TUGAS AKHIR

ANALISIS VARIASI PERSENTASE ARANG KAYU SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KARAKTERISTIK MORTAR

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

HAIKAL ADRIAN
2207210152

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2026

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama	: Haikal Adrian
Npm	: 2207210152
Program Studi	:Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Analisis Variasi Persentase Arang Kayu Sebagai Subtitusi Semen Terhadap Karakteristik Mortar
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, 28 Juli 2026

Dosen Pembimbing

Fetra Venny Riza ST., M.Sc., Ph.D

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama	: Haikal Adrian
Npm	: 2207210152
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Analisi Variasi Persentase Arang Kayu Sebagai Subtitusi Semen Terhadap Karakteristik Mortar
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, 28 Juli 2026

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing

Fetra Venny Riza ST., M.Sc., Ph.D

Dosen Pembanding I	Dosen Pembanding II
Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T.,M.Sc., Ph.D., IPM	Rizki Efrida ST., M.T

Program Studi Teknik Sipil

Ketua

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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini di ajukan oleh:

Nama	: Haikal Adrian
Tempat, tanggal lahir	: Medan, 27 Oktober 2004
Npm	: 2207210152
Fakultas	: Teknik
Program studi	: Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya berjudul "Analisis Persentase Variasi Arang Kayu Sebagai Subtitusi Semen Terhadap Karakteristik Mortar".

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

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang bentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat dengan pembatalan kelulusan atau kesarjanaan saya.

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

Medan 28 Juli 2026

Saya yang menyatakan



Haikal Adrian

ABSTRAK

ANALISIS VARIASI PERSENTASE ARANG KAYU SEBAGAI SUBTITUSI SEMEN TERHADAP KARAKTERISTIK MORTAR

Haikal Adrian
2207210152
Fetra Venny Riza ST., M.Sc., Ph.D

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi persentase arang kayu sebagai alternatif substitusi parsial semen terhadap karakteristik fisik dan mekanis mortar. Penelitian dilaksanakan secara eksperimental di laboratorium dengan menggunakan variasi substitusi arang kayu sebesar 0% (mortar normal), 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat semen serta dua variasi Faktor Air Semen (FAS), yaitu 0,35 dan 0,40. Seluruh benda uji mortar terlebih dahulu menjalani proses perawatan (curing) selama 28 hari sebelum dilakukan serangkaian pengujian yang meliputi berat jenis, penyerapan air, waktu ikat menggunakan alat Vicat (*setting time*), *efflorescence*, dan kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan persentase substitusi arang kayu menyebabkan nilai berat jenis mortar cenderung menurun, sedangkan nilai penyerapan air mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar arang kayu akibat sifat material yang memiliki pori-pori lebih banyak dibandingkan semen. Pada pengujian sifat mekanis, penggunaan arang kayu sebesar 4% memberikan hasil optimum dengan kuat tekan sebesar 24,72 MPa pada FAS 0,35 atau meningkat sebesar 49,99% dibandingkan mortar normal, sedangkan pada FAS 0,40 diperoleh kuat tekan sebesar 18,84 MPa atau meningkat sebesar 28,00%. Namun, peningkatan kadar substitusi menjadi 6%, 8%, dan 10% mengakibatkan penurunan kuat tekan yang disebabkan oleh berkurangnya proporsi semen sebagai bahan pengikat utama serta meningkatnya porositas pada struktur mortar. Berdasarkan klasifikasi kuat tekan mortar menurut SNI 03-6882-2002, seluruh variasi campuran dengan FAS 0,35 termasuk ke dalam mortar Tipe M, sedangkan seluruh variasi campuran pada FAS 0,40 tergolong mortar Tipe S. Dengan demikian, arang kayu sebagai substitusi parsial semen memiliki potensi untuk diaplikasikan sebagai bahan penyusun mortar pasangan bata, terutama pada kadar substitusi tertentu yang masih mampu meningkatkan kuat tekan sekaligus memenuhi persyaratan klasifikasi mortar yang berlaku.

Kata kunci: arang kayu, mortar, substitusi semen, kuat tekan, penyerapan air.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF WOOD CHARCOAL PERCENTAGE VARIATIONS AS A PARTIAL CEMENT REPLACEMENT ON THE CHARACTERISTICS OF MORTAR

Haikal Adrian
2207210152
Fetra Venny Riza ST., M.Sc., Ph.D

This study aims to analyze the effect of varying percentages of wood charcoal as a partial cement substitute on the physical and mechanical properties of mortar. The research was conducted through laboratory experimental methods using wood charcoal substitution levels of 0% (control mortar), 4%, 6%, 8%, and 10% by cement weight, with two water-cement ratios (W/C), namely 0.35 and 0.40. All mortar specimens were cured for 28 days prior to testing. The experimental program included specific gravity, water absorption, Vicat setting time, efflorescence, and compressive strength tests. The results indicated that increasing the percentage of wood charcoal substitution tended to decrease the specific gravity of the mortar, while water absorption increased due to the porous nature of wood charcoal. In terms of mechanical performance, the optimum compressive strength was achieved with a 4% wood charcoal substitution, reaching 24.72 MPa at a W/C ratio of 0.35, representing a 49.99% increase compared to the control mortar. At a W/C ratio of 0.40, the compressive strength reached 18.84 MPa, corresponding to a 28.00% improvement over the control mixture. However, increasing the substitution level to 6%, 8%, and 10% resulted in a gradual reduction in compressive strength due to the lower cement content available as the primary binding material and the increased porosity within the mortar matrix. Based on the mortar compressive strength classification specified in SNI 03-6882-2002, all mixtures with a W/C ratio of 0.35 were classified as Type M mortar, while all mixtures with a W/C ratio of 0.40 were classified as Type S mortar. These findings indicate that wood charcoal has the potential to be utilized as a partial cement substitute in masonry mortar, particularly at appropriate substitution levels that are capable of improving compressive strength while satisfying the required mortar classification standards.

Keywords: *wood charcoal, mortar, cement substitution, compressive strength, water absorption.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "analisis variasi persentase arang kayu sebagai subtitusi semen terhadap karakteristik mortar (Studi Penelitian)" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Ibu Fetra Venny Riza ST., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T.,M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Dosen Penguji I yang telah banyak membantu dan memberikan saran demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizky Efrida S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II yang telah banyak membantu dan memberikan saran serta masukan demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Sumatera Utara.
5. Bapak Ir. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Terima kasih yang teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Yandri Hasan dan Ibunda tersayang Nurhana Nasution yang telah bersusah payah mendidik dan membiayai penulis serta menjadi penyemangat penulis yang senantiasa mendoakan penulis dapat menyelesaikan studinya.
9. Terima kasih juga kepada Muhammad Irfan amir siregar, Muhammad Randi setiawan, Khairul Fahmi, yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
10. Terima kasih juga kepada saudari Parandyta Marthati yang tanpa Lelah sentiasa memberikan semangat, perhatian, motivasi, serta dukungan baik secara moral dan mental dan selalu mendoakan yang terbaik kepada penulis untuk tidak menyerah dan terus berjuang mencapai tujuan.
11. Sahabat-sahabat penulis yaitu keluarga D Pagi dan anak stambuk 2022 lainnya Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan juga seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

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

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

Medan, 28 Juli 2026

Saya yang menyatakan



Haikal Adrian

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ii

LEMBAR PENGESAHAN iii

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR iv

ABSTRAK v

ABSTRACT vi

KATA PENGANTAR vii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR GAMBAR xiii

DAFTAR LAMPIRAN xv

BAB 1 PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang. 1

1.2. Rumusan Masalah. 2

1.3. Ruang Lingkup Penelitian 2

1.4. Tujuan Penelitian. 3

1.5. Manfaat Penelitian. 3

1.6. Sistematika Penelitian. 3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1. Mortar 5

2.1.1. Jenis – jenis Mortar. 6

2.2. Arang kayu 6

2.3. Semen 7

2.3.1. Bahan alternatif subsitusi semen 8

BAB 3 METODE PENELITIAN 12

3.1. Diagram Alir 12

3.2. Metode Penelitian 13

3.3. Sumber-Sumber Data Dalam Penelitian 14
3.4. Tempat dan Waktu Penelitian 14
3.5. Alat dan Bahan 15
3.5.1. Alat 15
3.5.2. Bahan 24
3.6. Pemeriksaan Bahan 26
3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus 26
3.6.2 Berat isi agregat halus 28
3.6.3 Kadar Lumpur Agregat Halus 29
3.6.4 Kadar Air Agregat Halus 31
3.6.5 Analisa Saringan Agregat Halus 32
3.6.6 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Arang kayu 32
3.6.7 Analisa Saringan Arang kayu 34
3.7. Pelaksanaan Penelitian 34
3.7.1. Mix design 34
3.7.2. Perawatan Mortar 37
3.8. Pelaksanaan pengujian benda uji 38
3.8.1. Pengujian Vicat 38
3.8.2. (Efflorescence) 39
3.8.3. Pengujian kuat tekan 39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Pemeriksaan Agregat Halus 41
4.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air 41
4.1.2 Berat Isi 41
4.1.3 Pemeriksaan Kadar Air 42
4.1.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur 43
4.1.5 Analisa Saringan Agregat Halus 43
4.2 Pemeriksaan Arang Kayu 44
4.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air 44
4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Mortar Kuat Tekan 45
4.3.1 Berat Jenis Mortar 45
4.3.2 Penyerapan Mortar 47

4.3.3 Nilai Kuat Tekan Mortar 49
4.3.4 Pengujian Vicat 50
4.3.5 Efflorescence 53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 54
5.1 Kesimpulan 54
5.2 Saran 55
DAFTAR PUSTAKA 57
LAMPIRAN 61
DAFTAR RIWAYAT HIDUP 92

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal penelitian 15
Tabel 3.2 Mix design 35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir 12
Gambar 3.2 Satu set saringan agregat halus 16
Gambar 3.3 Oven 16
Gambar 3.4 Ember 17
Gambar 3.5 Timbangan Digital 17
Gambar 3.6 Plastik 18
Gambar 3.7 Kuas 18
Gambar 3.8 Sekop tangan 19
Gambar 3.9 Pan 19
Gambar 3.10 Piknometer. 20
Gambar 3.11 Kaki tiga dan kawat kasa 20
Gambar 3.1 Spirtus 21
Gambar 3.13 Masker 21
Gambar 3.14 Gelas ukur 22
Gambar 3.15 Cetakan mortar 22
Gambar 3.16 Bak perendam 23
Gambar 3.17 Sarung tangan 23
Gambar 3.18 Mesin pengaduk 24
Gambar 3.19 Mesin uji kuat tekan 24
Gambar 3.20 Semen PCC 25
Gambar 3.21 Agregat halus 25
Gambar 3.22 Air bersih 26
Gambar 3.23 Arang kayu 26
Gambar 4.1 Grafik berat jenis dan penyerapan agregat halus 41
Gambar 4.2 Grafik Berat Isi Agregat Halus 42
Gambar 4.3 Grafik Berat pengujian kadar air 42
Gambar 4.4 Grafik Kadar Lumpur Agregat Halus 43
Gambar 4.5 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus 44
Gambar 4.6 Grafik Berat Jenis dan Penyerapan Arang Kayu 45
Gambar 4.7 Grafik Berat Jenis Mortar FAS 0,35 45

Gambar 4.8 Grafik Berat Jenis Mortar FAS 0,40 46
Gambar 4.9 Grafik Penyerapan Mortar FAS 0,35 47
Gambar 4.10 Grafik Penyerapan Mortar FAS 0,40 48
Gambar 4.11 Grafik Kuat Tekan Mortar FAS 0,35 49
Gambar 4.12 Grafik Kuat Tekan Mortar FAS 0,40 50
Gambar 4.13 Grafik Uji Vicat FAS 0,35 51
Gambar 4.14 Grafik Uji Vicat FAS 0,40 52
Gambar 4.15 Pengujian Efflorescence 53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Detail Perhitungan dan Pengujian 62
Lampiran 2 Dokumentasi 87

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Penggunaan mortar sebagai bahan perekat pada pasangan bata memiliki peran penting dalam memastikan kekuatan, stabilitas, serta durabilitas suatu bangunan. Mortar konvensional umumnya menggunakan semen portland sebagai bahan pengikat utama, namun produksi semen dikenal memiliki dampak lingkungan yang signifikan, terutama dalam hal emisi CO_2 dan konsumsi energi. Kondisi ini mendorong munculnya kebutuhan untuk mencari bahan alternatif atau bahan tambahan yang tidak hanya mampu menekan biaya produksi, tetapi juga lebih ramah lingkungan. Salah satu pendekatan yang banyak diteliti adalah pemanfaatan material berbasis limbah, terutama limbah biomassa, sebagai bahan substitusi sebagian semen.

Arang kayu merupakan material yang berpotensi untuk dimanfaatkan kembali sebagai bahan tambahan atau substitusi parsial semen dalam campuran mortar. Material ini dihasilkan dari proses pembakaran biomassa kayu dan mengandung komponen kimia anorganik seperti silika (SiO_2), kalsium (CaO), serta mineral lainnya yang dapat berperan dalam mekanisme pengikatan dan pengisian pori pada matriks mortar (Lescinskis et al., 2025). Selain itu, sifat arang kayu yang relatif ringan serta karakteristik partikelnya dilaporkan dapat mempengaruhi sifat fisik mortar, seperti peningkatan workability dan penurunan densitas (Ezgi et al., 2023). Namun demikian, variasi komposisi kimia dan reaktivitas arang kayu sangat dipengaruhi kondisi dan temperatur pembakaran, serta ukuran partikel, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk memahami secara lebih komprehensif pengaruhnya terhadap sifat mekanik dan durabilitas mortar (Lescinskis et al., 2025).

Arang kayu (charcoal wood) dapat berperan sebagai substitusi sebagian semen karena mengandung partikel halus dan senyawa anorganik seperti oksida silikon (SiO_2), kalsium (CaO) serta komponen alkali yang setelah perlakuan/aktivasi dan penggilingan dapat berfungsi sebagai bahan pozzolan atau filler yang memperbaiki mikrostruktur pasta semen, mengisi pori dan berkontribusi

pada ikatan hidraulik/pozzolan sehingga pada persentase tertentu dapat mempertahankan atau bahkan meningkatkan kuat tekan (mis. ~20% dalam beberapa penelitian), meskipun penggantian berlebih menurunkan kekuatan dan meningkatkan serapan air karena kenaikan porositas; oleh karena itu efektivitasnya bergantung pada komposisi kimia arang, ukuran partikel, metode pengolahan, dan persen penggantian yang digunakan (Chiadighikaobi et al., 2024).

Pemanfaatan arang kayu sebagai substitusi parsial semen pada mortar untuk pasangan bata berpotensi memberikan nilai tambah baik secara teknis maupun lingkungan. Dari sisi konstruksi, penggunaan material alternatif ini diharapkan dapat tetap memenuhi syarat kekuatan tekan dan daya rekat yang dibutuhkan pada pasangan bata. Sedangkan dari sisi keberlanjutan, penggunaan arang kayu dapat mengurangi volume limbah biomassa dan sekaligus menekan kebutuhan semen. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis sejauh mana pengaruh substitusi arang kayu terhadap karakteristik mortar, sehingga dapat memberikan rekomendasi komposisi yang optimal dan layak diterapkan dalam praktik konstruksi bangunan.

1.2. Rumusan Masalah.

Adapun masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana analisa penambahan arang kayu sebagai substitusi semen terhadap karakteristik mortar?
2. Berapa persentase penambahan arang kayu yang menghasilkan kuat tekan optimum pada mortar?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan ruang lingkup penelitian yang memiliki banyak permasalahan yang spesifik, maka penelitian perlu membatasi pembahasan dan permasalahan serta memperjelas batasannya. Berikut merupakan batasan dari penelitian ini:

1. Metode untuk perencanaan campuran mortar menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI-03-6882-2002).Tentang Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan (ASTM C109).

2. Metode untuk perencanaan campuran mortar menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-6882, 2002).Tentang Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan (ASTM C109).
3. Melakukan pengujian kuat tekan mortar dengan menggunakan variasi 4%, 6%, 8%, 10% dengan campuran Arang kayu sebagai bahan subtitusi semen
4. Melakukan pengujian kuat tekan mortar dengan menggunakan dengan ukuran 5x5x5 cm dengan kuat tekan rencana sebesar 52,5 kg/cm².
5. Melakukan pengujian mortar dengan menggunakan faktor air semen 0,35 dan 0,40.

1.4. Tujuan Penelitian.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan arang kayu sebagai substitusi semen terhadap karakteristik mortar pada berbagai variasi campuran.
2. Menentukan persentase arang kayu yang memberikan hasil kuat tekan terbaik atau paling optimum.

1.5. Manfaat Penelitian.

Pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam tahap penelitian selanjutnya. Adapun beberapa manfaat dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Pengunaan mortar dengan campuran Arang kayu sebagai pengganti semen dapat mengurangi limbah biomassa seperti arang kayu.
2. Dengan mempelajari pengaruh karakteristik mortar, penelitian ini berpotensi menghasilkan material dengan kekuatan struktural yang baik, yang dapat meningkatkan daya tahan dinding partisi terhadap beban.

1.6. Sistematika Penelitian.

Untuk memudahkan pembahasan dalam penelitian ini, maka sistematika penulisan dilakukan dengan membagi tulisan menjadi beberapa bab, antara lain:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang berkaitan dengan penjelasan mortar, amapas kopi, dan metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, dan metode analisa data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil pengujian dan analisa data kekuatan tekan mortar dengan bahan pengikat Arang kayu sebagai pengganti semen.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bagian akhir dari skripsi yang berisikan kesimpulan dan saran dari hasil pengujian .

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mortar

Mortar adalah campuran yang terdiri dari material pasir, material semen dan air. Mortar mempunyai kuat tekan bervariasi sesuai dengan bahan penyusunnya dan perbandingan antara bahan-bahan penyusunya. Perbandingan semen, pasir dan air yang sesuai untuk mortar yang memiliki syarat adalah 1 : 2,75 : 0,484, sebagai bahan pengikat, mortar harus mempunyai konsistensi atau kekentalan standar (Mulyadi et al., 2020).

Mortar menjadi salah satu material yang mempunyai peranan penting dalam bidang konstruksi karena sebagai bahan pengikat mortar wajib memiliki kekentalan standar yang nantinya mampu bermanfaat dalam memastikan kekuatannya menahan gaya tekan akibat beban yang bekerja pada titik hancur. Mortar wajib tahan terhadap penyerapan air dan kekuatan gesernya bisa memikul gaya-gaya yang bekerja pada mortar tersebut. Mortar dapat digunakan dalam bentuk struktur maupun non struktur, misalnya pada pekerjaan pasangan dinding bata atau batako, pekerjaan plesteran dinding, pekerjaan pasangan keramik dinding, pekerjaan perataan dasar lantai sampai pada pekerjaan pasangan keramik lantai (Ali & Walujodjati, 2022).

Karakteristik mortar, seperti kuat tekan, tingkat porositas, daya serap air, dan berat jenis, merupakan parameter utama yang umum digunakan untuk menilai kinerja mortar dalam berbagai studi. Perbedaan jenis material serta proporsi campuran dapat menimbulkan variasi yang cukup signifikan pada sifat-sifat tersebut, sehingga pengujian di laboratorium diperlukan untuk memastikan mortar yang dihasilkan memenuhi ketentuan teknis yang berlaku. Selain itu, proses perawatan atau *curing* juga memiliki pengaruh penting terhadap perkembangan kekuatan serta kestabilan mortar.

2.1.1. Jenis – jenis Mortar.

Berdasarkan standar (ASTM C270), mortar diklasifikasikan sesuai dengan kekuatannya sebagai berikut:

1. Mortar tipe M.

   Mortar tipe M merupakan campuran dengan kekuatan tekan yang sangat tinggi. Kekuatan tekan terendahnya adalah 175 kg/cm².

2. Mortar tipe N

   Mortar tipe N adalah campuran dengan kekuatan tekan yang sedang.

   Kekuatan tekan terendahnya sebesar 124 kg/cm².

3. Mortar tipe S

   Mortar tipe S adalah campuran yang memiliki kekuatan tekan sedang. Kekuatan tekan minimum untuk jenis ini adalah 52,5 kg/cm².

4. Mortar tipe O

   Mortar tipe O merupakan campuran dengan kekuatan tekan yang rendah. Kekuatan tekan minimumnya adalah 24,5 kg/cm².

5. Mortar tipe K

   Mortar tipe K adalah campuran yang juga memiliki kekuatan tekan rendah. Kekuatan tekan minimumnya adalah 5,25 kg/cm².

Penggunaan mortar untuk plesteran membantu menciptakan permukaan yang lebih halus dan siap untuk finishing. Selain itu mortar juga sebagai plesteran saat akan memasang keramik. Mortar tipe K adalah campuran yang juga memiliki kekuatan tekan rendah. Kekuatan tekan minimumnya adalah 5,25 kg/cm².

2.2. Arang kayu

Arang kayu (AK) adalah Limbah residu padat yang tersisa setelah kayu mengalami proses pembakaran atau karbonisasi untuk menghasilkan arang. Limbah ini biasanya berupa serbuk arang dan pecahan kecil arang kayu yang masih mengandung material karbon serta mineral anorganik dari kayu sumbernya. Residu ini sering dihasilkan dalam industri pembuatan arang, pengolahan kayu, atau produksi briket arang dari limbah kayu, dan belum dimanfaatkan sepenuhnya sehingga sering berakhir sebagai limbah padat. Limbah ini telah menjadi fokus penelitian karena potensinya dapat ditingkatkan nilai ekonominya, misalnya

sebagai pengganti sebagian semen yang menunjukkan bahwa limbah arang kayu bukan sekadar buangan, tetapi bisa menjadi peningkat atau memodifikasi kuat tekan, sekaligus mengurangi pemakaian semen.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan arang kayu cenderung memberikan efek beragam, tergantung bentuk pengolahan dan persentase penggunaannya. Namun, penggunaan yang berlebihan biasanya meningkatkan porositas dan menurunkan kekuatan campuran. Oleh karena itu, untuk meningkatkan atau memodifikasi kuat tekan, terutama ketika digunakan sebagai bahan tambah dalam proporsi terkontrol (Sudirman, 2023).

Selain itu, Penelitian internasional menunjukkan bahwa biochar atau serbuk arang dari limbah kayu berpotensi digunakan sebagai bahan pengisi (filler) dalam campuran mortar semen. Penambahan biochar dalam jumlah kecil, dilaporkan mampu meningkatkan kuat tekan, energi fraktur, serta beberapa sifat mekanik mortar, yang dikaitkan dengan efek filler dan mekanisme *internal curing* akibat struktur pori biochar yang mampu menyerap dan melepaskan air selama proses hidrasi. Selain itu, studi lain menyatakan bahwa penggunaan arang kayu hingga batas proporsi tertentu dapat memperbaiki mikrostruktur mortar dengan mengisi pori-pori dan meningkatkan densifikasi matriks semen. Namun, apabila kadar biochar ditambahkan secara berlebihan, sifat mekanik mortar cenderung menurun akibat meningkatnya porositas dan berkurangnya ikatan antar partikel pasta semen (Lescinskis et al., 2025).

2.3. Semen

Semen merupakan bahan pengikat utama yang digunakan dalam bidang konstruksi untuk menyatukan berbagai material lain, seperti agregat, Dalam campuran tersebut, semen berperan sebagai media pengikat yang menghubungkan partikel-partikel agregat melalui reaksi kimia dengan air. Proses hidrasi yang terjadi menyebabkan terbentuknya ikatan yang kuat dan stabil, sehingga menghasilkan struktur beton dan mortar yang memiliki kekuatan serta ketahanan jangka panjang terhadap beban dan pengaruh lingkungan (Binti Sayono et al., 2023).

Semen berfungsi sebagai perekat hidrolis untuk bahan bangunan, yang berarti ia akan mengeras saat dicampur dengan air. Terdapat tiga komponen utama dalam semen, yaitu: klinker/terak (70% sampai 95%), yang merupakan hasil dari pembakaran batu kapur, pasir silika, pasir besi, dan lempung. gipsum (sekitar 5%, digunakan untuk memperlambat proses pengerasan) dan bahan tambahan seperti batu kapur, pozzolan, dan lainnya. Apabila proporsi bahan ketiga tersebut tidak melebihi 3%, biasanya masih dianggap memenuhi standar kualitas OPC (Ordinary Portland Cement) tipe I. Namun, jika persentase bahan ketiga lebih besar dari 3% hingga 25%, maka semen tersebut akan berubah menjadi PCC (*Portland Composite Cement*). Dengan kata lain, PCC memiliki kadar klinker yang lebih sedikit (biasanya 75%) dan digantikan dengan bahan seperti kapur dan pozzolan(Ibrahim, 2021)

2.3.1. Bahan alternatif subsitusi semen

Penggunaan arang kayu atau biochar sebagai substitusi sebagian semen pada mortar dipengaruhi oleh karakteristik fisik dan kimianya, terutama ukuran partikel yang halus serta kandungan karbon dan mineral anorganik. Partikel biochar yang berukuran berperan sebagai filler yang mengisi pori-pori mikro pada pasta semen sehingga meningkatkan kerapatan mikrostruktur. Selain itu, kandungan karbon yang tinggi serta keberadaan silika (SiO_2), besi (Fe), dan kalium (K) yang memungkinkan biochar memberikan kontribusi terhadap proses hidrasi, penggunakan variasi substitusi biochar sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% dengan faktor air semen (FAS) 0,45; 0,50; dan 0,55. Pada umur 28 hari, penggunaan FAS 0,45 menunjukkan hasil terbaik, di mana kuat tekan mortar normal sebesar 31,00 MPa meningkat menjadi 36,36 MPa pada substitusi 2%, 39,86 MPa pada 4%, dan mencapai nilai optimum 40,79 MPa pada 6% biochar. Ketika kadar biochar ditingkatkan menjadi 8%, kuat tekan menurun menjadi 37,12 MPa, namun masih lebih tinggi dibandingkan mortar normal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan biochar dalam kadar optimum, khususnya 6%, mampu meningkatkan kuat tekan mortar melalui efek pengisian pori (*filler effect*) dan perbaikan mikrostruktur. Oleh karena itu, arang kayu berpotensi digunakan sebagai substitusi parsial semen untuk meningkatkan performa mortar sekaligus mendukung

pemanfaatan limbah biomassa sebagai material konstruksi yang lebih berkelanjutan (Choo et al., 2025).

Abu sekam padi merupakan limbah pertanian berkandungan silika tinggi yang berpotensi dimanfaatkan sebagai substitusi sebagian semen pada mortar. Penggunaannya terbukti mampu meningkatkan kuat tekan dengan porositas yang masih memenuhi batas yang diperbolehkan, sehingga dapat mengurangi penggunaan semen tanpa menurunkan kinerja mekanik mortar. Oleh karena itu, abu sekam padi berpotensi menjadi material konstruksi yang lebih ramah lingkungan melalui pemanfaatan limbah pertanian secara optimal(Basman et al., 2025), Penggunaan abu sekam padi sebagai substitusi sebagian semen pada mortar dengan variasi 0%, 3%, 5%, 7%, dan 10% serta faktor air semen (FAS) 0,35 dan 0,40 terbukti memberikan pengaruh terhadap kuat tekan mortar. Pada FAS 0,35, kuat tekan mortar normal sebesar 6,47 MPa meningkat menjadi 6,67 MPa pada substitusi 3%, mencapai nilai optimum 6,87 MPa pada 5%, kemudian menurun menjadi 5,89 MPa pada 7% dan 4,32 MPa pada 10%. Sementara itu, pada FAS 0,40, kuat tekan mortar normal sebesar 6,87 MPa, tetap 6,87 MPa pada substitusi 3%, meningkat menjadi 7,06 MPa pada 5%, kemudian menurun menjadi 6,57 MPa pada 7% dan 5,10 MPa pada 10%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa substitusi abu sekam padi sebesar 5% merupakan komposisi optimum karena mampu meningkatkan kuat tekan mortar, sedangkan penggunaan di atas kadar tersebut menyebabkan penurunan kekuatan akibat berkurangnya proporsi semen aktif dalam campuran(Tarigan, 2025).

Pemanfaatan material sisa atau limbah menjadi salah satu alternatif untuk mengoptimalkan penggunaan limbah sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap bahan utama penyusun beton yang berasal dari sumber daya alam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton yang dihasilkan melalui penggunaan fly ash sebagai bahan pengganti sebagian semen. Ditinjau dari karakteristiknya, fly ash memiliki potensi untuk digunakan sebagai substitusi semen, serta mampu menurunkan kandungan kapur bebas yang terbentuk akibat proses hidrasi semen dengan air(Muharram & Walujodjati, 2021), Penggunaan fly ash sebagai substitusi sebagian semen pada mortar dengan variasi 0%, 10%, dan 15% menggunakan semen Portland Composite Cement (CPC-30R) memberikan

pengaruh terhadap kuat tekan mortar pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari. Pada umur 28 hari, kuat tekan mortar normal sebesar 17,38 MPa meningkat menjadi 17,00 MPa pada substitusi 10% dan mencapai 17,45 MPa pada substitusi 15%. Meskipun pada umur awal (3 hari) kuat tekan mortar dengan fly ash lebih rendah dibandingkan mortar normal, yaitu 12,57 MPa pada substitusi 10% dan 12,06 MPa pada substitusi 15%, perkembangan kekuatan yang terjadi selama proses curing menyebabkan nilai kuat tekan pada umur 28 hari hampir menyamai bahkan sedikit melampaui mortar normal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa substitusi fly ash sebesar 15% merupakan komposisi optimum pada penelitian ini karena menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 17,45 MPa, yang sedikit lebih tinggi dibandingkan mortar normal sebesar 17,38 MPa. Peningkatan tersebut disebabkan oleh reaksi pozzolanik fly ash yang menghasilkan tambahan gel C-S-H sehingga memperbaiki ikatan antara pasta semen dan agregat serta membuat struktur mortar menjadi lebih padat(Juárez et al., 2023)

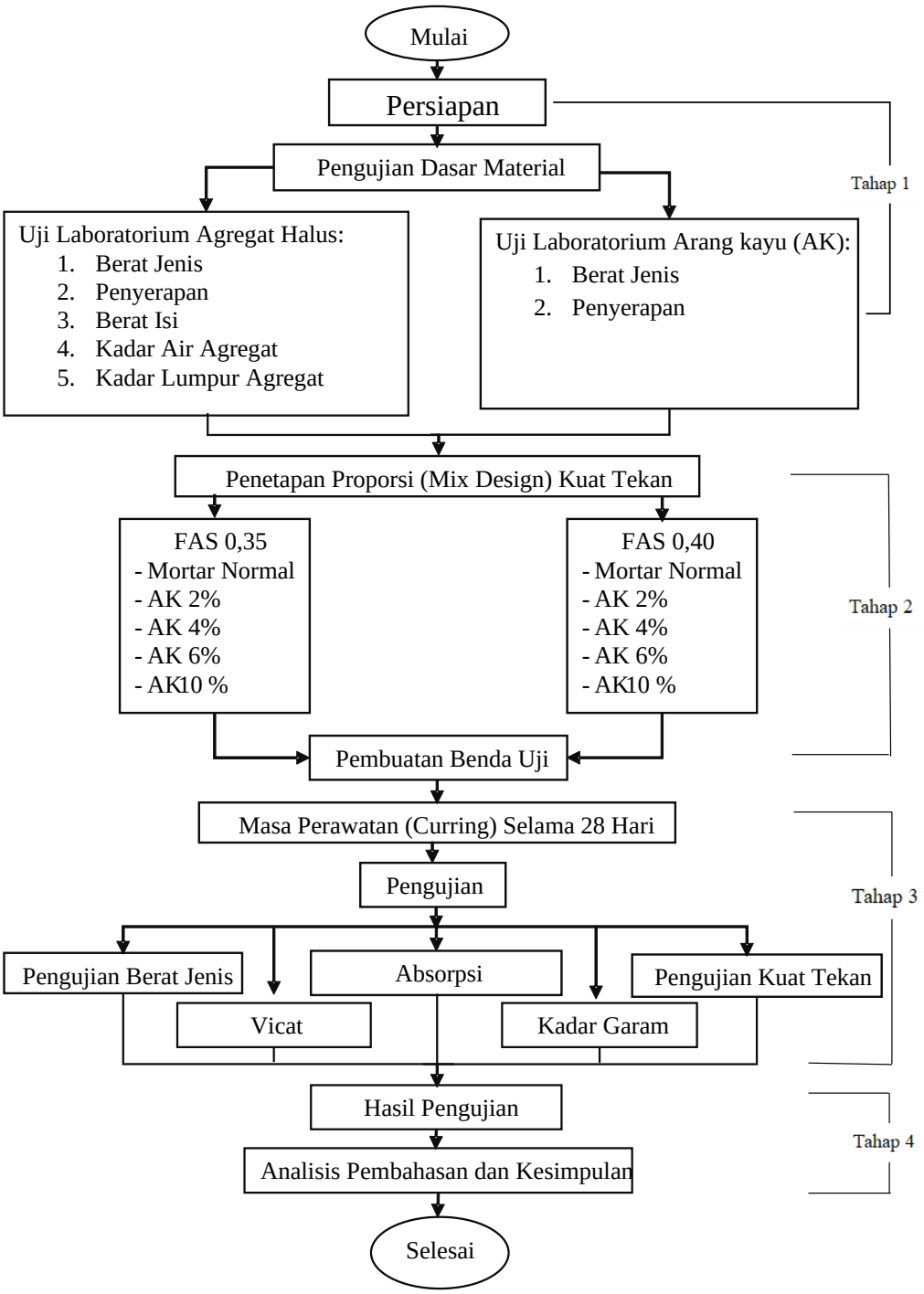
Abu ampas tebu merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pembakaran ampas tebu dan mengandung silika dalam kadar yang cukup tinggi, sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam campuran beton. Pemanfaatan abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen diharapkan mampu menekan penggunaan semen sekaligus mengoptimalkan pemanfaatan limbah industri gula yang ketersediaannya cukup melimpah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan substitusi sebagian semen terhadap kuat tekan beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan abu ampas tebu sebagai pengganti sebagian semen memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton yang dihasilkan (Rahman Rambe et al., 2025) Penggunaan abu ampas tebu (Sugarcane Bagasse Ash/SCBA) sebagai substitusi sebagian semen pada mortar dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% menggunakan Ordinary Portland Cement (OPC) memberikan pengaruh terhadap kuat tekan mortar pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari. Abu ampas tebu yang digunakan merupakan hasil pembakaran terkendali pada suhu 600°C selama 2 jam (HT-BA). Pada umur 28 hari, kuat tekan mortar normal sebesar 24,50 MPa meningkat menjadi 27,30 MPa pada substitusi 5%, kemudian sedikit menurun menjadi 26,10 MPa pada substitusi 10%, dan terus menurun menjadi 23,20 MPa,

20,70 MPa, dan 19,10 MPa masing-masing pada substitusi 15%, 20%, dan 25%. Pada umur awal 3 hari, kuat tekan mortar normal sebesar 9,26 MPa meningkat menjadi 9,40 MPa pada substitusi 5%, kemudian sedikit menurun menjadi 9,10 MPa pada substitusi 10%, serta mengalami penurunan yang lebih besar pada variasi 15%, 20%, dan 25%, yaitu berturut-turut sebesar 7,32 MPa, 6,12 MPa, dan 5,71 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa substitusi abu ampas tebu sebesar 5% merupakan komposisi optimum karena menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 27,30 MPa, lebih tinggi sekitar 11,4% dibandingkan mortar normal. Peningkatan kuat tekan tersebut disebabkan oleh sifat pozzolanik abu ampas tebu yang kaya silika amorf sehingga bereaksi dengan kalsium hidroksida hasil hidrasi semen membentuk tambahan gel C-S-H, sekaligus mengisi rongga-rongga halus dalam mortar sehingga struktur menjadi lebih padat. Sebaliknya, penggunaan abu ampas tebu di atas 10% menyebabkan penurunan kuat tekan akibat berkurangnya kandungan semen aktif, meningkatnya kebutuhan air, dan bertambahnya porositas mortar(Seyoum et al., 2021)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir



Gambar 3.1 : Diagram Alir

Penelitian ini akan dilakukan menggunakan metode eksperimen di laboratorium, dengan melaksanakan beberapa jenis uji coba berdasarkan data yang sudah dirancang sebelumnya. Kegiatan penelitian berlangsung di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Proses penelitian dibagi menjadi lima tahap utama, yaitu:

1. Tahap I:

   Tahap awal ini, dilakukan persiapan bahan berupa agregat halus, semen, air, dan arang kayu. Selain itu, pengujian dasar juga dilakukan pada sampel agregat halus dan arang kayu, meliputi pengukuran berat jenis, penyerapan, berat isi, kadar air dan kadar lumpur.
2. Tahap II:

   Fase ini meliputi perencanaan komposisi mortar, pembuatan benda uji. Perhitungan proporsi campuran menggunakan acuan dari Metode Standar Nasional Indonesia (SNI).
3. Tahap III:

   Pengujian kekuatan tekan mortar dilakukan pada berbagai variasi campuran. Pada tahap ini dibuat 30 cetakan berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm, kemudian direndam selama 28 hari.
4. Tahap IV:

   Dari data yang diperoleh dari pengujian sebelumnya dianalisis untuk membahas hasil penelitian dan menjadi dasar dalam penyusunan kesimpulan penelitian.

3.2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan mortar dengan memanfaatkan Arang kayu sebagai bahan pengganti semen adalah metode eksperimental laboratorium. Metode ini dilakukan dengan membuat sampel benda uji berupa mortar dengan menggunakan 2 jenis FAS sebesar 0,35 dan 0,40. Kemudian selanjutnya untuk penggantian sebagian semen dengan Arang kayu dilakukan dengan variasi 4%, 6%, 8%, 10%.

3.3. Sumber-Sumber Data Dalam Penelitian

Suatu motode atau langkah yang digunakan untuk menyelesaikan masalah melalui proses pengumpulan, pencatatan, serta pengkajian dan analisis data yang diperoleh. Dalam penelitian ini, penyelesaian masalah sangat bergantung pada data pendukung yang telah dikumpulkan sebelumnya. Data tersebut diperoleh dari: Data Primer

1. Data primer

   Merupakan informasi yang diperoleh langsung dari eksperimen di laboratorium, meliputi pengukuran berat jenis dan penyerapan pasir, analisis berat isi pasir, penentuan kadar lumpur dan kadar air pada pasir, serta pengujian perbandingan campuran mortar dan kekuatan tekan mortar
2. Data Sekunder

   Data sekunder didapatkan dari berbagai jurnal dan buku yang membahas teknik mortar (literatur), serta melalui konsultasi langsung dengan dosen pembimbing. Selain itu, data juga mencakup standar yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) dan hasil penelitian-penelitian mortar terdahulu.

3.4. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Sipil Universitas laboratorium. Untuk waktu penelitian dilakukan selama 4 bulan yaitu pada bulan Februari s/d Mei, jenis penelitian ini adalah penelitian dengan metode eksperimen.

Tabel 3.1 : Jadwal penelitian

Tahap	No	Uraian Kegiatan	Februari				Maret				April				Mei			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	Persiapan Bahan																
	2	Persiapan Alat																
	3	Proses Penimbangan dan Proses Oven Bahan Sampel yang Akan Diuji																
2	4	Proses Pembuatan Sampel																
3	5	Proses Perendaman Sampel																
	6	Proses Pengujian Mortar																
4	7	Pengolahan data dan laporan																

3.5. Alat dan Bahan

3.5.1. Alat

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

1. Satu set saringan untuk agregat halus.

   Saringan agregat halus yang akan digunakan dalam pengujian. No. 4, No. 8, No. 16, . 30, No. 50, dan No. 100,.



Gambar 3.2 : Satu set saringan agregat halus.

2. Oven

Oven laboratorium digunakan oven listrik pengering / *drying oven* dengan kapasitas 60-250 liter dan suhu maksimal 300 °C. Proses pengeringan dilakukan pada suhu 105 ± 5°C selama 24 jam atau hingga berat sampel konstan.



Gambar 3.3 : Oven

3. Ember.

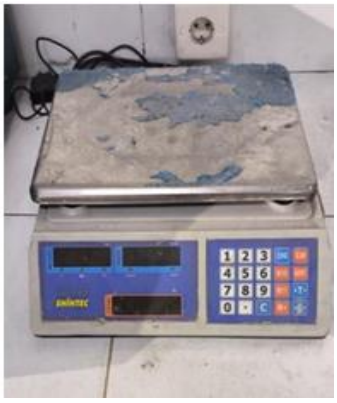
Ember digunakan sebagai wadah sementara untuk menampung bahan penelitian seperti pasir, semen, arang kayu, dan air pencampur. Ember yang digunakan berbahan plastik tebal dengan kapasitas 20 liter,



Gambar 3.4 : Ember

4. Timbangan digital.

   Timbangan digital yang digunakan jenis timbangan analitik (*analytical balance*) Kapasitas timbangan yang digunakan adalah 30 kg dengan ketelitian 0,01 g.



Gambar 3.5 : Timbangan Digital

5. Plastik ukuran 5 kg.

   Plastik berkapasitas 10 kg digunakan untuk menampung dan mengemas bahan penelitian seperti pasir, semen, arang kayu, dan serat polypropylene. Plastik terbuat dari bahan polietilena yang tahan air dan kelembapan, dengan kapasitas ±10 kg material. Penggunaan plastik ini bertujuan menjaga bahan tetap bersih, mencegah pencampuran dengan kotoran, serta memudahkan proses penimbangan dan pemindahan bahan di laboratorium.



Gambar 3.6 : Plastik

6. Kuas.

   Kuas digunakan untuk membersihkan cetakan benda uji dari sisa mortar atau debu, serta untuk mengoleskan minyak pelumas pada permukaan cetakan agar memudahkan proses pembongkaran benda uji.



Gambar 3.7 : Kuas

7. Sekop tangan.

   Sekop tangan digunakan untuk memindahkan material seperti pasir, semen, arang kayu, dan campuran mortar dari wadah ke cetakan uji. Alat ini terbuat dari baja, memiliki panjang sekitar 35 cm dan lebar bilah 10 cm,



Gambar 3.8 : Sekop tangan.

8. Pan.

   Pan digunakan sebagai wadah penampung sementara agregat saat proses penimbangan atau pengeringan.



Gambar 3.9 : Pan

9. Piknometer.

   Piknometer digunakan untuk menentukan berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus. Alat ini berbentuk botol logam dengan kapasitas 500 ml, dilengkapi tutup berlubang untuk mengeluarkan kelebihan air. Pengujian dilakukan dengan suhu air 23 ± 2°C.



Gambar 3.10 : Piknometer.

10. Kawat kasa dan kaki tiga.

    Kawat kasa ini terbuat dari anyaman kawat baja yang dilapisi keramik pada bagian tengahnya. Kawat kasa diletakkan di atas kaki tiga, yang berfungsi sebagai penopang saat pemanasan menggunakan nyala api. Kaki tiga terbuat dari besi dengan tinggi 15 cm, dirancang untuk menopang kawat kasa dan wadah dengan stabil sehingga proses pemanasan dapat berlangsung aman dan merata.



Gambar 3.11 : Kaki tiga dan kawat kasa.

11. Spirtus.

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



Gambar 3.12 : Spirtus

12. Masker.

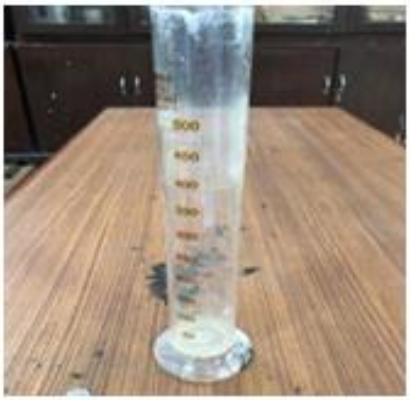
    Digunakan sebagai alat pelindung untuk menutup mulut atau wajah agar terhindar dari paparan debu dan kotoran..



Gambar 3.13 : Masker.

13. Gelas Ukur.

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



Gambar 3.14 : Gelas ukur.

14. Cetakan benda uji.

    Cetakan kubus berukuran 5 × 5 × 5 cm digunakan untuk membentuk benda uji mortar sesuai (SNI 03-6825-2002). Cetakan terbuat dari baja yang dapat dibongkar pasang dengan permukaan bagian dalam yang halus untuk memastikan bentuk benda uji presisi.



Gambar 3.15 : Cetakan mortar.

15. Bak perendam.

    Bak perendam digunakan untuk proses curing benda uji mortar selama periode tertentu sebelum dilakukan pengujian kuat tekan..



Gambar 3.16 : Bak perendam.

16. Sarung tangan.

    Digunakan untuk melindungi tangan pada saat pelaksanaan penelitian



Gambar 3.17 : Sarung tangan.

17. Mesin pengaduk (bor).

    Penggunaan mesin pengaduk bertujuan untuk mendapatkan campuran yang merata sesuai komposisi rancangan sehingga mutu benda uji lebih konsisten.



Gambar 3.18 : Mesin pengaduk.

18. Mesin pengujian kuat tekan.

    Alat ini digunakan untuk mengukur kekuatan tekan maksimum 50 ton. Proses pengujian dilakukan sesuai (SNI 03-6825-2002)hingga benda uji hancur dan nilai beban maksimum digunakan untuk menghitung kuat tekan mortar.



Gambar 3.19 : Mesin uji kuat tekan.

3.5.2. Bahan

Komponen bahan pembentuk mortar yang digunakan yaitu:

1. Semen

   Jenis semen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang PCC (Portland Composit Cement) yang memenuhi standar SNI 7064:2022. Semen portland merupakan jenis semen hidrolis yang diproduksi melalui

proses penghalusan klinker yang sebagian besar mengandung silikat kalsium dengan sifat hidrolis, ditambah dengan gips sebagai material tambahan.



Portland Composite Cement (PCC)
Product Quality

	Item	Unit	Specifications			Indocement Quality Range		
			SNI 7064:2014	EN 197-1:2011 42.5 N	42.5 R			
	PHYSICAL PROPERTIES							
1.	Air Content of Mortar, Volume	%	≤ 12.0			4.0	-	8.0
2.	Fineness, Specific surface	m2/kg	≥ 280			400	-	480
3.	Autoclave							
	- Expansion	%	≤ 0.80			0.05	-	0.35
	- Shrinkage	%	≤ 0.20			0.01	-	0.20
4.	Compressive Strength (SNI)							
	- 3 days	kg/cm^2	≥ 130			160	-	180
	- 7 days	kg/cm^2	≥ 200			220	-	245
	- 28 days	kg/cm^2	≥ 280			290	-	340
5.	Setting Time (vicat)							
	- Initial	minutes	≥ 45	≥ 60	≥ 60	130	-	165
	- Final	minutes	≤ 375			230	-	280
6.	False set	%	≥ 50			70	-	77
	CHEMICAL PROPERTIES							
1.	SO3	%	≤ 4.0	≤ 3.5	≤ 4.0	1.5	-	2.0
2.	Chloride	%		≤ 0.1	≤ 0.1	0.001	-	0.01

Gambar 3.20 : Semen PCC.

2. Agregat halus

Dalam penelitian ini, pasir yang digunakan sebagai agregat halus berasal dari daerah Binjai. Menurut standar (SK SNI T-15-1991-03), agregat halus untuk campuran beton dapat berupa pasir alami yang terbentuk dari proses pelapukan batuan secara alamiah maupun pasir artifisial yang diproduksi melalui proses pemecahan batuan menggunakan mesin, dengan rentang ukuran butiran antara 0,15 mm hingga 5 mm.



Gambar 3.21 : Agregat halus.

3. Air

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



Gambar 3.22 : Air bersih.

4. Arang kayu

Arang kayu yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari toko di sekitaran medan



Gambar 3.23 : Arang kayu

3.6. Pemeriksaan Bahan

3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Menurut (SNI-1970-2008), agregat halus merupakan agregat ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm (No. 4). Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM-C128-22) 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.
2. Menyiapkan pasir yang lolos saringan No.4.
3. Mengeringkan agregat halus yang jenuh air sampai kondisi kering dengan kondisi contoh tercurah dengan baik (SSD).
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 makan didapatkan agregat dalam kondisi SSD.
8. Menimbang contoh agregat sebanyak 500gram.
9. Menimbang dengan keadaan piknometer terisi air.
10. Membuang air yang ada di dalam piknometer.
11. Memasukkan agregat halus kedalam piknometer dengan menggunakan corong dan mengisinya dengan air sehingga penuh, kemudian menimbang dan mencatat.
12. Memanaskan piknometer yang telah berisi air serta agregat halus tersebut selama ±15 menit.
13. Mengangkat dan menggoyangkan piknometer tersebut, setiap 5 menit sekali untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkat.
14. Meendam piknometer kedalam ember berisi air selama ±24 jam.
15. Setelah ±24 jam, mengeluarkan agregat halus dari piknometer dan menurunkan kedalam wadah sehingga tidak ada lagi agregat halus yang tertinggal pada piknometer.
16. Memasukkan wadah yang berisi agregat halus ke dalam oven dan mengeringkan kedalam oven selama ±24 jam.
17. Mengeluarkan wadah di dalam oven lalu menimbang dan mencatatnya.

Nilai-nilai tersebut diperoleh melalui perhitungan dengan formula sebagai berikut:

a. Berat jenis contoh kering

$$\frac{E}{(B + D - C)} \quad (3.1)$$

b. Berat jenis contoh SSD

$$\frac{B}{(B + D - C)} \quad (3.2)$$

c. Berat jenis contoh semu

$$\frac{E}{(E + D - C)} \quad (3.3)$$

d. Penyerapan

$$\frac{E}{(E + D - C)} \text{ X } 100\% \quad (3.4)$$

Keterangan :

B = Berat contoh SSD.

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

D = Berat piknometer jenuh air.

C = Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air.

3.6.2 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.
2. Aggregat dalam kondisi kering oven.
3. Meletakan agregat halus kedalam pan.
4. Menimbang wadah baja.
5. Mengukur dimensi wadah untuk mengetahui volume wadah kemudian mencatatnya.
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).
2. Setelah penuh kemudian meratakan permukaan wadah dengan mistar perata.
3. Kemudian menimbangnya benda uji + wadah dan mencatatnya.

b. Cara penusukan

1. Memasukan benda uji kedalam wadah sebanyak 1/3 tinggi wadah kemudian menusuknya dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali, lakukan hal yang sama untuk ketinggian 2/3 dan ketinggian yang penuh.
2. Menambahkan kembali benda uji kedalam wadah hingga penuh kemudian meratakannya dengan mistar perata.
3. Kemudian menimbangnya (benda uji + wadah) dan mencatatnya.

c. Cara penggoyangan

1. Memasukan benda uji kedalam wadah sebanyak 1/3 tinggi wadah kemudian menggoyangkan dengan cara mengangkat salah satu sisi wadah secara bergantian sebanyak 25 kali, lakukan hal yang sama untuk ketinggian 2/3 dan ketinggian penuh.
2. Menambah kembali benda uji kedalam wadah hingga penuh kemudian meratakannya menggunakan mistar perata.
3. Kemudian menimbang dan mencatatnya.

3.6.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus bertujuan untuk menentukan persentase lumpur yang terdapat dalam agregat. Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (SNI ASTM C117 2012) serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar lumpur agregat halus.

1. Peralatan
    a. Saringan no.
    b. Timbangan digital
    c. Oven
    d. Kain lap
    e. . Ember

f. Wadah
g. Sekop tangan
h. Pan
i. Sarung tangan

2. Bahan
   a. Agregat halus (pasir)

3. Prosedur
   a. Menyiapkan alat dan bahan.
   b. Mengambil contoh bahan, lalu diayak dengan saringan No.4 dan mengambil agregat yang lolos saringan.
   c. Menimbang berat contoh setelah diayak.
   d. Mengambil air dengan ember untuk mencuci agregat.
   e. Mencuci contoh bahan tersebut dengan air bersih yang telah disiapkan, lalu menyaringnya dengan saringan No.200 dan masukkan kedalam wadah.
   f. Melalukan prosedur nomor 4 dan nomor 5 secara berulang-ulang supaya tidak mengandung kadar lumpur lagi.
   g. Memasukkan benda uji kedalam oven selama ±24 jam hingga berat konstan.
   h. Mengeluarkan contoh bahan yang telah dioven selama ±24 jam, lalu mendinginkan beberapa saat, lalu ditimbang.
   i. Menghitung persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah mencucinya.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$C = A - B \tag{3.5}$$

$$D = \frac{C}{A} \times 100\% \tag{3.6}$$

Keterangan :

A = Berat contoh kering.

B = Berat contoh kering setelah dicuci.

C = Berat kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci.

D = Persentase kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci.

3.6.4 Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air agregat halus berfungsi mengetahui kadar air yang terkandung dalam pasir. Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (SNI 1971-2011) serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar air agregat halus.

1. Alat
   a. Timbangan digital.
   b. Wadah
   c. Oven
2. Bahan
   a. Pasir
3. Prosedur
   a. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
   b. Menyaring sampel agregat halus yang lolos saringan no..4 sebesar 500 gram.
   c. Menimbang wadah yang akan digunakan sebagai wadah saat akan dimasukkan ke dalam oven.
   d. Mengambil contoh bahan saringan no.4 kemudian memasukkan ke dalam wadah dan menimbang nya.
   e. Mengeringkan contoh bahan ke dalam oven sampai halus konstan dengan suhu 105 ± 5℃ selama 24 jam.
   f. Mengeluarkan contoh bahan dari oven lalu mendiamkan nya hingga mencapai suhu ruang lalu ditimbang.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\frac{(W1 - W2)}{(W2 - W3)} \times 100\% \qquad (3.7)$$

Keterangan :

W1 = Pasir dalam keadaan SSD.

W2 = Pasir kering oven dan wadah.

W3 = Berat wadah.

3.6.5 Analisa Saringan Agregat Halus

Prosedur percobaan untuk metode analisis saringan gregat halus yang dilakukan dengan ketetapan:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan
2. Mengambil dan menimbang agregat halus sebanyak 2500 gr
3. Menyusun saringan sehingga membentuk satu set saringan No. 4; No. 8; No. 16; No.30; No. 50; No.100, No. 200 dan Pan
4. Kemudian menyaring agregat halus sampai benar-benar tersaring dengan sempurna.
5. Setelah tersaring dengan sempurna kemudian mengambil dan memasukkan agregat halus yang tertahan disetiap saringan ke dalam plastik.
6. Menimbang dan mencatat setiap agregat halus yang ertahan pada tiap-tiap saringan.
7. Membersihkan dan mengembalikan peralatan ke tempat semula.

3.6.6 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Arang kayu

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan Arang kayuberfungsi menentukan berat jenis Arang kayu dalam keadaan SSD.

1. Peralatan:
   a) Piknometer.
   b) Kompor spitus.
   c) Penyangga kaki tiga.
   d) Oven
   e) Ember
2. Bahan:
   a) Arang kayu
   b) Air
3. Prosedur
   a. Mempersiapkan alat dan bahan.
   b. Timbang piknometer dalam keadaan kosong, kemudian isi dengan air hingga penuh dan timbang kembali.

c. Kosongkan piknometer dari air, lalu masukkan sampel Arang kayu sebanyak 50 gram.
d. Isi kembali piknometer yang sudah berisi sampel dengan air hingga penuh.
e. Panaskan piknometer yang berisi sampel dan air selama tiga kali, masing masing selama 5 menit. Setiap 5 menit, angkat dan balikkan piknometer untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap.
f. Setelah tidak ada gelembung udara yang tersisa, tambahkan air ke dalam piknometer hingga mencapai batas garis, lalu timbang kembali. Biarkan piknometer hingga suhunya mencapai suhu ruangan.
g. Rendam piknometer di dalam bak berisi air dan biarkan selama kurang lebih 24 jam.
h. Setelah 24 jam, keluarkan piknometer dan tuangkan isinya ke dalam wadah yang telah ditimbang, pastikan tidak ada sampel Arang kayu yang tertinggal di dalam piknometer.
i. Masukkan wadah yang berisi sampel ke dalam oven dengan suhu 105 ± 5℃ selama 24 jam.
j. Setelah 24 jam, keluarkan wadah dari oven, biarkan hingga mencapai suhu ruangan, lalu timbang kembali.
k. Hitung hasil menggunakan rumus yang telah ditentukan.

Berat jenis contoh kering

$$\frac{E}{(B + D - C)} \quad (3.8)$$

Berat jenis contoh SSD

$$\frac{B}{(B + D - C)} \quad (3.9)$$

Berat jenis contoh semu

$$\frac{E}{(E + D - C)} \quad (3.10)$$

Penyerapan

$$\frac{(B - E)}{E} \, X \, 100\% \quad (3.11)$$

Keterangan :

B = Berat contoh SSD.

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

D = Berat piknometer jenuh air.

C = Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air.

3.6.7 Analisa Saringan Arang kayu

Prosedur percobaan ini untuk metode analisis saringan arang kayu yang dilakukan dengan ketetapan:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan
2. Mengambil dan menimbang arang kayu
3. Menyusun saringan sehingga membentuk satu set saringan No. 4; No. 8; No. 16; No.30; No. 50; No.100, No. 200 dan Pan
4. Kemudian menyaring arang kayu sampai benar-benar tersaring dengan sempurna.
5. Setelah tersaring dengan sempurna kemudian mengambil dan memasukkan arang kayu yang tertahan disetiap saringan ke dalam plastik.
6. Menimbang dan mencatat setiap agregat halus yang tertahan pada tiap-tiap saringan.
7. Membersihkan dan mengembalikan peralatan ke tempat semula.

3.7. Pelaksanaan Penelitian

3.7.1. Mix design

Mix design merupakan penetapan komposisi dari setiap komponen yang masuk ke pembuatan mortar untuk menhasilkan campuran yang memenuhi persyaratan kekuatan dan daya tahan yang diinginkan dan memiliki kemampuan pengerjaan yang diperlakukan agar proses kerja yang mudah.

Pada penelitian ini Arang kayu digunakan sebagai bahan alternatif menggantikan sebagian semen dengan variasi pembagian yang berbeda-beda sebesar 4%, 6%, 8%, dan 10%. 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 dan total kesuluruhan sempel sebanyak 30 sempel. Untuk lebih jelasnya jumlah sampel benda uji yang akan di buat terdapat pada tabel berikut ini.

Tabel 3.2 : Mix design

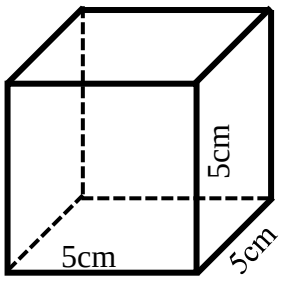
No	Tes	FAS	Semen	Pasir	AK	Tes	Jumlah Sampel
1	Normal	0,35	1	3	-	Cube 5x5x5	3
		0,40					3
2	Variasi	0,35	96%	3	4%	Cube 5x5x5	3
		0,40					3
		0,35	94%	3	6%	Cube 5x5x5	3
		0,40					3
		0,35	92%	3	8%	Cube 5x5x5	3
		0,40					3
		0,35	90%	3	10%	Cube 5x5x5	3
		0,40					3
	Jumlah						30

Benda uji ini berbentuk kubus dengan ukuran 5x5x5 cm dan berjumlah 30 sampel. Berikut penjelasannya:

1. Mortar normal: Terdapat 3 buah benda uji dengan FAS 0.35 dan 3 buah benda uji dengan FAS 0.40 umur mortar 28 hari untuk diambil data rata-ratanya.
2. Mortar campuran arang kayu: Terdapat variasi 4%, 6%, 8%, 10% dengan kombinasi 6 buah benda uji dengan FAS 0.35 dan 6 buah benda uji dengan FAS 0.40 umur mortar 28 hari untuk diambil data rata-ratanya.

Sesuai acuan : SNI 03-6882-2002 (Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan Bata) ASTM C109.

Dimensi Benda Uji:



Gambar 3.24: Dimensi Cetakan Mortar.

Menghitung campuran mortar dengan perbandingan 1:3

Berat cetakan mortar = 1766,7 gram

Volume Cetakan Mortar = 0,05 × 0,05 × 0,05

= 0,000125 m^3

Berat isi semen = 1250 kg/m^3

Berat isi paasir = 1400 kg/m^3

Volume jenis air = 1000 kg/m^3

Volume total = 1 m^3

- **Perbandingan semen dan pasir adalah 1 semen : 3 pasir**

  Penyebutan pasir dan semen disamakan → x

  x + 3x = 1 m^3

  4x = 1 m^3

  x = 0,25 m^3

- **Jumlah semen yang digunakan untuk 1 m^3**

  Semen = 1 → 1 × 0,25 = 0,25 m^3

  semen × berat isi semen = 0,25 × 1250

  = 312,5 kg

- **Jumlah pasir digunakan untuk 1 m^3**

  Pasir = 3 → 3 × 0,25= 0,75 m^3

  pasir × berat isi pasir = 0,75 × 1400

  = 1050 kg

- **Jumlah air yang digunakan untuk 1 m^3 (FAS 0,35)**

  Air (Ls) = jumlah semen × 0,35

  = 312,5 × 0,35

  = 109,375 kg

- **Jumlah air yang digunakan untuk 1 m^3 (FAS 0,40)**

  Air (Ls) = jumlah semen × 0,40

  = 312,5 × 0,40

  = 125 kg

❖ Mix Design Mortar Untuk Kuat Tekan

➢ FAS 0,35 dan FAS 0,40

- Mortar Normal

Semen = jumlah semen yang digunakan dalam $1m^3$ × volume cetakan mortar
= 312,5 × 0,000125
= 0,03906 kg/m^3

Pasir = jumlah pasir yang digunakan dalam $1m^3$ × volume cetakan mortar
= 1050 × 0,000125
= 0,13125 kg/m^3

Air = jumlah air yang digunakan dalam $1m^3$ FAS 0,35 × volume cetakan mortar
= 109,375 × 0,000125
= 0,01367 kg/m^3

- AK 4%

AK = (jumlah semen yang digunakan dalam $1m^3$ × 4%) × volume cetakan mortar
= (312,5 × 4%) × 0,000125
= 0,00156 kg/m^3

Semen = Berat semen mortar normal – AK 4%
= 0,03906 – 0.00156
= 0,03750 kg/m^3

Pasir = 0,13125 kg/m^3

Air = 0,01367 kg/m^3

3.7.2. Perawatan Mortar

Setelah mortar dilepaskan dari cetakannya, proses perawatan dilaksanakan dengan cara merendam spesimen dalam air hingga mencapai umur 28 hari. Saat pengujian kekuatan dilakukan, jumlah total sampel yang direncanakan untuk direndam adalah 30 buah benda uji.

3.8. Pelaksanaan pengujian benda uji

3.8.1. Pengujian Vicat

Waktu ikat semen merupakan proses perubahan pasta semen dari kondisi plastis menjadi kaku akibat reaksi hidrasi antara semen dan air. Pengujian Vicat digunakan untuk mengetahui karakteristik pengikatan semen sehingga dapat dipastikan bahwa semen yang digunakan masih memenuhi persyaratan teknis.Standar yang digunakan (ASTM C-191).

Pengujian Vicat bertujuan untuk menentukan waktu ikat awal (initial setting time) dan waktu ikat akhir (final setting time) dari pasta semen yang digunakan dalam campuran mortar. Waktu ikat semen sangat berpengaruh terhadap proses pengerjaan mortar, terutama dalam menentukan waktu pengadukan, pencetakan, dan perawatan (curing). Apabila semen memiliki waktu ikat yang terlalu cepat atau terlalu lambat, maka dapat mempengaruhi kualitas mortar yang dihasilkan.

Alat yang digunakan dalam pengujian Vicat meliputi:

1. Alat Vicat lengkap (jarum Vicat awal dan akhir)
2. Cetakan Vicat
3. Timbangan digital
4. Stopwatch
5. Gelas ukur
6. Spatula

Langkah-langkah pengujian Vicat adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan pasta semen dengan mencampurkan semen dan air sesuai dengan konsistensi standar.
2. Pasta semen dimasukkan ke dalam cetakan Vicat dan diratakan permukaannya.
3. Cetakan diletakkan di bawah jarum Vicat
4. Jarum Vicat dijatuhkan secara vertikal dan dicatat kedalaman penetrasinya.
5. Pengujian dilakukan secara berkala setiap interval waktu tertentu.
6. Waktu ikat awal ditentukan ketika jarum Vicat tidak lagi menembus pasta hingga batas tertentu.

7. Waktu ikat akhir ditentukan ketika jarum Vicat tidak lagi meninggalkan bekas pada permukaan pasta semen.

3.8.2. (Efflorescence)

Pengujian kadar garam dan pengamatan efloresensi dilakukan untuk mengetahui pengaruh keberadaan garam terlarut dalam mortar yang dapat memengaruhi kualitas, ketahanan, serta penampilan permukaan mortar. Garam yang terlarut dalam air pencampur atau media perawatan (*curing*) dapat bermigrasi ke permukaan mortar selama proses pengeringan dan membentuk endapan kristal berwarna putih yang dikenal sebagai efloresensi. Fenomena ini umumnya terjadi akibat reaksi antara garam terlarut dengan senyawa hasil hidrasi semen.Untuk standar yang digunakan (ASTM C1400).

Pemeriksaan kadar garam berfungsi untuk mengetahui kadar garam yang terkandung dalam mortar.Pengujian ini di lakukan dengan cara:

1. Benda uji mortar diletakkan pada lingkungan terbuka atau ruang dengan sirkulasi udara normal setelah proses curing.
2. Permukaan mortar diamati secara berkala untuk mendeteksi munculnya endapan kristal berwarna putih.
3. Tingkat *Efflorescence* diklasifikasikan berdasarkan intensitas kemunculannya, yaitu:
   a. Tidak ada
   b. Ringan
   c. Sedang
   d. Berat
4. Pengamatan didokumentasikan menggunakan foto untuk keperluan analisis dan pembahasan.

3.8.3. Pengujian kuat tekan

Berdasarkan (SNI 03-6825-2002), kuat tekan mortar adalah beban maksimum yang diterima per satuan luas pada benda uji mortar yang berbentuk kubus dengan ukuran dan umur tertentu. Ukuran mortar yang umum digunakan adalah kubus kecil dengan dimensi 5x5x5 cm.

Kuat tekan mortar merujuk pada kemampuan mortar untuk menahan gaya luar yang bekerja pada arah sejajar seratnya. Penting bagi mortar yang digunakan dalam bahan bangunan, terutama untuk pasangan dinding bata, batako, atau dinding lainnya, untuk memiliki kekuatan yang memadai. Kuat tekan mortar biasanya diukur dalam satuan megapaskal (MPa), yang menggambarkan nilai maksimum yang dapat dicapai.(Ali & Walujodjati, 2022).

Kuat tekan mortar dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma m = \frac{P}{A} \qquad (3.12)$$

Keterangan :

σm = Kuat Tekan mortar (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = luas penampang yang di bebani (mm^2)

Prosedur pengujian dilakukan pada umur mortar yang telah ditentukan, biasanya pada umur 7 hari atau 28 hari, untuk mendapatkan kekuatan yang representatif sesuai dengan standar yang berlaku. Pengujian kuat tekan ini sangat penting untuk memastikan bahwa mortar memenuhi spesifikasi yang diperlukan dalam aplikasi konstruksi.

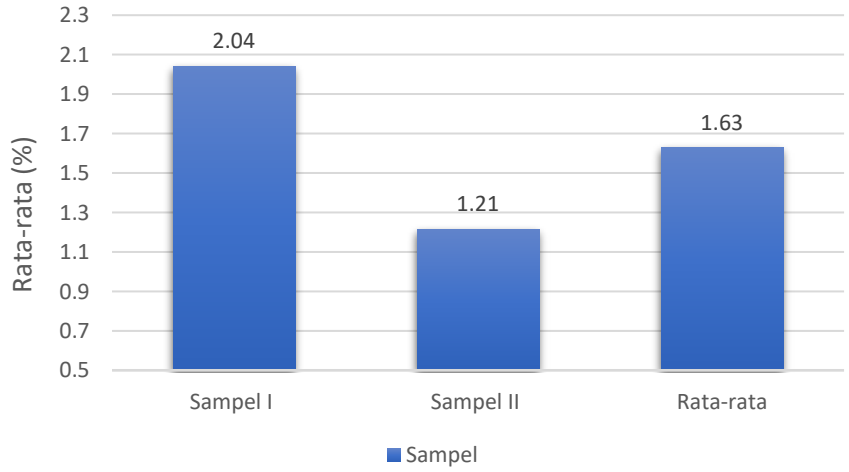
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Agregat Halus

4.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus didapatkan hasil sebagai berikut:

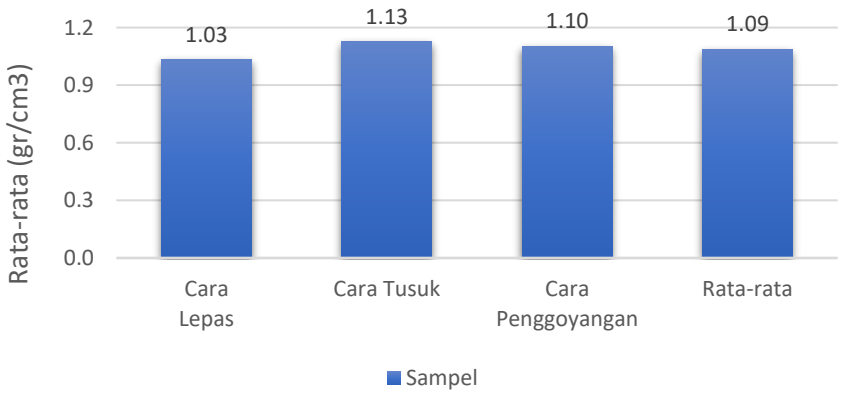


Gambar 4.1 : Grafik berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus, diperoleh nilai rata-rata berat jenis kering sebesar 2,66 gr, berat jenis pada kondisi Saturated Surface Dry (SSD) sebesar 2,70 gr, serta berat jenis semu sebesar 2,78 gr. Sementara itu, hasil pengujian juga menunjukkan bahwa nilai rata-rata penyerapan air dari kedua sampel mencapai 1,63%.

4.1.2 Berat Isi

Pada pengujian berat isi diperoleh hasil berdasarkan tiap cara pengujian dan diperoleh juga hasil yang beragam dari tiap macam cara pengujian.

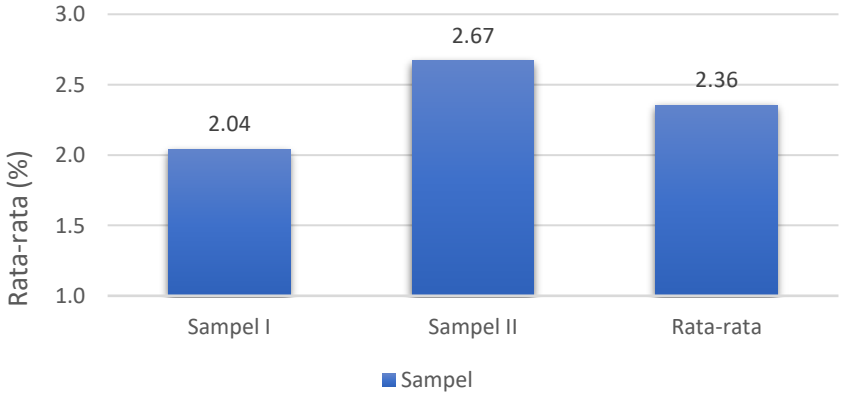


Gambar 4.2 : Grafik Berat Isi Agregat Halus

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat halus terendah diperoleh pada Cara Lepas sebesar 1,03 gr/cm³. Nilai tersebut kemudian meningkat pada Cara Penggoyangan menjadi 1,10 gr/cm³, sedangkan Cara Tusuk menghasilkan nilai tertinggi yaitu 1,13 gr/cm³. Secara keseluruhan, rata-rata berat isi agregat halus dari ketiga metode pengujian adalah 1,09 gr/cm³**,** yang menunjukkan adanya pengaruh metode pemadatan terhadap nilai berat isi yang diperoleh.

4.1.3 Pemeriksaan Kadar Air

Pada hasil pengujian kadar air didapatkan hasil dari pengujian sebagai berikut :

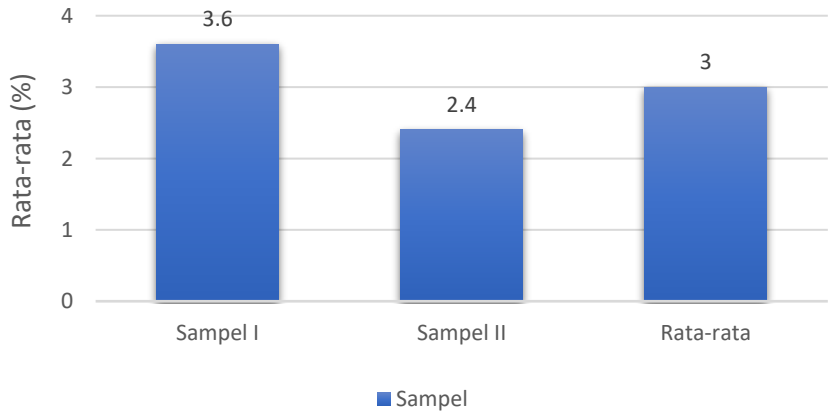


Gambar 4.3 : Grafik Berat pengujian kadar air

Dari hasil pengujian kadar air didapatkan nilai kadar air pada sampel 1 menunjukkan kadar air sebesar 2,04% dan pada sampel 2 sebesar 2,67% maka nilai rata-rata keseluruhannya adalah 2,36%.

4.1.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pada pengujian kadar lumpur didapatkan hasil sebagai berikut:

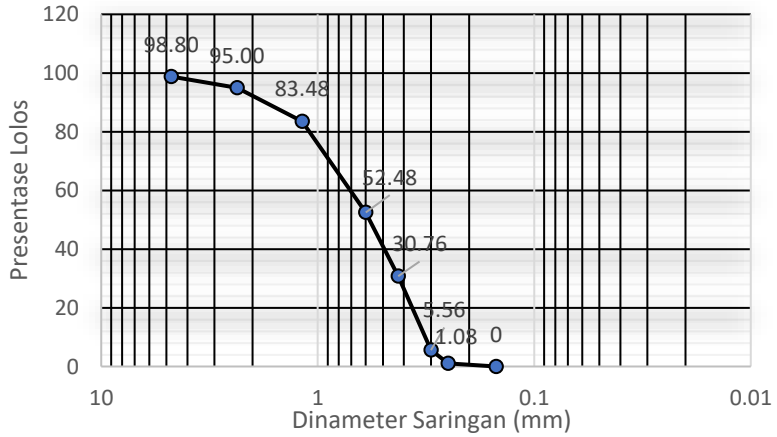


Gambar 4.4 : Grafik Kadar Lumpur Agregat Halus

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus diperoleh nilai persentase rata-rata sebesar 3%. Nilai ini masih memenuhi persyaratan yang diizinkan yaitu maksimum sebesar 5% (SK-SNI-04-1989), sehingga agregat layak untuk digunakan.

4.1.5 Analisa Saringan Agregat Halus

Pada pengujian analisa saringan yang telah di lakukan menurut (ASTM-C128-22, 2010) di dapat hasil sebagai berikut:



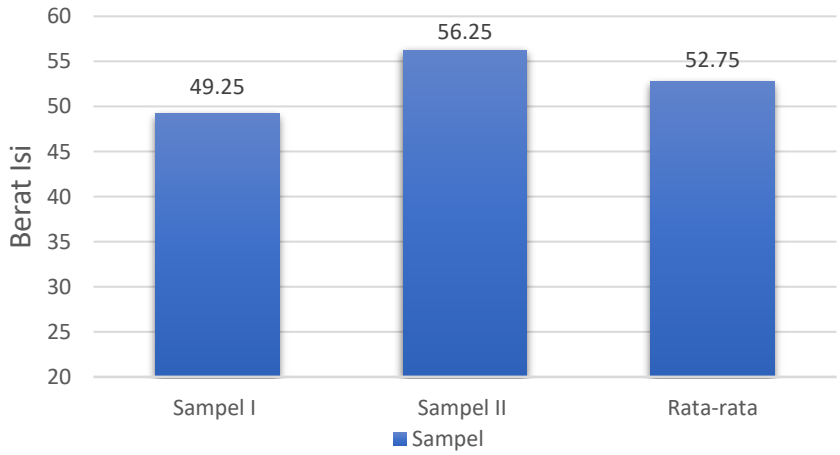
Gambar 4.5 : Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

Berdasarkan hasil analisa saringan, agregat halus yang digunakan didominasi oleh butiran berukuran sedang hingga halus, dengan persentase lolos saringan No.4 (98,80%), No.8 (95%), No.16 (83,48%), No.30 (52,48%), No.50 (30,76%), dan No.100 (5,56%), sedangkan material yang lolos saringan No. 200 hanya 1,08%. Rendahnya persentase material yang lolos saringan No. 200 mengindikasikan bahwa kandungan butiran sangat halus (debu) relatif kecil, sehingga agregat halus tersebut memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan penyusun mortar karena tidak mengandung partikel halus yang berlebihan. Distribusi gradasi yang cukup merata ini diharapkan mampu menghasilkan mortar dengan tingkat kepadatan yang baik, kebutuhan pasta semen yang lebih efisien, serta memberikan pengaruh positif terhadap kuat tekan.

4.2 Pemeriksaan Arang Kayu

4.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan air arang kayu didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 4.6 : Grafik Berat Jenis dan Penyerapan Arang Kayu

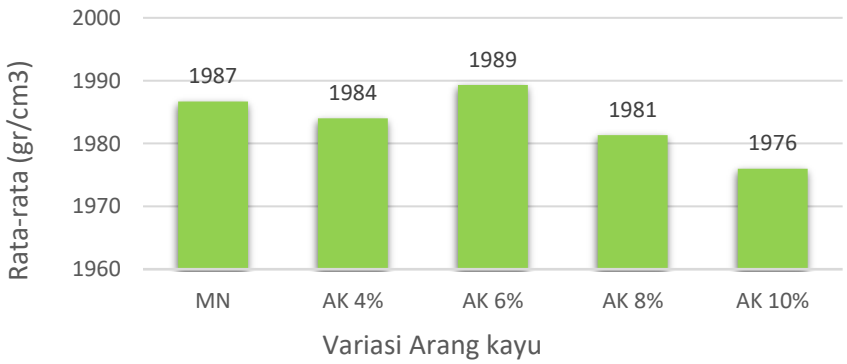
Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis dan penyerapan air arang dari 2 sampel dengan berat contoh SSD kering permukaan jenuh rata-rata sebanyak 100 gr maka pada percobaan ini didapatkan nilai rata-rata berat jenis contoh kering 1,31 gr, berat jenis contoh SSD 2,00 gr, dan berat jenis contoh semu 4,26 gr.

4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Mortar Kuat Tekan

4.3.1 Berat Jenis Mortar

Pada pengujian berat jenis yang dilakukan berdasarkan (SNI 2531:2015) didapatkan hasil berikut :

- FAS 0,35



Gambar 4.7 : Grafik Berat Jenis Mortar FAS 0,35

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis mortar dengan FAS 0,35 menunjukkan bahwa semakin besar persentase substitusi semen dengan arang kayu, maka nilai berat jenis mortar cenderung menurun. Mortar normal (MN) memiliki berat jenis sebesar 2,059 g/cm³, kemudian menurun menjadi 2,045 g/cm³ (AK 4%), 2,035 g/cm³ (AK 6%), 2,021 g/cm³ (AK 8%), dan 2,013 g/cm³ (AK 10%). Penurunan ini disebabkan oleh berat jenis arang kayu yang lebih rendah serta sifatnya yang berpori dibandingkan semen, sehingga menghasilkan mortar yang lebih ringan. Berdasarkan SNI 03-6825-2002, berat jenis merupakan parameter yang menunjukkan kepadatan mortar. Meskipun standar tersebut tidak menetapkan batas nilai berat jenis mortar, seluruh hasil pengujian masih berada pada kisaran berat jenis mortar normal, sehingga menunjukkan bahwa substitusi arang kayu hingga 10% masih menghasilkan mortar dengan karakteristik kepadatan yang baik.

- FAS 0,40



Gambar 4.8 : Grafik Berat Jenis Mortar FAS 0,40

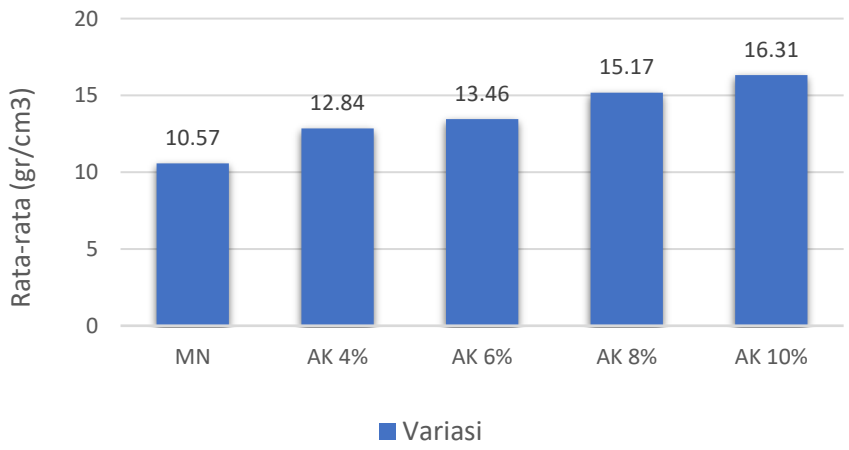
Dari hasil pengujian berat jenis mortar dengan FAS 0,40 menunjukkan bahwa peningkatan persentase substitusi semen menggunakan arang kayu menyebabkan nilai berat jenis mortar menurun secara bertahap. Mortar normal (MN) memiliki berat jenis sebesar 1,987 g/cm³**,** kemudian menurun menjadi 1,971 g/cm³ pada AK 4%, 1,963 g/cm³ pada AK 6%, 1,957 g/cm³ pada AK 8%, dan 1,944 g/cm³ pada AK 10%. Penurunan ini disebabkan oleh berat jenis arang kayu yang lebih rendah dan struktur pori yang tinggi dibandingkan semen, sehingga menghasilkan mortar yang

lebih ringan. Berdasarkan (SNI 03-6825-2002) berat jenis merupakan parameter yang menggambarkan kepadatan mortar. Meskipun standar tersebut tidak menetapkan batas nilai berat jenis mortar, seluruh hasil pengujian masih berada pada kisaran berat jenis mortar normal, sehingga menunjukkan bahwa penggunaan arang kayu sebagai substitusi semen hingga 10% masih menghasilkan mortar dengan kepadatan yang baik.

4.3.2 Penyerapan Mortar

Pada Pengujian ini, hasil penyerapan mortar dilakukan untuk mengetahui kemampuan mortar dalam menyerap air, Hasil pengujian diperoleh sebagai berikut:

- FAS 0,35

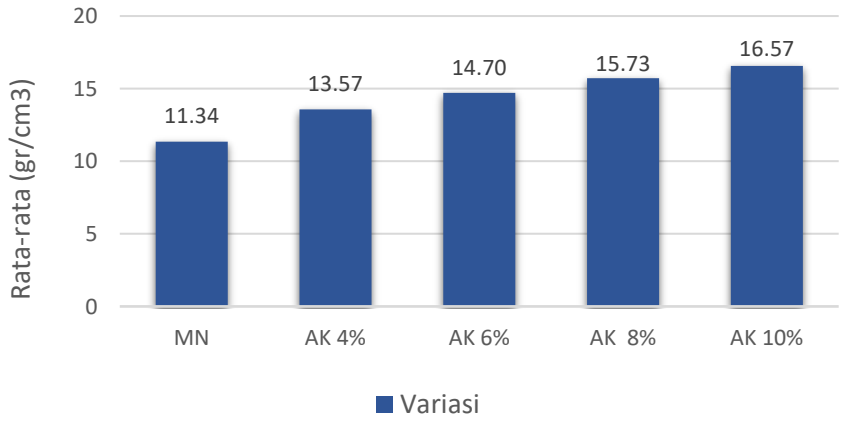


Gambar 4.9 : Grafik Penyerapan Mortar FAS 0,35

Hasil pengujian penyerapan air *(absorption)* mortar dengan FAS 0,35 menunjukkan bahwa semakin besar persentase substitusi semen menggunakan arang kayu, maka nilai penyerapan air mortar cenderung meningkat. Mortar normal memiliki nilai penyerapan sebesar 10,57%**,** kemudian meningkat menjadi 12,84% pada AK 4%, 13,46% pada AK 6%, 15,17% pada AK 8%, dan mencapai 16,31% pada AK 10%. Peningkatan nilai penyerapan ini disebabkan oleh sifat arang kayu yang memiliki struktur berpori dan daya serap air lebih tinggi dibandingkan semen, sehingga jumlah pori dalam mortar bertambah dan kemampuan menyerap air

meningkat. Mengacu pada (ASTM C642) mengenai pengujian densitas, penyerapan, dan rongga pada beton yang juga banyak dijadikan acuan dalam evaluasi material berbasis semen, serta (SNI 03-6825-2002) untuk pengujian mortar, nilai penyerapan merupakan indikator tingkat porositas material. Oleh karena itu, semakin tinggi nilai penyerapan yang diperoleh, semakin besar pula porositas mortar akibat peningkatan kadar substitusi arang kayu.

- FAS 0,40



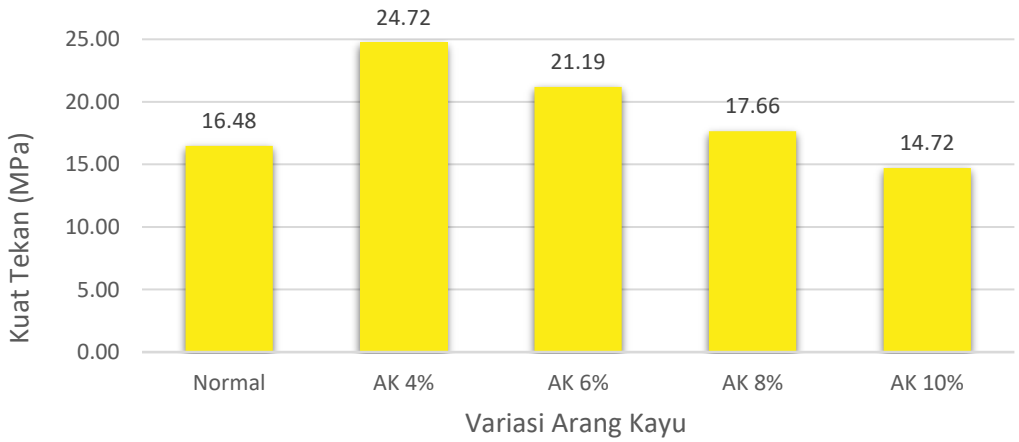
Gambar 4.10 : Grafik Penyerapan Mortar FAS 0,40

Dari Hasil pengujian penyerapan air *(absorpsi)* mortar dengan FAS 0,40 menunjukkan bahwa peningkatan persentase substitusi semen menggunakan arang kayu menyebabkan nilai penyerapan air mortar meningkat secara bertahap. Mortar normal memiliki nilai penyerapan sebesar 11,34%**,** kemudian meningkat menjadi 13,57% pada AK 4%, 14,70% pada AK 6%, 15,73% pada AK 8%, dan mencapai 16,57% pada AK 10%. Peningkatan ini disebabkan oleh sifat arang kayu yang memiliki struktur berpori dan kemampuan menyerap air lebih tinggi dibandingkan semen, sehingga porositas mortar semakin besar. Mengacu pada (ASTM C642, 2011)mengenai pengujian densitas, penyerapan, dan rongga pada material berbasis semen serta SNI 03-6825-2002 untuk pengujian mortar, nilai penyerapan merupakan salah satu indikator porositas material. Oleh karena itu, semakin tinggi kadar substitusi arang kayu, semakin besar kemampuan mortar menyerap air yang menunjukkan peningkatan porositas pada campuran mortar.

4.3.3 Nilai Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kemampuan mortar dalam menahan beban tekan. Hasil pengujian pada setiap variasi campuran didapat sebagai berikut:

- FAS 0,35

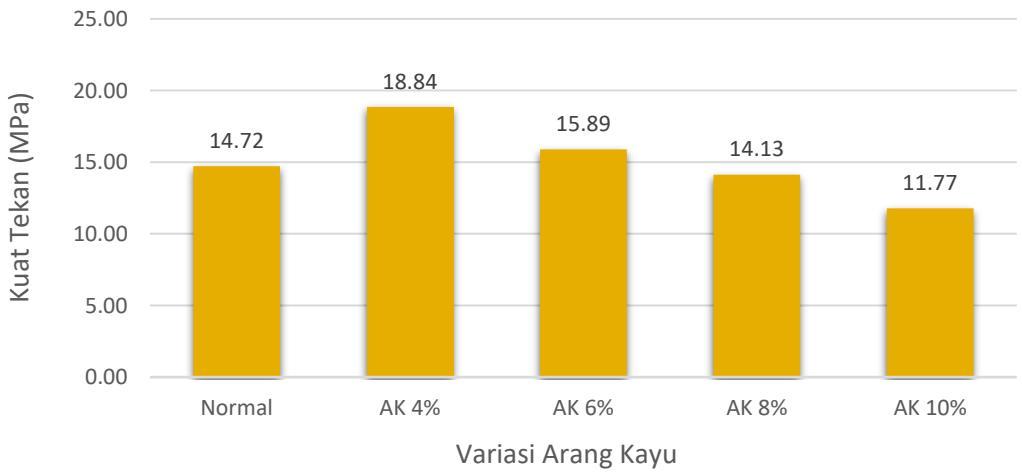


Gambar 4.11 : Grafik Kuat Tekan Mortar FAS 0,35

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan mortar dengan FAS 0,35 menunjukkan bahwa penggunakan arang kayu memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tekan mortar. Mortar normal memiliki kuat tekan sebesar 16,48 MPa, kemudian meningkat secara signifikan menjadi 24,72 MPa pada variasi AK 4%. Namun, dengan bertambahnya kadar substitusi, nilai kuat tekan mengalami penurunan berturut-turut menjadi 21,19 MPa pada AK 6%, 17,66 MPa pada AK 8%, dan 14,72 MPa pada AK 10%. Peningkatan kuat tekan pada variasi AK 4% menunjukkan bahwa penambahan arang kayu dalam jumlah kecil mampu berperan sebagai filler, sehingga mengisi rongga antarpartikel dan menghasilkan struktur mortar yang lebih padat. Sebaliknya, penggunaan arang kayu dalam kadar yang lebih tinggi menyebabkan berkurangnya jumlah semen sebagai bahan pengikat serta meningkatnya porositas mortar, sehingga kekuatan tekan menurun. Mengacu pada SNI 03-6825-2002 tentang metode pengujian kuat tekan mortar semen dan (ASTM C109/C109M) mengenai pengujian kuat tekan mortar hidrolis menggunakan benda uji kubus, hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi AK 4%

memberikan kuat tekan optimum, sedangkan substitusi di atas 4% cenderung menurunkan kekuatan mekanis mortar akibat berkurangnya efektivitas ikatan pasta semen.

- FAS 0,40



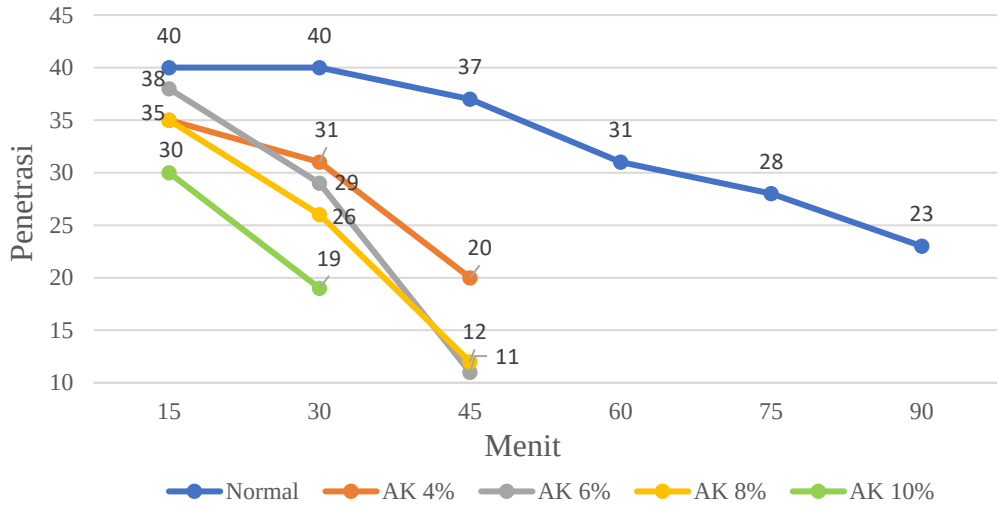
Gambar 4.12 : Grafik Kuat Tekan Mortar FAS 0,40

Dari hasil pengujian kuat tekan mortar dengan FAS 0,40 menunjukkan pola optimum yang serupa, di mana AK 4% menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 18,84 MPa dari 14,72 MPa pada mortar normal, namun kembali menurun pada AK 6% (15,89 MPa), AK 8% (14,13 MPa), dan AK 10% (11,77 MPa). Dikaitkan dengan SNI 03-6825-2002 dan (ASTM C270) mengenai kuat tekan mortar, nilai pada FAS 0,40 ini secara umum lebih rendah dibandingkan FAS 0,35, menunjukkan bahwa peningkatan rasio air-semen menurunkan kekuatan mortar, dan kadar AK optimum tetap berada pada kisaran 4%, sehingga penambahan AK di atas persentase tersebut perlu dibatasi agar kuat tekan mortar tetap memenuhi standar yang disyaratkan.

4.3.4 Pengujian Vicat

Pengujian Vicat dilakukan untuk mengetahui waktu ikat pasta semen pada setiap variasi campuran. Hasil pengujian yang diperoleh disajikan sebagai berikut:

➢ FAS 0,35

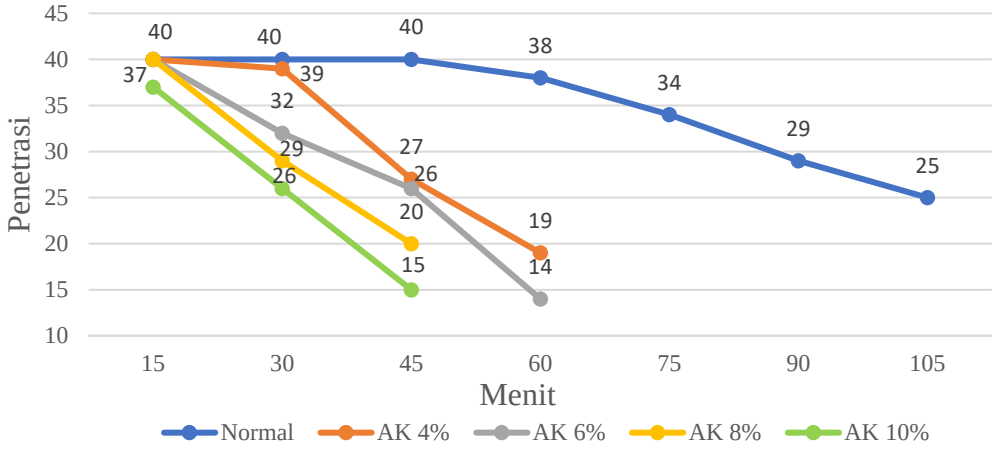


Gambar 4.13 : Grafik Uji Vicat FAS 0,35

Berdasarkan hasil pengujian Vicat pada pasta semen dengan nilai FAS 0,35, terlihat bahwa penambahan arang kayu sebagai substitusi sebagian semen menyebabkan waktu ikat awal (*initial setting time*) menjadi semakin cepat dibandingkan pasta semen normal. Pasta semen normal mencapai waktu ikat awal pada menit ke-90, sedangkan variasi AK 4%, AK 6%, AK 8%, dan AK 10% masing-masing mencapai waktu ikat awal pada menit ke-45, 45, 45, dan 30. Percepatan waktu ikat ini diduga dipengaruhi oleh karakteristik arang kayu yang memiliki struktur berpori dan luas permukaan tinggi sehingga mampu menyerap sebagian air pencampur, mengurangi jumlah air bebas dalam pasta, serta mempercepat hilangnya sifat plastis campuran. Selain itu, ukuran partikel arang yang sangat halus memungkinkan terjadinya efek *filler* yang meningkatkan kontak antarpartikel sehingga pasta lebih cepat mengalami pengakuan. Meskipun waktu ikat awal mengalami penurunan seiring meningkatnya persentase substitusi arang, seluruh variasi masih memenuhi persyaratan waktu ikat awal semen hidrolis menurut (ASTM C191)maupun (SNI 2049:2015) yaitu tidak kurang dari 45 menit**,** kecuali variasi AK 10% yang menunjukkan waktu ikat awal 30 menit, sehingga

berada di bawah batas minimum yang dipersyaratkan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa substitusi arang kayu hingga kadar tertentu masih dapat menghasilkan waktu ikat yang memenuhi standar, sedangkan penggunaan pada kadar yang lebih tinggi berpotensi menyebabkan proses berkurangnya air bebas yang dapat menyebabkan viskositas pasta meningkat dan kehilangan plastisitas terjadi lebih cepat.

- FAS 0,40



Gambar 4.14 : Grafik Uji Vicat FAS 0,40

Berdasarkan hasil pengujian Vicat pada pasta semen dengan nilai FAS 0,40, diperoleh bahwa peningkatan persentase substitusi arang kayu menyebabkan waktu ikat awal (*initial setting time*) menjadi lebih cepat dibandingkan pasta semen normal. Pasta semen normal mencapai waktu ikat awal pada menit ke-105, sedangkan variasi AK 4% dan AK 6% masing-masing mencapai waktu ikat awal pada menit ke-60, sementara variasi AK 8% dan AK 10% mencapai waktu ikat awal pada menit ke-45. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar persentase substitusi arang kayu, semakin singkat waktu yang dibutuhkan pasta semen untuk mencapai kondisi ikat awal. Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh struktur arang kayu yang berpori dan memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi sehingga mampu menyerap sebagian air pencampur. Berkurangnya air bebas dalam pasta menyebabkan campuran lebih cepat kehilangan plastisitas sehingga penetrasi jarum Vicat mencapai batas waktu ikat awal dalam waktu yang lebih singkat. Selain itu, ukuran partikel arang yang sangat halus diduga memberikan efek *filler* dengan

mengisi rongga antarpartikel pengikat dan menyediakan tempat awal (*nucleation sites*) bagi pembentukan produk hidrasi, sehingga struktur pasta menjadi lebih cepat kaku. Berdasarkan (ASTM C191) dan (SNI 2049:2015), waktu ikat awal semen hidrolis dipersyaratkan tidak kurang dari 45 menit. Oleh karena itu, seluruh variasi pada FAS 0,40 masih memenuhi persyaratan tersebut karena waktu ikat awal yang diperoleh berada pada atau di atas batas minimum yang ditentukan.

4.3.5 Efflorescence



Gambar 4.15 : Pengujian Efflorescence

Berdasarkan hasil pengamatan visual setelah perendaman, seluruh hasil uji efflorescence pada mortar yang ditunjukkan pada gambar, terlihat adanya endapan berwarna putih pada permukaan beberapa benda uji, namun dengan intensitas yang relatif rendah dan hanya menutupi sebagian kecil area permukaan. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses migrasi garam larut ke permukaan mortar masih terjadi, tetapi tidak dalam tingkat yang signifikan. Mengacu pada (ASTM C67) mengenai metode pengujian efflorescence pada produk pasangan bata serta kriteria yang umum digunakan dalam (SNI 15-2094-2000) untuk evaluasi cacat visual akibat efflorescence, sampel dapat dikategorikan mengalami efflorescence ringan *(slight efflorescence)* karena endapan yang terbentuk tidak menutupi lebih dari 10% luas permukaan dan tidak menyebabkan perubahan bentuk maupun kerusakan pada mortar. Dengan demikian, mortar yang diuji masih menunjukkan kualitas yang baik dari segi ketahanan terhadap pembentukan efflorescence, meskipun keberadaan garam terlarut dan kelembapan tetap perlu diperhatikan untuk mencegah peningkatan intensitas efflorescence pada kondisi lingkungan yang lebih ekstrem.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan analisis data yang telah dilakukan pada penelitian mengenai pemanfaatan arang kayu sebagai substitusi parsial semen terhadap karakteristik mortar, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Arang kayu yang memiliki struktur berpori dan kemampuan menyerap air yang tinggi menyebabkan peningkatan penyerapan air mortar seiring bertambahnya persentase substitusi semen. Pada FAS 0,35, nilai penyerapan meningkat dari 10,57% pada mortar normal menjadi 12,84% (naik 21,49%) pada AK 4%, 13,46% (naik 27,36%) pada AK 6%, 15,17% (naik 43,54%) pada AK 8%, dan 16,31% (naik 54,32%) pada AK 10%. Sementara pada FAS 0,40, nilai penyerapan meningkat dari 11,34% menjadi 13,57% (naik 19,67%), 14,70% (naik 29,59%), 15,73% (naik 38,63%), dan 16,57% (naik 46,03%) untuk masing-masing variasi AK 4%, AK 6%, AK 8%, dan AK 10%. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin tinggi penggunaan arang kayu, semakin besar porositas dan kemampuan mortar menyerap air.
2. Substitusi semen dengan arang kayu menghasilkan kuat tekan optimum pada variasi AK 4%, kemudian mengalami penurunan pada persentase yang lebih tinggi. Pada FAS 0,35, kuat tekan meningkat dari 16,48 MPa menjadi 24,72 MPa atau naik sebesar 49,99% pada AK 4%, kemudian menurun menjadi 21,19 MPa (turun 14,29% dari AK 4%), 17,66 MPa (turun 28,57%), dan 14,72 MPa (turun 40,47%) pada AK 6%, AK 8%, dan AK 10% dan tergolong dalam mortar Tipe M. Pada FAS 0,40, kuat tekan meningkat dari 14,72 MPa menjadi 18,84 MPa atau naik sebesar 28,00% pada AK 4%, kemudian menurun menjadi 15,89 MPa (turun 15,63% dari AK 4%), 14,13 MPa (turun 25,00%), dan 11,77 MPa (turun 37,50%) pada AK 6%, AK 8%, dan AK 10% dan termasuk mortar Tipe S. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan arang kayu sebesar 4% merupakan variasi

optimum karena mampu meningkatkan kepadatan mortar melalui efek *filler*, sedangkan penggunaan yang lebih tinggi menyebabkan berkurangnya jumlah semen sebagai bahan pengikat dan meningkatnya porositas mortar sehingga kuat tekan menurun.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan proses pengolahan awal (*pretreatment*) pada arang kayu sebelum digunakan sebagai substitusi semen, seperti penghalusan hingga tingkat kehalusan tertentu, pencucian untuk menghilangkan pengotor, atau proses aktivasi termal maupun kimia guna meningkatkan kualitas material. Selain itu, pemanfaatan mortar dengan campuran arang kayu sebaiknya difokuskan pada pekerjaan pasangan bata, plesteran, acian, dan elemen non-struktural atau struktural ringan hingga diperoleh hasil penelitian lanjutan yang membuktikan kinerjanya pada aplikasi struktural yang memikul beban lebih besar. Hal ini diperlukan untuk menjamin keamanan dan keandalan penggunaan mortar arang kayu di lapangan.Pemanfaatan mortar dengan campuran arang kayu.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan variasi kadar substitusi arang kayu yang lebih rinci di sekitar kadar optimum, seperti 2%, 3%, 4%, 5%, dan 6%, sehingga dapat diperoleh persentase penggantian semen yang paling efektif dalam meningkatkan kuat tekan mortar. Dari hasil penelitian ini, kadar substitusi arang kayu sebesar 4% menghasilkan kuat tekan optimum pada FAS 0,35 maupun FAS 0,40.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) atau membandingkannya dengan semen PCC (*Portland Composite Cement*) guna mengetahui pengaruh jenis semen terhadap karakteristik mortar yang mengandung arang kayu. Penggunaan semen OPC berpotensi menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi karena memiliki kandungan klinker yang lebih besar dan reaktivitas hidrasi yang lebih cepat dibandingkan semen PCC. Dengan demikian, penelitian lanjutan dapat mengevaluasi apakah penggunaan arang kayu sebagai substitusi sebagian semen pada mortar berbasis OPC mampu menghasilkan nilai kuat

tekan dan karakteristik mekanis yang lebih baik dibandingkan mortar berbasis PCC.

4. Mengingat arang kayu memiliki struktur berpori yang menyebabkan peningkatan penyerapan air dan perubahan karakteristik mortar, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan menggunakan pengujian X-Ray Fluorescence (XRF), Scanning Electron Microscopy (SEM), dan X-Ray Diffraction (XRD). Pengujian XRF diperlukan untuk mengidentifikasi kandungan kimia dan senyawa oksida yang terdapat pada arang kayu, sedangkan SEM dapat digunakan untuk mengamati struktur mikro, distribusi pori, serta kualitas ikatan antara pasta semen dan partikel arang kayu. Selain itu, pengujian XRD dapat memberikan informasi mengenai pembentukan produk hidrasi dan potensi reaktivitas arang kayu dalam mortar. Hasil pengujian tersebut diharapkan dapat menjelaskan secara lebih mendalam mekanisme peningkatan kuat tekan pada variasi optimum serta penurunan kekuatan pada kadar substitusi yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, M. S., & Walujodjati, E. (2022). Pengujian Kuat Tekan Mortar dengan Campuran Pasir Ladot. *Jurnal Konstruksi*, *19*(1), 313–324. https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.19-1.988

ASTM-C128-22. (2010). *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate*. 1–7.

ASTM C-191. (2008). Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle ASTM C-191. *Annual Book of ASTM Standards 191-04*, 1–10. https://doi.org/10.1520/C0191-21.Pe

ASTM C109/C109M. (n.d.). *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using*. 1–6.

ASTM C109. (n.d.). *ASTM C109.-p-classtruncatedtext-module-lineclamped-85ulhh-style-max-lines5astm-c109-p_compress.pdf*.

ASTM C191. (n.d.). *Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle 1*. 1–5. https://doi.org/10.1520/C0191-21.Pe

ASTM C270. (n.d.-a). *ASTM C270-classtruncatedtext-module-lineclamped-85ulhh-style-max-lines5astm-c270-19-p_compress.pdf*.

ASTM C270. (n.d.-b). *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*. 1–6.

ASTM C642. (2011). Standard Guide for Reduction of Efflorescence Potential in New Masonry Walls. *ASTM International*, *04*(January), 1–3. https://doi.org/10.1520/C1400-11R17.2

ASTM C67. (2017). *Standard Guide for Reduction of Efflorescence Potential in New Masonry Walls 1*. *11*(Reapproved), 19428. https://doi.org/10.1520/C1400-11R17.2

Basman, U. K., Ridhayani, I., & Manaf, A. (2025). *Kinerja Mortar dengan Substitusi Abu Sekam Padi sebagai Bahan Pozzolanan*.

Binti Sayono, Y. D. S., Ahmad Utanaka, Dadang Dwi Pranowo, Mirza Ghulam

Rifqi, & M. Shofi'ul Amin. (2023). Pengaruh Penggunaan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan dan Resapan Air Mortar Pracetak Ferosemen. *Jurnal TESLINK : Teknik Sipil Dan Lingkungan*, *5*(2), 175–185. https://doi.org/10.52005/teslink.v5i2.299

Chiadighikaobi, P. C., Abdulrahman, Q., Qais, A., Ajani, A. A., Vanus, D. S., & Hammood, M. N. (2024). Effect of wood black charcoal powder as cement replacement and carbon fiber textile on the physicomechanical properties of bio-concrete. *Cogent Engineering*, *11*(1). https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2368713

Choo, S., Gunasekaran, P. K., Che, J., Anand, N., & Gimbun, J. (2025). Bamboo biochar and carbonation enhanced the compressive and flexural strength of cement mortar. *Next Materials*, *9*(March), 100959. https://doi.org/10.1016/j.nxmate.2025.100959

Ezgi, E., Ercan, T., Andreas, L., & Cwirzen, A. (2023). *Wood Ash as Sustainable Alternative Raw Material for the Production of Concrete — A Review*.

Ibrahim, A. (2021). *Korelasi Koefisien Umur Terhadap Kuat Tekan Beton Yang Menggunakan Semen PCC (Portland Composite Cement)*. *1*(2).

Juárez, J., Ortiz, G., Labra, P., Romero, A., Pérez, M., Hernández, francisco, & Ruiz, A. (2023). *Structural Evolution and Compressive Strength at 3 , 7 , 14 and 28 Days of Mixtures of Mortars Substituting Portland Cement for 0 , 10 and 15 % Fly Ash*. https://doi.org/10.20944/preprints202305.0155.v1

Lescinskis, O., Sapata, A., Bumanis, G., Sinka, M., & Zhou, X. (2025). *The Potential of Wood Ash to Be Used as a Supplementary Cementitious Material in Cement Mortars*.

Muharram, M. F., & Walujodjati, E. (2021). *Pengaruh Penggunaan FLY ASH sebagai Substitusi Semen dan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton*. 410–417.

Mulyadi, A., Suanto, P., & Purba, W. (2020). *Pecahan Kaca Terhadap Campuran Mortar*. *10*(1), 1–6.

Rahman Rambe, M., Paisah, N., Pohan, R. F., Sahrin Nasution, A., Kunci, K., Tebu, A., Beton, R., & Lingkungan, S. (2025). INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi Beton Ramah Lingkungan dengan Ampas Tebu sebagai Substitusi Parsial Semen. *Media Cetak*, *4*(4), 786–797.

https://doi.org/10.55123/insologi.v4i4.5925

Seyoum, R., Tesfamariam, B. B., Andoshe, D. M., Algahtani, A., Mohammed, G., Ahmed, S., & Tirth, V. (2021). *Investigation on Control Burned of Bagasse Ash on the Properties of Bagasse Ash-Blended Mortars*.

SK-SNI-04-1989. (2004). *SK-SNI-04-1989*. BINAMARGA.

SK SNI T-15-1991-03. (1991). SK SNI T-15-1991-03 : Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. *Sk Sni T:15-1991-03*, 185.

SNI-03-6882-2002. (2002). Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan. SNI 03-6882-2002. *Badan Standardisasi Nasional (BSN)*, *9*(2), 1–10.

SNI-1970-2008. (n.d.). *SNI-1970-2008*.

SNI 03-6825-2002. (2002a). *Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil*.

SNI 03-6825-2002. (2002b). Sni 03-6825-2002. *Standar Nasional Indonesia Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*, 6825.

SNI 15-2094-2000. (2000). *4. SNI-15-2094-2000 Bata Merah*.

SNI 1971-2011. (2011). Sni 1971-2011. *SNI 1971:2011 – Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan*, 1–11.

SNI 2049:2015. (2015). *Semen portland*.

SNI 2531:2015. (2015). *Metode uji densitas semen hidraulis (ASTM C 188-95 (2003), MOD)*. *95*(2003).

SNI ASTM C117 2012. (2012). *Metode uji bahan yang lebih halus dari saringan 75 m (No . 200) dalam agregat mineral dengan pencucian*. *200*.

SNI03-4804-1998, S. (1998). Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat. *Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*, 1–6.

Sudirman. (2023). *Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Kayu Terhadap Kuat Tekan Mortar*. *23*, 708–721. https://doi.org/10.35965/eco.v23i3.3795

Tarigan, D. (2025). *"Investigasi Pengaruh Variasi Persentase Serat Sabut Kelapa dan Variasi Abu Sekam Padi Sebagai Penguat dan Pengganti Semen Terhadap Kekuatan Tekan Mortar*.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Detail Perhitungan dan Pengujian

- Pemeriksaan Agregat Halus

Tabel 1: Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Uraian	Satuan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	gr	500	500	500
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	gr	965	965	965
Berat piknometer penuh air (D)	gr	650	650	650
Berat contoh SSD kering oven 110 C sampai konstan (E)	gr	490	494	492
Berat jenis contoh kering	gr	2.65	2.67	2.66
Berat jenis contoh SSD	gr	2.70	2.70	2.70
Berat jenis contoh semu	gr	2.80	2.76	2.78
Penyerapan	%	2.04	1.21	1.63

Tabel 1 : Hasil pemeriksaan berat isi agregat halus.

Uraian	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata-rata
Berat Wadah	gr	6465	6465	6465	6465
Tinggi wadah	cm	27	27	27	27
Diameter wadah	cm	27	27	27	27
Berat contoh	gr	15940	17390	17030	16786.67
Volume wadah	cm^3	15451.15	15451.15	15451.15	15451.15
Berat contoh + wadah	gr	22405	23855	23495	23251.67
Berat isi	gr/cm^3	1.03	1.13	1.10	1.09

Tabel 3 : Hasil pemeriksaan kadar air.

Uraian	Satuan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat wadah (w_3)	gr	185	185	185
Berat contoh SSD dan wadah (w_1)	gr	685	685	685
Berat contoh SSD	gr	500	500	500
Berat contoh kering oven + wadah (w_3)	gr	675	672	673.5
Berat air ($w_1 - w_2$)	gr	10	13	11.5
Berat contoh kering ($w_2 - w_3$)	gr	490	487	488.5
Kadar air $\left(\frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_3}\right) \times 100\%$	%	2.04	2.67	2.36

Tabel 4 : Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus

Uraian	Satuan	Sampel I	Sampel II
Berat contoh kering (A)	gr	500	500
Berat kering contoh setelah dicuci (B)	gr	482	488
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah di cuci (C) = (A – B)	gr	18	12
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (D) = $\left(\frac{C}{A} \times 100\%\right)$	%	3.6	2.4
Kadar lumpur rata-rata	%	3	

Tabel 5 : Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan arang kayu.

Uraian	Satuan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	gr	100	100	100
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	gr	700	700	700
Berat piknometer penuh air (D)	gr	650	650	650
Berat contoh SSD kering oven 110^{o}C sampai konstan (E)	gr	67	64	65,5
Berat jenis contoh kering = $\frac{E}{B+D-C}$	gr	1.30	1.26	1.28
Berat jenis contoh SSD = $\frac{B}{B+D-C}$	gr	2.00	2.00	2.00
Berat jenis contoh semu = $\frac{E}{E+D-C}$	gr	3,94	4.57	4.26
Penyerapan = $\frac{B-E}{E} \times 100\%$	%	49.25	56.25	57.75

Tabel 6 : Analisa saringan

Ukuran Saringan	Diameter (mm)	Berat Tertahan	Presentase Tertahan	Presentase Komulatif	
SNI	4.75	gr	%	Tertahan %	Lolos %
No. 4	2.36	30	1.20	1.20	98.80
No. 8	1.18	95	3.80	3.80	95.00
No. 16	0.6	288	11.52	11.52	83.48
No. 30	0.425	775	31.00	31.00	52.48
No. 50	0.3	543	21.72	21.72	30.76
No. 100	0.25	630	25.20	25.20	5.56
No 200	0.15	112	4.48	4.48	1.08
PAN	0.075	27	1.08	1.08	0

Mix Design Mortar

❖ **FAS 0,35**

- Mortar Normal

Semen = jumlah semen yang digunakan dalam $1m^3$ × volume cetakan mortar
= 312,5 × 0,000125
= 0,03906 kg/m^3

Pasir = jumlah pasir yang digunakan dalam $1m^3$ × volume cetakan mortar
= 1050 × 0,000125
= 0,13125 kg/m^3

Air = jumlah air yang digunakan dalam $1m^3$ FAS 0,35 × volume cetakan mortar
= 109,375 × 0,000125
= 0,01367 kg/m^3

- AK 4%

AK = (jumlah semen yang digunakan dalam $1m^3$ × 4%) × volume cetakan mortar
= (312,5 × 4%) × 0,000125
= 0,00156 kg/m^3

Semen = Berat semen mortar normal – AK 4%
= 0,03906 – 0.00156
= 0,03750 kg/m^3

Pasir = 0,13125 kg/m^3

Air = 0,01367 kg/m^3

- AK 6%

AK = (jumlah semen yang digunakan dalam $1m^3$ × 6%) × volume cetakan mortar

= (312,5 × 6%) × 0,000125

= 0,00234 kg/m^3

Semen = Berat semen mortar normal – AK 6%

= 0,03906 – 0,00234

= 0,03711 kg/m^3

Pasir = 0,13125 kg/m^3

Air = 0,01367 kg/m^3

- AK 8%

AK = (jumlah semen yang digunakan dalam $1m^3$ × 8%) × volume cetakan mortar

= (312,5 × 8%) × 0,000125

= 0,00313 kg/m^3

Semen = Berat semen mortar normal – AK 8%

= 0,03906 – 0,00313

= 0,03672 kg/m^3

Pasir = 0,13125 kg/m^3

Air = 0,01367 kg/m^3

- AK 10%

AK = (jumlah semen yang digunakan dalam $1m^3$ × 10%) × volume cetakan mortar

= (312,5 × 10%) × 0,000125

= 0,00391 kg/m^3

Semen = Berat semen mortar normal – AK 10%

= 0,03906 – 0,00391

= 0,03516 kg/m^3

Pasir = 0,13125 kg/m^3

Air = 0,01367 kg/m^3

❖ **FAS 0,40**

- Mortar Normal

Semen = jumlah semen yang digunakan dalam $1m^3$ × volume cetakan mortar

= 312,5 × 0,000125

= 0,03906 kg/m^3

Pasir = jumlah pasir yang digunakan dalam $1m^3$ × volume cetakan mortar

= 1050 × 0,000125

= 0,13125 kg/m^3

Air = jumlah air yang digunakan dalam $1m^3$ FAS 0,40 × volume cetakan mortar

= 125 × 0,000125

= 0,015625 kg/m^3

- AK 4%

AK = (jumlah semen yang digunakan dalam $1m^3$ × 4%) × volume cetakan mortar

= (312,5 × 4%) × 0,000125

= 0,00156 kg/m^3

Semen = Berat semen mortar normal – AK 4%

= 0,03906 – 0,00156

= 0,03789 kg/m^3

Pasir = 0,13125 kg/m^3

Air = 0,015625 kg/m^3

- AK 6%

AK = (jumlah semen yang digunakan dalam $1m^3$ × 6%) × volume cetakan mortar

= (312,5 × 6%) × 0,000125

= 0,00234 kg/m^3

Semen = Berat semen mortar normal – AK 6%

= 0,03906 – 0,00234

= 0,03711 kg/m^3

Pasir = 0,13125 kg/m^3

Air = 0,015625 kg/m^3

- AK 8%

AK = (jumlah semen yang digunakan dalam $1m^3$ × 8%) × volume cetakan mortar

= (312,5 × 8%) × 0,000125

= 0,00313 kg/m^3

Semen = Berat semen mortar normal – AK 7%

= 0,03906 – 0,00313

= 0,03594 kg/m^3

Pasir = 0,13125 kg/m^3

Air = 0,015625 kg/m^3

- AK 10%

AK = (jumlah semen yang digunakan dalam $1m^3$ × 10%) × volume cetakan mortar

= (312,5 × 10%) × 0,000125

= 0,00391 kg/m^3

Semen = Berat semen mortar normal – ASP 10%

= 0,03906 – 0,00391

= 0,03515 kg/m^3

Pasir = 0,13125 kg/m^3

Air = 0,015625 kg/m^3

Hasil dan Analisa Pengujian Mortar Kuat Tekan

- **Berat Jenis Mortar**

$$D = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

Dimana:

D = Berat jenis atau *density* (kg/m^3)

Mc = Berat wadah ukur yang berisi mortar (kg)

Mm = Berat wadah ukur (kg)

Vm = Volume benda uji (m^3)

- **FAS 0,35**

Tabel 7 : Berat jenis mortar kuat tekan FAS 0,35.

Variasi		**Berat Jenis (Kg/m^3)**	**Rata-rata (Kg/m^3)**
Mortar Normal	Sampel 1	1968	1987
	Sampel 2	2032	
	Sampel 3	1960	
AK 4%	Sampel 1	1976	1984
	Sampel 2	1984	
	Sampel 3	1992	
AK 6%	Sampel 1	1992	1989
	Sampel 2	1984	
	Sampel 3	1992	
AK 8%	Sampel 1	1984	1981
	Sampel 2	1968	
	Sampel 3	1992	
AK 10%	Sampel 1	1968	1976
	Sampel 2	1984	
	Sampel 3	1976	

- Mortar Normal
  - Seri 1

    $$D = \frac{2191 - 1945}{0{,}000125}$$

    D =1.968.000 g/m^3

    D = 1968 kg/m^3

  - Seri 2

    $$D = \frac{2199 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 2.032.000 g/m^3

    D = 2032 kg/m^3

  - Seri 3

    $$D = \frac{2190 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.960.000 g/m^3

    D = 1960 kg/m^3

- AK 4%
  - Seri 1

    $$D = \frac{2192 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.976.000 g/m^3

    D = 1976 kg/m^3

  - Seri 2

    $$D = \frac{2193 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.984.000 g/m^3

    D = 1984 kg/m^3

  - Seri 3

    $$D = \frac{2194 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.992.000 g/m^3

    D = 1992 kg/m^3

- AK 6%
  - Seri 1

    $$D = \frac{2194 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.992.000 g/m^3

    D = 1992 kg/m^3

  - Seri 2

    $$D = \frac{2193 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.984.000 g/m^3

    D = 1984 kg/m^3

  - Seri 3

    $$D = \frac{2194 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.992.000 g/m^3

    D = 1992 kg/m^3

- AK 8%
  - Seri 1

    $$D = \frac{2193 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.984.000 g/m^3

    D = 1984 kg/m^3

  - Seri 2

    $$D = \frac{2191 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.968.000 g/m^3

    D = 1968 kg/m^3

  - Seri 3

    $$D = \frac{2194 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.992.000 g/m^3

    D = 1992 kg/m^3

- AK 10%
  - Seri 1

    $$D = \frac{2191 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.984.000 g/m^3

    D = 1984 kg/m^3

  - Seri 2

    $$D = \frac{2193 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.984.000 g/m^3

    D = 1984 kg/m^3

  - Seri 3

    $$D = \frac{2192 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.976.000 g/m^3

    D = 1976 kg/m^3

- **FAS 0,40**

Tabel 8 : Berat jenis mortar kuat tekan FAS 0,40.

Variasi		Berat Jenis (Kg/m^3)	Rata-rata (Kg/m^3)
Mortar Normal	Seri 1	2000	2027
	Seri 2	2040	
	Seri 3	2040	
AK 4%	Seri 1	2024	2032
	Seri 2	2024	
	Seri 3	2048	
AK 6%	Seri 1	2024	2021
	Seri 2	2016	
	Seri 3	2024	
AK 8%	Seri 1	2024	2016
	Seri 2	2008	
	Seri 3	2016	
AK 10%	Seri 1	1992	2003
	Seri 2	2008	
	Seri 3	2008	

- Mortar Normal
  - Seri 1

    $D = \frac{2195 - 1945}{0{,}000125}$

    D = 2.000.000 g/m^3

    D = 2000 kg/m^3

- Seri 2

$$D = \frac{2200 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 2.040.000 g/m^3

D = 2040 kg/m^3

- Seri 3

$$D = \frac{2200 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 2.040.000 g/m^3

D = 2040 kg/m^3

- AK 4%
  - Seri 1

$$D = \frac{2198 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 2.024.000 g/m^3

D = 2024 kg/m^3

- Seri 2

$$D = \frac{2198 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 2.024.000 g/m^3

D = 2024 kg/m^3

- Seri 3

$$D = \frac{2201 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 2.048.000 g/m^3

D = 2048 kg/m^3

- AK 6%
  - Seri 1

$$D = \frac{2198 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 2.024.000 g/m^3

D = 2024 kg/m^3

- Seri 2

$$D = \frac{2197 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 2.016.000 g/m^3

D = 2016 kg/m^3

- Seri 3

$$D = \frac{2198 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 2.024.000 g/m^3

D = 2024 kg/m^3

- AK 8%
  - Seri 1

$$D = \frac{2198 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 2.024.000 g/m^3

D = 2024 kg/m^3

  - Seri 2

$$D = \frac{2196 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 2.008.000 g/m^3

D = 2008 kg/m^3

  - Seri 3

$$D = \frac{2197 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 2.016.000 g/m^3

D = 2016 kg/m^3

- AK 10%
  - Seri 1

$$D = \frac{2194 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 1.992.000 g/m^3

D = 1992kg/m^3

- Seri 2

$$D = \frac{2196 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 2.008.000 g/m^3

D = 2008 kg/m^3

- Seri 3

$$D = \frac{2196 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 2.008.000g/m^3

D = 2008 kg/m^3

- **Penyerapan Mortar**

Absorpsi $= (\frac{(Ww-Wd)}{Wd}) x\ 100\%$

Dimana:

Ww = Berat sampel basah (kg/m^3)

Wd = Berat sampel kering (Kg/m^3

\

- **FAS 0,35**

Tabel 9 : Penyerapan mortar kuat tekan FAS 0,35.

Variasi		**Penyerapan (%)**	**Rata-rata (%)**
Mortar Normal	Sampel 1	12.44	10.57
	sampel 2	9.05	
	Sampel 3	10.22	
AK 4%	Sampel 1	11.71	12.84
	sampel 2	13.64	
	Sampel 3	13.18	
AK 6%	Sampel 1	13.64	13.46
	sampel 2	12.73	
	Sampel 3	14.03	
AK 8%	Sampel 1	15.07	15.17
	sampel 2	15.00	
	Sampel 3	15.45	
AK 10%	Sampel 1	15.45	16.31
	sampel 2	16.51	
	Sampel 3	16.97	

- Mortar Normal
  - Seri 1

    Absorpsi $= \left(\frac{244-217}{217}\right) \times 100\%$

    $= 12{,}44\%$

  - Seri 2

    Absorpsi $= \left(\frac{241-221}{221}\right) \times 100\%$

    $= 9{,}05\%$

  - Seri 3

    Absorpsi $= \left(\frac{248-225}{225}\right) \times 100\%$

    $= 10{,}22\%$

- AK 4%
  - Seri 1

    Absorpsi $= \left(\frac{248-222}{222}\right) \times 100\%$

    $= 11{,}71\%$

  - Seri 2

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

    $= 13{,}64\%$

  - Seri 3

    Absorpsi $= \left(\frac{249-220}{220}\right) \times 100\%$

    $= 13{,}18\%$

- AK 6%
  - Seri 1

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

    $= 13.64\%$

  - Seri 2

    Absorpsi $= \left(\frac{248-220}{220}\right) \times 100\%$

    $= 12{,}73\%$

- Seri 3

  Absorpsi $= \left(\frac{252-221}{221}\right) \times 100\%$

  $= 14.03\%$

- AK 8%
  - Seri 1

    Absorpsi $= \left(\frac{252-219}{219}\right) \times 100\%$

    $= 15{,}07\%$

  - Seri 2

    Absorpsi $= \left(\frac{253-220}{220}\right) \times 100\%$

    $= 15{,}00\%$

  - Seri 3

    Absorpsi $= \left(\frac{254-220}{220}\right) \times 100\%$

    $= 15{,}45\%$

- AK 10%
  - Seri 1

    Absorpsi $= \left(\frac{241-220}{220}\right) \times 100\%$

    $= 15{,}45\%$

  - Seri 2

    Absorpsi $= \left(\frac{280-250}{250}\right) \times 100\%$

    $= 16{,}51\%$

  - Seri 3

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

    $= 16{,}97\%$

- **FAS 0,40**

Tabel 10 : Penyerapan mortar kuat tekan FAS 0,40.

Variasi		Penyerapan (%)	Rata-rata (%)
Mortar Normal	Sampel 1	9.55	11.34
	sampel 2	11.93	
	Sampel 3	12.56	
AK 4%	Sampel 1	13.18	13.57
	sampel 2	14.03	
	Sampel 3	13.51	
AK 6%	Sampel 1	15.53	14.70
	sampel 2	15.00	
	Sampel 3	13.57	
AK 8%	Sampel 1	15.60	15.73
	sampel 2	15.53	
	Sampel 3	16.06	
AK 10%	Sampel 1	17.05	16.57
	sampel 2	16.06	
	Sampel 3	16.59	

- Mortar Normal
  - Seri 1

    Absorpsi $= \left(\frac{241-220}{220}\right) \times 100\%$

    $= 9{,}55\%$

  - Seri 2

    Absorpsi $= \left(\frac{244-218}{218}\right) \times 100\%$

    $= 11{,}93\%$

  - Seri 3

    Absorpsi $= \left(\frac{242-215}{215}\right) \times 100\%$

    $= 12{,}56\%$

- AK 4%
  - Seri 1

    Absorpsi $= \left(\frac{249-220}{225}\right) \times 100\%$

    $= 13{,}18\%$

  - Seri 2

    Absorpsi $= \left(\frac{252-221}{221}\right) \times 100\%$

    $= 14{,}03\%$

  - Seri 3

    Absorpsi $= \left(\frac{252-222}{222}\right) \times 100\%$

    $= 13{,}51\%$

- AK 6%
  - Seri 1

    Absorpsi $= \left(\frac{253-219}{219}\right) \times 100\%$

    $= 15{,}53\%$

  - Seri 2

    Absorpsi $= \left(\frac{253-220}{220}\right) \times 100\%$

    $= 15{,}00\%$

- Seri 3

  Absorpsi $= \left(\frac{251-221}{221}\right) \times 100\%$

  $= 13{,}57\%$

- AK 8%
  - Seri 1

    Absorpsi $= \left(\frac{252-218}{218}\right) \times 100\%$

    $= 15{,}60\%$

  - Seri 2

    Absorpsi $= \left(\frac{253-219}{219}\right) \times 100\%$

    $= 15{,}53\%$

  - Seri 3

    Absorpsi $= \left(\frac{253-218}{218}\right) \times 100\%$

    $= 16{,}06\%$

- AK 10%
  - Seri 1

    Absorpsi $= \left(\frac{254-217}{217}\right) \times 100\%$

    $= 17{,}05\%$

  - Seri 2

    Absorpsi $= \left(\frac{253-218}{218}\right) \times 100\%$

    $= 16{,}06\%$

  - Seri 3

    Absorpsi $= \left(\frac{253-217}{217}\right) \times 100\%$

    $= 16{,}59\%$

- **Nilai Kuat Tekan Mortar**
- **FAS 0,35**

- Mortar Normal

P = 4,2 ton

P = 4,2 × 1000

= 4200 kg

$P = \left(\frac{4200}{\text{Luas Cetakan}}\right) \times 9{,}81$

$= \left(\frac{4200}{2500}\right) \times 9{,}81$

= 16,48 MPa

- AK 4%

P = 6,3 ton

P = 6,3 × 1000

= 6300 kg

$P = \left(\frac{6300}{2500}\right) \times 9{,}81$

= 24,72 MPa

- AK 6%

P = 5,4 ton

P = 5,4 × 1000

= 5400 kg

$P = \left(\frac{5400}{2500}\right) \times 9{,}81$

= 21,19 MPa

- AK 8%

P = 5,4 ton

P = 4,5 × 1000

= 4500 kg

$P = \left(\frac{4500}{2500}\right) \times 9{,}81$

= 17,66 MPa

- AK 10%

  P = 3,75 ton

  P = 3,75 × 1000

  = 3750 kg

  P = $\left(\frac{3750}{2500}\right) \times 9{,}81$

  = 14,72 MPa

Maka, pada pengujian kuat tekan untuk FAS 0,35, nilai tertinggi diperoleh pada variasi AK sebesar 4%.

- **FAS 0,40**

- Mortar Normal

  P = 3,75 ton

  P = 3,75 × 1000

  = 3750 kg

  P = $\left(\frac{3750}{\text{Luas Cetakan}}\right) \times 9{,}81$

  = $\left(\frac{3750}{2500}\right) \times 9{,}81$

  = 14,72 MPa

- AK 4%

  P = 4,8 ton

  P = 4,8 × 1000

  = 4800 kg

  P = $\left(\frac{4800}{2500}\right) \times 9{,}81$

  = 18,84 MPa

- AK 6%

  P = 4,05 ton

  P = 4,05 × 1000

  = 4050 kg

  P = $\left(\frac{4050}{2500}\right) \times 9{,}81$

  = 15,89 MPa

- AK 8%

  P = 3,6 ton

  P = 3,6 × 1000

  = 3600 kg

  P = $\left(\frac{3600}{2500}\right) \times 9{,}81$

  = 14,13 MPa

- AK 10%

  P = 3 ton

  P = 3 × 1000

  = 1500 kg

  P = $\left(\frac{3000}{2500}\right) \times 9{,}81$

  = 11,77 MPa

Maka, pada pengujian kuat tekan pertama untuk FAS 0,40, nilai tertinggi diperoleh pada variasi AK sebesar 4%.

Tabel 11 : Rekapitulasi hasil kuat tekan mortar.

Variasi	**Umur Rencana**	**Beban (Ton)**		**Luas Permukaan (mm^2)**	**Kuat Tekan (MPa)**	
		FAS 0,35	**FAS 0,40**		**FAS 0,35**	**FAS 0,40**
Mortar Normal	28 hari	4.2	3.75	2500	16.48	14.72
AK 4%	28 hari	6.3	4.8	2500	24.72	18.84
AK 6%	28 hari	5.4	4.05	2500	21.19	15.89
AK 8%	28 hari	4.5	3.6	2500	17.66	14.13
AK 10%	28 hari	3.75	3	2500	14.72	11.77

Tabel 12 : Hasil Pengujian Vicat (setting time) FAS 0,35.

Variasi	Normal													
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210
Pengikatan	40	40	37	31	28	23								
Variasi	AK 4%													
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210
Pengikatan	35	31	30											
Variasi	AK 6%													
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210
Pengikatan	38	29	11											
Variasi	AK 8%													
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210
Pengikatan	35	26	12											
Variasi	AK 10%													
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210
Pengikatan	30	19												

Tabel 13 : Hasil Pengujian Vicat (setting time) FAS 0,40.

Variasi	Normal														
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
Pengikatan	40	40	40	38	34	29	25								
Variasi	AK 4%														
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
Pengikatan	40	39	27	19											
Variasi	AK 6%														
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
Pengikatan	40	32	26	14											
Variasi	AK 8%														
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
Pengikatan	40	29	20												
Variasi	AK 10%														
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
Pengikatan	37	26	15												

Lampiran 2 Dokumentasi



Lampiran 1: pengujian agregat halus 1



Lampiran 2 : pengujian agregat halus 2



Lampiran 3 : pengujian agregat halus 3



Lampiran 4 : pengujian agregat halus 4



Lampiran 5 : Analisa Saringan 1



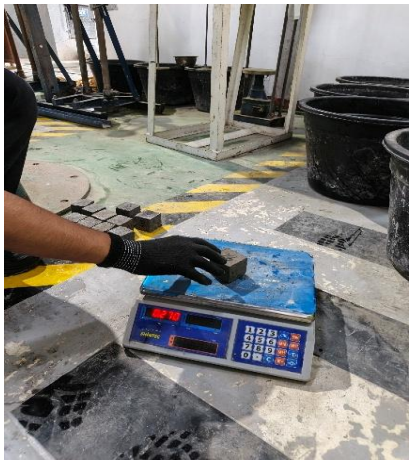
Lampiran 6 : Analisa Saringan 2



Lampiran 7 : pengujian Arang Kayu



Lampiran 8 : perendaman mortar



Lampiran 9 : penimbangan setelah perendaman



Lampiran 10 : pengeringan mortar



Lampiran 11 : penimbangan setelah oven



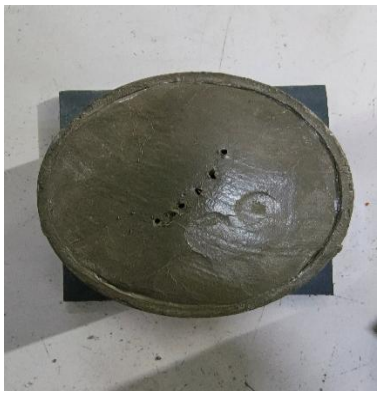
Lampiran 12 : pengujian kuat tekan 1



Lampiran 13 : pengujian kuat tekan 2



Lampiran 14 : pengujian vicat 1



Lampiran 15 : pengujian vicat 2

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap	: Haikal Adrian
Tempat, Tanggal Lahir	: Medan, 27 Oktober 2004
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Agama	: Islam
Alamat	: Jl. Makmur– Tembung, Desa Bandar Klippa, Kec. Percut Sei Tuan, Kab. Deli Serdang, 20371
Nomor Hp	: +62 822 6756 0037
Nama Ayah	: Yandri Hasan
Nama Ibu	: Nurhana Nasution
E-mail	: haikaladrian2710@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

NIM	: 2207210152
Program Studi	: Teknik Sipil
Fakultas	: Teknik
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi	: Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3, Medan, 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Sekolah Dasar	: MIN Medan Tembung	2010-2016
Sekolah Menengah Pertama	: SMP Cerdas Murni	2016-2019
Sekolah Menengah Atas	: MA Ulumul qur’an Medan	2019-2022