TUGAS AKHIR

PENGARUH SERBUK ARANG KAYU SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI SEBAGIAN PASIR PADA KINERJA MORTAR

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD AL FARIZY LUBIS

2207210168

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2026

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	: Muhammad Al Farizy Lubis
NPM	: 2207210168
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir	: Pengaruh Serbuk Arang Kayu Sebagai Alternatif Pengganti Sebagian Pasir Pada Kinerja Mortar
Bidang Ilmu	: Struktur

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

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIAN UJIAN SKRIPSI

Medan, 2026

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama	: Muhammad Al Farizy Lubis
NPM	: 2207210168
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir	: Pengaruh Serbuk Arang Kayu Sebagai Alternatif Pengganti Sebagian Pasir Pada Kinerja Mortar
Bidang Ilmu	: Struktur

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

Medan. 2026

Mengetahui dan Menyutujui

Dosen Pembimbing

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

Dosen Penguji I	Dosen Penguji II
Rizki Efrida ST., M.T.	Sri Frapanti, S.T., M.T.

Ketua Prodi Teknik Sipil

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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	: Muhammad Al Farizy Lubis
Tempat, tanggal lahir	: Panyabungan II, 08 November 2003
NPM	: 2207210168
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir berjudul "Pengaruh Serbuk Arang Kayu Sebagai Alternatif Pengganti Sebagian Pasir Pada Kinerja Mortar ".

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

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

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

Medan, 2026

Saya Menyatakan,



Muhammad Al Farizy Lubis

ABSTRAK

PENGARUH SERBUK ARANG KAYU SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI SEBAGIAN PASIR PADA KINERJA MORTAR

Muhammad Al Farizy Lubis
2207210168
Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

Penggunaan pasir sebagai agregat halus pada mortar yang terus meningkat mendorong perlunya pemanfaatan material alternatif yang lebih berkelanjutan. Salah satu material yang berpotensi dimanfaatkan adalah serbuk arang kayu sebagai pengganti sebagian pasir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan serbuk arang kayu terhadap kinerja mortar serta menentukan variasi campuran yang memberikan hasil optimum. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Variasi serbuk arang kayu yang digunakan sebesar 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10% pada faktor air semen (FAS) 0,35 dan 0,40. Benda uji dibuat dengan perbandingan campuran semen dan pasir 1:3 menggunakan cetakan berukuran 5 × 5 × 5 cm, kemudian dirawat selama 28 hari dan diuji meliputi berat jenis, penyerapan air, waktu ikat awal, efflorescence, dan kuat tekan berdasarkan standar SNI dan ASTM yang berlaku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar serbuk arang kayu cenderung menurunkan berat jenis dan kuat tekan mortar serta meningkatkan penyerapan air. Pada variasi substitusi 4%, kuat tekan mortar sebesar 14,66 MPa pada FAS 0,35 dan 12,53 MPa pada FAS 0,40, masing-masing mengalami penurunan 11,04% dan 14,88% dibandingkan mortar normal sedangkan pada variasi 6%, 8%, 10% pada kedua FAS cenderung mengalami penurunan nilai kuat tekan yang lebih besar. Variasi 4% tersebut merupakan hasil terbaik dari kedua FAS di antara seluruh variasi campuran yang menggunakan serbuk arang kayu. Berdasarkan klasifikasi ASTM C270, kedua variasi memiliki kuat tekan yang setara dengan mortar Tipe S dan Tipe N, dengan variasi 4% pada FAS 0,35 menunjukkan kinerja paling optimum karena menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan FAS 0,40. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serbuk arang kayu berpotensi dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti sebagian pasir pada mortar dalam proporsi terbatas serta layak untuk diapliaksikan pada pasangan bata.

Kata kunci: serbuk arang kayu, mortar, pengganti sebagian pasir, kuat tekan, faktor air semen.

ABSTRACT

THE EFFECT OF WOOD CHARCOAL POWDER AS A PARTIAL SAND REPLACEMENT ON MORTAR PERFORMANCE

Muhammad Al Farizy Lubis
2207210168
Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

The increasing use of natural sand as fine aggregate in mortar has encouraged the development of more sustainable alternative materials. One potential alternative is wood charcoal powder, which can be utilized as a partial replacement for fine aggregate. This study aimed to investigate the effect of wood charcoal powder as a partial replacement for sand on the performance of mortar and to determine the optimum replacement level. This research employed an experimental method with a quantitative approach. Wood charcoal powder was used as a partial sand replacement at proportions of 0%, 4%, 6%, 8%, and 10% with water-cement ratios (w/c) of 0.35 and 0.40. Mortar specimens were prepared using a cement-to-sand ratio of 1:3 in 50 × 50 × 50 mm cube molds, cured for 28 days, and tested for density, water absorption, initial setting time, efflorescence, and compressive strength in accordance with the applicable SNI and ASTM standards. The results indicated that increasing the proportion of wood charcoal powder generally reduced the density and compressive strength of mortar while increasing its water absorption. At the 4% replacement level, the compressive strength reached 14.66 MPa for a w/c ratio of 0.35 and 12.53 MPa for a w/c ratio of 0.40, representing reductions of 11.04% and 14.88%, respectively, compared with the control mortar. Higher replacement levels of 6%, 8%, and 10% resulted in a more pronounced reduction in compressive strength for both water-cement ratios. The 4% replacement level exhibited the best overall performance among all mixtures containing wood charcoal powder. Based on the classification of ASTM C270, the mortar mixtures satisfied the requirements of Type S and Type mortar, with the 4% replacement at a w/c ratio of 0.35 demonstrating the optimum performance. Therefore, wood charcoal powder has the potential to be used as a partial replacement for sand in mortar and is suitable for masonry applications.

Keywords*: wood charcoal powder, mortar, partial sand replacement, compressive strength, water-cement ratio.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan Syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberi Rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini berjudul " Pengaruh Serbuk Arang Kayu Sebagai Alternatif Pengganti Sebagian Pasir Pada Kinerja Mortar (Studi Penelitian)". Penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak demi kesempurnaan tulisan ini.

Penulisan tugas akhir ini tidak akan dapat terselesaikan tanpa bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

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

8. Terima kasih yang paling istimewa penulis persembahkan kepada kedua orang tua. Teruntuk Ibu tercinta Hj Nur Atikah yang menjadi alasan terbesar penulis untuk terus berjuang hingga berada di titik ini, terima kasih atas setiap doa yang diam-diam dipanjatkan, setiap pengorbanan yang tak pernah Ibu keluhkan, dan setiap kasih sayang yang selalu menjadi kekuatan bagi penulis. Tugas Akhir ini mungkin hanya sebuah karya sederhana, tetapi di baliknya ada doa dan perjuangan Ibu yang begitu besar. Semoga setiap langkah dan pencapaian penulis dapat menjadi kebahagiaan serta kebanggaan untuk Ibu.
9. Teruntuk Almarhum Ayah tercinta H Makmur Lubis, terima kasih atas cinta, nasihat, dan perjuangan yang telah Ayah tinggalkan dalam hidup penulis. Meskipun Ayah tidak lagi dapat menyaksikan pencapaian ini secara langsung, setiap langkah penulis selalu membawa doa dan kenangan tentang Ayah. Tugas Akhir ini penulis persembahkan sebagai bentuk cinta dan bakti, semoga menjadi kebanggaan kecil untuk Ayah di tempat terbaik di sisi-Nya. Al-Fatihah.
10. Kepada abang dan adik yang sangat penulis sayangi, Muhammad Ikhwan Lubis, Andi Hakim Lubis dan Muhammad Lutfi Lubis terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis, melalui dukungan, perhatian, dan kebersamaan yang selalu menguatkan. Kehadiran kalian menjadi pengingat bahwa penulis tidak pernah berjalan sendirian. Semoga pencapaian ini menjadi kebahagiaan dan kebanggaan bagi kita semua, serta menjadi awal dari kesuksesan yang lebih besar di masa depan.
11. Kepada teman-teman seperjuangan yang sudah seperti saudara penulis, Irvan Febrian Siregar, Juan Ahmad Farisi, Ahmad Jimly Al Tito Pohan dan Reo Maulana Prezer Manurung terima kasih telah hadir dalam setiap proses, menjadi tempat berbagi cerita, semangat, keluh kesah, dan tawa selama perjalanan ini. Terima kasih telah saling menguatkan di saat lelah dan saling mengingatkan untuk terus melangkah. Semoga segala perjuangan, kebersamaan, dan kenangan yang telah kita lalui menjadi bagian indah yang selalu kita ingat dan menjadi awal dari kesuksesan kita masing-masing.

12. Seluruh rekan-rekan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Angkatan 2022 terkhusus kelas D1 Pagi yang telah membersamai dan membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.
13. Terakhir, kepada diri sendiri, Muhammad Al Farizy Lubis sebagai bentuk penghargaan atas segala perjuangan, terima kasih telah bertahan sejauh ini dalam berbagai dinamika perkuliahan. Terima kasih karena tetap memilih untuk melangkah meskipun tidak selalu mudah, tetap berusaha di tengah lelah, dan tidak menyerah di tengah perjalanan. Perjalanan ini mungkin tidak sempurna, tetapi setiap proses telah mengajarkan arti kesabaran, ketekunan, dan keberanian. Pencapaian ini adalah bukti bahwa setiap perjuangan, air mata, dan proses yang telah dilalui tidak pernah sia-sia. Terima kasih telah sampai di titik ini. Semoga langkah ini menjadi awal untuk perjalanan yang lebih baik, selalu dipenuhi kekuatan, keberanian, keyakinan untuk terus berkembang dan penuh keberkahan.

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

Akhir kata dan harapan penulisan ini dapat bermanfaat hendaknya bagi penulis, pembaca,dan kedisiplinan ilmu Teknik Sipil.

Wassalamu’alaikum Wr. Wb.

Medan, 28 Juli 2026

(Muhammad Al Farizy Lubis)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR iv
ABSTRAK v
ABSTRACT vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xiv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
1.6 Sistematika Penulisan 4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Mortar 5
2.1.1 Jenis Jenis Mortar 6
2.1.2 Manfaat dan Kegunaan Mortar Pada Konstruksi 6
2.2 Arang Kayu 7
2.3 Agregat Halus (Pasir) 11
2.3.1 Bahan Alternatif Pengganti Pasir 11
2.4 Faktor Air Semen (FAS) 14
BAB 3 METODE PENELITIAN 16
3.1 Diagram Alir Penelitian 16
3.2 Metode Penelitian 17
3.3 Sumber Sumber Data Dalam Penelitian 18
3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian 18

3.5 Alat dan Bahan Penelitian 19
3.5.1 Alat 19
3.5.2 Bahan 28
3.6 Pemeriksaaan Bahan 30
3.6.1 Analisa Saringan Agregat Halus 30
3.6.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus 31
3.6.3 Berat Isi Agregat Halus 33
3.6.4 Kadar Lumpur Agregat Halus 34
3.6.5 Kadar Air Agregat Halus 36
3.6.6 Analisa Saringan Serbuk Arang Kayu 37
3.6.7 Penyerapan Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Arang Kayu 37
3.7 Pelaksanaan Penelitian 39
3.7.1 *Mix Design* 39
3.7.2 Perawatan Mortar 45
3.8 Pengujian Benda Uji 45
3.8.1 Pengujian Vicat 45
3.8.2 Pengujian Kadar Garam (*Efflorescence*) 46
3.8.3 Pengujian Kuat Tekan 47
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 49
4.1 Pemeriksaan Agregat Halus 49
4.1.1 Analisa Saringan Agregat Halus 49
4.1.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus 50
4.1.3 Berat isi Agregat Halus 51
4.1.4 Kadar Air Agregat Halus 51
4.1.5 Kadar Lumpur Agregat Halus 52
4.2 Pemeriksaan Serbuk Arang Kayu 53
4.2.1 Analisa Saringan Serbuk Arang Kayu 53
4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Arang Kayu 53
4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Mortar 54
4.3.1 Berat Jenis Mortar 54
4.3.2 Penyerapan Mortar 55
4.3.3 Pengujian Vicat 56

4.3.4 Pengujian Kadar Garam (*Efflorescence*) 57
4.3.5 Kuat Tekan Mortar 58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 60
5.1 Kesimpulan 60
5.2 Saran 61
DAFTAR PUSTAKA 62
LAMPIRAN 66
DAFTAR RIWAYAT HIDUP 87

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian 19
Tabel 3. 2 Mix Design 39
Tabel 4. 1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus 50
Tabel L. 1 Hasil pemeriksaan berat isi agregat halus. 66
Tabel L. 2 Hasil Pemeriksaan Kadar Air 66
Tabel L. 3 Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus 66
Tabel L. 4 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan arang kayu. 67
Tabel L. 5 Hasil Pengujian Analisa Saringan 67
Tabel L. 6 Berat Jenis 68
Tabel L. 7 Berat Jenis 71
Tabel L. 8 Penyerapan Mortar 74
Tabel L. 9 Penyerapan Mortar FAS 0,40 76
Tabel L. 10 Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Mortar 79
Tabel L. 11 Hasil Pengujian Vicat 81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 16
Gambar 3. 2 Satu set saringan agregat halus 20
Gambar 3. 3 Oven 20
Gambar 3. 4 Ember 21
Gambar 3. 5 Timbangan Digital 21
Gambar 3. 6 Plastik 22
Gambar 3. 7 Kuas 22
Gambar 3. 8 Sekop tangan 23
Gambar 3. 9 Pan 23
Gambar 3. 10 Piknometer 24
Gambar 3. 11 Kawat kasa dan kaki tiga 24
Gambar 3. 12 Spirtus 25
Gambar 3. 13 Masker 25
Gambar 3. 14 Gelas Ukur 26
Gambar 3. 15 Cetakan benda uji 26
Gambar 3. 16 Bak Perendam 27
Gambar 3. 17 Sarung tangan 27
Gambar 3. 18 Mesin pengaduk 28
Gambar 3. 19 Mesin uji kuat tekan 28
Gambar 3. 20 Semen PCC 29
Gambar 3. 21 Agregat Halus 29
Gambar 3. 22 Air 30
Gambar 3. 23 Arang Kayu 30
Gambar 3. 24 Dimensi Cetakan Mortar 40
Gambar 3. 25 Alat Vicat 45
Gambar 3. 26 Mesin Uji Kuat Tekan 47
Gambar 4. 1 Analisa Saringan 49
Gambar 4. 2 Grafik Berat Isi 51
Gambar 4. 3 Grafik Kadar Air Agregat Halus 52
Gambar 4. 4 Grafik Kadar Lumpur Agregat Halus 52

Gambar 4. 5 Grafik Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Arang Kayu 53
Gambar 4. 6 Grafik Berat Jenis Mortar 54
Gambar 4. 7 Grafik Penyerapan Mortar 55
Gambar 4. 8 Grafik Pengujian Vicat 56
Gambar 4. 9 Hasil Pengujian Efflorescence 57
Gambar 4. 10 Kuat Tekan FAS 0,35 58
Gambar L. 1 Menimbang Bahan 82
Gambar L. 2 Pengujian Agregat Halus 82
Gambar L. 3 Pengujian Arang Kayu 83
Gambar L. 4 Pengujian Arang Kayu dalam Oven 83
Gambar L. 5 Mengoleskan oli ke dalam cetakan mortar 83
Gambar L. 6 Mencampurkan bahan penyusun mortar 83
Gambar L. 7 Menuangkan air ke dalam campuran mortar 84
Gambar L. 8 Memasukkan mortar ke dalam cetakan 84
Gambar L. 9 Membuka mortar dari cetakan 84
Gambar L. 10 Memasukkan mortar kedalam oven 85
Gambar L. 11 Benda Uji di dalam oven 85
Gambar L. 12 Menimbang mortar 85
Gambar L. 13 Perendaman mortar 28 hari 86
Gambar L. 14 Pengujian kuat tekan 86
Gambar L. 15 Pengujian vicat 86

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mortar merupakan salah satu material dasar yang memiliki peran penting dalam konstruksi bangunan sipil, khususnya sebagai perekat pasangan bata dan elemen non-struktural lainnya. Kinerja mortar ditentukan oleh karakteristik mekanik dan fisik, seperti kuat tekan, *workability*, dan berat volume, yang sangat bergantung pada komposisi material penyusunnya. Agregat halus berupa pasir alam menjadi komponen utama dalam campuran mortar karena berfungsi sebagai pengisi dan penopang struktur pasta semen. Secara global, kebutuhan pasir konstruksi terus meningkat seiring dengan pesatnya pembangunan infrastruktur dan perumahan. *Laporan United Nations Environment Programme (UNEP)* menunjukkan bahwa konsumsi pasir dunia telah melampaui 40–50 miliar ton per tahun, menjadikannya sumber daya alam kedua yang paling banyak dieksploitasi setelah air. Eksploitasi pasir alam yang berlebihan telah menimbulkan dampak serius terhadap lingkungan seperti erosi, sedimentasi sungai, serta penurunan daya dukung ekosistem pesisir (Fořt et al., 2020). Kondisi ini mendorong perlunya inovasi bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan sebagai substitusi sebagian agregat halus dalam campuran mortar (Ercan et al., 2023).

Dalam konteks pengembangan material konstruksi berkelanjutan, pemanfaatan serbuk arang kayu dapat menjadi perhatian karena ketersediaannya yang melimpah dan sifat kimia-fisik yang potensial sebagai material konstruksi (Jensen et al., 2025). Serbuk arang kayu memiliki karakteristik ringan, berpori, serta mengandung karbon dan mineral anorganik tertentu yang berpotensi memengaruhi struktur mikro dan kinerja mortar. Dengan komposisi unsur kimia arang serbuk kayu terdiri dari silika (SiO_2) 11,27% , alumunium oksida (Al_2O_3) 6.63%, dan kalsium oksida (CaO) 0,35% (Sengeoris, 2016). Pada penelitian ini serbuk arang kayu didapatkan dari hasil sisa pembakaran rumah tangga/pabrik produksi konvesional di sekitaran kota Medan yang hanya dibiarkan saja dan belum dimanfaatkan dengan baik.

Namun, hingga kini pemanfaatannya sebagai pengganti pasir dalam mortar masih terbatas. Berbagai penelitian telah membahas penggunaan abu kayu, arang kayu, dan material karbon dalam mortar dan beton, sebagian besar studi masih berfokus pada substitusi semen atau filler, bukan secara spesifik sebagai pengganti agregat halus pasir. (Sudirman, 2023) melaporkan bahwa penambahan serbuk arang kayu dalam mortar memengaruhi kuat tekan secara signifikan, pada persentase 8% terhadap berat semen mengalami penigkatan sebesar 19.04%. (Siregar et al., 2024) menemukan bahwa penggunaan abu arang kayu sebagai pengganti sebagian pasir dapat meningkatkan atau menurunkan kuat tekan mortar pada persentase tertentu. (Sadir et al., 2025) mengungkap bahwa material berbasis arang aktif mampu memodifikasi sifat fisik dan mikrostruktur mortar. Selain itu, banyak penelitian hanya menguji kuat tekan tanpa meninjau sifat fisik lain seperti porositas, densitas, permeabilitas, serta ketahanan mortar terhadap kondisi lembap jangka panjang (Alfianarrochmah et al., 2025). Kondisi ini menunjukkan adanya *research gap* yang perlu diteliti lebih lanjut, khususnya untuk aplikasi mortar pasangan bata yang memerlukan ikatan kuat dan stabil.

Dari fenomena dan kesenjangan tersebut, penelitian mengenai pengaruh serbuk arang kayu sebagai alternatif pengganti sebagian pasir pada kinerja mortar penting untuk dilakukan untuk memberikan data empiris terkait pengaruh substitusi pasir dengan serbuk arang kayu terhadap kuat tekan, densitas, dan daya serap air mortar. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah untuk pengembangan mortar ramah lingkungan sebagai perekat pasangan bata, sekaligus mendukung ekonomi sirkular. Selain itu, juga memberikan manfaat ekologis, penggunaan serbuk arang kayu berpotensi menurunkan biaya produksi pembuatan mortar. Sehingga penelitian ini juga dapat memperkaya literatur ilmiah dan dan mendorong penerapan prinsip pembangunan berkelanjutan dalam bidang konstruksi sipil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk arang kayu sebagai substitusi pasir terhadap sifat-sifat mortar?
2. Berapa persentase penambahan serbuk 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 perencanaan campuran mortar menggunakan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-6882-2002) tentang Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan dan ASTM C109 mengenai pengujian kuat tekan mortar.
2. Melakukan pengujian berat jenis, penyerapan air, vicat dan *Efflorescence* pada mortar berdasarkan SNI.
3. Melakukan pengujian kuat tekan mortar berdasarkan SNI 03-6825-2002 dengan menggunakan variasi 4%, 6%, 8%, dan 10% serbuk arang kayu sebagai bahan pengganti sebagian pasir berdasarkan total pasir dari volume benda uji.

1.4 Tujuan Penelitian

Selaras dengan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan serbuk arang kayu sebagai substitusi pasir terhadap sifat-sifat mortar pada berbagai variasi campuran.
2. Menentukan persentase serbuk arang kayu yang menghasilkan kuat tekan terbaik atau paling optimum.

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam tahap penelitian selanjutnya mengenai material mortar yang ramah lingkungan dan ekonomis. Adapun beberapa manfaat dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Pengunaan mortar dengan campuran serbuk arang kayu sebagai pengganti pasir dapat mengurangi limbah biomassa seperti serbuk arang kayu.
2. Memberikan informasi teknis mengenai proporsi serbuk arang kayu yang efektif untuk digunakan sebagai pengganti sebagian pasir pada mortar.
3. Menjadi rujukan bagi praktisi konstruksi dalam memilih material alternatif yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.
4. Dengan mempelajari pengaruh kekuatan tekan, penelitian ini berpotensi menghasilkan material dengan kekuatan struktural yang baik, yang dapat meningkatkan daya tahan perekat pasangan bata terhadap beban.

1.6 Sistematika Penulisan

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, serbuk arang kayu, 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 mensubstitusi pasir menggunakan serbuk arang kayu.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mortar

Mortar merupakan material konstruksi berbasis semen yang digunakan sebagai bahan pengikat antara unit pasangan seperti batu bata, batako, dan batu alam. Secara umum, mortar tersusun atas campuran semen, agregat halus, dan air dengan proporsi tertentu yang disesuaikan dengan fungsi dan kebutuhan penggunaannya. Menurut (Neville & Brooks, 2011), mortar adalah campuran plastis dari bahan pengikat hidrolis dan agregat halus yang berfungsi untuk merekatkan unit pasangan serta mendistribusikan beban secara merata. (Tjokrodimuljo, 2007) mendefenisikan mortar sebagai adukan yang terdiri dari semen, pasir, dan air yang digunakan untuk pasangan dinding dan pelapis permukaan, dengan karakteristik kekuatan yang lebih rendah dibandingkan beton namun memiliki kelecakan yang lebih baik.

Menurut SNI 03-6882-2002 defenisi mortar merupakan campuran semen hidrolis, agregat halus, dan air, yang dapat ditambahkan bahan tambahan lain untuk tujuan tertentu, serta digunakan dalam pekerjaan pasangan dan plesteran. Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa mortar adalah material konstruksi berbasis campuran semen, agregat halus, dan air yang dirancang untuk memberikan daya rekat, kekuatan mekanik, serta stabilitas pada elemen bangunan. Definisi ini menegaskan bahwa mortar tidak hanya berfungsi sebagai bahan pengikat, tetapi juga sebagai elemen yang mempengaruhi kinerja struktural dan durabilitas bangunan secara keseluruhan. Sehingga, kualitas mortar sangat bergantung pada karakteristik bahan penyusunnya serta metode pencampuran dan perawatannya. Pemahaman mengenai definisi mortar menjadi landasan penting dalam penelitian ini, khususnya dalam mengkaji pengaruh penggunaan serbuk arang kayu sebagai alternatif pengganti pasir terhadap kinerja mortar.

2.1.1 Jenis Jenis Mortar

Berdasarkan SNI 03-6882-2002 dan standar terkait (ASTM C 270), mortar diklasifikasikan menjadi tipe M, S, N, dan O, berdasarkan proporsi bahan (semen, pasir, air) dan kekuatan tekannya, yang berkorelasi dengan kebutuhan strukturalnya, dari yang paling kuat (M) untuk bawah tanah hingga paling lemah (O) untuk interior non-struktural, serta sering disebut juga berdasarkan bahan ikat utamanya seperti mortar lumpur, kapur, dan semen.

Adapun klasifikasi mortar berdasarkan kekuatan tekan (SNI 03-6882-2002 & ASTM C270). Berikut ini adalah klasifikasi utama yang sering digunakan dalam konstruksi untuk menentukan aplikasi yang sesuai:

1. Mortar Tipe M: Kuat tekan tertinggi (min 17.2 MPa atau 175 kg/cm²), untuk pekerjaan struktural berat dan di bawah tanah.
2. Mortar Tipe S: Kuat tekan sedang-tinggi (min 12.5 MPa atau 52.5 kg/cm²), untuk dinding eksterior yang terpapar cuaca ekstrem.
3. Mortar Tipe N: Kuat tekan sedang (min 5.2 MPa atau 124 kg/cm²), paling umum untuk pasangan bata di atas tanah.
4. Mortar Tipe O: Kuat tekan rendah (min 2.4 MPa atau 24.5 kg/cm²), untuk aplikasi interior non-struktural.
5. Mortar Tipe K: Kuat tekan sangat rendah (min 5.25 kg/cm²), untuk aplikasi tertentu.

2.1.2 Manfaat dan Kegunaan Mortar Pada Konstruksi

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) dalam Teknologi Beton, mortar memiliki peranan fundamental dalam sistem konstruksi terutama pada pekerjaan pasangan bata, plesteran, serta pekerjaan yang memerlukan material perekat berbasis semen. Fungsi utama mortar adalah mengikat dan menyatukan unit-unit bangunan sehingga membentuk satu kesatuan struktur yang stabil. Dengan adanya mortar, gaya tekan yang bekerja pada pasangan mampu disalurkan secara lebih merata melalui bidang kontak yang homogen. Tanpa mortar, ketidakteraturan permukaan bata atau batu akan menyebabkan konsentrasi tegangan yang berpotensi menimbulkan retak atau gagal struktur lebih awal.

Selain sebagai perekat, (Tjokrodimuljo, 2007) menegaskan bahwa mortar berfungsi sebagai pengisi celah dan ketidaksempurnaan pada permukaan unit pasangan. Karena elemen seperti bata atau batako tidak selalu memiliki bentuk dan ukuran yang seragam, mortar mengisi rongga mikro sehingga menciptakan kontak yang rapat dan meningkatkan kapasitas pasangan dalam menahan beban. Kemampuan ini berpengaruh langsung pada stabilitas, keutuhan sambungan, dan ketahanan mekanis dinding secara keseluruhan.

Selain itu, mortar juga berfungsi sebagai elemen pelindung terhadap penetrasi air dan zat agresif lainnya. Mortar yang baik harus memiliki daya lekat tinggi, kelecakan yang cukup, serta ketahanan terhadap perubahan cuaca. Dalam konteks ini, mortar tidak hanya berkontribusi terhadap kekuatan mekanik bangunan, tetapi juga terhadap aspek keawetan dan kenyamanan bangunan (Tjokrodimuljo, 2007).

2.2 Arang Kayu

Arang kayu atau *biochar* merupakan material karbon padat yang dihasilkan dari proses pirolisis biomassa pada kondisi minim atau tanpa oksigen. Biomassa yang umum digunakan meliputi limbah lignoselulosa seperti kayu, serbuk gergaji, dan sekam padi. Pemanfaatan *biochar* dalam material konstruksi, khususnya mortar dan beton, berkembang sebagai respons terhadap tingginya emisi karbon dari industri semen. Produksi semen diketahui menyumbang emisi CO_2 antropogenik dalam jumlah signifikan, sehingga diperlukan material alternatif yang lebih berkelanjutan (Mota-Panizio et al., 2023). Dalam konteks material konstruksi, serbuk arang kayu umumnya diperoleh dari hasil penggilingan atau penghancuran arang kayu hingga mencapai ukuran partikel halus yang menyerupai agregat halus atau filler (Sudirman, 2023). Material ini dikategorikan sebagai bahan berbasis karbon yang memiliki struktur mikro berpori dan luas permukaan spesifik yang relatif besar. Pada penelitian ini serbuk arang kayu didapat dari hasil sisa pembakaran rumah tangga/pabrik produksi konvensional yang masih menggunakan kayu bakar di sekitaran kota Medan.

Secara kimia, arang kayu didominasi oleh karbon (C) dengan kandungan unsur lain seperti oksigen (O), hidrogen (H), dan nitrogen (N) dalam jumlah yang bervariasi, tergantung pada jenis biomassa dan suhu pirolisis. Selain itu, *biochar*

mengandung senyawa anorganik berupa abu yang kaya akan oksida mineral, seperti silika (SiO_2), kalsium oksida (CaO), aluminium oksida (Al_2O_3), dan magnesium oksida (MgO) (Mota-Panizio et al., 2023). Komposisi unsur tersebut didalam arang tergantung dari proses karbonisasi. Dibandingkan dengan kayu nilai kalor arang menjadi lebih tinggi yaitu berkisar 6.760 – 7.860 kal/gr untuk kadar air 5-6% variasi nilai kalor banyak disebabkan oleh komposisi kimia dari kayu dan proses karbonisasi (Maulana, 2023). Dengan komposisi kimia bubuk arang serbuk kayu terdiri dari silika (SiO2) 11,27%, alumunium oksida (Al_2O_3) 6.63% dan kalsium oksida (CaO) 0,35% (Sengeoris, 2016).

Secara fisik, serbuk arang kayu memiliki massa jenis yang lebih rendah dibandingkan pasir alam, serta struktur internal yang sangat berpori. Porositas ini menyebabkan luas permukaan spesifik serbuk arang kayu lebih tinggi, sehingga interaksinya dengan pasta semen menjadi lebih kompleks dibandingkan agregat halus konvensional (Mota-Panizio et al., 2023).

Ukuran dan bentuk partikel serbuk arang kayu cenderung tidak seragam serta memiliki tekstur permukaan yang kasar. Tekstur ini berpotensi meningkatkan ikatan mekanis (mechanical interlocking) antara agregat dan pasta semen. Namun, porositas yang tinggi juga menyebabkan kemampuan serbuk arang kayu dalam menyerap air pencampur menjadi signifikan, yang dapat memengaruhi *workability* dan rasio air-semen efektif dalam mortar (Hylton et al., 2024).

Meskipun digunakan sebagai pengganti agregat halus , serbuk arang kayu tetap memiliki kontribusi kimia terhadap sistem mortar. Kandungan karbon yang tinggi menjadikan material ini relatif stabil, penggunaan serbuk arang kayu sebagai pengganti sebagian pasir umumnya memberikan pengaruh yang bergantung pada persentase substitusi. Pada kadar rendah hingga sedang, serbuk arang kayu dapat berfungsi sebagai filler halus yang mengisi rongga antarpartikel pasir, sehingga meningkatkan kepadatan mikrostruktur mortar. Kondisi ini berpotensi meningkatkan atau mempertahankan kuat tekan mortar (Mota-Panizio et al., 2023).

Berikut beberapa penelitian terdahulu tentang substitusi arang kayu pada mortar:

Penelitian yang dilakukan oleh (Sudirman, 2023) dengan judul “Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Kayu Terhadap Kuat Tekan Mortar”. Penelitian ini

bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan ‘arang serbuk kayu gergajian’ terhadap kuat tekan mortar, dengan perbandingan penggunaan pasir dan semen 1Pc : 4Ps, dengan suatu rangkain percobaan yang menggunakan bahan tambahan masing-masing sebesar 4%, 8%, 12% dan 18% dari berat semen. Penelitian ini menggunakan motode eksperimen di laboratorium dengan mengacu pada SNI 03-6825-2002. Arang serbuk gergajian digunakan sebagai bahan tambahan terhadap campuran semen dengan FAS 0,48 berupa sampel berbentuk kubus sebanyak 45 buah. Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap sampel pada setiap rentan waktu (umur) 3, 7, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan mortar yang normal (1Pc : 4Ps) setelah 28 hari adalah sebesar 115,6 kg/cm, namun dengan penambahan arang serbuk gergajian kayu sebesar 8%, nilai kuat tekannya mengalami peningktan optimum menjadi 142,8 kg/cm (atau naik sebesar 19,04%).

Penelitian yang dilakukan oleh (Manullang et al., 2019) dengan judul “Pengaruh Penambahan Arang Serbuk Kayu Gergaji Terhadap Kuat Tekan Mortar”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan arang serbuk gergaji terhadap kuat tekan mortar dengan perbandingan campuran 1:3 dan 1:5. Metode pembuatan dan pengujian mortar mengacu pada SNI 03-6825-2002, dengan benda uji berbentuk kubus berukuran 50 mm dan jumlah total 112 sampel. Variasi arang serbuk gergaji yang digunakan sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% dari berat semen, dengan nilai flow awal berkisar antara 105%–115% sesuai SNI 03-6882-2002. Benda uji direndam selama 26 hari dan diuji kuat tekannya pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan arang serbuk gergaji hingga kadar tertentu mampu meningkatkan kuat tekan mortar. Kuat tekan maksimum diperoleh pada variasi 7,5% untuk kedua perbandingan campuran, yaitu meningkat sebesar 10,94% pada mortar 1:3 dan 9,90% pada mortar 1:5 dibandingkan mortar normal. Namun, pada penambahan di atas 10%, kuat tekan mortar cenderung menurun. Dengan demikian, arang serbuk gergaji berpotensi digunakan sebagai bahan tambah semen pada mortar dengan kadar optimum sebesar 7,5%.

Penelitian yang dilakukan oleh (Siregar et al., 2024) dengan judul “ Analisa Penggunaan Abu Arang Kayu Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Kuat Tekan Mortar”. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penggunaan abu arang

kayu terhadap kuat tekan mortar. Dengan variasi campuran mortar normal, substitusi abu arang kayu 5%, dan 10%. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan abu arang kayu menyebabkan penurunan kuat tekan mortar pada seluruh umur pengujian. Pada umur 28 hari, mortar normal memiliki kuat tekan sebesar 7,78 MPa, sedangkan variasi 5% dan 10% masing-masing hanya mencapai 6,17 MPa dan 5,94 MPa. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan abu arang kayu sebagai material campuran mortar berpengaruh terhadap penurunan mutu, sehingga penerapannya perlu dipertimbangkan secara cermat dengan memperhatikan risiko tidak tercapainya kuat tekan yang direncanakan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Sadir et al., 2025) dengan judul " Karakteristik Mortar Komposit Dengan Penambahan Arang Aktif". Penelitian ini mengkaji pengaruh penambahan arang aktif terhadap karakteristik mortar komposit, khususnya kuat tekan, densitas, dan daya serap air. Arang aktif ditambahkan ke dalam matriks semen dengan tujuan meningkatkan kepadatan dan ketahanan mortar. Variasi kadar arang aktif yang digunakan adalah 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% dari berat semen, dengan perbandingan campuran semen dan pasir sebesar 1:3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan arang aktif secara umum tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kuat tekan dan daya serap air mortar komposit. Namun, pengaruh yang lebih terlihat terjadi pada karakteristik densitas, khususnya densitas pada kondisi setting. Komposisi arang aktif sebesar 5% menunjukkan kinerja paling optimal dengan kuat tekan mencapai 11,67 MPa, densitas setting sebesar 2092,91 kg/m^3, densitas oven dry sebesar 1853,93 kg/m^3, serta daya serap air sebesar 15,20%. Temuan ini menunjukkan bahwa arang aktif berpotensi digunakan sebagai bahan tambah pada mortar komposit dengan kadar tertentu untuk memperoleh sifat fisik yang lebih baik.

Berdasarkan penelitian tersebut, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai serbuk arang kayu sebagai pengganti sebagian pasir dengan pendekatan yang lebih terkontrol, pembatasan kadar substitusi rendah, serta pengaturan faktor air-semen. Dengan perancangan campuran yang tepat, serbuk arang kayu berpotensi berfungsi sebagai filler halus yang mampu mengisi rongga antar agregat, mengurangi porositas, dan tetap menjaga kuat tekan mortar dalam batas yang dapat diterima.

Sehinhgga, penelitian ini menjadi relevan dan penting untuk memperjelas batas optimum serta mekanisme kerja serbuk arang kayu sebagai substitusi parsial agregat halus dalam mendukung pengembangan mortar yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

2.3 Agregat Halus (Pasir)

Menurut SNI 03-6820-2002 agregat halus didefinisikan sebagai bahan granular dengan ukuran butir maksimum 4,76 mm yang berasal dari alam atau hasil olahan. Agregat halus merupakan komponen terbesar dalam campuran mortar berdasarkan volume, sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik mortar (Tjokrodimuljo, 2007). Material ini dapat berupa pasir alam hasil disintegrasi batuan maupun pasir buatan yang dihasilkan melalui pemecahan dan penyaringan batuan atau terak tanur tinggi. Pasir berfungsi sebagai bahan pengisi yang mengurangi penyusutan, meningkatkan stabilitas volume, serta mempengaruhi kekuatan dan keawetan mortar (Neville & Brooks, 2011).

Karakteristik agregat halus yang mempengaruhi kinerja mortar meliputi gradasi butiran, bentuk dan tekstur permukaan, berat jenis, serta kandungan lumpur atau bahan organik. Agregat halus dengan gradasi baik dan permukaan kasar cenderung menghasilkan mortar dengan daya lekat dan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan pasir berpermukaan halus dan licin (Tjokrodimuljo, 2007).

Berdasarkan SNI 03-6820-2002 menetapkan bahwa agregat halus selain sebagai pengisi juga berfungsi sebagai:

1. Pengatur susutan, membantu mengendalikan penyusutan volume selama pengerasan.
2. Penambah kekuatan mekanik pada lapisan plesteran atau adukan melalui peningkatan kontak antarbutir.

2.3.1 Bahan Alternatif Pengganti Pasir

Penelitian yang dilakukan oleh (Aldy et al., 2025) dengan judul “Studi Eksperimental Pengaruh Serbuk Cangkang Pala Sebagai Subtitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Mortar Dinding”. Penelitian ini mengkaji pemanfaatan limbah serbuk cangkang pala sebagai bahan substitusi agregat halus pada mortar

dinding dengan fokus pada pengaruhnya terhadap kuat tekan. Pendekatan yang digunakan adalah eksperimen laboratorium kuantitatif, di mana benda uji mortar berbentuk kubus berukuran 5×5×5 cm dibuat dengan variasi kadar serbuk cangkang pala sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7% dari berat agregat halus. Seluruh benda uji dirawat selama 28 hari sebelum dilakukan pengujian kuat tekan sesuai ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan kuat tekan mortar seiring bertambahnya persentase serbuk cangkang pala. Mortar normal menghasilkan kuat tekan sebesar 9,33 MPa, sedangkan variasi 3%, 5%, dan 7% masing-masing mencapai 11,33 MPa, 13,33 MPa, dan 15,33 MPa. Seluruh nilai kuat tekan tersebut telah memenuhi persyaratan mortar kelas M5 berdasarkan EN 998-1-2017. Temuan ini menunjukkan bahwa serbuk cangkang pala berpotensi digunakan sebagai material alternatif agregat halus yang tidak hanya meningkatkan kinerja mekanik mortar, tetapi juga mendukung upaya pemanfaatan limbah pertanian dan pengembangan material konstruksi yang lebih berkelanjutan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Allo et al., 2025) dengan judul " Evaluasi Perilaku Mekanik Mortar Berkelanjutan Menggunakan Butiran Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) Sebagai Substitusi Agregat Halus". Penelitian ini bertujuan mengevaluasi perilaku mekanik mortar dengan mengganti sebagian agregat halus menggunakan limbah plastik PET berbentuk butiran dengan variasi 0%, 3%, dan 5% dari berat pasir. Pengujian dilakukan pada umur 7 dan 28 hari dengan parameter yang diamati meliputi flow mortar, densitas, dan kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi agregat halus menggunakan limbah plastik PET hingga 5% memberikan pengaruh positif terhadap kinerja mortar, khususnya pada peningkatan kuat tekan dan kemampuan material dalam menyerap energi. Kuat tekan mortar meningkat hingga 1,16 kali dibandingkan campuran kontrol pada variasi 5%, sehingga penelitian ini mendukung potensi pemanfaatan limbah plastik PET sebagai bahan alternatif dalam pengembangan material konstruksi yang berkelanjutan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Fadiah & Murdiyoto, 2022) dengan judul "Kuat Tekan Mortar Dengan Cangkang Kerang Sebagai Subtitusi Agregat Halus". Penelitian ini memanfaatkan cangkang kerang sebagai bahan substitusi agregat

halus dengan latar belakang meningkatnya produksi kerang setiap tahun yang menghasilkan limbah cangkang dalam jumlah besar. Pemanfaatan limbah tersebut diharapkan dapat mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus menghadirkan inovasi material alternatif pada bidang konstruksi. Benda uji berupa kubus mortar dibuat dengan perbandingan campuran 1PC:3PS dan variasi substitusi cangkang kerang sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap berat pasir. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3, 14, dan 28 hari. Sebelum pembuatan benda uji, seluruh bahan penyusun mortar diuji terlebih dahulu untuk memastikan kesesuaiannya dengan persyaratan, kemudian dilakukan perancangan campuran mortar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi cangkang kerang memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kuat tekan mortar. Pada umur 28 hari, besar pengaruh substitusi mencapai 17,6% dibandingkan mortar normal, dengan peningkatan kuat tekan hingga 97,6%. Variasi substitusi 15% pada umur 28 hari menghasilkan kuat tekan maksimum sebesar 18,06 MPa, sehingga cangkang kerang berpotensi digunakan sebagai bahan alternatif agregat halus dalam pembuatan mortar.

Penelitian yang dilakukan oleh (Prambudi et al., 2025) dengan judul "Analisis Limbah Marmer sebagai Substitusi Pasir pada Campuran Beton ditinjau dari Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton". Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh pemanfaatan limbah marmer sebagai substitusi pasir pada campuran beton terhadap kuat tekan, modulus elastisitas, serta biaya produksi beton. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan membandingkan beton normal dan beton dengan substitusi limbah marmer sebesar 5%, 15%, dan 25% dari agregat halus, dengan mutu rencana beton 25 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton pada variasi 0%, 5%, 15%, dan 25% berturut-turut mencapai 27,57 MPa, 28,73 MPa, 27,58 MPa, dan 24,56 MPa. Substitusi limbah marmer sebesar 5% dan 15% terbukti meningkatkan kuat tekan beton dibandingkan beton normal, sedangkan pada kadar 25% terjadi penurunan kuat tekan. Nilai modulus elastisitas beton juga menunjukkan variasi, yaitu sebesar 2,238 N/mm² (0%), 1,359 N/mm² (5%), 7,065 N/mm² (15%), dan 0,951 N/mm² (25%), yang mengindikasikan bahwa kadar limbah marmer tertentu dapat memengaruhi sifat elastis beton secara signifikan. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan

bahwa limbah marmer berpotensi digunakan sebagai material alternatif agregat halus yang lebih ekonomis dan berkelanjutan, selama penggunaannya dibatasi pada proporsi optimal agar kualitas struktural beton tetap terjaga.

Penelitian yang dilakukan oleh (Alfuady & Qubro, 2023) dengan judul "Analisis Cangkang Kerang Dara Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton". Penelitian ini bertujuan membandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan cangkang kerang dara sebagai substitusi agregat halus sebesar 5%, 10%, dan 15%. Metode yang diterapkan adalah eksperimen laboratorium dengan pengujian kuat tekan pada umur tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan persentase cangkang kerang dara berbanding lurus dengan peningkatan kuat tekan beton. Fenomena ini dipengaruhi oleh sifat rekat cangkang kerang dara saat bereaksi dengan air, gradasinya yang relatif halus sehingga berfungsi efektif sebagai filler, serta kandungan mineralnya yang menyerupai semen dan berkontribusi dalam proses pengikatan material penyusun beton. Berdasarkan hasil pengujian, variasi substitusi cangkang kerang dara sebesar 15% menghasilkan kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari, yaitu sebesar 35,45 MPa. Temuan ini menunjukkan bahwa cangkang kerang dara berpotensi dimanfaatkan sebagai material alternatif agregat halus yang mampu meningkatkan performa beton sekaligus mendukung konsep konstruksi berkelanjutan.

2.4 Faktor Air Semen (FAS)

Faktor Air Semen (FAS) atau *water-cement ratio* merupakan perbandingan antara berat air dengan berat semen yang digunakan dalam campuran mortar atau beton. Nilai FAS menjadi salah satu parameter utama yang menentukan kualitas campuran karena berpengaruh terhadap proses hidrasi semen, kemudahan pengerjaan (*workability*), porositas, serta sifat mekanik setelah material mengeras. Air yang digunakan harus berada pada jumlah yang optimum, karena air yang terlalu sedikit dapat menghambat proses hidrasi sehingga campuran sulit dikerjakan, sedangkan air yang berlebihan akan meningkatkan terbentuknya pori-pori kapiler yang menyebabkan penurunan kekuatan dan durabilitas mortar. Menurut (Wesli et al., 2021)**,** terdapat hubungan yang berbanding terbalik antara nilai faktor air semen dan kuat tekan beton, di mana semakin kecil nilai FAS maka

semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan. Sejalan dengan itu, (Hadi et al., 2025) menyatakan bahwa penurunan nilai FAS menghasilkan struktur pasta semen yang lebih padat sehingga porositas berkurang dan kuat tekan beton meningkat.

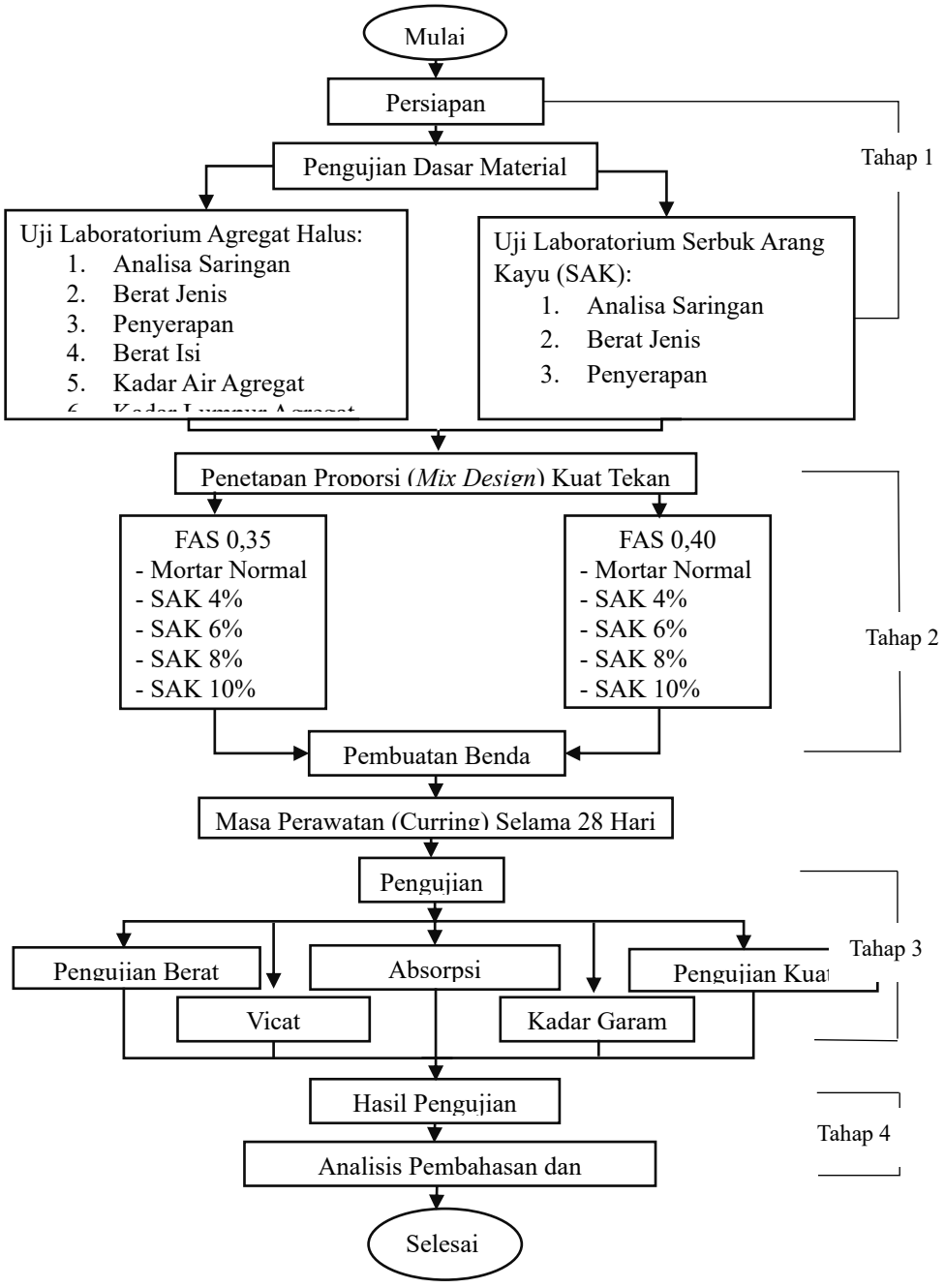
Pengaruh nilai FAS tidak hanya terlihat terhadap kuat tekan, tetapi juga memengaruhi karakteristik fisik mortar seperti nilai *flow*, berat jenis, dan daya serap air. Pada mortar yang menggunakan bahan pengganti agregat halus dengan daya serap tinggi, seperti serbuk arang kayu, pengendalian nilai FAS menjadi sangat penting karena sebagian air pencampur akan diserap oleh material tersebut sehingga dapat mengurangi air yang tersedia untuk proses hidrasi semen. Variasi nilai FAS memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik mortar busa, terutama terhadap nilai *flow*, densitas, dan kuat tekan. Oleh karena itu, pemilihan nilai FAS harus mempertimbangkan karakteristik material penyusun agar diperoleh campuran mortar yang memiliki kelecakan, kepadatan, dan kekuatan yang optimal (Susilowati & Nabhan, 2021). Berdasarkan konsep tersebut, penelitian ini menggunakan variasi FAS sebesar 0,35 dan 0,40 untuk mengevaluasi pengaruh kadar air terhadap karakteristik mortar dengan substitusi sebagian pasir menggunakan serbuk arang kayu.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah langkah langkah dalam pelaksanaan yang disajikan dalam bentuk flowchart pada penelitian ini:



Gambar 3. 1: Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode percobaan di laboratorium, dengan melakukan beberapa uji berdasarkan rancangan data yang sudah disiapkan sebelumnya. Penelitian berlangsung di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan dibagi menjadi lima tahap utama berikut:

1. Tahap I (Persiapan Bahan dan Uji Dasar)

   Persiapan bahan seperti agregat halus, semen, air, dan serbuk arang kayu. Lalu dilakukan pengujian dasar pada agregat halus dan serbuk arang kayu, termasuk analisa saringan, pengukuran berat jenis, penyerapan, berat isi, kadar air, serta kadar lumpur.
2. Tahap II (*Mix Design* & Perawatan Benda Uji)

   Merencanakan komposisi mortar, dan pembuatan benda uji. Proporsi campuran mortar berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI 03-6882, 2002. Dan melakukan perawatan benda uji (*curing*) selama 28 hari perendaman.
3. Tahap III (Pengujian Benda Uji)

   Melakukan pengujian benda uji pada berbagai variasi campuran. Adapun pengujian yang dilakukan yaitu, berat jenis, penyerapan air, vicat, kadar garam dan pengujian kuat tekan berdasarkan SNI.
4. Tahap IV (Analisa Data & Kesimpulan)

   Menganalisis data dari pengujian yang telah dilakukan sebelumnya untuk mendapatkan hasil dan menjadi dasar kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental laboratorium. Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data numerik yang dapat diukur secara objektif dan dianalisis secara sistematis guna mengetahui pengaruh penggunaan serbuk arang kayu sebagai bahan substitusi sebagian agregat halus terhadap kinerja mortar. Penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian tahapan yang meliputi perencanaan campuran mortar, pembuatan benda uji, perawatan (curing), serta pengujian sifat fisik dan mekanik mortar di laboratorium. Setiap tahap dilakukan berdasarkan prosedur standar yang berlaku agar hasil penelitian dapat

dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Metode ini dilakukan dengan membuat sampel benda uji berupa mortar dengan menggunakan 2 jenis FAS sebesar 0,35 dan 0,40.

3.3 Sumber Sumber Data Dalam Penelitian

Suatu metode atau langkah-langkah sistematis untuk menyelesaikan masalah dengan mengumpulkan, mencatat, mengkaji, dan menganalisis data. Dalam studi ini, penyelesaian masalah sangat mengandalkan data pendukung yang sudah dikumpulkan sebelumnya. Data tersebut berasal dari dua sumber utama:

1. Data Primer

   Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari hasil eskprerimen yang telah dilakukan di laboratorium, s eperti: pengukuran berat jenis, 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), dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing. Selain itu, data juga mencakup standar yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) dan hasil penelitian-penelitian mortar sebelumnya.

3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan jenis penelitian ini adalah penelitian dengan metode eskperimen laboratorium. Untuk waktu penelitian dilakukan selama 4 bulan yaitu pada bulan Februari s/d Mei 2026.

Tabel 3. 1: Jadwal Penelitian

Tahap	No	Uraian Kegiatan	Februari				Maret				April				Mei				Juni		
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
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 Penelitian

3.5.1 Alat

1. Satu set saringan untuk agregat halus

   Saringan untuk agregat halus yang digunakan pada pengujian yaitu, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, dan PAN.



Gambar 3. 2: Satu set saringan agregat halus

2. Oven

   Oven laboratorium digunakan untuk mengeringkan agregat halus sebelum pengujian. Proses pengeringan dilakukan pada suhu 105 ± 5°C selama 24 jam atau hingga berat sampel konstan, sesuai dengan SNI 03-1970-1990. Oven digunakan bermerk Mammert seri C205.1273 dengan berat 24 kg, dimensi 24 x 24 x 16 cm, 50 Hz/ 60 Hz dengan watt 230 volt. Penggunaan oven berkisar pada suhu 100-110˚C.



Gambar 3. 3: Oven

3. Ember

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



Gambar 3. 4: Ember

4. Timbangan Digital

   Timbangan digital digunakan untuk mengukur massa bahan campuran seperti semen, pasir, dan serbuk arang kayu,. Timbangan yang digunakan bermerk SHINTEC tipe SHP-800 N, berukuran 22 cm x 32 cm dengan kapasitas 35 kg dan ketelitian setiap 5 gram.



Gambar 3. 5: Timbangan Digital

5. Plastik Ukuran 10 kg

   Plastik berkapasitas 10 kg digunakan sebagai wadah sementara untuk menampung dan mengemas bahan penelitian seperti pasir, semen, dan serbuk arang kayu. 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 yang menempel, 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, serbuk 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 halus dan serbuk arang kayu 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 sesuai SNI 03-1970-1990 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: Kawat kasa dan kaki tiga

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 pelindung mulut dan saluran pernapasan dari debu dan kotoran pada saat penelitian berlangsung.



Gambar 3. 13: Masker

13. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air pencampuran yang dibutuhkan pada proses pembuatan mortar berlangsung. Dengan kapasitas dari 50 mL sampai 500 mL.



Gambar 3. 14: Gelas Ukur

14. Cetakan benda Uji

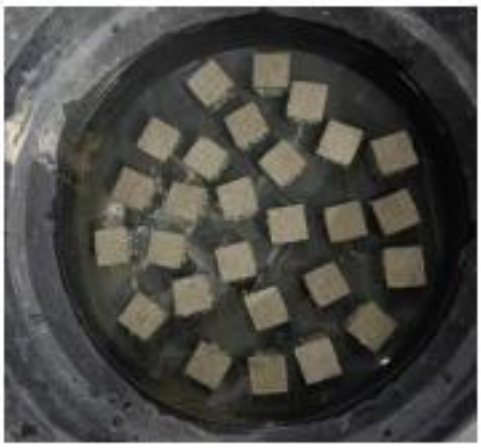
Cetakan kubus berukuran 5 × 5 × 5 cm digunakan untuk membentuk benda uji mortar sesuai SNI 03-6825-2002. Cetakan terbuat dari baja yang dapat dibongkar pasang dengan permukaan bagian dalam yang halus untuk memastikan bentuk benda uji presisi.



Gambar 3. 15: Cetakan benda uji

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 berlangsung.



Gambar 3. 17: Sarung tangan

17. Mesin Pengaduk

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 yang dapat ditahan oleh benda uji kubus mortar ukuran 5×5×5 cm. 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

Bahan pembentuk mortar yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

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. Agregar Halus

Pada penelitian ini, pasir yang digunakan sebagai agregat halus berasal dari daerah Binjai. Menurut standart SK SNI S-04-1989-F, agregat halus untuk campuran beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami batuan yang dihasilkan oleh alat alat pemecah batu. Ukuran butiran pasir umumnya berkisar antara 0,15 hingga 5 mm. Pasir yang baik apabila butir-butirannya tajam dan kasar, dan tidak mengandung lumpur lebih dari 5%.



Gambar 3. 21: Agregat Halus

3. Air

   Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang memenuhi standar bersih sesuai SNI 03-2847-2019, yaitu tidak mengandung bahan kimia atau organik yang dapat mengganggu proses hidrasi semen.



Gambar 3. 22: Air

4. Arang kayu

   Berfungsi sebagai material pengganti sebagian pasir pada bahan penelitian yang didapatkan dari hasil sisa limbah pembakaran kayu rumah tangga/pabrik di sekitaran kota Medan.



Gambar 3. 23: Arang Kayu

3.6 Pemeriksaaan Bahan

3.6.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Pemeriksaan analisis saringan dilakukan mengacu pada SNI 03-1968-1990 mengenai analisis saringan agregat halus. Analisis ini penting untuk menentukan

distribusi ukuran butir agregat halus, yang berpengaruh pada kualitas campuran mortar. Adapun langkah pengujian analisa saringan sebagai berikut:

1. Mengambil benda uji yang telah disiapkan
2. Benda uji dimasukkan ke dalam oven dan dikeringkan dengan suhu (110 ± 5) °C, sampai berat tetap.
3. Saring benda uji menggunakan saringan dengan susunan saringan yaitu saringan yang paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncangkan secara manual ataupun menggunakan mesin selama 15 menit. Adapun satu set saringan agregat halus dengan ukuran yaitu: 4 (4,75 mm); No. 8 (2,36 mm); No. 16 (1,18 mm); No. 30 (0,600 mm); No. 50 (0,300 mm); No. 100 (0,150 mm); No. 200 (0,075 mm).
4. Setelah saringan selesai, hitung persentase benda sampel yang tertahan diatas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

3.6.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Berdasarkan SNI-1970-2008, agregat halus didefinisikan sebagai material dengan diameter partikel di bawah 4,75 mm (saringan No. 4). Pengujian dilakukan untuk mengidentifikasi beberapa parameter, yaitu berat jenis curah kering, berat jenis semu, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan (SSD), dan kemampuan absorpsi air setelah perendaman selama (24±4) jam. Berat jenis pasir pada kondisi SSD diperoleh melalui metode pengujian ini. Pelaksanaan pengujian mengacu pada metode, peralatan, dan material yang tercantum dalam standar ASTM C 128-01 (2001).

Berikut langkah langkah pengerjaan pengujian 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

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

b. Berat jenis contoh SSD

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

c. Berat jenis contoh semu

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

d. Penyerapan

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

Keterangan:

B = Berat contoh SSD.

C = Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air.

D = Berat piknometer jenuh air.

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

3.6.3 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.

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.

3.6.4 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur dilakukan sesuai SNI 03-4142-1996 melalui pencucian agregat hingga air jernih, kemudian menghitung persentase material lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm). Proses melibatkan pengeringan oven pada 110±5°C Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus bertujuan untuk menentukan persentase lumpur yang terdapat dalam agregat. Alat, bahan, dan prosedur yang digunakan mengikuti standar yang relevan sesuai SNI sebagai berikut.

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:

a. Berat kering benda uji awal

$$\mathrm{W3} = \mathrm{W1} - \mathrm{W2} \tag{3.5}$$

b. Berat kering benda uji setelah pencucian

$$\mathrm{W5} = \mathrm{W4} - \mathrm{W2} \tag{3.6}$$

c. Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci

$$\mathrm{W6} = \frac{W3 - W5}{W3} \times 100\% \tag{3.7}$$

Keterangan :

W1 = berat kering benda uji + wadah (gram);

W2 = berat wadah (gram);

W3 = berat kering benda uji awal (gram);

W4 = berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gram);

W5 = berat kering benda uji sesudah pencucian (gram);

W6 = % bahan lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm).

3.6.5 Kadar Air Agregat Halus

Standar Nasional Indonesia (SNI) mengatur pemeriksaan kadar air agregat halus melalui metode pengeringan oven untuk menentukan persentase air total. SNI 1971:2011 (Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan)/ ASTM C566, yang berlaku untuk agregat halus berukuran kurang dari 4,75 mm. Pemeriksaan kadar air agregat halus berfungsi mengetahui kadar air yang terkandung dalam pasir. Adapun alat, bahan dan prosedurnya sebagai berikut :

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.

   Dengan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\frac{(W1 - W2)}{(W2 - W3)} \times 100\% \qquad (3.8)$$

   Keterangan:

   W1 = Pasir dalam keadaan SSD

   W2 = Pasir kering oven dan wadah

   W3 = Berat wadah

3.6.6 Analisa Saringan Serbuk Arang Kayu

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

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan
2. Mengambil dan menimbang serbuk 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 serbuk arang kayu sampai benar-benar tersaring dengan sempurna.
5. Setelah tersaring dengan sempurna kemudian mengambil dan memasukkan Serbuk 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.

3.6.7 Penyerapan Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Arang Kayu

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan serbuk arang kayu berfungsi menentukan berat jenis serbuk arang kayu dalam keadaan SSD.

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

b) Kosongkan piknometer dari air, lalu masukkan sampel abu kulit kakao sebanyak 500 gram (B).
c) Isi kembali piknometer yang sudah berisi sampel dengan air hingga penuh (D).
d) Panaskan piknometer yang berisi sampel dan air selama tiga kali, masingmasing selama 5 menit. Setiap 5 menit, angkat dan balikkan piknometer untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap.
e) 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.
f) Rendam piknometer di dalam bak berisi 11 liter air dan biarkan selama kurang lebih 24 jam.
g) Setelah 24 jam, keluarkan piknometer dan tuangkan isinya ke dalam wadah yang telah ditimbang, pastikan tidak ada sampel yang tertinggal di dalam piknometer.
h) Masukkan wadah yang berisi sampel ke dalam oven dengan suhu 105 ± 5°C selama 24 jam.
i) Setelah 24 jam, keluarkan wadah dari oven, biarkan hingga mencapai suhu ruangan, lalu timbang kembali (E).

Hitung hasil menggunakan rumus yang telah ditentukan:

a. Berat jenis contoh kering

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

b. Berat jenis contoh SSD

$$\frac{B}{(B+D-C)} \tag{3.10}$$

c. Berat jenis contoh semu

$$\frac{E}{(E+D-C)} \tag{3.11}$$

d. Penyerapan

$$\frac{(B-E)}{E}\ X\ 100\% \tag{3.12}$$

Keterangan :

B = Berat contoh SSD

C = Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air

D = Berat piknometer jenuh air

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

3.7 Pelaksanaan Penelitian

3.7.1 *Mix Design*

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

Pada penelitian ini serbuk arang kayu digunakan sebagai bahan alternatif menggantikan sebagian pasir 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 60 sempel. Untuk lebih jelasnya jumlah sampel benda uji yang akan di buat terdapat pada tabel berikut ini.

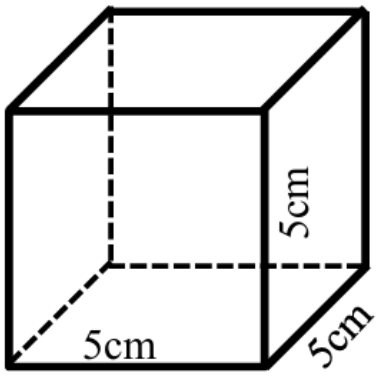
Tabel 3. 2: *Mix Design*

No	Tes	FAS	Semen	Pasir	SAK	Tes	Jumlah Sampel
1	Normal	0,35	1	3	-	Cube 5x5x5	6
		0,40					6
2	Variasi	0,35	1	96%	4%	Cube 5x5x5	6
		0,40					6
		0,35	1	94%	6%	Cube 5x5x5	6
		0,40					6
		0,35	1	92%	8%	Cube 5x5x5	6
		0,40					6
		0,35	1	90%	10%	Cube 5x5x5	6
		0,40					6
Jumlah							60

Benda uji yang akan dibuat berbentuk kubus dengan ukuran 5x5x5 cm yang berjumlah 60 sampel. Berikut penjelasannya:

1. Mortar normal: Terdapat 6 buah benda uji dengan FAS 0,35 dan 6 buah benda uji dengan FAS 0,40 dengan umur rencana mortar 28 hari untuk diambil data rata-ratanya.
2. Mortar campuran serbuk arang kayu: Terdapat variasi 4%, 6%, 8%, 10% dengan kombinasi FAS 0,35 dan 0,40 yang masing masing dengan 6 buah benda uji dan umur rencana mortar 28 hari untuk diambil data rata-rata dalam setiap variasi pengujiannya.

Berdasarkan acuan : SNI 03-6882-2002 (Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan) ASTM C109. Dimensi Benda Uji:



Gambar 3. 24: Dimensi Cetakan Mortar

Menghitung campuran mortar dengan perbandingan 1:3

Berat cetakan mortar = 5835gram

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

= 0,000125 m^3

Berat isi semen = 1250 kg/m^3

Berat isi pasir = 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 dimisalkan z

$z + 3z = 1\ m^3$

$4z = 1\ m^3$

z = 0,25 m^3

- Jumlah semen yang digunakan untuk 1 m^3

  Semen = 1z $\rightarrow$ 1 × 0,25 = 0,25 m^3

  Semen × berat isi semen = 0,25 m^3 × 1250 kg/m^3

  = 312,5 kg

- Jumlah pasir digunakan untuk 1 m^3

  Pasir = 3z $\rightarrow$ 3 × 0,25 = 0,75 m^3

  Pasir × berat isi pasir = 0,75 m^3 × 1400 kg/m^3

  = 1050 kg

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

  Air (Ls) = jumlah semen × 0,35

  = 312,5 kg × 0,35

  = 109,375 kg

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

  Air (Ls) = jumlah semen × 0,40

  = 312,5 kg × 0,40

  = 125 kg

Mix Design Mortar Untuk Kuat Tekan

➢ FAS 0,35

- Mortar normal

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

  = 312,5 kg × 0,000125 m^3

  = 0,03906 kg/m^3

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

  = 1050 kg × 0,000125 m^3

  = 0,13125 kg/m^3

  Air = Jumlah air yang digunakan dalam 1m^3 FAS 0,35 × volume cetakan mortar

  = 109,375 kg × 0,000125 m^3

= 0,01367 kg/m^3

- SAK 4%

SAK 4% = (Jumlah pasir yang digunakan dalam 1m^3 × 4%) × volume cetakan mortar
= (1050 kg × 4%) × 0,000125 m^3
= 0,00525 kg/m^3

Pasir = Berat pasir mortar normal – SAK 4%
= 0,13125 kg/m^3 – 0,00525 kg/m^3
= 0,12600 kg/m^3

Semen = 0,03906 kg/m^3

Air = 0,01367 kg/m^3

- SAK 6%

SAK 6% = (Jumlah pasir yang digunakan dalam 1m^3 × 6%) × volume cetakan mortar
= (1050 kg × 6%) × 0,000125 m^3
= 0,00788 kg/m^3

Pasir = Berat pasir mortar normal – SAK 6%
= 0,13125 kg/m^3 – 0,00788 kg/m^3
= 0,12338 kg/m^3

Semen = 0,03906 kg/m^3

Air = 0,01367 kg/m^3

- SAK 8%

SAK 8% = (Jumlah pasir yang digunakan dalam 1m^3 × 8%) × volume cetakan mortar
= (1050 kg × 8%) × 0,000125 m^3
= 0,01050 kg/m^3

Pasir = Berat pasir mortar normal – SAK 6%
= 0,13125 kg/m^3 – 0,01050 kg/m^3
= 0,12075 kg/m^3

Semen = 0,03906 kg/m^3

Air = 0,01367 kg/m^3

- SAK 10%

SAK 10% = (Jumlah pasir yang digunakan dalam 1m^3 × 10%) × volume cetakan mortar
= (1050 kg × 10%) × 0,000125 m^3
= 0,01313 kg/m^3

Pasir = Berat pasir mortar normal – SAK 6%
= 0,13125 kg/m^3 – 0,01313 kg/m^3
= 0,11813 kg/m^3

Semen = 0,03906 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 kg × 0,000125 m^3
= 0,03906 kg/m^3

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

Air = Jumlah air yang digunakan dalam 1m^3 FAS 0,40 × volume cetakan mortar
= 125 kg × 0,000125 m^3
= 0,01563 kg/m^3

- SAK 4%

SAK 4% = (Jumlah pasir yang digunakan dalam 1m^3 × 4%) × volume cetakan mortar
= (1050 kg × 4%) × 0,000125 m^3
= 0,00525 kg/m^3

Pasir = Berat pasir mortar normal – SAK 4%
= 0,13125 kg/m^3 – 0,00525 kg/m^3
= 0,12600 kg/m^3

Semen = 0,03906 kg/m^3

Air = 0,01563 kg/m^3

- SAK 6%

SAK 6% = (Jumlah pasir yang digunakan dalam 1m^3 × 6%) × volume cetakan mortar

= (1050 kg × 6%) × 0,000125 m^3

= 0,00788 kg/m^3

Pasir = Berat pasir mortar normal – SAK 6%

= 0,13125 kg/m^3 – 0,00788 kg/m^3

= 0,12338 kg/m^3

Semen = 0,03906 kg/m^3

Air = 0,01563 kg/m^3

- SAK 8%

SAK 8% = (Jumlah pasir yang digunakan dalam 1m^3 × 8%) × volume cetakan mortar

= (1050 kg × 8%) × 0,000125 m^3

= 0,01050 kg/m^3

Pasir = Berat pasir mortar normal – SAK 8%

= 0,13125 kg/m^3 – 0,01050 kg/m^3

= 0,12075 kg/m^3

Semen = 0,03906 kg/m^3

Air = 0,01563 kg/m^3

- SAK 10%

SAK 10% = (Jumlah pasir yang digunakan dalam 1m^3 × 10%) × volume cetakan mortar

= (1050 kg × 10%) × 0,000125 m^3

= 0,01313 kg/m^3

Pasir = Berat pasir mortar normal – SAK 10%

= 0,13125 kg/m^3 – 0,01313 kg/m^3

= 0,11813 kg/m^3

Semen = 0,03906 kg/m^3

Air = 0,01563 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 sampel yang direncanakan untuk direndam adalah 60 buah benda uji.

3.8 Pengujian Benda Uji

3.8.1 Pengujian Vicat

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*). Dan standart pengujian vicat ini berdasarkan SNI 03-6827-2002 dan ASTM C191.

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. 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)



Gambar 3. 25: Alat Vicat

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 Pengujian Kadar Garam (*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. Dengan standar acuan yang digunakan yaitu ASTM C1400. 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.

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 efloresensi diklasifikasikan berdasarkan intensitas kemunculannya, yaitu:
    a. Tidak ada
    b. Ringan
    c. Sedang
    d. Berat
4. Pengamana 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.



Gambar 3. 26: Mesin Uji Kuat Tekan

Kuat tekan mortar dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma m = \frac{P}{A} \tag{3.13}$$

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 yaitu, 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.

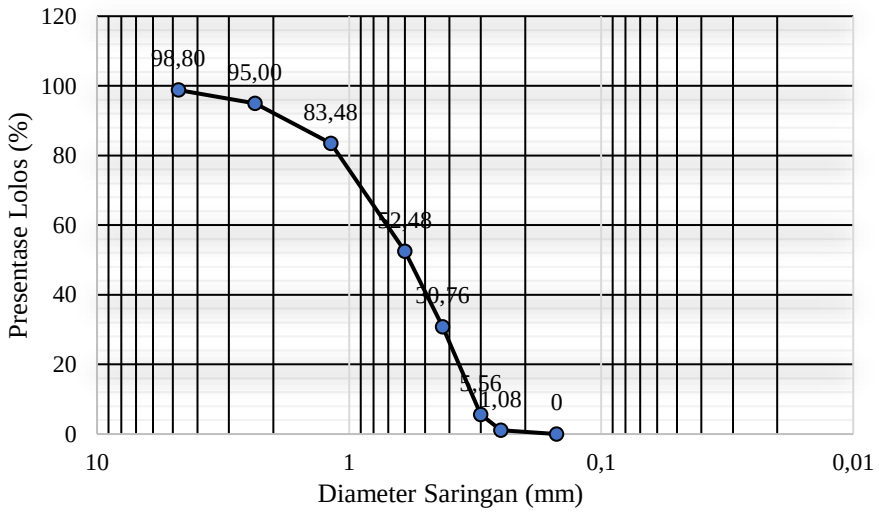
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Agregat Halus

Pada pemeriksaan awal dilakukan yaitu memperoleh data hasil pengujian material agregat yang diperlukan meliputi, Analisa Saringan, Berat Jenis Agregat, Kadar Air Agregat, Berat Isi Agregat, dan Kadar Lumpur Agregat. Pemeriksaan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang mematuhi pedoman dari SNI mengenai pemeriksaan agregat halus, serta mengikuti buku panduan praktikum beton.

4.1.1 Analisa Saringan Agregat Halus



Gambar 4. 1: Analisa Saringan

Berdasarkan grafik hasil pengujian analisis saringan, persentase lolos agregat halus mengalami penurunan secara bertahap seiring dengan semakin kecilnya ukuran saringan. Persentase lolos berturut-turut sebesar 98,80% pada saringan No.4**,** (95%) No.8, (83,48%) No.16, (52,48%) No.30, (30,76%) No.50, dan (5,56%) No.100, sedangkan material yang lolos saringan No. 200 hanya 1,08%. Pola gradasi tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar butiran agregat tertahan pada saringan

berukuran sedang hingga halus, sehingga distribusi ukuran butir berlangsung secara bertahap tanpa perubahan yang ekstrem. Berdasarkan SNI 03-1968-1990, analisia saringan dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran butiran agregat yang berpengaruh terhadap gradasi, kepadatan campuran, kebutuhan pasta semen, serta mutu mortar yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan memiliki gradasi yang kontinu dan masih berada dalam rentang gradasi agregat halus yang dipersyaratkan oleh standar, sehingga dinilai layak digunakan sebagai bahan penyusun mortar.

4.1.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Bedasarkan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus yang telah dilakukan mengacu pada ASTM C 128-01 (2001) didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 1: Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

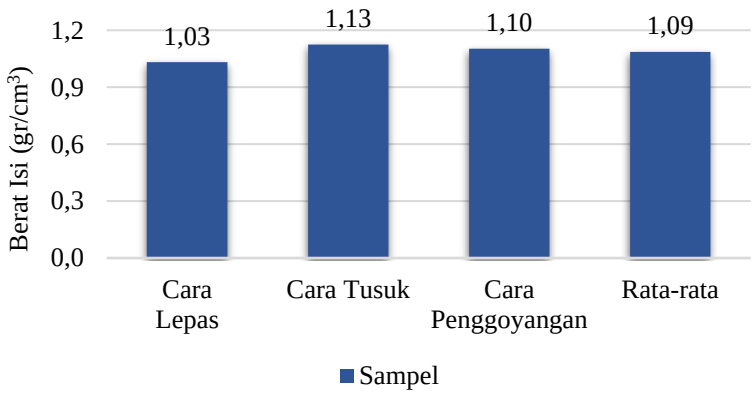
Uraian	Satuan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	gr	500	500	500
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	gr	965	965	965
Berat piknometer penuh air (D)	gr	650	650	650
Berat contoh SSD kering oven 110 C sampai konstan (E)	gr	490	494	492
Berat jenis contoh kering	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

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan pada agregat halus diperoleh tiga macam nilai berat jenis rata-rata, yaitu berat jenis kering sebesar 2,66 gr/cm³, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) sebesar 2,70 gr/cm³, dan berat jenis semu sebesar 2,78 gr/cm³. Dari hasil tersebut, diperoleh nilai rata-rata penyerapan air sebesar 1,63% yang memenuhi syarat standar ASTM C128 tentang *absorpsi* yang baik adalah dibawah 2%. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa agregat

halus telah memenuhi kriteria standar, yaitu dengan urutan berat jenis yang sesuai: Berat Jenis Kering > Berat Jenis SSD > Berat Jenis Semu. Hal ini penting karena berat jenis dan penyerapan agregat mempengaruhi proporsi campuran mortar.

4.1.3 Berat isi Agregat Halus

Bedasarkan pemeriksaan berat isi agregat halus menurut ASTM (29/C29M-97 (2003) dan (SNI 03-4804, 1998) ada 3 metode yang telah dilakukan didapat hasil sebagai berikut:

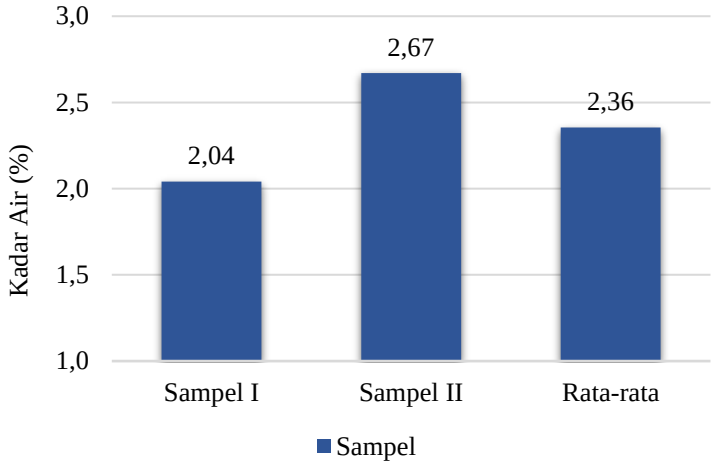


Gambar 4. 2: Grafik Berat Isi

Hasil pemeriksaan berat isi didapatkan nilai berat isi cara lepas sebesar 1,03 gr/cm^3, cara tusuk sebesar 1,13 gr/cm^{3}dan cara penggoyangan sebesar 1,10 gr/cm^3. Maka dari ketiga metode untuk menentukan berat isi agregat halus diperoleh nilai rata-rata sebesar 1,09 gr/cm^3. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan tingkat kepadatan agregat yang dipengaruhi oleh metode pemadatan.

4.1.4 Kadar Air Agregat Halus

Bedasarkan pemeriksaan kadar air yang telah di lakukan menurut SNI 1971:2011 (Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan)/ ASTM C566, maka di dapat hasil sebagai berikut:

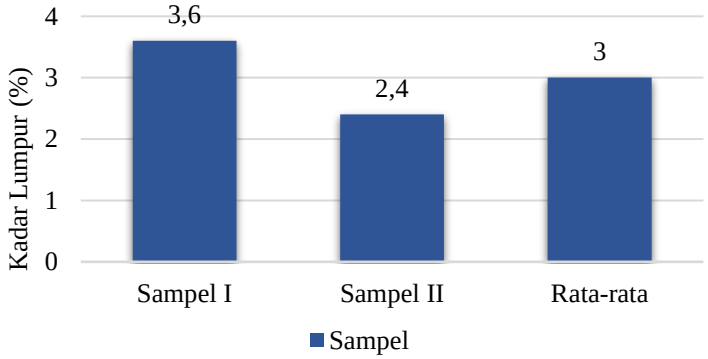


Gambar 4. 3: Grafik Kadar Air Agregat Halus

Dari pengujian kadar air agregat halus, nilai yang diperoleh untuk sampel 1 dan sampel 2 adalah 2,04% dan 2,67%. Sehingga, rata-rata kadar airnya adalah 2,36%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa agregat halus masih mengandung air alami yang dapat memengaruhi kondisi campuran mortar.

4.1.5 Kadar Lumpur Agregat Halus

Bedasarkan pemeriksaan kadar lumpur yang telah di lakukan menurut (SNI-03-4142-1996) maka di dapat hasil sebagai berikut:



Gambar 4. 4: Grafik Kadar Lumpur Agregat Halus

Dari hasil pengujian kadar lumpur agregat halus yang telah dilakukan didapat nilai kadar lumpur pada sampel 1 yaitu 3,6% dan sampel 2 sebesar 2,4%. Maka dari

itu didapat nilai kadar lumpur rata-rata yaitu sebesar 3%. Nilai tersebut masih memenuhi syarat batas maksimal SNI yaitu 5%.

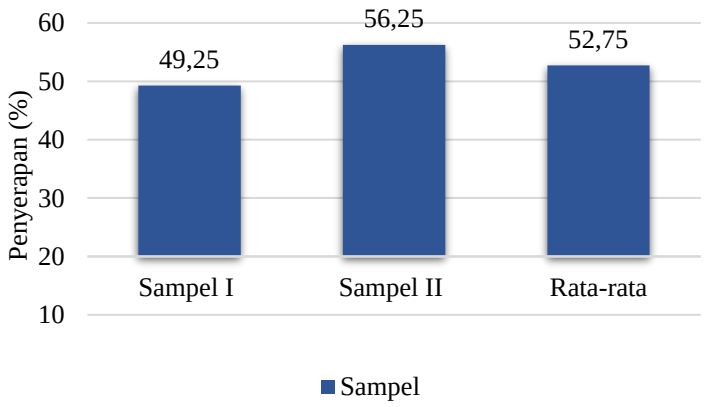
4.2 Pemeriksaan Serbuk Arang Kayu

4.2.1 Analisa Saringan Serbuk Arang Kayu

Serbuk arang kayu yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari sisa pembakaran kayu yang telah mengalami proses karbonisasi. Untuk memperoleh ukuran partikel yang lebih seragam, arang kayu terlebih dahulu dihancurkan secara manual menggunakan palu, kemudian dihaluskan kembali menggunakan blender hingga menjadi serbuk. Selanjutnya, serbuk arang kayu disaring menggunakan saringan Nomor 30 (0,60 mm) untuk memisahkan partikel yang memenuhi ukuran yang diinginkan dari partikel yang masih kasar. Partikel yang lolos saringan No. 30 digunakan sebagai bahan substitusi sebagian pasir pada campuran mortar. Proses penyaringan ini bertujuan untuk memperoleh distribusi ukuran butiran yang lebih seragam sehingga pencampuran serbuk arang kayu dengan bahan penyusun mortar menjadi lebih homogen dan hasil pengujian dapat memberikan tingkat keandalan yang lebih baik.

4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Arang Kayu

Berikut ini merupakah hasil berat jenis dan penyerapan serbuk arang kayu yang telah dilakukan.

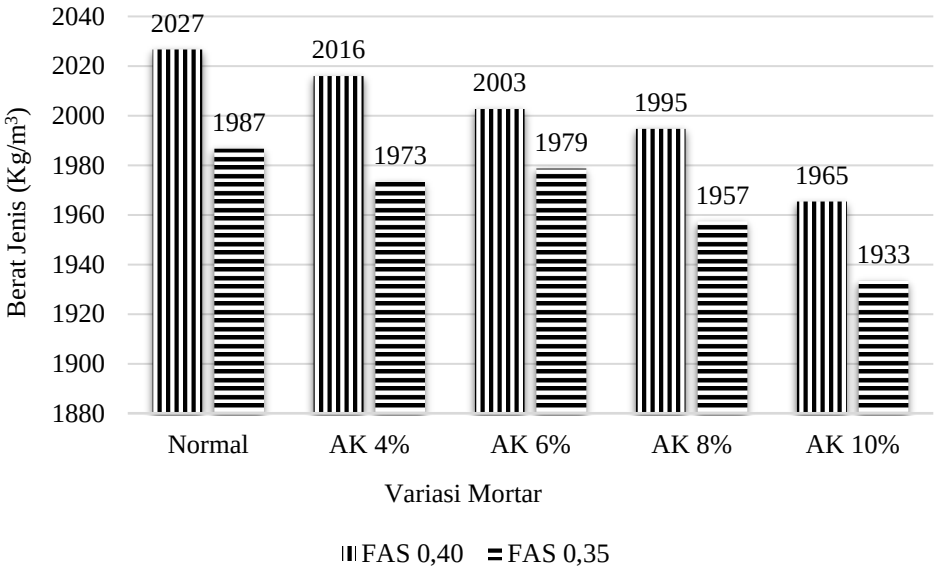


Gambar 4. 5: Grafik Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Arang Kayu

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan arang kayu diperoleh nilai penyerapan pada sampel I sebesar 49,25% dan sampel II sebesar 56,25%, dengan rata-rata sebesar 52,75%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa arang kayu memiliki kemampuan menyerap air yang sangat tinggi akibat struktur material yang berpori. Hal ini berpengaruh pada mortar, karena tingginya penyerapan dapat menurunkan kuat tekan mortar akibat berkurangnya air efektif yang tersedia untuk proses hidrasi semen dan juga penyerapan mortar cenderung dapat meningkat karena sifat arang kayu yang mudah menyerap air.

4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Mortar

4.3.1 Berat Jenis Mortar

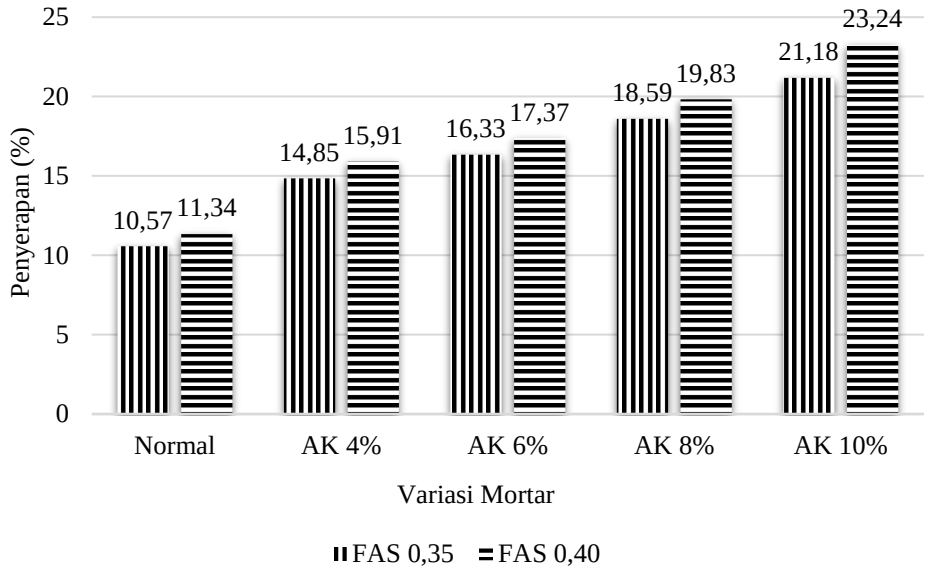


Gambar 4. 6: Grafik Berat Jenis Mortar

Berdasarkan grafik, berat jenis mortar cenderung menurun seiring meningkatnya persentase substitusi serbuk arang kayu pada kedua nilai FAS. Pada FAS 0,40, berat jenis menurun dari 2027 kg/m³ pada mortar normal menjadi 2016 kg/m³ (AK 4%), 2003 kg/m³ (AK 6%), 1995 kg/m³ (AK 8%), dan 1965 kg/m³ (AK 10%). Sementara itu, pada FAS 0,35, berat jenis berturut-turut sebesar 1987, 1973, 1979, 1957, dan 1933 kg/m³. Secara keseluruhan FAS 0,40 menghasilkan berat jenis lebih tinggi dibandingkan FAS 0,35 pada seluruh variasi. Penurunan berat jenis

pada peningkatan substitusi disebabkan oleh massa jenis serbuk arang kayu yang lebih rendah serta struktur yang lebih berpori dibandingkan pasir, sehingga mengurangi kepadatan mortar. Meskipun pada FAS 0,35 terjadi sedikit kenaikan dari AK 4% ke AK 6%, pola umum tetap menunjukkan bahwa semakin tinggi substitusi serbuk arang kayu, semakin rendah berat jenis mortar.

4.3.2 Penyerapan Mortar

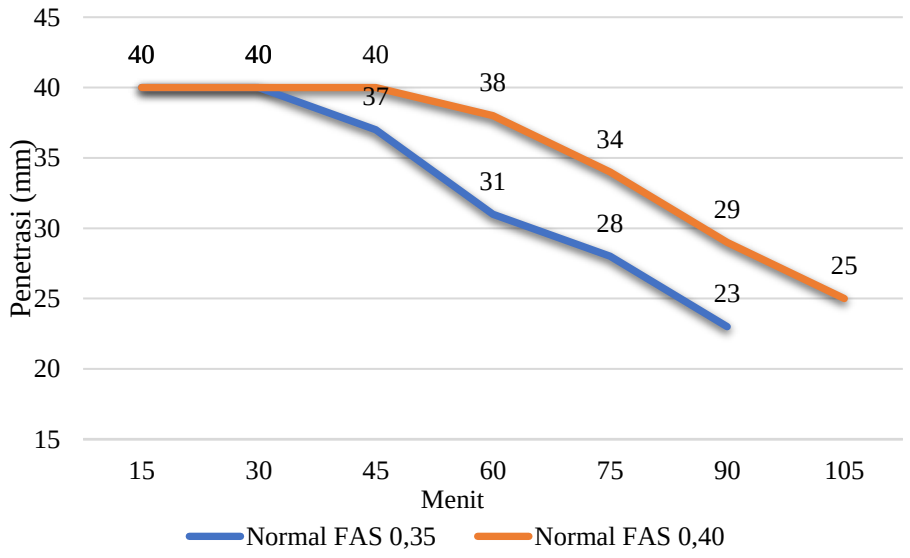


Gambar 4. 7: Grafik Penyerapan Mortar

Berdasarkan grafik, nilai penyerapan mortar meningkat seiring bertambahnya persentase substitusi serbuk arang kayu pada kedua nilai FAS. Pada FAS 0,35, penyerapan meningkat dari 10,57% pada mortar normal menjadi 14,85% (AK 4%), 16,33% (AK 6%), 18,59% (AK 8%), dan 21,18% (AK 10%). Sementara itu, pada FAS 0,40, nilainya berturut-turut sebesar 11,34%, 15,91%, 17,37%, 19,83%, dan 23,24%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa FAS 0,40 menghasilkan penyerapan lebih tinggi dibandingkan FAS 0,35 pada seluruh variasi. Peningkatan penyerapan seiring bertambahnya serbuk arang kayu dapat dikaitkan dengan struktur arang kayu yang berpori dan memiliki daya serap air tinggi, sehingga meningkatkan jumlah pori dan ruang kosong dalam mortar. Dengan demikian, semakin tinggi persentase substitusi serbuk arang kayu dan FAS yang digunakan, semakin besar kecenderungan mortar menyerap air.

4.3.3 Pengujian Vicat

Pengujian setting time dilakukan berdasarkan standar yang disyaratkan ASTMC191. Pengujian setting time dilakukan dalam rentang waktu setiap 15 menit sekali. Waktu yang dibutuhkan pasta semen untuk berubah dari cair menjadi padat di lihat dari grafik penetrasi waktu, biasanya ditandai dengan penurunan penetrasi jarum vicat sedalam 25 mm.



Gambar 4. 8: Grafik Pengujian Vicat

Berdasarkan grafik hasil pengujian Vicat pada mortar normal, terlihat bahwa nilai penetrasi jarum pada FAS 0,35 dan FAS 0,40 mengalami penurunan secara bertahap seiring bertambahnya waktu pengujian, yang menunjukkan berlangsungnya proses hidrasi semen dan meningkatnya kekakuan pasta. Pada menit ke-15 hingga ke-30, kedua variasi FAS masih memiliki penetrasi sebesar 40 mm, kemudian pada FAS 0,35 nilai penetrasi menurun menjadi 37 mm (45 menit), 31 mm (60 menit), 28 mm (75 menit), dan 23 mm (90 menit). Sementara itu, pada FAS 0,40, penetrasi tetap 40 mm hingga menit ke-45, kemudian menurun menjadi 38 mm (60 menit), 34 mm (75 menit), 29 mm (90 menit), dan 25 mm (105 menit). Hasil tersebut menunjukkan bahwa FAS 0,35 mengalami proses pengikatan lebih cepat dibandingkan FAS 0,40, karena jumlah air yang lebih sedikit mempercepat

pembentukan struktur hasil hidrasi semen. Berdasarkan SNI 03-6827-2002 yang mengacu pada ASTM C191, waktu ikat awal ditentukan ketika penetrasi jarum Vicat mencapai 25 mm. Dengan demikian, waktu ikat awal pada FAS 0,35 terjadi sekitar 90 menit (penetrasi 23 mm), sedangkan pada FAS 0,40 terjadi sekitar 105 menit (penetrasi 25 mm). Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan faktor air semen memperlambat proses pengikatan awal mortar, namun kedua variasi masih memenuhi ketentuan metode pengujian Vicat sesuai standar SNI 03-6827-2002 dan ASTM C191.

4.3.4 Pengujian Kadar Garam (*Efflorescence*)

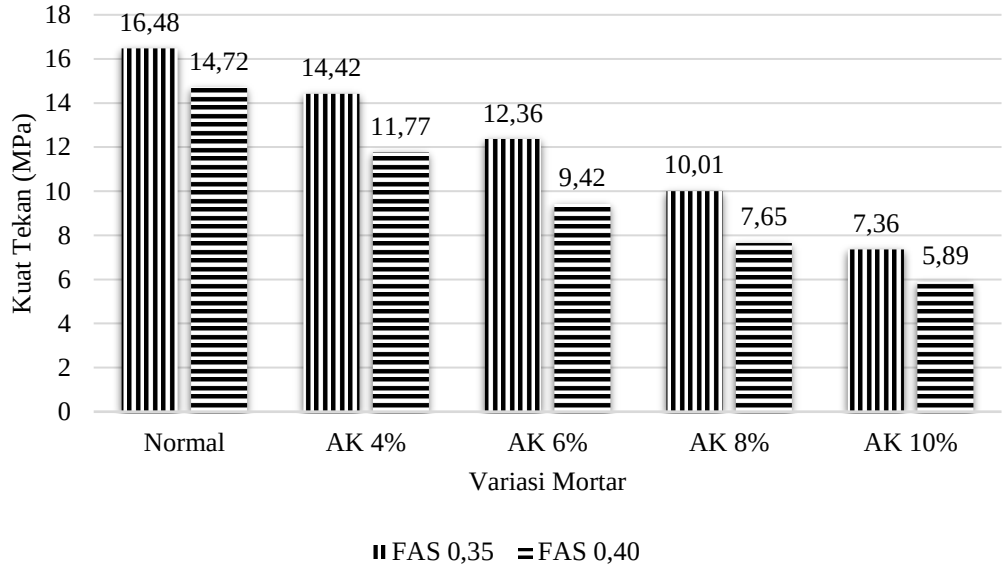


Gambar 4. 9: Hasil Pengujian *Efflorescence*

Berdasarkan pengamatan visual terhadap benda uji mortar setelah 28 hari perendaman, terlihat adanya endapan kristal berwarna putih yang muncul terutama pada bagian tepi, sudut, dan beberapa permukaan benda uji. Endapan tersebut tampak relatif tipis dan tidak menutupi seluruh permukaan mortar, sehingga menunjukkan bahwa proses efloresensi memang terjadi, namun dengan intensitas yang ringan hingga sedang (*slight to moderate efflorescence*). Secara ilmiah, terbentuknya efloresensi disebabkan oleh migrasi larutan yang mengandung garam, terutama kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$), dari dalam mortar menuju permukaan melalui pori-pori. Setelah air menguap, senyawa tersebut bereaksi dengan karbon dioksida (CO_2) di udara dan membentuk endapan kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang tampak sebagai lapisan putih. Berdasarkan klasifikasi visual dalam ASTM C1400

kondisi benda uji pada penelitian ini dapat dikategorikan sebagai *slight to moderate efflorescence* (efloresensi ringan hingga sedang), karena endapan putih hanya muncul pada sebagian kecil area permukaan, terutama di tepi dan sudut benda uji, tanpa membentuk lapisan tebal atau menutupi sebagian besar permukaan mortar. Dan tidak memberikan pengaruh struktural pada mortar.

4.3.5 Kuat Tekan Mortar



Gambar 4. 10: Grafik Kuat Tekan

Berdasarkan grafik, kuat tekan mortar cenderung menurun seiring meningkatnya persentase substitusi serbuk arang kayu pada kedua nilai FAS. Pada FAS 0,35, kuat tekan menurun dari 16,48 MPa pada mortar normal menjadi 14,42 MPa (AK 4%), 12,36 MPa (AK 6%), 10,01 MPa (AK 8%), dan 7,36 MPa (AK 10%), atau mengalami penurunan masing-masing sebesar 12,50%, 25,00%, 39,26%, dan 55,34%. Sementara pada FAS 0,40, kuat tekan menurun dari 14,72 MPa menjadi 11,77 MPa, 9,42 MPa, 7,65 MPa, dan 5,89 MPa, dengan penurunan sebesar 20,04%, 36,01%, 48,03%, dan 59,99%. Penurunan kuat tekan ini berkaitan dengan berat jenis yang semakin rendah dan penyerapan yang semakin tinggi akibat bertambahnya serbuk arang kayu, yang menunjukkan meningkatnya porositas dan

rongga dalam mortar sehingga ikatan pasta semen dengan agregat menjadi kurang optimal dan kemampuan mortar menahan beban menurun.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pengaruh serbuk arang kayu sebagain alternatif pengganti sebagian pasir kinerja mortar, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan serbuk arang kayu sebagai substitusi sebagian pasir berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik mortar. Semakin besar persentase substitusi, berat jenis mortar menurun, sedangkan penyerapan meningkat. Hasil pengujian Vicat menunjukkan bahwa mortar dengan FAS 0,35 memiliki waktu ikat awal lebih cepat (±90 menit) dibandingkan FAS 0,40 (±105 menit). Selain itu, pengamatan efflorescence menunjukkan terbentuknya endapan garam berwarna putih dengan intensitas ringan hingga sedang pada tepi dan sudut benda uji yang hanya memengaruhi penampilan permukaan tanpa menyebabkan kerusakan struktural.
2. Berdasarkan data kuat tekan, persentase serbuk arang kayu yang menghasilkan kuat tekan terbaik/optimum adalah AK 4% pada FAS 0,35, dengan kuat tekan 14,42 MPa. Nilai tersebut merupakan kuat tekan tertinggi di antara seluruh variasi yang menggunakan serbuk arang kayu, dengan penurunan sekitar 12,50% dibandingkan mortar normal sebesar 16,48 MPa. Pada FAS 0,40, AK 4% juga menjadi variasi substitusi terbaik dengan kuat tekan 11,77 MPa, tetapi lebih rendah dibandingkan AK 4% pada FAS 0,35. Dengan demikian, kadar substitusi optimum dalam penelitian ini adalah 4% serbuk arang kayu pada FAS 0,35, karena memberikan kuat tekan paling tinggi sekaligus menunjukkan penurunan kekuatan yang relatif paling kecil dibandingkan variasi lainnya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan beberapa hal sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi substitusi serbuk arang kayu yang lebih kecil, misalnya 1%, 2%, 3%, dan 5%, sehingga dapat diperoleh kadar optimum yang mampu mempertahankan bahkan meningkatkan sifat mekanik mortar.
2. Serbuk arang kayu sebaiknya diberikan perlakuan awal (*pre-treatment*), seperti pengeringan atau kondisi jenuh-kering permukaan (*Saturated Surface Dry/SSD*), untuk mengurangi daya serap air sehingga diharapkan dapat meningkatkan ikatan antara pasta semen dan agregat halus.
3. Penelitian selanjutnya perlu menambahkan pengujian lain seperti porositas, permeabilitas, kuat lentur, kuat tarik, SEM, XRD, atau XRF agar mekanisme pengaruh serbuk arang kayu terhadap mikrostruktur mortar dapat dijelaskan secara lebih mendalam dan komprehensif.
4. Pengujian pada umur mortar yang lebih bervariasi, seperti 7, 14, 56, dan 90 hari, perlu dilakukan untuk mengetahui perkembangan kekuatan mortar dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

Aldy, R., Jabir, M., & Sulfanita. (2025). Studi eksperimental pengaruh serbuk cangkang pala sebagai substitusi agregat halus terhadap kuat tekan mortar dinding. *Jurnal Teknik Pasifik*. https://doi.org/10.51135/tv7w2r02

Alfianarrochmah, I., Rahmawati, R. A., & Maharani, D. J. (2025). Studi Pengaruh Limbah Serbuk Kayu dan Serbuk Arang terhadap Berat Volume dan Kuat Tekan Beton. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, *21*(2). https://jrs.ft.unand.ac.id/index.php/jrs/article/view/1370

Alfuady, F., & Qubro, K. A. (2023). Analisis cangkang kerang dara sebagai substitusi agregat halus terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Deformasi*, *8*(2), 192–199. https://doi.org/10.31851/deformasi.v8i2.13251

Allo, M. B., Ramadhan, B. R., Wahidin, S. A. N., Verucha, N. V, Akifa, S. N., Said, S., & Seril, B. (2025). Evaluasi perilaku mekanik mortar berkelanjutan menggunakan butiran plastic PET (polyethylene terephthalate) sebagai substitusi agregat halus. *Jurnal Teknik Sipil UKI Paulus*. https://doi.org/10.52722/qk4qny98

ASTM-C-128. (2010). *Designation: C128-07a Standard Test Method for Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate of Fine Aggregate 1 1*. 1–7. http://www.transportation.org.

ASTM:C1400-11. (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 C 29/C 29M. (2003). Astm. Catalysis from A to Z: A Concise
Encyclopedia, 4 Volume Set, 1–4, 164–164. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6247-8_852

ASTM C109/C109M. (2020). *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars.* ASTM International, 04, 9.

ASTM C191. (2008). *Time of Setting of Hydraulic Cement.*

ASTM C270. (2003). *British Standard Specification for*. *November*, 85410

Badan Standardisasi Nasional. (1989). SK SNI S-04-1989-F: Spesifikasi bahan bangunan bagian A (bahan bangunan bukan logam). Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1970-1990: Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (1996). SNI 03-4142-1996: Metode pengujian jumlah butir lolos saringan No. 200 pada agregat. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-6820-2002: Metode pengujian bahan organik dalam agregat halus untuk beton. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-6825-2002: Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-6827-2002: Metode pengujian waktu ikat awal semen Portland dengan alat Vicat. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-6882-2002: Spesifikasi mortar untuk pekerjaan pasangan. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 1971:2011: Cara uji kadar air agregat. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 2049:2015: Semen Portland. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1970:2016: Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Jakarta: BSN

Ercan, E. E. T., Andreas, L., & Cwirzen, A. (2023). Wood ash as sustainable alternative raw material for the production of concrete—A review. *Materials*, *16*(7), 2557. https://doi.org/10.3390/ma16072557

Fadiah, A. N., & Murdiyoto, A. (2022). Kuat tekan mortar dengan cangkang kerang sebagai substitusi agregat halus. *Construction and Material Journal*, *4*(2), 109–116. https://doi.org/10.32722/cmj.v4i2.4751

Fořt, J., Šál, J., Žák, J., & Černý, R. (2020). Assessment of wood-based fly ash as alternative cement replacement. *Sustainability*, *12*(22), 9580. https://doi.org/10.3390/su12229580

Hadi, A. K., Bp, M. S., Febryanti, F., & Sideng, N. (2025). Pengaruh Variasi Faktor Air Semen (FAS) dengan Semen Jenis PCC Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*. https://doi.org/10.33096/4nzj4a28

Hylton, S. E., Dixit, A., Sant, G., & Hoekman, S. K. (2024). Relevant biochar characteristics influencing compressive strength of biochar–cement mortars. *Biochar*, *6*, 87. https://doi.org/10.1007/s42773-024-00375-6

Jensen, A. H., Edvardsen, C. K., & Ottosen, L. M. (2025). Replacing sand in concrete: Review on potential for utilization of bottom ash from combustion of wood. *Recycling*, *10*(2), 73. https://doi.org/10.3390/recycling10020073

Manullang, H., Supriani, F., & Gunawan, A. (2019). PENGARUH PENAMBAHAN ARANG SERBUK KAYU GERGAJI TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, *11*(1 SE-Articles), 7–12. https://doi.org/10.33369/ijts.11.1.7-12

Maulana, B. (2023). *Substitusi serbuk arang kayu dan citric acid sebagai retarder terhadap daya serap air pada beton dan kuat tekan beton* [Universitas Medan Area]. https://repositori.uma.ac.id/

Mota-Panizio, R., Carmo-Calado, L., Assis, A., Matos, V., Hermoso-Orzáez, M., Romano, P., Gonçalves, M., & Brito, P. (2023). Properties and uses of biochars incorporated into mortars. *Environments*, *10*(3), 47. https://doi.org/10.3390/environments10030047

Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2011). *Concrete Technology* (2nd ed.). Pearson. https://books.google.com/books?id=TdfewmQ-cMIC

Prambudi, A. B., Suryanto, S., & Qomariah, Q. (2025). Analisis limbah marmer sebagai substitusi pasir pada campuran beton ditinjau dari kuat tekan dan modulus elastisitas beton. *Jurnal Sosial Teknologi*, *5*(7), 2663–2679. https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v5i7.32255

Sadir, M., Mirawati, B., Wangiyana, I. G. A. S., Hendriko, A., Hidayah, Z. S., & Hafiz, Y. (2025). Karakteristik Mortar Komposit Dengan Penambahan Arang Aktif. *Jurnal Kridatama Sains Dan Teknologi*, *7*(01), 284–294. https://jurnal.umnu.ac.id/index.php/kst/article/view/1561

Sengeoris, M. (2016). Pemanfaatan bubuk arang kayu sebagai bahan stabilisasi terhadap kuat dukung tanah lempung Sukodono dengan variasi perawatan. In *Naskah Publikasi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Siregar, M. R., Harahap, S., & Nasution, A. S. (2024). Analisa Penggunaan Abu Arang Kayu Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Kuat Tekan Mortar. *Statika*, *7*(1). https://jurnalugn.id/index.php/statika/article/view/1372

SNI 03-4804. (1998). Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat. *Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*, 1–6.

SNI 03-6825. (2002). *SNI 03-6825-2002*. 230.

Sudirman. (2023). Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Kayu Terhadap Kuat Tekan Mortar. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, *23*(3). https://journal.unibos.ac.id/eco/article/view/3795

Susilowati, A., & Nabhan, F. (2021). Pengaruh Variasi Faktor Air Semen Terhadap Mortar Busa. *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering*, *1*(2), 9. https://doi.org/10.31963/jacee.v2i1.2797

Tjokrodimuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Teknik Sipil, Universitas

Gadjah Mada. https://opac.lib.ugm.ac.id/detail?id=22529&lokasi=lokal

Wesli, Akbar, S. J., & Burhanuddin, B. (2021). STUDI KORELASI FAKTOR AIR SEMEN (WATER CEMENT RATIO) DENGAN KUAT TEKAN BETON STRUKTURAL. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, *1*(1). https://doi.org/10.29103/tj.v1i1.64

LAMPIRAN

Lampiran 1. Detail Hasil Perhitungan pada Pengujian

Pemeriksaan Agregat Halus

Tabel L. 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 L. 2: 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 L. 3: 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 L. 4: 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 110ºC 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 L. 5: Hasil Pengujian 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	5,00	95,00
No. 16	0,6	288	11,52	16,52	83,48
No. 30	0,425	775	31,00	47,52	52,48
No. 50	0,3	543	21,72	69,24	30,76
No. 100	0,25	630	25,20	94,44	5,56
No 200	0,15	112	4,48	98,92	1,08
PAN	0,075	27	1,08	100,00	0,00

- **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 L. 6: Berat Jenis

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	1952	1973
	Sampel 2	2008	
	Sampel 3	1960	
AK 6%	Sampel 1	2008	1979
	Sampel 2	1952	
	Sampel 3	1976	
AK 8%	Sampel 1	1976	1957
	Sampel 2	1968	
	Sampel 3	1928	
AK 10%	Sampel 1	1912	1933
	Sampel 2	1960	
	Sampel 3	1928	

- Mortar Normal
  - Sampel 1

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

    D =1.968.000 g/m^3

    D = 1968 kg/m^3

  - Sampel 2

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

    D = 2.032.000 g/m^3

    D = 2032 kg/m^3

  - Sampel 3

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

    D = 1.960.000 g/m^3

D = 1960 kg/m^3

- AK 4%
  - Sampel 1

    $$D = \frac{2189 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.952.000 g/m^3

    D = 1952 kg/m^3

  - Sampel 2

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

    D = 2.008.000 g/m^3

    D = 2008 kg/m^3

  - Sampel 3

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

    D = 1.960.000 g/m^3

    D = 1960 kg/m^3

- AK 6%
  - Sampel 1

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

    D = 2.008.000 g/m^3

    D = 2008 kg/m^3

  - Sampel 2

    $$D = \frac{2189 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.952.000 g/m^3

    D = 1952 kg/m^3

  - Sampel 3

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

    D = 1.976.000 g/m^3

D = 1976 kg/m^3

- AK 8%
  - Sampel 1

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

    D = 1.976.000 g/m^3

    D = 1976 kg/m^3

  - Sampel 2

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

    D = 1.968.000 g/m^3

    D = 1968 kg/m^3

  - Sampel 3

    $$D = \frac{2186 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.928.000 g/m^3

    D = 1928 kg/m^3

- AK 10%
  - Sampel 1

    $$D = \frac{2184 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.912.000 g/m^3

    D = 1912 kg/m^3

  - Sampel 2

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

    D = 1.960.000 g/m^3

    D = 1960 kg/m^3

  - Sampel 3

    $$D = \frac{2186 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 1.928.000 g/m^3

D = 1928 kg/m^3

❖ **FAS 0,40**

Tabel L. 7: Berat Jenis

Variasi		Berat Jenis (Kg/m^3)	Rata-rata (Kg/m^3)
Mortar Normal	Sampel 1	2000	2027
	Sampel 2	2040	
	Sampel 3	2040	
AK 4%	Sampel 1	2024	2016
	Sampel 2	1984	
	Sampel 3	2040	
AK 6%	Sampel 1	1976	2003
	Sampel 2	2032	
	Sampel 3	2000	
AK 8%	Sampel 1	1976	1995
	Sampel 2	2016	
	Sampel 3	1992	
AK 10%	Sampel 1	1944	1965
	Sampel 2	1960	
	Sampel 3	1992	

- Mortar Normal
  - Sampel 1

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

    D = 2.000.000 g/m^3

    D = 2000 kg/m^3
  - Sampel 2

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

    D = 2.040.000 g/m^3

    D = 2040 kg/m^3
  - Sampel 3

    $$D = \frac{2220 - 1945}{0{,}000125}$$

    D = 2.040.000 g/m^3

    D = 2040 kg/m^3

- AK 4%
  - Sampel 1

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

    D = 2.024.000 g/m^3

    D = 2024 kg/m^3

  - Sampel 2

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

    D = 1.984.000 g/m^3

    D = 1984 kg/m^3

  - Sampel 3

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

    D = 2.040.000 g/m^3

    D = 2040 kg/m^3
- AK 6%
  - Sampel 1

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

    D = 1.976.000 g/m^3

    D = 1976 kg/m^3

  - Sampel 2

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

    D = 2.032.000 g/m^3

    D = 2032 kg/m^3

  - Sampel 3

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

    D = .000.000 g/m^3

    D = 2000 kg/m^3
- AK 8%

- Sampel 1

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

D = 1.976.000 g/m^3

D = 1976 kg/m^3

- Sampel 2

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

D = 2.016.000 g/m^3

D = 2016 kg/m^3

- Sampel 3

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

D = 1.992.000 g/m^3

D = 1992 kg/m^3

- AK 10%
  - Sampel 1

$$D = \frac{2188 - 1945}{0{,}000125}$$

D = 1.944.000 g/m^3

D = 1944 kg/m^3

- Sampel 2

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

D = 1.960.000 g/m^3

D = 1960 kg/m^3

- Sampel 3

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

D = 1.992.000 g/m^3

D = 1992 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 L. 8: Penyerapan Mortar

Variasi		Penyerapan (%)	Rata-rata (%)
Mortar Normal	Sampel 1	12,44	10,57
	Sampel 2	9,05	
	Sampel 3	10,22	
AK 4%	Sampel 1	16,97	14,85
	Sampel 2	13,84	
	Sampel 3	13,73	
AK 6%	Sampel 1	19,72	16,33
	Sampel 2	14,54	
	Sampel 3	14,73	
AK 8%	Sampel 1	21,56	18,59
	Sampel 2	19,73	
	Sampel 3	14,47	
AK 10%	Sampel 1	18,30	21,18
	Sampel 2	22,52	
	Sampel 3	22,71	

- Mortar Normal
  - Sampel 1

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

    = 12,44%
  - Sampel 2

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

    = 9,05%
  - Sampel 3

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

= 10,22%

- AK 4%
  - Sampel 1

    Absorpsi= $\left(\frac{255-218}{218}\right) \times 100\%$

    = 16,97%

  - Sampel 2

    Absorpsi= $\left(\frac{255-224}{224}\right) \times 100\%$

    = 13,84%

  - Seri 3

    Sampel = $\left(\frac{265-233}{233}\right) \times 100\%$

    = 13,73%
- AK 6%
  - Sampel 1

    Absorpsi= $\left(\frac{255-213}{213}\right) \times 100\%$

    = 19,72%

  - Sampel 2

    Absorpsi= $\left(\frac{260-227}{227}\right) \times 100\%$

    = 14,54%

  - Sampel 3

    Absorpsi= $\left(\frac{257-224}{224}\right) \times 100\%$

    = 14,73%
- AK 8%
  - Sampel 1

    Absorpsi= $\left(\frac{268-218}{218}\right) \times 100\%$

    = 21,56%

  - Sampel 2

    Absorpsi= $\left(\frac{267-233}{233}\right) \times 100\%$

    = 19,73%

- Sampel 3

  Absorpsi= $\left(\frac{261-228}{228}\right) \times 100\%$

  = 14,47%

- AK 10%
  - Sampel 1

    Absorpsi= $\left(\frac{265-224}{224}\right) \times 100\%$

    = 18,30%

  - Sampel 2

    Absorpsi= $\left(\frac{272-222}{222}\right) \times 100\%$

    = 22,52%

  - Sampel 3

    Absorpsi= $\left(\frac{281-229}{229}\right) \times 100\%$

    = 22,71%

❖ **FAS 0,40**

Tabel L. 9: Penyerapan Mortar 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	15,91	15,91
	Sampel 2	16,07	
	Sampel 3	15,74	
AK 6%	Sampel 1	17,32	17,37
	Sampel 2	17,78	
	Sampel 3	17,03	
AK 8%	Sampel 1	20,27	19,83
	Sampel 2	19,21	
	Sampel 3	20,00	
AK 10%	Sampel 1	23,01	23,24
	Sampel 2	22,51	
	Sampel 3	24,20	

- Mortar Normal
  - Sampel 1

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

    = 9,55%

  - Sampel 2

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

    = 11,93%

  - Sampel 3

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

    = 12,56%
- AK 4%
  - Sampel 1

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

    = 15,91%

  - Sampel 2

    Absorpsi= $\left(\frac{260-224}{224}\right) \times 100\%$

    = 16,07%

  - Sampel 3

    Sampel = $\left(\frac{250-216}{233}\right) \times 100\%$

    = 15,74%
- AK 6%
  - Sampel 1

    Absorpsi= $\left(\frac{271-231}{231}\right) \times 100\%$

    = 17,32%

  - Sampel 2

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

    = 17,78%

- Sampel 3

  Absorpsi= $\left(\frac{268-229}{229}\right) \times 100\%$

  = 17,03%

- AK 8%
  - Sampel 1

    Absorpsi= $\left(\frac{267-222}{222}\right) \times 100\%$

    = 20,27%

  - Sampel 2

    Absorpsi= $\left(\frac{273-229}{229}\right) \times 100\%$

    = 19,21%

  - Sampel 3

    Absorpsi= $\left(\frac{276-230}{230}\right) \times 100\%$

    = 20,00%

- AK 10%
  - Sampel 1

    Absorpsi= $\left(\frac{278-226}{226}\right) \times 100\%$

    = 23,01%

  - Sampel 2

    Absorpsi= $\left(\frac{283-231}{231}\right) \times 100\%$

    = 22,51%

  - Sampel 3

    Absorpsi= $\left(\frac{272-219}{219}\right) \times 100\%$

    = 24,20%

➢ **Nilai Kuat Tekan**

Tabel L. 10: Rekapitulasi Nilai 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	3,75	3	2500	14,42	11,77
AK 6%	28 hari	3,15	2,4	2500	12,36	9,42
AK 8%	28 hari	2,55	1,95	2500	10,01	7,65
AK 10%	28 hari	1,88	1,5	2500	7,36	5,89

❖ **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 = 3,68 ton

  P = 3,68 × 1000

  = 3680 kg

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

  = 14,42 MPa

- AK 6%

  P = 3,15 ton

  P = 3,15× 1000

  = 3150 kg

  $P = \left(\frac{3150}{2500}\right) \times 9{,}81$

  = 12,36 MPa

- AK 8%

  P = 2,55 ton

  P = 2,55 × 1000

  = 2550 kg

  $P = \left(\frac{2550}{2500}\right) \times 9{,}81$

  = 10,01 MPa

- AK 10%

  P = 1,88 ton

  P = 1,88 × 1000

  = 1880 kg

  $P = \left(\frac{1880}{2500}\right) \times 9{,}81$

  = 7,36 MPa

Diperoleh nilai kuat tekan tertinggi variasi 4% pada FAS 0,35 sebesar 14,72 MPa tetapi masih lebih rendah dari kuat tekan mortar normal.

❖ **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= 3 ton

  P= 3 × 1000

  = 3000 kg

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

  = 11,77 MPa

- AK 6%

P= 2,4 ton

P= 2,4 × 1000

= 2400 kg

P= $\left(\frac{2400}{2500}\right) \times 9{,}81$

= 9,42 MPa

- AK 8%

P= 1,95 ton

P= 1,95 × 1000

= 1950 kg

P= $\left(\frac{1950}{2500}\right) \times 9{,}81$

= 7,65 MPa

- AK 10%

P= 1,5 ton

P= 1,5 × 1000

= 1500 kg

P= $\left(\frac{1500}{2500}\right) \times 9{,}81$

= 5,89 MPa

Diperoleh nilai kuat tekan tertinggi variasi 4% pada FAS 0,40 sebesar 11,77 MPa tetapi masih lebih rendah dari kuat tekan mortar normal.

➢ **Pengujian Vicat**

Tabel L. 11: Hasil Pengujian Vicat

Variasi	Normal FAS 0,35													
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210
Pengikatan	40	40	37	31	28	23								
Variasi	Normal FAS 0,40													
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210
Pengikatan	40	40	40	38	34	29	25							

Lampiran 2. Dokumentasi:



Gambar L. 1: Menimbang Bahan



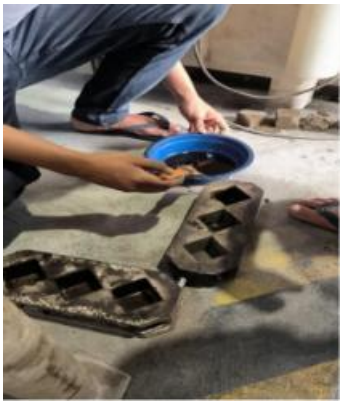
Gambar L. 2: Pengujian Agregat Halus



Gambar L. 3: Pengujian Arang Kayu



Gambar L. 4: Pengujian Arang Kayu dalam Oven



Gambar L. 5: Mengoleskan oli ke dalam cetakan mortar



Gambar L. 6: Mencampurkan bahan penyusun mortar



Gambar L. 7: Menuangkan air ke dalam campuran mortar



Gambar L. 8: Memasukkan mortar ke dalam cetakan



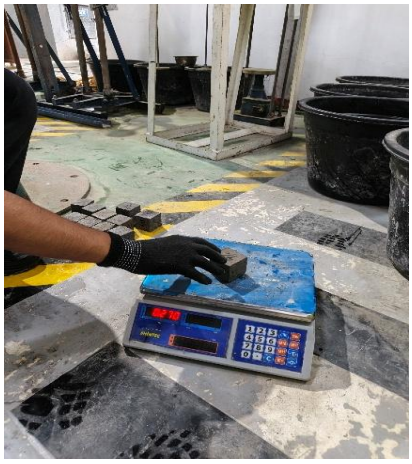
Gambar L. 9: Membuka mortar dari cetakan



Gambar L. 10: Memasukkan mortar kedalam oven



Gambar L. 11: Benda Uji di dalam oven



Gambar L. 12: Menimbang mortar



Gambar L. 13: Perendaman mortar 28 hari



Gambar L. 14: Pengujian kuat tekan



Gambar L. 15: Pengujian vicat

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA IDENTITAS DIRI		
Nama Lengkap	: Muhammad Al Farizy Lubis	
Tempat, Tanggal Lahir	: Panyabungan II, 08 November 2003	
Jenis Kelamin	: Laki-laki	
Agama	: Islam	
Alamat	: Jl.Rahmad Ujung Lk V, Panyabungan II, Kec. Panyabungan, Mandailing Natal, Sumatera Utara	
Nomor Hp	: +62 822-4693-6941	
Nama Ayah	: (Alm) H Makmur Lubis	
Nama Ibu	: Hj Nur Atikah	
E-mail	: alfarizipyb93@gmail.com	
RIWAYAT PENDIDIKAN		
NIM	: 2207210168	
Program Studi	: Teknik Sipil	
Fakultas	: Teknik	
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	
Alamat Perguruan Tinggi	: Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3, Medan, 20238	
PENDIDIKAN FORMAL		
Sekolah Dasar	: SDN 088 Panyabungan	2010-2016
Sekolah Menengah Pertama	: SMP Negeri 2 Panyabungan	2016-2019
Sekolah Menengah Atas	: SMA Negeri 1 Panyabungan	2019-2022