

**TUGAS AKHIR**  
**EKSPLORASI KEKUATAN TEKAN MODIFIKASI MORTAR DENGAN**  
**PENGUATAN OLEH VARIASI SERAT DAUN NANAS DAN VARIASI FLY**  
**ASH SEBAGAI PENGGANTI SEMEN**  
**(Studi Penelitian)**

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

**Disusun Oleh:**

**YOFALIA DWI LESTARI**  
**2107210046**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2025**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Yofalia Dwi Lestari  
NPM : 2107210046  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Ekspolrasi Kekuatan Tekan Modifikasi Mortar  
Dengan Penguatan oleh Variasi Serat Daun  
Nanas dan Variasi Fly Ash Sebagai 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.

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA  
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 25 Agustus 2025

Dosen Pembimbing



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

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Yofalia Dwi Lestari  
NPM : 2107210046  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Eksplorasi Kekuatan Tekan Modifikasi Mortar  
Dengan Penguatan oleh Serat Daun Nanas dan  
Variasi Fly Ash Sebagai 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, 25 Agustus 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



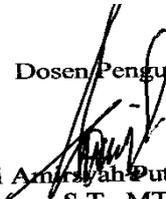
Ir. Josef Hadipramana, S.T.,M.Sc.,Ph.D

Dosen Penguji I



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

Dosen Penguji II



Ir. Tondi Amriyah Putera Pulungan,  
S.T., 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 : Yofalia Dwi Lestari  
Tempat, tanggal lahir : Pematang Siantar, 11 Mei 2003  
NPM : 2107210046  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir berjudul “Eksplorasi Kekuatan Tekan Modifikasi Mortar Dengan Penguatan oleh Variasi Serat Daun Nanas dan Variasi Fly Ash Sebagai 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 orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat 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, 25 Agustus 2025

Saya Menyatakan,



Yofalia Dwi Lestari

## ABSTRAK

### **EKSPLORASI KEKUATAN TEKAN MODIFIKASI MORTAR DENGAN PENGUATAN OLEH VARIASI SERAT DAUN NANAS DAN VARIASI FLY ASH SEBAGAI PENGGANTI SEMEN (Studi Penelitian)**

Yofalia Dwi Lestari

2107210046

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

Perkembangan teknologi konstruksi mendorong inovasi pemanfaatan material alternatif yang ramah lingkungan dan berkinerja tinggi. Mortar sebagai material pengikat banyak digunakan dalam konstruksi, namun kualitasnya masih dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan limbah industri dan sumber daya alam lokal. Abu terbang (fly ash) memiliki sifat pozzolanik yang berpotensi menggantikan sebagian semen, sedangkan serat daun nanas memiliki kekuatan tarik tinggi sehingga dapat berfungsi sebagai penguat mortar. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh variasi fly ash sebagai pengganti sebagian semen serta variasi serat daun nanas sebagai penguat terhadap kuat tekan mortar. Tahap pertama dilakukan pengujian mortar dengan variasi fly ash 5%, 8%, 10%, dan 12% dari berat semen pada faktor air semen (FAS) 0,35 dan 0,40. Tahap kedua menguji kombinasi fly ash optimum dengan serat daun nanas 0,3%, 0,5%, dan 0,9% dari berat total campuran. Benda uji berbentuk kubus  $5 \times 5 \times 5$  cm dirawat selama 28 hari sebelum diuji berat jenis, penyerapan air, dan kuat tekan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil optimal pada tahap pertama diperoleh pada variasi fly ash 12% dengan kuat tekan 11,76 MPa (FAS 0,35) dan 12,35 MPa (FAS 0,40), sedangkan pada tahap kedua optimal pada variasi serat daun nanas 0,5% dengan kuat tekan 7,85 MPa (FAS 0,35) dan 10,59 MPa (FAS 0,40). Penambahan serat daun nanas di atas kadar optimum cenderung menurunkan kuat tekan. Dengan demikian, kombinasi fly ash dan serat daun nanas berpotensi digunakan sebagai material tambahan yang efektif dan ramah lingkungan pada pembuatan mortar.

Kata Kunci: Abu Terbang (*fly ash*), Serat Daun Nanas, Kuat Tekan Mortar.

## **ABSTRACT**

### **EXPLORATION OF COMPRESSIVE STRENGTH MODIFICATION OF MORTAR WITH REINFORCEMENT FROM VARIATIONS OF PINEAPPLE LEAF FIBERS AND FLY ASH AS CEMENT REPLACEMENT**

Yofalia Dwi Lestari

2107210046

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

*The development of construction technology has encouraged innovations in the utilization of environmentally friendly and high-performance alternative materials. Mortar, as a binding material, is widely used in construction; however, its quality can still be improved through the use of industrial waste and local natural resources. Fly ash has pozzolanic properties that can partially replace cement, while pineapple leaf fiber possesses high tensile strength, enabling it to function as mortar reinforcement. This study aims to explore the effect of variations in fly ash as a partial cement replacement and pineapple leaf fiber as reinforcement on the compressive strength of mortar. The first stage involved testing mortar with fly ash variations of 5%, 8%, 10%, and 12% by cement weight at water–cement ratios (FAS) of 0.35 and 0.40. The second stage examined the combination of the optimum fly ash content with pineapple leaf fiber at 0.3%, 0.5%, and 0.9% of the total mix weight. Cube specimens measuring 5 × 5 × 5 cm were cured for 28 days before testing for density, water absorption, and compressive strength in accordance with the Indonesian National Standard (SNI). The optimum result in the first stage was obtained at 12% fly ash, with compressive strengths of 11.76 MPa (FAS 0.35) and 12.35 MPa (FAS 0.40). In the second stage, the optimum result was achieved with 0.5% pineapple leaf fiber, yielding compressive strengths of 7.85 MPa (FAS 0.35) and 10.59 MPa (FAS 0.40). Adding pineapple leaf fiber above the optimum level tended to reduce compressive strength. Therefore, the combination of fly ash and pineapple leaf fiber has the potential to be used as an effective and environmentally friendly additive material in mortar production.*

*Keywords: Fly Ash, Pineapple Leaf Fiber, Mortar Compressive Strength.*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut Adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Eksplorasi Kekuatan Tekan Modifikasi Mortar Dengan Penguatan Oleh Variasi Serat Daun Nanas Dan Variasi Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen (Studi Penelitian)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Ir. Josef Hadipramana, S.T.,M.Sc.,Ph.D, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sekaligus Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc.,Ph.D.,IPM., selaku Dosen Penguji I yang telah banyak membantu dan memberikan saran demi kelancaran penulis dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini
3. Bapak Ir. Tondi Amirsyah Putera Pulungan, S.T.,MT., selaku Dosen Penguji II yang telah banyak membantu dan memberikan serta masukan demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknisipilan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Penghargaan tertinggi dan rasa terimakasih yang tak terhingga penulis sampaikan kepada kedua orangtua penulis. Dukungan, cinta, dan bimbingan dari mereka adalah fondasi terkuat yang membantu penulis menyelesaikan studinya.
8. Terimakasih juga kepada Bayu Tri Prasetya, Dewi Putriani Br. Tarigan, Intan Mahfudza, Fatimah Zuhra, dan Salsa Azizah yang telah memberikan perhatian, dukungan dan kontribusi dalam membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
9. Kepada sahabat terbaik penulis, Aprilia Sherly Anil Sembiring dan Deswita Maharani yang selalu bersedia menjadi tempat keluh kesah. Motivasi dan dukungan yang diberikan adalah energi tak terbatas yang menggerakkan penulis hingga sampai di titik ini. Terimakasih telah menjadi bagian tak terpisahkan dari cerita ini.
10. Sahabat-sahabat penulis yaitu keluarga A1 Pagi dan anak stambuk 2021 lainnya Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan juga seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

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

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

Medan, 27 Agustus 2025

Saya yang menyatakan



Yofalia Dwi Lestari

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Defenisi Umum Mortar	5
2.2 Bahan Utama Penyusun Mortar	6
2.2.1 Semen	6
2.2.2 Agregat Halus	7
2.2.3 Air	8
2.3 Bahan Tambahan Penyusun Mortar	9
2.3.1 Abu Terbang <i>Fly Ash</i>	9
2.3.2 Serat Daun Nanas (SDN)	13
2.4 Berat Jenis ( <i>Density</i> )	16
2.5 Penyerapan ( <i>Absorpsi</i> )	17
2.6 Kuat Tekan	17
BAB 3 METODE PENELITIAN	19
3.1 Diagram Alir	19
3.2 Sumber – Sumber Data Dalam Penelitian	23
3.3 Persiapan Alat dan Bahan	23

3.3.1	Peralatan Pembuatan Benda Uji	23
3.3.2	Bahan Pembuatan Mortar	26
3.4	Metode Penelitian	27
3.4.1	Benda Uji Untuk Kuat Tekan Pertama	27
3.4.2	Benda Uji Untuk Kuat Tekan Kedua	28
3.5	Pemeriksaan Agregat Halus	29
3.5.1	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat halus	29
3.5.2	Kadar Air Agregat Halus	32
3.5.3	Kadar Lumpur Agregat Halus	35
3.5.4	Berat Isi Agregat Halus	38
3.6	<i>Mix Design</i>	42
3.7	Pembuatan Benda Uji	44
3.7.1	Langkah – langkah Pembuatan Benda Uji Kuat Tekan Pertama	44
3.7.2	Langkah – langkah Pembuatan Benda Uji Kuat Tekan Kedua	48
3.7.3	Perawatan Benda Uji	52
3.8	Berat Jenis Mortar ( <i>Density</i> )	54
3.9	Penyerapan ( <i>Absorpsi</i> )	55
3.10	Kuat Tekan ( <i>Compressive strength</i> )	55
3.11	Data Hasil pemeriksaan Agregat Halus	57
3.11.1	Pemeriksaan Agregat Halus	57
3.11.1.1	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	57
3.11.1.2	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	57
3.11.1.3	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	58
3.11.1.4	Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	58
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		60
4.1	<i>Mix Design</i>	60
4.2	Pengujian Berat Jenis Mortar ( <i>Density</i> )	69
4.3	Penyerapan Mortar ( <i>Absorpsi</i> )	73
4.4	Kuat Tekan ( <i>Compressive Strength</i> )	78
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		85
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA		88
LAMPIRAN		90
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		94

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Presentase Kandungan bahan-bahan kimia dalam Bahan Baku Semen (Zibrillian, 2020).	6
Tabel 2. 2 Unsur semen Portland (Koidah & Setiawan, 2022).	6
Tabel 2. 3 Batas Gradasi Agregat Halus (SNI 03-2834-2000)	8
Tabel 2. 4 Nilai pengujian beton <i>Fly Ash</i>	11
Tabel 2. 5 Kandungan Kimia Fly Ash (Yusra et al., 2018)	13
Tabel 2. 6 Zat kimia yang terkandung pada serat nanas (Chen et al., 2022)	14
Tabel 2. 7 Nilai pengujian beton serat daun nanas	15
Tabel 3.1: Peralatan Pembuatan Benda Uji	23
Tabel 3.2: Bahan Pembuatan Mortar	26
Tabel 3. 3 Perencanaan pembuatan sampel benda uji	43
Tabel 3. 4 Hasil Pemeriksaan Kadar Air	57
Tabel 3. 5 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	57
Tabel 3. 6 Hasil pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	58
Tabel 3. 7 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	58
Tabel 4. 1 Bahan Campuran untuk kuat tekan pertama dengan variasi Fly Ash	65
Tabel 4. 2 Bahan Campuran untuk kuat tekan kedua	68
Tabel 4. 3 Berat Jenis Benda Uji Kuat Tekan Pertama FAS 0,35	69
Tabel 4. 4 Berat Jenis Benda Uji Kuat Tekan Pertama FAS 0,40	70
Tabel 4. 5 Berat Jenis Benda Uji Kuat Tekan Kedua FAS 0,35	71
Tabel 4. 6 Berat Jenis Benda Uji Kuat Tekan Kedua FAS 0,40	72
Tabel 4. 7 Penyerapan benda uji kuat tekan pertama, FAS 0,35	73
Tabel 4. 8 Penyerapan Benda Uji Kuat Tekan Pertama FAS 0,40	75
Tabel 4. 9 Penyerapan benda uji kuat tekan kedua, FAS 0,35	76
Tabel 4. 10 Penyerapan benda uji kuat tekan kedua, FAS 0,40	77
Tabel 4. 11 Kuat Tekan Variasi Abu Terbang <i>Fly Ash</i>	80
Tabel 4. 12 Kuat Tekan Fly Ash 12% Variasi Serat Daun Nanas (SDN)	83

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3. 2 Alat dan bahan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan	29
Gambar 3. 3 Agregat halus yang dikeringkan	29
Gambar 3. 4 Menimbang agregat halus	30
Gambar 3. 5 Menimbang piknometer yang berisi air	30
Gambar 3. 6 Membuang air dari piknometer	30
Gambar 3. 7 Memasukkan agregat kedalam piknometer	31
Gambar 3. 8 Memanaskan piknometer yang berisi agregat halus dan air	31
Gambar 3. 9 Merendam piknometer	31
Gambar 3. 10 Mengeluarkan sampel bahan dari piknometer kedalam wadah	32
Gambar 3. 11 Memasukkan wadah berisi sampel bahan kedalam oven	32
Gambar 3. 12 Menimbang kemudian mencatat berat wadah berisi sampel bahan	32
Gambar 3. 13 Alat dan bahan pemeriksaan berat isi	33
Gambar 3. 14 Menyaring agregat halus dengan saringan No.4	33
Gambar 3. 15 Menimbang wadah	33
Gambar 3. 16 Menimbang wadah berisi agregat halus	34
Gambar 3. 17 Mengeringkan contoh bahan kedalam oven	34
Gambar 3. 18 Menimbang contoh bahan	34
Gambar 3. 19 Alat dan bahan pengujian kadar lumpur	35
Gambar 3. 20 Mengayak agregat halus dengan saringan No.4	35
Gambar 3. 21 Menimbang berat agregat halus	36
Gambar 3. 22 Mencuci agregat halus	36
Gambar 3. 23 Menimbang wadah berisi agregat halus	36
Gambar 3. 24 Memasukkan sampel bahan kedalam oven	37
Gambar 3. 25 Mengeluarkan sampel bahan dari oven	37
Gambar 3. 26 Menimbang berat wadah berisi agregat halus	37
Gambar 3. 27 Alat dan bahan pengujian berat isi	38
Gambar 3. 28 Agregat halus untuk pengujian berat isi	38
Gambar 3. 29 Menimbang wadah baja	38
Gambar 3. 30 Memasukkan sampel bahan kedalam wadah baja	39
Gambar 3. 31 Meratakan permukaan wadah dengan mistar	39
Gambar 3. 32 Menimbang wadah baja berisi agregat halus	39

Gambar 3. 33 Melakukan metode penusukan	40
Gambar 3. 34 Meratakan permukaan wadah dengan mistar perata	40
Gambar 3. 35 Menimbang wadah berisi sampel bahan	40
Gambar 3. 36 Melakukan metode penggoyangan	41
Gambar 3. 37 Meratakan permukaan wadah dengan mistar Perata	41
Gambar 3. 38 Menimbang wadah baja berisi agregat halus	42
Gambar 3. 39 Benda uji mortar	44
Gambar 3. 40 Menimbang bahan untuk pembuatan mortar	44
Gambar 3. 41 Mencampurkan seluruh bahan bahan untuk pembuatan mortar	45
Gambar 3. 42 Mengaduk adonan untuk pembuatan mortar	45
Gambar 3. 43 Memasukkan air kedalam adonan mortar	45
Gambar 3. 44 Menuangkan adonan mortar kedalam cetakan kubus	46
Gambar 3. 45 Meratakan permukaan cetakan dengan pisau perata	46
Gambar 3. 46 Mendingkan cetakan hingga mortar mengeras	46
Gambar 3. 47 Membuka cetakan mortar	47
Gambar 3. 48 Merendam mortar hingga 28 hari	47
Gambar 3. 49 Melakukan Pengujian Berat Jenis	47
Gambar 3. 50 Melakukan pengujian kuat tekan	48
Gambar 3. 51 Menimbang bahan untuk pembuatan mortar	48
Gambar 3. 52 Mecampurkan seluruh bahan pembuatan mortar	49
Gambar 3. 53 Mengaduk semua bahan menggunakan mesin bor	49
Gambar 3. 54 Memasukkan air kedalam adonan mortar	49
Gambar 3. 55 Menuangkan adonan kedalam cetakan kubus	50
Gambar 3. 56 Meratakan permukaan cetakan	50
Gambar 3. 57 Mendingkan cetakan hingga mengeras	50
Gambar 3. 58 Membuka cetakan mortar	51
Gambar 3. 59 Merendam mortar hingga 28 hari	51
Gambar 3. 60 Melakukan Pengujian Berat Jenis	51
Gambar 3. 61 Melakukan pengujian kuat tekan	52
Gambar 3. 62 Mengeluarkan benda uji dari cetakan	52
Gambar 3. 63 Memastikan benda uji kering sempurna	53
Gambar 3. 64 Memperiapkan bak perendam	53
Gambar 3. 65 Merendam benda uji kedalam bak perendam	53
Gambar 3. 66 Merendam benda uji selama 28 hari	54
Gambar 3. 67 Menimbang lalu mencatat berat benda uji	54

Gambar 4. 1 Grafik Kuat Tekan Variasi Fly Ash FAS 0,35	80
Gambar 4. 2 Grafik Kuat Tekan Variasi Fly Ash FAS 0,40	81
Gambar 4. 3 Grafik Kuat Tekan Fly Ash 12%, Variasi Serat Daun Nanas FAS 0,35	83
Gambar 4. 4 Grafik Kuat Tekan Fly Ash 12%, Variasi Serat Daun Nanas FAS 0,40	83

## DAFTAR NOTASI

$f'c$	= Kekuatan tekan mortar	(MPa)
P	= Gaya tekan	(ton)
A	= Luas penampang benda uji	(m <sup>3</sup> )
b	= Lebar benda uji	(mm)
d	= Tebal benda uji	(mm)
L	= Jarak antara kedua tumpuan	(mm)
	= Kadar Air	(%)
n	= Jumlah benda uji	(buah)
W <sub>w</sub>	= Berat benda uji basah	(kg/m <sup>3</sup> )
W <sub>d</sub>	= Berat benda uji kering	(kg/m <sup>3</sup> )
D	= Berat jenis atau <i>density</i>	(kg/m <sup>3</sup> )
M <sub>c</sub>	= Berat wadah ukur yang berisi mortar	(kg)
M <sub>m</sub>	= Berat wadah ukur	(kg)
V	= Volume benda uji	(m <sup>3</sup> )
W	= Berat	(kg)

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan serta teknologi, maka industri konstruksi di Indonesia pun ikut mengalami perkembangan secara kualitas. Salah satu wujud pertumbuhan industri yaitu banyaknya proyek konstruksi yang telah di bangun, sejumlah penelitian terus dikembangkan untuk menghasilkan teknologi konstruksi yang memadai dari sisi kualitas sekaligus dapat lebih memudahkan dalam pengerjaannya. Demikian pula dengan bahan-bahan pendukung untuk kepentingan dunia konstruksi itu terus dikembangkan (Ali & Walujodjati, 2022).

Di Indonesia penggunaan mortar sudah banyak digunakan dalam membangun suatu konstruksi, akan tetapi dalam pengerjaannya terkadang masyarakat masih keliru dalam membuat kombinasi pada mortar sehingga hasilnya tidak maksimal. Contohnya yaitu timbul retak pada dinding saat pembuatan dan setelah pembuatan sehingga dapat berpengaruh besar pada kekuatan mortar (Ali & Walujodjati, 2022). Fungsi utama dari mortar yaitu menambah lekatan dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun suatu konstruksi kekuatan mortar tergantung pada kohesi pasta semen terhadap partikel agregat halusya. Mortar mempunyai nilai penyusun yang relatif kecil. Mortar harus tahan terhadap penyerapan air serta kekuatan gesernya dapat memikul gaya-gaya yang bekerja pada mortar tersebut. Jika terjadi penyerapan air pada mortar dengan cepat maupun dengan jumlah yang besar, maka mortar akan mengeras dan akan kehilangan ikatan adhesinya (Zuraidah & Hastono, 2018)

Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan mortar antara lain: pasir, semen, dan air. Mortar juga dapat ditambah dengan bahan alternatif yang lain guna meningkatkan kekuatannya. Serat daun nanas merupakan salah satu bahan organik yang dapat ditambahkan sebagai bahan alternatif untuk membuat mortar. Serat daun nanas yang akan digunakan berfungsi sebagai bahan tambah dalam campuran

mortar untuk meningkatkan sifat mekanisnya, terutama dalam hal kekuatan tekan. Dengan penambahan serat daun nanas ini, pembaca dapat mengetahui apakah serat daun nanas lebih efisien sebagai bahan campuran mortar khususnya dari kekuatan tekan nya.

Pada penelitian ini dilakukan pemilihan serat daun nanas dikarenakan serat daun nanas mudah diperoleh. Menurut (Panjaitan, 2018) Pemilihan serat daun nanas dilakukan karena memiliki tekstur yang halus, secara visual memiliki kuat tarik yang besar dan berkualitas tinggi.

Adapun variasi dari serat daun nanas yang digunakan yaitu : 0,3%, 0,5%, 0,9% dikarenakan, Menurut (Kaselle et al., 2024) Pada penelitiannya menggunakan variasi serat daun nanas 0,3%, 0,5%, 0,9% sebagai bahan tambahan untuk beton pada pengujian kuat tekan dan kuat Tarik belah beton. Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan variasi serat daun nanas yang sama.

Selain itu, dalam penelitian ini juga menggunakan Abu Terbang *fly ash* sebagai bahan substitusi semen. Menurut (Setiawati, 2018) Pada penelitiannya yaitu abu terbang *fly ash* sebagai bahan pengganti semen pada beton, *Fly ash* atau abu terbang adalah residu (ampas) dari pembakaran batu bara yang di alirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang telah di gunakan sebagai bahan campuran pada beton. Adapun variasi abu terbang *fly ash* yang digunakan sebagai bahan pengganti semen yaitu : 5%, 8%, 10%, 12%

Metode eksperimen dalam penelitian ini dimaksudkan dengan tujuan untuk mendapatkan hasil dari kuat tekan mortar yang telah ditambahkan serat daun nanas dan abu terbang *fly ash*. Kemudian sebagai pembandingnya akan dibuat juga mortar dengan campuran normal seperti : pasir, semen, air. Agar dapat disimpulkan mengenai pengaruh penambahan serat daun nanas dan abu terbang *fly ash* terhadap kuat tekan mortar.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Bedasarkan latar belakang diatas yaitu penambahan variasi serat daun nanas dan variasi *fly ash* sebagai bahan campuran mortar yang diharapkan

mempunyai nilai kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan campuran mortar pada umumnya. Maka dikemukakan suatu rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana hasil uji kuat tekan mortar dengan penggunaan variasi abu terbang *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen?
2. Bagaimana pengaruh kuat tekan mortar dengan campuran variasi serat daun nanas sebagai bahan penguat dan abu terbang *fly ash* sebagai pengganti semen?

### **1.3 Batasan Masalah**

Agar pembahasan masalah tidak menyimpang dari pokok permasalahan maka perlu diadakan pembatasan-pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut

1. Variasi serat daun nanas yang digunakan sebagai bahan campuran mortar sebesar 0,3%, 0,5%, 0,9%
2. Variasi abu terbang *fly ash* yang digunakan sebagai substitusi semen sebesar 5%, 8%, 10%, 12%
3. Metode pencampuran mortar SNI 03-6882-2002
4. Pengujian pada mortar menggunakan cetakan kubus dengan ukuran 5×5×5 cm (SNI 03-1974-1990)
5. Pengujian benda uji mortar pada umur 28 hari

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Sesuai dengan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian yaitu :

1. Untuk mengetahui hasil uji kuat tekan mortar dengan penggunaan variasi abu terbang *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen.
2. Untuk mengetahui pengaruh kekuatan tekan mortar dengan campuran variasi dari serat daun nanas pada mortar yang menggunakan abu terbang *fly ash* sebagai pengganti semen.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun beberapa manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui sifat dan karakteristik mortar yang ditambahkan serat daun nanas
2. Mengetahui pengaruh variasi campuran serat daun nanas dan abu terbang *fly ash* pada mortar
3. Memberikan informasi tentang perbandingan kuat tekan pada mortar normal dengan mortar yang menggunakan tambahan serat daun nanas dan abu terbang *fly ash*.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Dalam penyusunan laporan/ skripsi ini penulis membagi materi yang akan disampaikan dalam beberapa bab yaitu :

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

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

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Membahas hal-hal berupa tinjauan Pustaka atau landasan teori yang digunakan untuk memberikan penjelasan mengenai studi penelitian yang berhubungan dengan judul skripsi dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

### **BAB 3 METODOLOGI**

Membahas dan menerangkan alur penelitian atau langkah-langkah pemecahan masalah, meliputi persiapan, pengumpulan data, dan Teknik pengumpulan data

### **BAB 4 ANALISA/PEMBAHASAN**

Membahas tentang penyajian data, proses tata cara perhitungan serta pembahasan hasil penelitian.

### **BAB 5 KESIMPULAN**

Memberikan Kesimpulan dari Analisa atau pembahasan yang dapat diambil setelah pembahasan seluruh masalah.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Defenisi Umum Mortar**

Menurut SNI 03-6882-2002 mortar didefenisikan sebagai campuran material yang terdiri dari yaitu agregat halus (pasir), bahan perekat (semen, kapur), dan air dengan komposisi tertentu.

Dalam pekerjaan konstruksi bangunan, biasanya mortar merupakan bahan bangunan berupa campuran dari semen, pasir, dan air dengan proporsi tertentu. Mortar digunakan sebagai bahan pengikat batu bata, batu dan blok beton. Mortar dapat difungsikan sebagai konstruksi struktural maupun non struktural. Pada konstruksi struktural mortar digunakan sebagai spesi dinding dan juga pondasi, sedangkan konstruksi non struktural mortar digunakan sebagai pelapis dinding terluar. Sebagai konstruksu struktural, mortar direncanakan untuk menahan gaya tekan (sebagai pengikat batu bata pada dinding maupun pondasi). Untuk itu perlu diketahui besar kuat tekan yang dapat ditahan oleh mortar (Yuniarto Adi, 2008).

Jika didefenisikan secara sederhana, mortar adalah campuran bahan pengikat (seperti semen atau kapur), air, dan agregat halus (seperti pasir) yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi, seperti merekatkan batu bata, plesteran dinding, atau perbaikan bangunan. Mortar memiliki konsistensi plastis saat baru dicampur dan akan mengeras seiring waktu, membentuk ikatan yang kuat antar elemen bangunan (Riyadi, 2013).

Mortar memiliki beberapa keunggulan (Nugroho, 2012) yaitu :

1. Merekatkan unit bangunan
2. Mempermudah pekerjaan konstruksi
3. Mengisi celah dan menyerap tegangan
4. Memiliki ketahanan terhadap cuaca
5. Dapat dimodifikasi

## 2.2 Bahan Utama Penyusun Mortar

Berikut merupakan bahan-bahan dasar dalam pembuatan mortar dapat dilihat pada sub bab dibawah ini :

### 2.2.1 Semen

Semen adalah material pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan yang berupa silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai material tambahan. Material pembuat semen adalah material yang mengandung kapur, silikat, alumina, oksida, besi, dan oksida lainnya. Semen termasuk bagian terpenting dalam pembuatan mortar (Hunggurami et al., 2017).

Adapun kandungan bahan kimia dalam semen dapat dilihat dalam Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Presentase Kandungan bahan-bahan kimia dalam Bahan Baku Semen (Zibrillian, 2020).

Bahan baku/ Bahan kimia	CaO	SiO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO
Batu Kapur	52,77	1,02	0,92	0,70	1,33
Tanah Liat	9,27	46,99	16,46	6,62	2,44
Pasir Silica	1,41	90,51	3,26	1,65	2,98
Pasir Besi	1,03	12,38	3,49	76,21	0,34

Tabel 2. 2 Unsur semen Portland (Koidah & Setiawan, 2022).

Oksida Persen	(%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO <sub>2</sub> )	17 – 25
Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3 – 8
Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO <sub>3</sub> )	1 – 2
Soda/potash (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)	0,5 – 1

Semen harus disimpan pada tempat yang kering. Dikarenakan udara yang lembab dapat juga menyebabkan semen menjadi keras seperti halnya semen yang telah bercampur dengan air. Jika semen disimpan pada tempat yang kedap udara atau terhindar dari udara yang lembab, maka semen dapat bertahan untuk waktu yang lama.

### **2.2.2 Agregat Halus**

Agregat halus adalah pasir alam sebagai desintegrasi secara alami dari batuan besar menjadi butiran batuan yang berukuran kecil. Agregat halus didefinisikan sebagai butiran batuan yang memiliki ukuran terbesar yaitu 5,0 mm (Ibrahim & Saelan, 2019).

Syarat agregat halus sebagai berikut :

1. Agregat halus terdiri atas butir-butir yang tajam dan keras. Butir agregat halus umumnya bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
2. Kadar lumpur tidak boleh lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur lebih dari 5% , maka agregat harus dicuci.
3. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus pada semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk dari Lembaga pemeriksaan bahan yang diakui.

Agregat halus berfungsi untuk mengontrol konsistensi dan daya kerja (*workability*) campuran mortar, yang sangat penting dalam proses pencetakan.

Agregat halus juga berperan dalam mengurangi permeabilitas mortar, yang mengurangi kemungkinan penyerapan air dan meningkatkan ketahanan terhadap faktor eksternal seperti kelembapan dan bahan kimia.

Pada SNI 03-2834-2000 agregat halus dapat dibagi menjadi 4 jenis menurut gradasinya. Yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar.

Tabel 2. 3 Batas Gradasi Agregat Halus (SNI 03-2834-2000)

Lubang (mm)	Presentase Berat Butir Yang Lolos Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

### 2.2.3 Air

Menurut SNI 03-2847-2002, air merupakan material yang sangat penting bagi kelangsungan proyek. Penggunaan air untuk konstruksi harus mengamati Tingkat kualitas dari air tersebut. Karena kualitas air juga mempengaruhi mutu bangunan. Air merupakan bagian yang sangat penting dari campuran mortar maupun beton.

Pada campuran beton, air memiliki dua fungsi. Yang pertama yaitu untuk menguatkan reaksi kimiawi yang menyebabkan pengikatan dan terjadinya pengerasan. Yang kedua adalah sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat dengan mudah dipadatkan (Tjokrodimulyo, 2007).

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan bebas dari asam, alkalin, bahan padat, bahan organik, minyak, lumut, gula, sulfur dan chloride (Almufid, 2018).

Menurut SNI 03-2847-2002 persyaratan mutu air yaitu sebagai berikut :

- a. Air yang digunakan dalam campuran mortar harus bersih bebas dari zat-zat berbahaya, seperti oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau komponen lain yang dapat merugikan mortar atau tulangan.

- b. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda-benda mengapung yang dapat terlihat dengan jelas.
- c. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada mortar, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
  1. Pemelihan proporsi campuran mortar harus didasarkan pada campuran mortar yang menggunakan air dari sumber yang sama.
  2. Hasil pengujian pada umur 28 hari untuk kubus uji mortar yang dibuat dengan adukan menggunakan air *non-potable* harus memiliki kekuatan minimal 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air *potable*. Perbandingan kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan yang sama, kecuali untuk jenis air yang digunakan dalam pencampuran, dan pengujian harus dilakukan sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (Menggunakan specimen kubus berukuran sisi 50 mm)” (ASTM 109).

Kuantitas air yang digunakan sangat penting ; terlalu banyak air maka akan membuat mortar sulit dikerjakan, sedangkan terlalu sedikit air maka dapat mengurangi kekuatan akhir mortar.

## **2.3 Bahan Tambahan Penyusun Mortar**

Bahan tambah yaitu bahan selain unsur pokok mortar seperti (air, semen, agregat halus) yang ditambahkan pada adukan mortar. Berikut adalah bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini:

### **2.3.1 Abu Terbang *Fly Ash***

Penggunaan Batubara sebagai bahan bakar akan diiringi dengan timbulnya produk limbah hasil pembakaran dengan jumlah yang cukup besar. Dari pembakaran Batubara maka akan menghasilkan abu Batubara *coal ash* yang lebih dari 80% kandungannya adalah abu terbang *fly ash*. Sedangkan sisanya merupakan *bottom ash*. Abu terbang *fly ash* berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan dasar untuk pembuatan beton (Segar et al., 2015).

Abu Batubara *fly ash* mengandung silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang merupakan salah satu dari bahan penyusun pembuatan semen. *Fly ash* memiliki sifat pozzoland dan dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dengan menggunakan media air dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat secara fisik, abu Batubara *fly ash* memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butir-butirannya (Jeneri, 2023).

Menurut SNI S-15-1990-F mengenai spesifikasi abu Batubara *fly ash* sebagai bahan tambahan untuk campuran beton, abu Batubara *fly ash* digolongkan menjadi 2 jenis:

1. Kelas F: abu terbang *fly ash* yang dihasilkan dari pembakaran Batubara jenis antasit dan bituminous yang memiliki kadar kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) rendah, biasanya kurang dari 10%. Kandungan kimianya lebih didominasi oleh silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Karakteristik utamanya adalah bersifat pozzolan murni, sehingga tidak bisa mengikat atau mengeras dengan sendirinya tanpa adanya aktivator seperti semen atau kapur. Reaksinya terjadi dengan kalsium hidroksida [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ] hasil hidrasi semen untuk membentuk senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang memperkuat beton. Penggunaan fly ash kelas F sangat bermanfaat untuk menurunkan panas hidrasi, meningkatkan durabilitas beton, serta memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap serangan sulfat dan reaksi alkali-silika. Karena sifatnya yang stabil, kelas ini banyak digunakan untuk beton struktural yang dituntut memiliki kekuatan jangka panjang dan ketahanan pada lingkungan yang agresif. Umumnya berwarna abu-abu gelap kehitaman karena kandungan karbon tak terbakar (loss on ignition/LOI) cukup tinggi.
2. Kelas C: abu terbang *fly ash* yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis lignite dan subbituminous yang memiliki kadar kalsium oksida lebih tinggi, yakni sekitar 15–30% atau lebih. Dengan kandungan  $\text{CaO}$  yang besar, fly ash kelas C memiliki sifat ganda, yaitu selain sebagai bahan pozzolan juga memiliki sifat sementasi sendiri (self-cementing). Artinya, fly ash kelas C dapat mengeras hanya dengan air, meskipun tanpa tambahan semen portland. Reaktivitasnya lebih tinggi dibandingkan dengan kelas F,

sehingga sering dimanfaatkan untuk mempercepat kekuatan awal beton. Namun, tingginya kandungan kalsium juga perlu diawasi, karena bisa menyebabkan ekspansi dan masalah kestabilan bila tidak terkontrol dengan baik. Oleh karena itu, fly ash kelas C lebih sesuai digunakan pada proyek yang membutuhkan perkembangan kekuatan cepat, tetapi tetap harus melalui pengendalian mutu yang ketat. Biasanya lebih terang, abu-abu pucat hingga hampir putih karena kandungan kalsium lebih tinggi dan karbon tak terbakar lebih sedikit.

Dalam penelitian ini digunakan fly ash tipe kelas C, hal ini didasarkan pada karakteristik fisik yang diamati terutama dari segi warna. Fly ash yang digunakan memiliki warna abu-abu terang cenderung pucat, yang menunjukkan kandungan kalsium oksida (CaO) relatif tinggi. Sesuai dengan SNI S-15-1990-F, warna tersebut merupakan salah satu ciri khas fly ash kelas C yang berasal dari pembakaran batu bara sub-bituminus atau lignit dengan sifat pozzolan sekaligus memiliki kemampuan sementasi sendiri. Dengan karakteristik ini, fly ash kelas C dipilih karena diharapkan dapat memberikan reaktivitas yang lebih cepat serta berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan awal mortar pada penelitian ini.

Tabel 2. 4 Nilai pengujian beton *Fly Ash*

No.	Nama dan Judul	Filler dan Campuran	Hasil
1.	( <i>Skripsi_Zibrillian Adimas_2007210136_FATEK_SIPIL, n.d.</i> ) “Analisis Dan Pengaruh Penambahan Fly Ash Dan Kapur Sebagai Bahan Substitusi Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Beton”	Fly Ash	Kuat tekan beton : 3% = 15,44 Mpa 5% = 15,72 Mpa 7% = 14,03 Mpa
2.	(M. Zakirullah, Rita Anggraini, 2021) “Analisa Penggunaan Fly Ash PLtu Ombilin Sebagai Substansi Semen Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton”	Fly Ash	Kuat tekan beton : 14% = 32,05 Mpa 15% = 31,52 Mpa 16% = 28,87 Mpa 17% = 28,59 Mpa

Tabel 2.4 Nilai Pengujian Beton *Fly Ash* (lanjutan)

No.	Nama dan Judul	Filler dan Campuran	Hasil
3.	(Yusra et al., 2018) “Pengaruh Bahan Tambah Fly Ash Batu Bara Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi”	Fly Ash	Kuat tekan beton : 5% = 56,21 Mpa 8% = 51,68 Mpa 10% = 56,58 Mpa 15% = 60,36 Mpa

Penelitian yang dilakukan oleh Zibrillian Adimas menunjukkan bahwa penambahan Fly Ash sebesar 3% hingga 5% memberikan peningkatan kuat tekan beton, di mana nilai tertinggi dicapai pada penambahan 5% sebesar 15,72 MPa. Namun, ketika kadar Fly Ash ditingkatkan menjadi 7%, kuat tekan justru menurun menjadi 14,03 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa ada batas optimum penggunaan Fly Ash dalam campuran beton, di mana penambahan berlebih justru mengurangi kekuatan karena reaksi hidrasi semen yang terganggu akibat penggantian material semen aktif dengan material pozzolan sekunder. Penelitian kedua oleh M. Zakirullah dan Rita Anggraini mendukung konsep ini, di mana penggunaan Fly Ash dari PLTU Ombilin memberikan hasil kuat tekan terbaik pada 14% sebesar 32,05 MPa, namun mulai menurun pada kadar 15% ke atas. Ini memperlihatkan bahwa walaupun Fly Ash bersifat memperbaiki kinerja beton, namun pada kadar tertentu efeknya mulai berbalik negatif akibat terganggunya keseimbangan komposisi bahan pengikat dalam beton.

Berbeda dari kedua penelitian sebelumnya, hasil dari Yusra et al. menunjukkan bahwa penambahan Fly Ash hingga 15% justru meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan. Nilai tertinggi sebesar 60,36 MPa didapat pada kadar Fly Ash 15%, dengan tren peningkatan dari 5% hingga 15%. Hal ini menunjukkan bahwa dalam beton mutu tinggi, Fly Ash lebih efektif berperan sebagai bahan tambah yang mendukung reaksi pozzolanik, meningkatkan kepadatan mikrostruktur beton, serta memperlambat proses hidrasi yang pada akhirnya memperkuat beton dalam jangka panjang. Perbedaan hasil ini mengindikasikan

bahwa efektivitas Fly Ash sangat bergantung pada mutu dasar beton serta kondisi dan komposisi campuran lainnya.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan Fly Ash sebagai bahan substitusi sebagian semen dapat meningkatkan kuat tekan beton dalam batas kadar tertentu. Dosis optimum berkisar antara 5%–15%, tergantung pada mutu beton dan karakteristik Fly Ash itu sendiri. Pemilihan kadar yang tepat sangat penting untuk memaksimalkan manfaat dari Fly Ash tanpa mengorbankan performa beton.

Di sisi lain, waktu pengujian (usia beton saat diuji) juga berpengaruh, karena Fly Ash cenderung memberikan kontribusi kekuatan jangka panjang yang lebih baik dibandingkan awal umur beton. Hal ini menjadikan Fly Ash bukan hanya bahan substitusi ekonomis dan ramah lingkungan, tetapi juga sebagai bahan tambah yang efektif dalam meningkatkan performa beton bila digunakan dengan tepat.

Tabel 2. 5 Kandungan Kimia Fly Ash (Yusra et al., 2018)

Senyawa Kimia	Jenis F	Jenis C
Oksida Silika (SiO <sub>2</sub> ) + Oksida Alumina (AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) + Oksida Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), minimum %	70.0	50.0
Trioksida Sulfur (SO <sub>3</sub> ), maksimum %	5.0	5.0
Kadar Air, Maksimum %	3.0	3.0
Kehilangan Panas, maksimum %	6.0	6.0

### 2.3.2 Serat Daun Nanas (SDN)

Serat daun nanas yaitu benda halus yang bentuknya seperti benang-benang Panjang berwarna putih kekuningan yang berada pada lapisan tengah daun nanas. Menurut (Panjaitan, 2018) Serat daun nanas *pineapple leaf-fibers* adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan *vegetables fibre* yang diperoleh dari daun tanaman nanas.

Di Indonesia tanaman nanas ini mudah ditemukan. Dikarenakan tanaman nanas ini sudah dibudidayakan terutama dipulau Sumatera dan Jawa. Tanaman nanas akan dicabut setelah dua atau tiga kali masa panen nya. Jarak masa panen

sekitar dua hingga tiga bulan saja. Oleh karena itu limbah daun nanas akan cepat menumpuk dan cukup berpotensi untuk dimanfaatkan.

Yang dilakukan oleh Firman dkk (2015) menunjukkan bahwa serat daun nanas memiliki kuat lentur yang tinggi dengan massa serat daun nanas 0,7 g memiliki kuat lentur tertinggi yaitu 5,47 Mpa. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa daun nanas memiliki kuat lentur yang tinggi dengan massa serat daun nanas 0,7 g memiliki kuat lentur tertinggi yaitu 5,47 Mpa.

Kemampuan kekuatan serat daun nanas ini bisa dimanfaatkan untuk pembuatan beton. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan kuat Tarik beton yaitu dengan menambahkan serat, sehingga menjadi bahan komposit beton dan serat. Beton serat mempunyai keunggulan meningkatkan ketahanan beton terhadap abrasi dan *impact*, meningkatkan kekuatan tekan, lentur, dan Tarik (Yanti, Zainuri, et al., 2019).

Semua serat yang berasal dari tumbuhan mempunyai kandungan zat kimia didalamnya. Begitu pula pada serat yang dihasilkan dari daun nanas. Campuran kandungan zat-zat kimia didalamnya pada umumnya bervariasi tergantung jenis tanaman nanas. Pada tabel 2.6 akan memperlihatkan zat kimia yang terkandung didalam serat nanas (Chen et al., 2022).

Tabel 2. 6 Zat kimia yang terkandung pada serat nanas (Chen et al., 2022)

Komposisi kimia	Serat nanas (%)	Serat kapas (%)	Serat rami (%)
Alpha selulosa	69,5 - 71,5	94	72 – 92
Pentosan	17,0 - 17,8	-	-
Lignin	4,4 – 4,7	-	0 – 1
Pectin	1,0 – 1,2	0,9	3 – 27
Lemak dan wax	3,0 – 3,3	0,6	0,2
Abu	0,71 – 0,87	1,2	2,87
Zat-zat lain (protein, asam organis dan lain-lain)	4,5 – 5,3	1,3	6,2

Tabel 2. 7 Nilai pengujian beton serat daun nanas

No.	Nama dan Judul	Filler dan Campuran	Hasil
1.	(Yanti, Zainuri, et al., 2019) “Peningkatan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Dengan Variasi Penambahan Serat Daun Nanas”	Serat daun nanas	Kuat lentur beton : 1% = 36,63 Kg/cm <sup>2</sup> 3% = 38,31 Kg/cm <sup>2</sup> 5% = 41,61 Kg/cm <sup>2</sup>
2.	(Kaselle et al., 2024) “Studi Penambahan Serat Alam Daun Nanas Raja Pada Kuat Tekan dan Tarik Beton”	Serat daun nanas	Kuat Tekan beton : 0,3% = 31,65 Mpa 0,5 % = 22,80 Mpa 0,9% = 22,73 Mpa
3.	(Yanti, Z, et al., 2019) “Kajian Pemanfaatan Limbah Serat Daun Nanas Pada Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton”	Serat daun nanas	Kuat tekan beton : 1% = 244,28 Kg/cm <sup>2</sup> 3% = 260,26 Kg/cm <sup>2</sup> 5% = 267,00 Kg/cm <sup>2</sup> 7% = 235,81 Kg/cm <sup>2</sup>

Penelitian oleh Yanti, Zainuri, dan tim (2019) menunjukkan bahwa penambahan serat daun nanas memberikan peningkatan pada kuat lentur beton. Pada variasi 1% hingga 5%, kuat lentur meningkat dari 36,63 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 41,61 kg/cm<sup>2</sup>. Ini mengindikasikan bahwa serat daun nanas berperan sebagai tulangan mikroskopis yang mampu menahan retakan mikro dan meningkatkan kemampuan beton dalam menerima beban lentur. Sementara itu, penelitian lainnya dari Yanti, Z, et al. (2019) juga mengkaji kuat tekan beton dan menunjukkan hasil serupa: penambahan serat hingga 5% meningkatkan kuat tekan dari 244,28 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 267,00 kg/cm<sup>2</sup>. Namun, ketika kadar serat ditingkatkan hingga 7%, terjadi penurunan kuat tekan menjadi 235,81 kg/cm<sup>2</sup>, yang kemungkinan disebabkan oleh distribusi serat yang tidak merata atau terjadinya rongga akibat kelebihan serat, sehingga menurunkan kepadatan beton.

Penelitian oleh Kaselle et al. (2024) menambahkan perspektif lain dengan memfokuskan pada kuat tekan beton menggunakan serat daun nanas raja. Menariknya, hasil menunjukkan bahwa penambahan 0,3% serat memberikan kuat tekan tertinggi sebesar 31,65 MPa, namun menurun drastis pada kadar 0,5% dan 0,9% menjadi 22,80 MPa dan 22,73 MPa. Penurunan ini menunjukkan bahwa

terdapat ambang batas maksimal serat yang mampu berkontribusi positif terhadap kekuatan beton. Setelah melewati batas tersebut, serat justru menjadi titik lemah karena meningkatkan porositas atau mengganggu homogenitas campuran. Secara umum, dari ketiga penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa serat daun nanas berpotensi sebagai bahan tambah alami dalam campuran beton, terutama untuk meningkatkan kuat lentur dan kuat tekan. Namun, efektivitasnya sangat tergantung pada kadar yang digunakan. Kadar optimum cenderung berada di bawah 5% berat campuran. Lebih dari itu, keberadaan serat dapat menimbulkan segregasi atau rongga dalam beton, yang justru menurunkan performa mekanisnya. Oleh karena itu, kontrol distribusi dan pencampuran serat sangat penting untuk memastikan hasil yang optimal.

#### 2.4 Berat Jenis (*Density*)

Berat jenis adalah perbandingan antara berat benda dibagi dengan volume benda tertentu. Berat jenis mortar didapat dengan menghitung antara berat benda uji yang sebelumnya sudah ditimbang beratnya dibagi dengan volume benda uji. Berat jenis mortar tergantung pada bahan penyusunnya, termasuk pada penambahan serat daun nanas. (Dayadi & Tamara, n.d.).

Berat jenis beton ini digunakan untuk menghitung berat sendiri pada struktur. Dimana, semakin berat nilai dari berat jenis beton, maka struktur akan memiliki berat sendiri yang besar juga.

Berikut persamaan dalam perhitungan nilai densitas:

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (2.1)$$

Dimana:

D = Berat jenis atau *density* (Kg/m<sup>3</sup>)

M<sub>c</sub> = Berat wadah ukur yang berisi mortar (Kg)

M<sub>m</sub> = Berat wadah ukur (Kg)

V<sub>m</sub> = Volume benda uji (m<sup>3</sup>)

## 2.5 Penyerapan (*Absorpsi*)

Penyerapan air *absorpsi* adalah banyaknya air yang dapat diserap oleh mortar yang sudah jadi dari kondisi kering lapangan hingga kondisi basah pada saat peredaman 7 hari.

Fungsi utama dari mortar yaitu menambah lekatan dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun suatu konstruksi. Kekuatan mortar tergantung pada kohesi pasta semen terhadap partikel agregat halus nya. Mortar mempunyai nilai penyusun yang relatif kecil. Mortar harus tahan terhadap penyerapan air serta kekuatan gesernya dapat memikul gaya – gaya yang bekerja pada mortar tersebut. Apabila terjadi penyerapan air pada mortar dengan cepat maupun dengan jumlah yang besar, maka mortar akan mengeras dan akan kehilangan ikatan adhesinya (Sujatmiko, 2024).

Besar penyerapan air dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Absorpsi mortar} = \left( \frac{W_w - W_d}{W_d} \right) \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana:

$W_w$  = Berat sampel basah ( $\text{Kg/m}^3$ )

$W_d$  = Berat sampel kering ( $\text{Kg/m}^3$ )

## 2.6 Kuat Tekan

Kuat tekan pada mortar merupakan kemampuan mortar untuk menahan gaya luar yang datang pada arah yang sejajar menekan mortar. Mortar yang digunakan untuk bahan bangunan harus mempunyai kekuatan terutama untuk pasangan dinding batu bata, pasangan batako atau pasangan dinding lainnya (Wenno, 2014).

Besarnya kuat tekan dihitung dengan rumus:

$$f_c (\sigma_m) = \frac{P_{maks}}{A} \quad (2.3)$$

Dimana:

$f_c (\sigma_m)$  = Kekuatan tekan mortar (MPa)

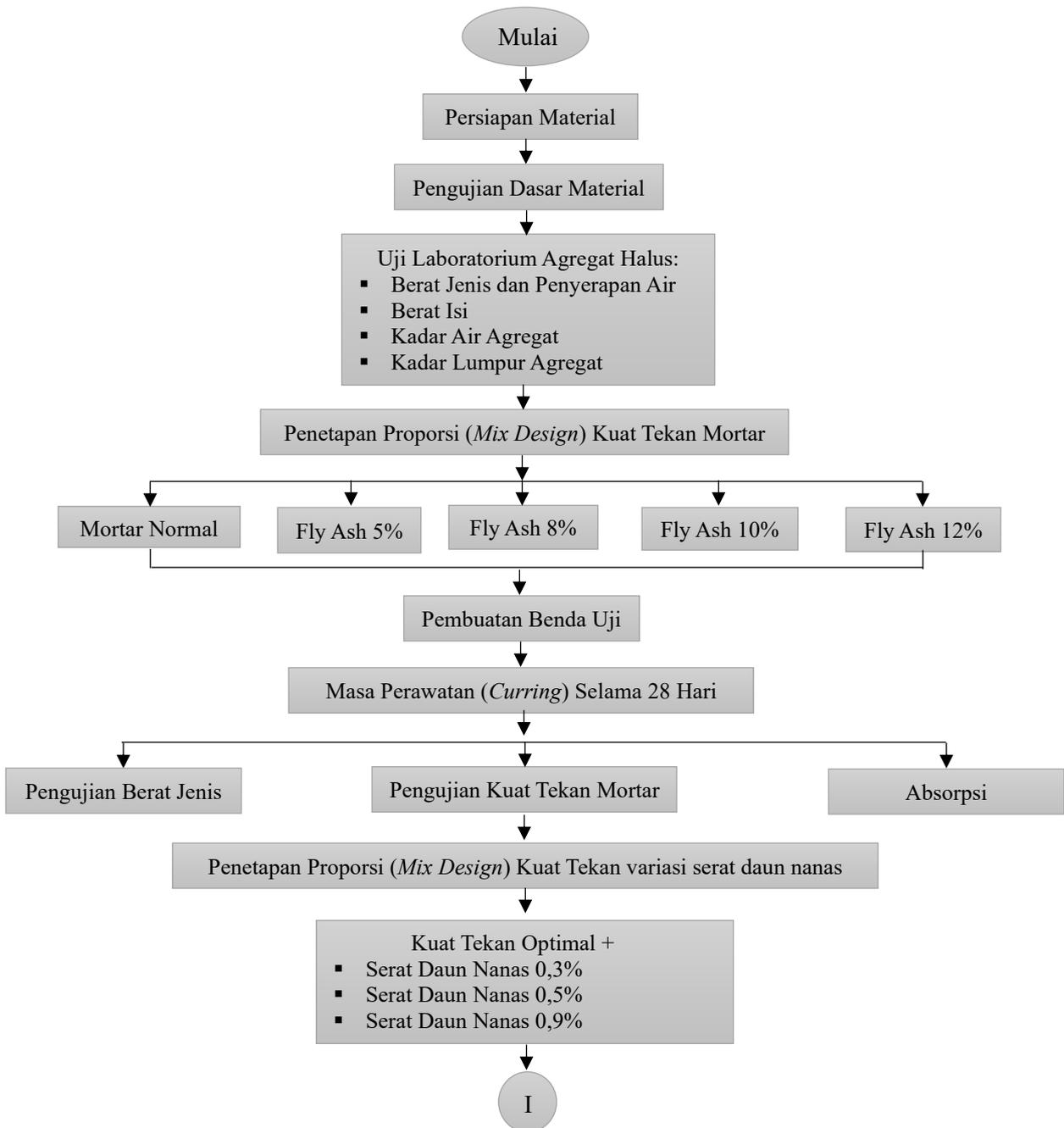
$P_{maks}$  = Gaya tekan maksimum (N)

$A$  = Luas penampang benda uji ( $m^3$ )

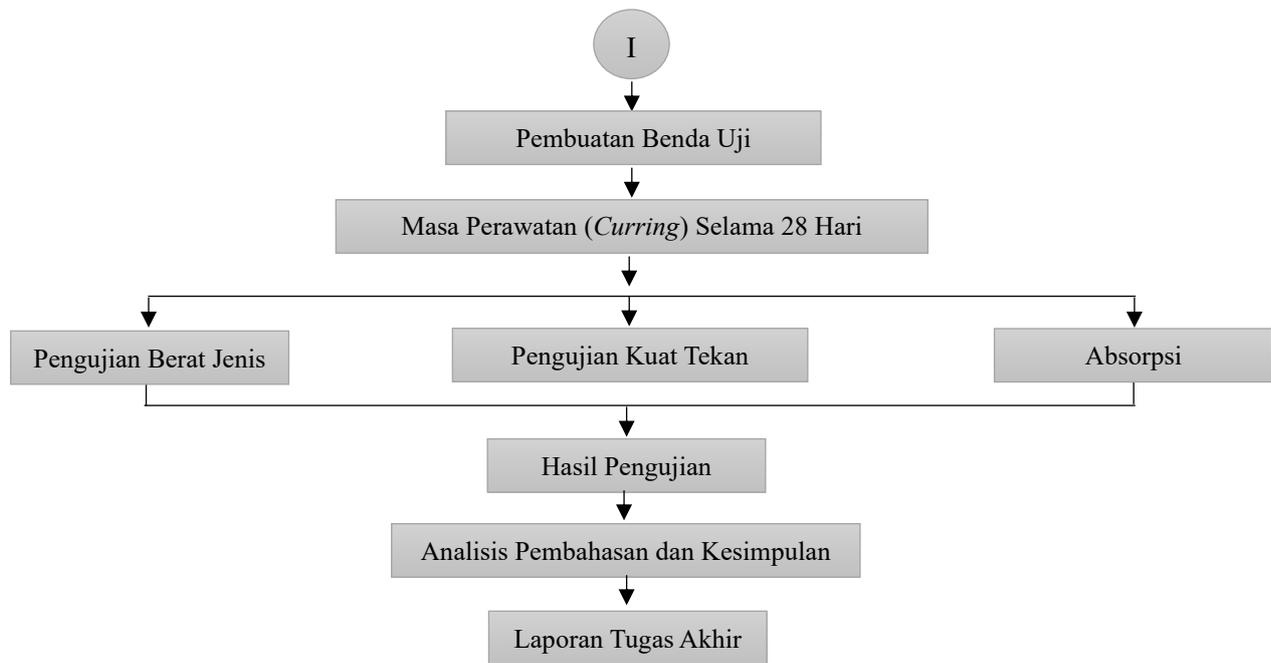
**BAB 3**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1 Diagram Alir**

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

Dalam penelitian ini akan dilaksanakan melalui metode eksperimen Laboratorium, yaitu dengan menggunakan data-data yang telah dirancang sebelumnya. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Pada gambar diagram alir diatas menunjukkan alur dari metode penelitian Dimana tahap pada proses penelitian dilakukan:

1. Persiapan alat dan bahan

Pada saat ingin memulai penelitian, yang perlu dilakukan yaitu proses persiapan dengan baik, pengecekan alat maupun persiapan bahan yang akan digunakan selama penelitian berlangsung. Hal ini dilakukan agar mempermudah kinerja saat melakukan penelitian.

2. Pengujian bahan

Pengujian bahan yang dilakukan berupa pengujian berat jenis dan penyerapan, kadar air, kadar lumpur serta berat jenis agregat. Setelah selesai pengujian dasar, maka selanjutnya dapat merencanakan rancangan campuran.

### 3. *Mix design*

Merencanakan campuran *mix design* mortar merupakan hal yang penting sebelum melakukan pelaksanaan pengerjaan mortar. Dalam *mix design* ditentukan juga semua proporsi yang akan digunakan.

### 4. Pencampuran bahan tambahan

- Dalam pengujian kuat tekan yang pertama penggunaan bahan pengganti semen pada penelitian ini menggunakan Abu terbang *fly ash* dengan persentase (5%, 8%, 10%, 12%).
- Dalam pengujian kuat tekan kedua, penggunaan bahan tambahan Serat daun nanas dengan persentase (0,3%,0,5%,0,9%) dari berat keseluruhan bahan, dan menggunakan persenan Abu Terbang *fly ash* sebagai bahan pengganti semen yang nantinya memperoleh kuat tekan terbesar pada pengujian kuat tekan yang pertama.

### 5. Pembuatan benda uji pertama

Pembuatan benda uji merupakan proses utama yang dilakukan dalam penelitian ini. Dengan mencampurkan semua bahan penyusun mortar yaitu pasir, semen, air, Abu terbang *fly ash* yang telah ditentukan proporsinya pada *mix design*.

### 6. Perawatan (*curing*)

Benda uji yang telah dicetak akan melalui proses perawatan *curing* dengan melakukan perendaman selama 28 hari.

### 7. Pengujian berat jenis (*density*)

Pada mortar dilakukan pengujian berat jenis terhadap mortar yang telah melalui proses perendaman selama 28 hari

### 8. Uji penyerapan (*Absorpsi*)

Pada mortar dilakukan uji penyerapan terhadap mortar yang telah melalui proses perendaman selama 28 hari.

9. Pengujian kuat tekan

Selanjutnya pada benda uji tekan dilakukan pengujian kuat tekan terhadap beton mortar yang telah melalui proses perendaman selama 28 hari.

10. Pembuatan benda uji kedua

Pembuatan benda uji merupakan proses utama yang dilakukan dalam penelitian ini. Dengan mencampurkan semua bahan penyusun mortar yaitu pasir, semen, air, Abu terbang *fly ash* dan serat daun nanas yang telah ditentukan proporsinya pada *mix design*.

11. Perawatan (*curing*)

Benda uji yang telah dicetak selanjutnya akan melalui proses perawatan *curing* dengan melakukan perendaman selama 28 hari.

12. Pengujian berat jenis (*density*)

Kemudian pada benda uji tekan dilakukan pengujian berat jenis terhadap mortar yang telah melalui proses perendaman selama 28 hari.

13. Uji penyerapan (*absorpsi*)

Kemudian pada benda uji tekan dilakukan uji penyerapan terhadap mortar yang telah melalui proses perendaman selama 28 hari.

14. Pengujian kuat tekan

Selanjutnya pada benda uji tekan dilakukan pengujian kuat tekan terhadap beton mortar yang telah melalui proses perendaman selama 28 hari.

15. Hasil pengujian

Setelah penelitian di Laboratorium telah selesai dilakukan, dilanjutkan pada pembahasan dan konsultasi Analisa data pada dosen pembimbing.

16. Analisis Pembahasan dan Kesimpulan

Setelah Analisa telah selesai dikerjakan secara keseluruhan, maka dapat ditarik Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

## 17. Laporan tugas akhir

Tahapan selanjutnya yaitu adalah menyelesaikan laporan tugas akhir

### 3.2 Sumber – Sumber Data Dalam Penelitian

Suatu metode atau Tindakan yang diterapkan untuk menyelesaikan suatu masalah dengan cara mengumpulkan, mencatat, mempelajari, dan menganalisis data yang diperoleh. Dalam penelitian ini, penyelesaian tidak terlepas dari data-data pendukung yang telah dikumpulkan. Data pendukung tersebut diperoleh dari:

#### 1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil yang telah dilaksanakan di laboratorium seperti : berat jenis, pemeriksaan kadar lumpur agregat halus, pemeriksaan kadar air agregat halus, serta berat isi.

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari beberapa jurnal dan buku yang berhubungan dengan mortar (*literatur*) dan konsultasi langsung dengan Kepala Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Serta data yang telah ditentukan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan laporan hasil dari penelitian – penelitian mortar sebelumnya.

### 3.3 Persiapan Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Peralatan Pembuatan Benda Uji

Tabel 3.1: Peralatan Pembuatan Benda Uji

No	Nama	Fungsi	Alat
1.	Saringan agregat halus No.4	Untuk menyaring agregat halus	

Tabel 3.1: Peralatan Pembuatan Benda Uji (*Lanjutan*)

No	Nama	Fungsi	Alat
2.	oven	Untuk mengeringkan sampel	
3.	Timbangan digital	untuk mengukur massa bahan dan sampel uji	
4.	Ember	mencampur bahan-bahan penyusun mortar, seperti semen, fly ash, pasir, serat, dan air	
5.	Sekop tangan	untuk mengambil, memindahkan, dan mencampur bahan penyusun mortar	
6.	Pan	sebagai wadah atau tempat penimbangan bahan uji	
7.	Gelas ukur	untuk mengukur volume air pencampur yang dibutuhkan dalam proses pembuatan mortar.	
8.	Piknometer	untuk menentukan berat jenis (specific gravity) bahan halus, seperti agregat halus	

Tabel 3.1: Peralatan Pembuatan Benda Uji (*Lanjutan*)

No	Nama	Fungsi	Alat
9.	Kawat kasa dan kaki tiga	digunakan sebagai penahan wadah saat proses pemanasan menggunakan pembakar bunsen atau spiritus,	
10.	Wadah ( <i>mould</i> ) dan tongkat pemadat	Tongkat pemadat digunakan untuk memadatkan campuran mortar di dalam cetakan agar tidak terjadi rongga udara ( <i>void</i> ) di dalam benda uji	
11.	Spiritus	sebagai bahan bakar pemanas dalam proses pengujian	
12.	Plastik 10 kg	sebagai wadah sementara untuk menimbang dan menampung bahan penyusun mortar.	
13.	Kuas	Untuk membersihkan sisa mortar atau debu yang menempel pada cetakan ( <i>mould</i> ), alat uji, maupun permukaan benda uji	
14.	Bak Perendam	Untuk merendam benda uji	
15.	Mesin pengaduk ( <i>bor</i> )	Sebagai alat pengaduk mortar	

Tabel 3.1: Peralatan Pembuatan Benda Uji (*Lanjutan*)

No	Nama	Fungsi	Alat
16.	Cetakan benda uji berbentuk kubus	Sebagai wadah untuk membentuk benda uji mortar	
17.	Alat pengujian	untuk mengukur kuat tekan benda uji mortar yang telah melalui proses perawatan (curing) sesuai dengan umur pengujian	

### 3.3.2 Bahan Pembuatan Mortar

Tabel 3.2: Bahan Pembuatan Mortar

No	Nama	Fungsi	Bahan
1.	Agregat halus	sebagai bahan penyusun utama mortar	
2.	Semen padang PCC	sebagai bahan pengikat utama dalam pembuatan mortar.	
3.	Air	sebagai bahan pencampur utama dalam pembuatan mortar yang berfungsi melarutkan semen	
4.	Abu terbang ( <i>fly ash</i> )	sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam campuran mortar.	

Tabel 3.2: Bahan Pembuatan Mortar (*Lanjutan*)

No	Nama	Fungsi	Bahan
5.	Serat daun nanas	sebagai bahan tambahan (reinforcement) dalam campuran mortar untuk meningkatkan sifat mekanis, khususnya dalam hal daktilitas dan ketahanan retak.	

### 3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan yaitu jenis metode eksperimen. Yang dimana dilakukan pembuatan sampel benda uji berupa beton mortar dengan menggunakan 2 jenis FAS sebesar 0,35 dan 0,40. Kemudian selanjutnya untuk bahan penggantian semen sebagian dengan abu terbang *fly ash* dilakukan dengan variasi sebagai berikut:

#### 3.4.1 Benda Uji Untuk Kuat Tekan Pertama

##### 3.4.1.1 Variasi Abu Terbang *Fly Ash* 0% (Normal)

Tidak ada penambahan campuran abu terbang *fly ash* pada variasi ini, hal tersebut didasarkan bahwa variasi ini sebagai variasi pengontrol terhadap variasi lainnya

##### 3.4.1.2 Variasi Abu Terbang *Fly Ash* 5%

Penggunaan semen pada variasi ini dikurangi sebesar 5% dari berat total semen yang digunakan. Sebagai penggantinya, maka digunakan abu terbang *fly ash* sebesar 5% dari berat keseluruhan semen.

##### 3.4.1.3 Variasi Abu Terbang *Fly Ash* 8%

Penggunaan semen pada variasi ini dikurangi sebesar 8% dari berat total semen yang digunakan. Sebagai penggantinya, maka digunakan abu terbang *fly ash* sebesar 8% dari berat keseluruhan semen.

#### **3.4.1.4 Variasi Abu Terbang *Fly Ash* 10%**

Penggunaan semen pada variasi ini dikurangi sebesar 10% dari berat total semen yang digunakan. Sebagai penggantinya, maka digunakan abu terbang *fly ash* sebesar 10% dari berat keseluruhan semen.

#### **3.4.1.5 Variasi Abu Terbang *Fly Ash* 12%**

Penggunaan semen pada variasi ini dikurangi sebesar 12% dari berat total semen yang digunakan. Sebagai penggantinya, maka digunakan abu terbang *fly ash* sebesar 12% dari berat keseluruhan semen.

### **3.4.2 Benda Uji Untuk Kuat Tekan Kedua**

#### **3.4.2.1 Variasi Serat Daun Nanas 0,3%**

Penggunaan serat daun nanas pada variasi ini ditambah sebesar 0,3% dari berat total benda uji dan menggunakan variasi abu terbang *fly ash* dengan nilai kuat tekan terbesar pada pengujian kuat tekan pertama.

#### **3.4.2.2 Variasi Serat Daun Nanas 0,5%**

Penggunaan serat daun nanas pada variasi ini ditambah sebesar 0,5% dari berat total benda uji dan menggunakan variasi abu terbang *fly ash* dengan nilai kuat tekan terbesar pada pengujian kuat tekan pertama.

#### **3.4.2.3 Variasi Serat Daun Nanas 0,9%**

Penggunaan serat daun nanas pada variasi ini ditambah sebesar 0,9% dari berat total benda uji dan menggunakan variasi abu terbang *fly ash* dengan nilai kuat tekan terbesar pada pengujian kuat tekan pertama.

### 3.5 Pemeriksaan Agregat Halus

#### 3.5.1 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ( ASTM C 128) serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Langkah-langkah pengerjaannya berat jenis dan penyerapan agregat halus:

1. Mempersiapkan alat dan bahan, pasir yang lolos ayakan No.4



Gambar 3. 2 Alat dan bahan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan

2. Mengeringkan agregat halus yang jenuh air sampai kondisi kering dengan kondisi contoh tercurah dengan baik (SSD).



Gambar 3. 3 Agregat halus yang dikeringkan

3. Memasukkan contoh agregat halus kedalam cetakan kerucut pasir, lalu memadatkan dengan tongkat pemadat dengan cara memukul sisi-sisi dari cetakan sebanyak 25 kali.

4. Menimbang benda uji sebanyak 500 gr



Gambar 3. 4 Menimbang agregat halus

5. Memasukkan air kedalam piknometer sampai penuh lalu menimbang dan mencatat hasilnya.



Gambar 3. 5 Menimbang piknometer yang berisi air

6. Membuang air dari piknometer.



Gambar 3. 6 Membuang air dari piknometer

7. Memasukkan contoh agregat sebanyak 500 gram kedalam piknometer menggunakan corong, lalu mengisi piknometer dengan air sampai penuh.



Gambar 3. 7 Memasukkan agregat kedalam piknometer

8. Memanaskan piknometer yang telah berisi air, serta agregat halus tersebut selama kurang lebih 15menit, mengangkat dan menggoyangkan piknometer tersebut setiap 5 menit sekali untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap.



Gambar 3. 8 Memanaskan piknometer yang berisi agregat halus dan air

9. Merendam piknometer selama  $\pm 24$ jam didalam ember yang telah diisi air terlebih dahulu



Gambar 3. 9 Merendam piknometer

10. Setelah kurang lebih 24jam, mengeluarkan agregat halus dan piknometer lalu menurunkannya kedalam wadah sehingga tidak ada lagi agregat halus yang tertinggal pada piknometer



Gambar 3. 10 Mengeluarkan sampel bahan dari piknometer kedalam wadah

11. Memasukkan wadah yang berisi agregat halus kedalam oven dan mengeringkannya selama kurang lebih dalam 24jam



Gambar 3. 11 Memasukkan wadah berisi sampel bahan kedalam oven

12. Mengeluarkan wadah didalam oven lalu mencatatnya



Gambar 3. 12 Menimbang kemudian mencatat berat wadah berisi sampel bahan

### **3.5.2 Kadar Air Agregat Halus**

Pengujian kadar air ini berfungsi untuk koreksi terhadap pemakaian air untuk campuran beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat dilapangan. Kadar

air dalam agregat dapat mempengaruhi Faktor Air Semen (FAS) untuk campuran beton dan mempengaruhi kuat tekan beton.

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ( ASTM C 566) serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang kadar air agregat halus.

Langkah-langkah pengerjaan kadar air agregat halus:

1. Menyiapkan alat dan bahan



Gambar 3. 13 Alat dan bahan pemeriksaan berat isi

2. Menyaring contoh agregat dengan saringan yang lolos No.4 seberat 500gram untuk mewakili jumlah besar bahan yang akan digunakan.



Gambar 3. 14 Menyaring agregat halus dengan saringan No.4

3. Menimbang wadah yang akan digunakan



Gambar 3. 15 Menimbang wadah

4. Mengambil contoh bahan saringan No.4 kemudian dimasukkan kedalam wadah dan menimbangya



Gambar 3. 16 Menimbang wadah berisi agregat halus

5. Mengeringkan contoh bahan kedalam oven sampai batas konstan selama kurang lebih 24jam dengan suhu  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 3. 17 Mengeringkan contoh bahan kedalam oven

6. Mengeluarkan contoh bahan dari oven lalu mendinginkannya selanjutnya menimbangya



Gambar 3. 18 Menimbang contoh bahan

7. Membersihkan alat yang digunakan kemudian menyimpannya Kembali

### 3.5.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ( SNI 03-2834-1993) serta mengikuti buku panduan praktikum. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal sampel, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase.

Langkah-langkah pengerjaan kadar lumpur agregat halus:

1. Menyiapkan alat dan bahan.



Gambar 3. 19 Alat dan bahan pengujian kadar lumpur

2. Mengambil contoh bahan, lalu diayak dengan saringan No.4 dan mengambil agregat yang lolos saringan.



Gambar 3. 20 Mengayak agregat halus dengan saringan No.4

3. Menimbang berat contoh setelah diayak.



Gambar 3. 21 Menimbang berat agregat halus

4. Mencuci contoh bahan tersebut dengan air bersih yang telah disiapkan, lalu menyaringnya dengan saringan No.200.



Gambar 3. 22 Mencuci agregat halus

5. Memasukkan agregat basah (yang telah dicuci) kedalam wadah dan menimbangnya.



Gambar 3. 23 Menimbang wadah berisi agregat halus

6. Memasukkan sampel kedalam oven selama  $\pm 24$  jam dengan suhu  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 3. 24 Memasukkan sampel bahan kedalam oven

7. Mengeluarkan sampel dari dalam oven kemudian menimbang dan mencatat beratnya (mendinginkan sampel pada suhu ruangan sebelum ditimbang).



Gambar 3. 25 Mengeluarkan sampel bahan dari oven

8. Kemudian memasukkan kembali kedalam oven selama 10menit
9. Lalu mengeluarkan bahan uji kemudian menimbang dan mencatat hasilnya.



Gambar 3. 26 Menimbang berat wadah berisi agregat halus

### 3.5.4 Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ( SNI 03-4804-1998) serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang berat isi agregat halus.

Langkah – langkah pengerjaan berat isi agregat halus :

1. Mempersiapkan alat dan bahan.



Gambar 3. 27 Alat dan bahan pengujian berat isi

2. Agregat dalam kondisi kering oven.
3. Meletakkan agregat halus kedalam pan.



Gambar 3. 28 Agregat halus untuk pengujian berat isi

4. Menimbang wadah baja dan mengukur dimensi wadah untuk mengetahui volume wadah kemudian mencatatnya.



Gambar 3. 29 Menimbang wadah baja

5. Menurut ASTM 29/C 29M-97 (2003) dan SNI 03-4804 (1998) ada 3 metode yaitu:

a. Cara lepas

1. Memasukan contoh bahan kedalam wadah besi hingga penuh menggunakan sekop tangan (dengan cara jatuh bebas dari ketinggian 5 cm diatas wadah).



Gambar 3. 30 Memasukan sampel bahan kedalam wadah baja

2. Setelah penuh kemudian meratakan permukaan wadah dengan mistar perata.



Gambar 3. 31 Meratakan permukaan wadah dengan mistar

3. Kemudian menimbanginya (benda uji + wadah) dan mencatatnya.



Gambar 3. 32 Menimbang wadah baja berisi agregat halus

b. Cara penusukan

1. Memasukan benda uji kedalam wadah sebanyak 1/3 tinggi wadah kemudian menusuknya dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali, lakukan hal yang sama untuk ketinggian 2/3 dan ketinggian yang penuh.



Gambar 3. 33 Melakukan metode penusukan

2. Menambahkan kembali benda uji kedalam wadah hingga penuh kemudian meratakannya dengan mistar Perata



Gambar 3. 34 Meratakan permukaan wadah dengan mistar perata

3. Kemudian menimbanginya (benda uji + wadah) dan mencatatnya.



Gambar 3. 35 Menimbang wadah berisi sampel bahan

c. Cara penggoyangan

1. Memasukkan benda uji kedalam wadah sebanyak  $\frac{1}{3}$  tinggi wadah kemudian menggoyangkan dengan cara mengangkat salah satu sisi wadah secara bergantian sebanyak 25 kali, lakukan hal yang sama untuk ketinggian  $\frac{2}{3}$  dan ketinggian penuh.



Gambar 3. 36 Melakukan metode penggoyangan

2. Menambah kembali benda uji kedalam wadah hingga penuh kemudian meratakannya menggunakan mistar perata.



Gambar 3. 37 Meratakan permukaan wadah dengan mistar Perata

3. Kemudian menimbang dan mencatatnya.



Gambar 3. 38 Menimbang wadah baja berisi agregat halus

### 3.6 *Mix Design*

Menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk mortar untuk memperoleh suatu campuran mortar yang ekonomis, memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan, serta memiliki kelecakan yang sesuai sehingga mempermudah proses pengerjaan.

Dalam penelitian ini abu terbang *fly ash* digunakan sebagai bahan alternatif menggantikan Sebagian semen sebanyak 42 sampel dengan variasi pembagian yang berbeda beda. Benda uji dibuat dengan menambahkan variasi – variasi abu terbang *fly ash* sebesar 5%, 8%, 10%, 12%.

Dalam penelitian ini juga menggunakan serat daun nanas sebagai bahan tambahan mortar sebanyak 18 sampel dengan variasi yang berbeda beda yaitu variasi 0,3%, 0,5%, 0,9%, juga.

Untuk nilai rasio air-semen atau dikenal dengan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,35, dan 0,40. untuk semen dan pasir digunakan rasio 1:3. Untuk lebih jelasnya jumlah sampel benda uji yang akan di buat terdapat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 3 Perencanaan pembuatan sampel benda uji

*Fas 0,35*

No.	Tes	FAS	Semen	Pasir	Fly Ash	SDN	tes	metode reinforcement	jumlah Sample
1	Normal	0,35	1	3	-	-	kubus 5x5x5	-	3
2	Tes 1.A	0,35	95%	3	5%	-	kubus 5x5x5	-	3
		0,35	92%	3	8%	-	kubus 5x5x5	-	3
		0,35	90%	3	10%	-	kubus 5x5x5	-	3
		0,35	88%	3	12%	-	kubus 5x5x5	-	3
3	Tes 1.B	0,35	Test 1.A Opt	3	Test 1.A Opt	0,30%	kubus 5x5x5	sebar	3
		0,35	Test 1.A Opt	3	Test 1.A Opt	0,50%	kubus 5x5x5	sebar	3
		0,35	Test 1.A Opt	3	Test 1.A Opt	0,90%	kubus 5x5x5	sebar	3
Total sampel									24

Tabel 3.3 Perencanaan pembuatan sampel benda uji *lanjutan*

*Fas 0,40*

No.	Tes	FAS	Semen	Pasir	Fly Ash	SDN	tes	metode reinforcement	jumlah Sample
1	Normal	0,4	1	3	-	-	kubus 5x5x5	-	3
2	Tes 2.A	0,4	95%	3	5%	-	kubus 5x5x5	-	3
		0,4	92%	3	8%	-	kubus 5x5x5	-	3
		0,4	90%	3	10%	-	kubus 5x5x5	-	3
		0,4	88%	3	12%	-	kubus 5x5x5	-	3
3	Tes 2.B	0,4	Test 2.A Opt	3	Test 2.A Opt	0,30%	kubus 5x5x5	sebar	3
		0,4	Test 2.A Opt	3	Test 2.A Opt	0,50%	kubus 5x5x5	sebar	3
		0,4	Test 2.A Opt	3	Test 2.A Opt	0,70%	kubus 5x5x5	sebar	3
Total sampel									24

### 3.7 Pembuatan Benda Uji

Dalam pembuatan benda uji direncanakan menggunakan standar (SNI 6882-2014) “Spesifikasi mortar untuk pekerjaan unit pasangan”.

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa benda uji mortar berbentuk kubus dengan ukuran 5cm x 5cm x 5cm.



Gambar 3. 39 Benda uji mortar

#### 3.7.1 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 1:3 (*mix design*)
3. Menimbang masing – masing bahan dengan berat yang telah ditentukan melalui *mix design*



Gambar 3. 40 Menimbang bahan untuk pembuatan mortar

4. Masukkan bahan – bahan yang dimulai dari pasir, abu terbang *fly ash*, semen kedalam ember.



Gambar 3. 41 Mencampurkan seluruh bahan bahan untuk pembuatan mortar

5. Mengaduk semua bahan hingga merata menggunakan mesin bor



Gambar 3. 42 Mengaduk adonan untuk pembuatan mortar

6. Masukkan air kedalam adonan mortar sedikit demi sedikit agar menjadi rata menyeluruh



Gambar 3. 43 Memasukkan air kedalam adonan mortar

7. Menuangkan adonan mortar kedalam cetakan kubus secara merata dan bertahap.



Gambar 3. 44 Menuangkan adonan mortar kedalam cetakan kubus

8. Meratakan permukaan adonan mortar pada cetakan dengan pisau perata.



Gambar 3. 45 Meratakan permukaan cetakan dengan pisau perata

9. Mendingkan cetakan selama 24 jam hingga mortar mengeras dengan sendirinya.



Gambar 3. 46 Mendingkan cetakan hingga mortar mengeras

10. Membuka cetakan setelah 24 jam dan biarkan mortar hingga benar-benar mongering



Gambar 3. 47 Membuka cetakan mortar

11. Setelah cukup kering, merendam benda uji kedalam air selama umur rencana 28 hari.



Gambar 3. 48 Merendam mortar hingga 28 hari

12. Melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dengan mengoven benda uji selama 24 jam, suhu  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 3. 49 Melakukan Pengujian Berat Jenis

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



Gambar 3. 50 Melakukan pengujian kuat tekan

### 3.7.2 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 1:3 (*mix design*)
3. Menimbang masing-masing bahan dengan berat yang telah ditentukan melalui *mix design*.



Gambar 3. 51 Menimbang bahan untuk pembuatan mortar

4. Masukkan bahan-bahan dimulai dari pasir, abu terbang *fly ash*, semen dan serat daun nanas kedalam ember.



Gambar 3. 52 Mecampurkan seluruh bahan pembuatan mortar

5. Mengaduk semua bahan hingga merata menggunakan mesin bor.



Gambar 3. 53 Mengaduk semua bahan menggunakan mesin bor

6. Masukkan air kedalam adonan mortar sedikit demi sedikit agar rata menyeluruh



Gambar 3. 54 Memasukkan air kedalam adonan mortar

7. Menuangkan adonan mortar kedalam cetakan kubus secara merata dan bertahap.



Gambar 3. 55 Menuangkan adonan kedalam cetakan kubus

8. Meratakan permukaan adonan mortar pada cetakan dengan pisau perata.



Gambar 3. 56 Meratakan permukaan cetakan

9. Mendingkan cetakan selama 24 jam hingga mortar mengeras dengan sendirinya.



Gambar 3. 57 Mendingkan cetakan hingga mengeras

10. Membuka cetakan setelah 24 jam dan biarkan mortar hingga benar-benar mongering.



Gambar 3. 58 Membuka cetakan mortar

11. Setelah cukup kering, merendam benda uji kedalam air selama umur rencana 28 hari.



Gambar 3. 59 Merendam mortar hingga 28 hari

12. Melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dengan mengoven benda uji selama 24 jam, suhu  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 3. 60 Melakukan Pengujian Berat Jenis

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



Gambar 3. 61 Melakukan pengujian kuat tekan

### 3.7.3 Perawatan Benda Uji

Setelah pelaksanaan pembuatan benda uji, maka dilakukan perendaman benda uji dengan ketentuan (ASTM C 31) dan (ASTM C 91). Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam bak perendaman. Benda uji diangkat dari bak 1 hari sebelum sampel di uji. Hal ini dimaksudkan agar pada waktu di uji, sampel dalam keadaan tidak basah. Pengujian dilakukan pada saat sampel nerumur 28 hari. Hal ini berarti benda uji diangkat dari bak pada saat berumur 27 hari.

Adapun kondisi perendaman harus seluruh sebagian dari benda uji terendam dengan baik. Pada penelitian ini langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Keluarkan benda uji dari cetakan



Gambar 3. 62 Mengeluarkan benda uji dari cetakan

2. Pastikan benda uji tersebut sudah kering sempurna



Gambar 3. 63 Memastikan benda uji kering sempurna

3. Isi bak perendam dengan air bersih



Gambar 3. 64 Memperiapkan bak perendam

4. Masukkan benda uji secara hati-hati kedalam bak perendam



Gambar 3. 65 Merendam benda uji kedalam bak perendam

5. Diamkan benda uji tersebut pada umur 28 hari, lalu angkat



Gambar 3. 66 Merendam benda uji selama 28 hari

6. Tunggu benda uji mengering lalu timbang benda uji tersebut



Gambar 3. 67 Menimbang lalu mencatat berat benda uji

### 3.8 Berat Jenis Mortar (*Density*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis (*density*) mortar.

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (3.1)$$

Dimana :

D = Berat jenis atau *density* (Kg/m<sup>3</sup>)

M<sub>c</sub> = Berat wadah ukur yang berisi mortar (Kg)

M<sub>m</sub> = Berat wadah ukur (Kg)

V<sub>m</sub> = Volume benda uji (m<sup>3</sup>)

Langkah-langkah pengujian berat jenis beton *density*, sebagai berikut :

- Hitung nilai volume dari sampel benda uji.
- Timbang sampel benda uji yang dikeluarkan dari bak perendam, kemudian catat nilai beratnya.
- Kemudian hitung nilai berat jenis beton (*density*)

### 3.9 Penyerapan (*Absorpsi*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai penyerapan mortar.

$$\text{Absorpsi} = \frac{(W_w - W_d)}{W_d} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dimana :

$W_w$  = Berat sampel basah ( $\text{Kg/m}^3$ )

$W_d$  = Berat sampel kering ( $\text{Kg/m}^3$ )

Langkah-langkah pengujian penyerapan (*absorpsi*) sebagai berikut :

- Timbang sampel benda uji yang dikeluarkan dari bak perendam, kemudian catat nilai beratnya.
- Oven benda uji selama  $\pm 24$  jam, kemudian catat beratnya.
- Selanjutnya hitung nilai *absorpsi*.

### 3.10 Kuat Tekan (*Compressive strength*)

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder, selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Kuat tekan beton mortar tersebut dapat dihitung berdasarkan (SNI 03-1974-1990).

Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton mortar :

- Menimbang berat benda uji
- Meletakkan benda uji kedalam *compression machine test*.

- Pengujian dilakukan dengan pembebanan maksimum sehingga benda uji jadi hancur.
- Untuk pengambilan data, catat nilai beban maksimum pada benda uji yang di uji.

Besarnya kuat tekan dihitung dengan rumus :

$$f_c (\sigma_m) = \frac{P_{maks}}{A} \quad (3.3)$$

Dimana:

$f_c (\sigma_m)$  = Kekuatan tekan mortar (MPa)

$P_{maks}$  = Gaya tekan maksimum (N)

$A$  = Luas penampang benda uji ( $m^3$ )

Langkah – langkah pengujian kuat tekan :

- Tentukan garis bidang patah sampel dengan mengukur Panjang sampel, jarak bidang patah yaitu  $1/4 \times$  Panjang sampel, garis pertama dan kedua bidang patah berada diantara as sampel dengan jarak sesuai bidang patah, lalu lanjutkan garis ketiga dan keempat di sisi kiri dan kanan dengan jarak yang sama dengan jarak bidang patah.
- Letakkan benda uji kedalam mesin Flexural strength machine test.
- Lakukan pembebanan hingga benda uji patah
- Lakukan manometer
- Mencatat nilai dan lakukan perhitungan.

### 3.11 Data Hasil pemeriksaan Agregat Halus

Hasil Analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini mengacu pada beberapa jurnal, SNI dan ASTM yang dikumpulkan untuk menjadi referensi dalam melakukan penelitian ini.

#### 3.11.1 Pemeriksaan Agregat Halus

##### 3.11.1.1 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air agregat halus dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 3. 4 Hasil Pemeriksaan Kadar Air

Uraian	Sampel I	Sampel II	Satuan
Berat Contoh SSD dan Berat Wadah	1020	1020	gr
Berat Contoh SSD	500	500	gr
Berat Contoh Kering Oven & Berat Wadah	1010	1009	gr
Berat Wadah	520	520	gr
Berat Air	10	11	gr
Berat Contoh Kering	490	491	gr
Kadar Air	2,04	2,24	%
Rata-rata	2,14		%

Dari hasil pengujian kadar air agregat halus didapatkan nilai sampel 1 sebesar 2,04% dan sampel 2 sebesar 2,24% maka didapatkan rata-rata nya adalah 2,14%. Hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan, yaitu 2,0% - 4,0%.

##### 3.11.1.2 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 5 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Uraian	Sampel I	Sampel II	Satuan
Berat contoh kering : A	500	500	gr
Berat kering contoh setelah dicuci : B	475	486	gr
Berat kotoran setelah dicuci : C	25	14	gr
Persentase kotoran setelah dicuci : D	5	2,8	%
Kadar Lumpur Rata-rata	3.9		%

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus didapat presentase rata-rata sebesar yaitu 3,9%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971, yaitu < 5%.

### 3.11.1.3 Pemeriksaan Berat isi Agregat Halus

Pemeriksaan berat isi agregat halus dilakukan dengan 3 cara yaitu cara tusuk, cara goyang, dan cara lepas. Mengacu pada SNI 03-4804-1998. Data pemeriksaan berat isi agregat halus didapatkan sebagai berikut:

Tabel 3. 6 Hasil pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Pengujian	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata-rata	Satuan
Berat Contoh	15295	16485	16230	16003,3	gr
Berat Wadah	5325	5325	5325	5325	gr
Berat Contoh + Wadah	20620	21810	21555	21328,3	gr
Volume Wadah	10851,84	10851,84	10851,84	10851,84	cm <sup>3</sup>
Berat Isi	1,41	1,52	1,49	1,47	gr/cm <sup>3</sup>

### 3.11.1.4 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pada hasil berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 3. 7 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Agregat Halus	Sampel I	Sampel II	Rata-rata	Satuan
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	500	500	500	gr
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai dengan konstan (E)	490	493	491,5	gr
Berat piknometer penuh air (D)	650	650	650	gr
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	955	955	955	gr
Bj Bulk = (E/ (B+D-C))	2,51	2,52	2,51	gr/cm <sup>3</sup>
Bj SSD = (B/(B+D-C))	2,56	2,56	2,56	gr/cm <sup>3</sup>

Tabel 3.7: Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (*lanjutan*)

Agregat Halus	Sampel I	Sampel II	Rata-rata	Satuan
Bj Semu = $(E / (E+D-C))$	2,65	2,62	2,63	gr/cm <sup>3</sup>
<i>Absorption</i> $[(B-E) / E] \times 100\%$	2,04	1,42	1,73	%

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus adalah nilai berat jenis contoh SSD rata-rata sebesar 2,56 dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan, yaitu  $Dry < SSD < Semu$  dengan nilai  $2,52 < 2,56 < 2,63$  dan penyerapan rata-rata sebesar 1,73%. Berdasarkan standar ASTM C128 tentang *absorpsi* yang baik adalah dibawah 2% dari nilai absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Mix Design

Pada penelitian ini acuan yang digunakan untuk pembuatan mortar adalah (SNI 03-6882-2002 : Pekerjaan mortar untuk pekerjaan pasangan). Jumlah campuran yang dibutuhkan dalam satu kali *mix* dilihat pada perhitungan berikut :

$$\text{Berat Isi Semen} = 1250 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat Isi Pasir} = 1400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat Jenis Air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume Total} = 1 \text{ m}^3$$

- Perbandingan semen dan pasir adalah 1semen : 3 pasir

$$\text{Penyebut semen dan pasir disamakan} = y$$

$$y + 3y = 1 \text{ m}^3$$

$$4y = 1 \text{ m}^3$$

$$y = 0,25 \text{ m}^3$$

- Jumlah semen yang digunakan untuk 1 m<sup>3</sup>

$$\text{- Semen} = 1 = 1 \times y$$

$$= 1 \times 0,25$$

$$= 0,25 \text{ m}^3$$

$$\text{- Semen} = \text{Semen} \times \text{Berat isi semen}$$

$$= 0,25 \times 1250$$

$$= 312,5 \text{ kg/m}^3$$

- Jumlah pasir yang digunakan untuk 1 m<sup>3</sup>

$$\text{- Pasir} = 3 = 3 \times y$$

$$= 3 \times 0,25$$

$$= 0,75 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} - \text{ Pasir} &= \text{Pasir} \times \text{Berat isi pasir} \\ &= 0,75 \times 1400 \\ &= 1050 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Jumlah air yang digunakan untuk  $1 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} - \text{ Fas } 0,35 &= \text{Jumlah Semen} \times 0,35 \\ &= 312,5 \times 0,35 = 109,38 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Fas } 0,40 &= \text{Jumlah Semen} \times 0,40 \\ &= 312,5 \times 0,40 = 125 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Dimensi benda uji

$$\begin{aligned} - \text{ Kuat Tekan} &= 0,5\text{m} \times 0,5\text{m} \times 0,05\text{m} \\ &= 0,000125 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Kuat Lentur} &= 0,16\text{m} \times 0,04\text{m} \times 0,04\text{m} \\ &= 0,000256 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Data yang dihasilkan dapat dilihat dari rincian berikut :

1. Kuat tekan pertama dengan variasi abu terbang *fly ash*

- Normal dengan FAS 0,35

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= 312,5 \times 0,000125 \\ &= 0,039 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 1050 \times 0,000125 \\ &= 0,131 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 109,38 \times 0,000125 \\ &= 0,014 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Fly Ash ( 5% ) dengan FAS 0,35
  - Semen  $= 312,5 \times 0,000125 - 0,002$   
 $= 0,037 \text{ kg/m}^3$
  - Pasir  $= 1050 \times 0,000125$   
 $= 0,131 \text{ kg/m}^3$
  - Air  $= 109,38 \times 0,000125$   
 $= 0,014 \text{ kg/m}^3$
  - Fly Ash  $= (321,5 \times 0,000125) \times 5\%$   
 $= 0,002 \text{ kg/m}^3$
- Fly Ash (8%) dengan FAS 0,35
  - Semen  $= 312,5 \times 0,000125 - 0,003$   
 $= 0,036 \text{ kg/m}^3$
  - Pasir  $= 1050 \times 0,000125$   
 $= 0,131 \text{ kg/m}^3$
  - Air  $= 109,38 \times 0,000125$   
 $= 0,014 \text{ kg/m}^3$
  - Fly Ash  $= (312,5 \times 0,000125) \times 8\%$   
 $= 0,003 \text{ kg/m}^3$
- Fly Ash ( 10% ) dengan FAS 0,35
  - Semen  $= 312,5 \times 0,000125 - 0,004$   
 $= 0,035 \text{ kg/m}^3$
  - Pasir  $= 1050 \times 0,000125$   
 $= 0,131 \text{ kg/m}^3$
  - Air  $= 109,38 \times 0,000125$   
 $= 0,014 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Fly Ash} &= (312,5 \times 0,000125) \times 10\% \\ &= 0,004 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

➤ Fly Ash ( 12% ) dengan FAS 0,35

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= 312,5 \times 0,000125 - 0,005 \\ &= 0,034 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 1050 \times 0,000125 \\ &= 0,131 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 109,38 \times 0,000125 \\ &= 0,014 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fly Ash} &= (312,5 \times 0,000125) \times 8\% \\ &= 0,005 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

➤ Normal dengan FAS 0,40

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= 312,5 \times 0,000125 \\ &= 0,039 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 1050 \times 0,000125 \\ &= 0,131 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 125 \times 0,000125 \\ &= 0,016 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

➤ Fly Ash ( 5% ) dengan FAS 0,40

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= 312,5 \times 0,000125 - 0,002 \\ &= 0,037 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 1050 \times 0,000125 \\ &= 0,131 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Air} = 125 \times 0,000125$$

$$= 0,016 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Fly Ash} = (312,5 \times 0,000125) \times 5\%$$

$$= 0,002 \text{ kg/m}^3$$

➤ Fly Ash ( 8% ) dengan FAS 0,40

$$\text{Semen} = 312,5 \times 0,000125 - 0,003$$

$$= 0,036 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Pasir} = 1050 \times 0,000125$$

$$= 0,131 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Air} = 125 \times 0,000125$$

$$= 0,016 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Fly Ash} = (312,5 \times 0,000125) \times 8\%$$

$$= 0,003 \text{ kg/m}^3$$

➤ Fly Ash ( 10% ) dengan FAS 0,40

$$\text{Semen} = 312,5 \times 0,000125 - 0,004$$

$$= 0,035 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Pasir} = 1050 \times 0,000125$$

$$= 0,131 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Air} = 125 \times 0,000125$$

$$= 0,016 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Fly Ash} = (312,5 \times 0,000125) \times 10\%$$

$$= 0,004 \text{ kg/m}^3$$

➤ Fly Ash ( 12% ) dengan FAS 0,40

$$\text{Semen} = 312,5 \times 0,000125 - 0,005$$

$$= 0,034 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 1050 \times 0,000125 \\ &= 0,131 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 125 \times 0,000125 \\ &= 0,016 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fly Ash} &= (312,5 \times 0,000125) \times 12\% \\ &= 0,005 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 4. 1 Bahan Campuran untuk kuat tekan pertama dengan variasi Fly Ash

FAS	Material	Normal (kg/m <sup>3</sup> )	Fly Ash 5% (kg/m <sup>3</sup> )	Fly Ash 8% (kg/m <sup>3</sup> )	Fly Ash 10% (kg/m <sup>3</sup> )	Fly ash 12% (kg/m <sup>3</sup> )
0,35	Semen	0,039	0,037	0,036	0,035	0,034
	Pasir	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131
	Air	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
	Fly Ash	-	0,002	0,003	0,004	0,005
0,40	Semen	0,039	0,037	0,036	0,035	0,034
	Pasir	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131
	Air	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
	Fly Ash	-	0,002	0,003	0,004	0,005

2. Kuat tekan kedua, kuat tekan optimal dari kuat tekan pertama ditambah dengan variasi serat daun nanas (SDN)

➤ Fly Ash ( 12% ) + SDN ( 0,3% ) dengan FAS 0,35

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= 312,5 \times 0,000125 - 0,005 \\ &= 0,034 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 1050 \times 0,000125 \\ &= 0,131 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 109,38 \times 0,000125 \\ &= 0,014 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Fly Ash} &= (312,5 \times 0,000125) \times 12\% \\ &= 0,005 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SDN} &= (0,034 + 0,131 + 0,014 + 0,005) \times 0,3\% \\ &= 0,000552 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

➤ Fly Ash ( 12%) + SDN ( 0,5% ) dengan FAS 0,35

$$\begin{aligned}\text{Semen} &= 312,5 \times 0,000125 - 0,005 \\ &= 0,034 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 1050 \times 0,000125 \\ &= 0,131 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Air} &= 109,38 \times 0,000125 \\ &= 0,014 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Fly Ash} &= (312,5 \times 0,000125) \times 12\% \\ &= 0,005 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SDN} &= (0,034 + 0,131 + 0,014 + 0,005) \times 0,5\% \\ &= 0,00092 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

➤ Fly Ash ( 12%) + SDN ( 0,9% ) dengan FAS 0,35

$$\begin{aligned}\text{Semen} &= 312,5 \times 0,000125 - 0,005 \\ &= 0,034 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 1050 \times 0,000125 \\ &= 0,131 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Air} &= 109,38 \times 0,000125 \\ &= 0,014 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Fly Ash} &= (312,5 \times 0,000125) \times 12\% \\ &= 0,005 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SDN} &= (0,034 + 0,131 + 0,014 + 0,005) \times 0,9\% \\ &= 0,001656 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

➤ Fly Ash ( 12%) + SDN ( 0,3% ) dengan FAS 0,40

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= 312,5 \times 0,000125 - 0,005 \\ &= 0,034 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 1050 \times 0,000125 \\ &= 0,131 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 125 \times 0,000125 \\ &= 0,016 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fly Ash} &= (312,5 \times 0,000125) \times 12\% \\ &= 0,005 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SDN} &= (0,034 + 0,131 + 0,016 + 0,005) \times 0,3\% \\ &= 0,000558 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

➤ Fly Ash ( 12%) + SDN ( 0,5% ) dengan FAS 0,40

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= 312,5 \times 0,000125 - 0,005 \\ &= 0,034 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 1050 \times 0,000125 \\ &= 0,131 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 125 \times 0,000125 \\ &= 0,016 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fly Ash} &= (312,5 \times 0,000125) \times 12\% \\ &= 0,005 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SDN} &= (0,034 + 0,131 + 0,016 + 0,005) \times 0,5\% \\ &= 0,00093 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

➤ Fly Ash ( 12%) + SDN ( 0,9% ) dengan FAS 0,40

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= 312,5 \times 0,000125 - 0,005 \\ &= 0,034 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= 1050 \times 0,000125 \\ &= 0,131 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 125 \times 0,000125 \\ &= 0,016 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fly Ash} &= (312,5 \times 0,000125) \times 12\% \\ &= 0,005 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SDN} &= (0,034 + 0,131 + 0,016 + 0,005) \times 0,9\% \\ &= 0,001674 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 4. 2 Bahan Campuran untuk kuat tekan kedua

FAS	Material	SDN 0,3% (kg/m <sup>3</sup> )	SDN 0,5% (kg/m <sup>3</sup> )	SDN 0,9% (kg/m <sup>3</sup> )
0,35	Semen	0,034	0,034	0,034
	Pasir	0,131	0,131	0,131
	Air	0,014	0,014	0,014
	Fly Ash	0,005	0,005	0,005
	SDN	0,000552	0,00092	0,001656
0,40	Semen	0,034	0,034	0,034
	Pasir	0,131	0,131	0,131
	Air	0,016	0,016	0,016
	Fly Ash	0,005	0,005	0,005
	SDN	0,000558	0,00093	0,001674

## 4.2 Pengujian Berat Jenis Mortar (*Density*)

Pengujian berat jenis mortar yaitu untuk mengetahui karakteristik fisik dan performa mortar, seperti kuat tekan, ketahanan terhadap cuaca dan efisiensi penggunaan bahan. Untuk lebih jelasnya pengujian berat jenis mortar ini terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4. 3 Berat Jenis Benda Uji Kuat Tekan Pertama FAS 0,35

Variasi		Berat wadah ukur berisi mortar (Kg)	Berat wadah ukur (Kg)	Volume benda uji (m <sup>3</sup> )	Berat jenis (Kg/m <sup>3</sup> )
Fly Ash	code	1	2	3	4=1-2/3
Normal	S1	1,99	1,77	0,000125	1850
	S2	2,004	1,77	0,000125	1900
	S3	1,997	1,77	0,000125	1840
5%	S1	2,026	1,77	0,000125	2080
	S2	2,024	1,77	0,000125	2064
	S3	2,029	1,77	0,000125	2104
8%	S1	2,024	1,77	0,000125	2064
	S2	2,024	1,77	0,000125	2064
	S3	2,029	1,77	0,000125	2104
10%	S1	2,024	1,77	0,000125	2064
	S2	2,029	1,77	0,000125	2104
	S3	2,024	1,77	0,000125	2064
12%	S1	2,024	1,77	0,000125	2064
	S2	2,026	1,77	0,000125	2080
	S3	2,021	1,77	0,000125	2040

Berdasarkan Tabel 4.3 hasil pengujian berat jenis mortar dengan variasi fly ash pada Fas 0,35 menunjukkan adanya perbedaan nilai yang cukup signifikan antar variasi. Pada mortar normal tanpa fly ash, berat jenis berada pada rentang 1850–1900 kg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata sekitar 1863 kg/m<sup>3</sup>. Penambahan fly ash sebesar 5% menghasilkan peningkatan berat jenis yang cukup nyata, yaitu

berkisar antara 2064–2104 kg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata 2083 kg/m<sup>3</sup>. Variasi 8% dan 10% fly ash menunjukkan hasil yang relatif sama, yakni konsisten di angka 2064–2104 kg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata sekitar 2084 kg/m<sup>3</sup>. Sementara itu, pada variasi 12% fly ash, berat jenis sedikit menurun dibandingkan 8% dan 10%, yaitu pada rentang 2040–2080 kg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata 2061 kg/m<sup>3</sup>. Secara statistik, tren data menunjukkan bahwa penambahan fly ash hingga 10% mampu meningkatkan berat jenis mortar secara signifikan dibandingkan mortar normal, namun pada kadar 12% terjadi sedikit penurunan. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan fly ash dalam jumlah tertentu dapat meningkatkan kerapatan mortar, tetapi jika berlebihan justru cenderung menurunkan berat jenis.

Tabel 4. 4 Berat Jenis Benda Uji Kuat Tekan Pertama FAS 0,40

Variasi		Berat wadah ukur berisi mortar (Kg)	Berat wadah ukur (Kg)	Volume benda uji (m <sup>3</sup> )	Berat jenis (Kg/m <sup>3</sup> )
Fly Ash	code	1	2	3	4=1-2/3
Normal	S1	2,016667	1,77	0,000125	2000
	S2	2,016667	1,77	0,000125	2000
	S3	2,024167	1,77	0,000125	2060
5%	S1	2,021	1,77	0,000125	2040
	S2	2,013	1,77	0,000125	1976
	S3	2,026	1,77	0,000125	2080
8%	S1	2,016	1,77	0,000125	2000
	S2	2,026	1,77	0,000125	2080
	S3	2,021	1,77	0,000125	2040
10%	S1	2,018	1,77	0,000125	2016
	S2	2,021	1,77	0,000125	2040
	S3	2,016	1,77	0,000125	2000
12%	S1	2,013	1,77	0,000125	1976
	S2	2,021	1,77	0,000125	2040
	S3	2,018	1,77	0,000125	2016

Berdasarkan Tabel 4.4 hasil pengujian berat jenis mortar dengan FAS 0,40 menunjukkan bahwa variasi fly ash memberikan pengaruh yang tidak terlalu besar tetapi tetap memperlihatkan tren tertentu. Pada mortar normal, berat jenis berkisar antara 2000–2060 kg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata sekitar 2020 kg/m<sup>3</sup>. Penambahan fly ash 5% menghasilkan variasi berat jenis yang lebih lebar, yaitu 1976–2080 kg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata 2032 kg/m<sup>3</sup>. Pada variasi 8% fly ash, nilai berat jenis berada pada rentang 2000–2080 kg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata tertinggi yaitu 2040 kg/m<sup>3</sup>. Untuk variasi 10% fly ash, rata-rata berat jenis sedikit menurun menjadi 2019 kg/m<sup>3</sup> dengan rentang 2000–2040 kg/m<sup>3</sup>. Sementara itu, pada variasi 12% fly ash, berat jenis kembali turun dengan rata-rata 2011 kg/m<sup>3</sup> dan kisaran 1976–2040 kg/m<sup>3</sup>.

Secara statistik, data ini menunjukkan bahwa penambahan fly ash pada kisaran 5–8% mampu memberikan peningkatan atau menjaga stabilitas berat jenis mortar, dengan performa tertinggi pada 8%. Namun, penambahan fly ash di atas 10% cenderung menurunkan berat jenis.

Tabel 4. 5 Berat Jenis Benda Uji Kuat Tekan Kedua FAS 0,35

Variasi		Berat wadah ukur berisi mortar (Kg)	Berat wadah ukur (Kg)	Volume benda uji (m <sup>3</sup> )	Berat jenis (Kg/m <sup>3</sup> )
Fly Ash 12%	code	1	2	3	4=1-2/3
SDN 0,3%	S1	1,976	1,77	0,000125	1680
	S2	1,983	1,77	0,000125	1736
	S3	1,976	1,77	0,000125	1680
SDN 0,5%	S1	2,003	1,77	0,000125	1896
	S2	2,001	1,77	0,000125	1880
SDN 0,9%	S3	2,004	1,77	0,000125	1904
	S1	2,001	1,77	0,000125	1880
	S2	2,004	1,77	0,000125	1904
	S3	2,006	1,77	0,000125	1920

Berdasarkan Tabel 4.5 hasil pengujian berat jenis benda uji kuat tekan kedua dengan FAS 0,35 pada campuran Fly Ash 12% dan variasi SDN menunjukkan adanya peningkatan densitas seiring dengan bertambahnya kadar SDN. Pada variasi SDN 0,3%, berat jenis mortar relatif rendah, berada pada rentang 1680–1736 kg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata 1700 kg/m<sup>3</sup>. Ketika SDN ditingkatkan menjadi 0,5%, berat jenis meningkat signifikan dengan kisaran 1880–1904 kg/m<sup>3</sup> dan rata-rata 1893 kg/m<sup>3</sup>. Selanjutnya, pada variasi SDN 0,9%, rata-rata berat jenis mencapai nilai tertinggi sebesar 1901 kg/m<sup>3</sup> dengan kisaran 1880–1920 kg/m<sup>3</sup>.

Secara statistik, tren data ini menunjukkan bahwa penggunaan SDN pada kadar 0,5–0,9% mampu meningkatkan berat jenis mortar secara nyata dibandingkan kadar 0,3%. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan SDN berperan penting dalam memperbaiki workability dan homogenitas campuran, sehingga menghasilkan mortar yang lebih rapat dan padat. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa variasi SDN pada kadar optimal ( $\geq 0,5\%$ ) sangat efektif untuk meningkatkan densitas mortar dengan kandungan fly ash tinggi.

Tabel 4. 6 Berat Jenis Benda Uji Kuat Tekan Kedua FAS 0,40

Variasi		Berat wadah ukur berisi mortar (Kg)	Berat wadah ukur (Kg)	Volume benda uji (m <sup>3</sup> )	Berat jenis (Kg/m <sup>3</sup> )
Fly Ash 12%	code	1	2	3	4=1-2/3
SDN 0,3%	S1	2,009	1,77	0,000125	1944
	S2	2,016	1,77	0,000125	2000
	S3	2,006	1,77	0,000125	1920
SDN 0,5%	S1	2,014	1,77	0,000125	1984
	S2	2,006	1,77	0,000125	1920
	S3	2,006	1,77	0,000125	1920
SDN 0,9%	S1	2,006	1,77	0,000125	1920
	S2	2,019	1,77	0,000125	2024
	S3	2,004	1,77	0,000125	1904

Pada benda uji kuat tekan kedua dengan FAS 0,40 dan Fly Ash 12%, penggunaan variasi SDN memberikan perbedaan berat jenis yang relatif kecil dibandingkan FAS 0,35. Pada variasi SDN 0,3%, berat jenis berada pada kisaran 1920–2000 kg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata sekitar 1955 kg/m<sup>3</sup>. Untuk SDN 0,5%, nilai berat jenis relatif stabil di sekitar 1920–1984 kg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata 1941 kg/m<sup>3</sup>. Sementara pada SDN 0,9%, berat jenis bervariasi lebih lebar, yaitu 1904–2024 kg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata sekitar 1950 kg/m<sup>3</sup>.

Secara umum, tren data menunjukkan bahwa peningkatan kadar SDN pada FAS 0,40 tidak memberikan lonjakan besar terhadap berat jenis, melainkan menjaga kestabilan nilai di kisaran 1920–2024 kg/m<sup>3</sup>.

### 4.3 Penyerapan Mortar (*Absorpsi*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak air yang bisa diserap oleh mortar. Hal ini penting karena penyerapan air dapat mempengaruhi kualitas dan ketahanan mortar dalam jangka panjang. Untuk pengujian penyerapan pada mortar terdapat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 7 Penyerapan benda uji kuat tekan pertama, FAS 0,35

Variasi		Berat sampel basah (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat sampel kering (Kg/m <sup>3</sup> )	Penyerapan ( <i>Absorpsi</i> ) (Kg/m <sup>3</sup> )	Rata-rata
Fly Ash	code	1	2	(1-2)/2x100%	4
Normal	S1	0,245	0,22	0,113636	0,121427
	S2	0,25	0,225	0,111111	
	S3	0,245	0,215	0,139535	
5%	S1	0,27	0,25	0,08	0,094013
	S2	0,27	0,245	0,102040	
	S3	0,275	0,25	0,1	
8%	S1	0,27	0,245	0,102040	0,10136
	S2	0,27	0,245	0,102040	
	S3	0,275	0,25	0,1	

Tabel 4.7 Penyerapan benda uji kuat tekan pertama, FAS 0,35 (lanjutan)

Variasi		Berat sampel basah (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat sampel kering (Kg/m <sup>3</sup> )	Penyerapan (Absorpsi) (Kg/m <sup>3</sup> )	Rata-rata
Fly Ash	code	1	2	(1-2)/2x100%	4
10%	S1	0,27	0,245	0,102040	0,10136
	S2	0,275	0,25	0,1	
	S3	0,27	0,245	0,102040	
12%	S1	0,27	0,245	0,102040	0,116496
	S2	0,275	0,245	0,122448	
	S3	0,27	0,24	0,125	

Pada Tabel 4.7 hasil pengujian penyerapan mortar pada variasi penggunaan fly ash dengan FAS 0,35, diperoleh nilai rata-rata penyerapan pada mortar normal sebesar 0,1214. Nilai ini mengalami penurunan ketika ditambahkan fly ash sebesar 5% yaitu menjadi 0,0940, yang merupakan nilai terendah dalam pengujian. Pada penambahan fly ash 8% dan 10% nilai penyerapan sedikit meningkat menjadi 0,1013, namun masih lebih rendah dibandingkan mortar normal. Sementara itu, pada variasi fly ash 12% nilai penyerapan kembali naik hingga 0,1165, mendekati nilai mortar normal. Secara statistik sederhana, terlihat adanya tren penurunan penyerapan dari mortar normal menuju variasi fly ash 5%–10%, yang menunjukkan berkurangnya porositas akibat pemanfaatan fly ash sebagai bahan tambahan. Namun, pada kadar 12% fly ash terjadi kenaikan penyerapan, yang mengindikasikan bahwa penggunaan fly ash berlebih justru menyebabkan mortar menjadi lebih porous kembali.

Tabel 4. 8 Penyerapan Benda Uji Kuat Tekan Pertama FAS 0,40

Variasi		Berat sampel basah (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat sampel kering (Kg/m <sup>3</sup> )	Penyerapan ( <i>Absorpsi</i> ) (Kg/m <sup>3</sup> )	Rata-rata
Fly Ash	code	1	2	(1-2)/2x100%	4
Normal	S1	0,255	0,245	0,040816	0,10559
	S2	0,27	0,23	0,173913	
	S3	0,27	0,245	0,102041	
5%	S1	0,27	0,24	0,125	0,11794
	S2	0,26	0,235	0,106382	
	S3	0,275	0,245	0,122448	
8%	S1	0,265	0,235	0,127659	0,13301
	S2	0,275	0,245	0,122448	
	S3	0,27	0,235	0,148936	
10%	S1	0,265	0,240	0,10416	0,11893
	S2	0,27	0,240	0,125	
	S3	0,265	0,235	0,127659	
12%	S1	0,26	0,235	0,106382	0,11184
	S2	0,27	0,24	0,125	
	S3	0,265	0,24	0,10416	

Berdasarkan Tabel 4.8, nilai penyerapan mortar menunjukkan variasi seiring dengan penambahan fly ash sebagai substitusi semen. Mortar normal (tanpa fly ash) memiliki rata-rata penyerapan sebesar 0,10559 Kg/m<sup>3</sup>. Penambahan fly ash 5% meningkatkan penyerapan menjadi 0,11794 Kg/m<sup>3</sup>, dan pada 8% fly ash nilai penyerapan kembali meningkat hingga mencapai 0,13301 Kg/m<sup>3</sup> yang merupakan nilai tertinggi di antara variasi lainnya. Namun, pada penambahan fly ash 10% nilai penyerapan menurun menjadi 0,11893 Kg/m<sup>3</sup>, dan pada 12% fly ash kembali turun sedikit ke 0,11184 Kg/m<sup>3</sup>. Secara umum, tren ini menunjukkan bahwa penambahan fly ash hingga 8% cenderung meningkatkan penyerapan air mortar akibat adanya peningkatan porositas, namun pada kadar

10–12% fly ash penyerapan kembali menurun yang mengindikasikan adanya pengisian pori-pori lebih baik oleh butiran halus fly ash. Dengan demikian, penggunaan fly ash pada kadar optimal dapat membantu mengontrol tingkat penyerapan mortar, sehingga memengaruhi ketahanan terhadap penetrasi air dan durabilitas.

Tabel 4. 9 Penyerapan benda uji kuat tekan kedua, FAS 0,35

Variasi		Berat sampel basah (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat sampel kering (Kg/m <sup>3</sup> )	Penyerapan ( <i>Absorpsi</i> ) (Kg/m <sup>3</sup> )	Rata-rata
Fly Ash 12%	Code	1	2	(1-2)/2x100%	4
SDN 0,3%	S1	0,215	0,205	0,04878	0,05632
	S2	0,225	0,21	0,07142	
	S3	0,215	0,205	0,04878	
SDN 0,5%	S1	0,255	0,22	0,1590	0,1626
	S2	0,265	0,225	0,17	
	S3	0,255	0,22	0,1590	
SDN 0,9%	S1	0,255	0,215	0,18604	0,17501
	S2	0,255	0,22	0,1590	
	S3	0,26	0,22	0,18	

Berdasarkan Tabel 4.9, terlihat bahwa variasi penambahan SDN pada mortar dengan fly ash 12% memberikan pengaruh yang berbeda terhadap nilai penyerapan.

Pada variasi SDN 0,3% diperoleh nilai rata-rata penyerapan sebesar 0,05632 Kg/m<sup>3</sup>, yang merupakan nilai terendah dalam pengujian ini. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan serat daun nanas dalam jumlah kecil dapat meningkatkan kepadatan mortar dengan cara mengurangi pori-pori, sehingga kemampuan menyerap air menjadi lebih rendah. Selanjutnya, pada SDN 0,5% penyerapan meningkat cukup signifikan menjadi 0,1626 Kg/m<sup>3</sup>, dan pada SDN 0,9% nilai penyerapan kembali meningkat menjadi 0,17501 Kg/m<sup>3</sup>. Peningkatan tersebut diduga karena penggunaan serat daun nanas yang lebih tinggi dapat meningkatkan workability, namun kelebihan kadar aditif justru menyebabkan terbentuknya rongga udara (air void) dalam pasta semen. Kondisi ini mengakibatkan struktur mortar menjadi lebih porous sehingga air lebih mudah masuk.

Tabel 4. 10 Penyerapan benda uji kuat tekan kedua, FAS 0,40

Variasi		Berat sampel basah (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat sampel kering (Kg/m <sup>3</sup> )	Penyerapan ( <i>Absorpsi</i> ) (Kg/m <sup>3</sup> )	Rata-rata
Fly Ash 12%	<b>Code</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>(1-2)/2x100%</b>	<b>4</b>
SDN0,3%	S1	0,26	0,225	0,15	0,13588
	S2	0,265	0,235	0,12765	
	S3	0,255	0,225	0,13	
SDN 0,5%	S1	0,265	0,23	0,15217	0,13739
	S2	0,255	0,225	0,13	
	S3	0,255	0,225	0,13	
SDN 0,9%	S1	0,255	0,225	0,13	0,14597
	S2	0,27	0,235	0,14893	
	S3	0,255	0,22	0,1590	

Berdasarkan Tabel 4.10, nilai penyerapan mortar dengan variasi superplasticizer SDN pada FAS 0,40 menunjukkan kecenderungan yang lebih stabil dibandingkan pada FAS 0,35. Pada variasi SDN 0,3% diperoleh nilai rata-

rata penyerapan sebesar 0,13588 Kg/m<sup>3</sup>, yang sedikit meningkat menjadi 0,13739 Kg/m<sup>3</sup> pada SDN 0,5%. Sementara itu, pada SDN 0,9% nilai penyerapan kembali meningkat menjadi 0,14597 Kg/m<sup>3</sup>. Kenaikan nilai penyerapan seiring dengan bertambahnya dosis superplasticizer ini mengindikasikan bahwa pada FAS yang lebih tinggi, mortar cenderung memiliki porositas yang lebih besar sehingga penyerapan air meningkat. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya kelebihan cairan dalam campuran yang mendorong terbentuknya rongga atau pori-pori saat mortar mengeras. Menurut SNI 6882:2014 tentang spesifikasi mortar untuk pekerjaan unit pasangan, standar restensi air mortar adalah minimal 75%. Restensi air mengindikasikan kemampuan mortar dalam mempertahankan air setelah pencampuran, yang berpengaruh pada kekuatan dan daya rekatnya. Namun, standar ini tidak secara spesifik menetapkan presentase penyerapan air mortar.

#### 4.4 Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-1974-1990 pada saat mortar berumur 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tekan (*compressive strength test*). Benda uji yang digunakan pada tes kuat tekan adalah berupa kubus dengan diameter 5cm x 5cm x 5cm. Data yang dihasilkan dapat dilihat dari rincian berikut ini :

$$f_c (\sigma_m) = \frac{P_{maks}}{A} \quad (4.1)$$

Dimana :

$f_c (\sigma_m)$  = Kekuatan tekan mortar (Mpa)

$P_{maks}$  = Gaya tekan maksimum (N)

$A$  = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

##### 1. Kuat tekan variasi abu terbang *fly ash*

###### ➤ Normal FAS 0,35

$$f'_c = \frac{1,65 \times 9806,65}{2500}$$

$$f'_c = 6,47 \text{ Mpa}$$

- Fly Ash 5% FAS 0,35
 
$$f'c = \frac{1,6 \times 9806,65}{2500}$$

$$f'c = 6,27 \text{ Mpa}$$
- Fly Ash 8% FAS 0,35
 
$$f'c = \frac{1,5 \times 9806,65}{2500}$$

$$f'c = 5,88 \text{ Mpa}$$
- Fly Ash 10% FAS 0,35
 
$$f'c = \frac{2,1 \times 9806,65}{2500}$$

$$f'c = 8,23 \text{ Mpa}$$
- Fly Ash 12% FAS 0,35
 
$$f'c = \frac{3 \times 9806,65}{2500}$$

$$f'c = 11,76 \text{ Mpa}$$

2. Kuat tekan variasi abu terbang *fly ash*

- Normal FAS 0,40
 
$$f'c = \frac{1,75 \times 9806,65}{2500}$$

$$f'c = 6,86 \text{ Mpa}$$
- Fly Ash 5% FAS 0,40
 
$$f'c = \frac{1,4 \times 9806,65}{2500}$$

$$f'c = 5,49 \text{ Mpa}$$
- Fly Ash 8% FAS 0,40
 
$$f'c = \frac{1,75 \times 9806,65}{2500}$$

$$f'c = 6,86 \text{ Mpa}$$
- Fly Ash 10% FAS 0,40
 
$$f'c = \frac{3 \times 9806,65}{2500}$$

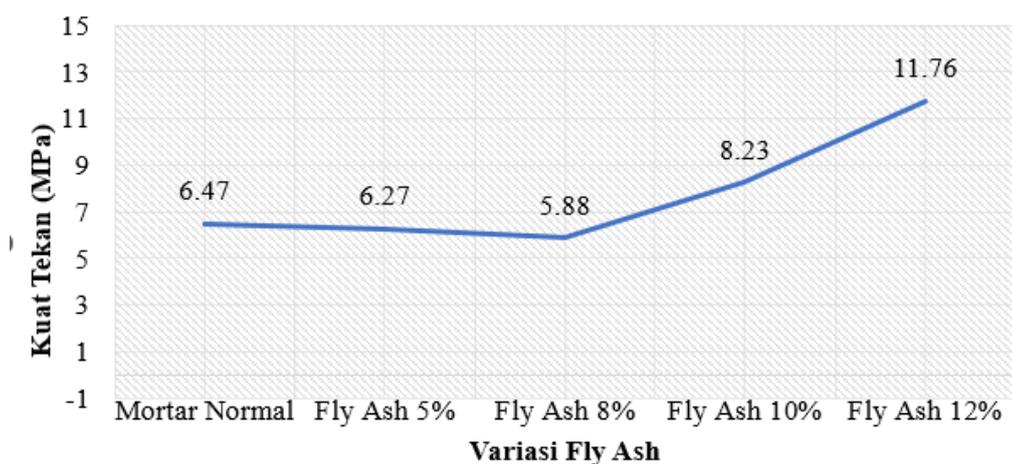
$$f'c = 11,76 \text{ Mpa}$$
- Fly Ash 12% FAS 0,40

$$f'c = \frac{3,15 \times 9806,65}{2500}$$

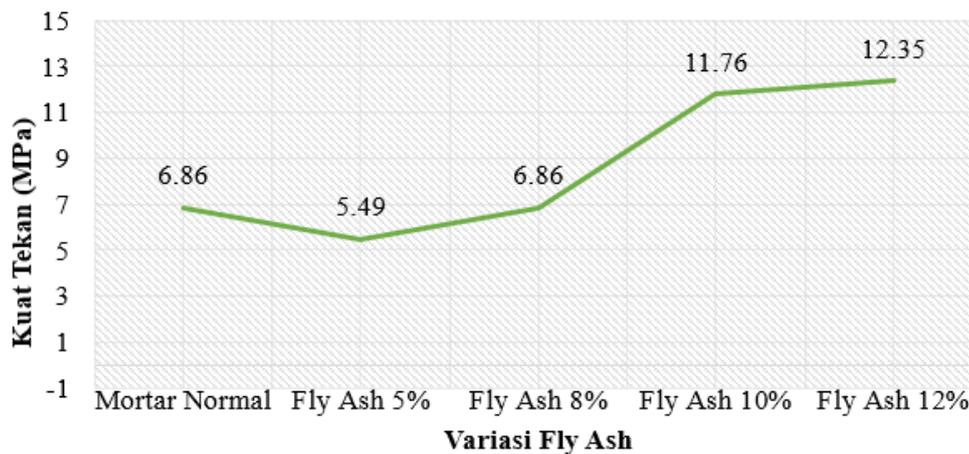
$$f'c = 12,35 \text{ Mpa}$$

Tabel 4. 11 Kuat Tekan Variasi Abu Terbang *Fly Ash*

FAS	Variasi	Umur (Hari)	Luas penampang (mm <sup>2</sup> )	Kuat tekan (Ton)	Kuat tekan (Mpa)
0,35	Normal	28	2500	1,65	6,47
	Fly Ash 5%	28	2500	1,6	6,27
	Fly Ash 8%	28	2500	1,5	5,88
	Fly Ash 10%	28	2500	2,1	8,23
	Fly Ash 12%	28	2500	3	11,76
0,40	Normal	28	2500	1,75	6,86
	Fly Ash 5%	28	2500	1,4	5,49
	Fly Ash 8%	28	2500	1,75	6,86
	Fly Ash 10%	28	2500	3	11,76
	Fly Ash 12%	28	2500	3,15	12,35



Gambar 4. 1 Grafik Kuat Tekan Variasi Fly Ash FAS 0,35



Gambar 4. 2 Grafik Kuat Tekan Variasi Fly Ash FAS 0,40

Dari Analisa tabel 4.11 dan gambar 4.1 juga 4.2 dapat diketahui hasil pengujian kuat tekan mortar pada umur 28 hari menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari variasi penggunaan fly ash. Pada FAS 0,35, mortar normal memiliki kuat tekan sebesar 6,47 MPa, kemudian sedikit menurun pada fly ash 5% (6,27 MPa) dan 8% (5,88 MPa). Namun, pada penambahan fly ash 10% kuat tekan meningkat menjadi 8,23 MPa, dan mencapai nilai tertinggi pada fly ash 12% sebesar 11,76 MPa. Pola serupa juga terlihat pada FAS 0,40, di mana mortar normal memiliki kuat tekan 6,86 MPa, kemudian menurun pada fly ash 5% (5,49 MPa), stabil kembali pada fly ash 8% (6,86 MPa), dan meningkat signifikan pada fly ash 10% (11,76 MPa) serta 12% (12,35 MPa).

Fenomena naik-turunnya grafik kuat tekan ini disebabkan oleh beberapa faktor. Penurunan kuat tekan pada fly ash 5–8% kemungkinan terjadi karena jumlah fly ash yang ditambahkan belum cukup optimal untuk bereaksi secara pozzolan, sehingga justru mengurangi proporsi semen aktif yang berperan dalam hidrasi awal. Namun, pada dosis yang lebih tinggi (10–12%), reaksi pozzolanik dari fly ash semakin dominan. Fly ash bereaksi dengan kalsium hidroksida ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) hasil hidrasi semen dan membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H) tambahan, yang berfungsi meningkatkan kekuatan mortar sekaligus menutup pori-pori mikro. Oleh karena itu, penggunaan fly ash pada kadar optimal mampu meningkatkan densitas dan kekuatan mortar. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penambahan fly ash dalam jumlah kecil dapat menurunkan kuat tekan, namun pada kadar 10–12% mampu memberikan peningkatan yang signifikan.

1. Kuat tekan fly ash 12% variasi serat daun nanas FAS 0,35

- Fly Ash (12%) SDN (0,3%) FAS 0,35

$$f'c = \frac{1,7 \times 9806,65}{2500}$$

$$f'c = 6,67 \text{ Mpa}$$

- Fly Ash (12%) SDN (0,5%) FAS 0,35

$$f'c = \frac{2 \times 9806,65}{2500}$$

$$f'c = 7,85 \text{ Mpa}$$

- Fly Ash (12%) SDN (0,9%) FAS 0,35

$$f'c = \frac{1,68 \times 9806,65}{2500}$$

$$f'c = 6,60 \text{ Mpa}$$

2. Kuat tekan fly ash 12% variasi serat daun nanas FAS 0,40

- Fly Ash (12%) SDN (0,3%) FAS 0,40

$$f'c = \frac{2,2 \times 9806,65}{2500}$$

$$f'c = 8,63 \text{ Mpa}$$

- Fly Ash (12%) SDN (0,5%) FAS 0,40

$$f'c = \frac{2,7 \times 9806,65}{2500}$$

$$f'c = 10,59 \text{ Mpa}$$

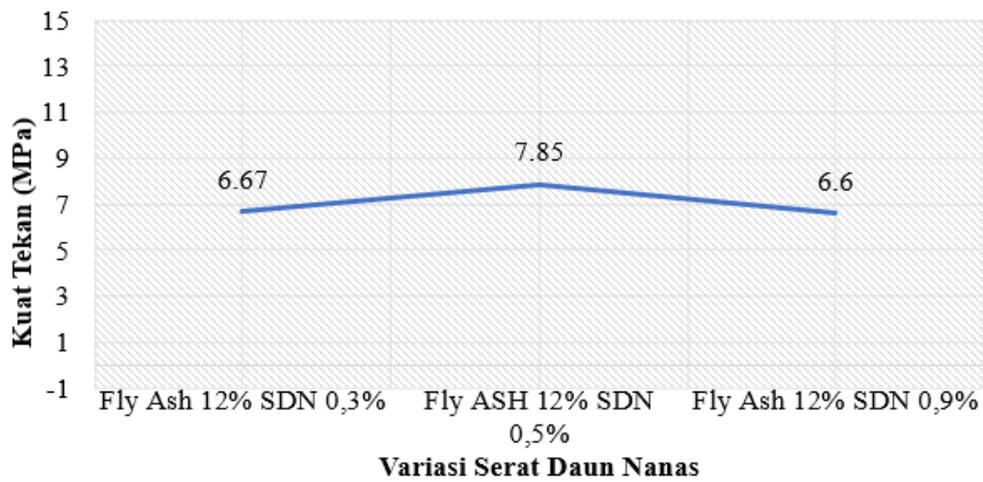
- Fly Ash (12%) SDN (0,9%) FAS 0,40

$$f'c = \frac{2,15 \times 9806,65}{2500}$$

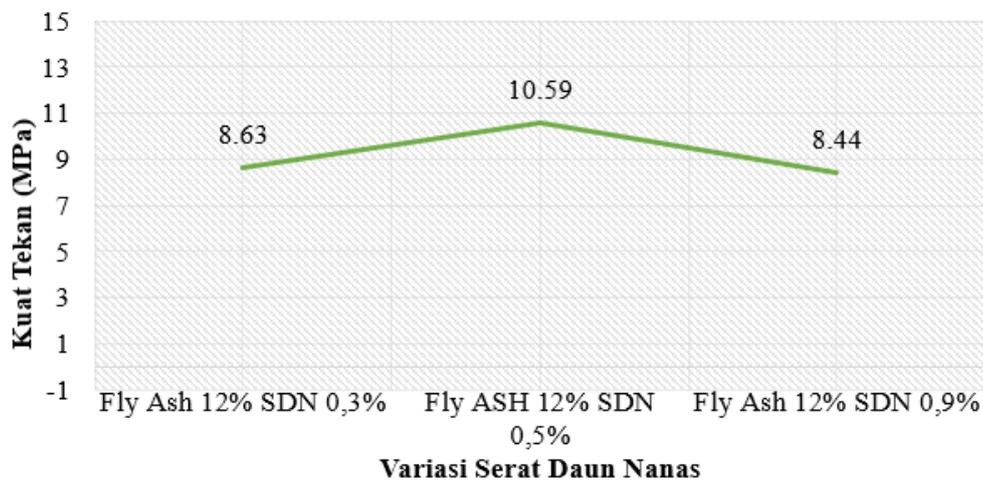
$$f'c = 8,44 \text{ Mpa}$$

Tabel 4. 12 Kuat Tekan Fly Ash 12% Variasi Serat Daun Nanas (SDN)

FAS	Variasi	Umur (Hari)	Luas penampang (mm <sup>2</sup> )	Kuat tekan (Ton)	Kuat tekan (Mpa)
0,35	Fly Ash 12% SDN 0,3%	28	2500	1,7	6,67
	Fly Ash 12% SDN 0,5%	28	2500	2	7,85
	Fly Ash 12% SDN 0,9%	28	2500	1,68	6,60
0,4	Fly Ash 12% SDN 0,3%	28	2500	2,2	8,63
	Fly Ash 12% SDN 0,5%	28	2500	2,7	10,59
	Fly Ash 12% SDN 0,9%	28	2500	2,15	8,44



Gambar 4. 3 Grafik Kuat Tekan Fly Ash 12%, Variasi Serat Daun Nanas FAS 0,35



Gambar 4. 4 Grafik Kuat Tekan Fly Ash 12%, Variasi Serat Daun Nanas FAS 0,40

Hasil pengujian kuat tekan mortar dengan penambahan fly ash 12% dan variasi serat daun nanas (SDN) menunjukkan bahwa adanya perbedaan nilai kuat tekan pada setiap variasi. Pada FAS 0,35, nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi SDN 0,5% sebesar 7,85 MPa, sedangkan variasi 0,3% dan 0,9% menghasilkan nilai lebih rendah yaitu 6,67 MPa dan 6,60 MPa. Hal serupa juga terlihat pada FAS 0,40, di mana nilai tertinggi kembali diperoleh pada variasi SDN 0,5% sebesar 10,59 MPa, sementara variasi 0,3% dan 0,9% masing-masing menghasilkan 8,63 MPa dan 8,44 MPa. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa penambahan serat daun nanas dalam jumlah sedang (0,5%) mampu meningkatkan kuat tekan, namun apabila serat terlalu sedikit atau terlalu banyak justru menurunkan nilai kuat tekan.

Fenomena naik turunnya grafik dapat dijelaskan melalui sifat fisik serat dalam campuran mortar. Pada kadar rendah (0,3%), jumlah serat belum cukup optimal dalam membantu menahan retakan sehingga peningkatan kuat tekan masih terbatas. Pada kadar sedang (0,5%), distribusi serat lebih merata dan mampu bekerja efektif sebagai pengikat mikro yang membantu menahan beban tekan, sehingga nilai kuat tekan meningkat. Namun, pada kadar lebih tinggi (0,9%), terjadi kelebihan serat yang dapat menyebabkan beberapa masalah, seperti sulitnya pencampuran, terbentuknya rongga udara (void), dan gangguan ikatan pasta semen, sehingga kekuatan mortar justru menurun. Dengan demikian, terdapat batas optimum dalam penggunaan serat daun nanas agar dapat meningkatkan kekuatan tekan mortar secara maksimal.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian modifikasi mortar dan pembahasan dapat diambil beberapa Kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Hasil uji kuat tekan mortar dengan penggunaan variasi abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti sebagian semen menunjukkan bahwa *fly ash* mampu meningkatkan kuat tekan mortar pada kadar tertentu. Pada FAS 0,35, kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi fly ash 12% dengan nilai sebesar 11,76 MPa, sedangkan pada FAS 0,40 nilai tertinggi juga diperoleh pada fly ash 12% dengan kuat tekan mencapai 12,35 MPa. Dibandingkan mortar normal tanpa fly ash, nilai ini menunjukkan peningkatan signifikan. Sebaliknya, pada kadar fly ash yang lebih rendah seperti 5% dan 8%, kuat tekan cenderung lebih rendah atau hampir setara dengan mortar normal. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan fly ash dapat memberikan hasil optimal apabila berada pada proporsi yang tepat, namun dapat menurunkan performa bila jumlahnya terlalu sedikit.
2. Pengaruh penambahan serat daun nanas (SDN) sebagai bahan penguat pada mortar dengan campuran fly ash 12% juga memberikan dampak positif terhadap kuat tekan, khususnya pada variasi SDN 0,5%. Pada FAS 0,35, variasi ini menghasilkan kuat tekan sebesar 7,85 MPa, sementara pada FAS 0,40 mencapai 10,59 MPa. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan variasi SDN 0,3% dan 0,9%, yang menunjukkan bahwa penambahan serat dalam jumlah yang seimbang dapat memperbaiki struktur mortar dan meningkatkan kekuatan tekan. Namun, jika serat ditambahkan terlalu banyak seperti pada variasi 0,9%, justru terjadi penurunan kuat tekan, kemungkinan disebabkan oleh distribusi serat yang tidak merata atau penggumpalan serat yang mengganggu kekompakan adukan.
3. Secara keseluruhan, kombinasi penggunaan fly ash dan serat daun nanas terbukti dapat menghasilkan mortar yang lebih kuat dan berkelanjutan.

Komposisi optimal diperoleh pada fly ash 12% (tanpa serat) dan kombinasi fly ash 12% dengan SDN 0,5%, yang keduanya menunjukkan peningkatan signifikan dibanding mortar normal. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan bahan tambahan alami dan limbah industri secara tepat dapat menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan performa mortar sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap semen konvensional, yang berdampak positif dari sisi lingkungan dan efisiensi material.

## 5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan agar dilakukan pengujian lanjutan dengan variasi kadar *fly ash* di atas 12% secara bertahap, seperti 14% dan 15%, guna mengetahui batas optimum sebenarnya yang masih dapat memberikan peningkatan kuat tekan. Penelitian ini hanya sampai pada kadar 12% yang menunjukkan hasil terbaik, sehingga masih ada kemungkinan kadar lebih tinggi dapat memberikan hasil lebih baik atau justru menurun. Selain itu, sebaiknya pengujian dilakukan dengan menambahkan lebih dari dua nilai FAS, agar diperoleh gambaran lebih lengkap mengenai pengaruh *fly ash* terhadap berbagai tingkat kebutuhan air dalam adukan mortar.
2. Dalam pengujian kombinasi serat daun nanas dan *fly ash*, perlu dilakukan pemeriksaan lebih lanjut mengenai metode pencampuran dan penyebaran serat dalam adukan. Salah satu tantangan utama adalah ketidakteraturan distribusi serat dalam campuran yang dapat menyebabkan penurunan kekuatan tekan, seperti yang terlihat pada variasi 0,9%. Untuk mengatasinya, disarankan agar digunakan metode pencampuran mekanis atau bahan tambahan (aditif) yang dapat membantu menyebarkan serat secara merata. Selain itu, ikatan antara serat dan pasta semen juga dapat diteliti lebih lanjut untuk memahami sejauh mana peran serat dalam meningkatkan kekuatan mekanik mortar.
3. selain fokus pada kuat tekan, sebaiknya penelitian ini diperluas dengan menambahkan parameter pengujian lain seperti kuat tarik belah,

ketahanan terhadap serapan air, dan uji durabilitas terhadap lingkungan agresif (misalnya air laut atau air sulfat). Dengan begitu, performa mortar secara menyeluruh dapat dievaluasi tidak hanya dari kekuatan awal, tetapi juga dari ketahanannya terhadap kondisi lingkungan dan usia pakai dalam jangka panjang. Hal ini penting apabila mortar tersebut akan diaplikasikan secara langsung pada konstruksi bangunan, terutama pada bagian yang rentan terhadap kelembaban atau kerusakan lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

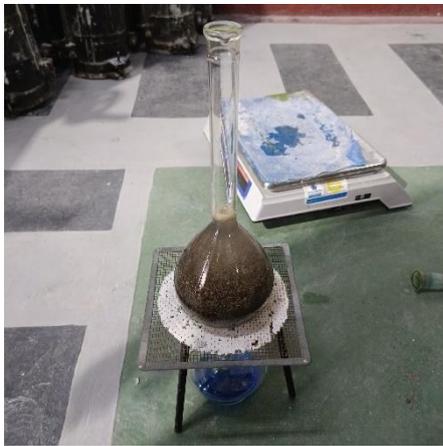
- Ag-, C., Statements, B., & Pycnometer, W. (2015). *Standard Test Method for iTeh Standards iTeh Standards*. 22–25. <https://doi.org/10.1520/C0128-22.1>
- Ali, M. S., & Walujodjati, E. (2022). Pengujian Kuat Tekan Mortar dengan Campuran Pasir Ladot. *Jurnal Konstruksi*, 19(1), 313–324.
- Almufid, A. (2018). Inovasi Beton Mutu Tinggi Ramah Lingkungan Sebagai Penunjang Pembangunan Nasional. *Jurnal Teknik*, 7(1).
- Chen, Y. J., Liou, Y. C., Ho, W. H., Tsai, J. T., Liu, C. C., & Hwang, K. S. (2022). Non-destructive acoustic screening of pineapple ripeness by unsupervised machine learning and Wavelet Kernel methods. *Science Progress*,
- Dayadi, A., & Tamara, M. (n.d.). *perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id*. 1–9.
- Hunggurami, E., Bolla, M. E., & Messakh, P. (2017). Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656:2012. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 165–172.
- Ibrahim, M. M., & Saelan, P. (2019). Studi Perancangan Campuran Beton Menggunakan Abu Batu Sebagai Agregat Halus. (Hal. 108-117). *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 5(3), 108.
- Indonesia, S. N. (2022). *Semen portland komposit*.
- Jeneri, R. (2023). Pengaruh Campuran Abu Batubara (Fly Ash) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Karakteristik Paving Block (The Effect Of Coal Ash Mixture (Fly Ash) As A Partical Replacement Of Cement On The Characteristics Of Paving Block. *Tugas Akhir, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia*, 1–72.
- Kaselle, H., Trisnawathy, T., Asgar, A., & Ramadhan, A. (2024). Studi Penambahan Serat Alam Daun Nanas Raja Pada Kuat Tekan dan Tarik Beton. *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering*, 4(1), 91–97.
- Koidah, N., & Setiawan, A. (2022). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Paciran Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *DEARSIP : Journal of Architecture and Civil*, 2(1), 8–17.
- M. Zakirullah, Rita Anggraini, D. F. (2021). Analisa Penggunaan Fly Ash PLtu Ombilin Sebagai Substansi Semen Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton. *Civil Engineering Collaboration*, 9(2), 1–6.
- Nasional, S. K. (n.d.). *Metode Pengujian Berat I si dan Rongga udara dalam agregat*.
- Panjaitan, M. A. P. (2018). Investigasi Kuat Tarik Pada Beton yang Diperkuat Dengan Serat Daun Nanas. *Laporan Tugas Akhir. Medan: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*.

- Riyadi, M. (2013). *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Sebagian Semen Pada Mortar*. 12(5).
- Segar, B., Keras, D. B., Panjaitan, A., Djauhari, Z., & Kurniawandy, A. (2015). Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Sebagian Sifat. *Jom Fteknik*, 2(2), 1.
- Setiawati, M. (2018). Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2018*, 1–8.
- Standard Test Method for iteh Standards*. (2019). 20418.
- Sujatmiko, H. (2024). Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan Effect Of Variations In Mortar Mix Composition On Compressive Strength. *Nusantara Hasana Journal*, 3(8), Page.
- Tjokrodimulyo K. *Teknologi Beton (Edisi Pert)*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM. 2007.
- Uji, C., & Beton, A. (1994). *Ruang Lingkup Pengertian Persyaratan-persyaratan*.
- Wenno, R. (2014). Kuat Tekan Mortar Dengan Menggunakan Abu Terbang (*Fly Ash*) Asal Pltu Amurang Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*.
- Yanti, G., Z, Z., & Megasari, S. W. (2019). Kajian Pemanfaatan Limbah Serat Daun Nanas Pada Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 79–86.
- Yanti, G., Zainuri, Z., & Megasari, S. W. (2019). Peningkatan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Dengan Variasi Penambahan Serat Daun Nanas. *Teknik*, 40(1), 71.
- Yuniarto Adi, R. (2008). Kuat Tekan Mortar Dengan Berbagai Campuran Penyusun Dan Umur. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 1, 67–84.
- Yusra, A., Aulia, T. B., & Jufriadi, J. (2018). Pengaruh Bahan Tambah Fly Ash Batu Bara Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil Dan Teknologi Konstruksi*, 1(1), 9–18.
- Zibrillian Adimas\_2007210136\_Fatek\_Sipil*. Analisis Dan Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Dan Kapur Sebagai Bahan Substitusi Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Beton.
- Zuraidah, S., & Hastono, B. (2018). Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 1(1), 8–13.

# LAMPIRAN



Gambar L.1 Pengujian Berat isi Agregat Halus



Gambar L.2 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus



Gambar L.3 Pengujian Kadar Air Agregat halus



Gambar L.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus



Gambar L.5 Pembuatan Benda Uji Mortar



Gambar L.6 Perendaman Mortar Selama 28 hari



Gambar L.7 Pengujian Kuat Tekan Mortar



Gambar L.8 Pengujian Kuat Tekan Mortar

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap : Yofalia Dwi Lestari  
Tempat, Tanggal Lahir : Pematang Siantar, 11 Mei 2003  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : Islam  
Alamat : Jl. Cempaka No.1, Tj, Gusta, Kec. Medan Helvetia,  
Kota Medan, Sumatera Utara 20125  
Nomor Hp : +62 812-1307-6582  
Nama Ayah : Faisal Irawan Basyar  
Nama Ibu : Dana Jauhara Layali  
E-mail : yofaliadwilestari637@gmail.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

NIM : 2107210046  
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 122349 Pematang Siantar 2009-2015  
Sekolah Menengah Pertama : SMP Negeri 2 Pematang Siantar 2015-2018  
Sekolah Menengah Atas : SMA Perguruan Panca Budi Medan 2018-2021