

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA KEKUATAN TEKAN MORTAR DENGAN  
VARIASI SERAT BATANG PISANG DAN VARIASI ABU  
SEKAM PADI SEBAGAI PENGUAT DAN PENGGANTI  
SEMEN**

**(Studi Penelitian)**

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

**Disusun Oleh**

**NAWANG AMI KASTURY**  
**2107210045**



**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 : Nawang Ami Kastury  
NPM : 2107210045  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Analisa Kekuatan Tekan Mortar Dengan Variasi Serat  
Batang Pisang Dan Variasi Abu Sekam Padi Sebagai  
Penguat Dan Pengganti Semen  
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.

Disetujui Untuk Disampaikan  
Kepada Panitia Ujian :

Dosen Pembimbing



Dr. Josef Hadipramana

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Nawang Ami Kastury  
NPM : 2107210045  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Analisa Kekuatan Tekan Mortar Dengan Variasi Serat Batang Pisang Dan Variasi Abu Sekam Padi Sebagai Penguat Dan Pengganti Semen  
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, 8 September 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



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

Dosen Penguji I



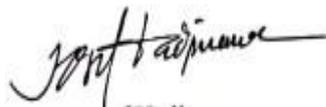
Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

Dosen Penguji II



Rizki Efrida, ST., MT.

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Nawang Ami Kastury  
Tempat, tanggal lahir : Medan, 15 Oktober 2003  
NPM : 2107210045  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir berjudul “Analisa Kekuatan Tekan Mortar Dengan Variasi Serat Batang Pisang Dan Variasi Abu Sekam Padi Sebagai Penguat Dan Pengganti Semen”.

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya 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 dengan pembatalan kelulusan atau keserjanaan saya.

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

Medan, 8 September 2025

Saya Menyatakan,

  
  
Nawang Ami Kastury

## ABSTRAK

### ANALISA KEKUATAN TEKAN MORTAR DENGAN VARIASI SERAT BATANG PISANG DAN VARIASI ABU SEKAM PADI SEBAGAI PENGUAT DAN PENGGANTI SEMEN.

(STUDI PENELITIAN)

Nawang Ami Kastury

2107210045

Josef Hadipramana, ST.,M.Sc.,Ph.D

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan serat batang pisang dan substitusi sebagian semen dengan abu sekam padi terhadap kuat tekan mortar. Variasi abu sekam padi yang digunakan adalah 5%, 10%, 12%, dan 15% dari berat semen, sedangkan variasi serat batang pisang adalah 0,1%, 0,3%, dan 0,5% dari berat campuran. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan pembuatan benda uji berbentuk kubus berukuran 5×5×5 cm sesuai SNI 03-6825-2002. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah perawatan (*curing*) selama 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi abu sekam padi sebesar 5% memberikan nilai kuat tekan tertinggi dibandingkan variasi lainnya. Penambahan serat batang pisang sebesar 0,5% mampu meningkatkan ketahanan mortar dengan menghambat retak mikro, meskipun berpengaruh terhadap *workability*. Kombinasi abu sekam padi 5% dan serat batang pisang 0,5% menghasilkan peningkatan kekuatan yang lebih signifikan dibandingkan penggunaan tunggal masing-masing bahan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah abu sekam padi dapat digunakan sebagai bahan substitusi semen optimal pada persentase 5%, sedangkan serat batang pisang efektif sebagai bahan penguat pada kadar 0,5%. Kombinasi kedua material ini berpotensi menghasilkan mortar ramah lingkungan dengan performa mekanis yang baik.

**Kata kunci:** mortar, abu sekam padi, serat batang pisang, kuat tekan, material ramah lingkungan.

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF MORTAR COMPRESSIVE STRENGTH WITH VARIATIONS OF BANANA STEM FIBER AND RICE HUSK ASH AS REINFORCEMENT AND CEMENT SUBSTITUTE**

(RESEARCH STUDY)

Nawang Ami Kastury

2107210045

Josef Hadipramana, ST.,M.Sc.,Ph.D

*This study aims to analyze the effect of banana stem fiber addition and partial substitution of cement with rice husk ash on the compressive strength of mortar. The rice husk ash variations used were 5%, 10%, 12%, and 15% of cement weight, while the banana stem fiber variations were 0.1%, 0.3%, and 0.5% of the total mixture weight. The research was conducted experimentally in the laboratory by preparing cube specimens measuring 5×5×5 cm in accordance with SNI 03-6825-2002. Compressive strength tests were carried out after 28 days of curing. The results indicate that a 5% substitution of rice husk ash provides the highest compressive strength compared to other variations. The addition of 0.5% banana stem fiber enhances mortar resistance by bridging micro-cracks, although it slightly affects workability. The combination of 5% rice husk ash and 0.5% banana stem fiber produces a more significant improvement in strength compared to the individual use of each material. It is concluded that rice husk ash can be optimally utilized as a cement replacement at 5%, while banana stem fiber is effective as a reinforcing material at 0.5%. The combination of these two materials has the potential to produce environmentally friendly mortar with good mechanical performance.*

**Keywords:** mortar, rice husk ash, banana stem fiber, compressive strength, sustainable material.

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, penulis mengucapkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisa Kekuatan Tekan Mortar dengan Variasi Serat Batang Pisang dan Variasi Abu Sekam Padi sebagai Penguat dan Pengganti Semen.” Laporan Tugas Akhir ini telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.

Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir: untuk itu penulis mengatakan rasa terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Dr. Josef Hadipramana, selaku Dosen Pembimbing sekaligus Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membantu penulis dalam memberi saran dan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Ibu Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Penguji 1 yang telah memberikan koreksi pada saran kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T selaku dosen Penguji 2 dan sekaligus Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan koreksi pada saran kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu teknik sipil kepada penulis.

6. Teristimewa kepada Ayahanda tercinta Adi Warsono dan Ibunda Sumiah terima kasih untuk semua dukungan serta kasih sayang dan semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya, dan telah bersusah payah membesarkan serta doa – doa yang tidak pernah putus hingga detik ini.
7. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama teman satu penelitian yang telah banyak membantu dalam melaksanakan penelitian hingga selesai, beserta seluruh mahasiswa/i Teknik Sipil stambuk 2021 yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini masih jauh kata sempurna untuk itu penulis berharap kritikan dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran untuk penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat untuk dunia kontruksi teknik sipil.

Medan, 8 September 2025  
Penulis

**Nawang Ami Kastury**  
**NPM. 2107210045**

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Pengertian Mortar	5
2.2 Bahan Tambahan ( <i>Admixture</i> ) Mortar	10
2.3 Kuat Tekan	11
2.4 Faktor Air Semen	13
2.5 Pozzolan	14
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>16</b>
3.1 Tahap Pengambilan Data	20
3.2 Sumber - Sumber Data dalam Penelitian	21
3.3 Tempat Dan Waktu Penelitian	22
3.3.1 Tempat Penelitian	22
3.3.2 Waktu Penelitian	23
3.4 Bahan dan alat	21

3.4.1 Bahan	22
3.4.2 Peralatan	22
3.5 Metode Penelitian	31
3.5.1 Benda uji untuk kuat tekan pertama	31
3.5.2 Benda Uji Untuk Kuat Tekan Kedua	31
3.6 Pemeriksaan Bahan	32
3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	32
3.6.2 Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Abu Sekam Padi	32
3.6.3 Kadar Air Agregat Halus	34
3.6.4 Kadar Lumpur Agregat Halus	34
3.7 Mix Design	34
3.8 Pembuatan Benda Uji	37
3.8.1 Langkah-langkah Pembuatan Benda Uji Kuat Tekan Pertama	37
3.8.2 Langkah-langkah Pembuatan Benda Uji Kuat Tekan Kedua	38
3.8.3 Perawatan Benda Uji	39
<b>BAB 4 PEMBAHASAN</b>	40
4.1 Pemeriksaan Agregat Halus	40
4.1.1. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	40
4.1.2. Berat Isi Agregat Halus	40
4.1.3. Kadar Air	41
4.1.4. kadar Lumpur	41
4.2. Mix Design	41
4.3. Hasil Dan Analisa Pengujian Beton	44
4.3.1. Kuat Tekan Beton Mortar	44
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	55
<b>LAMPIRAN</b>	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Pengelompokkan Mutu Beton Berdasarkan Nilai $f'_c$	11
Tabel 2.2 : Koefesien Perbandingan Kekuata Tekan Beton terhadap Berbagai Umur Tjokrodikuljo, 2007)	12
Tabel 3.1 : Tempat dan Waktu Penelitian	20
Tabel 3.2 : Mix Design 0,35	36
Tabel 3.3 : Mix Design 0,40	37
Tabel 4.1 : Kebutuhan material untuk 3 benda uji	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Fly Ash	6
Gambar 2.2 : Abu sekam Padi	7
Gambar 2.3 : LFS	8
Gambar 3.1 : Diagram Alir	16
Gambar 3.2 : Semen PCC	22
Gambar 3.3 : Pasir	22
Gambar 3.4 : Air	22
Gambar 3.5 : Serat Batang Pisang	23
Gambar 3.6 : Abu Sekam Padi	23
Gambar 3.7 : Gambar Saringan agregat halus No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, PAN	24
Gambar 3.8 : Oven	24
Gambar 3.9 : Timbangan Digital	25
Gambar 3.10 : Ember	25
Gambar 3.11 : Sekop Tangan	26
Gambar 3.12 : Piknometer	26
Gambar 3.13 : Gelas Ukur	26
Gambar 3.14 : Spirtus	27
Gambar 3.15 : Kawat Kasa dan Kaki Tiga	27
Gambar 3.16 : Plastik	28
Gambar 3.17 : Tongkat Pematik	28
Gambar 3.18 : Kuas	29
Gambar 3.19 : Bak Perendam	29
Gambar 3.20 : Cetakan 5x5x5	30
Gambar 3.21 : Alat pengujian kuat tekan	30
Gambar 4.1 : Grafik Hasil pengujian kuat tekan pertama FAS 0,35	45
Gambar 4.2 : Hasil pengujian kuat tekan pertama FAS 0,40	46
Gambar 4.3 : Grafik Hasil pengujian kuat tekan kedua FAS 0,35	49
Gambar 4.4 : Kuat Tekan Kedua FAS 0,40	50

## DAFTAR NOTASI

$f_c$	=	kuat tekan	(MPa)
P	=	beban tekan	(Kg)
A	=	luas penampang	(cm <sup>2</sup> )
B	=	berat contoh SSD	(gram)
E	=	berat contoh kering oven	(gram)
D	=	berat piknometer jenuh air	(gram)
C	=	berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air	(gram)
BJ bulk	=	berat jenis curah kering	(gr/cm <sup>3</sup> )
BJSSD	=	berat jenis SSD	(gr/cm <sup>3</sup> )
BJse	=	berat jenis semu	(gr/cm <sup>3</sup> )
Absorption	=	penyerapan air	(%)
W1	=	berat pasir dalam keadaan SSD	(gram)
W2	=	berat sampel pasir kering oven + wadah	(gram)
W3	=	berat wadah	(gram)
Kadar air	=	persentase kadar air agregat halus	(%)
A	=	berat contoh kering	(gram)
B	=	berat contoh kering setelah dicuci	(gram)
C	=	berat kotoran agregat No.200 setelah dicuci	(gram)
FAS	=	faktor air semen	

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangunan infrastruktur di Indonesia terus berkembang, seiring dengan meningkatnya permintaan masyarakat akan fasilitas yang memadai. Mortar berperan sebagai bahan perekat utama dalam pasangan bata dan plesteran, termasuk pada dinding partisi yang tidak menanggung beban struktural berat. Oleh karena itu, penelitian terhadap formulasi mortar yang efisien, memiliki kuat tekan memadai, dan ramah lingkungan menjadi sangat penting, terutama dalam rangka pengembangan material alternatif untuk aplikasi dinding partisi non-struktural yang membutuhkan kinerja mekanik baik namun tetap ringan dan ekonomis.

Abu sekam padi merupakan bahan pozzolan alami yang kaya silika *amorf*. Reaksi pozzolanik antara silika *amorf* dan kalsium hidroksida hasil hidrasi semen memperkuat struktur mortar secara kimiawi. Studi ulasan menyimpulkan bahwa substitusi semen oleh RHA pada kisaran 10–20 % dapat meningkatkan kekuatan tekan sebesar 10–20 % (Endale et al. 2023).

Sementara itu, serat batang pisang (*banana fiber*) memiliki potensi sebagai penguat struktural melalui mekanisme *bridging*, yang membantu menahan retak mikro dalam mortar. Penelitian (Lamichhane et al 2024) melaporkan bahwa penambahan *banana fiber* sebesar 0,25 % berat semen mampu meningkatkan kekuatan tekan hingga 18,7 % dan kuat lentur hingga 29,9 % setelah 28 hari *curing*. (Chairunnisa et al 2022) menunjukkan bahwa *banana fiber* 0,12 % (*treatment* NaOH) dapat meningkatkan kuat tekan hingga 44,36 % dan kekuatan tarik hingga 17,78 % meskipun menurunkan *workability*.

Penelitian masing-masing bahan telah terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja mortar, penelitian yang membahas penggunaan bersamaan abu sekam padi dan serat batang pisang dalam satu campuran, khususnya untuk aplikasi sebagai material dinding partisi, masih sangat terbatas. Padahal, aktivitas pozzolanik dari

abu sekam padi dapat meningkatkan kekuatan material, sedangkan serat batang pisang berperan dalam memperkuat struktur dengan cara menjembatani retakan mikro pada mortar. Kombinasi kedua bahan ini berpotensi memberikan peningkatan kekuatan tekan dan ketahanan mekanik mortar secara signifikan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara menyeluruh pengaruh variasi penambahan serat batang pisang dengan kadar 0,1 %, 0,3 %, dan 0,5 % serta substitusi sebagian semen dengan abu sekam padi sebesar 5 %, 10 %, 12 %, dan 15 % terhadap sifat mekanik mortar, khususnya kuat tekan, yang ditujukan untuk aplikasi dinding partisi. Kombinasi material alami ini dipilih berdasarkan pertimbangan ketersediaan, keberlanjutan, dan potensi teknisnya dalam meningkatkan kinerja mortar. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan formulasi campuran mortar yang tidak hanya memenuhi persyaratan teknis dari segi kekuatan tekan, tetapi juga memiliki nilai tambah dalam hal efisiensi ekonomi serta mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan yang ramah lingkungan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dengan mengacu pada penjelasan latar belakang, permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut

1. Bagaimana pengaruh variasi abu sekam padi sebesar 5%, 10%, 12%, dan 15% terhadap kuat tekan mortar?
2. Bagaimana pengaruh penambahan serat batang pisang dengan variasi 0,1%, 0,3%, dan 0,5% terhadap kuat tekan mortar?
3. Bagaimana kombinasi abu sekam padi dan serat batang pisang memengaruhi kuat tekan mortar untuk aplikasi dinding partisi?

## **1.3 Batasan Masalah**

1. Perencanaan dan pembuatan mortar mengacu pada metode pengujian berdasarkan SNI 03-6882-2002.
2. Karakteristik mortar yang ditinjau terbatas pada kuat tekan dari hasil pengujian laboratorium.
3. Bahan tambahan yang digunakan terbatas pada abu sekam padi sebagai substitusi sebagian semen, dan serat batang pisang sebagai campuran serat.

4. Penelitian ini tidak membahas secara mendalam faktor-faktor non-struktural seperti reaksi kimia detail, pengaruh suhu lingkungan, angin, dan kelembaban udara.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

1. Menganalisis pengaruh variasi abu sekam padi (5%, 10%, 12%, 15%) terhadap kuat tekan mortar.
2. Menganalisis pengaruh variasi serat batang pisang (0,1%, 0,2%, 0,3%) terhadap kuat tekan mortar.
3. Menentukan kombinasi abu sekam padi dan serat batang pisang yang paling optimal terhadap kuat tekan mortar

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun beberapa manfaat dalam penelitian ini sebagai berikut

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan material konstruksi ramah lingkungan melalui analisis kekuatan tekan mortar dengan penambahan serat batang pisang dan substitusi abu sekam padi.
2. Memberikan rekomendasi mengenai bahan penguat dan bahan pengganti semen yang optimal untuk campuran mortar, guna membantu praktisi konstruksi dalam memilih material yang tepat serta meningkatkan efisiensi dan efektivitas penggunaan mortar ramah lingkungan.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk penulisan tugas Akhir dengan judul “ANALISA KEKUATAN TEKAN MORTAR DENGAN VARIASI SERAT BATANG PISANG DAN VARIASI ABU SEKAM PADI SEBAGAI PENGUAT DAN PENGGANTI SEMEN” ini tersusun dari 5 bab terdiri dari beberapa pokok bahasan dengan sistematika penulisan sebagai berikut

##### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Membahas tentang latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

##### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA,**

Membahas hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir

dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN,

Bagian ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data dan metode analisis data.

### BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN,

Merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

### BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN,

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Mortar**

Mortar merupakan material komposit yang terdiri atas bahan pengikat hidrolis seperti semen *Portland*, agregat halus dan air. Mortar berfungsi sebagai media perekat antar unit bangunan seperti batu bata dan batako, serta berperan sebagai lapisan plester yang memberikan keseragaman permukaan dan kestabilan struktur. Selain itu, mortar juga berkontribusi dalam mendistribusikan beban secara merata serta memberikan perlindungan terhadap penetrasi air dan udara (Rusgiana et al 2022).

Mengacu pada standar nasional Indonesia SNI 03-6825-2002, pengujian kuat tekan mortar dilakukan menggunakan benda uji berbentuk kubus berukuran 5×5×5 cm. Tahapan pengujian meliputi penyesuaian proporsi campuran antara semen, pasir kuarsa, dan air suling, serta penentuan jumlah sampel uji untuk masing-masing umur mortar, yaitu pada hari ke-3, ke-7, ke-14, dan ke-28. Seluruh hasil pengujian disusun dan dilaporkan sesuai ketentuan standar laboratorium yang berlaku secara nasional.

Penilaian kualitas mortar umumnya terfokus pada kuat tekan sebagai parameter utama. Hubungan antara rasio air - semen, proporsi semen terhadap pasir, dan umur *curing* sangat kritis dalam menentukan kekuatan akhir mortar.

#### **2.2. Bahan Tambahan (*Admixture*) Mortar**

##### **2.2.1 Abu**

###### **A. *Fly Ash* ( Abu Terbang )**

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Thirumurugan dan Sivaraja (2013), pada umur 3 hari dan 7 hari tidak ada campuran mortar dengan fly ash yang mampu melampaui kuat tekan mortar OPC. Hasil uji menunjukkan bahwa kuat tekan mortar OPC lebih tinggi masing-masing sebesar 9%, 15%, 19%, 26%, 51%, dan 74% dibandingkan dengan mortar fly ash pada tingkat penggantian 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, dan 60%. Hingga umur 14 hari, kuat tekan mortar

cenderung menurun seiring meningkatnya kadar fly ash bila dibandingkan dengan mortar tanpa fly ash.

Pada umur 28 hari, kuat tekan mortar dengan penggantian fly ash hingga 50% masih mendekati mortar OPC, dengan penurunan hanya 1–5% pada komposisi 10–50%. Namun, pada penggantian 60% fly ash, kuat tekan turun drastis hingga 28% dibandingkan OPC. Pada umur 60 hari, kuat tekan mortar dengan penggantian 20%, 30%, dan 40% justru lebih tinggi masing-masing sebesar 1%, 2%, dan 7% dibandingkan OPC, sedangkan pada penggantian 10%, 50%, dan 60% lebih rendah 1%, 2%, dan 9%. Setelah 90 hari, peningkatan kekuatan maksimum diperoleh pada penggantian 30% dan 40% dengan kenaikan masing-masing 10% dan 14% terhadap OPC, sementara pada 10%, 20%, dan 50% peningkatan yang terjadi adalah 2%, 5%, dan 5% dibandingkan mortar tanpa fly ash (Thirumurugan and Sivaraja 2013).



Gambar 2 1 : *Fly Ash*

#### B. Abu Sekam Padi

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ephraim, Akeke, dan Ukpata (2012), penggunaan abu sekam padi (RHA) sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam beton memberikan hasil yang cukup signifikan terhadap sifat mekanis beton. Hasil uji menunjukkan bahwa pada umur 28 hari, kuat tekan beton dengan penggantian RHA sebesar 10% mencapai 38,4 N/mm<sup>2</sup>, sedikit lebih tinggi dari beton kontrol yang memiliki kuat tekan 37 N/mm<sup>2</sup>. Pada tingkat penggantian 20% dan 25%, kuat tekan yang dihasilkan masing-masing sebesar 36,5 N/mm<sup>2</sup>

dan 33 N/mm<sup>2</sup>, yang masih dapat dibandingkan dengan beton kontrol meskipun terjadi sedikit penurunan.

Secara umum, penambahan RHA meningkatkan kebutuhan air dan workability beton, namun tetap memberikan peningkatan kekuatan pada kadar penggantian optimum 5–10%. Penggunaan lebih dari 15–25% cenderung menurunkan kuat tekan secara bertahap. Dengan demikian, RHA terbukti efektif sebagai bahan tambahan pozzolan yang ramah lingkungan, membantu pengelolaan limbah pertanian, sekaligus menekan biaya produksi beton (Ephraim et al. 2012).



Gambar 2 2 : Abu Sekam Padi

### C. *Ladle Furnace Slag (LFS)*

Ladle Furnace Slag (LFS) adalah produk samping (*by-product*) dari proses pemurnian baja pada tahap sekunder di *ladle furnace*. Material ini terbentuk akibat reaksi fluks, seperti kapur dan dolomit, dengan pengotor baja cair sehingga menghasilkan *slag* yang kaya akan kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO), silika (SiO<sub>2</sub>), dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Secara fisik, LFS bertekstur berpori dengan berat jenis relatif rendah dibandingkan *slag* dari proses baja lainnya. Kandungan silika dan alumina reaktif di dalamnya menjadikan LFS memiliki sifat pozzolanik, yakni mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>) hasil hidrasi semen untuk membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H), yang berperan dalam peningkatan kekuatan beton.

Pemanfaatan LFS dalam konstruksi, baik sebagai substitusi sebagian semen maupun agregat, tidak hanya meningkatkan performa beton tetapi juga

berkontribusi pada pengurangan limbah industri baja dan emisi karbon, sehingga sejalan dengan konsep konstruksi berkelanjutan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh de Freitas Córdova de Souza dkk. (2023), penggunaan *Ladle Furnace Slag* (LFS) sebesar 30% sebagai substitusi parsial semen Portland dengan tambahan 10% abu sekam padi (RHA) memberikan pengaruh beragam terhadap sifat mortar. Pada kondisi segar, campuran LFS dan RHA menunjukkan peningkatan kebutuhan air (water/binder ratio) hingga 72% dibanding mortar kontrol, meskipun masih memenuhi standar minimum retensi air. Dari aspek mekanis, kuat tekan mortar pada umur 28 hari turun menjadi 4,13 MPa, lebih rendah dibandingkan mortar kontrol sebesar 6,81 MPa. Hal serupa terjadi pada modulus elastisitas dinamis, yang menurun dari 13 GPa pada mortar kontrol menjadi 8 GPa pada campuran LFS + RHA. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penurunan kekuatan awal mortar terutama disebabkan oleh reaksi pozzolan yang belum berlangsung sempurna.

Meskipun demikian, berkurangnya kekakuan mortar justru memberikan keuntungan pada aplikasi sebagai lapisan pelapis, karena meningkatkan kemampuan deformasi sekaligus mengurangi risiko retak susut. Dengan demikian, walaupun kuat tekan mengalami penurunan, kombinasi LFS dan RHA tetap memiliki potensi sebagai bahan pengikat ramah lingkungan yang mendukung pemanfaatan limbah industri maupun pertanian, serta masih perlu diteliti lebih lanjut untuk kinerja pada umur beton yang lebih panjang. (de Freitas Cordova de Souza et al. 2023).



Gambar 2 3 : *Ladle Furnace Slag* (LFS)

### 2.2.2. Serat

#### A. Serat Kawat Bendrat

Serat kawat bendrat adalah material berbentuk kawat baja tipis yang umumnya digunakan dalam pekerjaan konstruksi untuk mengikat tulangan baja. Dalam konteks penelitian beton, kawat bendrat dapat dipotong menjadi ukuran tertentu sehingga berfungsi sebagai serat penguat (*fiber reinforcement*). Penambahan serat kawat bendrat ke dalam campuran beton atau mortar bertujuan meningkatkan sifat mekanis, khususnya daktilitas, ketahanan retak, serta kemampuan menahan beban tarik dan lentur.

Berdasarkan hasil penelitian, mortar geopolimer dengan bahan pengikat fly ash dan aktivator alkali menunjukkan variasi nilai kuat tekan yang dipengaruhi oleh penambahan serat kawat bendrat. Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi 0% serat sebesar 113,53 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan pada variasi penambahan serat berturut-turut adalah 0,25% = 95,17 kg/cm<sup>2</sup>, 0,50% = 94,49 kg/cm<sup>2</sup>, 0,75% = 92,45 kg/cm<sup>2</sup>, dan 1% = 84,98 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil ini mengindikasikan bahwa penambahan serat kawat bendrat dengan komposisi yang digunakan dalam penelitian ini tidak meningkatkan kuat tekan, bahkan cenderung menurunkan performa mekanis mortar geopolimer. Namun demikian, secara klasifikasi hasil pengujian menunjukkan bahwa mortar yang dihasilkan termasuk ke dalam dengan kuat tekan  $\geq 52,5$  kg/cm<sup>2</sup>, sehingga tetap dapat diaplikasikan pada pasangan mortar tipe S terbuka di atas tanah.



Gambar 2 4 : Serat Kawat Bendrat

## B. Serat Batang Pisang

Batang pisang memiliki struktur berlapis dengan lapisan muda di bagian dalam dan lapisan tua di luar, serta mengandung serat halus yang mudah dipisahkan pada kondisi tua atau kadar air rendah. Serat batang pisang banyak dimanfaatkan dalam penelitian, baik langsung maupun dalam bentuk anyaman yang dikompositkan dengan epoxy resin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit anyaman batang pisang dengan epoxy resin mampu meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur secara signifikan, sehingga berpotensi menjadi material alami alternatif untuk aplikasi teknis yang memerlukan daya tahan tinggi (M. A. Maleque, 2007).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Alatshan dkk. (2025), penambahan serat batang pisang pada mortar paving block memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap sifat mekanis dan stabilitas volumenya. Hasil uji menunjukkan bahwa penambahan serat pisang pada kadar rendah, khususnya 0,5%, mampu meningkatkan kuat tekan hingga 7% pada umur 90 hari dibanding mortar kontrol. Selain itu, kuat lentur juga mengalami peningkatan sebesar 5,1% pada dosis 0,5%. Namun, pada kadar serat yang lebih tinggi (1–2%), baik kuat tekan maupun kuat lentur cenderung menurun signifikan, masing-masing berkisar 20–47% dan 12–18% lebih rendah dibanding mortar tanpa serat.

Dari aspek stabilitas volume, penggunaan serat batang pisang berkontribusi dalam mengurangi risiko retak susut karena sifat serat yang mampu menyerap energi deformasi. Meski demikian, sifat hidrofilik serat pisang menyebabkan peningkatan porositas dan penurunan kerapatan mortar pada dosis tinggi, yang berdampak pada menurunnya kekuatan mekanis. Secara umum, serat batang pisang berpotensi digunakan sebagai bahan tambahan ramah lingkungan untuk mortar paving block, dengan dosis optimal sekitar 0,5% agar diperoleh keseimbangan antara peningkatan kekuatan mekanis dan stabilitas volume (Al-Massri et al. 2025).



Gambar 2 5 : Serat Batang Pisang

### 2.3 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban yang diterapkan per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton mengalami kerusakan ketika diberi gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan (Pane et al 2015). Kekuatan tekan beton merupakan salah satu parameter utama dalam penilaian mutu beton dan umumnya dipengaruhi oleh komposisi mineral utama dalam campuran beton, seperti semen, agregat halus dan kasar, serta air. Komposisi ini berperan signifikan dalam menentukan perkembangan kekuatan tekan, terutama pada tahap awal pengikatan dan pengerasan (Sari, 2020).

Menurut Peraturan Beton Indonesia (PBI-1971, diperbarui dengan SK SNI T-15-1991-03 dan SNI 03-2847-2000), kuat tekan beton dinotasikan sebagai  $f'c$ , yaitu kuat tekan silinder beton yang disyaratkan saat beton berumur 28 hari.

Berdasarkan nilai  $f'c$ , mutu beton dikelompokkan sebagai berikut

Tabel 2.1 Pengelompokkan Mutu Beton Berdasarkan Nilai  $f'c$

Kategori Mutu Beton	Rentang Kuat Tekan ( $f'c$ )	Penggunaan Umum
Mutu rendah	< 10 MPa	Beton non-struktural (misal kolom praktis, balok praktis)
Mutu sedang	10 – 20 MPa	Beton struktural (misal balok, kolom, pelat, pondasi)
Mutu Tinggi	> 20 MPa	Beton untuk struktur tahan gempa

Kuat tekan beton dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut yaitu

$$f = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Dimana

$f'c$  = Kuat Tekan Saat Pengujian ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

P = Beban Tekan (Kg)

A = Luas Penampang ( $\text{cm}^2$ )

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil uji kuat tekan pada umur tertentu dapat diperkirakan dengan membagi hasil pengujian dengan koefisien kuat tekan yang sesuai dengan umur beton tersebut. Untuk Estimasi kuat tekan yang dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari

$$f(\text{estimasi 28 hari}) = \frac{f(\text{saat pengujian})}{\text{koefisien}} \quad (2.2)$$

Dimana

$f(\text{estimasi 28 hari})$  = kuat tekan estimasi 28 hari ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$f(\text{saat pengujian})$  = kuat tekan saat pengujian ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Koefisien = koefisien dari umur beton

Tabel 2.2 Koefisien Perbandingan Kekuatan Tekan Beton terhadap Berbagai Umur (Tjokrodinuljo, 2007)

Umur Beton (hari)	Koefisien
7	0,65
14	0,88
21	0,95
28	1,00

#### 2.4 Faktor Air Semen

Dalam subbab ini, penulis menguraikan beberapa penelitian terdahulu yang secara khusus mengkaji pengaruh faktor air semen (FAS) terhadap sifat mekanis mortar, dengan fokus utama pada dua nilai FAS, yaitu 0,35 dan 0,40. Uraian penelitian terdahulu ini disusun untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai bagaimana perubahan nilai FAS dapat memengaruhi kuat tekan mortar, sehingga penulis memiliki landasan yang kuat dalam menentukan parameter yang akan digunakan pada penelitian ini.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Subrianto dkk. (2015) menunjukkan bahwa pada variasi FAS yang diuji, nilai kuat tekan mortar tertinggi diperoleh ketika FAS berada pada angka 0,35. Ketika nilai FAS dinaikkan secara bertahap hingga mencapai 0,65, terlihat adanya penurunan signifikan pada kuat tekan yang dihasilkan. Fenomena ini mengindikasikan bahwa penggunaan FAS rendah mampu meningkatkan kekuatan mortar karena jumlah air yang relatif sedikit memungkinkan terbentuknya ikatan pasta semen yang lebih rapat dan padat. Meskipun demikian, perlu diperhatikan bahwa penurunan jumlah air dalam campuran dapat mengurangi *workability*, sehingga pengerjaan adukan menjadi lebih sulit.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan di Universitas Negeri Surabaya (UNESA) oleh Fitrianasari (2017) pada mortar *dry geopolymer* melaporkan bahwa variasi FAS antara 0,35 hingga 0,40 memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kuat tekan pada umur 28 hari. Dalam penelitian tersebut, kuat tekan tertinggi mencapai 9,45 MPa, yang terjadi pada campuran dengan FAS 0,40. Hal

ini menunjukkan bahwa dalam beberapa komposisi material tertentu, FAS yang sedikit lebih tinggi dari 0,35 justru dapat menghasilkan peningkatan kekuatan, kemungkinan akibat pengaruh kelecakan campuran yang lebih baik sehingga distribusi partikel menjadi lebih merata.

Selain itu, studi dari Universitas Bina Darma oleh Hadi dan Kunci (2023) juga memberikan kontribusi penting dalam pembahasan ini. Penelitian tersebut menemukan bahwa pada umur 28 hari, mortar dengan FAS 0,35 menghasilkan kuat tekan sebesar 7,85 MPa, sedikit lebih tinggi dibandingkan mortar dengan FAS 0,40 yang hanya mencapai 7,06 MPa. Perbedaan hasil ini menunjukkan bahwa efek FAS terhadap kekuatan mortar tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah air, tetapi juga oleh faktor lain seperti jenis dan proporsi material penyusun, metode pencampuran, serta kondisi perawatan benda uji.

Berdasarkan tinjauan dari ketiga penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengaruh FAS terhadap kuat tekan mortar bersifat kompleks dan tidak sepenuhnya linier. Nilai FAS 0,35 secara umum memberikan kekuatan yang lebih tinggi, namun dalam beberapa kondisi tertentu, FAS 0,40 juga dapat menghasilkan performa yang baik. Temuan-temuan ini menjadi acuan penting bagi penulis untuk merumuskan variabel penelitian yang tepat serta memprediksi hasil yang mungkin diperoleh pada pengujian yang akan dilakukan.

## **2.5 Pozzolan**

Pozzolan merupakan material yang kaya akan kandungan silika reaktif, yang memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), yaitu produk samping yang terbentuk selama proses hidrasi semen. Reaksi tersebut menghasilkan senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H), yang berperan penting dalam memperbaiki sifat mekanis beton, khususnya dalam hal peningkatan kekuatan serta ketahanan terhadap berbagai pengaruh lingkungan (Thomas & Jennings, 2019). Secara umum, pozzolan dapat diperoleh dari dua sumber, yaitu alami dan buatan. Jenis alami meliputi tanah diatom dan tuf vulkanik, sedangkan jenis buatan mencakup abu terbang (fly ash), slag, abu sekam padi (rice husk ash/RHA), maupun silica fume. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pozzolan dalam campuran beton mampu memberikan

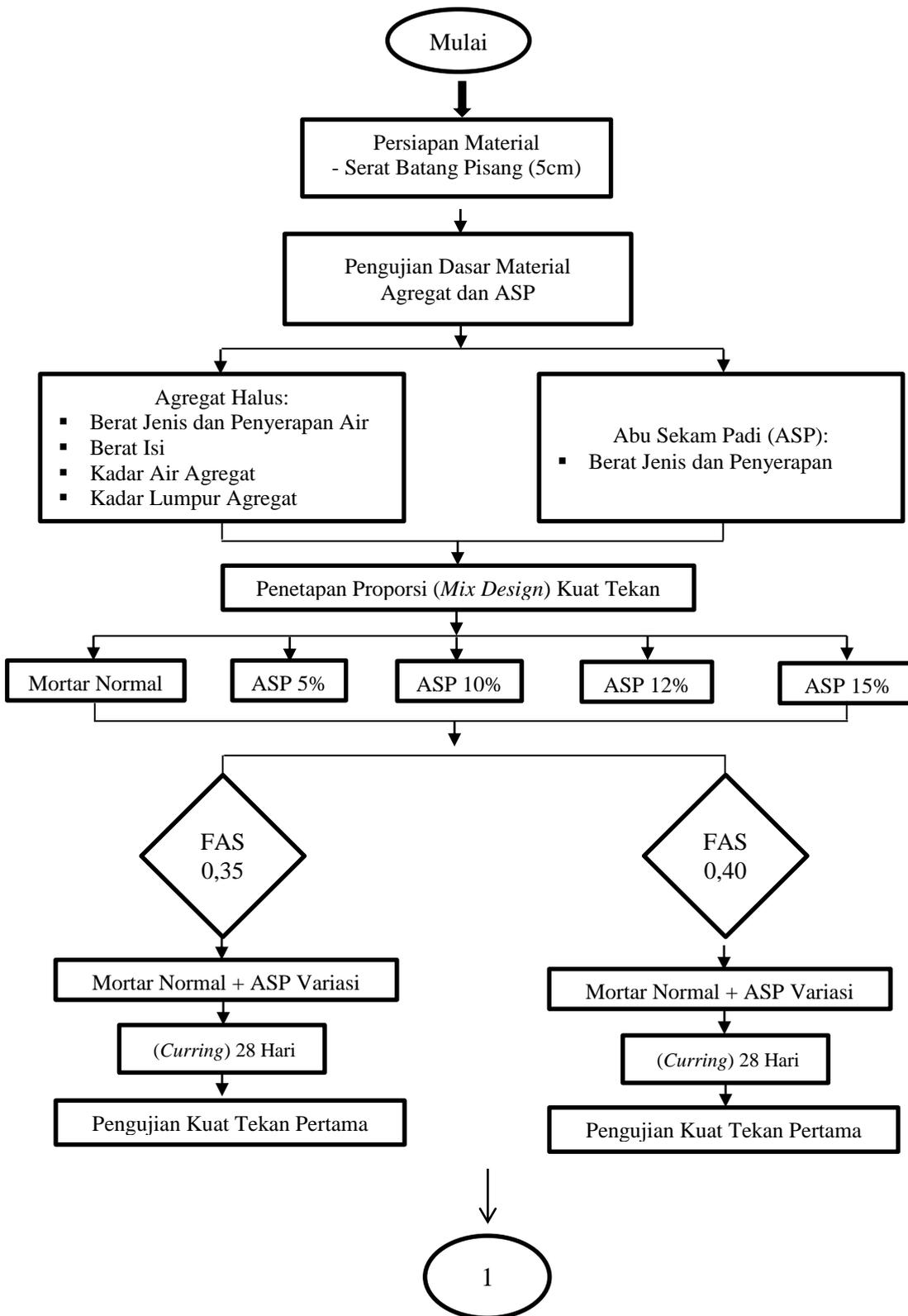
sejumlah keuntungan, antara lain menurunkan porositas, meningkatkan resistensi terhadap serangan sulfat, serta berkontribusi pada pengurangan emisi karbon yang dihasilkan dari industri semen (Amin, 2021).

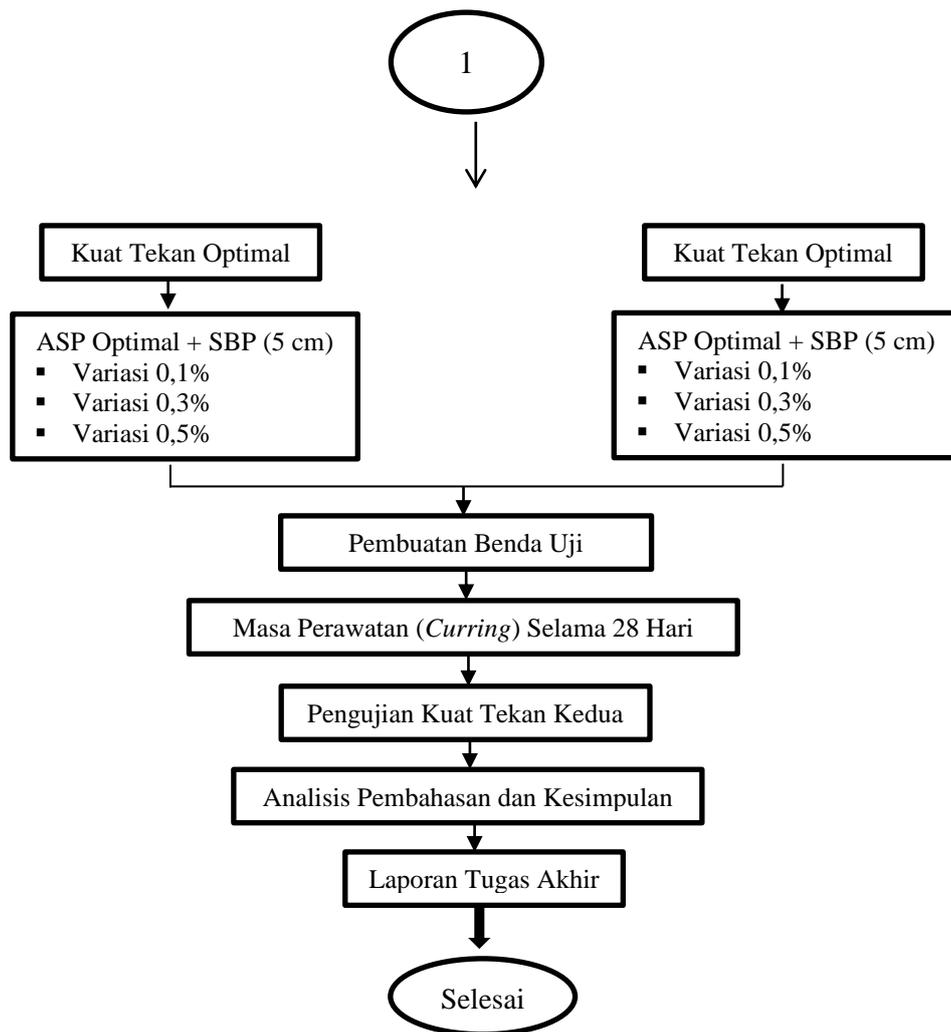
Dalam standar nasional Indonesia, yaitu SNI 2460:2014, pozzolan didefinisikan sebagai material yang mengandung senyawa silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), yang meskipun tidak memiliki sifat mengikat seperti semen pada kondisi normal, dapat bereaksi secara kimia dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  pada tingkat kelembaban dan suhu tertentu. Hasil dari reaksi tersebut membentuk senyawa dengan karakteristik menyerupai produk hidrasi semen, yakni C-S-H, sehingga mampu berfungsi sebagai pengikat tambahan dalam struktur beton. Implementasi pozzolan pada campuran beton terbukti memberikan beberapa manfaat, seperti meningkatkan durabilitas, menekan laju panas hidrasi, serta mengurangi biaya produksi dengan cara menggantikan sebagian proporsi semen dalam campuran.

Klasifikasi pozzolan juga dibedakan berdasarkan sumbernya. Pertama, pozzolan alami yang berasal dari sumber daya alam, misalnya tanah diatom maupun abu vulkanik. Kedua, pozzolan buatan yang dihasilkan dari aktivitas industri, antara lain abu terbang (fly ash), slag, silica fume, dan abu sekam padi (RHA). Sementara itu, menurut standar internasional ASTM C618 (2019), pozzolan dibagi menjadi tiga kelompok utama, yakni Class N untuk pozzolan alami, serta Class F dan Class C untuk pozzolan buatan. Pengelompokan tersebut ditentukan berdasarkan komposisi kimia yang terkandung di dalam material, yang nantinya memengaruhi reaktivitas dan kinerja pozzolan dalam campuran beton.

### BAB 3

### METODE PENELITIAN





Gambar 3: 1 Diagram Alir

Adapun penjelasan tentang langkah langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Persiapan material

Mempersiapkan material-material yang akan digunakan sebelum melakukan pemeriksaan seperti pasir, semen, air dan bahan tambahan abu sekam padi dan serat batang pisang.

2. Pengujian material

Pengujian material ini dilakukan berupa pengujian berat jenis dan penyerapan, kadar air, kadar lumpur, serta berat jenis agregat.

3. Abu sekam padi

Abu sekam padi yang digunakan pada penelitian ini sebagai bahan pengganti sebagian semen di dapat dari daerah Deli Serdang dengan spesifikasi abu sekam padi yang lolos pada saringan No.200.

4. Serat batang pisang

Serat batang pisang yang sudah dipotong ukuran 5cm sebagai bahan campuran mortar pada penelitian ini yang di dapat secara komersial di *e-commerce*

5. *Mix design*

Dalam merancang *mix design*, peneliti dibimbing secara langsung oleh dosen pembimbing untuk memastikan analisis dan perencanaan kebutuhan campuran beton dilakukan dengan akurat, mengikuti perhitungan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI).

6. Pembuatan benda uji pertama.

Pada tahap ini, dilakukan pencampuran semua bahan penyusun beton yang terdiri dari pasir, semen, air, serta abu sekam padi. Proses pencampuran dilakukan dengan mengacu pada proporsi yang telah dirancang sebelumnya dalam tahap *mix design*, sehingga setiap komponen dapat tercampur secara merata dan menghasilkan campuran yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.

7. Perawatan (*curing*).

Beton dirawat dengan cara direndam dalam bak berisi air setelah dicetak dan dibiarkan selama 24 jam. Perawatan ini berlangsung hingga beton mencapai usia 28 hari sesuai standar yang ditentukan.

8. Pengujian kuat tekan

Selanjutnya, pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji beton yang telah menjalani proses perendaman selama 28 hari. Setelah periode perendaman tersebut, beton diuji untuk mengetahui daya tahannya terhadap tekanan, guna mengevaluasi kekuatan beton sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

9. Pembuatan benda uji kedua

Pada tahap ini, dilakukan pencampuran semua bahan penyusun beton, yang meliputi pasir, semen, air, abu sekam padi, dan serat batang pisang. Setiap bahan dicampurkan dengan proporsi yang telah ditentukan sebelumnya pada tahap mix design, untuk memastikan komposisi yang tepat dan mendapatkan campuran beton dengan kualitas yang diinginkan sesuai dengan rencana yang telah disusun.

10. Perawatan (*curing*).

Beton dirawat dengan cara direndam dalam bak berisi air setelah dicetak dan dibiarkan selama 24 jam. Perawatan ini berlangsung hingga beton mencapai usia 28 hari sesuai standar yang ditentukan.

11. Pengujian kuat tekan

Selanjutnya, pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji beton yang telah menjalani proses perendaman selama 28 hari. Setelah periode perendaman tersebut, beton diuji untuk mengetahui daya tahannya terhadap tekanan, guna mengevaluasi kekuatan beton sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

12. Analisis Pembahasan dan kesimpulan.

Pada langkah ini, data dari pengujian diolah menggunakan *Microsoft Excel*.

13. Laporan tugas akhir.

Tahapan terakhir adalah menyelesaikan laporan tugas akhir.

Penelitian ini akan dilakukan menggunakan metode eksperimen di laboratorium, dengan melaksanakan berbagai jenis pengujian sesuai dengan data yang telah direncanakan sebelumnya. Kegiatan penelitian akan berlangsung di Laboratorium Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penelitian yang dilaksanakan terbagi atas sembilan tahapan sebagai berikut :

1. Tahap I Pada tahap ini persiapan material seperti agregat halus, semen, air, abu sekam padi, dan serat batang pisang yang sudah di potong potong. Pengujian dasar material dilakukan pada sampel agregat halus, abu sekam padi. Pengujian ini berupa pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, kadar

air, dan kadar lumpur.

2. Tahap II Tahap ini merupakan tahap perencanaan campuran mortar, pembuatan benda uji dan perawatan mortar. Perbandingan jumlah proporsi bahan campuran beton dihitung dengan menggunakan Metode Standar Nasional Indonesia (SNI).
3. Tahap III Dilakukan pengujian kuat tekan beton yang pertama, dilakukan dengan masing-masing campuran yang berbeda yaitu penggunaan bahan pengganti semen menggunakan Abu sekam padi (5%, 10%, 12%, 15%,)
4. Tahap IV Pada pengujian kuat tekan kedua, digunakan bahan tambahan berupa serat batang pisang dengan variasi kadar 0,11%, 0,3%, dan 0,5% dari total berat bahan. Selain itu, digunakan abu sekam padi sebagai pengganti semen, dengan persentase yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi pada pengujian kuat tekan pertama.
5. Tahap V Dari hasil pengujian yang dilakukan pada tahap III dan IV, dilakukan analisis data. Analisis data merupakan pembahasan hasil penelitian, kemudian dari langkah tersebut dapat diambil kesimpulan penelitian.
6. Tahap VI Setelah mendapatkan data hasil pengujian pada tahap IV maka dilakukan pembuatan laporan hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

### **3.1 Sumber - Sumber Data dalam Penelitian**

Proses atau metode yang digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan melibatkan beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data, pencatatan informasi, pengkajian secara mendalam, dan analisis terhadap data yang telah dikumpulkan. Langkah-langkah ini dilakukan secara sistematis untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai permasalahan yang dihadapi. Dalam penelitian ini, data pendukung memegang peranan penting sebagai dasar acuan dalam proses penyelesaian. Data tersebut diperoleh dari berbagai sumber sebagai berikut

#### **1. Data Primer**

Data primer diperoleh langsung dari hasil pengujian di laboratorium, meliputi

- a. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat
  - b. Pengujian kadar air agregat
  - c. Pengujian kadar lumpur pada agregat
  - d. Pengujian berat isi agregat
  - e. Perancangan campuran beton (*mix design*)
  - f. Pengujian kuat tekan beton
2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan informasi yang diperoleh dari berbagai literatur, seperti buku, artikel ilmiah, dan dokumen teknis yang berkaitan dengan teknologi beton. Beberapa referensi penting yang digunakan mencakup standar dari SNI dan ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Selain itu, data sekunder juga diperoleh melalui diskusi dan konsultasi dengan dosen pembimbing untuk mendapatkan masukan serta arahan yang relevan dalam mendukung proses penelitian.

### **3.3 Tempat Dan Waktu Penelitian**

#### **3.3.1 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di lakukan pada bulan Desember 2024 sampai selesai.

### 3.3.2 Waktu Penelitian

Untuk waktu dan tempat penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Bulan Ke-1				Bulan Ke-2				Bulan Ke-3				Bulan Ke-4				Bulan Ke-5			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan Alat dan Bahan																				
2	Proses Penimbangan Bahan-Bahan Sampel yang Akan Diuji																				
3	Proses Pembuatan Sampel pertama																				
4	Proses Perendaman Sampel Beton																				
5	Proses Pengangkatan Benda Uji Setelah Direndam																				
6	Proses Pengujian Kuat Tekan Beton																				
7	Proses Penimbangan Bahan-Bahan Sampel Yang Akan Diuji																				

No	Uraian Kegiatan	Bulan Ke-1				Bulan Ke-2				Bulan Ke-3				Bulan Ke-4				Bulan Ke-5			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
8	Proses Pembuatan Sampel Kedua																				
9	Proses Perendaman Sampel Beton																				
10	Proses Pengangkatan Benda Uji Setelah Direndam																				
11	Proses Pengujian Kuat Tekan Beton																				

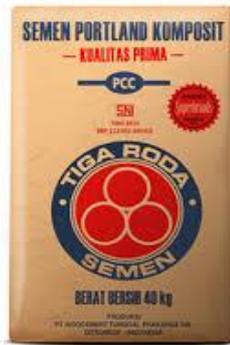
### 3.4 Bahan dan alat

#### 3.4.1 Bahan Pembuatan Benda Uji

Bahan yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain

1. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Tiga roda PCC (*Portland Composit Cement*) yang didapat di toko material terdekat



Gambar 3.2 Semen PCC

2. Agregat Halus (Pasir).

Agregat halus digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Binjai.



Gambar 3.3 Pasir

3. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Beton Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Gambar 3.4 Air

4. Serat Batang Pisang

Serat batang pisang dipilih sebagai bahan tambahan pada mortar dengan dipotong sepanjang  $\pm 5$  cm guna mempermudah proses pencampuran serta memastikan distribusi yang lebih merata dalam adukan.



Gambar 3.5 Serat Batang Pisang

#### 5. Abu sekam padi

Abu sekam padi diperoleh dari pembelian secara mandiri di tiap-tiap toko yang menjual abu sekam padi.



Gambar 3.6 Abu Sekam Padi

### 3.4.2 Peralatan Pembuatan Benda Uji

Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain

1. Saringan agregat halus No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, PAN.



Gambar 3.7 Saringan Agregat Halus  
No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, PAN

## 2. Oven

Oven laboratorium yang digunakan adalah oven merek Memmert yang berfungsi untuk proses pengeringan sampel. Oven ini memiliki rentang suhu operasi antara 30–250 °C dengan pengatur suhu digital, dan pada penelitian ini diatur pada suhu  $110 \pm 5$  °C untuk menjaga kestabilan selama proses pengeringan. Ruang dalam oven terbuat dari bahan stainless steel dengan kapasitas sekitar 40–100 liter, serta menggunakan sumber energi listrik 220 V/50 Hz.



Gambar 3.8 Oven

## 3. Timbangan Digital

Timbangan digital merek Shintec digunakan untuk menimbang bahan penelitian dengan kapasitas maksimum  $\pm 30$  kg dan ketelitian 1 g, dilengkapi layar digital serta fungsi tare, clear, dan mode.



Gambar 3.9 Timbangan Digital

#### 4. Ember

Ember plastik berwarna hijau dengan pegangan kawat logam ini digunakan sebagai wadah pencampur maupun pengangkut material di laboratorium atau lapangan. Ember memiliki bentuk silinder melebar ke atas, kapasitas sedang ( $\pm 10-15$  liter), ringan, dan tahan terhadap air serta larutan campuran. Kehadiran pegangan kawat memudahkan proses pemindahan bahan secara manual.



Gambar 3.10 Ember

#### 5. Sekop tangan

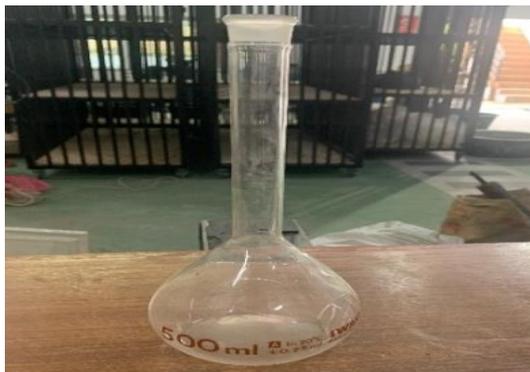
Sekop tangan merupakan alat berbahan logam dengan pegangan plastik yang digunakan untuk mengambil, memindahkan, dan menempatkan material mortar dalam jumlah kecil. Alat ini memudahkan proses pemindahan mortar dari wadah ke cetakan maupun ke tempat pengeringan



Gambar 3.11 Sekop Tangan

6. Piknometer

Piknometer berkapasitas 500 ml digunakan untuk menentukan berat jenis bahan sebelum pembuatan benda uji.



Gambar 3.12 Piknometer

7. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk menakar volume air pencampur mortar sesuai kebutuhan campuran



Gambar 3.13 Gelas Ukur

#### 8. Spirtus

Lampu spirtus merupakan alat pemanas berbahan bakar alkohol (spirtus) yang digunakan di laboratorium. Alat ini berfungsi menghasilkan nyala api stabil untuk membantu proses pemanasan atau pengeringan dalam skala kecil pada saat pengujian bahan. Lampu spirtus terdiri dari wadah kaca berisi bahan bakar, sumbu, dan penutup untuk mengendalikan api



Gambar 3.14 Spirtus

#### 9. Kawat Kasa Dan Kaki Tiga

Kaki tiga menggunakan lampu sngan kawat kasa digunakan sebagai penyangga saat proses pemanasan mepirtus.



Gambar 3.15 Kawat Kasa dan Kaki Tiga

#### 10. Plastik

Wadah yang digunakan berupa plastik bening dengan bentuk menyerupai kantong. Plastik ini tipis, lentur, dan transparan buram (*translucent*),

sehingga isi di dalamnya dapat terlihat samar dari luar. Ukuran plastik sekitar  $\pm$  25–30 cm per sisi dengan kapasitas yang cukup untuk menampung bahan uji dalam jumlah yang dibutuhkan. Plastik ini hanya difungsikan sebagai wadah sementara bagi bahan sebelum dilakukan proses pengujian/penelitian lebih lanjut



Gambar 3.16 Plastik

#### 11. Tongkat Pematik

Tongkat pemadat berbahan baja berbentuk silinder lurus untuk memadatkan bahan material dan adonan



Gambar 3.17 Tongkat Pematik

#### 12. Kuas

Kuas dengan gagang kayu dan bulu sikat tebal digunakan untuk mengoleskan oli pada permukaan cetakan. Pengolesan ini bertujuan agar adukan beton atau mortar tidak menempel sehingga benda uji mudah dilepaskan setelah proses perawatan selesai



Gambar 3.18 Kuas

### 13. Bak Perendam

Bak perendam digunakan sebagai tempat perawatan (curing) benda uji beton atau mortar. Benda uji direndam dalam air di dalam bak ini selama jangka waktu tertentu agar proses hidrasi semen berlangsung optimal sehingga kuat tekan yang diperoleh sesuai dengan umur rencana pengujian.



Gambar 3.19 Bak Perendam

### 14. Cetakan benda uji ukuran 5x5x5

Cetakan merupakan wadah pembentuk benda uji mortar yang terbuat dari besi sehingga kuat, kaku, dan memiliki bobot cukup berat untuk menahan tekanan adukan saat proses pengecoran. Cetakan ini memiliki tiga ruang berbentuk kubus dengan ukuran  $5 \times 5 \times 5$  cm, sehingga mampu menghasilkan benda uji dengan ukuran dan bentuk yang seragam sesuai standar pengujian



Gambar 3.10 Cetakan 5x5x5

#### 15. Alat pengujian benda uji

##### Alat Uji Kuat Tekan (*Compression Testing Machine*)

Alat uji kuat tekan merupakan mesin hidrolik yang digunakan untuk mengetahui kuat tekan benda uji beton atau mortar. Mesin ini dilengkapi dengan manometer sebagai penunjuk beban tekan. Prinsip kerjanya yaitu memberikan beban secara bertahap pada benda uji hingga mengalami keruntuhan. Beban maksimum yang tercatat digunakan untuk menghitung nilai kuat tekan sesuai dengan standar pengujian, yaitu SNI 1974:2011 atau ASTM C39/C39M



Gambar 3.11 Alat pengujian kuat tekan

### **3.5 Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium dengan membuat sampel benda uji berupa beton mortar. Pendekatan ini dipilih untuk mengevaluasi secara langsung pengaruh variasi bahan terhadap sifat mekanik dan fisik yang dihasilkan.

Dua variasi Faktor Air Semen (FAS) digunakan dalam penelitian ini, yaitu 0,35 dan 0,40, untuk mengetahui bagaimana perbandingan air terhadap semen mempengaruhi kekuatan beton. Nilai FAS ini dipilih karena umum digunakan dalam pembuatan beton dengan mutu menengah hingga tinggi.

Penelitian ini juga menggunakan abu sekam padi sebagai substitusi sebagian semen, serta serat batang pisang sebagai bahan tambahan. Abu sekam padi dipilih karena mengandung material silika yang berpotensi meningkatkan sifat beton. Serat batang pisang ditambahkan karena memiliki struktur berserat yang dapat membantu meningkatkan kekuatan tarik dan keuletan beton. Kedua bahan ini diaplikasikan dengan variasi tertentu, sebagaimana dijelaskan berikut

#### **3.5.1 Benda uji untuk kuat tekan pertama**

Setelah diperoleh hasil uji kuat tekan pertama, variasi abu sekam padi dengan nilai kuat tekan tertinggi dipilih sebagai dasar campuran untuk pengujian berikutnya. Pada tahap kedua ini dilakukan penambahan serat batang pisang dengan variasi 0,1%, 0,3%, dan 0,5% dari total berat benda uji. Serat batang pisang yang telah dikeringkan dan dipotong kecil-kecil ditambahkan ke dalam campuran mortar secara perlahan sambil diaduk hingga merata untuk menghindari terjadinya penggumpalan (*balling*).

Campuran kemudian dimasukkan ke dalam cetakan kubus berukuran  $5 \times 5 \times 5$  cm<sup>3</sup>, dipadatkan, dan dirapikan. Setelah itu benda uji didiamkan selama  $2 \times 24$  jam pada suhu ruang sebelum direndam dalam air selama 28 hari sebagai proses curing. Variasi 0,1% dibuat dengan menambahkan serat batang pisang sebesar 0,1% dari total berat benda uji, variasi 0,3% dengan penambahan serat sebesar 0,3%, dan variasi 0,5% dengan penambahan serat sebesar 0,5%. Semua variasi tersebut tetap menggunakan komposisi abu sekam padi yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi pada pengujian pertama.

### 3.6 Pemeriksaan Bahan

#### 3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Menurut SNI-1970-2008, agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari 4,75 mm (No. 4). Uji ini dilakukan untuk menentukan berat jenis curah kering, berat jenis semu, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, dan penyerapan air setelah perendaman selama 24+4 jam. Uji dilakukan dalam keadaan SSD untuk menentukan berat jenis pasir. Alat, bahan, dan prosedur pengujian mengikuti standar ASTM C 128-01 2001. Dengan rumus sebagai berikut

Berat contoh SSD (B)

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

Berat piknometer jenuh air (D)

Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air (C)

$$a. \text{ Berat jenis contoh kering} = \frac{E}{(B+D-C)} \quad (3.1)$$

$$b. \text{ Berat jenis contoh SSD} = \frac{B}{(B+D-C)} \quad (3.2)$$

$$c. \text{ Berat jenis contoh semu} = \frac{E}{(E+D-C)} \quad (3.3)$$

$$d. \text{ Penyerapan} = \frac{(B-E)}{E} \times 100\% \quad (3.4)$$

#### 3.6.2 Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Abu Sekam Padi

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan abu sekam padi berfungsi menentukan berat jenis abu sekam padi dalam keadaan SSD.

1. Peralatan
  - a. Piknometer.
  - b. Kompor spiritus.
  - c. Penyangga kaki tiga.
  - d. Oven.
  - e. Ember.
2. Bahan
  - a. Abu sekam padi
  - b. Air

### 3. Prosedur

- a. Timbang piknometer kosong, kemudian isi piknometer dengan air lalu timbang kembali. (D)
- b. Keluarkan air dari piknometer kemudian masukkan sampel abu sekam padi seberat 200 gram. (B)
- c. Isi kembali piknometer yang berisi sampel dengan air hingga penuh. (D)
- d. Panaskan piknometer yang berisi sampel dan air selama  $3 \times 5$  menit.
- e. Setiap 5 menit sekali, angkat piknometer dan bolak balikkan piknometer agar gelembung udara yang terperangkap dapat keluar.
- f. Setelah tidak ada gelembung udara lagi, tambahkan air pada piknometer hingga batas garis lalu timbang. Kemudian biarkan piknometer hingga mencapai suhu ruangan.
- g. Rendam piknometer di dalam bak berisi 11 liter air dan didiamkan selama  $\pm 24$  jam.
- h. Setelah 24 jam, keluarkan dan tuangkan isi piknometer ke dalam wadah yang telah ditimbang hingga tidak ada sampel abu sekam padi yang tertinggal di piknometer.
- i. Masukkan wadah ke dalam oven dengan suhu  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Keluarkan wadah dari oven dan diamkan hingga mencapai suhu ruangan kemudian timbang. (E)
- j. Perhitungan

$$\text{Berat jenis contoh kering} = \frac{E}{(B+D-C)} \quad (3.5)$$

$$\text{Berat jenis contoh SSD} = \frac{B}{(B+D-C)} \quad (3.6)$$

$$\text{Berat jenis contoh semu} = \frac{E}{(E+D-C)} \quad (3.7)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(B-E)}{E} \times 100\% \quad (3.8)$$

### 3.6.3 Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air agregat halus berfungsi mengetahui kadar air yang terkandung dalam pasir

1. Alat
  - a. Timbangan digital.
  - b. Wadah.
  - c. Oven.
2. Bahan
  - a. Pasir
3. Prosedur
  - a. Timbang pasir sebanyak dalam keadaan SSD (W1).
  - b. Timbang sampel pasir kering oven dan wadah (W2).
  - c. Timbang berat wadah (W3)
  - d. Perhitungan Kadar air =  $\frac{(W1-W2)}{(W2-W3)} \times 100\%$

### 3.6.4 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus berfungsi menentukan presentase lumpur yang terkandung dalam agregat. Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan.

Dengan rumus sebagai berikut

Berat contoh kering (A)

Berat contoh kering setelah dicuci (B)

Berat kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci (C)

$$C = A - B \quad (3.9)$$

Persentase kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci (D)

$$D = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3.10)$$

### 3.7 Mix Design

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian kuat tekan terhadap total 48 sampel mortar, yang dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan nilai Faktor Air Semen (FAS), yaitu 0,35 dan 0,40. Masing-masing nilai FAS mewakili 24 sampel benda uji. Penggunaan dua nilai FAS bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbandingan air dan semen terhadap performa kuat tekan mortar yang telah

dimodifikasi dengan bahan tambahan abu sekam padi serta serat batang pisang. Seluruh benda uji dicetak menggunakan cetakan berbentuk kubus dengan ukuran  $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$  agar hasil uji dapat dibandingkan secara konsisten.

Untuk kelompok FAS 0,35, desain campuran dibagi menjadi tiga tahapan uji. Tahapan pertama adalah pembuatan mortar normal sebagai kontrol tanpa bahan substitusi apa pun. Mortar kontrol ini dibuat sebanyak tiga sampel dan berfungsi sebagai pembanding terhadap variasi campuran lainnya. Tahapan kedua, yang disebut Tes 1.A, merupakan pengujian awal dengan penambahan abu sekam padi sebagai substitusi sebagian semen. Proporsi pengantiannya adalah sebesar 5%, 10%, 12%, dan 15% dari total berat semen, dengan masing-masing variasi dibuat sebanyak tiga sampel, sehingga total pada tahap ini adalah 12 sampel. Tahapan ketiga, yakni Tes 1.B, dilakukan dengan menambahkan serat batang pisang pada campuran yang menunjukkan nilai kuat tekan terbaik dari Tes 1.A. Variasi serat batang pisang yang digunakan adalah 0,1%, 0,3%, dan 0,5% dari total berat benda uji, dengan masing-masing sebanyak tiga sampel. Maka, total sampel untuk FAS 0,35 adalah 3 sampel kontrol + 12 sampel Tes 1.A + 9 sampel Tes 1.B = 24 sampel.

Selanjutnya, kelompok dengan nilai FAS 0,40 memiliki struktur dan jumlah pengujian yang sama seperti kelompok sebelumnya. Dimulai dengan pembuatan tiga sampel mortar normal tanpa penambahan bahan apapun sebagai kontrol. Kemudian dilakukan Tes 1.A dengan penambahan abu sekam padi sebesar 5%, 10%, 12%, dan 15%, masing-masing sebanyak tiga sampel, total 12 sampel. Setelah itu, campuran dengan hasil kuat tekan tertinggi dari Tes 1.A digunakan kembali sebagai dasar untuk Tes 1.B, di mana ditambahkan serat batang pisang dalam proporsi 0,1%, 0,3%, dan 0,5%, masing-masing sebanyak tiga sampel. Dengan demikian, total benda uji pada FAS 0,40 juga berjumlah 24 sampel.

Secara keseluruhan, desain eksperimental dalam penelitian ini melibatkan total 48 sampel mortar yang terstruktur dalam dua kelompok besar berdasarkan FAS. Setiap kelompok mencakup kontrol, variasi abu sekam padi, dan variasi kombinasi abu sekam padi dengan serat batang pisang. Rangkaian pengujian ini dirancang untuk memberikan data yang komprehensif mengenai pengaruh variasi bahan terhadap karakteristik mekanik mortar, khususnya terhadap kekuatan tekan

Tabel 3. 2 Mix Design 0,35

No	Tes	FAS	Semen	Pasir	ASP	Serat Batang Pisang	Tes (cm)	Metode reinforcement	Jumlah sampel
1	Normal	0,35	1	4	-	-	Kubus 5x5x5	-	3
2	Tes 1.A	0,35	95%	4	5%	-	Kubus 5x5x5	-	3
		0,35	90%	4	10%	-	Kubus 5x5x5	-	3
		0,35	88%	4	12%	-	Kubus 5x5x5	-	3
		0,35	85%	4	15%	-	Kubus 5x5x5	-	3
3	Tes 1.B	0,35	Test 1.A Opt	4	Test 1.A Opt	0,1%	Kubus 5x5x5	sebar	3
		0,35	Test 1.A Opt	4	Test 1.A Opt	0,3%	Kubus 5x5x5	sebar	3
		0,35	Test 1.A Opt	4	Test 1.A Opt	0,5%	Kubus 5x5x5	sebar	3
Total Sampel									24

Tabel 3. 3 Mix Design 0,40

No	Tes	FAS	Semen	Pasir	ASP	Serat Batang Pisang	Tes (cm)	Metode reinforcement	Jumlah sampel
1	Normal	0,40	1	4	-	-	Kubus 5x5x5	-	3
2	Tes 1.A	0,40	95%	4	5%	-	Kubus 5x5x5	-	3
		0,40	90%	4	10%	-	Kubus 5x5x5	-	3
		0,40	88%	4	12%	-	Kubus 5x5x5	-	3
		0,40	85%	4	15%	-	Kubus 5x5x5	-	3
3	Tes 1.B	0,40	Test 1.A Opt	4	Test 1.A Opt	0,1%	Kubus 5x5x5	sebar	3
		0,40	Test 1.A Opt	4	Test 1.A Opt	0,3%	Kubus 5x5x5	sebar	3
		0,40	Test 1.A Opt	4	Test 1.A Opt	0,5%	Kubus 5x5x5	sebar	3
Total Sampel									24

### *Mix Design*

#### 1. Data Dasar dan Proporsi

- Proporsi semen pasir = 1:4
- Rasio air semen (W/C) = 0,35 dan 0,40
- BJ semen = 3000 kg/m<sup>3</sup>
- BJ pasir = 2713 kg/m<sup>3</sup>
- BJ air = 1000 kg/m<sup>3</sup>
- BJ ASP = 2,45g/cm<sup>3</sup> ~ 2450 kg/m<sup>3</sup>  
= 0,000125 m<sup>3</sup> (untuk 1 benda uji)  
= 0,000375 m<sup>3</sup> (untuk 3 benda uji)
- Safety factor (sf) = 1,26

#### 2. Menghitung Kebutuhan Material

##### A. Hitung Volume Semen Dan Pasir (1 4)

- Volume semen  $= \frac{1}{1+4} = \frac{1}{5} \times \text{volume total mortar}$   
 $= 0,2 \times 0,000375 \text{ m}^3$   
 $= 0,000075 \text{ m}^3$
- Volume pasir  $= \frac{4}{1+4} = \frac{4}{5} \times \text{volume total mortar}$   
 $= 0,8 \times 0,000375 \text{ m}^3$   
 $= 0,0003 \text{ m}^3$

#### B. Konversi Volume ke Berat

- Berat semen  $= \text{Volume semen} \times \text{BJ semen}$   
 $= 0,000075 \text{ m}^3 \times 3000 \text{ kg/m}^3$   
 $= 0,225 \text{ kg}$
- Berat Pasir  $= \text{Volume pasir} \times \text{BJ pasir}$   
 $= 0,003 \text{ m}^3 \times 2713 \text{ kg/m}^3$   
 $= 0,814 \text{ kg}$

#### C. Menentukan Volume Air

$$\begin{aligned} \text{W/C} &= 0,35 \times 0,225 = 0,07875 \text{ kg} \sim 78,75 \text{ gram} \\ &= 0,40 \times 0,225 = 0,09 \text{ kg} \sim 9 \text{ gram} \end{aligned}$$

#### D. Menentukan Material dengan menerapkan *Safety Factor*

$$\begin{aligned} \text{SF} &= 1,26 \\ \bullet \text{ Berat Semen} &= 0,225 \times 1,26 \\ &= 0,284 \text{ kg} \sim \mathbf{284 \text{ gr}} \\ \bullet \text{ Berat Pasir} &= 0,814 \times 1,26 \\ &= 1,025 \text{ kg} \sim \mathbf{1025 \text{ gr}} \\ \bullet \text{ Berat air} &= 0,07875 \text{ kg} \times 1,26 \\ &= 0,0992 \text{ kg} \sim \mathbf{99,2 \text{ ml}} \end{aligned}$$

Tabel 4. 6. Kebutuhan material untuk 3 benda uji

Kebutuhan material untuk 3 benda uji			
Material	Berat (kg)	Berat (gram)	Volume (ml)
Semen	0,284	284	-
Pasir	1,025	1025	-
Air	0,0992	99,2	99,2

#### E. Menghitung Kebutuhan ASP

5%

- Berat semen yang diganti  $= 5 \% \times 284 \text{ gr}$   
 $= 14,2 \text{ gr}$
- Volume semen yang diganti  $= \frac{14,2 \text{ gr}}{30 \text{ gr/cm}^3} = 4,73 \text{ cm}^3$
- Berat ASP pengganti  $= 4,73 \text{ cm}^3 \times 2,45 \text{ g/cm}^3$   
 $= 11,58 \text{ gr}$

10 %

- Berat semen yang diganti  $= 10 \% \times 284 \text{ gr}$   
 $= 28,4 \text{ gr}$
- Volume semen yang diganti  $= \frac{28,4 \text{ gr}}{30 \text{ gr/cm}^3} = 9,47 \text{ cm}^3$
- Berat ASP pengganti  $= 9,47 \text{ cm}^3 \times 2,45 \text{ g/cm}^3$   
 $= 23,2 \text{ gr}$

12 %

- Berat semen yang diganti  $= 12 \% \times 284 \text{ gr}$   
 $= 34,08 \text{ gr}$
- Volume semen yang diganti  $= \frac{34,08 \text{ gr}}{30 \text{ gr/cm}^3} = 11,36 \text{ cm}^3$
- Berat ASP pengganti  $= 11,36 \text{ cm}^3 \times 2,45 \text{ g/cm}^3$   
 $= 27,8 \text{ gr}$

15 %

- Berat semen yang diganti  $= 15 \% \times 284 \text{ gr}$   
 $= 42,6 \text{ gr}$
- Volume semen yang diganti  $= \frac{42,6 \text{ gr}}{30 \text{ gr/cm}^3} = 14,2 \text{ cm}^3$

- Berat ASP pengganti  $= 14,2 \text{ cm}^3 \times 2,45 \text{ g/cm}^3$   
 $= 34,8 \text{ gr}$

#### F. Berat Semen Setelah di Substitusi ASP

- 5%  $= 284 \text{ gr} - 14,2 \text{ gr} = 269,8 \text{ gr}$
- 10%  $= 284 \text{ gr} - 28,4 \text{ gr} = 255,6 \text{ gr}$
- 12%  $= 284 \text{ gr} - 34,08 \text{ gr} = 249,92 \text{ gr}$
- 15%  $= 284 \text{ gr} - 42,6 \text{ gr} = 241,4 \text{ gr}$

#### G. Kebutuhan serat batang pisang

- 0,1% serat  $= 0,001 \times 284 = 0,28 \text{ grm serat}$
- 0,3% serat  $= 0,003 \times 284 = 0,85 \text{ grm serat}$
- 0,5 % serat  $= 0,005 \times 284 = 1,42 \text{ grm serat}$

### 3.8 Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini, benda uji yang digunakan terdiri dari dua jenis. Pertama, untuk pengujian kuat tekan, benda uji berupa mortar yang memiliki bentuk kubus dengan dimensi 5 cm x 5 cm x 5 cm.

#### 3.8.1 Langkah-langkah Pembuatan Benda Uji Kuat Tekan Pertama

1. Melakukan pengujian berat isi, kadar air, kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan.
2. Merencanakan proporsi campuran mortar 1 4 (*mix design*).
3. Menimbang masing-masing bahan dengan berat yang telah ditentukan melalui *mix design*.
4. Masukkan bahan-bahan adonan dimulai dari pasir, abu sekam padi, semen.
5. Menyalakan mesin pengaduk atau *mixer* kemudian biarkan hingga semua bahan tersebut tercampur hingga rata.
6. Masukkan air kedalam mesin *mixer* kemudian tunggu hingga air tercampur dengan merata.
7. Mematikan mesin pengaduk atau *mixer*.

8. Menuangkan adonan mortar kedalam cetakan kubus secara merata dan bertahap.
9. Meratakan permukaan adonan mortar pada cetakan dengan sendok spesi.
10. Mendinginkan cetakan selama 24 jam hingga mortar mengeras dengan sendirinya.
11. Membuka cetakan setelah 24 jam dan biarkan mortar hingga benar-benar mengering.
12. Setelah cukup kering, merendam benda uji kedalam air selama umur rencana 28 hari.
13. Melakukan pengujian kuat tekan menggunakan mesin *compression test*

### **3.8.2 Langkah-langkah Pembuatan Benda Uji Kuat Tekan Kedua**

1. Melakukan pengujian berat isi, kadar air, kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan.
2. Merencanakan proporsi campuran mortar 1 4 (*mix design*).
3. Menimbang masing-masing bahan dengan berat yang telah ditentukan melalui *mix design*.
4. Masukkan bahan-bahan adonan dimulai dari pasir, abu sekam padi, semen.
5. Menyalakan mesin pengaduk atau *mixer* kemudian biarkan hingga semua bahan tersebut tercampur hingga rata.
6. Masukkan air dan bahan tambahan ( serat batang pisang ) kedalam mesin *mixer* kemudian tunggu hingga air dan bahan lainnya tercampur dengan merata.
7. Mematikan mesin pengaduk atau *mixer*.
8. Menuangkan adonan mortar kedalam cetakan kubus secara merata dan bertahap.
9. Meratakan permukaan adonan mortar pada cetakan dengan sendok spesi.
10. Mendinginkan cetakan selama 24 jam hingga mortar mengeras dengan sendirinya.
11. Membuka cetakan setelah 24 jam dan biarkan mortar hingga benar-benar mengering.
12. Setelah cukup kering, merendam benda uji kedalam air selama umur rencana 28 hari.

13. Melakukan pengujian kuat tekan menggunakan mesin *compression test*

### **3.8.3 Perawatan Benda Uji**

Perawatan benda uji beton selama 28 hari dilakukan melalui metode perendaman penuh dalam air bersih guna mempertahankan tingkat kelembaban yang optimal, sehingga mendukung proses hidrasi semen secara sempurna. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan perkembangan kekuatan beton secara bertahap sesuai dengan prinsip curing yang direkomendasikan dalam standar teknis, sekaligus meminimalkan risiko retak dini akibat penyusutan plastis atau penguapan air yang berlebihan, yang dapat mengurangi kualitas struktur beton dalam jangka panjang.

## **BAB 4**

### **PEMBAHASAN**

Di dalam pemeriksaan agregat halus dan abu sekam padi peneliti memperoleh data material meliputi, berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar air, dan kadar lumpur. Pemeriksaan dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti buku panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

#### **4.1 Pemeriksaan Agregat Halus**

##### **4.1.1. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus**

###### **1. Pasir**

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis penyerapan agregat halus dari 2 sampel dengan berat sampel SSD rata – rata 500 gr. Dari percobaan ini di dapat nilai rata – rata BJ bulk 2,55 gr, BJ SSD 2,56 gr dan BJ Semu 2,59 gr sehingga rata – rata nilai penyerapan yang di dapat pada percobaan ini sebesar 0,71%.

###### **2. Abu Sekam Padi**

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis penyerapan agregat halus dari 2 sampel dengan berat sampel SSD rata – rata 100 gr. Dari percobaan ini di dapat nilai rata – rata BJ bulk 0,96 gr, BJ SSD 1,18 gr dan BJ Semu 1,23 gr sehingga rata – rata nilai penyerapan yang di dapat pada percobaan ini sebesar 22,74%.

##### **4.1.2. Berat Isi Agregat Halus**

Hasil pengujian berat isi tanah dilakukan dengan tiga metode, yaitu cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Dari hasil percobaan diperoleh berat contoh sebesar 15.295 gram untuk cara lepas, 16.485 gram untuk cara tusuk, dan 16.230 gram untuk cara penggoyangan. Berat wadah yang digunakan pada ketiga

metode sama, yaitu 5.325 gram, sehingga berat contoh dan wadah berturut-turut menjadi 20.620 gram, 21.810 gram, dan 21.555 gram. Volume wadah yang digunakan adalah 10.851,84 cm<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil perhitungan, berat isi tanah yang diperoleh adalah 1,41 gr/cm<sup>3</sup> pada cara lepas, 1,52 gr/cm<sup>3</sup> pada cara tusuk, dan 1,50 gr/cm<sup>3</sup> pada cara penggoyangan. Dari ketiga metode tersebut didapatkan nilai rata-rata berat isi sebesar 1,48 gr/cm<sup>3</sup>.

#### **4.1.3. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus**

Berdasarkan hasil pengujian kadar air agregat halus, diperoleh kadar air sebesar 1,21% pada sampel 1 dan 1,11% pada sampel 2. Dari kedua pengujian tersebut, didapatkan nilai rata-rata kadar air agregat halus sebesar 1,16%.

#### **4.1.4. Kadar Lumpur Agregat Halus**

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus, diperoleh berat SSD sebesar 1000 gr pada kedua sampel. Setelah dilakukan pencucian, berat SSD berkurang menjadi 965 gr pada sampel 1 dan 968 gr pada sampel 2, dengan rata-rata sebesar 967 gr. Selisih berat sebelum dan sesudah pencucian menunjukkan adanya kandungan lumpur sebesar 35 gr pada sampel 1 dan 32 gr pada sampel 2, dengan rata-rata 34 gr. Dari hasil perhitungan diperoleh persentase kadar lumpur masing-masing sebesar 3,6% dan 3,3%, sehingga rata-rata kadar lumpur agregat halus adalah 3,5%.

### **4.3. Hasil Dan Analisa Pengujian Beton**

#### **4.3.1. Kuat Tekan Beton Mortar**

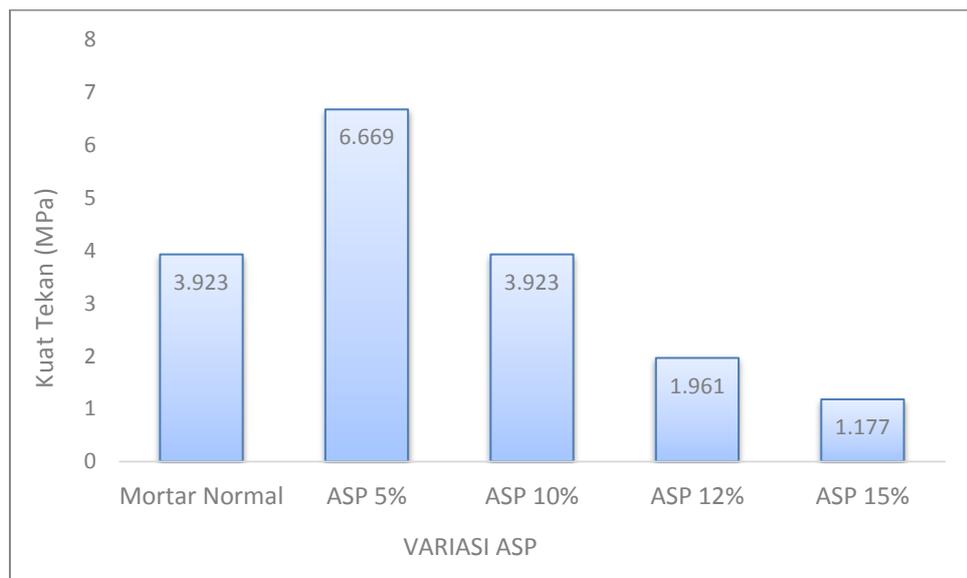
Pengujian kuat tekan mortar pada penelitian ini dilakukan menggunakan mesin uji tekan berkapasitas 1500 kN. Benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 5 × 5 × 5 cm. Proses pengujian dilakukan setelah benda uji melalui proses perawatan (*curing*) selama 28 hari untuk memastikan pengembangan kekuatan secara optimal.

Pengujian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu kuat tekan pertama yang menguji pengaruh variasi abu sekam padi sebagai substitusi sebagian semen, dan kuat tekan kedua yang menguji kombinasi variasi abu sekam padi terbaik dari uji pertama dengan tambahan serat batang pisang.

## A. Kuat Tekan Pertama

### 1. FAS 0,35

Berdasarkan pengujian kuat tekan mortar dengan FAS 0,35, diperoleh nilai kuat tekan mortar normal sebesar 3,923 MPa. Penambahan abu sekam padi (ASP) sebesar 5% menghasilkan peningkatan paling signifikan dengan kuat tekan mencapai 6,669 MPa, sehingga menjadi variasi dengan performa tertinggi. Namun, ketika kadar ASP dinaikkan menjadi 10%, kuat tekan menurun kembali ke 3,923 MPa; pada 12% turun lebih jauh menjadi 1,961 MPa, dan pada 15% mencapai nilai terendah yaitu 1,177 MPa. Pola ini menunjukkan adanya kadar optimum penambahan ASP di sekitar 5%, sedangkan penambahan di atas nilai tersebut cenderung menurunkan kuat tekan. Temuan ini menjadi dasar pemilihan variasi ASP terbaik untuk digunakan pada tahap pengujian berikutnya.



Gambar 4. 1 Grafik Hasil pengujian kuat tekan pertama FAS 0,35

Pengujian kuat tekan dilakukan pada lima variasi benda uji dengan umur 28 hari dan luas permukaan 2500 mm<sup>2</sup>. Seluruh campuran mortar menggunakan faktor air semen (FAS) 0,35. Variasi benda uji terdiri dari mortar normal serta mortar dengan penambahan abu sekam padi (ASP) sebesar 5%, 10%, 12%, dan 15% sebagai substitusi sebagian semen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mortar normal mampu menahan beban maksimum 1,0 ton dengan kuat tekan

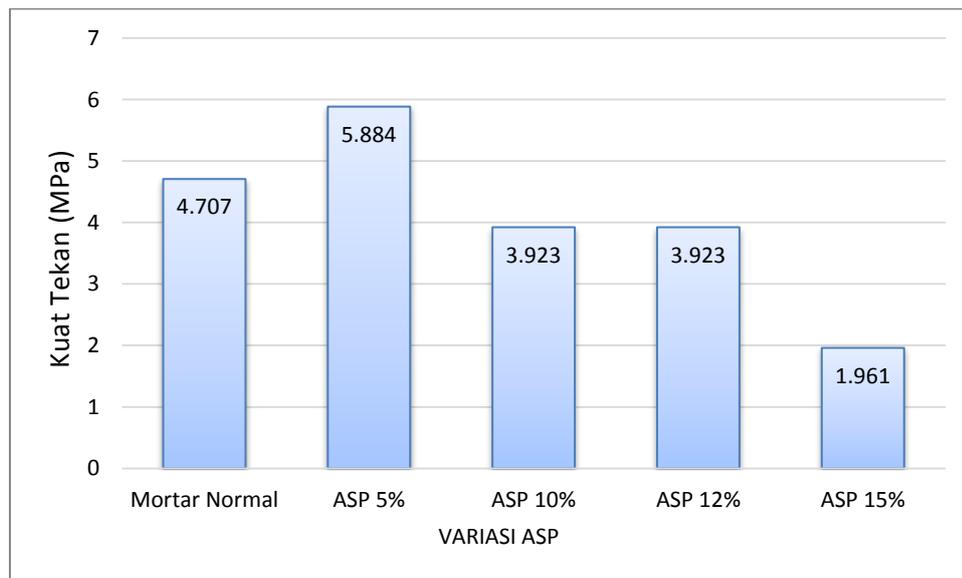
3,923 MPa. Penambahan ASP sebesar 5% menghasilkan peningkatan signifikan pada beban maksimum menjadi 1,7 ton dengan kuat tekan tertinggi 6,669 MPa. Pada variasi ASP sebesar 10%, beban maksimum kembali menurun menjadi 1,0 ton dengan kuat tekan 3,923 MPa. Penurunan lebih lanjut terjadi pada variasi ASP 12% dengan beban maksimum 0,5 ton dan kuat tekan 1,961 MPa, serta ASP 15% dengan beban terendah sebesar 0,3 ton dan kuat tekan 1,177 MPa. Berdasarkan hasil tersebut, penggunaan ASP dengan kadar 5% pada mortar dengan FAS 0,35 terbukti memberikan peningkatan kuat tekan yang optimal, sedangkan penambahan di atas persentase tersebut cenderung menurunkan kekuatan tekan.

## 2. FAS 0,40

Pengujian kuat tekan mortar dengan FAS 0,40 dan variasi penambahan abu sekam padi (ASP) menunjukkan hasil yang bervariasi. Mortar normal (tanpa ASP) memiliki kuat tekan sebesar 4,707 MPa. Pada variasi 5% ASP, kuat tekan meningkat menjadi 5,884 MPa, yang merupakan nilai tertinggi pada pengujian ini.

Namun, pada variasi 10% ASP dan 12% ASP, kuat tekan menurun hingga mencapai 3,923 MPa. Penurunan lebih signifikan terjadi pada variasi 15% ASP, dengan nilai kuat tekan hanya sebesar 1,961 MPa.

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa penambahan ASP pada mortar dengan FAS 0,40 memberikan pengaruh positif pada kadar 5%, tetapi penggunaan ASP yang lebih tinggi justru menurunkan kekuatan mortar secara bertahap.



Gambar 4. 2 Hasil pengujian kuat tekan pertama fas 0,40

Pengujian kuat tekan dilakukan pada lima variasi benda uji dengan umur 28 hari dan luas permukaan 2500 mm<sup>2</sup>. Seluruh campuran mortar menggunakan faktor air semen (FAS) 0,40. Variasi benda uji meliputi mortar normal serta mortar dengan penambahan abu sekam padi (ASP) sebesar 5%, 10%, 12%, dan 15% sebagai substitusi sebagian semen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mortar normal memiliki beban maksimum 1,2 ton dengan kuat tekan 4,707 MPa.

Penambahan ASP sebesar 5% meningkatkan beban maksimum menjadi 1,5 ton dengan kuat tekan tertinggi sebesar 5,884 MPa. Pada variasi ASP sebesar 10% dan 12%, beban maksimum yang dicapai menurun menjadi 1,0 ton dengan kuat tekan yang sama yaitu 3,923 MPa. Sementara itu, pada variasi ASP sebesar 15% diperoleh beban terendah sebesar 0,5 ton dengan kuat tekan 1,961 MPa. Berdasarkan hasil tersebut, penggunaan ASP sebesar 5% pada mortar dengan FAS 0,40 menghasilkan peningkatan kuat tekan yang optimal, sedangkan penambahan di atas persentase tersebut cenderung menurunkan kekuatan tekan.

Perbandingan antara FAS 0,35 dan FAS 0,40 pada kuat tekan pertama menunjukkan bahwa campuran dengan FAS 0,40 secara umum menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan FAS 0,35. Secara teknis, hal ini dapat dijelaskan melalui keterkaitan antara kadar air dan kemampuan reaksi hidrasi dalam campuran mortar.

Pada FAS 0,40, jumlah air yang lebih banyak dibandingkan FAS 0,35 memberikan kelecakan (*workability*) yang lebih baik, sehingga distribusi partikel semen, pasir, dan abu sekam padi menjadi lebih merata. Hal ini memungkinkan proses hidrasi berlangsung lebih optimal karena seluruh permukaan semen dapat bereaksi dengan air secara maksimal. Selain itu, pencampuran yang homogen juga mengurangi risiko terbentuknya rongga udara (*void*) dalam mortar, yang biasanya menjadi titik lemah terhadap tekanan.

Sebaliknya, pada FAS 0,35, jumlah air yang lebih sedikit memang cenderung menghasilkan pasta semen yang lebih padat dan rapat, tetapi kelemahannya adalah menurunnya kelecakan campuran. *Workability* yang rendah dapat menyulitkan proses pemadatan dan menyebabkan segregasi material, terutama jika pengadukan tidak dilakukan dengan sempurna. Kondisi ini bisa menyebabkan penyebaran abu sekam padi menjadi tidak merata, sehingga reaksi pozzolaniknya pun tidak optimal.

Secara ilmiah, abu sekam padi sebagai bahan pozzolan memerlukan kelembapan yang cukup untuk bereaksi dengan kalsium hidroksida dari hidrasi semen. Oleh karena itu, FAS 0,40 memberikan kondisi yang lebih mendukung bagi terjadinya reaksi pozzolanik, sehingga ikatan antar partikel dalam pasta semen menjadi lebih kuat dan berkontribusi terhadap peningkatan kuat tekan.

## **Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu**

### **A. Penelitian dengan Bahan Abu (Fly Ash, RHA, LFS)**

Berdasarkan hasil pengujian pada penelitian ini, variasi abu sekam padi (ASP) 5% menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 3,138 MPa (FAS 0,35) dan 3,923 MPa (FAS 0,40), menunjukkan bahwa kadar ini menjadi batas optimal dari variasi yang diuji.

Hasil tersebut sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu. Penelitian oleh Suhirkam dan Latief (2006) menunjukkan bahwa penggantian semen dengan abu sekam padi sebesar 10% menghasilkan kuat tekan tertinggi dalam beton K-400, yaitu sebesar 37 MPa. Namun, pada beton mutu lebih tinggi, nilai optimal dapat bergeser tergantung karakteristik campuran.

Penelitian Safarizki, Marwahyudi, dan Pamungkas (2021) juga melaporkan

bahwa substitusi 10% abu sekam padi pada beton menghasilkan kuat tekan sebesar 25,70 MPa, lebih tinggi dari beton kontrol. Namun, peningkatan variasi ke 11% dan 12% justru menurunkan kuat tekan, menandakan adanya titik optimal di 10% yang sejalan dengan pola penurunan kekuatan pada variasi 12% dan 15% dalam penelitian ini.

Sementara itu, penelitian oleh Ephraim et al. (2012) menunjukkan bahwa kuat tekan beton dengan penggantian abu sekam padi 10% mencapai 38,4 N/mm<sup>2</sup>, sedikit lebih tinggi dari beton kontrol (37 N/mm<sup>2</sup>). Namun, pada kadar 20% dan 25%, kuat tekan menurun menjadi 36,5 dan 33 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini mendukung temuan bahwa penggunaan ASP lebih dari 10% cenderung menurunkan kekuatan.

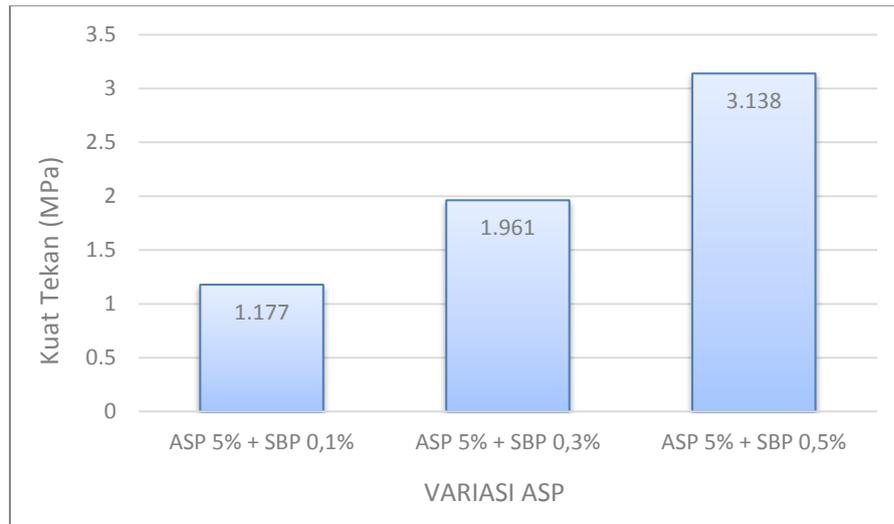
Pada material alternatif lainnya, penelitian de Freitas Córdova de Souza et al. (2023) mengenai LFS (Ladle Furnace Slag) sebesar 30% yang dikombinasikan dengan RHA 10% menghasilkan kuat tekan 4,13 MPa, lebih rendah dari mortar kontrol sebesar 6,81 MPa. Ini menunjukkan bahwa walaupun potensi penggunaan limbah industri cukup besar, namun dari segi kekuatan tekan, penurunan performa perlu menjadi perhatian.

## B. Kuat Tekan Kedua

### 1. FAS 0,35

Pengujian kuat tekan kedua pada mortar dengan FAS 0,35 dan variasi penambahan ASP 5% serta SBP menunjukkan hasil yang berbeda pada tiap variasi. Pada variasi ASP 5% + SBP 0,1%, kuat tekan hanya mencapai 1,177 MPa. Nilai ini sedikit meningkat pada variasi ASP 5% + SBP 0,3% dengan kuat tekan sebesar 1,961 MPa.

Peningkatan yang lebih signifikan terlihat pada variasi ASP 5% + SBP 0,5%, di mana kuat tekan mencapai 3,138 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat batang pisang dalam jumlah lebih besar cenderung memperbaiki kuat tekan mortar, meskipun pada kadar rendah belum memberikan pengaruh yang optimal.

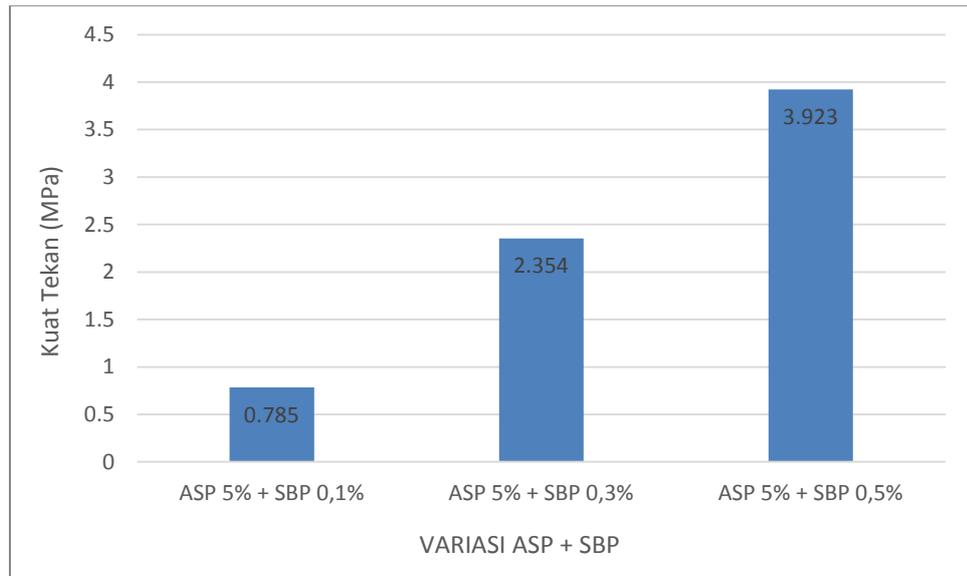


Gambar 4. 3 Grafik Hasil pengujian kuat tekan kedua FAS 0,35

## 2. FAS 0,40

Pengujian kuat tekan kedua pada mortar dengan FAS 0,40 serta penambahan ASP 5% dan variasi SBP menunjukkan peningkatan nilai seiring dengan bertambahnya kadar serat batang pisang. Pada variasi ASP 5% + SBP 0,1%, kuat tekan yang diperoleh adalah 0,785 MPa. Nilai ini meningkat pada variasi ASP 5% + SBP 0,3% dengan kuat tekan sebesar 2,354 MPa.

Kuat tekan tertinggi dicapai pada variasi ASP 5% + SBP 0,5%, yaitu sebesar 3,923 MPa. Hasil ini mengindikasikan bahwa penambahan serat batang pisang mampu memberikan kontribusi terhadap peningkatan kuat tekan mortar, khususnya pada kadar 0,5% yang menunjukkan hasil paling optimal dibandingkan variasi lainnya.



Gambar 4. 4 Kuat Tekan Kedua Fas 0,40

Pengujian kuat tekan kedua pada mortar dengan FAS 0,40 dilakukan menggunakan variasi campuran abu sekam padi (ASP) sebesar 5% dan penambahan serat batang pisang (SBP) masing-masing 0,1%, 0,3%, dan 0,5% pada umur 28 hari dengan luas permukaan benda uji 2500 mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan SBP 0,1% menghasilkan beban maksimum 0,2 ton dengan kuat tekan sebesar 0,785 MPa. Peningkatan kadar SBP menjadi 0,3% meningkatkan beban maksimum menjadi 0,6 ton dan kuat tekan menjadi 2,354 MPa. Variasi SBP 0,5% menghasilkan beban tertinggi, yaitu 1,0 ton dengan kuat tekan sebesar 3,923 MPa, yang menunjukkan adanya peningkatan kekuatan seiring bertambahnya persentase serat batang pisang pada campuran mortar ASP 5%.

Pada pengujian kuat tekan kedua, yang melibatkan kombinasi abu sekam padi dan serat batang pisang, campuran dengan FAS 0,40 kembali menunjukkan performa lebih baik dibandingkan FAS 0,35. Keunggulan ini tidak hanya dipengaruhi oleh optimalisasi hidrasi dan reaksi pozzolanik seperti pada pengujian pertama, tetapi juga berkaitan erat dengan bagaimana air mempengaruhi dispersi serat dalam campuran.

Penambahan serat ke dalam mortar seringkali menimbulkan risiko terjadinya penggumpalan (balling), terutama jika workability campuran rendah

seperti pada FAS 0,35. Serat yang tidak tersebar merata akan menciptakan zona lemah di dalam mortar, bahkan bisa menyebabkan void lokal yang menurunkan kekuatan secara keseluruhan.

Sebaliknya, pada FAS 0,40, ketersediaan air yang lebih besar memfasilitasi pencampuran yang lebih halus dan distribusi serat yang lebih merata. Hal ini penting karena peran serat batang pisang dalam meningkatkan kekuatan terletak pada kemampuannya menjembatani retakan mikro (*microcrack bridging*). Jika serat tersebar optimal, maka serat akan aktif secara struktural dalam menahan gaya tarik dalam pasta mortar, sehingga retak-retak awal dapat ditekan dan kekuatan tekan meningkat.

Di sisi lain, mortar dengan FAS 0,35 yang lebih kaku cenderung menyulitkan pergerakan dan penyesuaian serat di dalam adukan. Ini membuat efektivitas serat dalam mengikat dan menahan retak menjadi kurang maksimal. Akibatnya, meskipun secara teori pasta yang lebih padat bisa menghasilkan kekuatan lebih tinggi, tetapi dalam praktiknya tidak mampu mengimbangi kontribusi positif dari penyebaran serat yang baik pada FAS 0,40.

Dari sudut pandang mikrostruktur, campuran dengan FAS 0,40 menghasilkan ikatan antar material yang lebih kompak dan minim rongga karena kombinasi hidrasi yang menyeluruh dan peran aktif serat. Hal ini yang menjadikan kombinasi abu sekam padi dan serat batang pisang pada FAS 0,40 sebagai konfigurasi paling efektif dalam meningkatkan kuat tekan mortar.

## **B. Penelitian dengan Bahan Serat**

Penelitian ini menggunakan variasi serat batang pisang sebesar 0,1%, 0,3%, dan 0,5%, dengan hasil kuat tekan tertinggi pada variasi 0,5% yaitu sebesar 3,923 MPa (FAS 0,40). Penambahan serat ini mampu meningkatkan kekuatan mortar, terutama dalam mencegah retak mikro dan memperkuat daya tahan struktur.

Penelitian Chairunnisa et al. (2022) melaporkan bahwa serat batang pisang 0,12% yang telah melalui proses *treatment* NaOH dapat meningkatkan kuat tekan hingga 44,36% dan kuat tarik 17,78% dibandingkan beton kontrol. Ini menunjukkan bahwa walaupun kadar serat kecil, pengaruh terhadap kekuatan cukup besar.

Sandra dan Alek Saputra (2020) menggunakan variasi serat pohon pisang sebesar 0%, 0,8%, 1,6%, dan 2,4%, dengan hasil tertinggi pada variasi 2,4%. Namun dalam skala mortar, variasi besar ini berisiko menimbulkan penggumpalan serat, sehingga dalam penelitian ini digunakan variasi kecil yang lebih homogen.

Penelitian oleh Alatshan et al. (2025) menemukan bahwa penambahan 0,5% serat batang pisang dapat meningkatkan kuat tekan mortar paving block sebesar 7% dan kuat lentur sebesar 5,1% dibanding mortar kontrol. Namun pada kadar 1% hingga 2%, kekuatan menurun drastis, mendukung bahwa dosis optimal berada pada rentang 0,3%–0,5%.

Hasil serupa dilaporkan oleh Lamichhane et al. (2024), di mana penambahan serat pisang sebesar 0,25% mampu meningkatkan kuat tekan sebesar 18,7% dan kuat lentur 29,9% setelah 28 hari. Artinya, dalam rentang serat rendah, kontribusi terhadap kekuatan masih cukup signifikan.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

Dari hasil pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan pada penelitian ini didapat beberapa kesimpulan dan saran yang dapat di kembangkan oleh pembaca untuk penelitian berikutnya tentang penggunaan abu sekam padi (ASP) dan abu sekam padi sebagai bahan penggantian sebagian semen.

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Variasi abu sekam padi (ASP) memberikan pengaruh terhadap kuat tekan mortar. Penambahan ASP sebesar 5% menghasilkan nilai kuat tekan optimum, yaitu 6,669 MPa pada FAS 0,35 dan 5,884 MPa pada FAS 0,40. Pada variasi lebih tinggi (10–15%), kuat tekan mengalami penurunan karena berkurangnya jumlah semen sebagai bahan pengikat.
2. Penambahan serat batang pisang dengan variasi 0,5% terbukti memberikan kuat tekan terbaik dibanding 0,1% dan 0,3%. Hal ini menunjukkan bahwa serat batang pisang pada kadar tersebut mampu berperan sebagai pengikat mikro yang efektif dalam menahan retakan, sehingga berkontribusi pada peningkatan kekuatan mortar.
3. Kombinasi ASP 5% dan serat batang pisang 0,5% menghasilkan campuran mortar yang cukup baik untuk diaplikasikan pada dinding partisi non-struktural. Formulasi ini tidak hanya memberikan kuat tekan yang layak tetapi juga mendukung prinsip material ramah lingkungan melalui pemanfaatan limbah organik dan pengurangan penggunaan semen.

#### **5.2. Saran**

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji sifat mekanis lain seperti kuat lentur, tarik belah, maupun ketahanan terhadap permeabilitas guna mendapatkan gambaran lebih komprehensif mengenai performa mortar dengan campuran abu sekam padi dan serat batang pisang.

2. Perlu dilakukan variasi perawatan (curing) dan umur uji lebih panjang (misalnya hingga 56 hari) untuk mengetahui perkembangan kekuatan seiring waktu.
3. Perlu penelitian lanjutan untuk menguji kombinasi variasi ASP lebih rendah (misalnya 2,5%–7,5%) dengan serat 0,3%–0,5% untuk menemukan kadar optimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alam, Md Jahangir, Mithun Biswas, Mohammad Biplab Mia, Shahin Alam, and Md Mosabber Hossain. 2020. "The Influence of Rice Husk Ash on Mechanical Properties of the Mortar and Concrete A Critical Review." *Open Journal of Civil Engineering* 14(01) 65–81. doi: 10.4236/ojce.2024.141003.
- Al-Massri, Ginan, Hassan Ghanem, Jamal Khatib, and Adel Elkordi. 2025. "Influence of Adding Banana Fibers on the Mechanical Properties and Volume Stability of Mortar for Paving Block Applications." *Journal of Natural Fibers* 22(1). doi: 10.1080/15440478.2025.2464152.
- Chairunnisa, Nursiah, Ratni Nurwidayati, and S. Gusti Muhammad Madani. 2022. "The Effect of Natural Fiber (Banana Fiber) on the Mechanical Properties of Self-Compacting Concrete." *Journal of Applied Engineering Science* 20(2):331–38. doi: 10.5937/jaes0-32879.
- Endale, Solomon Asrat, Woubishet Zewdu Taffese, Duy Hai Vo, and Mitiku Damtie Yehualaw. 2023. "Rice Husk Ash in Concrete." *Sustainability (Switzerland)* 15(1). doi: 10.3390/su15010137.
- de Freitas Cordova de Souza, Everton, Taynã; Fracão da Silva, Mylena Alves de Castro, and Gisleiva Cristina dos Santos Ferreira. 2023. "Combined Use of Ladle Furnace Slag and Rice Husk Ash as a Supplementary Cementitious Material." *Materials Research* 26(suppl 1). doi: 10.1590/1980-5373-MR-2023-0069.
- J. J. Thomas and H. M. Jennings, "Supplementary cementing materials in concrete: Characterization and performance," *Cement and Concrete Research*, vol. 124, p. 105810, 2019.
- Lamichhane, Niroj, Aadarsha Lamichhane, and Tek Raj Gyawali. 2024. "Enhancing Mechanical Properties of Mortar with Short and Thin Banana Fibers: A Sustainable Alternative to Synthetic Fibers." *Heliyon* 10(10):e30652. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e30652.
- M. Amin, "A comprehensive review on chemical, mineralogical, and morphological characteristics of supplementary cementitious materials (SCMs)," *Construction and Building Materials*, vol. 285, p. 122936, 2021.
- Rusgiana, Lisa Dwi, and Sittati Musalamah. 2022. "Penambahan Tumbukan Batu Bata Terhadap Kuat Tekan Mortar." *Journal of Vocational and Technical Education (JVTE)* 4(1):18–23. doi: 10.26740/jvte.v4n1.p18-23.
- Safarizki, Hendramawat Aski, Marwahyudi Marwahyudi, and Wahyu Aji Pamungkas. 2021. "Beton Ramah Lingkungan Dengan Abu Sekam Padi

Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Era New Normal.” *Jurnal Riset Rekayasa Sipil* 4(2):63. doi: 10.20961/jrrs.v4i2.42978.

Suhirkam, Djaka, and A. Latief. 2006. “Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Abu Sekam Padi Terhadap Kekuatan Beton K-400.” *Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya* 6:3–8.

Thirumurugan, S., and A. Sivaraja. 2013. “Strength Behaviour of Mortar Using Fly Ash as Partial Replacement of Cement.” *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 3(3):341–345.

## LAMPIRAN

### Foto Dokumentasi Saat Penelitian



Gambar L 1 : Pasir



Gambar L 2 : serat batang pisang yang sudah dipotong 5cm untuk campuran mortar



Gambar L 3 : Perendaman Mortar Selama 28 Hari



Gambar L 4 : Serat Batang Pisang Yang Didapat Dari E- Commerce



Gambar L 5 : Pengujian Berat Jenis Pasir



Gambar L 6 : Benda Uji Mortar Setelah Perendaman Selama 28 Hari



Gambar L 7: Pengujian Kuat Tekan

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap : Nawang Ami Kastury  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 15 Oktober 2003  
Jenis Kelaman : Perempuan  
Agama : Islam  
Alamat : Jl. Turi Gg Salim Medan Amplas  
Nomor Hp : +62 831-4381-2193  
Nama Ayah : Adi Warsono  
Nama Ibu : Sumiah  
E-mail : [nawangami15@gmail.com](mailto:nawangami15@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

NIM : 2107210045  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3, Medan 20238

### PENDIDIKAN FORMAL

Sekolah Dasar	: SDN 064986 MEDAN	2009-2015
Sekolah Menengah Pertama	: MTsN 1 MEDAN	2015-2018
Sekolah Menengah Atas	: MAN 3 MEDAN	2018-2021