

**TUGAS AKHIR**  
**PEMERIKSAAN KEKUATAN TEKAN TERHADAP MORTAR**  
**YANG MENGANDUNG ABU TEMPURUNG KELAPA**  
**SEBAGAI PENGGANTI SEMEN YANG DIPERKUAT**  
***FIBERGLASS***  
**(Studi Penelitian)**

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

**Disusun Oleh:**

**FATIMAH ZUHRA**

**NPM. 2107210011**



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

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fatimah Zuhra

Npm : 2107210011

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemeriksaan Kekuatan Tekan Terhadap Mortar Yang  
Mengandung Abu Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti  
Semen Yang Diperkuat *Fiberglass*.

Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 25 Agustus 2025

Dosen Pembimbing



Ir. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., PhD

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fatimah Zuhra  
Npm : 2107210011  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pemeriksaan Kekuatan Tekan Terhadap Mortar Yang  
Mengandung Abu Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti  
Semen Yang Diperkuat *Fiberglass*.

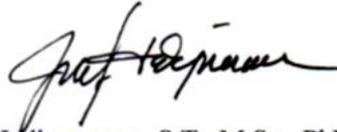
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil di pertahankan di hadapan 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., PhD

Dosen Penguji I



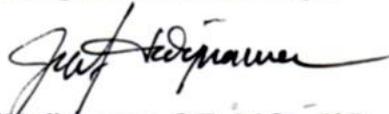
Assoc. Prof. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., PhD

Dosen Penguji II



Assoc. Prof. Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., PhD

## SURAT PERYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fatimah Zuhra  
Tempat/ Tanggal Lahir : Medan, 23 Mei 2003  
NPM : 2107210011  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul “Pemeriksaan Kekuatan Tekan Terhadap Mortar Yang Mengandung Abu Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Semen Yang Diperkuat *Fiberglass*”.

Bukan merupakan plagiatis memencuri hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemungkinan hari diduga kuat ada tidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiridan tidak ada atas tekanan ataupun 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,



Fatimah Zuhra

## ABSTRAK

### PEMERIKSAAN KEKUATAN TEKAN TERHADAP MORTAR YANG MENGANDUNG ABU TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI PENGGANTI SEMEN YANG DIPERKUAT *FIBERGLASS*

Fatimah Zuhra  
2107210011

Ir. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., PhD

Mortar merupakan material penting dalam konstruksi dengan campuran antara agregat halus (pasir), air dan bahan perekat. Beton mortar sebagai material utama dalam pembangunan menyumbang emisi karbon yang tinggi, khususnya dari proses produksi semen. Salah satu alternatif bahan pengganti yang potensial adalah pemanfaatan limbah pertanian, seperti abu tempurung kelapa, sebagai bahan tambahan sebagian semen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan kuat tekan beton mortar yang diberikan abu tempurung kelapa dengan variasi 7,5%, 10 %, 12,5%, dan 15% dengan kombinasi dengan serat *fiberglass* sebesar 0,3%, 0,5%, 0,7%, dan 1%. Hasil uji menunjukkan penggunaan ATK berpengaruh pada kekuatan beton, mengalami kenaikan kuat tekan beton pada FAS 0,35 dengan variasi 7,5% dengan nilai sebesar 6,670 MPa dan FAS 0,40 dengan variasi 7,5% dengan nilai sebesar 7,063 MPa. Sedangkan beton mortar dengan kombinasi SFG mengalami kenaikan kekuatan beton pada FAS 0,35 dengan variasi 7,5% + 1% dengan nilai 8,240 MPa dan pada FAS 0,40 dengan variasi 7,5% + 1% dengan nilai 7,848 MPa. Dari hasil penelitian ini, maka ATK dan SFG dapat meningkatkan nilai kuat tekan mortar dengan variasi tertentu.

**Kata kunci:** Mortar, Abu tempurung kelapa, *fiberglass*, Kuat tekan.

## **ABSTRACT**

### **COMPRESSIVE STRENGTH TESTING OF MORTAR CONTAINING COCONUT SHELL ASH AS A SUBSTITUTE FOR FIBERGLASS- REINFORCED CEMENT**

Fatimah Zuhra  
2107210011

Ir. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., PhD

*Mortar is a crucial construction material, consisting of a mixture of fine aggregate (sand), water, and a binder. Mortar concrete, as the primary construction material, contributes significantly to carbon emissions, particularly from the cement production process. One potential alternative is the use of agricultural waste, such as coconut shell ash, as a partial cement additive. The purpose of this study was to determine the differences in compressive strength of mortar concrete containing coconut shell ash at 7.5%, 10%, 12.5%, and 15% concentrations, combined with fiberglass at 0.3%, 0.5%, 0.7%, and 1% concentrations. Test results showed that the use of ATK significantly increased concrete strength, with an increase in compressive strength of 6.670 MPa for FAS 0.35 with a 7.5% variation and 7.063 MPa for FAS 0.40 with a 7.5% variation. Meanwhile, mortar concrete with SFG combination experienced an increase in concrete strength at FAS 0.35 with a variation of 7.5% + 1% with a value of 8,240 MPa and at FAS 0.40 with a variation of 7.5% + 1% with a value of 7.848 MPa. From the results of this study, ATK and SFG can increase the compressive strength value of mortar with certain variations.*

**Keywords:** Mortar, Coconut shell ash, Fiberglass, Compressive strength.

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Puji syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT berkat dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berhasil penulis menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pemeriksaan Kekuatan Tekan Terhadap Mortar Yang Mengandung Abu Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Semen Yang Diperkuat *Fiberglass*” (Studi Penelitian).

Didalam penulisan skripsi ini penulis telah berusaha dan berupaya dengan segala kemampuan yang ada, namun penulis menyadari masih terdapat kekurangan didalamnya, untuk itu penulis dengan rasa rendah hati bersedia menerima saran dan kritik yang sifatnya membangun dalam perbaikan skripsi penelitian ini kedepannya. Dalam mempersiapkan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan berupa bimbingan dan petunjuk. Untuk itu pada kesempatan ini izinkanlah penulis untuk mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini:

1. Bapak Ir. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., PhD selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu penulis dalam memberi saran dan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Assoc. Prof. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., PhD selaku dosen Penguji 1 yang telah memberikan koreksi pada saran kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
3. Bapak Assoc. Prof. Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD selaku Dosen Penguji 2 yang telah memberikan koreksi pada saran kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
4. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Seluruh Jajaran Bapak/Ibu selaku Dosen Program Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu teknik sipil kepada penulis.
7. Terimakasih yang teristimewa sekali kepada Ayahanda Zainal Arifin dan Ibunda Jumiati yang telah bersusah payah mendidik dan membiayai saya serta menjadi penyemangat saya serta senantiasa mendoakan saya sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya.
8. Kepada Kakak Fetty Ade Putri, S.I.Kom., M.Kom., Kakak Eka Puspita Arty, S.M., dan my twins Farsya Zuhra, S.E., yang senantiasa memberikan dukungan moral maupun material untuk menyelesaikan studi penulis.
9. Kepada Bayu Tri Prasetya, Dewi Putriani Br Tarigan, Salsa Azizah, dan Yofalia Dwi Lestari yang telah memberikan semangat dan bantuan hingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus kepada seluruh teman-teman seperjuangan yang tidak bisa sebutkan satu persatu yang telah memberikan semangat.
10. Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri. Fatimah Zuhra. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai titik ini, walau sering kali merasa putus asa atas apa yang diusahakan dan belum berhasil, namun terima kasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Berbahagialah selalu dimanapun berada, Fatimah. Apapun kurang dan lebihmu mari merayakan diri sendiri dan selalu tetap bersyukur.

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

Medan, 25 Agustus 2025

Penulis,



FATIMAH ZUHRA  
NPM. 2107210011

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR ISTILAH	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Pembahasan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Mortar	7
2.2.1 Mortar Kuno	8
2.2.2 Mortar Semen	9
2.2.3 Mortar Polimer	9
2.2.4 Mortar Kapur	10
2.2.5 Mortar Pozzolan (Pozzolana Mortar)	10
2.3 Proses Pembuatan Mortar	10
2.3.1 Semen PCC ( <i>Portland Composite Cement</i> )	11
2.3.2 Agregat Halus (Pasir)	11
2.3.3 Air	12
2.4 Bahan Material Tambahan Pembentuk Mortar	13

2.4.1 Abu Tempurung Kelapa	13
2.4.2 Serat <i>Fiberglass</i>	15
2.5 Berat Jenis ( <i>Density</i> )	17
2.6 Absorpsi	18
2.7 Pengujian Kuat Tekan	19
2.8 Faktor Air Semen (FAS)	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1 Diagram Alir	21
3.2 Tahap Pengambilan Data	22
3.3 Sumber-Sumber Data Dalam Penelitian	23
3.3.1 Data Primer	23
3.3.2 Data Sekunder	23
3.3.3 Teknik Pengumpulan Data	24
3.4 Alat dan Bahan	24
3.4.1 Alat	24
3.4.2 Bahan pembuatan Mortar	30
3.5 Metode Penelitian	33
3.5.1 Benda Uji Kuat Tekan Pertama	33
3.5.2 Benda Uji Untuk Kuat Tekan Kedua	34
3.6 Pemeriksaan Bahan	35
3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	35
3.6.2 Kadar Air Agregat Halus	39
3.6.3 Kadar Lumpur Agregat Halus	42
3.6.4 Berat Isi Agregat Halus	45
3.6.5 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Abu Tempurung Kelapa	50
3.8 <i>Mix design</i>	56
3.9 Pelaksanaan Penelitian	57
3.9.1 Pembuatan Benda Uji	57
3.9.2 Langkah-langkah Pembuatan Benda Uji Tekan Pertama	58

3.9.2 Langkah-langkah Pembuatan Benda Uji Tekan Kedua	63
3.9.3 Abu Tempurung Kelapa	68
3.9.4 Serat <i>Fiberglass</i>	68
3.9.5 Perawatan Mortar	69
BAB 4 HASIL PENELITIAN	70
4.1 Pemeriksaan Agregat Halus	70
4.1.1 Pengujian Kadar Air	70
4.1.2 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	70
4.1.3 Berat Isi Agregat Halus	71
4.1.4 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	72
4.2 Berat Jenis dan Penyerapan (Abu Tempurung Kelapa)	72
4.3 <i>Mix design</i>	73
4.3.1 <i>Mix design</i> Mortar Untuk Kuat Tekan Pertama	75
4.3.2 <i>Mix design</i> Mortar Untuk Kuat Tekan Kedua	78
4.4 Hasil dan Analisa Pengujian Pertama Mortar	82
4.4.1 Berat Jenis Mortar	82
4.4.2 Penyerapan Mortar	86
4.4.3 Nilai Kuat Tekan Mortar Pertama	91
4.5 Hasil dan Analisa Pengujian Kedua Mortar	96
4.5.1 Berat Jenis Mortar	96
4.5.2 Penyerapan Mortar	99
4.5.3 Nilai Kuat Tekan Mortar Kedua	102
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	108
5.1 Kesimpulan	108
5.2 Saran	108
DAFTAR PUSTAKA	110
LAMPIRAN	113
RIWAYAT HIDUP	115

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Spesifikasi gradasi pasir.	12
Tabel 2.2: Kandungan oksida pada abu tempurung kelapa.	14
Tabel 2.3: Sifat-sifat <i>fiberglass</i> yang digunakan dalam beton.	15
Tabel 2.4: Komposisi serat kaca ( <i>fiberglass</i> ).	17
Tabel 2.5: Sifat fisik dan mekanis serat kaca ( <i>fiberglass</i> ).	17
Table 3.1: Uji kuat tekan mortar dengan FAS 0.35 dan 0.4.	56
Tabel 4.1: Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus.	70
Tabel 4.2: Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus.	71
Tabel 4.3: Hasil pemeriksaan berat isi agregat halus.	71
Tabel 4.4: Hasil berat jenis dan penyerapan agregat halus.	72
Tabel 4.5: Hasil berat jenis dan penyerapan abu tempurung kelapa.	72
Tabel 4.6: Hasil kuat tekan ATK FAS 0,35.	92
Tabel 4.7: Hasil kuat tekan ATK FAS 0,40.	95
Tabel 4.8: Hasil kuat tekan ATK+SFG FAS 0,35.	104
Tabel 4.9: Hasil kuat tekan ATK+SFG FAS 0,40.	106
Tabel 4.10: Hasil <i>mix design</i> nilai kuat tekan.	107

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Pengujian kuat tekan mortar.	19
Gambar 3.1: Diagram alir penelitian.	21
Gambar 3.2: Saringan agregat halus No. 4, no. 8, no. 16, no. 30, no. 50, no. 100, dan pan.	24
Gambar 3.3: Timbangan digital.	24
Gambar 3.4: Piknometer.	25
Gambar 3.5: Kawat kasa dan kaki tiga.	25
Gambar 3.6: Spirtus.	25
Gambar 3.7: Cetakan kerucut pasir dan tongkat pemadat.	26
Gambar 3.8: Cetakan ukuran 5cm x 5cm x 5cm.	26
Gambar 3.9: Bak perendam.	26
Gambar 3.10: Mesin pengaduk (bor).	27
Gambar 3.11: Mesin pengujian kuat tekan.	27
Gambar 3.12: Sekop tangan.	27
Gambar 3.13: Gelas ukur.	28
Gambar 3.14: Ember.	28
Gambar 3.15: Plastik.	28
Gambar 3.16: Pan.	29
Gambar 3.17: Oven.	29
Gambar 3.18: Sarung tangan.	29
Gambar 3.19: Masker.	30
Gambar 3.20: Kuas.	30
Gambar 3.21: Semen PCC ( <i>portland composite cement</i> ).	31
Gambar 3.22: Pasir.	31
Gambar 3.23: Air.	32
Gambar 3.24: Abu tempurung kelapa.	32
Gambar 3.25: Serat <i>fiberglass</i> .	33
Gambar 3.26: Persiapan alat dan bahan penyerapan berat jenis dan penyerapan agregat halus.	35
Gambar 3.27: Pasir lolos saringan no.4.	35
Gambar 3.28: Mengeringkan agregat halus.	36

Gambar 3.29: Menimbang piknometer terisi air.	36
Gambar 3.30: Membuang air dari piknometer.	36
Gambar 3.31: Memasukkan agregat halus kedalam piknometer.	37
Gambar 3.32: Memanaskan piknometer berisi air serta agregat halus.	37
Gambar 3.33: Menggoyang piknometer.	37
Gambar 3.34: Merendam piknometer.	38
Gambar 3.35: Mengeluarkan agregat halus ke wadah.	38
Gambar 3.36: Memasukkan wadah ke dalam oven.	38
Gambar 3.37: Mencatat hasil agregat setelah dioven.	39
Gambar 3.38: Menyiapkan bahan pengerjaan kadar air agregat halus.	40
Gambar 3.39: Menyiapkan agregat halus sebesar 500gram.	41
Gambar 3.40: Timbang wadah.	41
Gambar 3.41: Masukkan agregat kedalam wadah.	41
Gambar 3.42: Mengeringkan agregat halus ke dalam oven.	42
Gambar 3.43: Menimbang agregat halus setelah dioven.	42
Gambar 3.44: Menyiapkan bahan kadar lumpur.	43
Gambar 3.45: Diayak agregat halus saringan no.4.	43
Gambar 3.46: Menimbang agregat halus.	44
Gambar 3.47: Mencuci agregat halus.	44
Gambar 3.48: Memasukkan benda uji ke oven.	44
Gambar 3.49: Mengeluarkan agregat halus setelah dioven.	45
Gambar 3.50: Menimbang agregat setelah dioven.	45
Gambar 3.51: Menyiapkan bahan berat isi agregat halus.	46
Gambar 3.52: Meletakkan agregat ke dalam pan.	46
Gambar 3.53: Menimbang wadah baja.	46
Gambar 3.54: Mengukur dimensi wadah baja.	47
Gambar 3.55: Isi agregat kedalam wadah besi.	47
Gambar 3.56: Ratakan permukaan wadah dengan mistar.	47
Gambar 3.57: Menimbang benda uji dan wadah.	48
Gambar 3.58: Memasukkan benda uji dan menusuk dengan tongkat pematat.	48
Gambar 3.59: Meratakan benda uji dengan mistar perata.	48
Gambar 3.60: Menimbang benda uji dan wadah besi.	49

Gambar 3.61: Menggoyangkan benda uji sebanyak 25 kali.	49
Gambar 3.62: Meratakan benda uji dengan mistar perata.	49
Gambar 3.63: Menimbang wadah yang berisi agregat halus.	50
Gambar 3.64: Menyiapkan bahan berat jenis dan penyerapan ATK.	51
Gambar 3.65: Timbang piknometer berisi air.	51
Gambar 3.66: Keluarkan air dari piknometer.	52
Gambar 3.67: Masukkan sampel ATK ke piknometer.	52
Gambar 3.68: Timbang piknometer berisi sampel ATK.	52
Gambar 3.69: Panaskan piknometer yang berisi sampel ATK.	53
Gambar 3.70: Angkat piknometer dan digoyangkan mengeluarkan gelembung udara.	53
Gambar 3.71: Menambah Air dan mendinginkan pada suhu ruangan.	53
Gambar 3.72: Merendam piknometer.	54
Gambar 3.73: Tuangkan isi piknometer ke wadah.	54
Gambar 3.74: Masukkan wadah kedalam oven.	54
Gambar 3.75: Keluarkan wadah dari oven.	55
Gambar 3.76: Kemudian mencatat hasil setelah dioven.	55
Gambar 3.77: Mempersiapkan bahan benda uji pertama.	58
Gambar 3.78: Menimbang bahan yang ditentukan <i>mix design</i> .	58
Gambar 3.79: Masukkan semua bahan kedalam adonan.	58
Gambar 3.80: Aduk semua bahan hingga merata.	59
Gambar 3.81: Masukkan air, lalu aduk kembali dengan merata.	59
Gambar 3.82: Oles cetakan secara merata.	59
Gambar 3.83: Menuangkan adonan mortar kedalam cetakan kubus.	60
Gambar 3.84: Pemadatan mortar menggunakan palu karet.	60
Gambar 3.85: Meratakan permukaan mortar dengan spatula perata.	60
Gambar 3.86: Mendinginkan cetakan mortar hingga mengeras.	61
Gambar 3.87: Membuka cetakan mortar.	61
Gambar 3.88: Merendam benda uji selama 28 hari.	61
Gambar 3.89: Keluarkan sampel dari perendaman dan timbang.	62
Gambar 3.90: Masukkan mortar kedalam oven.	62
Gambar 3.91: Mengeluarkan mortar dan lalu ditimbang.	62
Gambar 3.92: Melakukan pengujian kuat tekan.	63

Gambar 3.93: Menyiapkan bahan benda uji tekan kedua.	63
Gambar 3.94: Menimbang semua bahan telah ditentukan <i>mix design</i> .	63
Gambar 3.95: Memasukkan semua bahan (pasir, ATK, SFG, semen).	64
Gambar 3.96: Aduk secara merata.	64
Gambar 3.97: Memasukkan air kedalam adonan secara merata.	64
Gambar 3.98: Mengoles cetakan secara merata.	65
Gambar 3.99: Menuang adonan mortar kedalam cetakan.	65
Gambar 3.100: Memadatkan mortar menggunakan palu karet.	65
Gambar 3.101: Meratakan mortar dengan spatula perata.	66
Gambar 3.102: Mendinginkan cetakan mortar hingga mengeras.	66
Gambar 3.103: Membuka cetakan mortar.	66
Gambar 3.104: Perendaman sampel mortar selama 28 hari.	67
Gambar 3.105: Menimbang setelah perendaman.	67
Gambar 3.106: Masukkan mortar kedalam oven.	67
Gambar 3.107: Timbang mortar setelah selesai di oven.	68
Gambar 3.108: Uji kuat tekan kedua.	68
Gambar 4.1: Desain cetakan mortar.	73
Gambar 4.2: Diagram kuat tekan ATK FAS 0,35.	93
Gambar 4.3: Diagram kuat tekan ATK FAS 0,40.	95
Gambar 4.4: Grafik perbandingan kuat tekan ATK pada FAS 0,35 & FAS 0,40.	95
Gambar 4.5: Diagram kuat tekan ATK+SFG FAS 0,35.	104
Gambar 4.6: Diagram kuat tekan ATK+SFG FAS 0,40.	106
Gambar 4.7: Grafik perbandingan kuat tekan ATK+SFG pada FAS 0,35 & FAS 0,40.	106

## DAFTAR ISTILAH

$f'c$	= Kuat tekan saat pengujian	(kg/cm <sup>2</sup> )
A	= Berat contoh kering permukaan jenuh	(kg/m <sup>3</sup> )
C	= Jumlah agregat halus	(kg/m <sup>3</sup> )
Fcr	= Nilai kuat tekan rata-rata	(MPa)
Wh	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus	(kg/m <sup>3</sup> )
Wsemen	= Jumlah semen	(kg/m <sup>3</sup> )
Wair	= Kadar air bebas	(kg/m <sup>3</sup> )
Ca	= Absorpsi agregat halus	(%)
Ck	= Kadar air agregat halus	(%)
SNI	= Standar Nasional Indonesia	
ASTM	= American Standart Testing And Material	
SSD	= Saturated Surface Dry	
Fas	= Faktor air semen	
D	= Diameter benda uji	
cm	= Centimeter	
kg	= Kilogram	
Mpa	= Megapascal	
M <sup>3</sup>	= Meterkubik	
gr	= Gram	

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor konstruksi saat ini menghadapi tantangan besar dalam menciptakan material bangunan yang tidak hanya kuat dan tahan lama, tetapi juga ramah lingkungan. Penggunaan semen sebagai bahan pengikat utama pada mortar dan beton telah lama menjadi standar dalam industri konstruksi. Namun, produksi semen membutuhkan energi tinggi dan menghasilkan emisi karbon dalam jumlah besar, yang berkontribusi signifikan terhadap pemanasan global (Zelika dkk., 2024). Oleh karena itu, pencarian bahan pengganti semen yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis menjadi fokus penting dalam penelitian material bangunan modern.

Mortar merupakan material penting dalam konstruksi dengan campuran antara agregat halus (pasir), air dan bahan perekat. Mortar sebagai bahan perekat untuk konstruksi struktural digunakan untuk pasangan batu pecah pada pondasi, mortar untuk konstruksi non struktural digunakan pada pasangan bata sebagai bahan pengisi dinding. Kuat tekan mortar dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kepadatan, umur mortar, jenis bahan ikat dan sifat agregat. Kualitas dan mutu mortar ditentukan oleh bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan dan alat yang digunakan. Semakin baik mutu bahan bakunya, komposisi perbandingan campuran yang direncanakan dengan baik dan proses pembuatan yang baik akan menghasilkan mortar yang berkualitas baik (Mauludiyana dkk., 2024). Beton mortar sebagai material utama dalam pembangunan menyumbang emisi karbon yang tinggi, khususnya dari proses produksi semen. Oleh karena itu, upaya untuk mencari bahan pengganti semen yang lebih berkelanjutan menjadi semakin penting. Salah satu alternatif yang potensial adalah pemanfaatan limbah pertanian, seperti abu tempurung kelapa, sebagai bahan tambahan sebagian semen.

Abu tempurung kelapa merupakan limbah organik yang mengandung silika yang tinggi sehingga dapat berfungsi sebagai bahan pozzolan. Penggunaan abu ini tidak hanya dapat mengurangi dampak lingkungan dari limbah pertanian, tetapi

juga mampu menekan penggunaan semen dalam campuran mortar, sehingga lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Pada hasil pembakaran batok kelapa terkandung campuran dari berbagai oksida mineral yaitu natrium oksida ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), kalium Oksida ( $\text{K}_2\text{O}$ ), Magnesium Oksida ( $\text{MgO}$ ), besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan beberapa senyawa lainnya. Unsur yang terkandung dalam abu dan memiliki efektifitas senyawa penyerap adalah senyawa silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) (Astuti, 2021).

Penambahan serat merupakan salah satu metode baru pada beton. Parameter kekuatan beton seperti kuat tekan dipelajari dengan memvariasikan persentase serat dari 0,025% sampai dengan 0,075% dari berat beton (Anisa dkk., 2024). Hasil penelitian bahwa peningkatan yang signifikan karena penggunaan serat dalam mortar untuk meningkatkan kinerja, antara lain kuat tarik dan daktilitas. Mortar serat juga digunakan dalam perkuatan struktur yang ada. Di antara berbagai jenis serat yang tersedia saat ini, serat *fiberglass* merupakan salah satu hasil pengembangan terbaru di bidang teknologi beton (Utomo dkk., 2021).

Untuk lebih meningkatkan kekuatan struktural, khususnya terhadap beban kuat tekan, penggunaan serat *fiberglass* sebagai bahan penguat tambahan menjadi pilihan yang menarik. Serat *fiberglass* memiliki kekuatan tarik tinggi, ringan, dan tahan terhadap korosi, sehingga mampu meningkatkan performa mortar, terutama dalam kondisi lingkungan yang ekstrem. *Fiberglass* merupakan serat yang dihasilkan dari kaca yang ditarik hingga mencapai ukuran diameter antara 0,005 mm hingga 0,01 mm, membentuk serat yang tipis. Komposisi dari *fiberglass* melibatkan kandungan sekitar 50-60%  $\text{SiO}_2$ , serta oksida lainnya seperti Al, Ca, Mg, Na dan sejenisnya. Oleh karena itu, material *fiberglass* merupakan salah satu jenis bahan serat komposit yang memiliki keunggulan dalam hal kekuatan yang tinggi namun tetap memiliki bobot yang ringan (Ramayati dkk., 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu tempurung kelapa yang diperkuat dengan serat *fiberglass* terhadap kuat tekan. Besaran presentase abu tempurung kelapa/*Coconut Shell Ash* (CSA) yang digunakan sebagai substitusi semen adalah sebesar 0%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%,

dari berat semen. Sedangkan presentase penambahan serat *fiberglass* terdiri dari beberapa variasi pula yaitu, 0%, 0.3%, 0.5%, 0.7%, 1%. Proses pengujian dilakukan umur 28 hari dengan perbandingan campuran 1:3 pada kuat tekan terhadap mortar. Dengan beberapa variasi tersebut dimaksudkan dapat mengetahui campuran terbaik dalam penambahan abu tempurung kelapa sebagai pengganti semen yang diperkuat *fiberglass* ke dalam adukan mortar.

Penelitian ini terletak pada pengujian kekuatan tekan mortar yang mengandung abu tempurung kelapa dan diperkuat *fiberglass*. Oleh karena itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh variasi komposisi abu tempurung kelapa dan *fiberglass* terhadap kuat tekan mortar, serta menemukan komposisi optimal yang dapat meningkatkan performa material.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi terhadap pengembangan material konstruksi yang lebih berkelanjutan, tetapi juga mendorong pemanfaatan limbah pertanian dalam industri konstruksi sehingga dapat mengurangi penggunaan semen konvensional sekaligus meningkatkan sifat mekanik mortar.

Berdasarkan latar belakang tersebut, abu tempurung kelapa dimanfaatkan untuk pengganti semen yang diperkuat *fiberglass* sehingga peneliti tertarik untuk menguji kekuatan tekan beton dengan metode mortar berbahan abu tempurung kelapa.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan abu tempurung kelapa terhadap kuat tekan mortar?
2. Bagaimana kombinasi antara abu tempurung kelapa dan serat *fiberglass* mempengaruhi perbandingan kuat tekan mortar?

## **1.3 Ruang Lingkup Penelitian**

Luasnya ruang lingkup permasalahan yang ada pada penelitian ini penulis membatasi permasalahan antara lain sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada pembuatan mortar dengan variasi penambahan abu tempurung kelapa (ATK) sebagai bahan substitusi Sebagian semen, yang digunakan sebagai bahan dasar mortar.
2. Persentase penambahan bahan abu tempurung kelapa dalam penelitian ini sebesar 0%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15% berat, serta persentase pada *fiberglass* sebesar 0%, 0.3%, 0.5%, 0.7%, dan 1%.
3. Melakukan pengujian kuat tekan dari beton normal dan mortar campuran abu tempurung kelapa sebagai pengganti semen yang diperkuat *fiberglass* setelah perendaman 28 hari.
4. Pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Dari permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka tujuan penelitian masalah dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan abu tempurung kelapa terhadap kuat tekan mortar.
2. Untuk mengetahui kombinasi antara abu tempurung kelapa dan serat *fiberglass* mempengaruhi perbandingan kuat tekan mortar.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yakni:

1. Manfaat untuk umum adalah sebagai salah satu cara memanfaatkan bahwa limbah abu tempurung kelapa masih bisa dimanfaatkan untuk hal lain yang bermanfaat.
2. Manfaat bagi peneliti ialah untuk menambah wawasan peneliti terkait peningkatan kuat tekan serta pemanfaatan bahan yang lebih ramah lingkungan sehingga dapat memberikan nilai ekonomis terhadap mortar.
3. Manfaat untuk program studi teknik sipil adalah sebagai data awal untuk penelitian selanjutnya.

## **1.6 Sistematika Pembahasan**

Sistematika penulisan dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan urutan sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

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

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Bagian ini terdiri dari lokasi penelitian, langkah-langkah pemecahan masalah yang akan dibahas, meliputi metode penelitian, sumber dan teknik pengumpulan data dan analisa data.

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang data yang telah dikumpulkan lalu di analisa, sehingga dapat diperoleh kesimpulan.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis memberikan tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran-saran berdasarkan analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam sub bab ini penulis ingin menyampaikan beberapa penelitian terdahulu sebagai referensi untuk mempermudah penulis membuat penelitian secara keseluruhan serta menggambarkan secara jelas perbedaan penelitian yang akan penulis lakukan. Dalam hal ini penulis ingin menyampaikan beberapa penelitian terdahulu terhadap pengaruh kuat tekan beton dengan metode mortar berbahan abu tempurung kelapa sebagai pengganti semen yang diperkuat *fiberglass*.

Menurut (Zelika dkk., 2024), dengan penelitian ini berjudul “Pemanfaatan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Semen Pada Beton”. Abu tempurung kelapa diperoleh dari pengolahan limbah tempurung kelapa yang dibakar hingga menjadi abu, penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah abu tempurung kelapa sebagai substitusi semen pada beton dengan variasi kadar 3,5% dan 7% pada umur 14, 21, dan 28 hari.

Menurut (Anisa dkk., 2024), dengan penelitian ini berjudul “Kekuatan Tekan dan Penyerapan Mortar Geopolimer dengan Bahan Tambahan Limbah Abu Tempurung Kelapa”. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis nilai kuat tekan dan penyerapan mortar dengan menggunakan abu tempurung kelapa. Penggunaan abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah dari fly ash dengan variasi sebanyak 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% pada umur 28 hari dengan perawaran suhu ruangan.

Menurut (Ramayati dkk., 2023), dengan penelitian Penelitian ini berjudul “Pengaruh Penambahan Serat *Fiberglass* Pada Campuran Beton Terhadap Kinerja Beton”. *Fiberglass* merupakan bahan yang terbuat dari cairan kaca yang diubah menjadi serat tipis yang berukuran diameter mulai dari 0,005 mm hingga 0,01 mm. Inovasi ini menggunakan serat *fiberglass* sebagai bahan tambahan pengganti agregat. Kandungan serat *fiberglass* yang diterapkan mencakup 4 variasi diantaranya 0%, 0,25%, 0,5% dan 0,75% dari total berat agregat.

Menurut (Kurniati dkk., 2024), dengan penelitian ini berjudul “Ketahanan Kuat Tekan Beton Serat *Fiberglass* Sebagai Bahan Tambah” Tujuan penelitian ini untuk menentukan pengaruh dan efektivitas serat *fiberglass* terhadap ketahanan kuat tekan beton. Persentase serat *fiberglass* yang ditambahkan ke dalam campuran beton, yaitu 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dari berat semen pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Persamaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu pemeriksaan kuat tekan terhadap mortar yang mengandung abu tempurung kelapa sebagai pengganti semen yang diperkuat *fiberglass* dengan menggunakan material abu tempurung kelapa dan *fiberglass*, serta menggunakan metode pengujian benda uji kuat tekan yang dilakukan pada umur 28 hari dengan kadar campuran abu tempurung kelapa sebesar 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15%, serta serat *fiberglass* sebesar 0,3%, 0,5%, 0,7%, dan 1%. Maka yang didapatkan tema “Pemeriksaan Kekuatan Tekan Terhadap Mortar Yang Mengandung Abu Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Semen Yang Diperkuat *Fiberglass*”.

## **2.2 Mortar**

Mortar adalah campuran plastis yang dibuat dengan campuran semen, air dan pasir yang digunakan sebagai material pengisi dalam konstruksi, serta dapat juga diartikan sebagai adukan yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen portland) dan air (Salmonda, 2022). Menurut SNI 03-6882-2002 mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen portland) 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 konstruksi non struktural. Pada konstruksi struktural mortar digunakan sebagai spesi dinding dan juga pondasi, sedang untuk konstruksi non struktural mortar digunakan sebagai pelapis dinding terluar.

Sebagai konstruksi 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 baik pada saat proses pembangunan maupun setelah konstruksi direncanakan dapat menahan seluruh beban.

Kekuatan tekan mortar dipengaruhi oleh beberapa faktor, antar lain faktor air semen dan kepadatan, jenis semen, jumlah semen, sifat agregat dan juga umur mortar. Sangatlah tidak efektif dan efisien bila menunggu hingga 28 hari untuk mengecek kualitas kuat tekan mortar, karena biasanya mortar akan dibebani dengan suatu konstruksi di atasnya sebelum mencapai umur 28 hari. Oleh karena itu, tes kuat tekan pada tahapan umur pengerasan mortar yaitu 7, 14, dan 21 hari perlu dilakukan untuk mengendalikan kualitas kuat tekan agar sesuai dengan yang diharapkan, yaitu tidak kurang dari kuat tekan yang disyaratkan dalam bestek. Hasil evaluasi digunakan untuk menentukan apakah kuat tekan mortar memenuhi persyaratan atau tidak. Maka suatu nilai yang dapat digunakan untuk menyatakan hubungan kekuatan tekan pada awal umur mortar dan kuat tekan karakteristik mortar sangat diperlukan (Salmonda, 2022). Ada beberapa jenis mortar antara lain sebagai berikut:

- a. Mortar Kuno
- b. Mortar Semen
- c. Mortar Polimer
- d. Mortar Kapur
- e. Mortar Pozzolan

### **2.2.1 Mortar Kuno**

Mortar pertama terbuat dari lumpur dan tanah liat. Karena pada saat itu persediaan batu sangat kurang sedangkan persediaan tanah liat sangat berlimpah. Menurut sejarah kemampuan membangun dengan beton dan mortar berikutnya muncul di Yunani. Hal ini dapat dibuktikan dari penggalian dari saluran air bawah tanah di Megara mengungkap bahwa reservoir itu dilapisi dengan mortar pozzolanat 12 mm tebal. Pozzolanat adalah mortar yang dibuat dengan batu kapur dengan penambahan abu vulkanik yang memungkinkan untuk mengeras didalam

air, sehingga dikenal dengan semen hidrolik. Orang-orang Yunani memperoleh abu vulkanik dari pulau-pulau Yunani Thira dan Nisiros, atau dari koloni kemudian Yunani Cicaearchia (Pozzuoli) di dekat Naples, Italia. Bangsa Romawi kemudian meningkatkan penggunaan dan metode untuk membuat apa yang dikenal sebagai pozzolanat mortar dan semen. Bahkan kemudian, orang Romawi menggunakan mortar tanpa pozzolanat tapi menggunakan keramik yang telah hancur, yang mengandung aluminium oksida dan silikon dioksida didalam campuran. Mortar ini tidak sekuat mortar pozzolanat, tapi karena lebih padat, lebih baik terhadap penetasan air. Namun seni membuat mortar dan semen hidrolisis yang telah disempurnakan dan digunakan secara luas baik oleh orang Yunani dan Romawi, kemudian hilang selama hampir dua milenia.

### **2.2.2 Mortar Semen**

Mortar semen portland (sering dikenal hanya sebagai mortar semen) dibuat dari semen portland mencampur dengan pasir dan air. Mortar semen ditemukan pada pertengahan abad kesembilan belas, sebagai bagian dari upaya ilmiah untuk mengembangkan mortar yang kuat yang ada pada saat itu. Ini dipopulerkan pada akhir abad kesembilanbelas, dan pada tahun 1930 itu telah menggantikan mortar kapur untuk konstruksi. Mortar semen digunakan karena lebih cepat kering dibandingkan dengan mortar kapur yang dapat mempercepat pada proses konstruksi.

### **2.2.3 Mortar Polimer**

Mortar semen polimer (PCM) adalah bahan yang dibuat menggantikan semen hidrat pengikat semen mortar konvensional dengan polimer. Pencampuran polimer termasuk lateks atau emulsi, bubuk redispersibel polimer, polimer yang larut dalam air, resin cair dan monomer. Memiliki permeabilitas rendah, dan mengurangi kejadian retak susut pengeringan, terutama dirancang untuk memperbaiki struktur beton.

#### **2.2.4 Mortar Kapur**

Mortar kapur (kapur mortar) dibuat dengan mencampur pasir, kapur dan air. Penggunaan mortar kapur paling awal yang diketahui sekitar 4000 SM di Mesir Kuno. Kapur mortar telah digunakan di seluruh dunia, terutama di bangunan Kekaisaran Romawi di seluruh Eropa dan Afrika. Sebagian besar bangunan batu pra-1900 di Eropa dan Asia yang dibangun dari semen kapur (mortar kapur). Proses pembuatan mortar kapur sederhana. Kapur dibakar dalam sebuah tungku untuk membentuk kapur tohor. Kapur tersebut kemudian dicampur dengan air untuk membentuk kapur mati, dan membentuk depul kapur atau serbuk kapur terhidrasi. Hal ini kemudian dicampur dengan pasir dan air untuk membentuk mortar. Jenis mortar kapur yang dikenal sebagai non-hidrolik, waktu settingnya sangat lambat melalui reaksi dengan karbon dioksida di udara. Kecepatan setting dapat ditingkatkan dengan menggunakan batu gamping yang dibakar dalam tungku pembakaran, untuk membentuk sebuah kapur hidrolik yang mana kapur hidrolik ini akan bereaksi apabila kontak dengan air, atau dengan penambahan bahan pozzolanat seperti tanah liat yang dikalsinasi atau debu batu bata dapat ditambahkan ke campuran adukan semen.

#### **2.2.5 Mortar Pozzolan (Pozzolana Mortar)**

Pozzolan halus abu vulkanik berpasir, awalnya ditemukan dan digali di Italia di Pozzuoli di wilayah sekitar Gunung Vesuvius. Vitruvius seorang arsitek Romawi kuno berbicara tentang empat jenis pozzolana yang ditemukan di seluruh wilayah gunung berapi di Italia dalam berbagai warna : hitam, putih, abu-abu dan merah. Pozzolan yang halus apabila dicampur dengan kapur memberikan sifat seperti semen Portland dan membentuk mortar yang kuat dan yang dapat mengeras didalam air.

### **2.3 Proses Pembuatan Mortar**

Material-material utama yang digunakan sebagai penyusun mortar pada umumnya diuraikan sebagai berikut:

### 2.3.1 Semen PCC (*Portland Composite Cement*)

Semen PCC adalah bahan pengikat hidrolisis hasil penggilingan bersama-sama bubuk semen *Portland* dan *gypsum* dengan satu atau lebih bahan anorganik. Bahan anorganik tersebut antara lain retak tanur tinggi (*blast furnace slag*), *pozzolan*, senyawa silica, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen *Portland* komposit. Semen jenis PCC memiliki sifat tahan terhadap serangan sulfat, mempunyai panas hidrasi rendah sampai sedang dan kekuatan tekan awal kurang, akan tetapi kekuatan akhir lebih tinggi. Kegunaan dari semen PCC ini adalah bahan pengikat untuk konstruksi beton umum, pemasangan batu bata, beton pra-cetak, *paving block*, plesteran, acian dan sebagainya.

### 2.3.2 Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus atau pasir adalah batuan yang ukurannya  $\leq 4,75$  mm. Agregat halus (pasir) adalah agregat biasa yang umumnya digunakan pada mortar dan harus mengikuti standar ASTM C-33 (untuk agregat halus) atau standar yang setara. Agregat halus harus dalam kondisi bersih, bebas dari bahan organik dan substansi pengganggu, secara relatif bebas dari lumpur dan tanah, serta agregat yang dapat bereaksi dengan alkali dalam semen harus dihindari.

Pasir berfungsi untuk mengurangi dan mengatur susut keringnya (*dry shrinkage*) material yang dapat mencegah keretakan material, selain itu mengurangi pemakaian semen berlebihan. Pasir yang digunakan umumnya adalah pasir alam yang terdiri dari silica, batuan basalt atau koral halus.

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971) agregat halus sebagai campuran untuk pembuatan mortar harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Pasir harus terdiri dari butir-butir kasar, tajam, dan keras.
2. Pasir harus mempunyai kekerasan yang sama.
3. Agregat harus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, apabila lebih dari 5% maka agregat tersebut harus dicuci dulu sebelum digunakan. Adapun yang dimaksud lumpur adalah bagian butir yang melewati ayakan 0,063mm.

4. Pasir harus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak.
5. Pasir harus tidak mudah terpengaruh oleh perubahan cuaca.
6. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat untuk mortar.

Persyaratan spesifikasi gradasi pasir (ASTM C 33, 2018).

Tabel 2.1: Spesifikasi gradasi pasir (ASTM C 33, 2018).

Ayakan Nomor	Presentase Lewat (%)
3/8 in (9,50 mm)	100
no. 4 (4,75 mm)	95 - 100
no. 8 (2,36 mm)	80 - 100
no. 16 (1,18 mm)	50 - 85
no. 30 (0,6 mm)	25 - 60
no. 50 (0,3 mm)	10 - 30
no. 100 (0,15 mm)	2 - 10

### 2.3.3 Air

Air berguna untuk menimbulkan reaksi kimia pada mesen, untuk membasahi agregat dan sebagai bahan pelumas adukan. Karakteristik dari pasta/mortar merupakan sepenuhnya hasil reaksi kimia antara air dan semen. Kadar air berlebihan akan menimbulkan gelembung-gelembung udara setelah diproses hidrasi selesai dan kekurangan air mengakibatkan tidak sempurnanya proses kimia pada mesen (Zelika dkk., 2024).

Pada umumnya standar air yang digunakan harus memenuhi standart mutu air minum. Air tersebut harus bersih dari garam yang dapat merusak pasta semen/mortar serta tidak mengandung zat yang dapat menyebarkan kerusakan mortar bila konstruksi berhungungan dengan air laut (Adnan dkk., 2024).

Kekuatan dari pasta pengerasan semen ditentukan oleh perbandingan berat antara semen dan faktor air. Persyaratan Mutu Air menurut (SNI-03-2847-2002), adalah sebagai berikut:

- a. Air yang digunakan dalam campuran mortar harus bersih dan bebas dari zat-zat berbahaya, seperti oli, asam, alkali, garam, bahan *organic*, 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. Pemilihan proporsi campuran mortar harus didasarkan pada campuran mortar yang menggunakan air dari sumber yang sama.
  2. Hasil pengujian pada umur 7 dan 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 spesimen kubus berukuran sisi 50 mm)" (ASTM C 109).

## **2.4 Bahan Material Tambahan Pembentuk Mortar**

Berikut adalah bahan tambahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

### **2.4.1 Abu Tempurung Kelapa**

Indonesia merupakan negara yang memiliki perkebunan kelapa yang sangat luas. Ketika produksi melimpah, akan menghasilkan limbah yang banyak pula. Pembuangan bahan limbah pertanian seperti sekam padi, kulit kacang tanah, tongkol jagung dan tempurung kelapa adalah suatu tantangan lingkungan, maka diperlukan usaha untuk mengubahnya menjadi bahan yang bermanfaat untuk meminimalkan efek negatif terhadap lingkungan (Zelika dkk., 2024).

Limbah batok kelapa merupakan limbah yang mudah ditemui dimana-mana misalnya di pasar, dapur, Pantai dan lain-lain. Produksi kelapa di Indonesia per-tahun yakni sebesar 12.915 milyar butir atau 24% produksi dunia (Astuti, 2021). Pemanfaatan limbah batok kelapa di Indonesia masih sangat terbatas berbanding

terbalik dengan jumlahnya yang sangat banyak dan melimpah. Limbah batok kelapa dapat dimanfaatkan menjadi pengganti semen dalam pembuatan mortar dengan dilakukan proses pembakaran terlebih dahulu. Hal ini bertujuan meningkatkan nilai limbah batok kelapa dalam proses pembuatan mortar.

Tabel 2.2: Kandungan oksida pada abu tempurung kelapa (ASTM C 33, 2018).

Kandungan	Kadar (%)
SiO <sub>2</sub>	37,97
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,12
FeO <sub>3</sub>	15,48
CaO	4,98
MgO	1,89
MnO	0,81
Na <sub>2</sub> O	0,95
K <sub>2</sub> O	0,83
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,32
SO <sub>3</sub>	0,71
LOI	11,94

Pada abu hasil pembakaran batok kelapa terkandung campuran dari berbagai oksida mineral yaitu natrium oksida (Na<sub>2</sub>O), kalium Oksida (K<sub>2</sub>O), Magnesium Oksida (MgO), besi oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) dan beberapa senyawa lainnya. Unsur yang terkandung dalam abu dan memiliki efektifitas senyawa penyerap adalah senyawa silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) (Anisa dkk., 2024).

Abu tempurung kelapa berasal dari pengolahan limbah tempurung yang dibakar yang kemudian menjadi abu. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah tempurung kelapa sebagai pengganti semen. Perkembangan Pembangunan di Indonesia saat ini semakin pesat, baik untuk infrastruktur maupun struktural, sehingga membutuhkan semen yang banyak. Salah satunya dengan memanfaatkan limbah pertanian yang tidak terpakai yaitu tempurung kelapa. Abu tempurung kelapa memiliki sifat pozzolan dan silika.

## 2.4.2 Serat *Fiberglass*

*Fiberglass* adalah serat kaca yang berasal dari kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis. Serat ini lalu dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi seperti kain. Lalu, diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosi (Kurniati, 2024).

Banyak orang yang menganggap *fiberglass* ini mudah pecah karena bahannya dari kaca. Namun, setelah diolah dengan berbagai macam proses penekanan, cairan atau bubuk kaca berubah menjadi serat. Proses inilah yang membuat kaca menjadi serat yang kuat dan tidak mudah pecah.

Bahan yang termasuk fiber adalah baja (*stell*), Plastic (*polypropylene*), *polymers*, asbes dan *carbon*. Keuntungan kegunaan yang lain adalah dapat meningkatkan beban kejut (*impact resistance*), ketahanan terhadap kelelahan, ketahanan terhadap pengaruh susut, dapat meningkatkan kuat tekan (*flexural strength*) (Astuti, 2021).

Kaca merupakan jenis pengisi yang baik untuk plastik. Kaca merupakan salah satu material paling kuat (kekuatan tarik 3,5GPa pada ukuran diameter 9-15  $\mu\text{m}$ ). Selain itu, serat kaca juga memiliki sifat tidak mudah terbakar dan tahan terhadap senyawa kimia (Nursani dkk., 2020).

Tabel 2.3: Sifat-sifat *fiberglass* yang digunakan dalam beton (Utomo et al., 2021).

Fiber	Diameter (mm)	Berat Jenis ( $10^3 \text{ kg/m}^3$ )	Young's Modulus (GPa)	Kuat Tarik (GPa)	Perpanjangan pada saat putus (%)
Asbestors					
Chrysotile	0.02-20	2.55	164	3.1	2-3.0
Crocidolite	0.1-20	3.37	196	3.5	2-3.0
Polypropylene	20-200	0.09	5-10.0	0.5	10-20.0
Nyloon (High Tenacity)	>4	1.14	4	0.9	-15
Glass	9-15.0	-2.6	-80	2-4.0	2-3.5
Baja	50-5000	7.86	200	1-3.0	3-4.0
Carbon		1.6	50	>0.7	-1.4

Ada beberapa tipe serat kaca (*fiberglass*) sesuai dengan sifat serat kaca tersebut yang diklarifikasi dalam abjad, yaitu (Supriatna, 2021):

1. Serat kaca tipe – E

Huruf E pada serat kaca ini ialah singkatan dari kata *electrical* yang menandakan sifat dari serat kaca ini yaitu memiliki ketahanan terhadap listrik yang baik.

2. Serat kaca tipe – S

Huruf S pada serat kaca ini merupakan singkatan dari kata *strength* yang menandakan sifat serat kaca ini memiliki kekuatan yang tinggi.

3. Serat kaca tipe – C

Huruf C pada serat kaca ini merupakan singkatan dari kata *chemical* yang menandakan sifat serat ini memiliki ketahanan terhadap senyawa kimia yang tinggi.

4. Serat kaca tipe – M

Huruf M pada serat kaca ini merupakan singkatan dari kata modulus yang menandakan sifat serat kaca ini memiliki modulus yang tinggi (kekuatan yang tinggi) sehingga pengaplikasiannya banyak pada penggunaan struktural yang memerlukan tingkat kekuatan yang tinggi.

5. Serat kaca tipe – A

Huruf A pada serat kaca ini merupakan singkatan dari kata alkali yang menandakan sifat serat kaca ini memiliki komposisi senyawa alkali yang tinggi sehingga dapat dirusak jika terkena uap air.

6. Serat kaca tipe – D

Huruf D pada serat kaca ini merupakan singkatan dari kata dielectric yang menandakan sifat serat ini memiliki konstanta dielektrik yang rendah sehingga bagus jika pengaplikasiannya pada bidang elektronik.

Tabel 2.4: Komposisi serat kaca (*fiberglass*) (Supriatna, 2021).

Komposisi	% Berat
Silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ )	59,0 - 60,1
Aluminium oksida ( $\text{Al}_2 \text{O}_3$ )	12,1 - 13,2
Kalsium oksida ( $\text{CaO}$ )	22,1 - 22,6
Magnesium oksida ( $\text{MgO}$ )	3,1 - 3,4
Titanium oksida ( $\text{TiO}_3$ )	0,5 - 1,5
Sodium oksida ( $\text{Na}_2 \text{O}$ )	0,6 - 0,9
Kalium oksida ( $\text{K}_2 \text{O}$ )	0,2
Besi oksida ( $\text{Fe}_2 \text{O}_3$ )	0,2
Florin ( $\text{K}_2$ )	0,1

Komposisi utama serat kaca adalah Silikon Oksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang memiliki sifat kaku sehingga dapat berfungsi sebagai penguat.

Tabel 2.5: Sifat fisik dan mekanis serat kaca (*fiberglass*) (Supriatna, 2021).

Sifat	Nilai
Densitas ( $\text{g/cm}^3$ )	2,59
Kontanta dielektrik pada $23^\circ\text{C}$ , 1MHz	6,3 - 6,7
Kekuatan tarik (Mpa)	34,45
Modulus elastisitas (GPa)	72,35
Pemanjangan (%)	4,8

## 2.5 Berat Jenis (*Density*)

Berat jenis adalah parameter penting dalam menentukan kualitas campuran mortar. Faktor-faktor seperti komposisi bahan (semen, pasir, dan air), jenis agregat, dan penggunaan bahan tambahan sangat mempengaruhi berat jenis mortar. Memahami dan mengontrol berat jenis mortar sangat penting untuk memastikan kekuatan, daya rekat, dan performa mortar yang optimal dalam aplikasi konstruksi.

Dalam ilmu fisika, massa jenis, yang juga dikenal sebagai kerapatan didefinisikan sebagai rasio antara massa suatu zat dan volume zat tersebut. Massa jenis umumnya diukur dalam satuan gram per sentimeter kubik ( $\text{g/cm}^3$ ), pound per kaki kubik ( $\text{lb/ft}^3$ ), atau kilogram per meter kubik ( $\text{kg/m}^3$ ). Pengujian densitas memberikan informasi mengenai nilai kerapatan material yang sedang dianalisis. Proses pengujian ini dilakukan mengacu pada pedoman yang terdapat pada referensi, dan mencakup metode uji densitas, volume produksi campuran, serta kadar udara (gravimetrik) dalam beton (Ali dkk., 2022).

Berikut persamaan dalam perhitungan nilai densitas:

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

Dimana:

D = Berat jenis atau *density* ( $\text{kg/m}^3$ )

$M_c$  = Berat wadah ukur yang berisi mortar (kg)

$M_m$  = Berat wadah ukur (kg)

$V_m$  = Volume benda uji ( $\text{m}^3$ )

## 2.6 Absorpsi

Penyerapan air pada benda uji mortar cenderung sangat mudah terjadi dan dalam jumlah yang tinggi. perilaku ini tentu saja merugikan dan tidak seharusnya dibiarkan. Oleh karena itu, perawatan yang baik dan tepat menjadi kunci utama yang harus selalu diperhatikan. Dengan perawatan yang sesuai, diharapkan benda uji dapat terhindar dari masalah yang tidak diinginkan. Dalam proses ini, nilai penyerapan air dihitung berdasarkan acuan tertentu. Untuk beton ringan, nilai maksimum penyerapan air berada di kisaran 25% hingga 35% (Ali dkk., 2022).

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 ( $\text{kg/m}^3$ )

## 2.7 Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan adalah gaya maksimum per satuan luas yang bekerja pada benda uji. Menurut (SNI-1974-2011), untuk menghitung kuat tekan dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

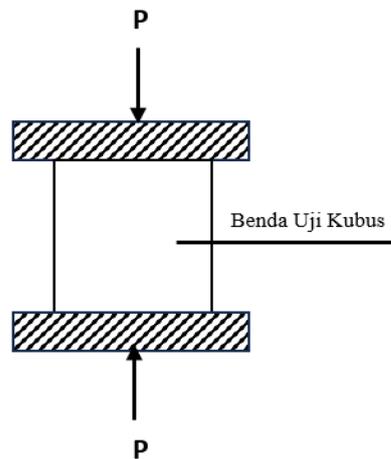
$$f'c = \frac{P}{A} \quad (2.3)$$

Keterangan:

$f'c$  = Kuat tekan beton (MPa)

$P$  = Gaya tekan maksimum (N)

$A$  = Luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )



Gambar 2.1: Pengujian kuat tekan mortar (Supriatna, 2021).

## 2.8 Faktor Air Semen (FAS)

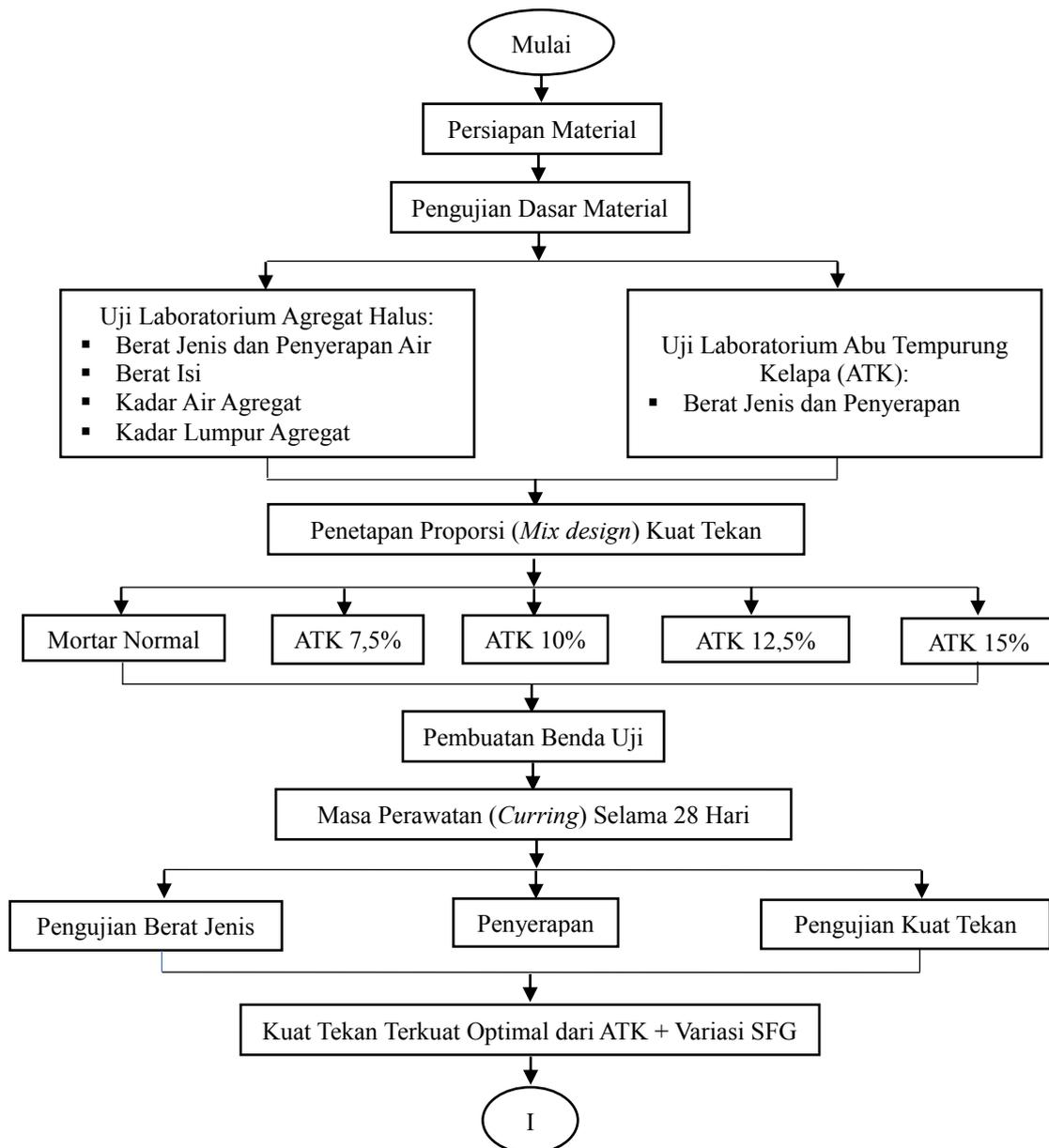
Faktor Air Semen (FAS) adalah rasio antara jumlah air yang digunakan dalam campuran beton dengan jumlah semen. FAS mempengaruhi kekuatan, durabilitas, dan permeabilitas beton. Semakin rendah FAS, semakin tinggi kekuatan tekan yang dihasilkan, tetapi dapat mengurangi workability (kemudahan dalam pengolahan) campuran tersebut. Penelitian dan pengujian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan penggunaan FAS dalam mortar dan memastikan hasil yang diinginkan (Prasetyo dkk., 2024).

Penelitian menunjukkan bahwa FAS 0,4 memberikan kuat tekan beton yang optimal, yaitu mencapai nilai 37,05 MPa pada 350 kg semen. FAS 0,35 juga menunjukkan hasil yang baik, mencapai kekuatan tekan yang lebih tinggi dalam beberapa penelitian dibandingkan dengan FAS 0,4 (Ananda, 2021). Semakin tinggi kadar air dalam campuran mortar, semakin rendah kekuatan mortar yang dihasilkan dan FAS 0,35 cenderung memberikan hasil yang lebih baik dalam hal kekuatan tekan, terutama pada campuran dengan jumlah semen yang lebih tinggi.

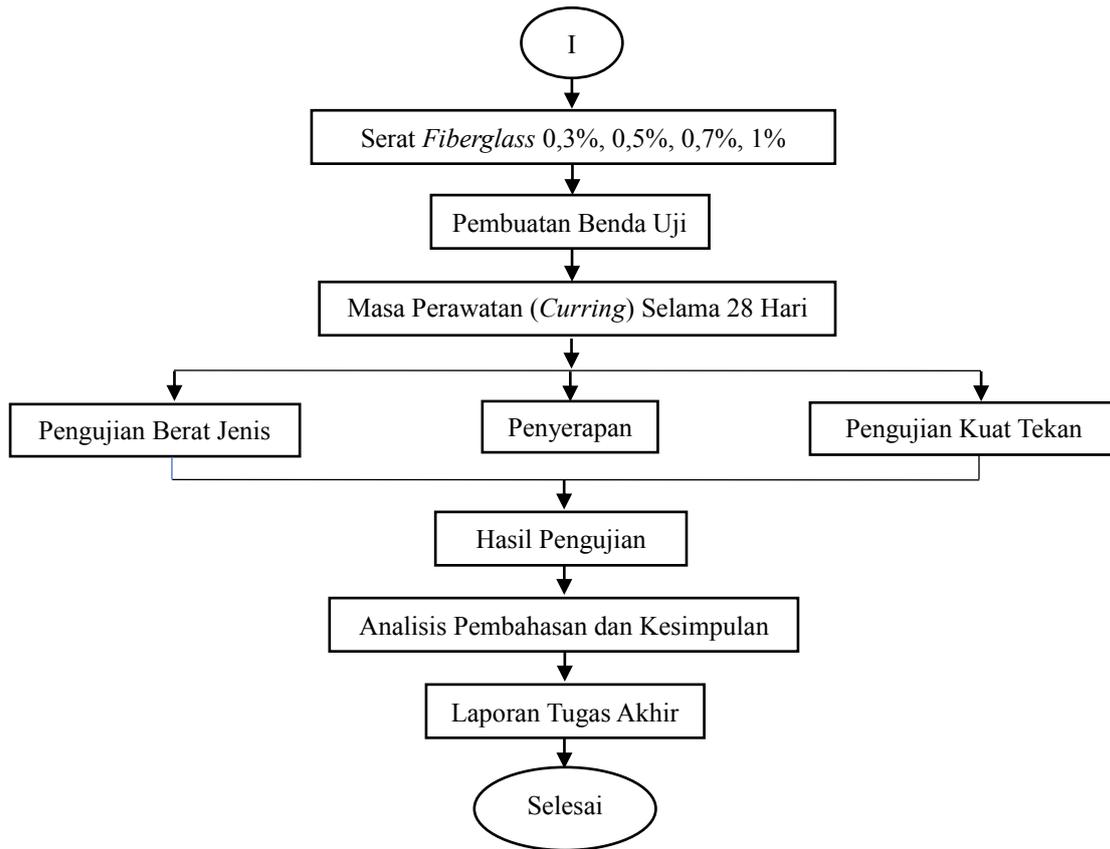
**BAB 3**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1 Diagram Alir**

Langkah-langkah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian.



Gambar 3.1: Lanjutan.

### 3.2 Tahap Pengambilan Data

Penelitian yang akan dilakukan yaitu dengan menggunakan metode eksperimental yaitu dengan melakukan berbagai macam pengujian sehubungan dengan data-data yang direncanakan sebelumnya. Penelitian dilaksanakan Laboratorium Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian yang dilaksanakan terbagi atas lima tahapan sebagai berikut:

1. Tahap I : Pada tahap ini persiapan material seperti agregat kasar, agregat halus, semen, air, abu tempurung kelapa, serat *fiberglass*. Pengujian dasar material dilakukan pada sampel agregat kasar, agregat halus, abu tempurung kelapa, serat *fiberglass*. Pengujian ini berupa pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, kadar air, dan kadar lumpur.
2. Tahap II : tahap ini merupakan tahap perencanaan campuran beton, pembuatan benda uji dan perawatan beton. Perbandingan jumlah proporsi bahan campuran

beton dihitung dengan menggunakan Metode Standar Nasional Indonesia (SNI).

3. Tahap III : Dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan masing-masing campuran yang sudah ditentukan.
4. Tahap IV : Dari hasil pengujian yang dilakukan pada tahap III dilakukan analisis data. Analisis data merupakan pembahasan hasil penelitian, kemudian dari Langkah tersebut dapat diambil Kesimpulan penelitian.
5. Tahap V : Setelah mendapatkan data hasil pengujian pada tahap IV maka dilakukan pembuatan laporan hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

### **3.3 Sumber-Sumber Data Dalam Penelitian**

Suatu cara atau langkah yang dilakukan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari dan menganalisa data yang diperoleh. Sebagai acuan dalam penyelesaian penelitian ini tidak terlepas dalam data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

#### **3.3.1 Data Primer**

Data primer merupakan data-data yang didapatkan dari hasil penelitian laboratorium yang dilakukan sendiri untuk mendapatkan hasil tersebut. Pada penelitian ini akan melakukan pengujian untuk mendapatkan data-data primer berupa data analisa saringan agregat, berat jenis dan penyerapa, pemeriksaan berat isi agregat, pemeriksaan kadar air agregat, perbandingan dalam pencampuran beton dan uji kuat tekan.

#### **3.3.2 Data Sekunder**

Data Sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa jurnal dan buku yang berhubungan dengan teknik beton (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 hasil laporan dari penelitian-penelitian beton mortar sebelumnya.

### 3.3.3 Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data untuk memperoleh data yang relevan baik data primer maupun data sekunder untuk menjawab permasalahan yang dikemukakan seperti di atas dikumpulkan dan dikaji dengan studi dokumen dan disusun secara sistematis dan digunakan untuk menganalisis permasalahan serta penelitian.

## 3.4 Alat dan Bahan

### 3.4.1 Alat

Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

1. Satu set saringan untuk agregat halus.

Saringan agregat halus yang akan digunakan antara lain saringan No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, dan PAN.



Gambar 3.2: Saringan agregat halus No. 4, no. 8, no. 16, no. 30, no. 50, no. 100, dan pan.

2. Timbangan Digital.

Timbangan digital digunakan untuk menimbang massa pada bahan material pada penelitian.



Gambar 3.3: Timbangan digital.

### 3. Pikhometer

Pikhometer digunakan untuk mengukur banyak campuran air yang digunakan pada campuran pembuatan mortar.



Gambar 3.4: Pikhometer.

### 4. Kawat kasa dan kaki tiga

Kawat kasa digunakan untuk menjadi alas antara tabung dengan api. Kaki tiga digunakan untuk menyanggah alat dalam pemanasan pengujian berat jenis.



Gambar 3.5: Kawat kasa dan kaki tiga.

### 5. Spirtus

Spirtus digunakan sebagai tempat untuk menyimpan bahan bakar yang akan dipakai saat pembakaran benda uji didalam pikhometer.



Gambar 3.6: Spirtus.

6. Cetakan kerucut pasir (*metal sandcone mold*) dan tongkat pemadat.

Cetakan kerucut pasir digunakan untuk memasukkan pasir yang akan diuji untuk melihat agregat halus dalam kondisi SSD. Tongkat pemadat digunakan untuk memadat agregat yang diuji yang berapa di dalam cetakan kecurut.



Gambar 3.7: Cetakan kerucut pasir dan tongkat pemadat.

7. Cetakan benda uji.

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan dua jenis, yaitu cetakan berbentuk kubus berukuran 5cm x 5cm x 5cm untuk benda uji mortar.



Gambar 3.8: Cetakan ukuran 5cm x 5cm x 5cm.

8. Bak Perendam.

Digunakan untuk merendamkan benda uji selama waktu yang direncanakan.



Gambar 3.9: Bak perendam.

9. Mesin Pengaduk (Bor)

Digunakan untuk mengaduk semen dan pasir agar pengaduk tercampur merata.



Gambar 3.10: Mesin pengaduk (bor).

10. Mesin Pengujian Kuat tekan.

Digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan pada benda uji.



Gambar 3.11: Mesin pengujian kuat tekan.

11. Sekop tangan.

Sekop tangan digunakan untuk mengambil bahan material pada penelitian.



Gambar 3.12: Sekop tangan.

12. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyak air akan digunakan dalam pencampuran mortar.



Gambar 3.13: Gelas ukur.

13. Ember

Ember digunakan untuk menampung air dan agregat dalam pembuatan benda uji.



Gambar 3.14: Ember.

14. Plastik ukuran 5 kg

Plastik digunakan untuk menyimpan bahan yang akan ditimbang.



Gambar 3.15: Plastik.

15. Pan

Digunakan untuk meletakkan bahan atau agregat yang akan dicuci.



Gambar 3.16: Pan.

16. Oven

Over digunakan untuk mengeringkan agregat sampai dalam kondisi SSD.



Gambar 3.17: Oven.

17. Sarung tangan

Digunakan untuk melindungi tangan pada saat pelaksanaan penelitian.



Gambar 3.18: Sarung tangan.

## 18. Masker

Masker digunakan melindungi mulut atau muka dari debu dan kotoran.



Gambar 3.19: Masker.

## 19. Kuas

Kuas digunakan untuk mengoleskan vaselin pada cetakan benda uji saat akan diangkan.



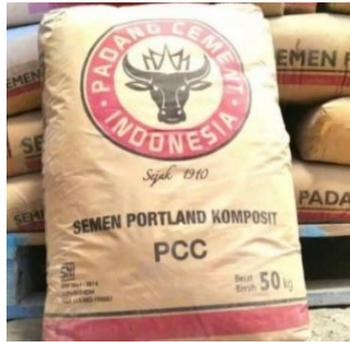
Gambar 3.20: Kuas.

### 3.4.2 Bahan pembuatan Mortar

Komponen bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

#### 1. Semen PCC (*Portland Composite Cement*).

Semen yang digunakan pada penelitian ini yaitu PCC (*Portland Composite Cement*) dengan merek semen padang. Semen diperoleh dari pembelian secara mandiri di tiap-tiap toko bangunan.



Gambar 3.21: Semen PCC (*portland composite cement*).

## 2. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus atau pasir yang digunakan memulai beberapa tahap pengujian yang memenuhi standar ASTM. Pengujian yang dilakukan yaitu kadar air, berat jenis dan penyerapan, berat volume, kadar lumpur dengan penyaringan, kandungan zat organik dalam pasir dan gradasi agregat halus. Agregat halus digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Medan.



Gambar 3.22: Pasir.

## 3. Air

Air diperlukan untuk breaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Pada penelitian ini, air yang digunakan tidak mengandung lumpur, minyak, garam dan benda-benda merusak lainnya yang dapat dilihat secara visual. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Gambar 3.23: Air.

#### 4. Abu Tempurung Kelapa

Penggunaan abu tempurung kelapa sebagai substitusi semen mortar memberi dampak positif jika ditinjau dari segi lingkungan. Banyaknya limbah tempurung kelapa yang kurang mendapat perhatian. Abu tempurung kelapa diperoleh dari pembelian secara mandiri di tiap-tiap toko yang menjual abu tempurung kelapa.



Gambar 3.24: Abu tempurung kelapa.

#### 5. Serat *Fiberglass*

Serat *fiberglass* merupakan bahan yang terbuat dari cairan kaca yang diubah menjadi serat tipis yang berukuran diameter mulai dari 0,005 mm hingga 0,01 mm. Penggunaan serat *fiberglass* dalam mortar dapat mengurangi retakan yang terjadi. Serat *fiberglass* diperoleh dari pembelian secara mandiri di tiap-tiap toko yang menjual serat *fiberglass*.



Gambar 3.25: Serat *fiberglass*.

### 3.5. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan menyiapkan sampel uji mortar beton dan mortar dengan menggunakan 2 jenis yaitu fas 0,35 dan 0,40. Kemudian selanjutnya untuk pengganti pasir sebagai dengan abu tempurung kelapa dan penambahan serat *fiberglass* dilakukan dengan variasi sebagai berikut:

#### 3.5.1 Benda Uji Kuat Tekan Pertama

1. Variasi Abu Tempurung Kelapa 0% (Normal)

Tidak ada penambahan campuran abu tempurung kelapa pada variasi ini. Hal ini didasarkan bahwa variasi ini adalah sebagai variasi pengontrol terhadap variasi lainnya.

2. Variasi Abu Tempurung Kelapa 7,5%

Pada variasi ini, jumlah semen yang digunakan dikurangi sebesar 7,5% dari total berat semen yang digunakan. Sebagai pengganti digunakan abu tempurung kelapa sebanyak 7,5% dari total berat semen.

3. Variasi Abu Tempurung Kelapa 10%

Pada variasi ini, jumlah semen yang digunakan dikurangi sebesar 10% dari total berat semen yang digunakan. Sebagai pengganti digunakan abu tempurung kelapa sebanyak 10% dari total berat semen.

4. Variasi Abu Tempurung Kelapa 12,5%  
Pada variasi ini, jumlah semen yang digunakan dikurangi sebesar 12,5% dari total berat semen yang digunakan. Sebagai pengganti digunakan abu tempurung kelapa sebanyak 12,5% dari total berat semen.
5. Variasi Abu Tempurung Kelapa 15%  
Pada variasi ini, jumlah semen yang digunakan dikurangi sebesar 15% dari total berat semen yang digunakan. Sebagai pengganti digunakan abu tempurung kelapa sebanyak 15% dari total berat semen.

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

1. Variasi *Fiberglass* 0,3%  
Penggunaan *fiberglass* pada variasi ini ditambah sebesar 0,3% dari berat keseluruhan benda uji dan menggunakan variasi abu tempurung kelapa dengan kuat tekan nilai terbesar pada pengujian kuat tekan pertama.
2. Variasi *Fiberglass* 0,5%  
Penggunaan *fiberglass* pada variasi ini ditambah sebesar 0,5% dari berat keseluruhan benda uji dan menggunakan variasi abu tempurung kelapa dengan kuat tekan nilai terbesar pada pengujian kuat tekan pertama.
3. Variasi *Fiberglass* 0,7%  
Penggunaan *fiberglass* pada variasi ini ditambah sebesar 0,7% dari berat keseluruhan benda uji dan menggunakan variasi abu tempurung kelapa dengan kuat tekan nilai terbesar pada pengujian kuat tekan pertama.
4. Variasi *Fiberglass* 1%  
Penggunaan *fiberglass* pada variasi ini ditambah sebesar 1% dari berat keseluruhan benda uji dan menggunakan variasi abu tempurung kelapa dengan kuat tekan nilai terbesar pada pengujian kuat tekan pertama.

### 3.6 Pemeriksaan Bahan

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

Menurut (SNI 1970-2008, 2008), agregat halus merupakan agregat ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm (No. 4). 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.



Gambar 3.26: Persiapan alat dan bahan penyerapan berat jenis dan penyerapan agregat halus.

2. Menyiapkan pasir yang lolos saringan No.4.



Gambar 3.27: Pasir lolos saringan no.4.

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



Gambar3.28: Mengeringkan agregat halus.

4. Memasukkan contoh agregat halus kedalam cetakan kerucut pasir.
5. lalu memadatkan dengan tongkat pemadat dengan cara memukul sisi-sisi dari cetakan sebanyak 25 kali.
6. Kemudian mengisih hingga penuh dan tusuk sebanyak 25 kali, lalu mengisih sehingga penuh lagi dan diratakan dengan mistar.
7. Mengangkat cetakan kerucut pasir secara perlahan. Bila agregat runtuh maka didapatkan agregat dalam kondisi SSD.
8. Menimbang contoh agregat sebanyak 500gram.
9. Menimbang dengan keadaan piknometer terisi air.



Gambar 3.29: Menimbang piknometer terisi air.

10. Membuang air yang ada di dalam piknometer.



Gambar 3.30: Membuang air dari piknometer.

11. Memasukkan agregat halus kedalam piknometer dengan menggunakan corong dan mengisinya dengan air sehingga penuh, kemudian menimbang dan mencatat.



Gambar 3.31: Memasukkan agregat halus kedalam piknometer.

12. Memanaskan piknometer yang telah berisi air serta agregat halus tersebut selama  $\pm 15$  menit.



Gambar 3.32: Memanaskan piknometer berisi air serta agregat halus.

13. Mengangkat dan menggoyangkan piknometer tersebut, setiap 5 menit sekali untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap.



Gambar 3.33: Menggoyang piknometer.

14. Meendam piknometer kedalam ember berisi air selama  $\pm 24$  jam.



Gambar 3.34: Merendam piknometer.

15. Setelah  $\pm 24$  jam, mengeluarkan agregat halus dari piknometer dan menurunkan kedalam wadah sehingga tidak ada lagi agregat halus yang tertinggal pada piknometer.



Gambar 3.35: Mengeluarkan agregat halus ke wadah.

16. Memasukkan wadah yang berisi agregat halus ke dalam oven dan mengeringkan kedalam oven selama  $\pm 24$  jam.



Gambar 3.36: Memasukkan wadah ke dalam oven.

17. Mengeluarkan wadah di dalam oven lalu menimbang dan mencatatnya.



Gambar 3.37: Mencatat hasil agregat setelah dioven.

Dengan rumus sebagai berikut:

Berat contoh SSD (B)

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

Berat piknometer jenuh air (D)

Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air (C)

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

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

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

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

### 3.6.2 Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air ini berfungsi sebagai 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.

Pemeriksaan kadar air agregat halus berfungsi mengetahui kadar air yang terkandung pada pasir.

1. Alat:
  - a. Oven.
  - b. Timbangan digital.
  - c. Saringan 3/4” dan saringan 3/8”
  - d. Saringan No.4
  - e. Wadah
  - f. Pan
  - g. Sekop tangan
  - h. Sekrap
  - i. Masker
  - j. Sarung tangan
2. Bahan:
  - a. Pasir
3. Prosedur:
  - a. Timbang pasir dalam keadaan SSD (W1).
  - b. Timbang sampel pasir kering oven dan wadah (W2).
  - c. Timbang berat wadah (W3).
  - d. Perhitungan: Kadar air =  $\frac{(w1)-(w2)}{(w2)-(w3)} \times 100\%$  (3.5)

Langkah-langkah pengerjaan kadar air agregat halus:

1. Menyiapkan alat dan bahan.



Gambar 3.38: Menyiapkan bahan pengerjaan kadar air agregat halus.

2. Menyaring sampel agregat yang lolos saringan No.4 sebesar 500gram untuk agregat halus.



Gambar 3.39: Menyiapkan agregat halus sebesar 500gram.

3. Menimbang wadah yang akan digunakan sebagai wadah saat akan dimasukkan ke dalam oven.



Gambar 3.40: Timbang wadah.

4. Mengambil contoh bahan saringan No.4 kemudian memasukkan ke dalam wadah dan menimbangnya.



Gambar 3.41: Masukkan agregat ke dalam wadah.

5. Mengambil contoh bahan saringan yang tertahan di 3/4" kemudian memasukkan ke dalam wadah dan menimbangnya.

6. Mengeringkan contoh bahan sampai berat konstan kedalam oven selama  $\pm 24$  jam dengan suhu  $\pm 105$  °C.



Gambar 3.42: Mengeringkan agregat halus ke dalam oven.

7. Mengeluarkan contoh bahan dari oven untuk mendinginkan dalam suhu ruang kemudian ditimbang.



Gambar 3.43: Menimbang agregat halus setelah dioven.

8. Melakukan percobaan diatas sebanyak 2 kali.
9. Membersihkan alat yang digunakan kemudian menyiapkan Kembali.

### **3.6.3 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.

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus berfungsi menentukan presentase lumpur yang terkandung dalam agregat. Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 117, 2013). Dengan rumus sebagai berikut:

Berat contoh kering (A)

Berat contoh kering setelah dicuci (B)

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

$$C = A - B \quad (3.6)$$

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

$$D = C/A \times 100\% \quad (3.7)$$

Langkah-langkah pengerjaan kadar lumpur agregat halus:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.



Gambar 3.44: Menyiapkan bahan kadar lumpur.

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



Gambar 3.45: Diayak agregat halus saringan no.4.

3. Menimbang berat contoh setelah diayak.



Gambar 3.46: Menimbang agregat halus.

4. Mengambil air dengan ember untuk mencuci agregat.
5. Mencuci contoh bahan tersebut dengan air bersih yang telah disiapkan, lalu menyaringnya dengan saringan No.200 dan masukkan kedalam wadah.



Gambar 3.47: Mencuci agregat halus.

6. Melakukan prosedur nomor 4 dan nomor 5 secara berulang-ulang supaya tidak mengandung kadar lumpur lagi.
7. Memasukkan benda uji kedalam oven selama  $\pm 24$  jam hingga berat konstan.



Gambar 3.48: Memasukkan benda uji ke oven.

8. Mengeluarkan contoh bahan yang telah dioven selama  $\pm 24$  jam, lalu mendinginkan sampel pada suhu ruangan sebelum ditimbang.



Gambar 3.49: Mengeluarkan agregat halus setelah dioven.

9. Kemudian masukkan kembali kedalam oven selama 10 menit.
10. Lalu mengeluarkan bahan uji, kemudian menimbang dan mencatatnya.



Gambar 3.50: Menimbang agregat setelah dioven.

11. Membersihkan dan mengembalikan alat ketempat semula.

#### **3.6.4 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 3.51: Menyiapkan bahan berat isi agregat halus.

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



Gambar 3.52: Meletakkan agregat ke dalam pan.

4. Menimbang wadah baja.



Gambar 3.53: Menimbang wadah baja.

5. Mengukur dimensi wadah untuk mengetahui volume wadah kemudian mencatatnya.



Gambar 3.54: Mengukur dimensi wadah baja.

6. Menurut ASTM (29/C29M-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 3.55: Isi agregat kedalam wadah besi.

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



Gambar 3.56: Ratakan permukaan wadah dengan mistar.

3. Kemudian menimbang benda uji + wadah dan mencatatnya.



Gambar 3.57: Menimbang benda uji dan wadah.

b. Cara penusukan

1. Memasukkan benda uji kedalam wadah sebanyak  $\frac{1}{3}$  tinggi wadah kemudian menusuknya dengan tongkat pematik sebanyak 25 kali, lakukan hal yang sama untuk ketinggian  $\frac{2}{3}$  dan ketinggian yang penuh.



Gambar 3.58: Memasukkan benda uji dan menusuk dengan tongkat pematik.

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



Gambar 3.59: Meratakan benda uji dengan mistar perata.

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



Gambar 3.60: Menimbang benda uji dan wadah besi.

c. Cara penggoyangan

1. Memasukan 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 3.61: Menggoyangkan benda uji sebanyak 25 kali.

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



Gambar 3.62: Meratakan benda uji dengan mistar perata.

3. Kemudian menimbang dan mencatatnya.



Gambar 3.63: Menimbang wadah yang berisi agregat halus.

### 3.6.5 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Abu Tempurung Kelapa

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan abu tempurung kelapa berfungsi menentukan berat jenis abu tempurung kelapa dalam keadaan SSD.

1. Peralatan:
  - a. Piknometer
  - b. Kompor spitus
  - c. Penyangga kaki tiga
  - d. Oven
  - e. Ember
2. Bahan
  - a. Abu tempurung kelapa
  - b. Air
3. Prosedur

Pembuatan benda uji dibedakan menjadi 2 yaitu mortar normal, dan mortar campuran abu tempurung kelapa.

1. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan abu tempurung kelapa adalah berikut:
  - a. Pengambilan limbah tempurung kelapa dari daerah Medan dan sekitarnya.
  - b. Limbah tempurung kelapa yang telah dikumpulkan, selanjutnya dibersihkan hingga bersih dari kotoran-kotoran yang menempel.

- c. Selanjutnya siapkan tong besi sebagai tempat (media) pembakaran dan siapkan lumpung kayu (penumbuk) untuk menghancurkan batok kelapa yang sudah dibakar tadi.
  - d. Masukkan batok kelapa yang sudah di bakar tadi ke dalam lumpung kayu (penumbuk) hingga hancur menjadi abu.
  - e. Abu batok kelapa yang telah menjadi abu lalu diayak atau disaring terlebih dahulu sehingga didapat tekstur serbuk atau abu yang lolos saringan No. 100 untuk penelitian.
2. Langkah-langkah pembuatan mortar campuran abu tempurung kelapa adalah sebagai berikut:
- a. Siapkan alat dan bahan yang digunakan.



Gambar 3.64: Menyiapkan bahan berat jenis dan penyerapan ATK.

- b. Timbang piknometer kosong, kemudian isi piknometer dengan air lalu timbang kembali. (D)



Gambar 3.65: Timbang piknometer berisi air.

- c. Lalu keluarkan air dari piknometer.



Gambar 3.66: Keluarkan air dari piknometer.

- d. Kemudian masukkan sampel abu tempurung kelapa. (B)



Gambar 3.67: Masukkan sampel ATK ke piknometer.

- e. Isi kembali piknometer yang berisi sampel dengan air hingga penuh dan timbang. (D)



Gambar 3.68: Timbang piknometer berisi sampel ATK.

- f. Panaskan piknometer yang berisi sampel dan air selama  $3 \times 5$  menit. Setiap 5 menit sekali.



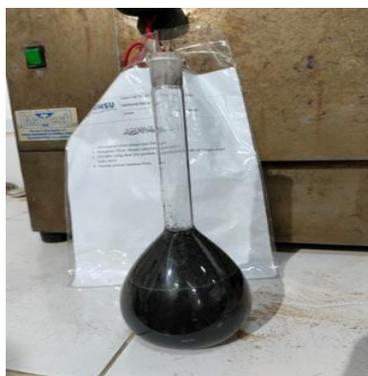
Gambar 3.69: Panaskan piknometer yang berisi sampel ATK.

- g. Lalu angkat piknometer dan bolak-balikkan piknometer agar gelembung udara yang terperangkap dapat keluar.



Gambar 3.70: Angkat piknometer dan digoyangkan mengeluarkan gelembung udara.

- h. Setelah tidak ada gelembung udara lagi, tambahkan air pada piknometer hingga batas garis lalu timbang. Kemudian biarkan piknometer hingga mencapai suhu ruangan.



Gambar 3.71: Menambah Air dan mendinginkan pada suhu ruangan.

- i. Rendam piknometer di dalam bak berisi 11 liter air dan didiamkan selama  $\pm 24$  jam.



Gambar 3.72: Merendam piknometer.

- j. Setelah 24 jam, keluarkan dan tuangkan isi piknometer ke dalam wadah yang telah ditimbang hingga tidak ada sampel abu tempurung kelapa yang tertinggal di piknometer.



Gambar 3.73: Tuangkan isi piknometer ke wadah.

- k. Masukkan wadah kedalam oven dengan suhu  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  selama 24 jam.



Gambar 3.74: Masukkan wadah kedalam oven.

- l. Keluarkan wadah dari oven diamkan hingga mencapai suhu ruangan.



Gambar 3.75: Keluarkan wadah dari oven.

- m. Kemudian menimbang dan mencatatnya. (E)



Gambar 3.76: Kemudian mencatat hasil setelah dioven.

- n. Perhitungan:

- a. Berat jenis contoh kering  $= \frac{E}{(B+D-C)}$  (3.8)

- b. Berat jenis contoh SSD  $= \frac{B}{(B+D-C)}$  (3.9)

- c. Berat jenis contoh semu  $= \frac{E}{(E+D-C)}$  (3.10)

- d. Penyerapan  $= \frac{(B-E)}{E} \times 100\%$  (3.11)

### 3.8 Mix design

Menurut (Zelika dkk., 2024) Abu tempurung kelapa diperoleh dari pengolahan limbah tempurung kelapa yang dibakar hingga menjadi abu, penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah abu tempurung kelapa sebagai substitusi semen pada beton dengan variasi kadar 3,5% dan 7% pada umur 14, 21, dan 28 hari. Pada penelitian ini, abu tempurung kelapa digunakan sebagai bahan alternatif pengganti semen dengan total 54 sampel yang dibagi dalam variasi kadar berbeda. Pada pengujian pertama, menggunakan 3 sampel kuat tekan mortar biasa (normal) lebih besar dibandingkan mortar dengan variasi abu tempurung kelapa, dimana hanya 24 sampel menggunakan abu tempurung kelapa. Benda uji dibuat dengan variasi kadar abu tempurung kelapa sebesar 0%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15%.

Menurut (Ramayati dkk., 2023) Inovasi ini menggunakan serat *fiberglass* sebagai bahan tambahan pengganti agregat dengan variasi kandungan 0%, 0,25%, 0,5%, dan 0,75% dari total berat agregat. Maka dari itu, pada penelitian ini juga digunakan 6 sampel normal dan 24 sampel abu tempurung kelapa sebagai bahan mortar tambahan semen dengan variasi yang berbeda yaitu 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15%. Kemudian 24 sampel yang menggunakan bahan tambahan abu tempurung kelapa dan serat *fiberglass* dengan variasi yang berbeda yaitu 0,3%, 0,5%, 0,7%, dan 1%. 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 dibuat terdapat pada Tabel 3.2.

Table 3.1: Uji kuat tekan mortar dengan FAS 0.35 dan 0.4.

No.	Tes	FAS	Semen	Pasir	ATK	FIBERGLASS	Tes	Metode Reinforcement	Jumlah Sample
1	Normal	0.35	1	3	-	-	cube 5x5x5	-	3
2	Tes 1.A	0.35	92,5%	3	7,5%	-	cube 5x5x5	-	3
		0.35	90%	3	10%	-	cube 5x5x5	-	3
		0.35	87,5%	3	12,5%	-	cube 5x5x5	-	3
		0.35	85%	3	15%	-	cube 5x5x5	-	3

Tabel 3.1: *Lanjutan*

No.	Tes	FAS	Semen	Pasir	ATK	FIBERGLASS	Tes	Metode Reinforcement	Jumlah Sample
3	Tes 1.B	0.35	Test 1.A Opt	3	Test 1.A Opt	0.30%	cube 5x5x5	sebar	3
		0.35	Test 1.A Opt	3	Test 1.A Opt	0.50%	cube 5x5x5	sebar	3
		0.35	Test 1.A Opt	3	Test 1.A Opt	0.70%	cube 5x5x5	sebar	3
		0.35	Test 1.A Opt	3	Test 1.A Opt	1%	cube 5x5x5	sebar	3
4	Normal	0.4	1	3	-	-	cube 5x5x5	-	3
5	Tes 2.A	0.4	92,5%	3	7,5%	-	cube 5x5x5	-	3
		0.4	90%	3	10%	-	cube 5x5x5	-	3
		0.4	87,5%	3	12,5%	-	cube 5x5x5	-	3
		0.4	85%	3	15%	-	cube 5x5x5	-	3
6	Tes 2.B	0.4	Test 2.A Opt	3	Test 2.A Opt	0.30%	cube 5x5x5	sebar	3
		0.4	Test 2.A Opt	3	Test 2.A Opt	0.50%	cube 5x5x5	sebar	3
		0.4	Test 2.A Opt	3	Test 2.A Opt	0.70%	cube 5x5x5	sebar	3
		0.4	Test 2.A Opt	3	Test 2.A Opt	1%	cube 5x5x5	sebar	3
JUMLAH SAMPEL									54

### 3.9 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.9.1 Pembuatan Benda Uji

Pada pembuatan benda uji direncanakan dengan menggunakan standar (SNI-6882:2014) “Spesifikasi mortar untuk pekerjaan unit pasangan” dikarenakan tidak adanya acuan spesifik tentang pembuatan mortar. Untuk pengujian kuat tekan mortar menggunakan (ASTM C109, 2020): “Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars”. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa benda uji mortar berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm untuk kuat tekan.

### 3.9.2 Langkah-langkah Pembuatan Benda Uji Tekan Pertama

1. Menyiapkan alat dan bahan.



Gambar 3.77: Mempersiapkan bahan benda uji pertama.

2. Merencanakan proporsi campuran mortar 1:3 (*mix design*).
3. Menimbang masing-masing bahan dengan berat yang telah ditentukan melalui *mix design*.



Gambar 3.78: Menimbang bahan yang ditentukan *mix design*.

4. Masukkan bahan-bahan adonan dimulai dari pasir, abu tempurung kelapa, semen.



Gambar 3.79: Masukkan semua bahan kedalam adonan.

5. Aduk semua bahan tersebut tercampur hingga merata.



Gambar 3.80: Aduk semua bahan hingga merata.

6. Masukkan air kedalam adonan, lalu aduk kembali adonan tercampur dengan merata.



Gambar 3.81: Masukkan air, lalu aduk kembali dengan merata.

7. Mengoleskan cetakan menggunakan pelumas agar mortar tidak lengket.



Gambar 3.82: Oles cetakan secara merata.

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



Gambar 3.83: Menuangkan adonan mortar kedalam cetakan kubus.

9. Setelah itu pemadatan mortar menggunakan palu karet.



Gambar 3.84: Pemadatan mortar menggunakan palu karet.

10. Meratakan permukaan adonan mortar pada cetakan dengan spatula perata.



Gambar 3.85: Meratakan permukaan mortar dengan spatula perata.

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



Gambar 3.86: Mendingkan cetakan mortar hingga mengeras.

12. Membuka cetakan setelah 24 jam dan biarkan mortar hingga benar-benar mengering.



Gambar 3.87: Membuka cetakan mortar.

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



Gambar 3.88: Merendam benda uji selama 28 hari.

14. Setelah selesai perendaman 28 hari, lalu dikeluarkan mortar dan di diamkan 60 menit, lalu kemudian ditimbang.



Gambar 3.89: Keluarkan sampel dari perendaman dan timbang.

15. Lalu masukkan mortar ke dalam oven selama  $\pm 24$  jam.



Gambar 3.90: Masukkan mortar kedalam oven.

16. Mengeluarkan mortar yang telah dioven selama  $\pm 24$  jam, lalu mendinginkan beberapa saat dan ditimbang.



Gambar 3.91: Mengeluarkan mortar dan lalu ditimbang.

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



Gambar 3.92: Melakukan pengujian kuat tekan.

### 3.9.2 Langkah-langkah Pembuatan Benda Uji Tekan Kedua

1. Menyiapkan alat dan bahan.



Gambar 3.93: Menyiapkan bahan benda uji tekan kedua.

2. Merencanakan proporsi campuran mortar 1:3 (*mix design*).
3. Menimbang masing-masing bahan dengan berat yang telah ditentukan melalui *mix design*.



Gambar 3.94: Menimbang semua bahan telah ditentukan *mix design*.

- Masukkan bahan-bahan adonan dimulai dari pasir, abu tempurung kelapa, serat *fiberglass*, semen.



Gambar 3.95: Memasukkan semua bahan (pasir, ATK, SFG, semen).

- Aduk semua bahan tersebut tercampur hingga merata.



Gambar 3.96: Aduk secara merata.

- Masukkan air kedalam adonan, lalu aduk kembali adonan tercampur dengan merata.



Gambar 3.97: Memasukkan air kedalam adonan secara merata.

7. Mengoleskan cetakan menggunakan pelumas agar mortar tidak lengket.



Gambar 3.98: Mengoles cetakan secara merata.

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



Gambar 3.99: Menuang adonan mortar kedalam cetakan.

9. Setelah itu pemadatan mortar menggunakan palu karet.



Gambar 3.100: Memadatkan mortar menggunakan palu karet.

10. Meratakan permukaan adonan mortar pada cetakan dengan spatula perata.



Gambar 3.101: Meratakan mortar dengan spatula perata.

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



Gambar 3.102: Mendingkan cetakan mortar hingga mengeras.

12. Membuka cetakan setelah 24 jam dan biarkan mortar hingga benar-benar mengering.



Gambar 3.103: Membuka cetakan mortar.

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



Gambar 3.104: Perendaman sampel mortar selama 28 hari.

- Setelah selesai perendaman 28 hari, lalu dikeluarkan mortar dan di diamkan 60 menit, lalu kemudian ditimbang.



Gambar 3.105: Menimbang setelah perendaman.

- Lalu masukkan mortar ke dalam oven selama  $\pm 24$  jam.



Gambar 3.106: Masukkan mortar kedalam oven.

16. Mengeluarkan mortar yang telah dioven selama  $\pm 24$  jam, lalu mendinginkan beberapa saat dan ditimbang.



Gambar 3.107: Timbang mortar setelah selesai dioven.

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



Gambar 3.108: Uji kuat tekan kedua.

### 3.9.3 Abu Tempurung Kelapa

Pembakaran kulit tempurung kelapa dari sisa-sisa fasilitas penggilingan kelapa dibakar untuk menghasilkan abu tempurung kelapa. Warna abu dari tempurung kelapa bervariasi dari keabu-abuan hingga hitam, tergantung pada suhu pembakarannya.

### 3.9.4 Serat *Fiberglass*

Pembuatan *fiberglass* melibatkan proses pembakaran serat kaca yang ditenun atau dipintal menjadi bentuk kain atau bahan komposit. Serat *fiberglass* ini bahan lebih kuat dan ringan.

### **3.9.5 Perawatan Mortar**

Setelah proses pembuatan sampel selesai, langkah selanjutnya adalah merendam sampel sesuai dengan ketentuan (ASTM-C31, 2010). Perawatan dilakukan dengan merendam sampel dalam wadah perendaman. Sampel diangkat dalam perendaman, lalu di oven selama 24 jam dan setelah itu sampel dikeluarkan dari oven di amkan selama 1 hari, lalu pengujian dilakukan. Ini bertujuan agar saat diuji, sampel tidak dalam keadaan basah. Pengujian dilakukan ketika sampel mencapai usia 28 hari, yang berarti sampel diangkat dari wadah saat berusia 27 hari.

Untuk kondisi perendaman, seluruh bagian sampel harus terendam dengan baik. Dalam penelitian ini, langkah-langkah yang dilakukan dalam perendaman benda uji adalah sebagai berikut:

1. Sampel dibongkar sekitar 24 jam setelah proses pembuatan, lalu keluarkan benda uji dari cetakan.
2. Pastikan benda uji tersebut telah benar-benar kering.
3. Isi bak rendaman dengan air bersih.
4. Masukkan benda uji dengan hati-hati ke dalam bak rendaman.
5. Sampel direndam dalam wadah perendaman di Laboratorium Teknik Sipil UMSU untuk uji kekuatan tekan beton selama 28 hari.
6. Tunggu benda uji mengering, lalu timbang benda uji tersebut.

## BAB 4

### HASIL PENELITIAN

Dalam pemeriksaan agregat halus penelitian memperoleh data material berupa berat jenis dan penyerapan, berat isi, dan kadar lumpur. Pemeriksaan dilakukan di laboratorium teknik sipil mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat dan mengikuti buku panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

#### 4.1 Pemeriksaan Agregat Halus

##### 4.1.1 Pengujian Kadar Air

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

Tabel 4.1: Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus.

Uraian	Sampel I	Sampel II	Rata-Rata	Satuan
Berat Contoh SSD dan Berat Wadah ( $W_1$ )	1020	1020	1020	gr
Berat Contoh SSD	500	500	500	gr
Berat Contoh Kering Oven + Berat Wadah	1010	1009	1009,5	gr
Berat Wadah ( $W_3$ )	520	520	520	gr
Berat Air ( $W_1 - W_2$ )	10	11	10,5	gr
Berat Contoh Kering	490	489	490,5	gr
Kadar Air	2,04	2,24	2,14	%

Dari hasil pengujian kadar air agregat halus didapatkan nilai sampel 1 dan sampel 2 sebesar 2,04% dan 2,24% maka didapatkan nilai rata-ratanya 2,14%.

##### 4.1.2 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2: 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 = (A-B)	25	14	gr
Persentase kotoran setelah dicuci : $D = \left(\frac{C}{A} \times 100\%\right)$	5	2,8	%
Kadar Lumpur Rata-rata	3.9		%

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus didapat persentase rata-rata sebesar 3,9%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diizinkan yaitu maksimum sebesar 5% (SK SNI-04-1989-F), sehingga agregat aman digunakan.

#### 4.1.3 Berat Isi Agregat Halus

Pemeriksaan berat isi agregat dilakukan dengan 3 cara yaitu cara tusuk, cara goyang dan cara lepas. Data pemeriksaan berat isi agregat didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.3: Hasil pemeriksaan berat isi agregat halus.

Uraian	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata-rata	Satuan
Berat Contoh	15295	16485	16230	16003,33	gr
Berat Wadah	5325	5325	5325	5325	gr
Berat Contoh + Wadah	20620	21810	21555	21328,33	gr
Volume Wadah	10851,84	10851,84	10851,84	10851,84	cm <sup>3</sup>
Berat Isi	1,41	1,52	1,50	1,48	gr/cm <sup>3</sup>

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat isi didapatkan nilai berat isi cara lepas sebesar 1,41 gr/cm<sup>3</sup>, cara tusuk sebesar 1,52 gr/cm<sup>3</sup> dan cara penggoyangan sebesar 1,50 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.1.4 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

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

Tabel 4.4: Hasil 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	2,53	2,52	gr/cm <sup>3</sup>
BJ SSD = $(B / (B+D-C))$	2,56	2,56	2,56	gr/cm <sup>3</sup>
Bj Semu = $(E / (E+D-C))$	2,65	2,62	2,63	gr/cm <sup>3</sup>
Absorption $[(B-E) / E] \times 100\%$	2,04	1,42	1,73	%

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus dari 2 sampel dengan berat SSD rata-rata 500 gr. Dari percobaan ini dapat nilai rata-rata berat jenis bulk 2,51 gr, berat jenis SSD 2,56 gr dan berat semu 2,63 gr.

#### 4.2 Berat Jenis dan Penyerapan (Abu Tempurung Kelapa)

Pada hasil berat jenis dan penyerapan abu tempurung kelapa dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 4.5: Hasil berat jenis dan penyerapan abu tempurung kelapa.

Agregat Halus	Sampel I	Sampel II	Rata-rata	Satuan
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	100	100	100	gr
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai dengan konstan (E)	73	76	74.5	gr
Berat piknometer penuh air (D)	650	650	650	gr

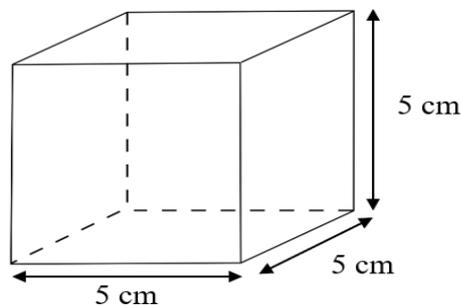
Tabel 4.5: *Lanjutan.*

Agregat Halus	Sampel I	Sampel II	Rata-rata	Satuan
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	655	655	655	gr
Bj Bulk = $(E / (B+D-C))$	0.768	0.8	0.784	gr/cm <sup>3</sup>
BJ SSD = $(B / (B+D-C))$	1.052	1.052	1.052	gr/cm <sup>3</sup>
Bj Semu = $(E / (E+D-C))$	1.074	1.07	1.072	gr/cm <sup>3</sup>
Absorption $[(B-E) / E] \times 100\%$	0.369	0.315	0.342	%

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus dari 2 sampel dengan berat SSD rata-rata 100 gr. Dari percobaan ini didapat nilai rata-rata berat jenis bulk 0.784 gr, berat jenis SSD 1.052 gr dan berat jenis semu 1.072 gr.

### 4.3 *Mix design*

Acuan dari SNI 03-6882-2002 (Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan) ASTM C109.



Gambar 4.1: Desain cetakan mortar.

Menghitung campuran mortar dengan perbandingan 1:3

Berat cetakan mortar = 5300 gram  
 Volume cetakan mortar =  $0,05 \times 0,05 \times 0,05$   
 =  $0,000125 \text{ m}^3$   
 Berat isi semen =  $1250 \text{ kg/m}^3$   
 Berat isi pasir =  $1400 \text{ kg/m}^3$   
 Volume jenis air =  $1000 \text{ kg/m}^3$   
 Volume total =  $1 \text{ m}^3$

- Perbandingan semen dan psair adalah 1 semen : 3 pasir  
Penyebutan pasir dan semen disamakan  $\rightarrow x$

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

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

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

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

$$\text{Semen} = 1 \rightarrow 1 \times 0,25 = 0,25 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Semen x berat isi semen} &= 0,25 \times 1250 \\ &= 312,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

$$\text{Pasir} = 3 \rightarrow 3 \times 0,25 = 0,75 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Pasir x berat isi pasir} &= 0,75 \times 1400 \\ &= 1050 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah air yang digunakan untuk  $1\text{m}^3$  (FAS 0,35)

$$\begin{aligned} \text{Air (Ls)} &= \text{Jumlah semen} \times 0,35 \\ &= 312,5 \times 0,35 \\ &= 109,375 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah air yang digunakan untuk  $1\text{m}^3$  (FAS 0,40)

$$\begin{aligned} \text{Air (Ls)} &= \text{Jumlah semen} \times 0,40 \\ &= 312,5 \times 0,40 \\ &= 125 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 4.3.1 *Mix design* Mortar Untuk Kuat Tekan Pertama

❖ FAS 0,35

- Mortar Normal

Semen = Jumlah semen yang digunakan dalam  $1\text{m}^3$  x volume cetakan mortar

$$= 312,5 \times 0,000125$$

$$= 0,03906 \text{ kg/m}^3$$

Pasir = Jumlah pasir yang digunakan dalam  $1\text{m}^3$  x volume cetakan mortar

$$= 1050 \times 0,000125$$

$$= 0,13125 \text{ kg/m}^3$$

Air = Jumlah air yang digunakan dalam 1m FAS 0,35 x volume cetakan mortar

$$= 109,375 \times 0,000125$$

$$= 0,01367 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5%

ATK = (Jumlah semen yang digunakan dalam  $1\text{m}^3$  x 7,5%) x volume cetakan mortar

$$= (312,5 \times 7,5\%) \times 0,000125$$

$$= 0,0029 \text{ kg/m}^3$$

Semen = Berat semen mortar normal – ATK 7,5%

$$= 0,03906 - 0,0029$$

$$= 0,03616 \text{ kg/m}^3$$

Pasir =  $0,13125 \text{ kg/m}^3$

Air =  $0,01367 \text{ kg/m}^3$

- ATK 10%

ATK = (Jumlah semen yang digunakan dalam  $1\text{m}^3$  x 10%) x volume cetakan mortar

$$= (312,5 \times 10\%) \times 0,000125$$

$$= 0,0039 \text{ kg/m}^3$$

Semen = Berat semen mortar normal – ATK 10%

$$= 0,03906 - 0,0039$$

$$= 0,03516 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Pasir} = 0,13125 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Air} = 0,01367 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 12,5%

$$\text{ATK} = (\text{Jumlah semen yang digunakan dalam } 1\text{m}^3 \times 12,5\%) \times \text{volume cetakan mortar}$$

$$= (312,5 \times 12,5\%) \times 0,000125$$

$$= 0,0048 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Semen} = \text{Berat semen mortar normal} - \text{ATK } 12,5\%$$

$$= 0,03906 - 0,0048$$

$$= 0,03426 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Pasir} = 0,13125 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Air} = 0,01367 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 15%

$$\text{ATK} = (\text{Jumlah semen yang digunakan dalam } 1\text{m}^3 \times 15\%) \times \text{volume cetakan mortar}$$

$$= (312,5 \times 15\%) \times 0,000125$$

$$= 0,00585 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Semen} = \text{Berat semen mortar normal} - \text{ATK } 7,5\%$$

$$= 0,03906 - 0,00585$$

$$= 0,03321 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Pasir} = 0,13125 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Air} = 0,01367 \text{ kg/m}^3$$

- ❖ FAS 0,40

- Mortar Normal

$$\text{Semen} = \text{Jumlah semen yang digunakan dalam } 1\text{m}^3 \times \text{volume cetakan mortar}$$

$$= 312,5 \times 0,000125$$

$$= 0,03906 \text{ kg/m}^3$$

Pasir = Jumlah pasir yang digunakan dalam  $1\text{m}^3$  x volume cetakan mortar

$$= 1050 \times 0,000125$$

$$= 0,13125 \text{ kg/m}^3$$

Air = Jumlah air yang digunakan dalam  $1\text{m}^3$  x volume cetakan mortar

$$= 125 \times 0,000125$$

$$= 0,015625 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5%

ATK = (Jumlah semen yang digunakan dalam  $1\text{m}^3$  x 7,5%) x volume cetakan mortar

$$= (312,5 \times 7,5\%) \times 0,000125$$

$$= 0,0029 \text{ kg/m}^3$$

Semen = Berat semen mortar normal – ATK 7,5%

$$= 0,03906 - 0,0029$$

$$= 0,03616 \text{ kg/m}^3$$

Pasir =  $0,13125 \text{ kg/m}^3$

Air =  $0,015625 \text{ kg/m}^3$

- ATK 10%

ATK = (Jumlah semen yang digunakan dalam  $1\text{m}^3$  x 10%) x volume cetakan mortar

$$= (312,5 \times 10\%) \times 0,000125$$

$$= 0,0039 \text{ kg/m}^3$$

Semen = Berat semen mortar normal – ATK 10%

$$= 0,03906 - 0,0039$$

$$= 0,03516 \text{ kg/m}^3$$

Pasir =  $0,13125 \text{ kg/m}^3$

Air =  $0,015625 \text{ kg/m}^3$

- ATK 12,5%

ATK = (Jumlah semen yang digunakan dalam  $1\text{m}^3$  x 12,5%) x volume cetakan mortar

$$= (312,5 \times 12,5\%) \times 0,000125$$

$$= 0,0048 \text{ kg/m}^3$$

Semen = Berat semen mortar normal – ATK 12,5%

$$= 0,03906 - 0,0048$$

$$= 0,03426 \text{ kg/m}^3$$

Pasir =  $0,13125 \text{ kg/m}^3$

Air =  $0,015625 \text{ kg/m}^3$

- ATK 15%

ATK = (Jumlah semen yang digunakan dalam  $1\text{m}^3$  x 15%) x volume cetakan mortar

$$= (312,5 \times 15\%) \times 0,000125$$

$$= 0,00585 \text{ kg/m}^3$$

Semen = Berat semen mortar normal – ATK 7,5%

$$= 0,03906 - 0,00585$$

$$= 0,03321 \text{ kg/m}^3$$

Pasir =  $0,13125 \text{ kg/m}^3$

Air =  $0,015625 \text{ kg/m}^3$

#### 4.3.2 *Mix design* Mortar Untuk Kuat Tekan Kedua

##### ❖ FAS 0,35

- ATK Terkuat 7,5% + SFG 0,3%

ATK = (Jumlah semen yang digunakan dalam  $1\text{m}^3$  x 7,5%) x volume cetakan mortar)

$$= (312,5 \times 7,5\%) \times 0,000125$$

$$= 0,0029 \text{ kg/m}^3$$

Semen = Berat semen mortar normal – ATK 7,5%

$$= 0,03906 - 0,0029$$

$$= 0,03616 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Pasir} = 0,13125 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Air} = 0,01367 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Total semua berat} &= \text{ATK} + \text{Semen} + \text{Pasir} + \text{Air} \\ &= 0,0029 + 0,03616 + 0,13125 + 0,01367 \\ &= 0,18398 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{SFG} &= \text{Berat total} \times \text{Serat} \\ &= 0,018398 \times 0,3\% = 0,000551 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- ATK Terkuat 7,5% + SFG 0,5%

$$\begin{aligned}\text{ATK} &= (\text{Jumlah semen yang digunakan dalam } 1\text{m}^3 \times 7,5\%) \times \text{volume} \\ &\quad \text{cetakan mortar)} \\ &= (312,5 \times 7,5\%) \times 0,000125 \\ &= 0,0029 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Semen} = \text{Berat semen mortar normal} - \text{ATK } 7,5\%$$

$$= 0,03906 - 0,0029$$

$$= 0,03616 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Pasir} = 0,13125 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Air} = 0,01367 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{SFG} &= \text{Berat total} \times \text{Serat} \\ &= 0,018398 \times 0,5\% = 0,00091 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- ATK Terkuat 7,5% + SFG 0,7%

$$\begin{aligned}\text{ATK} &= (\text{Jumlah semen yang digunakan dalam } 1\text{m}^3 \times 7,5\%) \times \text{volume} \\ &\quad \text{cetakan mortar)} \\ &= (312,5 \times 7,5\%) \times 0,000125 \\ &= 0,0029 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Semen} = \text{Berat semen mortar normal} - \text{ATK } 7,5\%$$

$$= 0,03906 - 0,0029$$

$$= 0,03616 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Pasir} = 0,13125 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Air} = 0,01367 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{SFG} &= \text{Berat total} \times \text{Serat} \\ &= 0,018398 \times 0,7\% = 0,00128 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- ATK Terkuat 7,5% + SFG 1%

$$\begin{aligned} \text{ATK} &= (\text{Jumlah semen yang digunakan dalam } 1\text{m}^3 \times 7,5\%) \times \text{volume} \\ &\quad \text{cetakan mortar)} \\ &= (312,5 \times 7,5\%) \times 0,000125 \\ &= 0,0029 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= \text{Berat semen mortar normal} - \text{ATK } 7,5\% \\ &= 0,03906 - 0,0029 \\ &= 0,03616 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Pasir} = 0,13125 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Air} = 0,01367 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{SFG} &= \text{Berat total} \times \text{Serat} \\ &= 0,018398 \times 1\% = 0,00183 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

#### ❖ FAS 0,40

- ATK Terkuat 7,5% + SFG 0,3%

$$\begin{aligned} \text{ATK} &= (\text{Jumlah semen yang digunakan dalam } 1\text{m}^3 \times 7,5\%) \times \text{volume} \\ &\quad \text{cetakan mortar)} \\ &= (312,5 \times 7,5\%) \times 0,000125 \\ &= 0,0029 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= \text{Berat semen mortar normal} - \text{ATK } 7,5\% \\ &= 0,03906 - 0,0029 \\ &= 0,03616 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Pasir} = 0,13125 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Air} = 0,015625 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Total semua berat} &= \text{ATK} + \text{Semen} + \text{Pasir} + \text{Air} \\ &= 0,0029 + 0,03616 + 0,13125 + 0,015625 \\ &= 0,18593 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SFG} &= \text{Berat total} \times \text{serat} \\ &= 0,18593 \times 0,3\% = 0,000552 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- ATK Terkuat 7,5% + SFG 0,5%  
 ATK = (Jumlah semen yang digunakan dalam  $1\text{m}^3 \times 7,5\%$ ) x volume cetakan mortar  
 =  $(312,5 \times 7,5\%) \times 0,000125$   
 =  $0,0029 \text{ kg/m}^3$   
 Semen = Berat semen mortar normal – ATK 7,5%  
 =  $0,03906 - 0,0029$   
 =  $0,03616 \text{ kg/m}^3$   
 Pasir =  $0,13125 \text{ kg/m}^3$   
 Air =  $0,015625 \text{ kg/m}^3$   
 SFG = Berat total x serat  
 =  $0,18593 \times 0,5\% = 0,000929 \text{ kg/m}^3$
- ATK Terkuat 7,5% + SFG 0,7%  
 ATK = (Jumlah semen yang digunakan dalam  $1\text{m}^3 \times 7,5\%$ ) x volume cetakan mortar  
 =  $(312,5 \times 7,5\%) \times 0,000125$   
 =  $0,0029 \text{ kg/m}^3$   
 Semen = Berat semen mortar normal – ATK 7,5%  
 =  $0,03906 - 0,0029$   
 =  $0,03616 \text{ kg/m}^3$   
 Pasir =  $0,13125 \text{ kg/m}^3$   
 Air =  $0,015625 \text{ kg/m}^3$   
 SFG = Berat total x serat  
 =  $0,18593 \times 0,7\% = 0,001301 \text{ kg/m}^3$
- ATK Terkuat 7,5% + SFG 1%  
 ATK = (Jumlah semen yang digunakan dalam  $1\text{m}^3 \times 7,5\%$ ) x volume cetakan mortar)  
 =  $(312,5 \times 7,5\%) \times 0,000125$   
 =  $0,0029 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned}
\text{Semen} &= \text{Berat semen mortar normal} - \text{ATK } 7,5\% \\
&= 0,03906 - 0,0029 \\
&= 0,03616 \text{ kg/m}^3 \\
\text{Pasir} &= 0,13125 \text{ kg/m}^3 \\
\text{Air} &= 0,015625 \text{ kg/m}^3 \\
\text{SFG} &= \text{Berat total} \times \text{serat} \\
&= 0,18593 \times 1 \% = 0,001859 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

#### 4.4 Hasil dan Analisa Pengujian Pertama Mortar

##### 4.4.1 Berat Jenis Mortar

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

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>)

➤ FAS 0,35

- Mortar Normal

- Seri 1

$$D = \frac{5533 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.860.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \frac{5538 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.900.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \frac{5530 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.840.000 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5%

• Seri 1

$$D = \frac{5540 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.920.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 2

$$D = \frac{5545 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.960.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 3

$$D = \frac{5545 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.960.000 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 10%

• Seri 1

$$D = \frac{5522 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.776.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 2

$$D = \frac{5530 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.840.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 3

$$D = \frac{5525 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.800.000 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 12,5%

• Seri 1

$$D = \frac{5482,5 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.460.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \frac{5532,5-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.860.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \frac{5525-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.800.000 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 15%

- Seri 1

$$D = \frac{5547,5-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.980.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \frac{-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.900.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \frac{5550-5300}{0,000125}$$

$$D = 2.000.000 \text{ kg/m}^3$$

- FAS 0,40

- Mortar Normal

- Seri 1

$$D = \frac{5533-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.860.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \frac{5538-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.900.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \frac{5530-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.840.000 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5%

- Seri 1

$$D = \frac{5542,5-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.940.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \frac{5540-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.920.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \frac{5542,5-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.940.000 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 10%

- Seri 1

$$D = \frac{5525-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.800.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \frac{5527,5-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.820.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \frac{5520-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.760.000 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 12,5%

• Seri 1

$$D = \frac{5530-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.840.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 2

$$D = \frac{5535-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.880.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 3

$$D = \frac{5530-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.840.000 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 15%

• Seri 1

$$D = \frac{5540-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.920.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 2

$$D = \frac{5547,5-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.980.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 3

$$D = \frac{5537,5-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.900.000 \text{ kg/m}^3$$

#### 4.4.2 Penyerapan Mortar

$$\text{Absorpsi mortar} = \left( \frac{Ww - Wd}{Wd} \right) \times 100\%$$

Dimana:

Ww = Berat sampel basah (kg/m<sup>3</sup>)

Wd = Berat sampel kering (kg/m<sup>3</sup>)

➤ FAS 0,35

- Mortar Normal

• Seri 1

$$D = \left( \frac{245-220}{220} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.11 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 2

$$D = \left( \frac{250-225}{225} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.11 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 3

$$D = \left( \frac{245-215}{215} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.13 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5%

• Seri 1

$$D = \left( \frac{250-230}{230} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.09 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 2

$$D = \left( \frac{255-235}{235} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.09 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 3

$$D = \left( \frac{255-235}{235} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.09 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 10%

• Seri 1

$$D = \left( \frac{240-205}{205} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.17 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{240-220}{220} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.09 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{230-220}{220} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.05 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 12,5%

- Seri 1

$$D = \left( \frac{240-215}{215} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.12 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{245-220}{220} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.11 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{235-215}{215} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.09 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 15%

- Seri 1

$$D = \left( \frac{260-235}{225} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.11 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{260-240}{240} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.08 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{260-235}{235} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.11 \text{ kg/m}^3$$

➤ FAS 0,40

- Mortar Normal

• Seri 1

$$D = \left( \frac{255-245}{245} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.04 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 2

$$D = \left( \frac{270-230}{230} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.17 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 3

$$D = \left( \frac{270-245}{245} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.10 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5%

• Seri 1

$$D = \left( \frac{255-230}{230} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.11 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 2

$$D = \left( \frac{255-225}{225} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.13 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 3

$$D = \left( \frac{255-230}{230} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.11 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 10%

• Seri 1

$$D = \left( \frac{240-210}{210} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.14 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{245-210}{210} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.17 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{235-205}{205} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.15 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 12,5%

- Seri 1

$$D = \left( \frac{245-215}{215} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.14 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{250-220}{220} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.14 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{245-215}{215} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.14 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 15%

- Seri 1

$$D = \left( \frac{255-225}{225} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.13 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{265-230}{230} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.15 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{255-220}{220} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.16 \text{ kg/m}^3$$

#### 4.4.3 Nilai Kuat Tekan Mortar Pertama

❖ FAS 0,35

- Mortar Normal

Luas penampang kubus 5 cm  $0,0025 \text{ mm}^2$

Hasil kuat tekan = 1,65 ton =  $1.650 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} F_c' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur x} \\ &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\ &= (1.650 \times 9,81) / 0,0025 \\ &= 6.474.600 \text{ Pa} \\ &= 6.474.600 / 1.000.000 \\ &= 6,474 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ATK 7,5%

Luas Penampang kubus 5 cm =  $0,0025 \text{ mm}^2$

Hasil kuat tekan = 1,7 ton =  $1.700 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} F_c' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur x} \\ &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\ &= (1.700 \times 9,81) / 0,0025 \\ &= 6.670.800 \text{ Pa} \\ &= 6.670.800 / 1.000.000 \\ &= 6,670 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ATK 10%

Luas Penampang kubus 5 cm =  $0,0025 \text{ mm}^2$

Hasil kuat tekan = 1,65 ton =  $1.650 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} F_c' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur x} \\ &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\ &= (1.650 \times 9,81) / 0,0025 \\ &= 6.474.600 \text{ Pa} \\ &= 6.474.600 / 1.000.000 \\ &= 6,474 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ATK 12,5%

Luas Penampang kubus 5 cm = 0,0025 mm<sup>2</sup>

Hasil kuat tekan = 1,4 ton = 1,400 kg/cm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 Fc' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur} \times \\
 &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\
 &= (1,400 \times 9,81) / 0,0025 \\
 &= 5.493.600 \text{ Pa} \\
 &= 5.493.600 / 1.000.000 \\
 &= 5,493 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- ATK 15%

Luas Penampang kubus 5 cm = 0,0025 mm<sup>2</sup>

Hasil kuat tekan = 1 ton = 1,000 kg/cm<sup>2</sup>

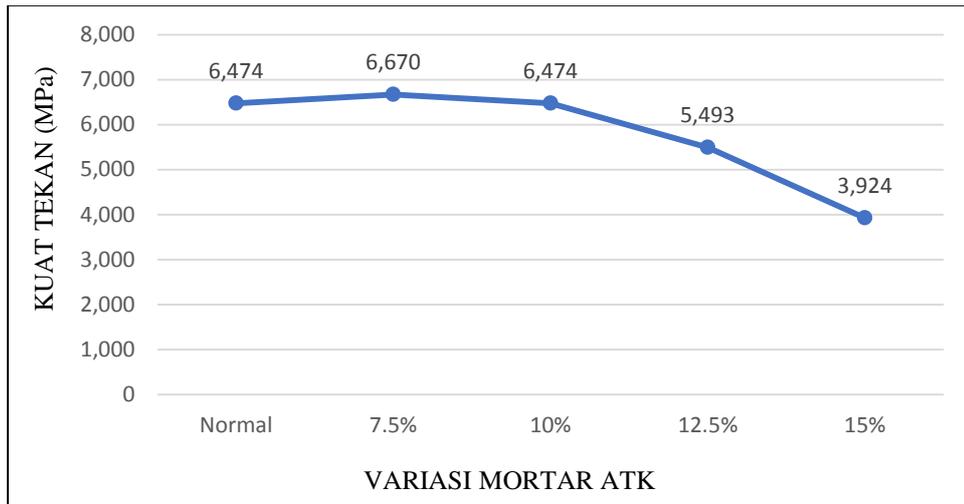
$$\begin{aligned}
 Fc' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur} \times \\
 &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\
 &= (1,000 \times 9,81) / 0,0025 \\
 &= 3.924.000 \text{ Pa} \\
 &= 3.924.000 / 1.000.000 \\
 &= 3,924 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Maka, pada pengujian kuat tekan pertama untuk FAS 0,35 nilai tertinggi diperoleh pada variasi ATK sebesar 7,5%.

Tabel 4.6: Hasil kuat tekan ATK FAS 0,35.

Tes	FAS	Semen	Pasir	ATK	FGS	Tes Cube	Metode Reinforcement	Jumlah Sample	Nilai Kuat Tekan (Mpa)
Normal	0.35	1	3	-	-	5x5x5	-	3	6,474
Tes 1.A	0.35	92.50%	3	7.50%	-	5x5x5	-	3	6,670
	0.35	90%	3	10%	-	5x5x5	-	3	6,474
	0.35	87.50%	3	12.50%	-	5x5x5	-	3	5,493
	0.35	85%	3	15%	-	5x5x5	-	3	3,924

■ Optimum



Gambar 4.2: Diagram kuat tekan ATK FAS 0,35.

❖ FAS 0,40

• Mortar Normal

Luas penampang kubus 5 cm  $0,0025 \text{ mm}^2$

Hasil kuat tekan = 1,75 ton =  $1.750 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}
 Fc' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur} \times \\
 &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\
 &= (1.750 \times 9,81) / 0,0025 \\
 &= 6.867.000 \text{ Pa} \\
 &= 6.867.000 / 1.000.000 \\
 &= 6,867 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

• ATK 7,5%

Luas Penampang kubus 5 cm =  $0,0025 \text{ mm}^2$

Hasil kuat tekan = 1,8 ton =  $1.800 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}
 Fc' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur} \times \\
 &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\
 &= (1.800 \times 9,81) / 0,0025 \\
 &= 7.063.200 \text{ Pa} \\
 &= 7.063.200 / 1.000.000 \\
 &= 7,063 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- ATK 10%

Luas Penampang kubus 5 cm = 0,0025 mm<sup>2</sup>

Hasil kuat tekan = 1,7 ton = 1.700 kg/cm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 Fc' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur x} \\
 &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\
 &= (1.700 \times 9,81) / 0,0025 \\
 &= 6.670.800 \text{ Pa} \\
 &= 6.670.800 / 1.000.000 \\
 &= 6,670 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- ATK 12,5%

Luas Penampang kubus 5 cm = 0,0025 mm<sup>2</sup>

Hasil kuat tekan = 1,55 ton = 1.550 kg/cm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 Fc' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur x} \\
 &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\
 &= (1.550 \times 9,81) / 0,0025 \\
 &= 6.082.200 \text{ Pa} \\
 &= 6.082.200 / 1.000.000 \\
 &= 6.082 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- ATK 15%

Luas Penampang kubus 5 cm = 0,0025 mm<sup>2</sup>

Hasil kuat tekan = 1,3 ton = 1.300 kg/cm<sup>2</sup>

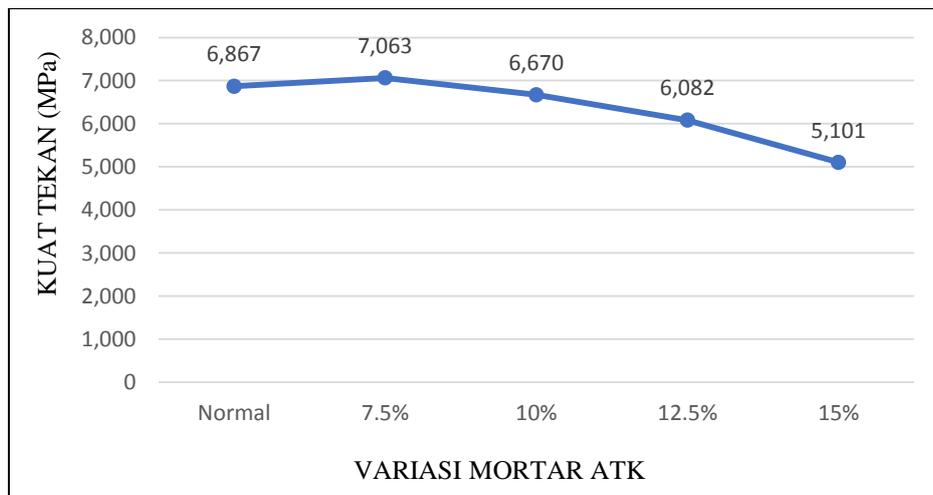
$$\begin{aligned}
 Fc' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur x} \\
 &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\
 &= (1.300 \times 9,81) / 0,0025 \\
 &= 5.101.200 \text{ Pa} \\
 &= 5.101.200 / 1.000.000 \\
 &= 5.101 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Maka, pada pengujian kuat tekan pertama untuk FAS 0,40 nilai tertinggi diperoleh pada variasi ATK 7,5%.

Tabel 4.7: Hasil kuat tekan ATK FAS 0,40.

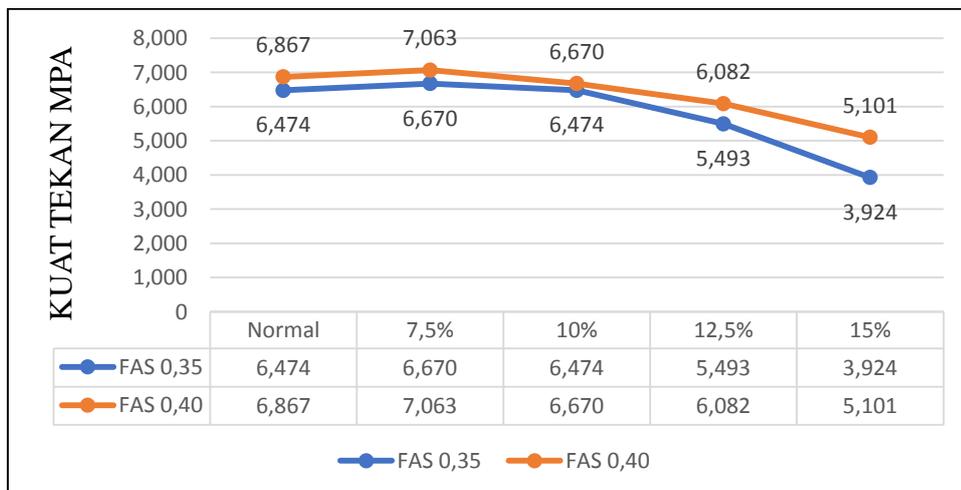
Tes	FAS	Semen	Pasir	ATK	SFG	Tes Cube	Metode Reinforcement	Jumlah Sample	Nilai Kuat Tekan (Mpa)
Normal	0.4	1	3	-	-	5x5x5	-	3	6,867
Tes 2.A	0.4	92.50%	3	7.50%	-	5x5x5	-	3	7,063
	0.4	90%	3	10%	-	5x5x5	-	3	6,670
	0.4	87.50%	3	12.50%	-	5x5x5	-	3	6,082
	0.4	85%	3	15%	-	5x5x5	-	3	5,101

■ Optimum



Gambar 4.3: Diagram kuat tekan ATK FAS 0,40.

Perbandingan kuat tekan mortar dengan abu tempurung kelapa (ATK) pada FAS 0,35 dan FAS 0,40 didapatkan sebagai berikut.



Gambar 4.4: Grafik perbandingan kuat tekan ATK pada FAS 0,35 & FAS 0,40.

## 4.5 Hasil dan Analisa Pengujian Kedua Mortar

### 4.5.1 Berat Jenis Mortar

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

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>)

➤ FAS 0,35

- ATK 7,5% + SFG 0,3%

• Seri 1

$$D = \frac{5522,5 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.780.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 2

$$D = \frac{5532 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.856.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 3

$$D = \frac{5535 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.880.000 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5% + SFG 0,5%

• Seri 1

$$D = \frac{5540 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.920.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 2

$$D = \frac{5532,5 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.860.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \frac{5530-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.840.000 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5% + SFG 0,7%

- Seri 1

$$D = \frac{5525-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.800.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \frac{5525-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.800.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \frac{5535-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.880.000 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5% + SFG 1%

- Seri 1

$$D = \frac{5540,5-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.924.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \frac{5547,5-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.980.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \frac{5542,5-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.940.000 \text{ kg/m}^3$$

➤ FAS 0,40

- ATK 7,5% + SFG 0,3%

• Seri 1

$$D = \frac{5560 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 2.080.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 2

$$D = \frac{5547,5 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.980.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 3

$$D = \frac{5552,5 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 2.020.000 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5% + SFG 0,5%

• Seri 1

$$D = \frac{5535 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.880.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 2

$$D = \frac{5532,5 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.860.000 \text{ kg/m}^3$$

• Seri 3

$$D = \frac{5532,5 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.860.000 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5% + SFG 0,7%

• Seri 1

$$D = \frac{5537,5 - 5300}{0,000125}$$

$$D = 1.900.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \frac{5535-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.880.000 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \frac{5535-5300}{0,000125}$$

$$D = 1.880.000 \text{ kg/m}^3$$

#### 4.5.2 Penyerapan Mortar

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

Dimana:

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

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

➤ FAS 0,35

- ATK 7,5% + SFG 0,3%

- Seri 1

$$D = \left( \frac{240-205}{205} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.17 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{250-215}{215} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.16 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{250-220}{220} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.13 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5% + SFG 0,5%

- Seri 1

$$D = \left( \frac{255-225}{225} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,13 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{250-215}{215} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,16 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{245-215}{215} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,14 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5% + SFG 0,7%

- Seri 1

$$D = \left( \frac{240-210}{210} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,14 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{240-210}{210} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,14 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{250-220}{220} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,13 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5% + SFG 1%

- Seri 1

$$D = \left( \frac{265-225}{225} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,18 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{265-230}{230} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,15 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{260-225}{225} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,02 \text{ kg/m}^3$$

➤ FAS 0.40

- ATK 7,5% + SFG 0,3%

- Seri 1

$$D = \left( \frac{280-240}{240} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,17 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{265-230}{230} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,15 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{270-235}{235} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,15 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5% + SFG 0,5%

- Seri 1

$$D = \left( \frac{255-215}{215} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,19 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{250-215}{215} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,16 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{250-215}{215} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,16 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5% + SFG 0,7%

- Seri 1

$$D = \left( \frac{255-220}{220} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,16 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{250-215}{215} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,16 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{255-220}{220} \right) \times 100\%$$

$$D = 0.16 \text{ kg/m}^3$$

- ATK 7,5% + SFG 1%

- Seri 1

$$D = \left( \frac{255-220}{220} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,16 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 2

$$D = \left( \frac{255-220}{220} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,16 \text{ kg/m}^3$$

- Seri 3

$$D = \left( \frac{255-220}{220} \right) \times 100\%$$

$$D = 0,16 \text{ kg/m}^3$$

### 4.5.3 Nilai Kuat Tekan Mortar Kedua

- ❖ FAS 0,35

- ATK 7,5% + SFG 0,3%

Luas penampang kubus 5 cm  $0,0025 \text{ m}^2$

Hasil kuat tekan = 1,5 ton =  $1500 \text{ kg/m}^2$

$F_c' = (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur} \times \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang}$

$$= (1.500 \times 9,81) / 0,0025$$

$$= 5.886.000 \text{ Pa}$$

$$= 5.886.000 / 1.000.000$$

$$= 5,886 \text{ MPa}$$

- ATK 7,5% + SFG 0,5%

Luas penampang kubus 5 cm  $0,0025 \text{ mm}^2$

Hasil kuat tekan = 1,6 ton =  $1600 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned} F_c' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur x} \\ &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\ &= (1.600 \times 9,81) / 0,0025 \\ &= 6.278.400 \text{ Pa} \\ &= 6.278.400 / 1.000.000 \\ &= 6,278 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ATK 7,5% + SFG 0,7%

Luas penampang kubus 5 cm  $0,0025 \text{ mm}^2$

Hasil kuat tekan = 1,85 ton =  $1,850 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned} F_c' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur x} \\ &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\ &= (1.850 \times 9,81) / 0,0025 \\ &= 7.259.400 \text{ Pa} \\ &= 7.259.400 / 1.000.000 \\ &= 7,259 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ATK 7,5% + SFG 1%

Luas penampang kubus 5 cm  $0,0025 \text{ mm}^2$

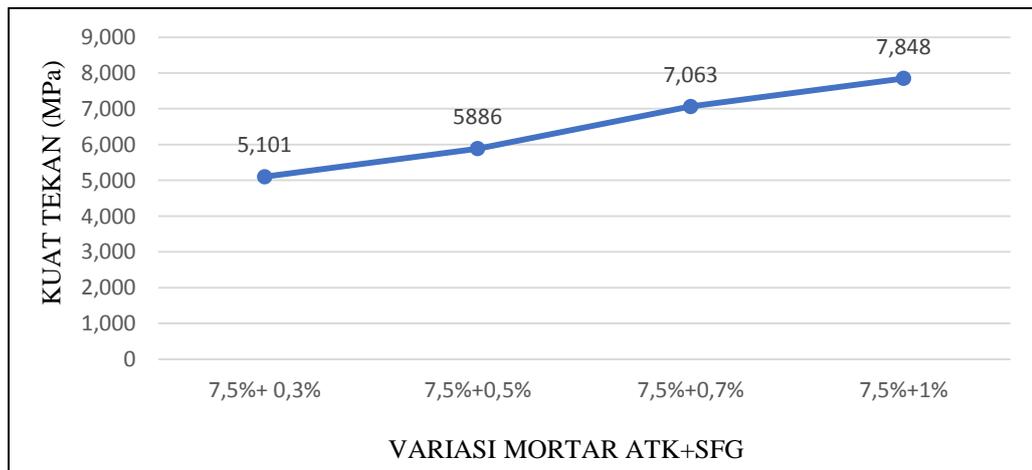
Hasil kuat tekan = 2,1 ton =  $2,100 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned} F_c' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur x} \\ &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\ &= (2,100 \times 9,81) / 0,0025 \\ &= 8.240.400 \text{ Pa} \\ &= 8.240.400 / 1.000.000 \\ &= 8,240 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 4.8: Hasil kuat tekan ATK+SFG FAS 0,35.

Tes	FAS	Semen	Pasir	ATK	SFG	Tes Cube	Metode Reinforcement	Jumlah Sample	Nilai Kuat Tekan (Mpa)
Tes 1.B	0.35	92.50%	3	7.50%	0.30%	5x5x5	sebar	3	5,886
	0.35	92.50%	3	7.50%	0.50%	5x5x5	sebar	3	6,278
	0.35	92.50%	3	7.50%	0.70%	5x5x5	sebar	3	7,259
	0.35	92.50%	3	7.50%	1%	5x5x5	sebar	3	8,240

■ Optimum



Gambar 4.5: Diagram kuat tekan ATK+SFG FAS 0,35.

❖ FAS 40

- ATK 7,5% + SFG 0,3%

Luas penampang kubus 5 cm  $0,0025 \text{ m}^2$

Hasil kuat tekan = 1,3 ton =  $1300 \text{ kg/m}^2$

$F_c' = (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur} \times \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang}$

$$= (1.300 \times 9,81) / 0,0025$$

$$= 5.101.200 \text{ Pa}$$

$$= 5.101.200 / 1.000.000$$

$$= 5,101 \text{ MPa}$$

- ATK 7,5% + SFG 0,5%

Luas penampang kubus 5 cm  $0,0025 \text{ mm}^2$

Hasil kuat tekan = 1,5 ton =  $1500 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 F_c' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur x} \\
 &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\
 &= (1.500 \times 9,81) / 0,0025 \\
 &= 5.886.000 \text{ Pa} \\
 &= 5.886.000 / 1.000.000 \\
 &= 5,886 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- ATK 7,5% + SFG 0,7%

Luas penampang kubus 5 cm  $0,0025 \text{ mm}^2$

Hasil kuat tekan = 1,8 ton =  $1800 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 F_c' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur x} \\
 &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\
 &= (1.800 \times 9,81) / 0,0025 \\
 &= 7.063.200 \text{ Pa} \\
 &= 7.063.200 / 1.000.000 \\
 &= 7,063 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- *Fiberglass* 1%

Luas penampang kubus 5 cm  $0,0025 \text{ mm}^2$

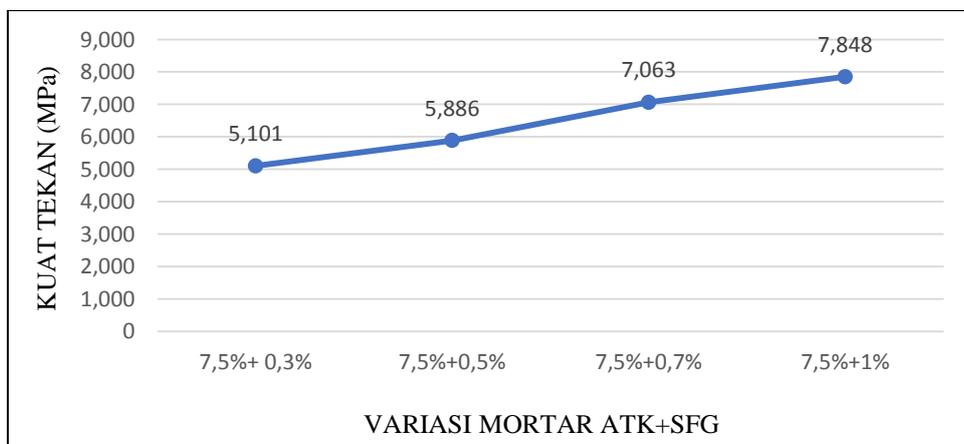
Hasil kuat tekan = 2 ton =  $2000 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 F_c' &= (\text{Massa beban maksimum, yang menyebabkan benda uji hancur x} \\
 &\quad \text{gravitasi}) / \text{Luas penampang} \\
 &= (2.000 \times 9,81) / 0,0025 \\
 &= 7.848.000 \text{ Pa} \\
 &= 7.848.000 / 1.000.000 \\
 &= 7,848 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.9: Hasil kuat tekan ATK+SFG FAS 0,40.

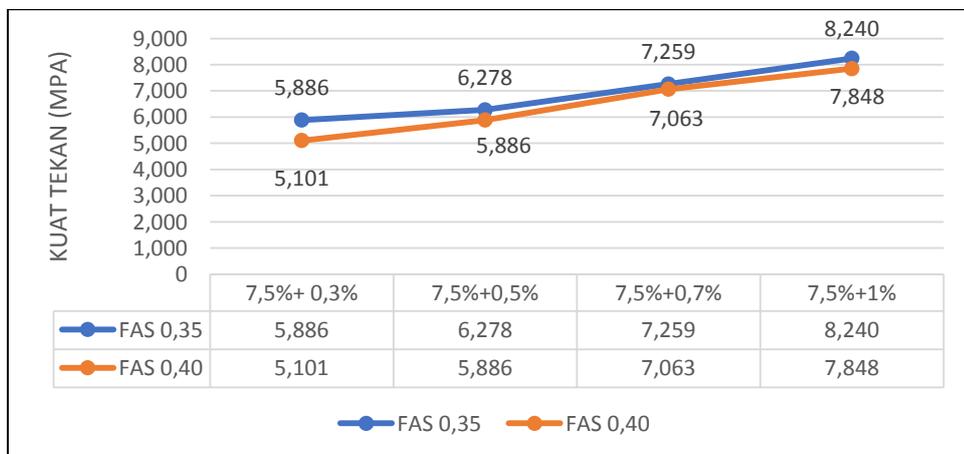
Tes	FAS	Semen	Pasir	ATK	FGS	Tes Cube	Metode Reinforcement	Jumlah Sample	Nilai Kuat Tekan (Mpa)
Tes 2.B	0.4	92.50%	3	7.50%	0.30%	5x5x5	sebar	3	5,101
	0.4	92.50%	3	7.50%	0.50%	5x5x5	sebar	3	5,886
	0.4	92.50%	3	7.50%	0.70%	5x5x5	sebar	3	7,063
	0.4	92.50%	3	7.50%	1%	5x5x5	sebar	3	7,848

■ Optimum



Gambar 4.6: Diagram kuat tekan ATK+SFG FAS 0,40.

Perbandingan kuat tekan mortar dengan abu tempurung kelapa (ATK) dan serat *fiberglass* (SFG) pada FAS 0,35 dan FAS 0,40 didapatkan sebagai berikut.



Gambar 4. 7: Grafik perbandingan kuat tekan ATK+SFG pada FAS 0,35 & FAS 0,40.

Pada hasil *mix design* dapat dilihat dari Tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4.10: Hasil *mix design* nilai kuat tekan.

No.	Tes	FAS	Semen	Pasir	ATK	FGS	Tes Cube	Metode Reinforcement	Jumlah Sample	Nilai Kuat Tekan (Mpa)
1	Normal	0.35	1	3	-	-	5x5x5	-	3	6,474
2	Tes 1.A	0.35	92.50%	3	7.50%	-	5x5x5	-	3	6,670
		0.35	90%	3	10%	-	5x5x5	-	3	6,474
		0.35	87.50%	3	12.50%	-	5x5x5	-	3	5,493
		0.35	85%	3	15%	-	5x5x5	-	3	3,924
3	Tes 1.B	0.35	92.50%	3	7.50%	0.30%	5x5x5	sebar	3	5,886
		0.35	92.50%	3	7.50%	0.50%	5x5x5	sebar	3	6,278
		0.35	92.50%	3	7.50%	0.70%	5x5x5	sebar	3	7,259
		0.35	92.50%	3	7.50%	1%	5x5x5	sebar	3	8,240
4	Normal	0.4	1	3	-	-	5x5x5	-	3	6,867
5	Tes 2.A	0.4	92.50%	3	7.50%	-	5x5x5	-	3	7,063
		0.4	90%	3	10%	-	5x5x5	-	3	6,670
		0.4	87.50%	3	12.50%	-	5x5x5	-	3	6,082
		0.4	85%	3	15%	-	5x5x5	-	3	5,101
6	Tes 2.B	0.4	92.50%	3	7.50%	0.30%	5x5x5	sebar	3	5,101
		0.4	92.50%	3	7.50%	0.50%	5x5x5	sebar	3	5,886
		0.4	92.50%	3	7.50%	0.70%	5x5x5	sebar	3	7,063
		0.4	92.50%	3	7.50%	1%	5x5x5	sebar	3	7,848
JUMLAH SAMPEL									54	

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji kuat tekan normal FAS 0,35 sebesar 6,474 MPa dan FAS 0.40 sebesar 6,867 MPa. Untuk hasil nilai optimal FAS 0,35 abu tempurung kelapa 7,5% sebesar 6,670 MPa dan untuk nilai optimal FAS 0,40 abu tempurung kelapa 7,5% sebesar 7,063 MPa.

Untuk hasil pemeriksaan uji kuat tekan pada nilai optimal FAS 0,35 kombinasi antara abu tempurung kelapa 7,5% dan serat *fiberglass* 1% sebesar 8,240 MPa. Hasil uji kuat tekan pada nilai optimal FAS 0,40 kombinasi antara abu tempurung kelapa 7,5% dan serat *fiberglass* 1% sebesar 7,848 MPa.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini perbedaan kuat tekan dengan metode mortar berbahan abu tempurung kelapa sebagai pengganti semen yang diperkuat dengan serat *fiberglass* maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengujian kekuatan tekan mortar pertama dengan variasi ATK sebagai pengganti semen diperoleh hasil sebagai berikut:
  - a. Untuk FAS 0,35 kuat tekan normal sebesar 6,474 MPa, kuat tekan mortar dengan variasi ATK 7,5% sebesar 6,670 MPa, ATK 10% sebesar 6,474 MPa, ATK 12,5% sebesar 5,493 MPa, dan ATK 15% sebesar 3,924 MPa.
  - b. Untuk FAS 0,40 kuat tekan normal sebesar 6,867 MPa, kuat tekan mortar dengan variasi ATK 7,5% sebesar 7,063 MPa, ATK 10% sebesar 6,670 MPa, ATK 12,5% sebesar 6,082 MPa, dan ATK 15% sebesar 5,101 MPa.
2. Pada pengujian kekuatan tekan mortar kedua dengan penambahan SFG sebagai bahan pengikat pada mortar yang mengandung ATK 7,5% diperoleh hasil sebagai berikut:
  - a. Untuk FAS 0,35 kekuatan tekan mortar dengan variasi SFG 0,3% sebesar 5,886 MPa, SFG 0,5% sebesar 6,278 MPa, SFG 0,7% sebesar 7,259 MPa, dan SFG 1% sebesar 8,240 MPa.
  - b. Untuk FAS 0,40 kekuatan tekan mortar dengan variasi SFG 0,3% sebesar 5,101 MPa, SFG 0,5% sebesar 5,886 MPa, SFG 0,7% sebesar 7,063 MPa, dan SFG 1% sebesar 7,848 MPa.

#### 5.2 Saran

Hasil dari penelitian yang dilakukan diharapkan mampu membantu dalam perkembangan proses teknologi beton ataupun penerapan dilapangan. Diberikan harapan juga kepada peneliti selanjutnya agar mampu mengembangkan penelitian

ini lebih dalam. Adapun saran yang dapat diambil antara lain, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut tentang pengguna abu tempurung kelapa dan serat *fiberglass* dengan variasi yang beragam. Agar mengetahui batas variasi dimana yang mampu menghasilkan kuat tekan yang konstan.
2. Disarankan untuk melakukan penelitian yang lebih dalam mengenai sifat-sifat fisik dan kimiawi dari abu tempurung kelapa serta serat *fiberglass*.
3. Penelitian tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai literature tambahan atau sebagai bahan evaluasi untuk penelitian selanjutnya. Dengan harapan, penelitian selanjutnya akan menghasilkan karakteristik beton dengan metode mortar yang lebih baik dari pada penelitian sebelumnya.
4. Penambahan banyaknya benda uji agar hasilnya lebih akurat pada setiap variasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, A., & Alim, M. (2024). Prilaku Kuat Tekan Beton Porous Menggunakan Air Laut. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 118–127.
- Al Huseiny, M. S., & Nursani, R. (2020). Pengaruh Bahan Tambah Serat Fiber Terhadap Kuat Tekan dan Lentur Beton. *Akselerasi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 1(2), 63–69.
- Ali, M. S., & Walujodjati, E. (2022). Pengujian Kuat Tekan Mortar dengan Campuran Pasir Ladot. *Jurnal Konstruksi*, 19(1), 313–324.
- Ananda, Y. F. (2021). *Pengaruh Waktu Campur Dan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton 1 Hari Dengan Bahan Tambah Fly Ash Abu Limbah Batu Bara*.
- Anisa, A., Zainuri, Z., & Megasari, S. W. (2024). Kekuatan Tekan dan Penyerapan Mortar Geopolimer dengan Bahan Tambah Limbah Abu Tempurung Kelapa. *Konstruksia*, 16, 34–40.
- ASTM-C31. (2010). *Standard Guide for iTeh Standards iTeh Standards Document Preview*. i(November), 1–4.
- ASTM C 117. (2013). *Standard Test Method for Materials Finer than 75-um (No.200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing*. 200, 6–8.
- ASTM C 33. (2018). *Specification for Concrete Aggregates (ASTM C33/C33M-18)*. i, 1–3.
- ASTM C109. (2020). Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars. *ASTM International*, 04, 9.
- Astuti, F. (2021). Pengaruh Penambahan Campuran Abu Batok Kelapa Terhadap Kuat Tekan, Kekerasan Dan Daya Serap Air Pada Pembuatan Beton. *Jurnal Teknik Mesin Cakram*, 4(1), 14.

- Kurniati, D. (2024). Ketahanan Kuat Tekan Beton Serat Fiber Glass Sebagai Bahan Tambah. *Jurnal Karkasa*, 10(2), 39–44.
- Mauludiyana, G., Trimurtiningrum, R., Sutriyono, B., & Rochmah, N. (2024). Pengaruh Penambahan Variasi Abu Tempurung Kelapa Terhadap Karakteristik Mortar. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 1067–1075.
- Prasetyo, R. D., Pranowo, D. D., Utanaka, A., Amin, M. S., & Wari, W. N. (2024). PENGARUH SUBSTITUSI PASIR MENGGUNAKAN SERBUK BESI DAN ZAT ADITIF BESTMITTEL 0.5 % TERHADAP KUAT TEKAN MUTU TINGGI DAN RESAPAN AIR MORTAR PRACETAK FEROSEMEN. *Jurnal Riset Teknik Sipil Dan Sains*, 3(1), 36–42.
- Ramayati, N. D., Kartini, W., & Sumaidi, S. (2023). Pengaruh Penambahan Serat *Fiberglass* Pada Campuran Beton Terhadap Kinerja Beton. *Jurnal Agregat*, 8(2).
- Salmonda, P. (2022). *Analisa Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Mortar*. 1–30.
- SNI-03-2834-1993. (1993). SNI 03-2834-1993 : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. 03-2834.
- SNI-03-2847-2002. (2002). *Perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung*.
- SNI-03-4804-1998. (1998). Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat. *Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*, 1–6.
- SNI-1974-2011. (2011). Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. *Badan Standarisasi Nasional, Jakarta*.
- SNI-6882:2014. (2014). Spesifikasi mortar untuk pekerjaan unit pasangan Standard Specification for Mortar for Unit Masonry (ASTM C270 – 10, IDT). *Badan Standar Nasional Indonesia*, 1–43.

SNI 1970-2008. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 7–18.

Supriatna, I. (2021). Kajian Beton Polimer Menggunakan Bahan Campuran Perikat Resin Epoksi (Kadar 30%) Serta Penambahan *Fiberglass* (Serat Kaca) Dengan Kadar Bervariasi Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton”. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 2013–2015.

Utomo, B., Nurjannah, S. A., & Saloma. (2021). Karakteristik Mortar Polimer Epoxy Resin Dengan *Fiberglass*. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 10(2), 73–78.

Zelika, M., Tiyani, L., & Sukarno, P. (2024). *PEMANFAATAN ABU TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA BETON*.

## 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: Pembuatan benda uji mortar.



Gambar L. 7: Pengujian kuat tekan mortar.

## RIWAYAT HIDUP



### Data Identitas Diri

Nama : Fatimah Zuhra  
Tempat dan Tanggal Lahir : Medan, 23 Mei 2003  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : Islam  
Alamat : Jl. Kl. Yos Sudarso Km. 7,1 Lk. IX Gg. Keluarga  
No. 22B Tanjung Mulia.  
Nomor Handphone : 081269775580  
Nama Ayah : Zainal Arifin  
Nama Ibu : Jumiati  
E – mail : [zuhrafatim23@gmail.com](mailto:zuhrafatim23@gmail.com)

### Riwayat Pendidikan

NPM : 2107210011  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muctar Basri No. 3 Medan 20238

### Pendidikan Formal

Sekolah Dasar : SD Budi Mulia 2009 – 2015  
Sekolah Menengah Pertama : SMP Hang Tuah-2 Titipapan 2015 – 2018  
Sekolah Menengah Kejuruan : SMK Negeri 5 Medan 2018 – 2021