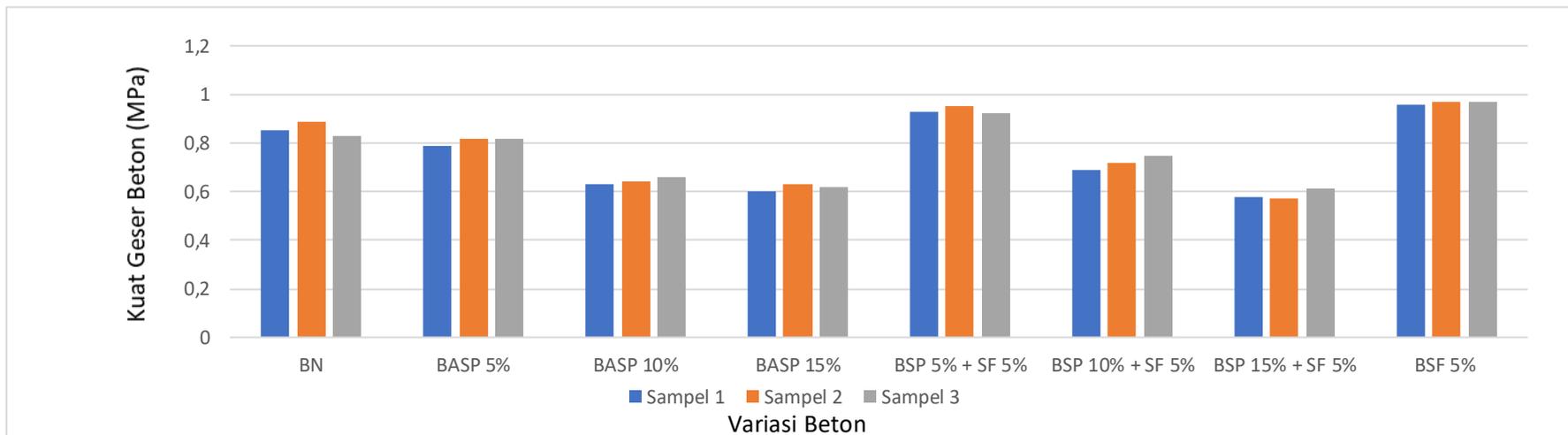
Pengujian kuat geser beton dilaksanakan setelah benda uji mencapai usia 28 hari, dengan menggunakan alat *Flexural Test Machine*. Jumlah benda uji sebanyak 24 buah berbentuk balok dengan dimensi 60 cm × 15 cm x 15 cm. Hasil kuat geser yang diperoleh dari seluruh sampel ditampilkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19: Nilai kuat geser beton.

No.	Kode	Umur	Ukuran Benda Uji (mm)			Tinggi Bidang Geser (d) (mm)	Beban (N)	Kuat Geser (MPa)	Kuat Geser Rata-Rata (MPa)
			l	b	h				
1	BN 1	28	600	150	150	150	19160	0,85	0,85
2	BN 2	28	600	150	150	150	19940	0,89	
3	BN 3	28	600	150	150	150	18610	0,83	
4	BASP 5%	28	600	150	150	150	17800	0,79	0,81
5	BASP 5%	28	600	150	150	150	18420	0,82	
6	BASP 5%	28	600	150	150	150	18540	0,82	
7	BASP 10%	28	600	150	150	150	14170	0,63	0,64
8	BASP 10%	28	600	150	150	150	14300	0,64	
9	BASP 10%	28	600	150	150	150	14790	0,66	
10	BASP 15%	28	600	150	150	150	13470	0,60	0,62
11	BASP 15%	28	600	150	150	150	14100	0,63	
12	BASP 15%	28	600	150	150	150	13960	0,62	
13	BSP 5% + SF 5%	28	600	150	150	150	21000	0,93	0,94
14	BSP 5% + SF 5%	28	600	150	150	150	21410	0,95	
15	BSP 5% + SF 5%	28	600	150	150	150	20730	0,92	
16	BSP 10% + SF 5%	28	600	150	150	150	15570	0,69	0,72
17	BSP 10% + SF 5%	28	600	150	150	150	16230	0,72	
18	BSP 10% + SF 5%	28	600	150	150	150	16880	0,75	

Tabel 4.19: Lanjutan.

No.	Kode	Umur	Ukuran Benda Uji (mm)			Tinggi Bidang Geser (d) (mm)	Beban (N)	Kuat Geser (MPa)	Kuat Geser Rata-Rata (MPa)
			l	b	h				
19	BSP 15% + SF 5%	28	600	150	150	150	13130	0,58	0,59
20	BSP 15% + SF 5%	28	600	150	150	150	12860	0,57	
21	BSP 15% + SF 5%	28	600	150	150	150	13620	0,61	
22	BSF 5%	28	600	150	150	150	21570	0,96	0,97
23	BSF 5%	28	600	150	150	150	21890	0,97	
24	BSF 5%	28	600	150	150	150	21730	0,97	



Gambar 4.2: Diagram batang nilai kuat geser 24 benda uji.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi BSF 5% dan BASP 5% + SF 5% memberikan nilai kuat geser rata-rata tertinggi dengan peningkatan masing-masing sebesar 12,79% dan 8,14% dibandingkan beton normal. Hal ini membuktikan bahwa penambahan *Sika Fume*, baik secara tunggal maupun dikombinasikan dengan abu sekam padi 5%, efektif dalam meningkatkan kekuatan geser beton.

Sebaliknya, pada variasi BASP 15% + SF 5% diperoleh nilai kuat geser rata-rata terendah dengan penurunan sebesar 31,40% terhadap beton normal. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kadar abu sekam padi yang terlalu tinggi tidak disarankan, karena dapat menurunkan kualitas beton meskipun ditambahkan *Sika Fume*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian serta analisis data pada penelitian dengan mensubstitusikan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen, serta penambahan *superplasticizer* jenis *Sika Fume* pada beton. Metode perawatan beton melalui perendaman selama 28 hari, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian, pengaruh penambahan abu sekam padi dan sika fume terhadap kuat geser beton ialah pada substitusi abu sekam padi masing-masing sebesar 5%, 10%, dan 15% diperoleh kuat geser rata-rata berturut-turut 0,81 MPa, 0,64 MPa, dan 0,62 MPa. Sebaliknya, penambahan *Sika Fume* 5% menghasilkan kuat geser sebesar 0,97 MPa, lebih tinggi dari beton normal, sehingga menunjukkan efektivitasnya dalam meningkatkan kuat geser dan ketahanan beton. Pada kombinasi campuran abu sekam padi 5% + *Sika Fume* 5%, kuat geser yang dihasilkan mencapai 0,93 MPa. Dengan demikian, abu sekam padi masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan ramah lingkungan untuk menggantikan sebagian semen, namun penggunaannya perlu dibatasi agar tidak menurunkan kualitas beton secara signifikan.
2. Perbandingan nilai kuat geser beton pada campuran abu sekam padi variasi 5%, 10%, dan 15% dan *Sika Fume* dengan variasi 5% ialah Perbandingan kuat geser menunjukkan BASP 5%, 10%, dan 15% menurun berturut-turut 4,71%, 24,71%, dan 27,06% dari BN. Kombinasi BASP 5% + SF 5% naik 10,59%, sedangkan BASP 10% + SF 5% dan BASP 15% + SF 5% menurun 15,29% dan 30,59%. Sementara itu, BSF 5% meningkat 14,12%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan abu sekam padi pada kadar rendah masih dapat menghasilkan beton dengan mutu geser yang layak, sedangkan pada kadar substitusi yang lebih tinggi justru menurunkan kekuatan geser secara signifikan sehingga tidak direkomendasikan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, penulis memberikan beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Adapun saran tersebut adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan variasi abu sekam padi yang memiliki kualitas lebih baik serta komposisi yang lebih besar sebagai substitusi semen. Hal ini bertujuan untuk mengetahui potensi maksimum pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen dengan kadar yang lebih optimal.
2. Pada penelitian berikutnya disarankan untuk menambah jumlah sampel uji, agar dapat meminimalisasi kemungkinan terjadinya kesalahan maupun ketidakteelitian akibat keterbatasan data.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap beton dengan metode perawatan rendaman air menggunakan variasi jenis semen maupun bahan substitusi lainnya. Hal ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang lebih luas, khususnya dalam bidang teknologi perawatan beton serta penerapan beton pada lingkungan dengan kondisi agresif maupun kualitas udara yang buruk.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, R., muh. faridh wajeni, dan Mustakim. (2024). *Kekuatan Tekan Beton Berpori Additive Sika Fume Mix Self Compacting Concrete*. 2(2), 134–148. <https://doi.org/10.61132/manufaktur.v2i2.363>
- Ainurrasyid. (2023). Pengaruh Penambahan Pecahan Tempurung Kelapa Dan Sikament-Nn Dalam Pembuatan Balok Beton Berdasarkan Uji Kuat Geser. 01, 1–23.
- Alsaed, M. M., Latif, R., dan Mufti, A. (2024). *The Effects of Rice Husk Ash as Bio-Cementitious Material in Concrete*. 629–639.
- Aulia, P. (2023). Kuat, Uji Beton, Geser Menggunakan, Dengan Pantai, Pasir Agregat, Sebagai Dan, Halus.
- Azka Jindar Thiyaf. (2023). Pengaruh Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Sikafume Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Kuat Lentur Beton Scc.
- Budiman, dan Patanduk, james williams tiranda. (2018). Penambahan Serat Yang Optimal Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Beton normal. *Inovtek Polbeng*, 8(2), 168–174. <https://doi.org/https://doi.org/10.35314/ip.v8i2.477>
- Diwa, B. A. Y. U., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., dan Utara, S. (2022). Sebagai Bahan Pengganti Semen Terhadap Kuat.
- Haq, hekmatyar aslamthu, dan Andayani, R. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Dan Serat Ijuk Pada Beton K-225 Terhadap Kuat Geser. 16(1), 76–82.
- Irianto, S.mabui, didik suryamiharja, Suparjo, Yunianta, A., Rochmawati, R., Tumpu, M., Lopian, franky edwin paskalis, Riswanto, S., dan Fauzi, M. (2023). *BETON “Jenis dan Kegunaannya.”*
- Lim, S., Caster, A. G., dan Leone, S. R. (2023). *Pengaruh Penambahan Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton*. 1–4.

- Passa, R. M. J., dan Safitri, D. (2021). Waktu Pengikat Semen *Portland* (Konsistensi Normal) dengan Alat Vicat. *Ilmu Teknik*, 1(3), 4.
- Sani, I. I. (2021). Perbandingan Pemakaian Air Kapur Serta Pengaruh Penambahan Sika Fume Terhadap Ketahanan Beton Mutu Tinggi (Studi Penelitian). *Abdi Sabha (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 23–33.
- Siddika, A., Al, A., dan Hedayet, M. (2018). *Study on concrete with rice husk ash*. 1–9.
- SNI 03-6861.1. (2002). Spesifikasi bahan bangunan bagian A (bahan bangunan bukan logam). *Badan Standar Nasional Indonesia*, 6861.
- SNI 15-2049-2015. (2015). Semen *portland*. Badan Standardisasi Nasional Semen *Portland*, 10(1), 5–14.
- SNI 03 4142. (1996). Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan Nomor 200 (0.0075 mm). 7823-7830.
- SNI 1970:2016, S. (2016). Cara uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 4, 20.
- SNI 1971:2011. (2011). “Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan.” *Badan Standardisasi Nasional*, 1–11.
- SNI-1972. (2008). Cara Uji *Slump* Beton.
- ASTM C136:2012, S. N. I. A. (2012). SNI ASTM C136:2012. Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–24.
- Badan Standar Nasional Indonesia. (2008). SNI 1873:2008 Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara Beton. *Badan Standardisasi Nasional*, 1-13.

LAMPIRAN



Gambar L.1: Pasir bahan pembuatan beton.



Gambar L.2: Proses pembuatan beton.



Gambar L.3: *Slump test*



Gambar L.4: Perendaman benda uji balok.



Gambar L.5: Benda uji ditimbang sebelum diuji.



Gambar L.6: Pengujian kuat geser beton.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Dhea Puspita Siregar
Panggilan : Dhea
Tempat, Tanggal Lahir : Rantau Prapat, 25 februari 2003
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Perumnas Urung Kompas No. 155
Agama : Islam
Nama Orang tua
Ayah : Junaidi. S
Ibu : Mazliana
No. Hp : 087854167811
E-mail : dheapuspitav@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2107210114
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SDN 112153 Kp. Salam	2015
2	SMP	SMPN 1 Rantau Selatan	2018
3	SMA	SMAN 3 Rantau Utara	2021
4	Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2021		