

TUGAS AKHIR
PENGARUH CAMPURAN ABU CANGKANG SAWIT DAN
ABU CANGKANG KELAPA TERHADAP KUAT TEKAN
MORTAR
(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh :
NAILUL AMALI
2207210234



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Nailul Amali
Npm : 2207210234
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Campuran Abu Cangkang Sawit Dan Abu
Cangkang Kelapa Terhadap Kuat Tekan Mortar
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 29 Agustus 2026

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Nailul Amali
Npm : 2207210234
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Campuran Abu Cangkang Sawit Dan Abu
Cangkang Kelapa Terhadap Kuat Tekan Mortar
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 29 Agustus 2026

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Riski Efrida, S.T., M.T.

Ketua Program Studi Teknik Sipil



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Nailul Amali

Tempat, tanggal lahir : Medan, 24 Juni 2004

Npm : 2207210234

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya berjudul “Pengaruh Campuran Abu Cangkang Sawit Dan Abu Cangkang Kelapa Terhadap Kuat Tekan Mortar”.

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

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

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

Medan, 29 Agustus 2026

Saya yang menyatakan


Nailul Amali

10000
METERAI
TEMPER
ED42AAOX177588512

ABSTRAK

PENGARUH CAMPURAN ABU CANGKANG SAWIT DAN ABU CANGKANG KELAPA TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR

Nailul Amali

2207210234

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

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran abu cangkang sawit (ACS) dan abu cangkang kelapa (ACK) terhadap kuat tekan mortar. Mortar merupakan material komposit yang terdiri dari semen, pasir dan air yang digunakan untuk pasang bata dan plasteran dalam sebuah konstruksi. Penggunaan abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa digunakan untuk mengganti sebagian komposisi semen guna mengurangi dampak lingkungan dikarenakan abu tersebut merupakan limbah dari produksi minyak sawit dan kelapa yang banyak dijumpai di Indonesia ini. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan variasi persentase abu cangkang sawit sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6%, serta penambahan abu cangkang kelapa sebesar 4% berdasarkan berat semen. Untuk faktor air semen (FAS) yang digunakan sebesar 0,40. Pengujian kuat tekan dan penyerapan air (*absorbtion*) dilakukan setelah perawatan (*curing*) selama 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan nilai kuat tekan pada variasi persentase abu cangkang sawit (ACS) 6% paling optimal yaitu sebesar 16,09 MPa. Untuk penambahan abu cangkang kelapa (ACK) nilai paling optimal nya terdapat pada variasi persentase ACS 2% + ACK 4% yaitu sebesar 15,89 MPa. Dan nilai pengujian penyerapan air (*absorbtion*) paling optimal terdapat pada variasi persentase ACS 6% yaitu sebesar 10,57%. Berdasarkan hasil tersebut, penambahan abu cangkang sawit dapat mempengaruhi nilai kuat tekan pada mortar.

Kata Kunci: Mortar, Kuat Tekan, Absorpsi, Abu Cangkang Sawit, Abu Cangkang Kelapa.

ABSTRACT

THE EFFECT OF PALM KERNEL SHELL ASH AND COCONUT SHELL ASH BLENDS ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF MORTAR

Nailul Amali

2207210234

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

This study aims to investigate the effect of incorporating palm kernel shell ash (ACS) and coconut shell ash (ACK) on the compressive strength of mortar. Mortar is a composite construction material consisting of cement, sand, and water, commonly used for bricklaying and plastering works. Palm kernel shell ash and coconut shell ash were utilised as partial replacements for cement to reduce environmental impacts, as both materials are industrial by-products generated from the palm oil and coconut industries, which are widely found in Indonesia. The research employed an experimental laboratory method using palm kernel shell ash replacement levels of 0%, 2%, 4%, and 6%, together with a constant 4% addition of coconut shell ash by weight of cement. A water-to-cement ratio (FAS) of 0.40 was adopted throughout the study. Compressive strength and water absorption tests were conducted after 28 days of curing. The test results indicated that the optimum compressive strength for mortar containing only palm kernel shell ash was achieved at (ACS 6%) , with a compressive strength of 16.09 MPa. For mortar incorporating both ashes, the optimum result was obtained with a mixture of (ACS 2%) and (ACK 4%), producing a compressive strength of 15.89 MPa. The optimum water absorption value was also recorded at (ACS 6%), with an absorption rate of 10.57%. Based on these findings, the incorporation of palm kernel shell ash has a significant effect on the compressive strength of mortar.

Keywords: Mortar, Compressive Strength, Water Absorption, Palm Kernel Shell Ash, Coconut Shell Ash.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum Waraahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Campuran Abu Cangkang Sawit dan Abu Cangkang Kelapa Terhadap Kuat Tekan Mortar” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., 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.
3. Ibu Riski Efrida, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, sekaligus Dosen Penguji II yang telah banyak membantu dan memberikan saran serta masukan demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji I yang telah banyak membantu dan memberikan saran dan masukan demi kelancaran penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak 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 ketekniksipil kepada penulis.

7. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teristimewa untuk kedua orangtua saya, Ayahanda Wagisan tercinta dan Ibunda Jumiaty tersayang yang telah memberikan kasih sayangnya, perhatian, dan dukungan moril maupun materil tanpa henti bagi penulis serta menguatkan penulis dalam doa-doanya. Skripsi ini saya persembahkan sebagai tanda cinta dan terima kasih atas segala pengorbanan yang telah Ayah dan Ibu berikan. Serta kedua saudara saya kepada kakak ku tercinta Kak Nurul Alpristari Gisty dan Mbak Ghariza Annisa terima kasih buat doa, perhatian, dukungan dan motivasi untuk menjadi lebih baik dari kalian berdua.
9. Sahabat penulis Muammar Kadafi Akbar yang telah menemani penulis dari awal sebelum penelitian hingga selesai Skripsi ini.
10. Sahabat-sahabat penulis dari kelas E1 Pagi dan Stanbuk 2022 lainnya Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.
11. Sahabat-sahabat penghuni Kos Sparta Bulek Dani yang telah menjadi penghibur dan tetap menyemangati satu sama lain disaat lagi down.
12. Terkhusus untuk seseorang yang pernah menjadi rumah, tempat penulis pulang dan bertumbuh. Walau kini jalan kita telah berbeda, dukungan dan kenangan yang pernah kita ukir bersama menjadi sumbu lentera penulis menyelesaikan ini.
13. Kepada raga dan jiwa yang tidak pernah menyerah meskipun diuji dengan berbagai kesulitan, saya bangga padamu. Terima kasih sudah mau diajak bekerja sama dan telah memegang komitmen untuk menyelesaikan langkah penting ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran yang dapat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan bagi pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu, dan semoga Allah SWT melimpahkan karunianya dalam setiap amal kebaikan kita dan diberikan balasan. Aamiin...

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 29 Agustus 2026

(Nailul Amali)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Mortar	7
2.3 Bahan Dasar Pembentuk Mortar	9
2.3.1 Semen	9
2.3.2 Agregat Halus	10
2.3.3 Air	11
2.4 Bahan Material Tambahan Pembentuk Mortar	12
2.4.1 Abu Cangkang Sawit	12
2.4.2 Abu Cangkang Kelapa	13
2.5 Kuat Tekan Mortar	14
2.6 Interaksi Abu Cangkang Sawit, Abu Cangkang Kelapa dan Semen dalam Mortar	14
BAB 3 METODE PENELITIAN	16
	x

3.1	Diagram Alir	16
3.2	Tahap Pengambilan Data	17
3.3	Sumber-Sumber Data Dalam Penelitian	18
3.3.1	Data Primer	18
3.3.2	Data Sekunder	18
3.4	Metode Penelitian	18
3.4.1	Benda Uji Untuk Kuat Tekan	19
3.5	Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.5.1	Tempat Penelitian	20
3.5.2	Waktu Penelitian	20
3.6	Alat dan Bahan	20
3.6.1	Alat	20
3.6.2	Bahan	22
3.7	Pemeriksaan Bahan	23
3.7.1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	23
3.7.2	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Abu Cangkang Sawit dan Abu Cangkang Kelapa	24
3.7.3	Berat Isi	25
3.7.4	Kadar Air Agregat Halus	27
3.7.5	Kadar Lumpur Agregat Halus	28
3.7.6	Analisa Saringan Agregat Halus	29
3.8	Pelaksanaan Penelitian	29
3.8.1	Perencanaan Campuran Mortar	29
3.8.2	<i>Mix Design</i>	30
3.8.3	Pembuatan Benda Uji	33
3.8.4	Perawatan Benda Uji	34
3.9	Pengujian Mortar	34
3.9.1	Kuat Tekan	34
3.9.2	Penyerapan (<i>Absorpsi</i>)	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Pemeriksaan Agregat Halus	36
4.1.1	Berat Jenis	36
4.1.2	Penyerapan Air	36
4.1.3	Berat Isi	37

4.1.4 Kadar Air	37
4.1.5 Kadar Lumpur	38
4.1.6 Analisa Saringan	38
4.2 Pemeriksaan Abu Cangkang Sawit	39
4.2.1 Berat Jenis	39
4.2.2 Penyerapan Air	40
4.3 Pemeriksaan Abu Cangkang Kelapa	40
4.3.1 Berat Jenis	40
4.3.2 Penyerapan Air	41
4.4 Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Tekan Mortar	41
4.5 Hasil dan Analisa Pengujian Penyerapan Mortar	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	49
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3.2 Dimensi Cetakan Mortar	31
Gambar 4.1 Grafik Berat Jenis Agregat Halus	36
Gambar 4.2 Grafik Penyerapan Air Agregat Halus	36
Gambar 4.3 Grafik Berat Isi Agregat Halus	37
Gambar 4.4 Grafik Kadar Air Agregat Halus	37
Gambar 4.5 Grafik Kadar Lumpur Agregat Halus	38
Gambar 4.6 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus	38
Gambar 4.7 Grafik Berat Jenis Abu Cangkang Sawit	39
Gambar 4.8 Grafik Penyerapan Air Abu Cangkang Sawit	40
Gambar 4.9 Grafik Berat Jenis Abu Cangkang Kelapa	40
Gambar 4.10 Grafik Penyerapan Air Abu Cangkang Kelapa	41
Gambar 4.11 Grafik Kuat Tekan Mortar	42
Gambar 4.12 Grafik Penyerapan Mortar	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi bahan utama pembentuk semen	10
Tabel 2.2 Komposisi kandungan abu cangkang sawit	12
Tabel 2.4 Komposisi kandungan abu cangkang kelapa	13
Tabel 3.1 Perencanaan benda uji mortar umur 28 hari	30
Tabel 3.2 Rekapitulasi Mix Design	32
Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil kuat tekan mortar	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pemeriksaan Bahan	50
Lampiran 2. Hasil Mix Design	52
Lampiran 3. Hasil Pengujian Mortar	56
Lampiran 4. Dokumentasi	65

DAFTAR NOTASI

f_c	= Kuat tekan mortar	(MPa)
P	= Gaya tekan maksimum	(N)
A	= Luas penampang benda uji	(mm ²)
D	= Berat jenis atau <i>density</i>	(kg/m ³)
M_c	= Berat wadah ukur yang berisi mortar	(kg)
M_m	= Berat wadah ukur	(kg)
V_m	= Volume benda uji	(m ³)
W_w	= Berat sampel basah	(kg/m ³)
W_d	= Berat sampel kering	(kg/m ³)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menghasilkan limbah pertanian dalam jumlah besar setiap tahunnya, khususnya yang berasal dari sektor industri kelapa sawit dan kelapa. Limbah tersebut pada umumnya belum dimanfaatkan secara optimal dan sebagian masih dibuang atau dibakar, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan, baik tanah maupun udara. Produksi minyak kelapa sawit Indonesia diperkirakan mencapai sekitar 50 juta ton per tahun, sedangkan produksi kelapa nasional berada pada kisaran 15 juta ton. Peningkatan luas perkebunan dan produksi kelapa sawit turut menyebabkan bertambahnya jumlah limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak kelapa sawit. Salah satu limbah tersebut berupa cangkang sawit yang pemanfaatannya di masyarakat masih relatif terbatas. Cangkang sawit dan cangkang kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada tungku boiler dan menghasilkan abu melalui proses pembakaran pada suhu sekitar 700–800 °C. Abu yang dihasilkan tersebut dikenal sebagai abu cangkang sawit (ACS) dan abu cangkang kelapa (ACK), yang berpotensi untuk dimanfaatkan kembali sebagai bahan alternatif dalam bidang konstruksi. (Mardiah & Setiawan, 2022).

Proses pembakaran limbah kelapa sawit menghasilkan produk samping berupa abu layang (fly ash) dengan jumlah sekitar 100 kg per minggu serta abu kerak boiler (boiler ash) yang dapat mencapai 3–5 ton per minggu. Abu cangkang sawit (ACS) diketahui memiliki sifat pozzolan dan mengandung silika (SiO_2) sebesar 31,45%. Kandungan silika tersebut memungkinkan ACS untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambahan atau substitusi sebagian semen dalam campuran beton maupun mortar, sehingga berpotensi meningkatkan karakteristik dan kuat tekan material (Stevens & Firdaus, 2024).

Mortar merupakan material konstruksi yang tersusun atas semen, agregat halus berupa pasir, dan air sebagai komponen utama. Dalam penggunaannya, semen Portland Composite Cement (PCC) umumnya berperan sebagai bahan pengikat,

namun biaya penggunaan semen relatif tinggi. Kondisi tersebut mendorong perlunya penggunaan bahan alternatif sebagai pengikat tambahan yang lebih ekonomis, memiliki kemampuan dalam meningkatkan kekuatan maupun ketahanan mortar, serta dapat memanfaatkan sumber daya dan limbah yang tersedia di wilayah setempat.

Berdasarkan potensi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penggunaan abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa sebagai bahan substitusi sebagian semen terhadap kuat tekan mortar. Melalui penelitian yang berjudul “Pengaruh Campuran Abu Cangkang Sawit dan Abu Cangkang Kelapa terhadap Kuat Tekan Mortar”, diharapkan diperoleh alternatif pemanfaatan limbah pertanian yang dapat mendukung pengembangan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan, berkelanjutan, dan efisien. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi salah satu referensi bagi akademisi maupun praktisi dalam pengembangan material alternatif pada bidang rekayasa sipil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dari uraian diatas maka dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh campuran abu cangkang sawit (ACS) terhadap kuat tekan mortar pada umur 28 hari?
2. Bagaimana kombinasi campuran abu cangkang sawit (ACS) dan abu cangkang kelapa (ACK) mempengaruhi perbandingan kuat tekan mortar pada umur 28 hari?
3. Bagaimana pengaruh penambahan komposisi abu cangkang sawit (ACS) dan abu cangkang kelapa (ACK) terhadap penyerapan mortar?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk memperjelas permasalahan yang dibahas agar tidak terjalin ulasan yang meluas, sehingga dibutuhkan batasan permasalahan. Adapun ruang lingkup permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada pembuatan mortar dengan variasi persentase abu cangkang sawit (ACS) dan abu cangkang kelapa (ACK) sebagai substitusi sebagian semen, yang digunakan sebagai bahan dasar mortar.
2. Persentase campuran abu cangkang sawit yang digunakan sebesar 0%, 2%, 4%, 6% dan abu cangkang kelapa sebesar 0% dan 4% dari berat semen.
3. Melakukan pengujian kuat tekan dan penyerapan dari mortar normal dan mortar campuran abu cangkang sawit dan kelapa sebagai pengganti semen setelah 28 hari perendaman.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan campuran abu cangkang sawit (ACS) terhadap kuat tekan mortar.
2. Untuk mengetahui kombinasi penambahan antara campuran abu cangkang sawit (ACS) dan abu cangkang kelapa (ACK) mempengaruhi perbandingan kuat tekan mortar.
3. Untuk mengetahui penyerapan mortar yang menggunakan penambahan komposisi abu cangkang sawit (ACS) dan abu cangkang kelapa (ACK).

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Menambah pengetahuan tentang pengaruh abu cangkang sawit (ACS) dan abu cangkang kelapa (ACK) yang memiliki sifat pozzoland dan mengandung silika yang dapat digunakan sebagai campuran mortar.
2. Memberikan alternatif bahan tambahan yang sederhana, mudah, dan murah untuk campuran mortar.
3. Mendorong pemanfaatan limbah yang biasanya jarang dilirik oleh masyarakat sekitar untuk menggunakannya.
4. Menjadi referensi bagi penelitian lanjutan dalam pengembangan mortar yang memanfaatkan bahan alami yang lebih baik.

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, abu cangkang sawit (ACS), abu cangkang kelapa (ACK), dan metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

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

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil pengujian dan analisa data kekuatan tekan mortar dengan bahan pengganti semen menggunakan campuran abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa.

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 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang disajikan pada bab ini digunakan sebagai bahan acuan dalam penyusunan penelitian serta sebagai dasar untuk membandingkan dan mengidentifikasi perbedaan antara penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan penelitian ini. Oleh karena itu, penulis menyajikan beberapa hasil penelitian terdahulu yang membahas pengaruh penggunaan abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa sebagai bahan substitusi semen terhadap kuat tekan mortar.

Penelitian yang dilakukan oleh (Putra et al., 2023) berjudul “Pemanfaatan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Campuran Mortar”. Jurnal ini membahas pemanfaatan limbah abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti sebagian semen pada campuran mortar dengan tujuan meningkatkan kuat tekan dan sifat fisik mortar tersebut. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan variasi penggantian abu cangkang kelapa sawit sebesar 5%, 10%, dan 15% dari komposisi semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu cangkang sawit memiliki pengaruh positif terhadap berat isi dan kuat tekan mortar busa, di mana variasi 15% menghasilkan kuat tekan tertinggi pada umur 21 hari sebesar 8,6 kg/cm². Selain itu, peningkatan persentase abu cangkang sawit juga mempengaruhi daya alir dan berat jenis adukan mortar secara signifikan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Nasrah et al., 2024) berjudul “Analisis Penggunaan Abu Cangkang Sawit Sebagai Bahan Pengurang Jumlah Semen Terhadap Kuat Tekan Beton”. Jurnal ini membahas penggunaan abu cangkang sawit sebagai bahan pengurang jumlah semen pada campuran beton untuk meningkatkan kuat tekan beton. Penelitian dilakukan dengan variasi substitusi abu cangkang sawit sebesar 5%, 10%, dan 15% terhadap beton normal. Hasilnya penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun kuat tekan beton dengan campuran abu cangkang sawit sedikit lebih rendah dibanding beton normal, semua campuran tetap memenuhi standar kuat tekan yang direncanakan (21 MPa). Kuat tekan meningkat seiring bertambahnya persentase abu, dengan nilai tertinggi pada

substitusi 15% mencapai 79,52 MPa dibanding beton normal 83,22 MPa pada umur 28 hari. Studi ini menyimpulkan bahwa abu cangkang sawit efektif sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan beton, yang berpotensi mengurangi biaya produksi sekaligus memanfaatkan limbah industri sawit secara berkelanjutan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Azizah et al., 2023) berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Pada Bata Ringan”. Jurnal ini membahas studi tentang penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti agregat pada beton ringan untuk meningkatkan karakteristik fisik dan mekanik beton. Penelitian dilakukan dengan variasi substitusi cangkang kelapa sawit 0%, 5%, 8%, 10%, dan 15% pada campuran beton dan evaluasi kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil menunjukkan kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari menunjukkan peningkatan seiring penambahan abu, dengan nilai 5,63 MPa pada 0%, 7,02 MPa pada 5%, 7,41 MPa pada 8%, 7,88 MPa pada 10%, dan 8,21 MPa pada 15%. Penambahan abu cangkang kelapa sawit meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik, serta mengurangi permeabilitas, dengan variasi optimum pada 15% untuk kekuatan maksimal.

Penelitian yang dilakukan oleh (Anisa et al., 2024) berjudul “Kekuatan Tekan dan Penyerapan Mortar Geopolimer dengan Bahan Tambah Abu Tempurung Kelapa”. Jurnal ini nilai kuat tekan dan penyerapan mortar dengan menggunakan abu tempurung kelapa. Metode penelitian menggunakan studi eksperimental di laboratorium berdasarkan SNI 03-6825 2002 kuat tekan. Penggunaan abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah dari fly ash dengan variasi sebanyak 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% terhadap fly ash. Benda uji mortar berbentuk kubus dengan dimensi benda uji 50×50×50 mm untuk kuat tekan. Pengujian kuat tekan digunakan pada umur 28 hari dengan perawatan suhu ruang. Hasil pengujian penyerapan didapatkan nilai penyerapan rata rata tertinggi pada umur 28 hari pada variasi persentase abu tempurung kelapa yaitu sebesar 16,50% terhadap mortar geopolimer. Kesimpulan penelitian adalah seluruh variasi masih memenuhi persyaratan mortar geopolimer dengan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi sebesar 82,94 kg/cm² berada pada tipe S yang dapat diaplikasikan untuk pada pasangan terbuka diatas tanah.

Dan dari penelitian yang dilakukan oleh (Laia et al., 2025) berjudul “Analisis Pengaruh Abu Tempurung Kelapa Sebagai Semen Pada Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash”. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh abu tempurung kelapa terhadap beton geopolimer berbasis fly ash. Variasi yang digunakan 0%, 2%, 4%, dan 6% serta rasio alkali aktivator sebesar 1:2,5. Sampel yang digunakan sebanyak 12 buah, dengan uji kuat tekan pada umur 7 hari. Proses curing dengan pengovenan sampel selama 24 jam pada suhu 90°C. Dari hasil pengujian, nilai slump 0 mm untuk semua variasi, hasil uji vicat menunjukkan bahwa penggunaan fly ash mempercepat waktu ikat semen, berat volume optimum pada variasi 6% sebesar 2122,51 kg/m³, kuat tekan optimum pada variasi 0% sebesar 18,37 MPa, dan adanya perbedaan yang signifikan dari setiap variasi abu tempurung kelapa.

Persamaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu pemeriksaan kuat tekan terhadap mortar yang mengandung abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa sebagai pengganti semen, serta menggunakan metode pengujian benda uji kuat tekan yang dilakukan pada umur 28 hari. Yang menjadi pembeda dari penelitian sebelumnya yaitu penelitian ini menggabungkan abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa dengan variasi yang berbeda. Dengan campuran abu cangkang sawit sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6%, serta abu cangkang kelapa sebesar 4%. Maka yang didapatkan tema “Pengaruh Campuran Abu Cangkang Sawit Dan Abu Cangkang Kelapa Terhadap Kuat Tekan Mortar”.

2.2 Mortar

Pengertian mortar menurut SNI 03-6825 2002 adalah campuran antara pasir, air, dan semen portland dengan komposisi tertentu. Sebagai bahan pengikat, mortar harus mempunyai kekentalan standar. Kekentalan standar mortar ini nantinya akan berguna dalam menentukan kekuatan mortar yang menjadi plasteran dinding, sehingga diharapkan mortar yang menahan gaya tekan akibat beban yang bekerja padanya tidak hancur.

Fungsi mortar adalah menambah lekatan dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun suatu konstruksi. Mortar mempunyai nilai penyusutan yang relatif kecil. Mortar harus tahan terhadap penyerapan air serta kekuatan gesernya dapat

memikul gaya-gaya yang bekerja pada mortar tersebut. Jika penyerapan air pada mortar terlalu besar/cepat, maka mortar akan mengeras dengan cepat dan kehilangan ikatan adhesinya. Mortar tidak hanya dipandang sebagai “lem” antar elemen pasangan, tetapi juga sebagai komposit teknik dengan sifat mekanik dan ketahanan yang dapat diatur melalui pilihan jenis pengikat (misalnya semen multi-binder dengan campuran clay terdegradasi, fly ash, atau limestone), proporsi agregat, pengaturan rasio air–pengikat, serta pemanfaatan serat dan bahan tambahan lain untuk memenuhi kebutuhan performa struktural dan keberlanjutan lingkungan.

Komposisi utama mortar semen modern biasanya terdiri dari semen Portland atau semen campuran sebagai pengikat, agregat halus (pasir alami atau agregat halus buatan), air sebagai medium hidrasi dan pengontrol kelecakan, serta jika diperlukan, SCM (*Supplementary Cementitious Materials*) seperti *fly ash* dan bahan tambahan kimia seperti *superplasticizer* (Ernadi et al., 2024). Mortar dibedakan menjadi beberapa kategori, termasuk mortar semen Portland (mortar semen), mortar kapur (mortar lime), mortar kapur hidrolik alami (mortar lime hidrolik alami), mortar campuran semen dan kapur, serta mortar yang berbasis pengikat alternatif seperti mortar geopolimer atau mortar supersulfated. Masing-masing jenis mortar ini memiliki karakteristik mekanik dan ketahanan yang berbeda, disesuaikan dengan fungsi struktur yang diinginkan (Anisa et al., 2024).

Pengujian mortar dilakukan untuk memastikan karakteristik fisik serta mekanisnya, khususnya kekuatan tekan, kemudahan pengerjaan (*workability*), waktu ikat, dan perkembangan kekuatan seiring bertambahnya umur. Pengujian ini dilakukan baik pada mortar yang dibuat di laboratorium maupun yang sudah diaplikasikan di lapangan. Standar pengujian kekuatan tekan mortar hidrolik umumnya mengikuti metode kubus berukuran 50 mm sesuai ketentuan ASTM C109/C109M. Pada metode ini, mortar dicetak dalam cetakan berbentuk kubus, dipadatkan, kemudian dirawat dalam kondisi standar hingga waktu pengujian tertentu (misalnya umur 7 atau 28 hari) untuk mengevaluasi kesesuaiannya dengan spesifikasi teknis.

Proses curing merupakan faktor penting bagi peningkatan kekuatan dan ketahanan mortar, sebab reaksi hidrasi semen serta reaksi pozzolanik atau berbasis

aktivasi alkali sangat bergantung pada ketersediaan air dan suhu. Variasi temperatur selama curing dapat memengaruhi sifat fisik, mekanik, dan hidrolik mortar. Curing yang dilakukan dalam jangka waktu memadai, dengan kondisi lembap atau lingkungan yang terkontrol CO₂, mampu meningkatkan kekuatan tekan serta memperbaiki struktur pori menjadi lebih padat (Haigh & Sianaki, 2025).

2.3 Bahan Dasar Pembentuk Mortar

Pada pembuatan mortar, ada beberapa bahan dasar dalam pembentuk mortar itu sendiri, diantaranya yaitu:

2.3.1 Semen

Dalam teknologi beton, semen portland merupakan komponen utama yang berfungsi, bersama dengan air, untuk mengikat dan menyatukan agregat menjadi masa padat. Untuk konstruksi bangunan gedung umumnya digunakan semen tipe 1 atau Portland Cement (PC) dan sement Portland Composite Cement (PCC). Semen Portland adalah bahan pengikat hidrolik yang paling penting dalam mortar yang terutama terdiri dari senyawa kalsium silikat, aluminat, dan ferit yang akan bereaksi dengan air dan menghasilkan gel kalsium silikat hidrat (C–S–H) sebagai fase pengikat utama serta kalsium hidroksida sebagai produk sampingan, sehingga memberikan kekuatan dan impermeabilitas yang diperlukan pada mortar (Hikmah et al., 2024).

Semen sering dipandang sebagai komponen dari sistem pengikat ganda, contohnya dapat sebagian digantikan oleh fly ash, silica fume, atau metakaolin untuk meningkatkan densitas mikrostruktur, memperbaiki daya tahan, dan mengurangi emisi karbon, dengan komposisi dan rasio air-semen yang disesuaikan agar kekuatan tekan dan karakteristik fisik mortar tetap sesuai dengan standar teknis yang berlaku. Sebagai langkah untuk meminimalkan pengeluaran dalam proses produksi, mengurangi dampak negatif terhadap alam dari kegiatan penambangan bahan baku semen, serta untuk menangani isu-isu lingkungan, telah diperkenalkan jenis semen portland yang khusus, termasuk semen portland komposit (PCC) dan semen portland pozzolan (PPC) yang dirancang untuk ketahanan terhadap lingkungan bersulfat. Semen PPC dihasilkan dari kombinasi klinker semen

portland, gipsum, dan bahan mineral yang memiliki karakteristik pozzolan (Krisianto et al., 2021).

Selain itu semen juga membantu mengisi rongga-rongga udara diantara agregat, meningkatkan kekuatan dan daya tahan beton. Material-material utama dari semen adalah batu kapur yang mengandung senyawa kimia yaitu SiO_2 (Silica), Al_2O_3 (Alumina), Fe_2O_3 (Oksida besi), MgO (Magnesium), SO_3 (Sulfur), dan $\text{Na} + \text{K}_2\text{O}$ (Soda/Potash) (Sutar et al., 2021). Komposisi bahan utama semen dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi bahan utama pembentuk semen

No	Komposisi	Persentase (%)	Keterangan Singkat
1	Kapur (CaO)	60-65	Menentukan kekuatan semen dan mortar
2	Silica (SiO_2)	17-25	Berperan besar pada kekuatan jangka panjang dan struktur mikro pasta semen
3	Aluminium (Al_2O_3)	3-8	Mempengaruhi panas hidrasi awal
4	Oksida besi (Fe_2O_3)	0,5-6	Membantu penurunan suhu leleh klinker
5	Magnesium (MgO)	0,5-4	Jumlah terkendali berperan sebagai mineraliser
6	Sulfur (SO_3)	1-2	Mengontrol waktu ikat
7	Soda ($\text{Na}+\text{K}_2\text{O}$)	0,5-1	Memperngaruhi reaktivitas agregat-alkali

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus dalam mortar, biasanya terdiri dari pasir alami, mempunyai peran sebagai pengisi yang memberikan kontribusi terbesar terhadap volume campuran dan mengurangi perubahan volume yang terjadi pada pasta semen, sehingga dapat membantu dalam mencegah retakan dan mengontrol penyusutan. Aspek penting dari agregat halus mencakup ukuran butiran (gradasi), bentuk partikel, kekerasan, serta kebersihan dari lumpur, bahan organik, dan garam, karena

zat-zat pengotor ini dapat memengaruhi ikatan antara pasta dan agregat, mengurangi kekuatan tekan, dan mempercepat kerusakan akibat lingkungan yang keras.

Gradasi agregat halus yang optimal memungkinkan terciptanya campuran yang padat dan mudah dikerjakan dengan memerlukan lebih sedikit pasta semen, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan semen dan mengurangi total porositas mortar. Untuk ukuran butir agregat halus maksimum 5,0 mm (SNI 03-2834 1994).

Perbedaan komposisi agregat halus, termasuk pemanfaatan pasir dari laut, agregat halus dari limbah industri, atau kombinasi dengan bahan pozzolan halus, dapat mempengaruhi densitas, kekuatan tekan, dan penyerapan air pada mortar, sehingga pemilihan jenis dan proporsi agregat harus disesuaikan dengan kebutuhan baik struktural maupun nonstruktural dari elemen yang ingin dibuat (Anisa et al., 2024).

2.3.3 Air

Air dalam mortar berfungsi sebagai media reaksi untuk hidrasi semen serta sebagai pelumas antar butir agregat sehingga campuran dapat diaduk, dituang, dan dipadatkan dengan baik. Secara teoritis, air yang digunakan harus memenuhi persyaratan kualitas yang setara air minum, yaitu bebas dari lumpur, minyak, zat organik, dan kadar garam berlebihan yang dapat mengganggu reaksi hidrasi, menurunkan kekuatan, atau memicu korosi tulangan dan kerusakan jangka Panjang.

Konsep rasio air–semen (faktor air–semen) menjadi parameter kunci dalam perancangan mortar, karena rasio yang terlalu tinggi akan meningkatkan porositas dan menurunkan kuat tekan, sedangkan rasio yang terlalu rendah dapat menghasilkan campuran yang kaku dan sulit dikerjakan sehingga menyulitkan pemadatan dan berpotensi menimbulkan rongga.

Pada mortar normal maupun mortar busa memperlihatkan bahwa pengaturan faktor air–semen yang tepat, sering kali didukung oleh penggunaan bahan tambah seperti superplasticizer, dapat menghasilkan kombinasi optimum antara workability, densitas kering, kuat tekan, dan sifat fisis lainnya, sehingga rancangan campuran harus selalu disertai evaluasi eksperimental terhadap variasi faktor air–semen (Putri et al., 2025).

2.4 Bahan Material Tambahan Pembentuk Mortar

2.4.1 Abu Cangkang Sawit

Abu yang dihasilkan dari cangkang sawit pada dasarnya merupakan produk dari pembakaran limbah solid dalam industri kelapa sawit, utamanya cangkang, serat, dan sebagian tandan kosong. Abu ini dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk boiler di pabrik kelapa sawit demi menghasilkan uap dan listrik untuk proses. Dalam konteks konstruksi, abu yang dihasilkan dari pembakaran biomassa kelapa sawit ini biasanya dikenal dengan istilah palm oil fuel ash (POFA), yang dapat berasal dari kombinasi cangkang, serat, dan bagian lain dari tanaman kelapa sawit.

Limbah abu dari cangkang kelapa sawit dapat menyebabkan polusi udara, dan jika terbawa oleh hujan, ia juga dapat mencemari sumber air. Oleh karena itu, studi ini memiliki beberapa keuntungan, termasuk menghasilkan bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai campuran dalam pembuatan bata ringan serta memanfaatkan limbah dari perkebunan kelapa sawit. Ini bertujuan untuk mengurangi jumlah limbah yang perlu dikelola oleh perusahaan agar tidak menyebabkan pencemaran serta memberikan manfaat positif dari pemakaian abu cangkang kelapa sawit (Azizah et al., 2023).

Abu cangkang sawit merupakan limbah hasil pembakaran cangkang sawit yang mengandung banyak silikat. Selain itu, abu cangkang sawit juga mengandung Kation Anorganik seperti Kalium dan Natrium (Rahman et al., 2022). Berikut kandungan abu cangkang sawit dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi kandungan abu cangkang sawit

No	Unsur/Senyawa	Persentase Massa (%)
1	Kalium (K)	7,5
2	Natrium (Na)	1,1
3	Kalsium (Ca)	1,5
4	Magnesium (Mg)	2,8
5	Klor (Cl)	1,3
6	Karbonat (CaO_3)	1,9
7	Nitrogen (N)	0,05
8	Pospat (P)	0,9

Tabel 2.2 Lanjutan

9	Silika (SiO_2)	61
---	---------------------------	----

2.4.2 Abu Cangkang Kelapa

Indonesia adalah negara dengan luas perkebunan kelapa yang sangat besar. Saat hasil panen melimpah, limbah yang dihasilkan juga sangat banyak. Pembuangan sisa-sisa dari pertanian seperti sekam padi, kulit kacang tanah, tongkol jagung, dan tempurung kelapa menjadi tantangan bagi lingkungan, sehingga penting untuk berupaya mengubahnya menjadi sumber yang berguna untuk mengurangi dampak negatif pada lingkungan (Putri et al., 2024).

Limbah dari batok kelapa adalah jenis limbah yang sangat umum ditemui di berbagai tempat seperti pasar, dapur, pantai dan lainnya. Setiap tahun, produksi kelapa di Indonesia mencapai 12,915 miliar butir atau menyumbang sekitar 24 persen dari total produksi dunia. Saat ini, penggunaan limbah batok kelapa di Indonesia masih sangat minim, meskipun jumlahnya sangat melimpah. Limbah batok kelapa dapat dimanfaatkan sebagai pengganti semen dalam pembuatan mortar setelah melalui proses pembakaran terlebih dahulu. Tujuannya adalah untuk meningkatkan nilai dari limbah batok kelapa dalam proses pembuatan mortar.

Pada abu hasil pembakaran batok kelapa terkandung campuran dari berbagai oksida mineral yaitu natrium oksida (Na_2O), kalium Oksida (K_2O), Magnesium Oksida (MgO), besi oksida (Fe_2O_3), silikon dioksida (SiO_2) dan beberapa senyawa lainnya. Unsur yang terkandung dalam abu dan memiliki efektifitas senyawa penyerap adalah senyawa silikon dioksida (SiO_2) (Anisa et al., 2024).

Berikut kandungan abu cangkang sawit dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.3 Komposisi kandungan abu cangkang kelapa

No	Unsur/Senyawa	Persentase Kadar (%)
1	Silika (SiO_2)	37,97
2	Aluminium Oksida (Al_2O_3)	24,12
3	Ferric Oxide (FeO_3)	15,48
4	Kalsium Oksida (CaO)	4,98
5	Magnesium Oksida (MgO)	1,89

Tabel 2.4 *Lanjutan*

6	Mangan Oksida (MnO)	0,81
7	Natrium Akali (Na ₂ O)	0,95
8	Kalium Oksida (K ₂ O)	0,83
9	Fosfor Pentaoksida (P ₂ O ₅)	0,32
10	Sulfur Oksida (SO ₃)	0,71
11	LOI	11,94

2.5 Kuat Tekan Mortar

Kuat tekan mortar adalah salah satu ukuran yang dipakai untuk menentukan sejauh mana mortar dapat menerima dan menahan beban tekan hingga mencapai titik kegagalan. Angka kekuatan tekan mencerminkan kemampuan bahan untuk menahan gaya yang beraksi tegak lurus terhadap area penampang dari objek yang diuji. Dalam uji coba mortar, nilai kekuatan tekan biasanya diukur dalam satuan megapaskal (MPa).

Pengujian kuat tekan merupakan salah satu metode untuk mengevaluasi kemampuan mekanis mortar dalam menerima pembebanan tekan. Untuk mortar berbahan dasar semen Portland, prosedur pengujian dapat mengacu pada SNI 03-6825-2002 tentang Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil sebagai pedoman pelaksanaan pengujian.

Dalam ASTM C109/C109M untuk pengujian tersebut, mortar umumnya dicetak dalam bentuk benda uji kubus. Ukuran 5 × 5 × 5 cm merupakan salah satu dimensi yang digunakan dalam pengujian kuat tekan mortar. Pengujian dapat dilakukan pada beberapa umur mortar, di antaranya 7 dan 28 hari, untuk mengetahui perkembangan kekuatannya. Benda uji dengan dimensi tersebut juga telah digunakan dalam penelitian mengenai pengaruh metode curing terhadap karakteristik kuat tekan mortar.

2.6 Interaksi Abu Cangkang Sawit, Abu Cangkang Kelapa dan Semen dalam Mortar

Abu dari cangkang sawit dan abu dari cangkang kelapa adalah dua tipe limbah biomassa yang memiliki kandungan oksida silika (SiO₂) yang melimpah dan dapat

berfungsi sebagai bahan tambahan dalam campuran mortar. Interaksi ini memiliki potensi untuk menciptakan efek sinergis, di mana perpaduan kedua jenis abu bisa menghasilkan pasta yang lebih kental dan tangguh dibandingkan jika hanya salah satu jenis abu yang diterapkan, asalkan rasio penggantian semen dilakukan dengan tepat (Kasmuri & Harani, 2019).

Perbedaan pada ukuran partikel dan variasi gradasi antara abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa bisa saling melengkapi dalam campuran mortar. Abu cangkang sawit yang biasanya lebih halus dapat mengisi celah mikro di antara butiran agregat serta pasta semen, sementara abu cangkang kelapa yang mungkin memiliki ukuran partikel agak lebih besar dapat berfungsi sebagai pengisi tengah. Paduan gradasi yang lebih baik ini berpotensi menurunkan total porositas mortar, meningkatkan kepadatan, dan pada akhirnya berperan dalam peningkatan kuat tekan, terutama pada masa yang lebih lama (Anisa et al., 2024).

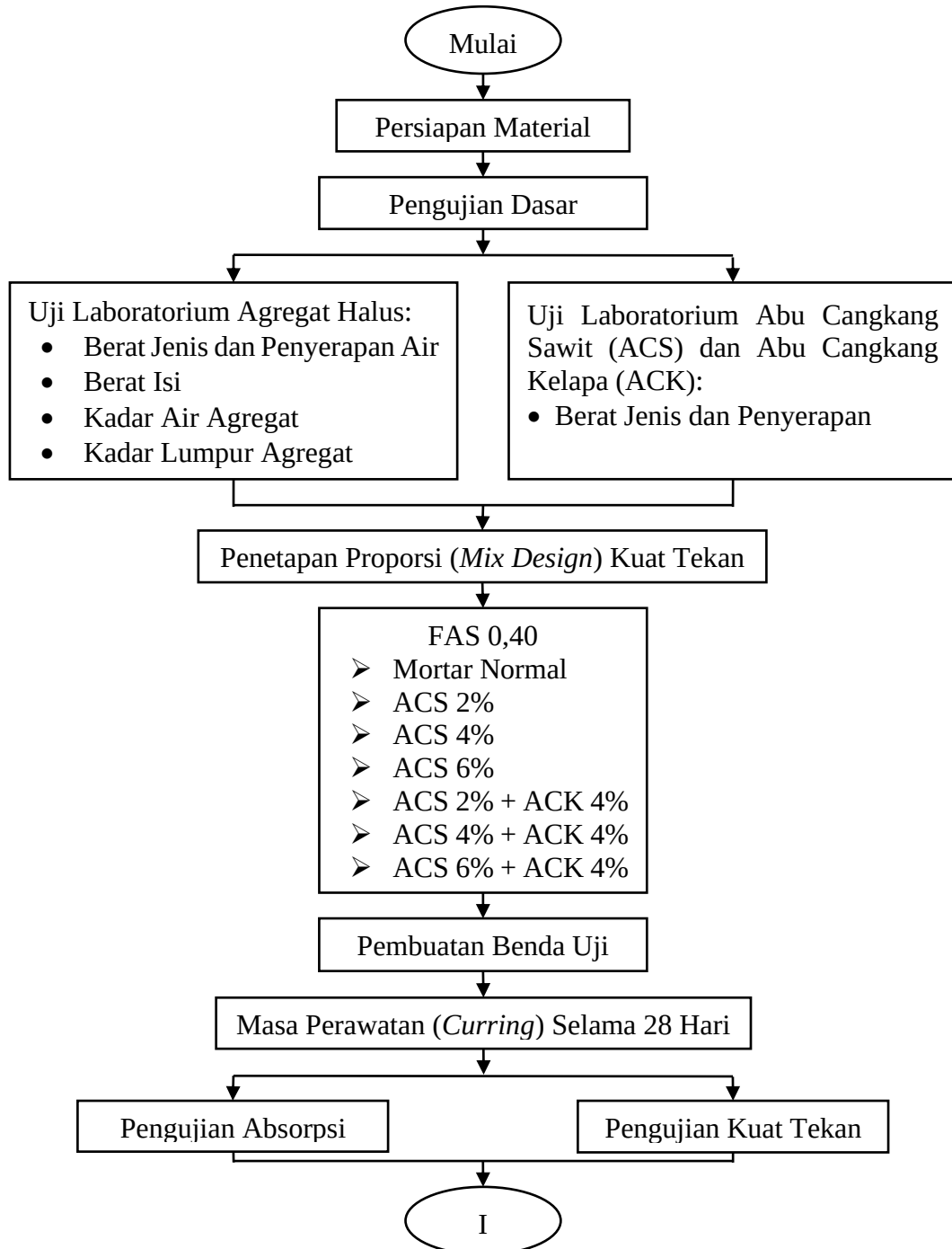
Secara keseluruhan, hubungan antara abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa dalam campuran mortar mampu menciptakan kombinasi karakteristik kimia dan fisika yang saling mendukung, yaitu kemampuan reaktivitas pozzolanik yang tinggi dari abu cangkang sawit dan karakteristik basa serta efek pengisi dari abu cangkang kelapa. Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisis dampak variasi campuran abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa terhadap kekuatan tekan mortar, dengan tujuan untuk menemukan perpaduan yang menghasilkan kekuatan tekan terbaik serta kualitas mortar yang lebih unggul dibandingkan mortar yang tidak mengandung abu.

BAB 3

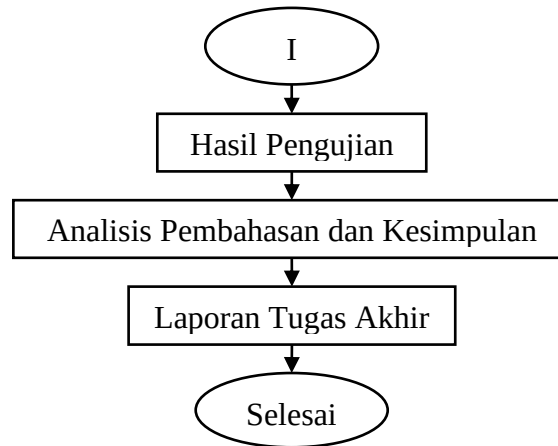
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Langkah-langkah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 *Lanjutan*

3.2 Tahap Pengambilan Data

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

1. Tahap I : Pada tahap ini persiapan material seperti agregat halus, semen, air, abu cangkang sawit, dan abu cangkang kelapa. Pengujian dasar material dilakukan pada sampel agregat halus, abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa. Pengujian ini berupa pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, kadar air, dan kadar lumpur.
2. Tahap II: Tahap ini adalah fase perencanaan mortar, pembuatan benda uji, dan perawatan mortar. Proporsi bahan campuran mortar dihitung menggunakan Metode Standar Nasional Indonesia (SNI).
3. Tahap III: Dilaksanakan pengujian kuat tekan mortar dengan masing-masing campuran yang berbeda. Dengan ini penulis membuat 30 cetakan kubus ukuran 5cm x 5cm x 5cm dengan umur perendaman selama 28 hari.
4. Tahap IV: Dari hasil pengujian yang dilakukan pada tahap III, dilakukan analisis data. Analisis data ini berfungsi sebagai pembahasan hasil penelitian, yang kemudian memungkinkan penarikan kesimpulan dari penelitian tersebut.

5. Tahap V: Setelah mengumpulkan data hasil pengujian pada tahap IV, dibuatlah laporan tentang hasil penelitian yang sudah dilakukan.

3.3 Sumber-Sumber Data Dalam Penelitian

Sebuah metode atau langkah yang digunakan untuk menyelesaikan suatu persoalan dengan cara mengumpulkan, mencatat, mempelajari, dan menganalisis data yang telah didapatkan. Dalam penelitian ini, penyelesaian tidak terpisah dari data-data yang telah terkumpul. Data tambahan tersebut diperoleh dari:

3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data-data yang diperoleh dari hasil eksperimen laboratorium yang dilakukan secara langsung untuk mendapatkan hasil tersebut. Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengujian untuk memperoleh data primer yang mencakup pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, pemeriksaan berat isi pasir, pengecekan kadar air pasir, perbandingan dalam pencampuran mortar, serta pengujian kuat mortar.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merujuk pada data yang didapat dari berbagai jurnal dan buku yang berkaitan dengan metode mortar (literatur) serta melalui konsultasi langsung dengan Dosen Pembimbing. Selain itu, juga mencakup data yang sudah ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) dan hasil laporan dari penelitian-penelitian beton mortar yang telah dilakukan sebelumnya.

3.4 Metode Penelitian

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah tipe eksperimen, di mana dilakukan pembuatan sampel material uji berupa mortar dengan memanfaatkan FAS, yaitu sebesar 0,40. Selanjutnya, penggantian sebagian semen dengan abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa dilakukan dengan variasi berikut:

3.4.1 Benda Uji Untuk Kuat Tekan

1. Variasi Abu Cangkang Sawit 0% (Normal): Tidak terdapat tambahan kombinasi abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa dalam variasi ini. Ini karena variasi ini berfungsi sebagai kontrol untuk variasi yang lain.
2. Variasi Abu Cangkang Sawit 2%: Pada variasi ini, diterapkan abu cangkang sawit sebanyak 2% dan abu cangkang kelapa sebesar 0% dari total berat semen yang akan dipakai. Oleh karena itu, semen yang akan digunakan adalah 98% dan abu cangkang sawit sebesar 2%.
3. Variasi Abu Cangkang Sawit 4%: Pada variasi ini, diterapkan abu cangkang sawit sebanyak 4% dan abu cangkang kelapa sebesar 0% dari total berat semen yang akan dipakai. Oleh karena itu, semen yang akan digunakan adalah 96% dan abu cangkang sawit sebesar 4%.
4. Variasi Abu Cangkang Sawit 6%: Pada variasi ini, diterapkan abu cangkang sawit sebanyak 6% dan abu cangkang kelapa sebesar 0% dari total berat semen yang akan dipakai. Oleh karena itu, semen yang akan digunakan adalah 94% dan abu cangkang sawit sebesar 6%.
5. Variasi Abu Cangkang Sawit 2% dan Abu Cangkang Kelapa 4%: Pada variasi ini, diterapkan abu cangkang sawit sebanyak 2% dan abu cangkang kelapa sebesar 4% dari total berat semen yang akan dipakai. Oleh karena itu, semen yang akan digunakan adalah 94%, abu cangkang sawit sebesar 2% dan abu cangkang kelapa 4%.
6. Variasi Abu Cangkang Sawit 4% dan Abu Cangkang Kelapa 4%: Pada variasi ini, diterapkan abu cangkang sawit sebanyak 4% dan abu cangkang kelapa sebesar 4% dari total berat semen yang akan dipakai. Oleh karena itu, semen yang akan digunakan adalah 92%, abu cangkang sawit sebesar 4% dan abu cangkang kelapa 4%.
7. Variasi Abu Cangkang Sawit 6% dan Abu Cangkang Kelapa 4%: Pada variasi ini, diterapkan abu cangkang sawit sebanyak 6% dan abu cangkang kelapa sebesar 4% dari total berat semen yang akan dipakai. Oleh karena itu, semen yang akan digunakan adalah 90%, abu cangkang sawit sebesar 6% dan abu cangkang kelapa 4%.

3.5 Tempat dan Waktu Penelitian

3.5.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jenis penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen di laboratorium.

3.5.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini berlangsung selama 4 bulan yaitu dari bulan Februari hingga Mei.

3.6 Alat dan Bahan

3.6.1 Alat

Berikut merupakan alat-alat yang akan digunakan penulis dalam melakukan penelitian ini antara lain:

1. Satu set saringan untuk agregat halus.
Saringan agregat halus yang akan digunakan antara lain saringan No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, dan PAN.
2. Oven.
Oven digunakan untuk mengeringkan agregat sampai dalam kondisi SSD.
3. Timbangan digital.
Timbangan digital berfungsi untuk menimbang massa pada bahan material yang akan digunakan pada penelitian.
4. Plastik ukuran 5 kg.
Plastik digunakan untuk menyimpan bahan yang akan ditimbang.
5. Ember.
Ember berfungsi untuk menyimpan air serta bahan agregat saat mengolah benda uji.
6. Sekop tangan.
Sekop tangan digunakan untuk mengambil bahan material pada penelitian.
7. Kuas.

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

8. Pan.

Digunakan untuk meletakkan bahan atau agregat yang akan dicuci.

9. Terpal.

Terpal digunakan untuk meletakkan bahan saat akan dijemur.

10. Kawat kasa dan kaki tiga.

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

11. Piknometer.

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

12. Cetakan kerucut pasir (*metal sendcone mold*) dan tongkat pemadat.

Cetakan berbentuk kerucut untuk pasir dipakai guna menaruh pasir yang akan diuji dalam rangka mengecek agregat halus dalam keadaan SSD. Tongkat pemadat digunakan untuk meratakan agregat yang sedang diuji yang berada di dalam cetakan kerucut.

13. Spirtus.

Spirtus berfungsi sebagai bahan bakar yang akan digunakan saat pembakaran objek uji di dalam piknometer.

14. Gelas ukur.

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

15. Masker.

Digunakan untuk melindungi mulut atau muka dari debu dan kotoran.

16. Sarung Tangan.

Digunakan untuk melindungi tangan pada saat pelaksanaan penelitian.

17. Skrap.

Digunakan untuk mengaduk semen dan pasir agar pengadukan tercampur merata.

18. Cetakan benda uji.

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan cetakan kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.

19. Bak perendam.

Digunakan untuk merendam benda uji selama waktu yang direncanakan.

20. Mesin pengujian kuat tekan.

Digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan pada benda uji.

3.6.2 Bahan

Berikut merupakan bahan yang akan digunakan penulis dalam melakukan penelitian ini yaitu:

1. Semen

Semen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang PCC (*Portland Composite Cement*) yang sesuai dengan SNI 7064 2022. Semen *Portland* adalah semen yang memiliki sifat hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker, yang sebagian besar terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidrolis, serta gips sebagai bahan tambahan.

2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari daerah Binjai. Agregat halus untuk campuran mortar dapat berasal dari pasir alami yang merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau dari pasir buatan yang dihasilkan melalui mesin pemecah batu dengan ukuran yang bervariasi antara 0,15 mm hingga 5 mm.

3. Air

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

4. Abu cangkang sawit

Abu cangkang sawit yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari toko online di Aplikasi Tokopedia.

5. Abu cangkang kelapa

Abu cangkang kelapa yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari toko online di Aplikasi Shopee.

3.7 Pemeriksaan Bahan

Pada penelitian ini meliputi beberapa tahapan atau pemeriksaan bahan, diantaranya yaitu:

3.7.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Berdasarkan SNI 1970 2008, agregat halus adalah agregat yang memiliki ukuran butir kurang dari 4,75 mm (No. 4). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui setelah (24+4) jam dalam air berapa berat jenis curah kering dan berat jenis semu, berat jenis curah ketika berada dalam kondisi jenuh kering permukaan, serta seberapa banyak air yang diserap. Dalam keadaan SSD, dilakukan pengukuran berat jenis pasir. Alat, bahan, dan prosedur kerja mengikuti standar (ASTM C 128-01 2001). Berikut adalah langkah-langkah untuk mengukur berat jenis dan penyerapan agregat halus:

1. Menyiapkan alat dan bahan, pasir yang lolos ayakan No 4.
2. Menjemur contoh agregat halus untuk mendapatkan kondisi SSD (kering permukaan).
3. Memasukkan contoh agregat yang sudah dikeringkan ke dalam cetakan kerucut pasir 1/3 bagian yang kemudian dipadatkan dengan menggunakan tongkat sebanyak 25 kali untuk bagian pertama, lalu mengisi 1/3 bagian selanjutnya untuk bagian kedua dan ditusuk kembali sebanyak 25 kali, setelah itu diisi hingga penuh kembali dan diratakan menggunakan mistar.
4. Mengangkat cetakan kerucut pasir secara perlahan. Bila agregat runtuh maka didapatlah agregat dalam kondisi SSD.
5. Menimbang benda uji sebanyak 500 gr.
6. Menimbang piknometer dengan keadaan piknometer terisi air.
7. Membuang air yang ada di dalam piknometer.
8. Memasukkan agregat halus ke dalam piknometer dengan menggunakan corong dan mengisinya dengan air sehingga penuh, kemudian menimbang dan mencatatnya.
9. Memanaskan piknometer yang sudah terisi air dan agregat halus sekitar 15 menit, serta mengangkat dan menggoyangkan piknometer tersebut setiap 5 menit guna mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap.

10. Merendam piknometer selama kurang lebih 24 jam di dalam ember yang telah diisi air terlebih dahulu.
11. Setelah sekitar satu hari atau 24 jam, keluarkan agregat halus dari piknometer, lalu masukkan ke dalam wadah agar tidak ada sisa agregat halus yang tertinggal di piknometer.
12. Memasukkan wadah yang berisi agregat ke dalam oven dan mengeringkannya selama kurang lebih 24 jam.
13. Mengeluarkan wadah di dalam oven lalu menimbanginya dan mencatatnya.

Adapun untuk langkah perhitungannya yaitu:

Berat contoh SSD (B)

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

Berat piknometer jenuh air (D)

Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air (C)

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

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

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

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

3.7.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Abu Cangkang Sawit dan Abu Cangkang Kelapa

Abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa adalah produk sampingan dari sektor pertanian yang dihasilkan melalui proses pembakaran cangkang. Abu ini dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman serta sebagai bahan campuran dalam ferosemen, karena mengandung kadar silika yang tinggi. Langkah-langkah pengerjaan berat jenis dan penyerapan abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa yaitu:

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Menimbang benda uji sebanyak 500 gr.
3. Menimbang piknometer dengan keadaan piknometer terisi air.
4. Membuang air yang ada di dalam piknometer.

5. Memasukkan abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa ke dalam piknometer dengan menggunakan corong dan mengisinya dengan air sehingga penuh, kemudian menimbang dan mencatatnya.
6. Memanaskan piknometer yang sudah terisi air dan agregat halus sekitar 15 menit, serta mengangkat dan menggoyangkan piknometer tersebut setiap 5 menit guna mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap.
7. Merendam piknometer selama kurang lebih 24 jam di dalam ember yang telah diisi air terlebih dahulu.
8. Setelah sekitar satu hari atau 24 jam, keluarkan abu tersebut dari piknometer, lalu masukkan ke dalam wadah agar tidak ada sisa abu yang tertinggal di piknometer.
9. Memasukkan wadah yang berisi abu sekam padi ke dalam oven dan mengeringkannya selama kurang lebih 24 jam.
10. Mengeluarkan wadah di dalam oven lalu menimbangnya dan mencatatnya.

Adapun untuk langkah perhitungannya yaitu:

Berat contoh SSD (B)

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

Berat piknometer jenuh air (D)

Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air (C)

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

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

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

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

3.7.3 Berat Isi

Metode pengujian ini melibatkan identifikasi densitas massa agregat baik dalam keadaan kompak maupun longgar serta menghitung celah di antara butiran (rongga) yang terdapat pada agregat halus. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat isi dari agregat halus. Peralatan, bahan, dan prosedur kerja mengacu pada SNI 03-4804-1998 serta mengikuti pedoman praktikum beton pada program studi teknik sipil di Fakultas Teknik UMSU terkait berat isi agregat halus.

Proses untuk menentukan berat isi agregat halus terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Agregat dalam kondisi kering oven.
3. Meletakkan agregat halus kedalam pan.
4. Menimbang wadah baja dan mengukur diameter wadah untuk mengetahui volume wadah kemudian mencatatnya.
5. Menurut ASTM 29/C 29M-97 (2003) dan SNI 03-4804 (1998) ada 3 metode yaitu:
 - a. Cara lepas/gembur
 1. Memasukan contoh bahan kedalam wadah besi hingga penuh menggunakan sekop tangan (dengan cara jatuh bebas dari ketinggian 5 cm diatas permukaan wadah).
 2. Setelah penuh kemudian meratakan permukaan wadah dengan mistar perata.
 3. Kemudian menimbangya (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 menimbangya (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.

Adapun untuk langkah perhitungannya yaitu;

$$a. \text{ Volume wadah} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \quad (3.9)$$

$$b. \text{ Berat contoh} = (\text{berat wadah+isi}) - (\text{berat wadah}) \quad (3.10)$$

$$c. \text{ Berat isi} = \frac{\text{Berat Contoh}}{\text{Volume Wadah}} \quad (3.11)$$

3.7.4 Kadar Air Agregat Halus

Metode untuk mengukur kadar air ini adalah cara yang digunakan untuk menilai tingkat kelembaban dalam agregat, di mana secara idealnya menghitung kondisi kadar air kering permukaan atau *Saturated Surface Dry* (SSD) dibandingkan dengan keadaan kering agregat hasil oven, yang dihitung sebagai kandungan berat air dalam agregat. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengidentifikasi kelembaban pada permukaan dan di dalam pori-pori agregat. Dengan demikian, sasaran dari pengujian ini mencakup penentuan persentase kelembaban yang bisa menguap dari sampel agregat melalui proses pengeringan, yang meliputi kelembaban pada permukaan dan di dalam pori-pori agregat. Alat, bahan, dan prosedur kerja harus mengikuti ASTM C556-97 serta mengacu pada panduan praktikum beton dalam Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU mengenai kadar air agregat halus. Berikut adalah langkah-langkah untuk mengukur kadar air agregat halus:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk percobaan.
2. Menyaring contoh agregat dengan saringan yang lolos saringan No 4 seberat 500 gram untuk mewakili jumlah besar bahan yang akan digunakan.
3. Menimbang wadah yang akan digunakan sebagai wadah dan menimbangnya.
4. Mengambil contoh bahan saringan No 4 kemudian memasukkan ke dalam wadah dan menimbangnya.
5. Mengeringkan contoh bahan ke dalam oven sampai batas konstan selama kurang lebih 24 jam dengan suhu 105 ± 5°C.
6. Mengeluarkan contoh bahan dari oven lalu mendinginkannya selanjutnya menimbangnya.
7. Mencatat hasil kadar air dari masing-masing agregat yang ditimbang pada saat setelah didinginkan.
8. Membersihkan alat yang digunakan kemudian menyimpannya kembali.

Adapun untuk langkah perhitungannya yaitu;

Berat wadah + kondisi SSD (w_1)

Berat wadah + contoh kering oven (w_2)

Berat wadah (w_3)

a. Berat air $= w_1 - w_2$ (3.12)

b. Berat contoh kering $= w_2 - w_3$ (3.13)

c. Kadar air (ω) $= \frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_3} \times 100\%$ (3.14)

3.7.5 Kadar Lumpur Agregat Halus

Kadar lumpur yang dimaksud adalah lumpur yang melekat baik pada permukaan maupun di dalam pori-pori serta rongga udara agregat. Agregat halus yang dimaksud merupakan agregat yang dapat melalui saringan berukuran 5 mm atau 4,75 mm. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menetapkan metode penentuan kadar lumpur dalam agregat halus dengan menggunakan metode pembersihan pada agregat yang sudah kering dalam oven. Sementara itu, tujuannya adalah untuk mengukur jumlah kadar lumpur dalam sampel agregat sehingga kondisi agregat dapat dibandingkan dengan batasan yang telah ditetapkan. Peralatan, bahan dan prosedur kerja mengikuti standar yang berlaku seperti SNI 03-2461-1991/2002, SK SNI S-04-1989-F. ASTM C-33 dan BS 812. Berikut adalah langkah-langkah untuk mengukur kadar lumpur pada agregat halus:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
2. Mengambil contoh bahan, lalu diayak dengan saringan No 4 dan mengambil agregat yang lolos saringan.
3. Menimbang berat contoh setelah diayak.
4. Mencuci sampel dengan air bersih, kemudian menyaring agregat halus dengan saringan No 200, dilakukan berulang-ulang sampai air cucian tidak keruh.
5. Memasukkan agregat basah (yang telah dicuci) ke dalam wadah dan menimbangnya.
6. Memasukkan sampel ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 110 $^{\circ}\text{C}$.
7. Mengeluarkan sampel dari dalam oven kemudian menimbang dan mencatat beratnya (mendinginkan sampel pada suhu ruangan sebelum ditimbang).
8. Kemudian memasukkan kembali ke dalam oven selama 10 menit.

9. Lalu mengeluarkan bahan uji kemudian menimbang dan mencatat hasilnya.
10. Membersihkan dan mengembalikan alat ke tempat semula.

Adapun untuk langkah perhitungannya yaitu;

Berat contoh kering (A)

Berat contoh kering setelah dicuci (B)

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

$$C = A - B \quad (3.15)$$

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

$$D = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3.16)$$

3.7.6 Analisa Saringan Agregat Halus

Prosedur pengujian analisa saringan agregat halus dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

1. Menyiapkan seluruh alat dan bahan yang diperlukan untuk pengujian.
2. Mengambil sampel agregat halus, kemudian menimbanginya sesuai kebutuhan pengujian.
3. Menyusun satu set saringan yang terdiri atas saringan No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200, serta pan sebagai penampung.
4. Melakukan proses pengayakan hingga seluruh sampel terpisah secara sempurna berdasarkan ukuran butirnya.
5. Mengumpulkan agregat halus yang tertahan pada setiap saringan, kemudian memasukkannya ke dalam plastik atau wadah yang telah disediakan.
6. Menimbang berat ampas kopi yang tertahan pada masing-masing saringan dan mencatat hasil pengukurannya.
7. Setelah pengujian selesai, membersihkan seluruh peralatan dan mengembalikannya ke tempat penyimpanan.

3.8 Pelaksanaan Penelitian

3.8.1 Perencanaan Campuran Mortar

Tahap pertama sebelum menyusun campuran mortar adalah melakukan pengujian terhadap elemen-elemen utama yang membentuk mortar sesuai dengan

SNI (Standar Nasional Indonesia), yang mencakup pengujian agregat halus serta abu. Setelah itu, dilakukan perencanaan campuran mortar berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia).

3.8.2 Mix Design

Menentukan persentase atau komposisi dari semua bahan yang membuat mortar agar bisa mendapatkan campuran mortar yang murah, kuat, tahan lama, dan memiliki kelancaran yang tepat untuk mempermudah kerja

Dalam penelitian ini, abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa dipakai sebagai pengganti sebagian semen dengan total 42 sampel. Uji coba dibuat dengan menambahkan variasi abu cangkang sawit sebanyak 0%, 2%, 4%, dan 6%, dan variasi abu cangkang kelapa sebanyak 0% dan 4% yang di rendam selama 28 hari.

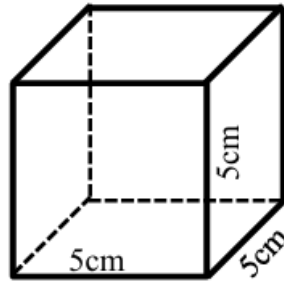
Untuk nilai rasio air-semen atau dikenal dengan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,40. Dan rasio perbandingan semen dan pasir digunakan 1:3. Untuk lebih detailnya jumlah sampel dan variasi campuran benda uji dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Perencanaan benda uji mortar umur 28 hari

No	Tes	Fas	Semen	Pasir	ACS	ACK	Tes	Jumlah Sampel
1	Normal	0,40	1	3	-	-	cube 5x5x5	6
2	Tes 1.A	0,40	98%	3	2%	-	cube 5x5x5	6
		0,40	96%	3	4%	-	cube 5x5x5	6
		0,40	94%	3	6%	-	cube 5x5x5	6
3	Tes 2.A	0,40	94%	3	2%	4%	cube 5x5x5	6
		0,40	92%	3	4%	4%	cube 5x5x5	6
		0,40	90%	3	6%	4%	cube 5x5x5	6
Total Sampel								42

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

Dimensi Benda Uji:



Gambar 3.2 Dimensi Cetakan Mortar

Menghitung campuran mortar dengan perbandingan 1:3

Berat cetakan mortar = 5500 gram

Volume cetakan mortar = $0,05 \times 0,05 \times 0,05$
= $0,000125 \text{ m}^3$

Berat isi semen = 1250 kg/m^3

Berat isi pasir = 1400 kg/m^3

Berat jenis air = 1000 kg/m^3

Volume total = 1 m^3

- Perbandingan semen dan pasir adalah 1 semen : 3 pasir

Penyebutan pasir dan semen disamakan $\rightarrow x$

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

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

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

- Jumlah semen yang digunakan untuk 1 m^3

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

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

- Jumlah pasir digunakan untuk 1 m^3

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

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

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

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

$$= 125 \text{ kg}$$

Jadi, untuk mengetahui banyaknya bahan yang digunakan dalam pembuatan benda uji, dapat dihitung dengan cara berikut ini:

- Mortar Normal

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

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

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

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

$$= 1050 \times 0,000125$$

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

Air = jumlah air yang digunakan dalam $1 \text{ m}^3 \text{ FAS } 0,40 \times \text{volume cetakan mortar}$

$$= 125 \times 0,000125$$

$$= 0,01563 \text{ kg/m}^3$$

Dengan mengikuti perhitungan diatas, didapatkan jumlah bahan yang digunakan untuk setiap variasi campuran benda uji. Lebih detailnya dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut ini:

Tabel 3.2 Rekapitulasi Mix Design

No	Tes	FAS (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	ACS (kg/m ³)	ACK (kg/m ³)	Tes	Jumlah Sampel
1	Normal	0.01563	0.03906	0.13125	-	-	cube 5×5×5	6
2	Tes 1.A	0.01563	0.03828	0.13125	0.00078	-	cube 5×5×5	6
		0.01563	0.03750	0.13125	0.00156	-	cube 5×5×5	6
		0.01563	0.03672	0.13125	0.00234	-	cube 5×5×5	6
3	Tes 2.A	0.01563	0.03672	0.13125	0.00078	0.00156	cube 5×5×5	6
		0.01563	0.03594	0.13125	0.00156	0.00156	cube 5×5×5	6

Tabel 3.2 *Lanjutan*

3	Tes 2.A	0.01563	0.03516	0.13125	0.00234	0.00156	cube 5×5×5	6
Total Sampel								42

3.8.3 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji mortar pada penelitian yang dilakukan ini menggunakan standar (SNI-6882:2014) “Spesifikasi mortar untuk pekerjaan unit pasangan” disebabkan untuk acuan tentang pembuatan mortar tidak ada. Sedangkan untuk pengujian kuat tekan mortar pada penelitian ini menggunakan (ASTM C109, 2020) “Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars”. Pada penelitian ini benda uji mortar yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm untuk kuat tekan. Berikut adalah langkah-langkah pembuatan benda uji:

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Merencanakan proporsi campuran mortar 1:3 (*mix design*).
3. Menimbang bahan dengan masing-masing berat yang telah ditentukan pada *mix design*.
4. Memasukkan bahan-bahan mortar dimulai dari semen, pasir, abu cangkang sawit, dan abu cangkang kelapa.
5. Mengaduk semua bahan hingga tercampur merata.
6. Memasukkan air kedalam campuran, lalu aduk kembali campuran sampai merata.
7. Mengoleskan cetakan dengan pelumas agar mortar tidak lengket.
8. Memasukkan campuran mortar kedalam cetakan secara merata dan bertahap.
9. Meratakan permukaan campuran mortar pada cetakan menggunakan mistar.
10. Mendinginkan cetakan selama 24 jam sampai mortar mengeras.
11. Membuka cetakan setelah 24 jam dan biarkan mortar hingga mengering.
12. Merendam mortar kedalam air selama umur rencana 28 hari.
13. Kemudian setelah 28 hari, keluarkan mortar dan diamkan hingga 60 menit, lalu ditimbang.

3.8.4 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara perendaman berdasarkan ketentuan (ASTM C31-91, 2009). Pada proses ini dilakukan perendaman benda uji ke dalam bak perendam berisi air dan direndam mencapai umur rencana 28 hari. Berikut adalah langkah-langkah perawatan benda uji:

1. Mengeluarkan benda uji dari cetakan.
2. Memastikan benda uji tersebut sudah kering dengan sempurna.
3. Mengisi bak perendam dengan air bersih.
4. Memasukkan benda uji ke dalam bak perendam.
5. Mendinginkan benda uji sampai 28 hari sesuai rencana.
6. Mengeluarkan benda uji dari bak perendam.

3.9 Pengujian Mortar

3.9.1 Kuat Tekan

Kekuatan tekan mortar merujuk pada kapasitas mortar untuk menahan beban tekan sampai titik kritis sebelum hancur. Ini merupakan indikator utama dalam mengevaluasi keandalan mortar sebagai bahan untuk pasangan, plester, atau elemen komposit lainnya. Dalam pengujian laboratorium, kuat tekan didefinisikan sebagai beban maksimum yang bisa ditampung oleh sampel mortar dibagi dengan luas penampang tekan dari sampel itu sendiri, yang umumnya menggunakan sampel berbentuk kubus 50 mm atau ukuran standar lain sesuai dengan metode pengujian (seperti SNI atau ASTM) dan dilakukan pada usia tertentu, seperti 7 hari atau 28 hari. Berikut adalah langkah-langkah pengujian kuat tekan mortar:

1. Mengeluarkan benda uji dari bak perendam.
2. Mendinginkan benda uji selama 60 menit.
3. Melakukan pengujian kuat tekan menggunakan mesin *compression test*.

Rumus kuat tekan dapat dihitung dengan persamaan:

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (3.17)$$

Dimana:

- f_c = Kuat tekan mortar (MPa)
 P = Gaya tekan maksimum (N)
 A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Rumus tersebut sejalan dengan penjelasan kuat tekan dalam standar pengujian semen Portland, yakni beban tekan terbesar per satuan area, dan banyak digunakan dalam penelitian eksperimental mengenai kuat tekan mortar. Dalam skripsi, satuan pengukuran harus seragam (contohnya, menggunakan beban dalam Newton dan luas dalam mm^2 agar hasil f_c' dapat dikonversi ke dalam MPa), dan biasanya hasilnya dilaporkan sebagai nilai rata-rata dari beberapa sampel pengujian (misalnya 3 kubus untuk setiap variasi campuran dan usia) (Supriyadi et al., 2022).

3.9.2 Penyerapan (*Absorpsi*)

Penyerapan air pada sampel mortar umumnya terjadi dengan cepat dan dalam jumlah yang besar. Fenomena ini jelas merugikan dan perlu ditangani dengan serius. Maka dari itu, pemeliharaan yang baik dan benar menjadi hal yang sangat krusial untuk selalu diperhatikan. Dengan adanya perawatan yang tepat, diharapkan sampel dapat terhindar dari isu yang tidak diinginkan. Dalam langkah ini, angka penyerapan air dihitung berdasarkan referensi tertentu. Untuk beton ringan, nilai penyerapan air maksimum berkisar antara 25% hingga 35% (Ali & Walujodjati, 2022). Berikut adalah langkah-langkah pengujian penyerapan (*absorpsi*) mortar:

1. Mengeluarkan benda uji dari bak perendam.
2. Menimbang benda uji.
3. Memasukkan benda uji ke dalam oven hingga 24 jam.
4. Mengeluarkan benda uji dari oven dan tunggu hingga suhu ruang.
5. Menimbang kembali benda uji tersebut.
6. Mencatat hasil yang didapatkan.

Besar penyerapan air bisa dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Absorpsi mortar} = \left(\frac{W_w - W_d}{W_d} \right) \times 100\% \quad (3.19)$$

Dimana:

- W_w = Berat sampel basah (kg/m^3)
 W_d = Berat sampel kering (kg/m^3)

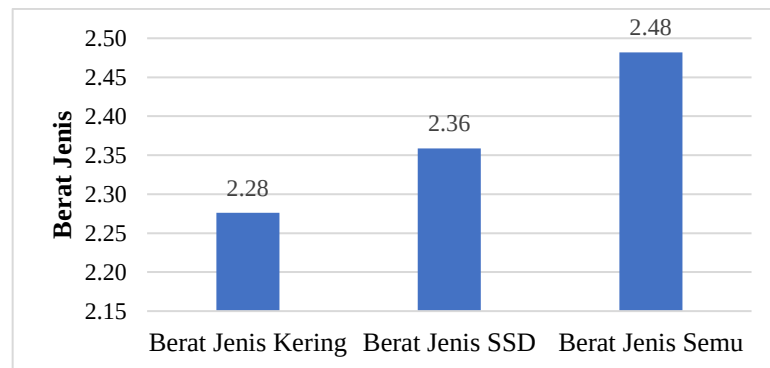
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Agregat Halus

4.1.1 Berat Jenis

Pengujian berat jenis pada agregat halus yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

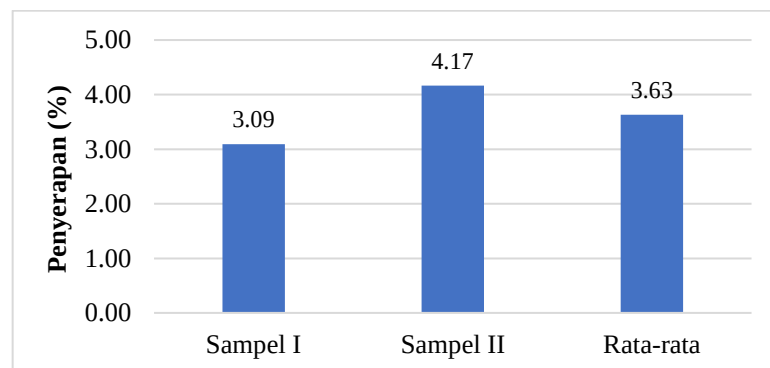


Gambar 4.1 Grafik Berat Jenis Agregat Halus

Hasil pemeriksaan uji berat jenis agregat halus dari 2 sampel dengan berat contoh SSD kering permukaan jenuh rata-rata sebanyak 500 gr, didapatkan nilai rata-rata berat jenis contoh kering 2,28 gr, berat jenis contoh SSD 2,36 gr, berat jenis contoh semu 2,48 gr.

4.1.2 Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air terhadap agregat halus menghasilkan data sebagai berikut:

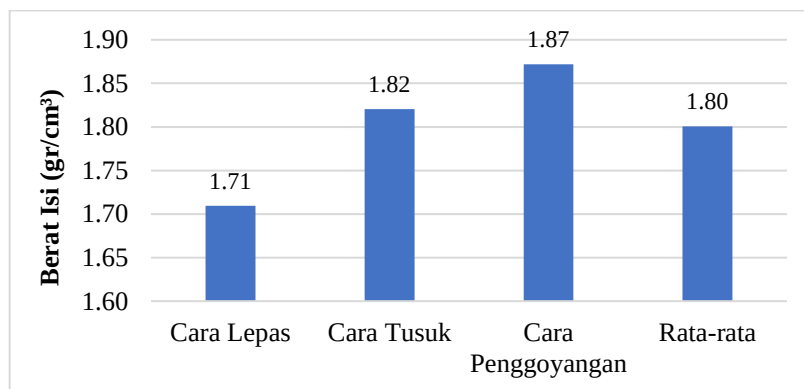


Gambar 4.2 Grafik Penyerapan Air Agregat Halus

Dari hasil pemeriksaan bahan nilai sampel I cenderung lebih rendah yaitu 3,09%, sedangkan untuk sampel II yaitu 4,17%. Dari kedua nilai tersebut, nilai rata-rata persentase penyerapan sebesar 3,63%, nilai tersebut masih dibawah batas maksimum yang disyaratkan dalam ASTM C128 untuk agregat halus sebagai bahan campuran beton yaitu 5%.

4.1.3 Berat Isi

Hasil pengujian berat isi pada agregat halus menunjukkan nilai yang disajikan sebagai berikut:

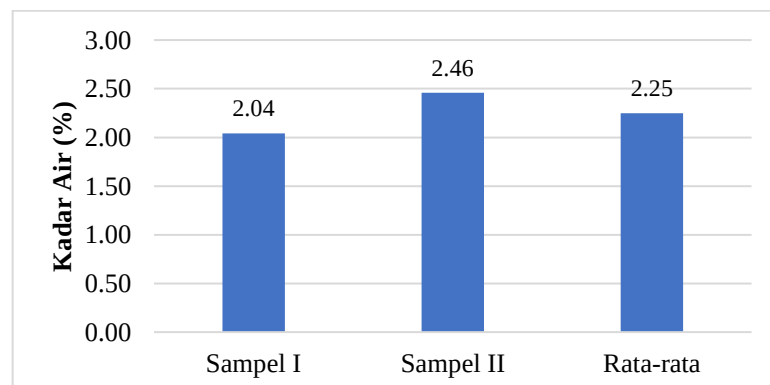


Gambar 4.3 Grafik Berat Isi Agregat Halus

Nilai berat isi yang diperoleh dengan cara lepas 1,71 gr/cm³, sementara itu, dengan metode tusuk sebesar 1,82 gr/cm³ dan dengan cara penggoyangan sebesar 1,87 gr/cm³.

4.1.4 Kadar Air

Pengujian kadar air pada agregat halus didapatkan hasil sebagai berikut:

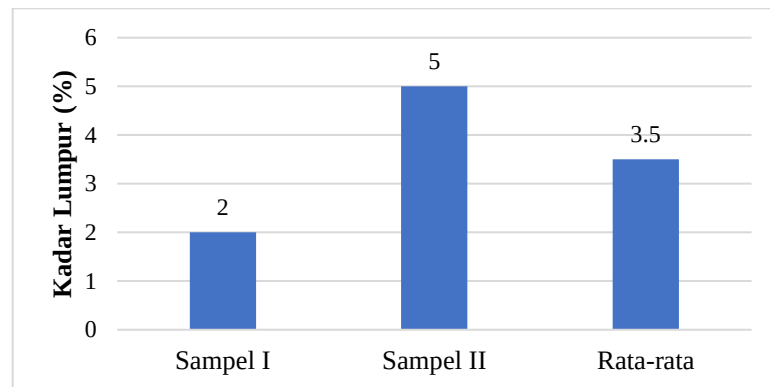


Gambar 4.4 Grafik Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air terhadap agregat halus menghasilkan nilai kadar air pada sampel I sebesar 2,04 % dan pada pengujian sampel II sebesar 2,46 %, maka dari kedua sampel tersebut nilai rata-rata yang didapat untuk pengujian kadar air adalah 2,25 %.

4.1.5 Kadar Lumpur

Nilai kadar lumpur agregat halus diperoleh sebagai berikut:

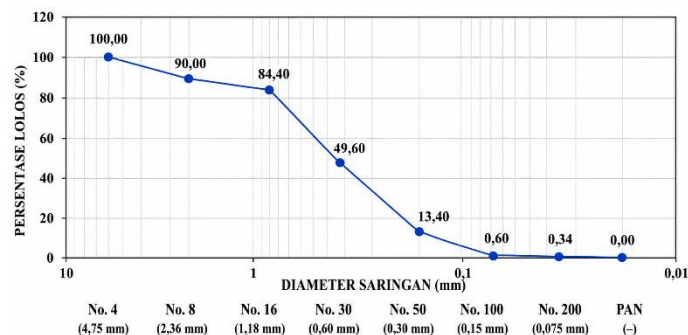


Gambar 4.5 Grafik Kadar Lumpur Agregat Halus

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, kadar lumpur agregat halus pada sampel I tercatat sebesar 2%, sedangkan pada sampel II sebesar 5%. Berdasarkan kedua hasil tersebut, diperoleh nilai rata-rata kadar lumpur sebesar 3,5%. Nilai ini menunjukkan masih berada dalam batas yang diizinkan atau masih memenuhi regulasi yaitu maksimum sebesar 5% (SK SNI 04-1989-F), sehingga agregat halus yang dipakai aman dan memenuhi standart kualitas untuk dipakai.

4.1.6 Analisa Saringan

Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan sesuai dengan prosedur ASTM C136-06, diperoleh data sebagai berikut:



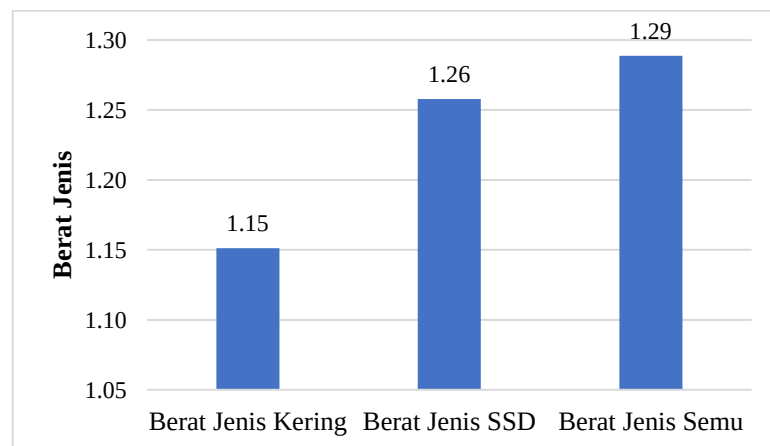
Gambar 4.6 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan, agregat halus yang digunakan memiliki distribusi ukuran butir yang didominasi oleh butiran berukuran sedang hingga halus. Hal ini ditunjukkan oleh persentase lolos saringan No. 4 sebesar 100%, No. 8 sebesar 90%, No. 16 sebesar 84,40%, No. 30 sebesar 49,60%, No. 50 sebesar 13,40%, No. 100 sebesar 0,60%, serta hanya 0,34% material yang lolos saringan No. 200. Persentase material yang lolos saringan No. 200 yang relatif rendah menunjukkan bahwa kandungan partikel sangat halus (debu) dalam agregat tergolong sedikit. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa agregat halus telah memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun mortar karena tidak mengandung partikel halus dalam jumlah yang berlebihan.

4.2 Pemeriksaan Abu Cangkang Sawit

4.2.1 Berat Jenis

Karakteristik berat jenis abu cangkang sawit yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium dapat diuraikan sebagai berikut:

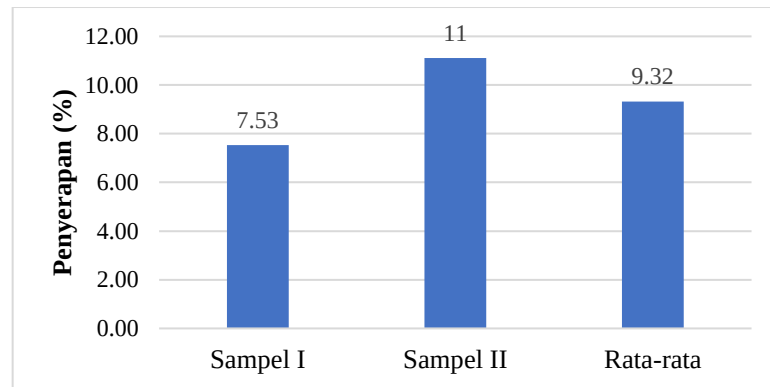


Gambar 4.7 Grafik Berat Jenis Abu Cangkang Sawit

Pengujian berat jenis abu cangkang sawit dilakukan menggunakan dua sampel dengan berat contoh pada kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 100 gr. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai rata-rata berat jenis contoh kering sebesar 1,15 gr, berat jenis SSD sebesar 1,26 gr, serta berat jenis semu sebesar 1,29 gr.

4.2.2 Penyerapan Air

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada abu cangkang sawit yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:



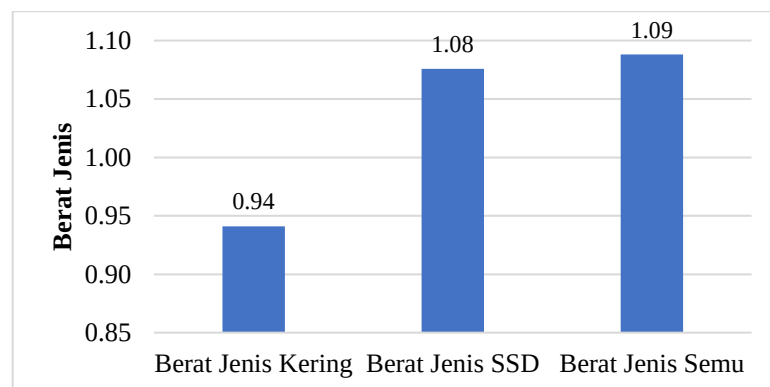
Gambar 4.8 Grafik Penyerapan Air Abu Cangkang Sawit

Berdasarkan grafik hasil pengujian, nilai penyerapan air abu cangkang sawit pada Sampel I diperoleh sebesar 7,53%, sedangkan pada Sampel II sebesar 11%. Terdapat selisih nilai penyerapan sebesar 3,47%, dengan Sampel II menunjukkan kemampuan penyerapan air yang lebih tinggi dibandingkan Sampel I. Dari kedua hasil pengujian tersebut diperoleh nilai rata-rata penyerapan air sebesar 9,32%.

4.3 Pemeriksaan Abu Cangkang Kelapa

4.3.1 Berat Jenis

Berat jenis abu cangkang kelapa dari hasil pengujian didapatkan nilai sebagai berikut:

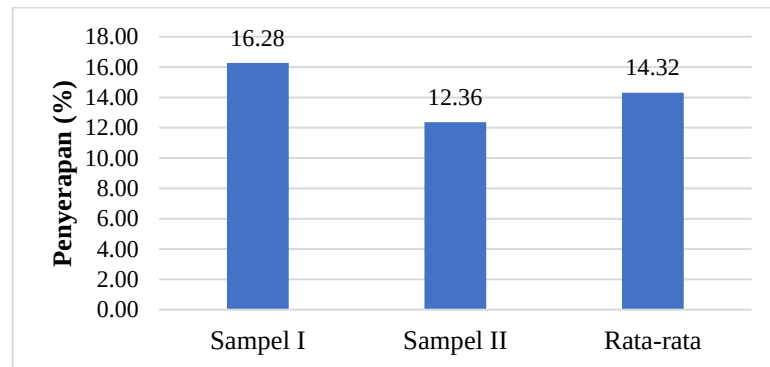


Gambar 4.9 Grafik Berat Jenis Abu Cangkang Kelapa

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air abu cangkang kelapa, diperoleh nilai rata-rata berat jenis contoh kering sebesar 0,94 gr, berat jenis contoh SSD sebesar 1,08 gr, dan berat jenis semu sebesar 1,09 gr.

4.3.2 Penyerapan Air

Penyerapan air abu cangkang kelapa diperoleh sebagai berikut:



Gambar 4.10 Grafik Penyerapan Air Abu Cangkang Kelapa

Nilai penyerapan air abu cangkang kelapa pada Sampel I sebesar 16,28%, sedangkan Sampel II sebesar 12,36%. Nilai rata-rata penyerapan air dari kedua sampel tersebut adalah 14,32%. Sampel II menunjukkan penyerapan air lebih tinggi dibandingkan Sampel I, dengan selisih sebesar 3,92 poin persentase.

4.4 Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Tekan Mortar

Nilai kuat tekan mortar dapat dihitung dengan cara berikut ini:

- Mortar Normal

Luas penampang benda uji kubus 5 cm x 5 cm = 2.500 mm²

– Sampel 1

Gaya tekan maksimum = 3,3 ton = 3.300 kg/cm²

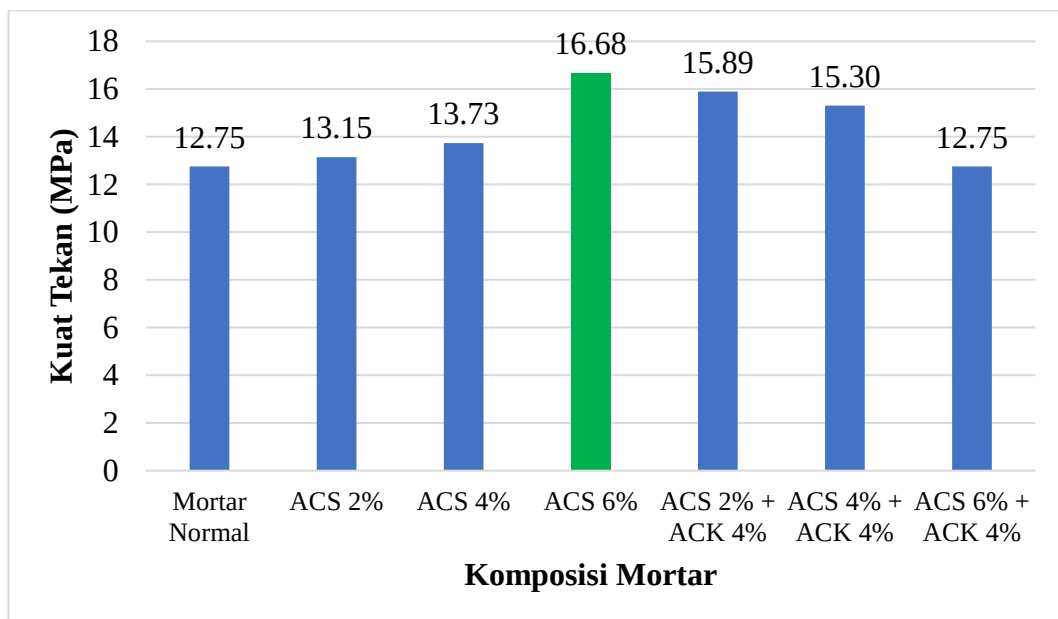
$$\begin{aligned}
 F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\
 &= \left(\frac{3.300}{2.500} \right) \times 9,81 \\
 &= 12,95 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Mengacu pada hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai kuat tekan untuk masing-masing variasi campuran benda uji. Disajikan pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil kuat tekan mortar

Variasi	Umur Rencana	Kuat Tekan (Ton)			Luas Permukaan (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)			Rata-rata (MPa)
Mortar Normal	28 hari	3,15	3,3	2,85	2.500	12,95	13,54	11,77	12,75
ACS 2%	28 hari	2,85	3	3,75	2.500	11,77	12,36	15,30	13,15
ACS 4%	28 hari	2,4	5,1	2,55	2.500	10,01	20,60	10,59	13,73
ACS 6%	28 hari	2,55	4,8	4,95	2.500	10,59	19,42	20,01	16,68
ACS 2% + ACK 4%	28 hari	5,7	2,25	4,2	2.500	22,37	8,83	16,48	15,89
ACS 4% + ACK 4%	28 hari	4,5	4,35	2,85	2.500	17,66	17,07	11,18	15,30
ACS 6% + ACK 4%	28 hari	4,35	2,4	3	2.500	17,07	9,42	11,77	12,75

Berdasarkan hasil perhitungan dan tabel diatas, penambahan abu cangkang sawit menunjukkan nilai optimal pada variasi ACS 6% dengan nilai kuat tekan yang diperoleh yaitu 16,68 MPa. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada Gambar 4.11 berikut ini:



■ Nilai Optimal

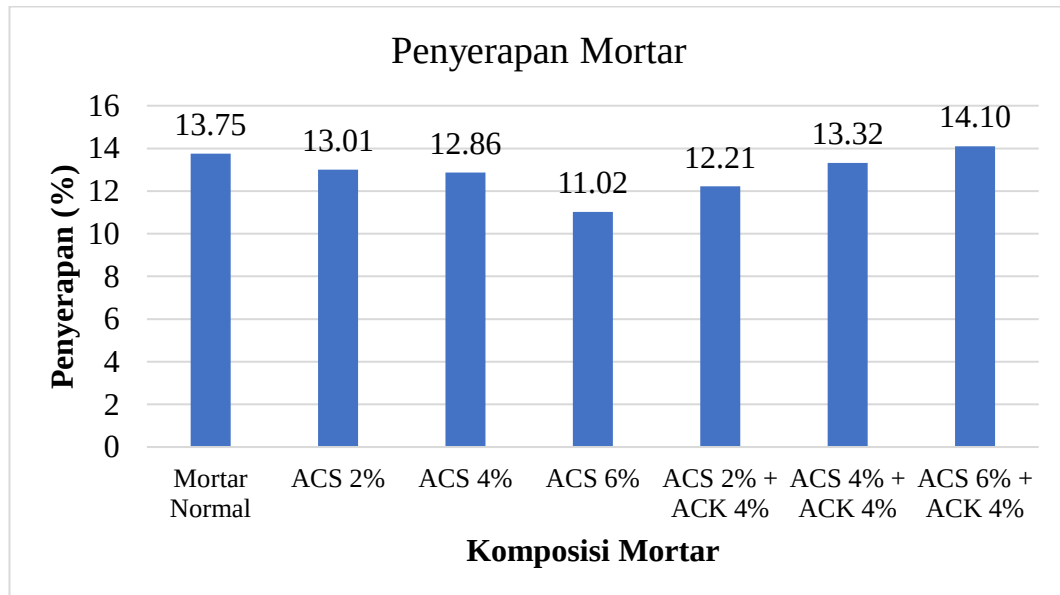
Gambar 4.11 Grafik Kuat Tekan Mortar

Dilihat dari grafik tersebut penambahan ACS 6% menghasilkan nilai kuat tekan yang naik dari mortar normal, kenaikan nilai tersebut sampai 30,82%. Sedangkan penambahan abu cangkang sawit ditambah abu cangkang kelapa menunjukkan nilai optimal pada variasi ACS 2% + ACK 4% dengan nilai kuat tekan yang diperoleh yaitu 15.89 MPa hanya naik sebesar 24,63% dari mortar normal.

Tren kuat tekan semakin menurun setelah jumlah penggunaan abu cangkang melebihi 6%, dikarenakan terlalu banyaknya penggantian semen dengan abu cangkang yang mengakibatkan penurunan kinerja mekanis mortar secara signifikan karena tingginya porositas yang terbentuk di dalam mortar, akan tetapi nilai kuat tersebut masih lebih tinggi dibandingkan nilai kuat tekan mortar normal.

Sehingga dapat dikatakan untuk penambahan abu cangkang sawit (ACS) ditambah abu cangkang kelapa (ACK) dalam mortar dapat mempengaruhi nilai kuat tekan apabila menggunakan variasi yang tepat.

4.5 Hasil dan Analisa Pengujian Penyerapan Mortar



Gambar 4.12 Grafik Penyerapan Mortar

Berdasarkan grafik diatas, penambahan abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa ke dalam mortar menunjukkan nilai persentase penyerapan yang cukup rendah dibandingkan mortar normal. Penyerapan paling optimal terdapat pada

variasi ACS 6% dengan nilai persentase yang diperoleh yaitu 11,02%. Begitu juga dengan variasi lainnya menunjukkan kenaikan persentase penyerapannya. Dapat dikatakan untuk penambahan abu cangkang sawit (ACS) dan abu cangkang kelapa (ACK) dalam mortar dapat mempengaruhi penyerapan mortar tersebut.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan Analisa data pengaruh campuran abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa terhadap kuat tekan mortar, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan campuran abu cangkang sawit menghasilkan nilai kuat tekan yang cukup tinggi dibandingkan dengan mortar normal. Variasi persentase ACS 6% menghasilkan kuat tekan yang optimal yaitu sebesar 16,68 MPa atau meningkat sekitar 30,82% dibandingkan mortar normal. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan campuran abu cangkang sawit mampu meningkatkan nilai kuat tekan dengan variasi persentase yang benar.
2. Penambahan campuran abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa menghasilkan nilai kuat tekan optimal sebesar 15,89 MPa atau meningkat 24,63% dari mortar normal pada variasi persentase ACS 2% + ACK 4%. Sedangkan untuk variasi persentase ACS 4% + ACK 4% dan ACS 6% + ACK 4% hanya meningkat sekitar 20,00% dan 0% berturut-turut. Penurunan ini disebabkan karena semakin banyak volume semen yang digantikan oleh kedua abu tersebut yang mengakibatkan cukup banyak rongga udara sehingga mortar menjadi lebih rapuh dan kehilangan kuat tekannya secara bertahap.
3. Penyerapan air (*absorption*) pada penambahan abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa rata-rata cukup rendah yaitu sekitar 13,21%. Sedangkan penyerapan paling optimal terdapat pada variasi persentase ACS 6% yaitu 11,02%

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan variasi persentase abu cangkang sawit yang lebih tinggi daripada penelitian ini, sehingga mengetahui apakah penambahan variasi persentase abu cangkang sawit diatas 6% lebih optimal atau justru akan membuat kuat tekan menjadi turun.

2. Mengingat abu cangkang sawit dan abu cangkang kelapa memiliki karakteristik penyerapan yang cukup tinggi apabila digunakan terlalu banyak, harap diperhatikan untuk penambahan variasi persentase nya, supaya tidak menyebabkan kualitas dari mortar tersebut menurun.
3. Diharapkan penelitian berikutnya tidak hanya melakukan pengujian kuat tekan dan absorbs saja, tetapi juga menguji sifat-sifat mortar lainnya, seperti kuat lentur, durabiliti, kuat rekat dan uji *efflorescence* (pemeriksaan kadar garam pada permukaan mortar).

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. S., & Walujodjati, E. (2022). Pengujian Kuat Tekan Mortar dengan Campuran Pasir Ladot. *Jurnal Konstruksi*, 1, 313–324. <https://doi.org/https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.19-1.988>
- Anisa, A., Zainuri, & Megasari, S. W. (2024). Kekuatan Tekan dan Penyerapan Mortar Geopolimer dengan Bahan Tambah Limbah Abu Tempurung Kelapa. 16, 34–40. <https://doi.org/10.25077/jrs.17.3.239-247.2021>
- ASTM, C. 109. (2020). Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars. *Hydraulic Cement Moist Rooms Bias Statements Determining Mass*, 04, 1–6.
- ASTM, C. 31-91. (2009). Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field 1. *Cement Concrete Moist Cabinets Moist Rooms Mixed Hydraulic-Cement Concrete*, 6–11.
- Azizah, R. N., Abdi, F. N., & Haryanto, B. (2023). Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Pada Bata Ringan. 7, 62–71. <http://dx.doi.org/10.30872/ts.v7i2.13189>
- Ernadi, M., Sulaiman, L., Citra, R., & Agustina, Y. (2024). Potensi Penggunaan Abu Daun Jagung Sebagai Alternatif Pengganti Semen Pada Campuran Mortar. 4(1), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.18196/bce.v4i1.21324>
- Haigh, R., & Sianaki, O. A. (2025). *Traditional and Advanced Curing Strategies for Concrete Materials : A Systematic Review of Mechanical Performance , Sustainability , and Future Directions*. 1–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app152011055>
- Hikmah, P. N., Nurjaya, D. W. I. M., Sumarno, A., & Ash, R. H. (2024). Jurnal Teknologi Lingkungan Pengaruh Rasio Campuran Abu Sekam Padi dan Zeolit terhadap Waktu Ikut , Berat Isi , dan Kuat Tekan Mortar Geopolimer Ramah Lingkungan The Mixed Ratio Effect of Rice Husk Ash and Zeolite on the Setting Time , Density , and Compr. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(2), 348–354.
- Kasmuri, M., & Harani, D. D. (2019). Pengaruh Variasi Suhu Pembakaran Abu Cangkang Sawit Sebagai Bahan Substitusi Semen Terhadap Waktu Ikut dan Kuat Tekan Mortar. 04(1), 64–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.52447/jkts.v4i1.1431>
- Krisianto, V. P., Tanijaya, J., & Sanggaria, O. J. (2021). Perbandingan Beton Dengan Menggunakan Portland Composite Cement Dan Ordinary Portland Cement. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(3), 406–411.
- Laia, N. A. P. D., Yudi, A., P, K., & Aprilia, A. S. (2025). Analisis Pengaruh Abu Tempurung Kelapa Sebagai Semen Pada Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash. 6(8). <https://doi.org/10.3785/kohesi.v6i8.10193>
- Mardiah, A., & Setiawan, B. (2022). Sawit (Palm Kernel Shell) Terhadap Kuat

Tekan Beton. 8–17.

- Nasrah, Simbolon, R. H. T., & Hasibuan, M. H. M. (2024). *Analisis Penggunaan Abu Cangkang Sawit Sebagai Bahan Pengurang Jumlah Semen Terhadap Kuat Tekan Beton*. 2(2), 1162–1169. <https://doi.org/10.57235/jerumi.v2i2.421>
- Putra, A., Agustin, S., & Trisnawati, L. (2023). Pemanfaatan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Campuran Mortar Busa 800 Kpa. *SAINTEK E-Journal*, 1, 1–5. <https://doi.org/10.35583/js.v1i1.176>
- Putri, D., Suhendra, Zulfiati, R., & Fadlan. (2025). Pengaruh Penambahan High performance Superplasticizer terhadap Kuat Tekan Mortar. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(2), 1006–1011. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v8i2.764>
- Putri, Tiyani, L., & Sukarno, P. (2024). *Pemanfaatan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Semen Pada Beton*. 588–596.
- Rahman, E. B., Ermiyati, Azhari, Novan, A., & Morena, Y. (2022). Pengaruh Penambahan Fly Ash Cangkang Sawit dan Kapur Dolomit Sebagai Bahan Substitusi Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar. *SAINTEK E-Journal*, 2. <https://doi.org/https://doi.org/10.35583/js.v10i2.149>
- SK SNI, 04-1989-F. (1989). spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam). *Badan Standarisasi Nasional (BSN)*.
- SNI, 03-2834. (1994). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. *Badan Standarisasi Nasional (BSN)*, 1–34.
- SNI, 03-6825. (2002). Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil. *Badan Standarisasi Nasional (BSN)*, 1–13.
- SNI, 03-6882. (2002). Spesifikasi mortar untuk pekerjaan pasangan 1. *Badan Standarisasi Nasional (BSN)*, 1–8.
- SNI, 1970. (2008). Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus. *Badan Standarisasi Nasional (BSN)*, 1–12.
- SNI, 6882. (2014). Spesifikasi mortar untuk pekerjaan unit pasangan Standard Specification for Mortar for Unit Masonry. *Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional (BSN)*, 1–48.
- SNI, 7064. (2022). Semen Portland Komposit. *Badan Standarisasi Nasional (BSN)*, 1–5.
- Stevens, L., & Firdaus. (2024). *Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Substitusi Pada Semen PCC Terhadap Kuat Tekan Beton*. 7(1), 93–99. <https://jurnal.ensiklopediaku.org/>
- Supriyadi, Triwardaya, Parhadi, Suroso, & Wahyono, H. L. (2022). *Analisis Kuat Tekan Mortar dengan Penambahan SikagROUT 215. 08*, 1–12.
- Sutar, S. N., Patil, P. V., Chavan, R. V., & Maske, M. M. (2021). Study and Review of Ordinary Portland Cement. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 1, 153–160. <http://dx.doi.org/10.17509/xxxx.xxxx>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pemeriksaan Bahan

Berat Jenis dan Penyerapan Air

Tabel L.1.1 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Uraian	Satuan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	gr	500	500	500
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	gr	971	975	973
Berat piknometer penuh air (D)	gr	685	685	685
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (E)	gr	485	480	482.5
Berat jenis contoh kering = $\frac{E}{(B + D - C)}$	gr	2.27	2.29	2.28
Berat jenis contoh SSD = $\frac{B}{(B + D - C)}$	gr	2.34	2.38	2.36
Berat jenis contoh semu = $\frac{E}{(E + D - C)}$	gr	2.44	2.53	2.48
Penyerapan = $\frac{B - E}{E} \times 100\%$	%	3.09	4.17	3.63

Berat Isi

Tabel L.1.2 Hasil pemeriksaan berat isi agregat halus.

Uraian	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata-rata
Berat wadah	gr	6475	6475	6475	6475
Tinggi wadah	cm	24	24	24	24
Diameter wadah	cm	24	24	24	24
Berat contoh	gr	18560	19765	20325	19550
Volume wadah	cm ³	10857.34	10857.34	10857.34	10857.34
Berat contoh + wadah	gr	25035	26240	26800	26025
Berat isi	gr/cm ³	1.71	1.82	1.87	1.80

Pemeriksaan Kadar Air

Tabel L.1.3 Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus.

Uraian	Satuan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat wadah (w_3)	gr	520	520	520
Berat contoh SSD dan wadah (w_1)	gr	1020	1020	1020
Berat contoh SSD	gr	500	500	500
Berat contoh kering oven + wadah (w_2)	gr	1010	1008	1009
Berat air ($w_1 - w_2$)	gr	10	12	11
Berat contoh kering ($w_2 - w_3$)	gr	490	488	489
Kadar Air $\left(\frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_3} \right) \times 100\%$	%	2.04	2.46	2.25

Pemeriksaan Kadar Lumpur

Tabel L.1.4 Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat lumpur.

Uraian	Satuan	Sampel I	Sampel II
Berat contoh kering (A)	gr	500	500
Berat kering contoh setelah dicuci (B)	gr	490	475
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (C) = (A - B)	gr	10	25
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (D) = $\left(\frac{C}{A} \times 100\% \right)$	%	2	5
Kadar lumpur rata-rata	%	3.5	

Berat Jenis dan Penyerapan Air Abu Cangkang Sawit

Tabel L.1.5 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan abu cangkang sawit.

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	686	685	685.5
Berat piknometer penuh air (D)	gr	665	665	665
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (E)	gr	93	90	91.5
Berat jenis contoh kering = $\frac{E}{(B + D - C)}$	gr	1.18	1.13	1.15
Berat jenis contoh SSD = $\frac{B}{(B + D - C)}$	gr	1.27	1.25	1.26
Berat jenis contoh semu = $\frac{E}{(E + D - C)}$	gr	1.29	1.29	1.29
Penyerapan = $\frac{B - E}{E} \times 100\%$	%	7.53	11.11	9.32

Berat Jenis dan Penyerapan Air Abu Cangkang Kelapa

Tabel L.1.6 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerpan abu cangkang kelapa.

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	674	670	672
Berat piknometer penuh air (D)	gr	665	665	665
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (E)	gr	86	89	87.5
Berat jenis contoh kering = $\frac{E}{(B + D - C)}$	gr	0.95	0.94	0.94
Berat jenis contoh SSD = $\frac{B}{(B + D - C)}$	gr	1.10	1.05	1.08
Berat jenis contoh semu = $\frac{E}{(E + D - C)}$	gr	1.12	1.06	1.09
Penyerapan = $\frac{B - E}{E} \times 100\%$	%	16.28	12.36	14.32

Lampiran 2. Hasil Mix Design

Menghitung campuran mortar dengan perbandingan 1:3

Berat cetakan mortar = 5500 gram

Volume cetakan mortar = $0,05 \times 0,05 \times 0,05$
 $= 0,000125 \text{ m}^3$

Berat isi semen = 1250 kg/m^3

Berat isi pasir = 1400 kg/m^3

Berat jenis air = 1000 kg/m^3

Volume total = 1 m^3

- Perbandingan semen dan pasir adalah 1 semen : 3 pasir

Penyebutan pasir dan semen disamakan $\rightarrow x$

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

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

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

- Jumlah semen yang digunakan untuk 1 m^3

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

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

- Jumlah pasir digunakan untuk 1 m^3

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

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

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

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

Mix Design Mortar

- Mortar Normal

$$\begin{aligned}\text{Semen} &= \text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times \text{volume cetakan} \\ &\quad \text{mortar} \\ &= 312,5 \times 0,000125 \\ &= 0,03906 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= \text{jumlah pasir yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times \text{volume cetakan mortar} \\ &= 1050 \times 0,000125 \\ &= 0,13125 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Air} &= \text{jumlah air yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \text{ FAS } 0,40 \times \text{volume cetakan} \\ &\quad \text{mortar} \\ &= 125 \times 0,000125 \\ &= 0,01563 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- ACS 2%

$$\begin{aligned}\text{ACS} &= (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 2\%) \times \text{volume} \\ &\quad \text{cetakan mortar} \\ &= (312,5 \times 2\%) \times 0,000125 \\ &= 0,00078 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Semen} &= \text{Berat semen mortar normal} - \text{ACS } 2\% \\ &= 0,03906 - 0,00078 \\ &= 0,03828 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

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

$$\text{Air} = 0,01563 \text{ kg/m}^3$$

- ACS 4%

$$\text{ACS} = (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 4\%) \times \text{volume cetakan mortar}$$

$$= (312,5 \times 4\%) \times 0,000125$$

$$= 0,00156 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Semen} = \text{Berat semen mortar normal} - \text{ACS 4\%}$$

$$= 0,03906 - 0,00156$$

$$= 0,03750 \text{ kg/m}^3$$

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

$$\text{Air} = 0,01563 \text{ kg/m}^3$$

- ACS 6%

$$\text{ACS} = (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 6\%) \times \text{volume cetakan mortar}$$

$$= (312,5 \times 6\%) \times 0,000125$$

$$= 0,00234 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Semen} = \text{Berat semen mortar normal} - \text{ACS 6\%}$$

$$= 0,03906 - 0,00234$$

$$= 0,03672 \text{ kg/m}^3$$

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

$$\text{Air} = 0,01563 \text{ kg/m}^3$$

- ACS 2% + ACK 4%

$$\text{ACS} = (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 2\%) \times \text{volume cetakan mortar}$$

$$= (312,5 \times 2\%) \times 0,000125$$

$$= 0,00078 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{ACK} = (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 4\%) \times \text{volume cetakan mortar}$$

$$\begin{aligned}
 &= (312,5 \times 4\%) \times 0,000125 \\
 &= 0,00156 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Semen} &= \text{Berat semen mortar normal} - \text{ACS } 2\% - \text{ACK } 4\% \\
 &= 0,03906 - 0,00078 - 0,00156 \\
 &= 0,03672 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Pasir} &= 0,13125 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Air} &= 0,01563 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

• ACS 4% + ACK 4%

$$\begin{aligned}
 \text{ACS} &= (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 4\%) \times \text{volume cetakan mortar} \\
 &= (312,5 \times 4\%) \times 0,000125 \\
 &= 0,00156 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{ACK} &= (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 4\%) \times \text{volume cetakan mortar} \\
 &= (312,5 \times 4\%) \times 0,000125 \\
 &= 0,00156 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Semen} &= \text{Berat semen mortar normal} - \text{ACS } 4\% - \text{ACK } 4\% \\
 &= 0,03906 - 0,00156 - 0,00156 \\
 &= 0,03594 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Pasir} &= 0,13125 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Air} &= 0,01563 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

• ACS 6% + ACK 4%

$$\begin{aligned}
 \text{ACS} &= (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 6\%) \times \text{volume cetakan mortar} \\
 &= (312,5 \times 6\%) \times 0,000125 \\
 &= 0,00234 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{ACK} &= (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 4\%) \times \text{volume cetakan mortar} \\
 &= (312,5 \times 4\%) \times 0,000125 \\
 &= 0,00156 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= \text{Berat semen mortar normal} - \text{ACS } 6\% - \text{ACK } 4\% \\
 &= 0,03906 - 0,00234 - 0,00156 \\
 &= 0,03516 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Pasir} &= 0,13125 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Air} &= 0,01563 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel L.2.1 Rekapitulasi Mix Design

No	Tes	FAS (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	ACS (kg/m ³)	ACK (kg/m ³)	Tes	Jumlah Sampel
1	Normal	0.01563	0.03906	0.13125	-	-	cube 5×5×5	6
2	Tes 1.A	0.01563	0.03828	0.13125	0.00078	-	cube 5×5×5	6
		0.01563	0.03750	0.13125	0.00156	-	cube 5×5×5	6
		0.01563	0.03672	0.13125	0.00234	-	cube 5×5×5	6
3	Tes 2.A	0.01563	0.03672	0.13125	0.00078	0.00156	cube 5×5×5	6
		0.01563	0.03594	0.13125	0.00156	0.00156	cube 5×5×5	6
		0.01563	0.03516	0.13125	0.00234	0.00156	cube 5×5×5	6
Total Sampel								42

Lampiran 3. Hasil Pengujian Mortar

Pengujian Kuat Tekan Mortar

- Mortar Normal

Luas penampang benda uji kubus 5 cm x 5 cm = 2.500 mm²

– Sampel 1

Gaya tekan maksimum = 3,3 ton = 3.300 kg/cm²

$$\begin{aligned}
 F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\
 &= \left(\frac{3.300}{2.500} \right) \times 9,81 \\
 &= 12,95 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

– Sampel 2

Gaya tekan maksimum = 3,45 ton = 3.450 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{3.450}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 13,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

– Sampel 3

Gaya tekan maksimum = 3 ton = 3.000 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{3.000}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 11,77 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ACS 2%

Luas penampang benda uji kubus 5 cm x 5 cm = 2.500 mm²

– Sampel 1

Gaya tekan maksimum = 3 ton = 3.000 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{3.000}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 11,77 \text{ MPa} \end{aligned}$$

– Sampel 2

Gaya tekan maksimum = 3,15 ton = 3.150 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{3.150}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 12,36 \text{ MPa} \end{aligned}$$

– Sampel 3

Gaya tekan maksimum = 3,9 ton = 3.900 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{3.900}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 15,30 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ACS 4%

Luas penampang benda uji kubus 5 cm x 5 cm = 2.500 mm²

– Sampel 1

Gaya tekan maksimum = 2,55 ton = 2.550 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{2.550}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 10,01 \text{ MPa} \end{aligned}$$

– Sampel 2

Gaya tekan maksimum = 5,25 ton = 5.250 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{5.250}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 20,60 \text{ MPa} \end{aligned}$$

– Sampel 3

Gaya tekan maksimum = 2,7 ton = 2.700 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{2.700}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 10,59 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ACS 6%

Luas penampang benda uji kubus 5 cm x 5 cm = 2.500 mm²

– Sampel 1

Gaya tekan maksimum = 2,7 ton = 2.700 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{2.700}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 10,59 \text{ MPa} \end{aligned}$$

– Sampel 2

Gaya tekan maksimum = 4,95 ton = 4.950 kg/cm²

$$F_c' = \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81$$

$$= \left(\frac{4.950}{2.500} \right) \times 9,81$$

$$= 19,42 \text{ MPa}$$

– Sampel 3

Gaya tekan maksimum = 5,1 ton = 5.100 kg/cm²

$$F_c' = \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81$$

$$= \left(\frac{5.100}{2.500} \right) \times 9,81$$

$$= 20,01 \text{ MPa}$$

- ACS 2% + ACK 4%

Luas penampang benda uji kubus 5 cm x 5 cm = 2.500 mm²

– Sampel 1

Gaya tekan maksimum = 5,7 ton = 5.700 kg/cm²

$$F_c' = \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81$$

$$= \left(\frac{5.700}{2.500} \right) \times 9,81$$

$$= 22,37 \text{ MPa}$$

– Sampel 2

Gaya tekan maksimum = 2,25 ton = 2.250 kg/cm²

$$F_c' = \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81$$

$$= \left(\frac{2.250}{2.500} \right) \times 9,81$$

$$= 8,83 \text{ MPa}$$

– Sampel 3

Gaya tekan maksimum = 4,2 ton = 4.200 kg/cm²

$$F_c' = \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81$$

$$= \left(\frac{4.200}{2.500} \right) \times 9,81$$

$$= 16,48 \text{ MPa}$$

- ACS 4% + ACK 4%

Luas penampang benda uji kubus 5 cm x 5 cm = 2.500 mm²

– Sampel 1

Gaya tekan maksimum = 4,5 ton = 4.500 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{4.500}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 17,66 \text{ MPa} \end{aligned}$$

– Sampel 2

Gaya tekan maksimum = 4,35 ton = 4.350 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{4.350}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 17,07 \text{ MPa} \end{aligned}$$

– Sampel 3

Gaya tekan maksimum = 2,85 ton = 2.850 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{2.850}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 11,18 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ACS 6% + ACK 4%

Luas penampang benda uji kubus 5 cm x 5 cm = 2.500 mm²

– Sampel 1

Gaya tekan maksimum = 4,35 ton = 4.350 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{4.350}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 17,07 \text{ MPa} \end{aligned}$$

– Sampel 2

Gaya tekan maksimum = 2,4 ton = 2.400 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{2.400}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 9,42 \text{ MPa} \end{aligned}$$

– Sampel 3

Gaya tekan maksimum = 3 ton = 3.000 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_c' &= \left(\frac{\text{Gaya tekan maksimum}}{\text{Luas penampang}} \right) \times 9,81 \\ &= \left(\frac{3.000}{2.500} \right) \times 9,81 \\ &= 11,77 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel L.3.1 Rekapitulasi hasil kuat tekan mortar

Variasi	Umur Rencana	Kuat Tekan (Ton)			Luas Permukaan (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)			Rata-rata (MPa)
Mortar Normal	28 hari	3,15	3,3	2,85	2.500	12,95	13,54	11,77	12,75
ACS 2%	28 hari	2,85	3	3,75	2.500	11,77	12,36	15,30	13,15
ACS 4%	28 hari	2,4	5,1	2,55	2.500	10,01	20,60	10,59	13,73
ACS 6%	28 hari	2,55	4,8	4,95	2.500	10,59	19,42	20,01	16,68
ACS 2% + ACK 4%	28 hari	5,7	2,25	4,2	2.500	22,37	8,83	16,48	15,89
ACS 4% + ACK 4%	28 hari	4,5	4,35	2,85	2.500	17,66	17,07	11,18	15,30
ACS 6% + ACK 4%	28 hari	4,35	2,4	3	2.500	17,07	9,42	11,77	12,75

Pengujian Penyerapan Mortar

- Mortar Normal

– Sampel 1

$$\begin{aligned} \text{Absorpsi} &= \left(\frac{275-242}{242} \right) \times 100\% \\ &= 13,64\% \end{aligned}$$

– Sampel 2

$$\begin{aligned} \text{Absorpsi} &= \left(\frac{284,5-249,5}{249,5} \right) \times 100\% \\ &= 14,03\% \end{aligned}$$

– Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{259-228}{228} \right) \times 100\% \\ &= 13,60\%\end{aligned}$$

- ACS 2%

- Sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{249,5-221,5}{221,5} \right) \times 100\% \\ &= 12,64\%\end{aligned}$$

- Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{256,5-226,5}{226,5} \right) \times 100\% \\ &= 13,25\%\end{aligned}$$

- Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{258,5-228,5}{228,5} \right) \times 100\% \\ &= 13,13\%\end{aligned}$$

- ACS 4%

- Sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{260-230,5}{230,5} \right) \times 100\% \\ &= 12,80\%\end{aligned}$$

- Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{261,5-232,5}{232,5} \right) \times 100\% \\ &= 12,47\%\end{aligned}$$

- Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{268-236,5}{236,5} \right) \times 100\% \\ &= 13,32\%\end{aligned}$$

- ACS 6%

- Sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{245-217}{217} \right) \times 100\% \\ &= 12,90\%\end{aligned}$$

– Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{242-221}{221} \right) \times 100\% \\ &= 9,50\%\end{aligned}$$

– Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{249-225}{225} \right) \times 100\% \\ &= 10,67\%\end{aligned}$$

• ACS 2% + ACK 4%

– Sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{292,5-260}{260} \right) \times 100\% \\ &= 12,50\%\end{aligned}$$

– Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{269,5-239,5}{239,5} \right) \times 100\% \\ &= 12,53\%\end{aligned}$$

– Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{269-241}{241} \right) \times 100\% \\ &= 11,62\%\end{aligned}$$

• ACS 4% + ACK 4%

– Sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{278-246}{246} \right) \times 100\% \\ &= 13,01\%\end{aligned}$$

– Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{257,5-227}{227} \right) \times 100\% \\ &= 13,44\%\end{aligned}$$

– Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{252-222}{222} \right) \times 100\% \\ &= 13,51\%\end{aligned}$$

- ACS 6% + ACK 4%

- Sampel 1

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{251 - 220,5}{220,5} \right) \times 100\%$$

$$= 13,83\%$$

- Sampel 2

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{288 - 252}{252} \right) \times 100\%$$

$$= 14,29\%$$

- Sampel 3

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{257,5 - 225,5}{225,5} \right) \times 100\%$$

$$= 14,19\%$$

Tabel L.3.2 Rekapitulasi hasil penyerapan mortar.

Variasi		Penyerapan (%)	Rata-rata (%)
Mortar Normal	Sampel 1	13,64	13,75
	Sampel 2	14,03	
	Sampel 3	13,60	
ACS 2%	Sampel 1	12,64	13,01
	Sampel 2	13,25	
	Sampel 3	13,13	
ACS 4%	Sampel 1	12,80	12,86
	Sampel 2	12,47	
	Sampel 3	13,32	
ACS 6%	Sampel 1	12,90	11,02
	Sampel 2	9,50	
	Sampel 3	10,67	
ACS 2% + ACK 4%	Sampel 1	12,50	12,21
	Sampel 2	12,53	
	Sampel 3	11,62	
ACS 4% + ACK 4%	Sampel 1	13,01	13,32
	Sampel 2	13,44	
	Sampel 3	13,52	
ACS 6% + ACK 4%	Sampel 1	13,83	14,10
	Sampel 2	14,29	
	Sampel 3	14,19	

Lampiran 4. Dokumentasi



Gambar L.4.1 Satu Set Saringan



Gambar L.4.2 Oven



Gambar L.4.3 Timbangan Digital



Gambar L.4.4 Pan



Gambar L.4.5 Mesin Uji Kuat Tekan



Gambar L.4.6 Semen



Gambar L.4.7 Agregat Halus



Gambar L.4.8 Air



Gambar L.4.9 Abu Cangkang Sawit



Gambar L.4.10 Abu Cangkang Kelapa



Gambar L.4.11 Alat dan Bahan Uji Berat Jenis dan Penyerapan



Gambar L.4.12 Penimbangan Piknometer



Gambar L.4.13 Memanaskan Piknometer Agregat Halus



Gambar L.4.14 Menimbang Piknometer ACS dan ACK



Gambar L.4.15 Memanaskan Piknometer ACS dan ACK



Gambar L.4.16 Alat dan Bahan Uji Berat Isi



Gambar L.4.17 Uji Berat Isi Cara Lepas



Gambar L.4.18 Uji Berat Isi Cara Penusukkan



Gambar L.4.19 Uji Berat Isi Cara Penggoyangan



Gambar L.4.20 Meratakan Permukaan



Gambar L.4.21 Menimbang Sampel Berat Isi



Gambar L.4.22 Alat dan Bahan Uji Kadar Air Agregat Halus



Gambar L.4.23 Menimbang Sampel



Gambar L.4.24 Memasukkan dan Mengeluarkan Sampel dari Oven



Gambar L.4.25 Alat dan Bahan Uji Kadar Lumpur



Gambar L.4.26 Mencuci Agregat dengan Saringan No.200



Gambar L.4.27 Memasukkan dan Mengeluarkan Sampel dari Oven



Gambar L.4.28 Menimbang Sampel Sudah Di Oven



Gambar L.4.29 Alat dan Bahan Pembuatan Mortar



Gambar L.4.30 Menimbang Bahan Sesuai Mix Design



Gambar L.4.31 Mencampur Semua Bahan Di Pan



Gambar L.4.32 Menuangkan Air Hingga Rata



Gambar L.4.33 Mengoleskan Cetakan dengan Minyak



Gambar L.4.34 Memasukkan Adonan ke Cetakan



Gambar L.4.35 Meratakan Cetakan dengan Mistar



Gambar L.4.36 Mendiamkan Mortar 1 x 24 Jam



Gambar L.4.37 Membuka Cetakan Mortar



Gambar L.4.38 Mengisi Bak Perendam



Gambar L.4.39 Memasukkan Mortar ke Bak Perendam



Gambar L.4.40 Masa *Curing* Selama 28 Hari



Gambar L.4.41 Mengeluarkan Mortar dari Bak Perendam



Gambar L.4.42 Pengujian Kuat Tekan



Gambar L.4.43 Menimbang Mortar Sebelum Oven



Gambar L.4.44 Memasukkan dan Mengeluarkan Mortar ke dari Oven



Gambar L.4.45 Menimbang Mortar yang Sudah di Oven

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap	: Nailul Amali
Tempat, Tanggal Lahir	: Medan, 24 Juni 2004
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Agama	: Islam
Alamat	: Dusun Kampung Satu, Desa mekar Sawit, Kec. Sawit Seberang, Kab. Langkat, Sumatera Utara
Nomor Hp	: +62 822 7342 6389
Nama Ayah	: Wagisan
Nama Ibu	: Jumiati
E-mail	: nailulamali2k4@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

NIM	: 2207210234
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 058111 Kampung Satu	2010-2016
Sekolah Menengah Pertama	: MTsS TPI Sawit Seberang	2016-2019
Sekolah Menengah Akhir	: MAS TPI Sawit Seberang	2019-2022