

TUGAS AKHIR

**ANALISIS SIFAT- SIFAT MORTAR DENGAN
PENAMBAHAN AMPAS KOPI SEBAGAI SUBSTITUSI
SEBAGIAN SEMEN**

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

Disusun Oleh:

M RANDI INDRA SETIAWAN

2207210181



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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : M Randi Indra Setiawan
Npm : 2207210181
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis sifat-sifat mortar dengan penambahan ampas kopi sebagai substitusi sebagian semen
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



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : M Randi Indra Setiawan
Npm : 2207210181
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis sifat-sifat mortar dengan penambahan ampas kopi sebagai substitusi sebagian semen
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 29 Agustus 2026

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I



Sri Rizaputri ST., M.T.

Dosen Pembanding II



Rizki Etida ST., M.T

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini di ajukan oleh:

Nama : M Randi Indra Setiawan

Tempat, tanggal lahir : Rantau, 23 Mei 2003

Npm : 2207210181

Fakultas : Teknik

Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya berjudul 'Analisis sifat-sifat mortar dengan penambahan ampas kopi sebagai substitusi sebagian semen'.

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 orisinal 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



M Randi Indra Setiawan

ABSTRAK

**ANALISIS SIFAT-SIFAT MORTAR DENGAN
PENAMBAHAN AMPAS KOPI SEBAGAI
SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN**

M Randi Indra Setiawan
2207210181
Fetra Venny Riza, ST., M.Se.Ph.D.

Penggunaan semen sebagai bahan pengikat utama pada mortar berkontribusi terhadap tingginya emisi karbon sehingga diperlukan material alternatif yang lebih ramah lingkungan. Salah satu bahan yang berpotensi dimanfaatkan adalah limbah ampas kopi sebagai substitusi sebagian semen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan ampas kopi terhadap sifat-sifat mortar serta menentukan persentase substitusi yang menghasilkan kuat tekan optimum. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen laboratorium dengan menggunakan dua variasi faktor air semen FAS yaitu 0,35 dan 0,40. Variasi substitusi ampas kopi yang digunakan sebesar 3%, 5%, 7%, dan 9% dari berat semen, dengan benda uji berupa kubus berukuran $5 \times 5 \times 5$ cm sebanyak 60 sampel yang direndam selama 28 hari. Pengujian yang dilakukan meliputi berat jenis mortar, penyerapan (absorpsi), Vicat, efflorescence, dan kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ampas kopi memengaruhi sifat-sifat mortar, dimana berat jenis mortar cenderung menurun, serta penyerapan meningkat akibat tingginya daya serap air ampas kopi. Selain itu, waktu ikat mortar menjadi lebih lama seiring bertambahnya persentase ampas kopi, yaitu dari sekitar 90–105 menit pada mortar normal menjadi 210–225 menit pada substitusi 9%, sedangkan seluruh benda uji tidak menunjukkan gejala efflorescence. Nilai kuat tekan optimum didapat pada variasi substitusi AK 3%, yaitu sebesar 18,84 MPa meningkat 14,3% pada FAS 0,35 dan 15,89 Mpa meningkat 7,9% pada FAS 0,40, sedangkan kuat tekan terendah terjadi pada variasi 9%, yaitu sebesar 11,18 Mpa turun 32,1% pada FAS 0,35 dan 10,01 MPa turun 31,9% pada FAS 0,40. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa substitusi ampas kopi sebesar 3% merupakan variasi optimum yang memberikan sifat mortar terbaik, dengan FAS 0,35 menghasilkan kinerja yang lebih baik dibandingkan FAS 0,40. Pengujian ini menyarankan penggunaan variasi yang lebih kecil yaitu 1% sampai 2% dan umur curing yang lebih beragam.

Kata kunci: mortar, ampas kopi, substitusi semen, kuat tekan, faktor air semen.

ABSTRACT
ANALYSIS OF MORTAR PROPERTIES WITH THE
ADDITION OF COFFEE GROUNDS AS A
PARTIAL CEMENT SUBSTITUTE

M Randi Indra Setiawan
2207210181
Fetra Venny Riza, ST., M.Se.Ph.D.

The use of cement as the primary binder in mortar contributes significantly to high carbon emissions, necessitating more environmentally friendly alternative materials. One potential material to utilize is spent coffee ground (SCG) waste as a partial cement replacement. This study aims to analyze the effect of spent coffee ground (SCG) addition on mortar properties and determine the replacement percentage that yields the optimum compressive strength. An experimental laboratory method was employed using two water-cement ratio FAS variations, namely 0.35 and 0.40. The spent coffee ground (SCG) substitution percentages were set at 3%, 5%, 7%, and 9% by weight of cement, utilizing a total of 60 5cm x 5cm x 5cm cube specimens cured for 28 days. The testing parameters included density, water absorption, Vicat setting time, efflorescence, and compressive strength. The results indicated that the addition of spent coffee ground (SCG) influenced the mortar properties, where the density tended to decrease and water absorption increased due to the high water-absorptive nature of spent coffee ground (SCG). Furthermore, the setting time was prolonged as the spent coffee ground (SCG) percentage increased, extending from approximately 90–105 minutes in normal mortar to 210–225 minutes at 9% substitution, while no specimens exhibited efflorescence. The optimum compressive strength was obtained at a 3% spent coffee ground (SCG) substitution, reaching 20.6 MPa (a 14.3% increase) for FAS 0.35 and 16.48 MPa (a 7.9% increase) for FAS 0.40. Conversely, the lowest compressive strength occurred at 9% substitution, dropping to 11.18 MPa (a 32.1% decrease) for FAS 0.35 and 8.83 MPa (a 40% decrease) for FAS 0.40. In conclusion, a 3% spent coffee ground (SCG) replacement represents the optimum variation providing the best mortar performance, with w/c 0.35 performing better than FAS 0.40. Future research is recommended to examine smaller variation increments 1% to 4% and a broader range of curing ages.

Keywords: mortar, coffee grounds, cement substitution, compressive strength, water-cement ratio

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum wr.wb

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia serta nikmat yang tiada terkira sehingga. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “ Analisis sifat-sifat mortar dengan penambahan ampas kopi sebagai substitusi sebagian semen ” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini.

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

1. Ibu Fetra Venny Riza, ST., M.Se.Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Sri Prafanti, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I yang telah banyak membantu dan memberikan saran demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T selaku Dosen Penguji II yang telah banyak membantu dan memberikan saran serta masukan demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknisipilan kepada penulis.

6. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Terimakasih yang teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Wartono dan Ibunda tersayang Yusmaniar yang telah bersusah payah mendidik dan membiayai penulis serta kedua saudara saya Riau Indra Kurniawan & Robbi Indra Maulana yang telah bersusah payah mendidik dan menjadi penyemangat penulis yang senantiasa mendoakan penulis agar dapat menyelesaikan studinya.
8. Terimakasih juga kepada Irfan Fauzan, Haikal Adrian, Kairul Fahmi dan Bona Walfais yang telah memberikan perhatian, dukungan dan kontribusi dalam membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
9. Sahabat-sahabat penulis yaitu keluarga D1 Pagi dan anak stambuk 2022 lainnya Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan juga seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

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

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

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 29 Agustus 2026



M Randi Indra Setiawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
LAMPIRAN	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.	1
1.2. Rumusan Masalah.	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian.	3
1.6. Sistematika Penelitian.	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Terdahulu.	4
2.2. Mortar.	5
2.2.1. Jenis-jenis Mortar.	6
2.3. Ampas Kopi.	7
2.4. Semen.	8
2.4.1. Bahan Alternatif Substitusi Semen.	9
2.5. Faktor Air Semen (FAS).	9
2.6. Sifat-sifat Mortar	10
BAB 3 METODE PENELITIAN	12
3.1. Diagram Alir.	12
3.2. Metode Penelitian.	13
3.3. Sumber-Sumber Data Dalam Penelitian.	14

3.4. Tempat dan Waktu Penelitian.	14
3.5. Alat dan Bahan.	15
3.5.1. Alat.	15
3.5.2. Bahan.	24
3.6. Pemeriksaan Bahan.	26
3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus.	26
3.6.2 Berat Isi Agregat Halus.	28
3.6.3 Kadar Lumpur Agregat Halus.	29
3.6.4 Kadar Air Agregat Halus.	30
3.6.5 Analisa Saringan Agregat Halus	31
3.6.6 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Ampas Kopi.	32
3.6.7 Analisa Saringan Ampas Kopi	34
3.7. Pembuatan Sampel.	34
3.7.1. Mix Design.	34
3.7.2. Perawatan Mortar.	38
3.8. Pelaksanaan Pengujian Benda Uji.	38
3.8.1. Pengujian Vicat.	38
3.8.2. (Efflorescence).	39
3.8.3. Pengujian Kuat Tekan.	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1. Pemeriksaan Agregat Halus Agregat Halus (Pasir)	42
4.1.1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)	42
4.1.2. Berat Isi Agregat Halus (Pasir).	42
4.1.3. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus (Pasir)	43
4.1.4. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir).	44
4.1.5. Analisa Saringan Agregat halus (Pasir).	44
4.2. Pemeriksaan Ampas Kopi	45
4.2.1. Berat Jenis dan Penyerapan Ampas Kopi	45
4.3. Hasil dan Analisa Pengujian Mortar	46
4.3.1. Berat Jenis Mortar	46
4.3.2. Penyerapan Mortar.	48
4.3.3. Pengujian Vicat.	49

4.3.4. Efflorescence.	51
4.3.5. Kuat Tekan Mortar.	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Kesimpulan.	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Senyawa pada ampas kopi	8
Tabel 3.1 Jadwal penelitian	15
Tabel 3.2 Mix design	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram alir	12
Gambar 3.2 Satu set saringan agregat halus.	16
Gambar 3.3 Oven	16
Gambar 3.4 Ember	17
Gambar 3.5 Timbangan Digital	17
Gambar 3.6 Plastik	18
Gambar 3.7 Kuas	18
Gambar 3.8 Sekop tangan.	19
Gambar 3.9 Pan	19
Gambar 3.10 Piknometer.	20
Gambar 3.11 Kaki tiga dan kawat kasa.	20
Gambar 3.12 Spirtus	21
Gambar 3.13 Masker.	21
Gambar 3.14 Gelas ukur.	22
Gambar 3.15 Cetakan mortar.	22
Gambar 3.16 Bak perendam.	23
Gambar 3.17 Sarung tangan.	23
Gambar 3.18 Mesin pengaduk.	24
Gambar 3.19 Mesin uji kuat tekan.	24
Gambar 3.20 Semen PCC.	25
Gambar 3.21 Agregat halus	25
Gambar 3.22 Air bersih.	26
Gambar 3.23 Ampas kopi	26
Gambar 3.24 Dimensi Cetakan Mortar	36
Gambar 3.25 Alat vicat	39
Gambar 3.26 Mesin uji kuat tekan	41
Gambar 4.1 Berat jenis dan penyerapan Agregat Halus (pasir)	42
Gambar 4.2 Berat isi agregat halus	43
Gambar 4.3 Kadar air agregat halus	43
Gambar 4.4 Kadar lumpur agregat halus	44

Gambar 4.5 Analisa Saringan	45
Gambar 4.6 Berat jenis dan penyerapan ampas kopi	46
Gambar 4.7 Berat jenis mortar FAS 0.35	47
Gambar 4.8 Berat jenis mortar FAS 0.40	47
Gambar 4.9 Penyerapan Mortar FAS 0,35	48
Gambar 4.10 Penyerapan Mortar FAS 0,40	49
Gambar 4.11 Pengujian vicat FAS 0,35	50
Gambar 4.12 Pengujian Vicat FAS 0,40	51
Gambar 4.13 Hasil Pengujian Efflorence	52
Gambar 4.14 Kuat Tekan FAS 0,35	52
Gambar 4.15 kuat tekan FAS 0,40	53

LAMPIRAN

A. Hasil Perhitungan dan Pengujian

B. Dokumentasi

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

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

Ampas kopi merupakan limbah paling melimpah yang dihasilkan selama proses pembuatan minuman kopi, dengan jumlah mencapai sekitar 60 juta ton per tahun di seluruh dunia, Selain itu lebih dari 2 juta ton limbah di hasilkan setiap tahun dari produksi minuman setelah proses penyeduhan kopi, produksi limbah pangan yang berlebihan telah menjadi isu global yang menekankan pentingnya pemanfaatan limbah melalui proses yang tepat untuk menghasilkan nilai tambah (Luna et al., 2025). Jumlah limbah ampas kopi yang sangat besar tersebut menunjukkan adanya permasalahan lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik, sehingga diperlukan upaya pemanfaatan limbah yang berkelanjutan.

Salah satu alternatif pemanfaatan yang berpotensi dikembangkan adalah penggunaan ampas kopi sebagai bahan substitusi sebagian semen dalam campuran mortar, mengingat karakteristik dan kandungan yang dimilikinya berpotensi mendukung kinerja mortar sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan semen, limbah ampas kopi mengandung kalium dan kalsium seperti yang diketahui unsur-unsur tersebut merupakan unsur penyusun semen, sehingga memungkinkannya adanya kaitan reaksi aktif antara ampas kopi pada campuran mortar (Hartini, 2021).

Penggunaan ampas kopi sebagai bahan tambahan dalam mortar diharapkan dapat meningkatkan kualitas mekanik mortar serta memberikan nilai tambahan dari

sisi lingkungan dan dapat memberikan informasi yang jelas tentang pengaruh yang terjadi pada kekuatan tekan mortar untuk penggunaan pada konstruksi.

1.2. Rumusan Masalah.

Adapun masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan ampas kopi sebagai substitusi semen terhadap sifat-sifat mortar?
2. Berapa persentase penambahan ampas kopi yang menghasilkan kuat tekan optimum pada mortar?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

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

1. Metode untuk perencanaan campuran mortar menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03 6882, 2002). Tentang Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan (ASTM C109)
2. Melakukan pengujian Vicat dan *Efflorescence* dengan menggunakan ampas kopi sebagai pengganti sebagian semen.
3. Melakukan pengujian kuat tekan mortar dengan menggunakan dengan variasi campuran ampas kopi 3%, 5%, 7%, 9 % sebagai bahan pengganti sebagian semen.
4. Ampas kopi yang di gunakan berasal dari kedai kopi di medan dan ampas kopi yang di gunakan hanya yang tertahan di saringan No. 200.
5. Penelitian ini tidak melakukan analisis atau pengujian kandungan gula pada ampas kopi sebagai bahan substitusi sebagian semen

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan ampas kopi sebagai substitusi semen terhadap sifat-sifat mortar pada berbagai variasi campuran.

2. Menentukan persentase ampas kopi yang memberikan hasil kuat tekan terbaik atau paling optimum.

1.5. Manfaat Penelitian.

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

1. Penggunaan mortar dengan campuran ampas kopi sebagai pengganti semen dapat mengurangi limbah biomassa seperti ampas kopi.
2. Dengan mempelajari pengaruh sifat-sifat mortar, penelitian ini berpotensi menghasilkan material dengan kekuatan struktural yang baik, yang dapat meningkatkan daya tahan dinding partisi terhadap beban.

1.6. Sistematika Penelitian.

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

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3 METODE PENELITIAN

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

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu.

Untuk membantu penulis membuat penelitian secara keseluruhan, penulis ingin menyampaikan beberapa penelitian sebelumnya sebagai referensi. Penulis juga ingin menjelaskan dengan jelas perbedaan penelitian yang akan penulis lakukan.

Penelitian yang dilakukan oleh Suwamuda dan Firdaus (2023) berjudul “Pengaruh Suhu Pemanasan Ampas Kopi sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen terhadap Nilai Kuat Tekan Mortar”. Penelitian ini menggunakan variasi substitusi ampas kopi sebesar 10%, 15%, dan 20% dengan benda uji berbentuk kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm yang diuji pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai suhu optimum ampas kopi diperoleh pada suhu 400°C dan komposisi optimal substitusi ampas kopi untuk campuran mortar diperoleh pada variasi 10% dengan nilai kuat tekan sebesar 12,00 MPa, sedangkan penambahan substitusi yang lebih tinggi menyebabkan penurunan kuat tekan mortar.

Penelitian yang dilakukan oleh Baskara, Nurdiana, dan Setiabudi (2022) berjudul “Penggantian Parsial Semen dari Ampas Kopi dan Agregat Kasar dari Limbah Plastik PET pada Campuran Beton” menggunakan metode penelitian eksperimen di laboratorium dengan perencanaan campuran berdasarkan SNI 7394:2008. Penelitian ini meliputi persiapan bahan berupa semen, agregat halus, agregat kasar, ampas kopi yang dioven, dan limbah plastik PET yang dicacah, pembuatan komposisi campuran beton dengan variasi ampas kopi sebesar 0%, 3%, 5%, dan 10% serta limbah plastik PET sebesar 0%, 0,3%, dan 0,6%, serta pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari yang dikonversi ke umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan maksimum diperoleh pada variasi ampas kopi 3% dan plastik PET 0,3% dengan nilai kuat tekan mencapai 22,10 MPa, lebih tinggi

dibanding beton normal sebesar 21,76 MPa. Kuat tekan mengalami penurunan seiring peningkatan persentase ampas kopi dan limbah plastik PET.

Penelitian yang dilakukan oleh Yee et al. (2024) berjudul “Physical and Mechanical Properties of Spent Coffee Grounds (SCG) in Concrete” menggunakan metode eksperimental dengan mengkaji Spent Coffee Grounds (SCG) sebagai bahan tambahan dalam semen. SCG dikumpulkan dari kedai kopi tradisional Malaysia dan melalui proses pengeringan, pengisaran dan penyaringan untuk mendapatkan serbuk SCG yang halus, kemudian dianalisis sifat fisik dan kimia melalui SEM dan XRF sebelum diaplikasikan dalam mortar semen. Variasi penambahan SCG adalah 1%, 3%, 5%, 7%, dan 10% dengan perendaman selama 7, 14, 28, 35, 42, dan 70 hari serta diuji kuat tekan dan kuat lentur. Hasil kajian menunjukkan bahawa bahan tambahan SCG 1% memberikan hasil terbaik. bagi kedua-dua kekuatan mampatan dan kekuatan lenturan berbanding campuran kawalan, Sedangkan pada persentase yang lebih tinggi terjadi penurunan kekuatan, sehingga disimpulkan bahwa SCG dapat digunakan sebagai bahan tambahan mortar semen pada kadar optimum 1%.

2.2. Mortar.

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

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

perataan dasar lantai sampai pada pekerjaan pasangan keramik lantai (Ali & Walujodjati, 2022).

Sifat-sifat mortar, seperti kuat tekan, porositas, penyerapan air, dan berat jenis, menjadi parameter utama yang sering digunakan untuk mengevaluasi performa mortar dalam berbagai penelitian. Variasi material dan rasio campuran dapat menyebabkan perbedaan signifikan terhadap sifat tersebut, sehingga pengujian laboratorium diperlukan untuk memastikan mortar memenuhi standar teknis yang berlaku. Selain itu, faktor perawatan atau curing juga berpengaruh terhadap perkembangan kekuatan dan stabilitas mortar.

2.2.1. Jenis – jenis Mortar.

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

1. Mortar tipe M.

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

2. Mortar tipe N

Mortar tipe N adalah campuran dengan kekuatan tekan yang sedang. Kekuatan tekan terendahnya sebesar 124 kg/cm².

3. Mortar tipe S

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

4. Mortar tipe O

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

5. Mortar tipe K

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

Penggunaan mortar untuk plesteran membantu menciptakan permukaan yang lebih halus dan siap untuk finishing. Selain itu mortar juga sebagai plesteran saat akan memasang keramik.

2.3. Ampas Kopi.

Ampas kopi merupakan limbah industri pangan yang mempunyai potensi dan dapat dimanfaatkan, salah satunya sebagai campuran mortar. Penggunaan ampas kopi sebagai bahan substitusi terhadap semen, pada campuran mortar sangat berpengaruh terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan. Karena, bentuk fisik dari ampas kopi yang dihasilkan berupa material halus yang tersaring pada ayakan No. 200, yang dapat mengisi pori-pori pada pembentukan beton.

Penggunaan ampas kopi sebagai material pengganti sebagian semen dalam campuran beton sangat bergantung pada karakteristik fisik ampas kopi, yang berupa partikel halus dan mampu mengisi pori-pori dalam struktur beton. Informasi lain mengenai ampas kopi mengandung unsur kalium dan kalsium, yang juga ditemukan dalam komposisi semen, sehingga memungkinkan terjadinya reaksi aktif dalam campuran beton. Namun, karena ampas kopi tidak mengandung silika, yaitu komponen penting dalam proses pengikatan beton, penggunaannya tidak dapat sepenuhnya menggantikan semen. Sebaliknya, ampas kopi hanya dapat berperan sebagai bahan tambahan yang mendukung sifat pengikatan semen. Ampas kopi salah satu limbah dari industri pangan yang hingga saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal dan memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengganti parsial semen dalam campuran beton (Pribadi & Widiastuti, 2021).

Berikut beberapa kandungan yang terdapat dalam kopi yang tidak hanya baik bagi tubuh tetapi juga bisa di manfaatkan di bidang infrastruktur, dimana beberapa senyawa tersebut sama dengan senyawa yang terdapat pada semen.

Tabel 2. 1: Kandungan Senyawa pada ampas kopi

Jenis Mineral	Kadar %
K (Kalium)	1,916
Mg (Magnesium)	0,2347
P (Fospor)	0,211
Na (Natrium)	0,1467
S (Sulfur)	0,1431
Ca (Kalsium)	0,0934
Mn (Mangan)	0,0029
Fe (Besi)	0,0021
Al (Aluminium)	0,0013
Cu (Tembaga)	0,00125
Zn (Seng)	0,000787

2.4. Semen.

Semen adalah bahan pengikat yang digunakan dalam konstruksi dan teknik sipil untuk mengikat material lain, seperti agregat, dalam pembuatan beton dan mortar. Semen berfungsi sebagai pengikat yang mengikat partikel-partikel agregat menjadi satu kesatuan yang kuat dan tahan lama setelah proses hidrasi (Shinta et al., 2023).

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

2.4.1. Bahan Alternatif Substitusi Semen.

Abu sekam padi merupakan limbah pertanian yang kaya akan silika dan berpotensi sebagai bahan substitusi sebagian semen dalam mortar untuk mendukung konstruksi berkelanjutan. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh variasi kadar abu sekam padi terhadap kuat tekan dan porositas mortar. Hasil menunjukkan bahwa substitusi abu sekam padi menghasilkan kuat tekan tinggi dan nilai porositas yang masih dalam batas aman. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi dapat meningkatkan efisiensi material tanpa mengorbankan performa mekanik mortar serta memberikan kontribusi terhadap pengembangan material konstruksi ramah lingkungan melalui pemanfaatan limbah pertanian secara optimal (Basman et al., 2025).

Penggunaan material tidak terpakai merupakan salah satu upaya untuk memanfaatkan daya limbah sekaligus untuk mengurangi bahan utama material penyusun beton yang berasal dari alam. Tujuan penelitian untuk mengetahui berapa kuat tekan beton yang dihasilkan dengan menggunakan fly ash sebagai substitusi semen. Dilihat dari sifatnya fly ash bisa digunakan sebagai substitusi semen dan penggunaan fly ash juga dapat mengurangi kapur bebas yang merupakan hasil dari proses hidrasi semen dengan air (Muharram & Walujodjati, 2022).

Abu ampas tebu merupakan limbah hasil pembakaran ampas tebu yang memiliki kandungan silika cukup tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam campuran beton. Pemanfaatan abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen diharapkan dapat mengurangi penggunaan semen sekaligus memanfaatkan limbah industri gula yang jumlahnya cukup melimpah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan substitusi sebagian semen terhadap kuat tekan beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan abu ampas tebu sebagai substitusi sebagian semen memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tekan beton yang dihasilkan (Rambe et al., 2025).

2.5. Faktor Air Semen (FAS).

Faktor Air Semen (FAS) adalah rasio antara jumlah air yang digunakan dalam campuran beton dengan jumlah semen. FAS mempengaruhi kekuatan, durabilitas,

dan permeabilitas beton. Semakin rendah FAS, semakin tinggi kekuatan tekan yang dihasilkan, tetapi dapat mengurangi workability (kemudahan dalam pengolahan) campuran tersebut. Penelitian dan pengujian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan penggunaan FAS dalam mortar dan memastikan hasil yang diinginkan (Prasetyo dkk., 2024).

Semakin kecil nilai FAS, maka beton akan memiliki kuat tekan yang lebih tinggi karena struktur beton menjadi lebih padat dan pori-pori lebih sedikit. Namun, jika FAS terlalu rendah, campuran beton menjadi sulit dikerjakan (workability rendah). Sebaliknya, semakin besar nilai FAS akan meningkatkan kemudahan pengerjaan, tetapi menurunkan kuat tekan dan durabilitas beton karena terbentuk lebih banyak pori-pori. Oleh karena itu, diperlukan nilai FAS yang optimum agar diperoleh keseimbangan antara kekuatan, kemudahan pengerjaan, dan keawetan beton.

2.6. Sifat-sifat Mortar

Sifat fisik mortar merupakan karakteristik yang menggambarkan kondisi material tanpa adanya pembebanan mekanis. Sifat fisik tersebut meliputi berat isi, porositas, daya serap air (absorpsi), waktu ikat, kadar air, dan tampilan permukaan seperti terjadinya efflorescence. Sifat-sifat tersebut sangat dipengaruhi oleh komposisi campuran, faktor air-semen (FAS), jenis agregat halus, serta penggunaan bahan tambah atau bahan substitusi semen. Oleh karena itu, pengujian sifat fisik dilakukan untuk mengevaluasi kualitas mortar sebelum digunakan sebagai bahan konstruksi serta untuk mengetahui pengaruh variasi material penyusunnya terhadap karakteristik mortar.

Sifat mekanik mortar merupakan kemampuan mortar dalam menahan gaya atau beban yang bekerja tanpa mengalami kerusakan. Sifat mekanik yang paling umum digunakan sebagai parameter mutu mortar adalah kuat tekan, karena nilai kuat tekan menunjukkan kemampuan mortar dalam menerima beban tekan hingga terjadi keruntuhan. Selain kuat tekan, sifat mekanik mortar juga dapat meliputi kuat tarik, kuat lentur, dan modulus elastisitas, meskipun pengujian tersebut tidak selalu dilakukan pada penelitian mortar. Nilai sifat mekanik dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kualitas semen, gradasi agregat, faktor air-semen, proses

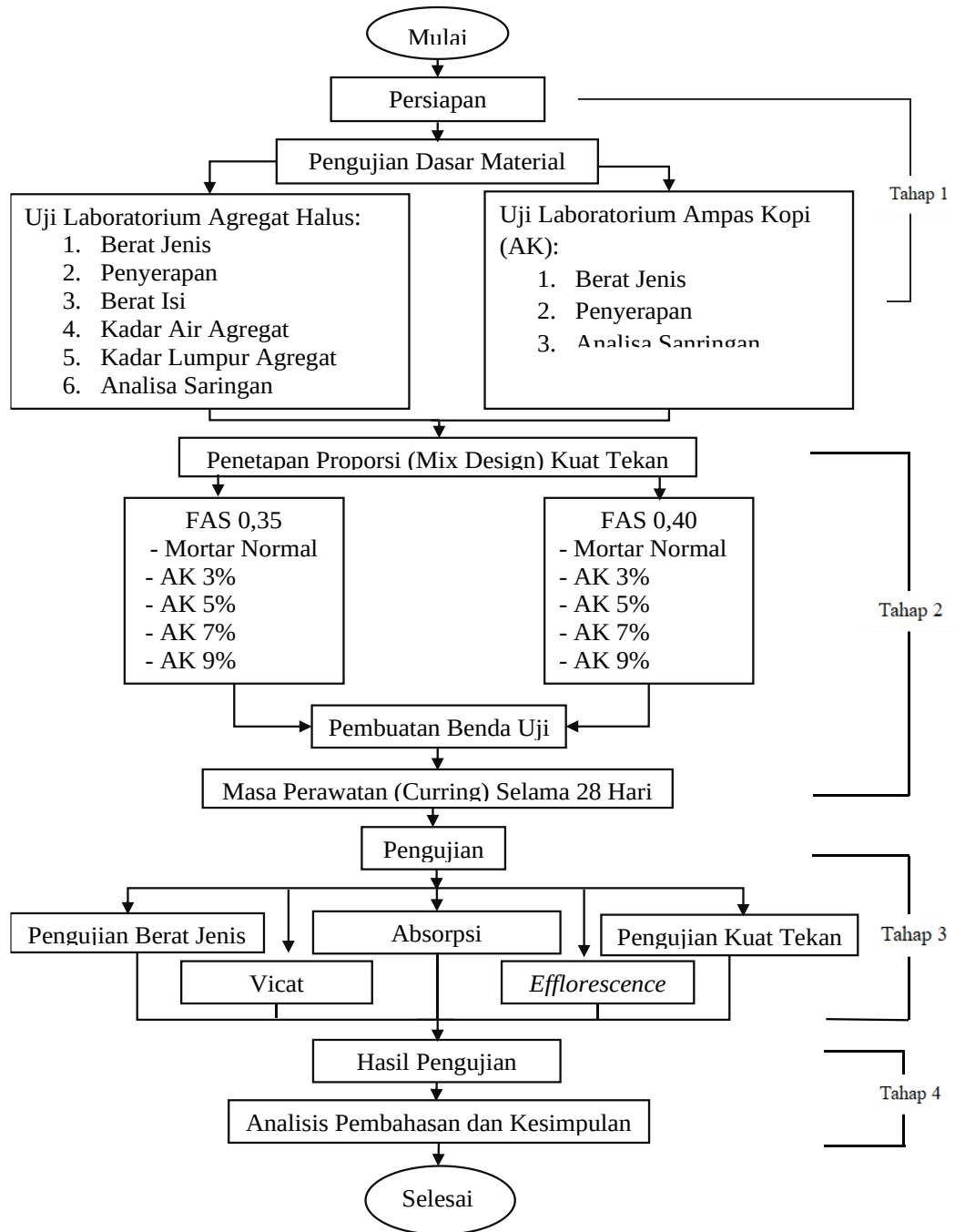
pencampuran, pemadatan, serta metode perawatan (curing). Semakin padat mikrostruktur mortar dan semakin baik proses hidrasi semen, maka kemampuan mortar dalam menahan beban umumnya akan semakin tinggi.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir.

Langkah-langkah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:



Gambar 3.1: Diagram alir

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

1. Tahap I:

Tahap awal ini, dilakukan persiapan bahan berupa agregat halus, semen, air, dan ampas kopi. Selain itu, pengujian dasar juga dilakukan pada sampel agregat halus dan ampas kopi, meliputi pengukuran berat jenis, penyerapan, berat isi, kadar air, analisa saringan dan kadar lumpur.

2. Tahap II:

Fase ini meliputi perencanaan pembuatan benda uji. Perhitungan proporsi campuran menggunakan acuan dari Metode Standar Nasional Indonesia (SNI). dan melakukan perendaman selama 28 hari pada benda uji.

3. Tahap III:

Melakukan pengujian kekuatan tekan mortar dilakukan pada berbagai variasi campuran.

4. Tahap IV:

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

3.2. Metode Penelitian.

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan mortar dengan memanfaatkan ampas kopi sebagai bahan pengganti semen adalah metode eksperimental laboratorium. Metode ini dilakukan dengan membuat sampel benda uji berupa mortar dengan menggunakan 2 jenis FAS sebesar 0,35 dan 0,40. Kemudian selanjutnya untuk penggantian sebagian semen dengan ampas kopi dilakukan dengan variasi 3%, 5%, 7%, 9 %.

3.3. Sumber-Sumber Data Dalam Penelitian.

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

1. Data primer

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

2. Data Sekunder

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

3.4. Tempat dan Waktu Penelitian.

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

Tabel 3.1: Jadwal penelitian

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

3.5. Alat dan Bahan.

3.5.1. Alat.

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

1. Satu set saringan untuk agregat halus.

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



Gambar 3.2: Satu set saringan agregat halus.

2. Oven

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



Gambar 3.3: Oven

3. Ember.

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



Gambar 3.4: Ember

4. Timbangan digital.

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



Gambar 3.5: Timbangan Digital

5. Plastik ukuran 5 kg.

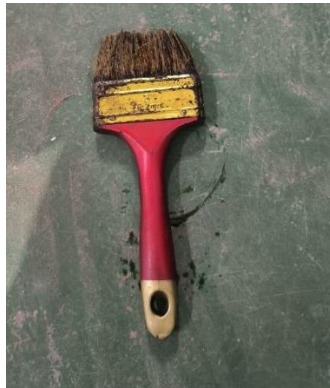
Plastik berkapasitas 10 kg digunakan untuk menampung dan mengemas bahan penelitian seperti pasir, semen, ampas kopi, dan serat polypropylene. Plastik terbuat dari bahan polietilena yang tahan air dan kelembapan, dengan kapasitas ± 10 kg material. Penggunaan plastik ini bertujuan menjaga bahan tetap bersih,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



Gambar 3.6: Plastik

6. Kuas.

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



Gambar 3.7: Kuas

7. Sekop tangan.

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



Gambar 3.8: Sekop tangan.

8. Pan.

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



Gambar 3.9: Pan

9. Piknometer.

Piknometer digunakan untuk menentukan berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus. Alat ini berbentuk botol logam dengan kapasitas 500 ml, dilengkapi tutup berlubang untuk mengeluarkan kelebihan air. Pengujian ini dengan suhu air $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.10: Piknometer.

10. Kawat kasa dan kaki tiga.

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



Gambar 3.11: Kaki tiga dan kawat kasa.

11. Spirtus.

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



Gambar 3.12: Spirtus

12. Masker.

Digunakan untuk melindungi mulut atau muka dari debu dan kotoran.



Gambar 3.13: Masker.

13. Gelas Ukur.

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



Gambar 3.14: Gelas ukur.

14. Cetakan benda uji.

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



Gambar 3.15: Cetakan mortar.

15. Bak perendam.

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



Gambar 3.16: Bak perendam.

16. Sarung tangan.

Digunakan untuk melindungi tangan pada saat pelaksanaan penelitian



Gambar 3.17: Sarung tangan.

17. Mesin pengaduk (bor).

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



Gambar 3.18: Mesin pengaduk.

18. Mesin pengujian kuat tekan.

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



Gambar 3.19: Mesin uji kuat tekan.

3.5.2. Bahan.

Komponen bahan pembentuk mortar yang digunakan yaitu:

1. Semen

Jenis semen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang PCC (Portland Composit Cement) yang memenuhi standar SNI 7064:2022. Semen portland merupakan jenis semen hidrolis yang diproduksi melalui proses penghalusan klinker yang sebagian besar mengandung silikat kalsium dengan sifat hidrolis, ditambah dengan gips sebagai material tambahan.

Sejak 1940

SEMEN PORTLAND KOMPOSIT
PCC

50 kg

SNI 7064 : 2014
EN 197-1:2011
LEI 15 : 2011

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

Gambar 3.20: Semen PCC.

2. Agregat halus

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



Gambar 3.21: Agregat halus

3. Air

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



Gambar 3.22: Air bersih.

4. Ampas kopi

Ampas kopi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari coffeshop di sekitaran medan dan toko online



Gambar 3.23: Ampas kopi

3.6. Pemeriksaan Bahan.

3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus.

Menurut(SNI 1970 : 2008), agregat halus merupakan agregat ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm (No. 4). Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C128) serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Langkah-langkah pengerjaannya berat jenis dan penyerapan agregat halus:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Menyiapkan pasir yang lolos saringan

3. Mengeringkan agregat halus yang jenuh air sampai kondisi kering dengan kondisi contoh tercurah dengan baik (SSD).
4. Memasukkan contoh agregat halus kedalam cetakan kerucut pasir.
5. lalu memadatkan dengan tongkat pemadat dengan cara memukul sisi-sisi dari cetakan sebanyak 25 kali.
6. Kemudian mengisi hingga penuh dan tusuk sebanyak 25 kali, lalu mengisi sehingga penuh lagi dan diratakan dengan mistar.
7. Mengangkat cetakan kerucut pasir secara perlahan. Bila agregat runtuh maka didapatkan agregat dalam kondisi SSD.
8. Menimbang contoh agregat sebanyak 500gram.
9. Menimbang dengan keadaan piknometer terisi air.
10. Membuang air yang ada di dalam piknometer.
11. Memasukkan agregat halus kedalam piknometer dengan menggunakan corong dan mengisinya dengan air sehingga penuh, kemudian menimbang dan mencatat.
12. Memanaskan piknometer yang telah berisi air serta agregat halus tersebut selama ± 15 menit.
13. Mengangkat dan menggoyangkan piknometer tersebut, setiap 5 menit sekali untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkat.
14. Meendam piknometer kedalam ember berisi air selama ± 24 jam.
15. Setelah ± 24 jam, mengeluarkan agregat halus dari piknometer dan menurunkan kedalam wadah sehingga tidak ada lagi agregat halus yang tertinggal pada piknometer.
16. Memasukkan wadah yang berisi agregat halus ke dalam oven dan mengeringkan kedalam oven selama ± 24 jam.
17. Mengeluarkan wadah di dalam oven lalu menimbang dan mencatatnya.

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

- a. Berat jenis contoh kering

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

- b. Berat jenis contoh SSD

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

c. Berat jenis contoh semu

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

d. Penyerapan

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

Keterangan :

B = Berat contoh SSD.

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

D = Berat piknometer jenuh air.

C = Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air.

3.6.2 Berat Isi Agregat Halus.

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

Langkah-langkah pengerjaan berat isi agregat halus:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Agregat dalam kondisi kering oven.
3. Meletakkan agregat halus kedalam pan.
4. Menimbang wadah baja.
5. Mengukur dimensi wadah untuk mengetahui volume wadah kemudian mencatatnya.
6. Menurut ASTM (29/C29M-97 (2003) dan (SNI 03-4804, 1998) ada 3 metode, yaitu:
 - a. Cara lepas
 1. Memasukan contoh bahan kedalam wadah besi hingga penuh menggunakan sekop tangan (dengan cara jatuh bebas dari ketinggian 5 cm diatas wadah).
 2. Setelah penuh kemudian meratakan permukaan wadah dengan mistar perata.

3. Kemudian 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.

3.6.3 Kadar Lumpur Agregat Halus.

Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus bertujuan untuk menentukan persentase lumpur yang terdapat dalam agregat. Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C117, 2004) serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar lumpur agregat halus.

1. Peralatan
 - a. Saringan no.
 - b. Timbangan digital
 - c. Oven
 - d. Kain lap
 - e. Ember
 - f. Wadah
 - g. Sekop tangan
 - h. Pan

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

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$C = A - B \quad (3.5)$$

$$D = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3.6)$$

Keterangan :

A = Berat contoh kering.

B = Berat contoh kering setelah dicuci.

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

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

3.6.4 Kadar Air Agregat Halus.

Pemeriksaan kadar air agregat halus berfungsi mengetahui kadar air yang terkandung dalam pasir. Alat, bahan dan cara kerja sesuai (SNI 1971, 2011) serta

mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar air agregat halus.

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

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

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

Keterangan :

W1 = Pasir dalam keadaan SSD.

W2 = Pasir kering oven dan wadah.

W3 = Berat wadah.

3.6.5 Analisa Saringan Agregat Halus

Prosedur percobaan untuk metode analisis saringan gregat halus yang dilakukan menurut ASTM C136 : 2012 meliputi:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan
2. Mengambil dan menimbang agregat halus sebanyak 2500 gr

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

3.6.6 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Ampas Kopi.

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan ampas kopi berfungsi menentukan berat jenis ampas kopi dalam keadaan SSD.

1. Peralatan:
 - a) Piknometer.
 - b) Kompor spiritus.
 - c) Penyangga kaki tiga.
 - d) Oven
 - e) Ember
2. Bahan:
 - a) Ampas Kopi
 - b) Air
3. Prosedur
 - a. Mempersiapkan alat dan bahan.
 - b. Timbang piknometer dalam keadaan kosong, kemudian isi dengan air hingga penuh dan timbang kembali.
 - c. Kosongkan piknometer dari air, lalu masukkan sampel ampas kopi sebanyak 50 gram.
 - d. Isi kembali piknometer yang sudah berisi sampel dengan air hingga penuh.
 - e. Panaskan piknometer yang berisi sampel dan air selama tiga kali, masing-masing selama 5 menit. Setiap 5 menit, angkat dan balikkan piknometer untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap.

- f. Setelah tidak ada gelembung udara yang tersisa, tambahkan air ke dalam piknometer hingga mencapai batas garis, lalu timbang kembali. Biarkan piknometer hingga suhunya mencapai suhu ruangan.
- g. Rendam piknometer di dalam bak berisi air dan biarkan selama kurang lebih 24 jam.
- h. Setelah 24 jam, keluarkan piknometer dan tuangkan isinya ke dalam wadah yang telah ditimbang, pastikan tidak ada sampel ampas kopi yang tertinggal di dalam piknometer.
- i. Masukkan wadah yang berisi sampel ke dalam oven dengan suhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
- j. Setelah 24 jam, keluarkan wadah dari oven, biarkan hingga mencapai suhu ruangan, lalu timbang kembali.
- k. Hitung hasil menggunakan rumus yang telah ditentukan.

Berat jenis contoh kering

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

Berat jenis contoh SSD

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

Berat jenis contoh semu

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

Penyerapan

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

Keterangan :

B = Berat contoh SSD.

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

D = Berat piknometer jenuh air.

C = Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air.

3.6.7 Analisa Saringan Ampas Kopi

Prosedur percobaan ini untuk metode analisis saringan ampas kopi yang dilakukan dengan ketentuan:

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

3.7. Pembuatan Sampel.

3.7.1. Mix Design.

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

Pada penelitian ini ampas kopi digunakan sebagai bahan alternative menggantikan sebagian semen dengan variasi pembagian yang berbeda-beda sebesar 3%, 5%, 7%, dan 9%. Untuk nilai rasio air-semen atau dikenal dengan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,35, dan 0,40, untuk semen dan pasir digunakan rasio 1:3 dan total keseluruhan sampel sebanyak 60 sampel. Untuk lebih jelasnya jumlah sampel benda uji yang akan di buat terdapat pada tabel berikut ini.

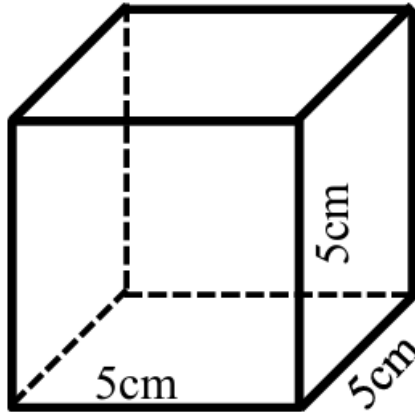
Tabel 3.2: Mix design

No	Tes	FAS	Semen	Pasir	AK	Tes	Jumlah Sampel
1	Normal	0,35	1	3	-	Cube 5x5x5	6
		0,40					6
2	Variasi	0,35	97%	3	3%	Cube 5x5x5	6
		0,40					6
		0,35	95%	3	5%	Cube 5x5x5	6
		0,40					6
		0,35	93%	3	7%	Cube 5x5x5	6
		0,40					6
		0,35	91%	3	9%	Cube 5x5x5	6
		0,40					6
Jumlah							60

Benda uji ini berbentuk kubus dengan ukuran 5x5x5 cm dan berjumlah 60 sampel. Berikut penjelasannya:

1. Mortar normal: Terdapat 6 buah benda uji dengan FAS 0.35 dan 6 buah benda uji dengan FAS 0.40 umur mortar 28 hari untuk diambil data rata-ratanya.
2. Mortar campuran ampas kopi: Terdapat variasi 3%, 5%, 7%, 9% dengan kombinasi 6 buah benda uji dengan FAS 0.35 dan 6 buah benda uji dengan FAS 0.40 umur mortar 28 hari untuk diambil data rata-ratanya.

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



Gambar 3.24: Dimensi Cetakan Mortar

Menghitung campuran mortar dengan perbandingan 1:3

Berat cetakan mortar = 5835 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

Volume jenis air = 1000 kg/m^3

Volume total = 1 m^3

- Perbandingan semen dan pasir adalah 1 semen : 3 pasir Penyebutan pasir dan semen disamakan x

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

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

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

- 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

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

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

- Jumlah air yang digunakan untuk 1 m³ (FAS 0,35)

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

- Jumlah air yang digunakan untuk 1 m³ (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 Untuk Kuat Tekan

➤ FAS 0,35 dan FAS 0,40

- Mortar normal

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

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

$$\begin{aligned}\text{Air} &= \text{jumlah air yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \text{ FAS } 0,35 \times \text{volume} \\ &\quad \text{cetakan mortar} \\ &= 109,375 \times 0,000125 \\ &= 0,01367 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- AK 3%

$$\begin{aligned}\text{AK 3\%} &= (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 3\%) \times \text{volume} \\ &\quad \text{cetakan mortar} \\ &= (312,5 \times 3\%) \times 0,000125 \\ &= 0,00117 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Semen} = \text{Berat semen mortar normal} - \text{AK 3\%}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,03906 - 0,00117 \\
 &= 0,03789 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Pasir} &= 0,13125 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Air} &= 0,01367 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

3.7.2. Perawatan Mortar.

Setelah mortar dilepaskan dari cetakannya, proses perawatan dilaksanakan dengan cara merendam spesimen dalam air hingga mencapai umur 28 hari. Saat pengujian kekuatan dilakukan, jumlah total sampel yang direncanakan untuk direndam adalah 60 buah benda uji.

3.8. Pelaksanaan Pengujian Benda Uji.

3.8.1. Pengujian Vicat.

Waktu ikat semen merupakan proses perubahan pasta semen dari kondisi plastis menjadi kaku akibat reaksi hidrasi antara semen dan air. Pengujian Vicat digunakan untuk mengetahui karakteristik pengikatan semen sehingga dapat dipastikan bahwa semen yang digunakan masih memenuhi persyaratan teknis. Standar yang digunakan (ASTM C191, 2008)

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

Alat yang digunakan dalam pengujian Vicat meliputi:

1. Alat Vicat lengkap (jarum Vicat awal dan akhir)



Gambar 3.25: Alat vicat

2. Cetakan Vicat
3. Timbangan digital
4. Stopwatch
5. Gelas ukur
6. Spatula

Langkah-langkah pengujian Vicat adalah sebagai berikut:

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

3.8.2. (*Efflorescence*).

Pengamatan efloresensi dilakukan untuk mengetahui pengaruh keberadaan garam terlarut dalam mortar yang dapat memengaruhi kualitas, ketahanan, serta penampilan permukaan mortar. Garam yang terlarut dalam air pencampur atau media perawatan (curing) dapat bermigrasi ke permukaan mortar selama proses

pengeringan dan membentuk endapan kristal berwarna putih yang dikenal sebagai efloresensi. Fenomena ini umumnya terjadi akibat reaksi antara garam terlarut dengan senyawa hasil hidrasi semen. Untuk standar yang digunakan (ASTM C1400). Pengujian ini dilakukan dengan cara:

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

3.8.3. Pengujian Kuat Tekan.

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

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



Gambar 3.26: Mesin uji kuat tekan

Kuat tekan mortar dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_m = \frac{P}{A} \quad (3.12)$$

Keterangan :

σ_m = Kuat Tekan mortar (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = luas penampang yang di bebani (mm²)

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

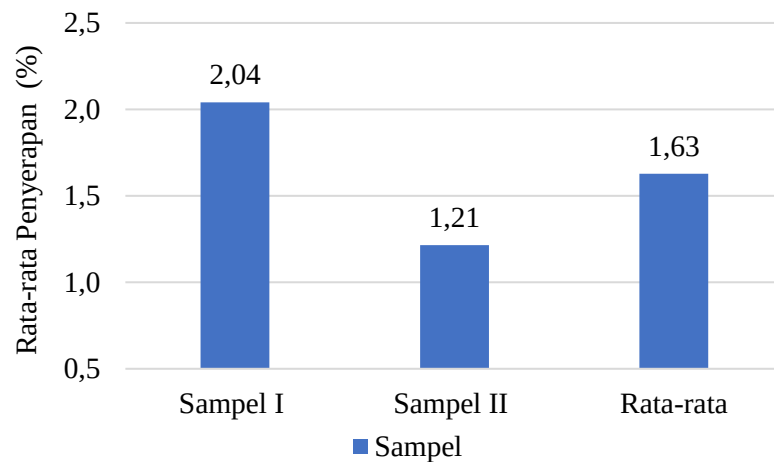
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

4.1.1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)

Bedasarkan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus menurut (SNI 1970:2016) dan ASTM C128 yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.1.

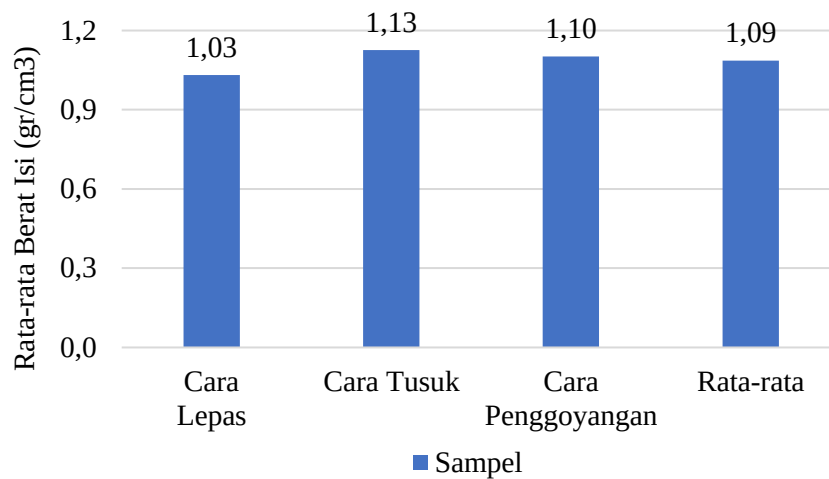


Gambar 4.1: Berat jenis dan penyerapan Agregat Halus (pasir)

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dari 2 sampel dengan berat contoh SSD kering permukaan jenuh rata-rata sebanyak 500 gr maka pada percobaan ini didapatkan nilai rata-rata berat jenis contoh kering 2,66 gr, berat jenis contoh SSD 2,70 gr, berat jenis contoh semu 2,78 gr, dan penyerapan dengan nilai rata-rata sebesar 1,63%. Rendahnya kemampuan absorpsi ini mengindikasikan bahwa agregat tidak menyerap air campuran secara berlebih sehingga proses hidrasi semen dapat berlangsung optimal.

4.1.2. Berat Isi Agregat Halus (Pasir).

Bedasarkan pemeriksaan berat isi agregat halus menurut ASTM (29/C29M-97 (2003) dan (SNI 03-4804, 1998) ada 3 metode yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.2.

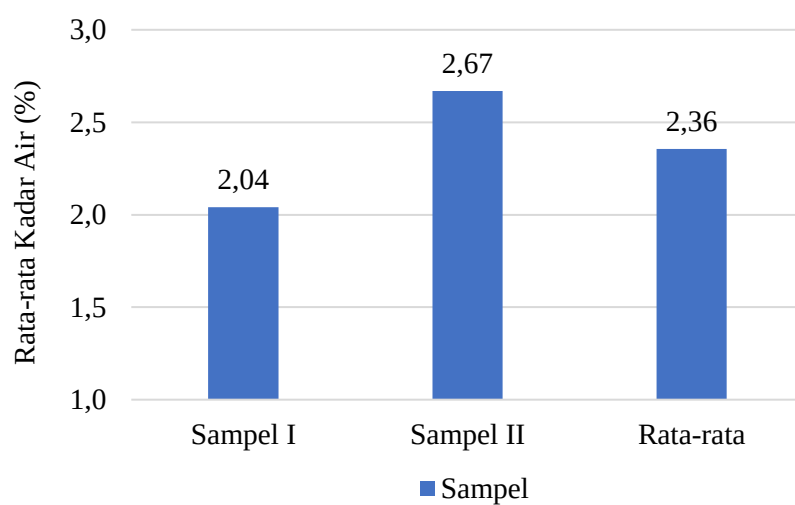


Gambar 4.2: Berat isi agregat halus

Hasil pengujian berat isi agregat halus diperoleh nilai berat isi dengan cara lepas sebesar 1,03 gr/cm³, cara tusuk sebesar 1,13 gr/cm³, dan cara penggoyangan sebesar 1,10 gr/cm³, dengan rata-rata sebesar 1,09 gr/cm³. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan tingkat kepadatan agregat yang dipengaruhi oleh metode pemadatan.

4.1.3. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus (Pasir)

Bedasarkan pemeriksaan kadar air agregat halus yang telah di lakukan dengan mengacu pada SNI 1971:2011 dapat dilihat pada Gambar 4.3.

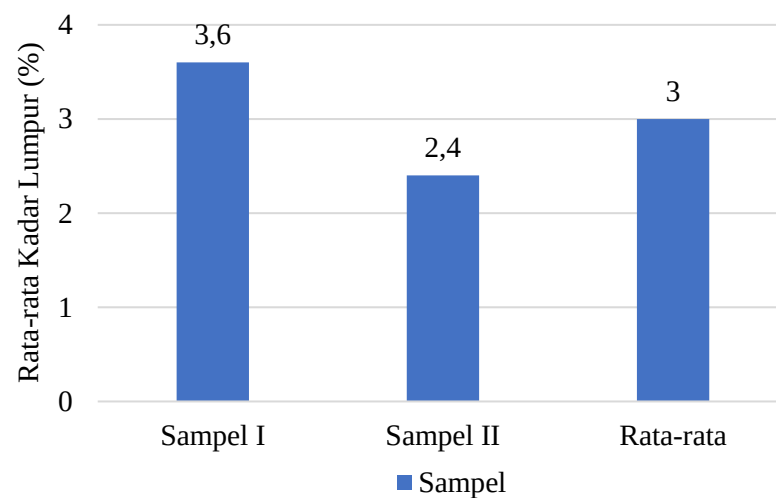


Gambar 4.3: Kadar air agregat halus

Hasil pengujian kadar air agregat halus diperoleh nilai kadar air pada Sampel I sebesar 2,04% dan Sampel II sebesar 2,67%, dengan rata-rata kadar air sebesar 2,36%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa agregat halus masih mengandung air alami yang dapat memengaruhi kondisi campuran mortar.

4.1.4. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir).

Bedasarkan pemeriksaan kadar lumpur yang telah di lakukan menurut ASTM C117 dapat dilihat pada Gambar 4.4.

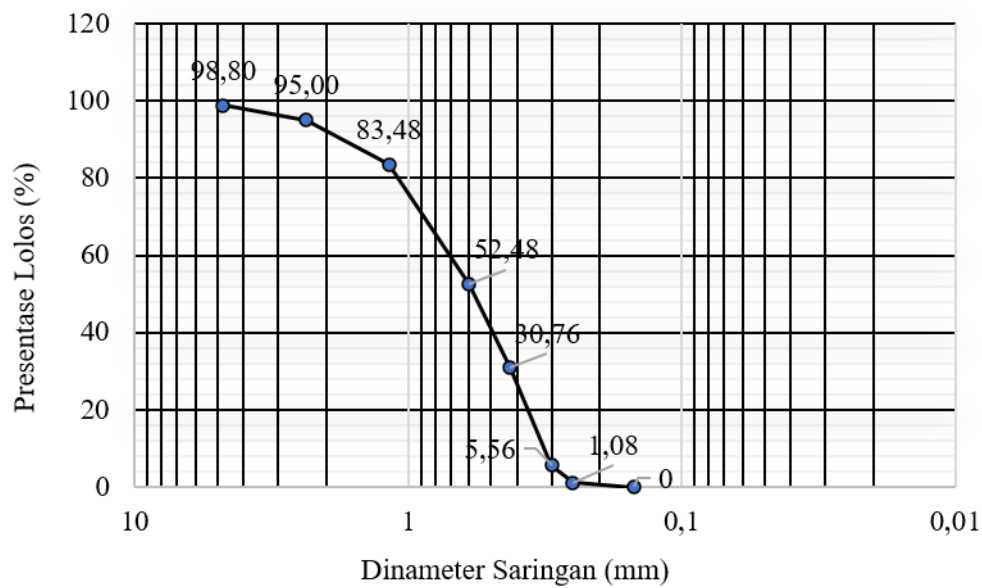


Gambar 4.4: Kadar lumpur agregat halus

Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus diperoleh nilai kadar lumpur pada Sampel I sebesar 3,6% dan Sampel II sebesar 2,4%, dengan rata-rata sebesar 3%, Nilai tersebut menunjukkan bahwa agregat halus masih memiliki kandungan material halus berupa lumpur.

4.1.5. Analisa Saringan Agregat halus (Pasir).

Bedasarkan pengujian analisa saringan yang telah di lakukan menurut ASTM C136 : 2012 dapat dilihat pada Gambar 4.5.



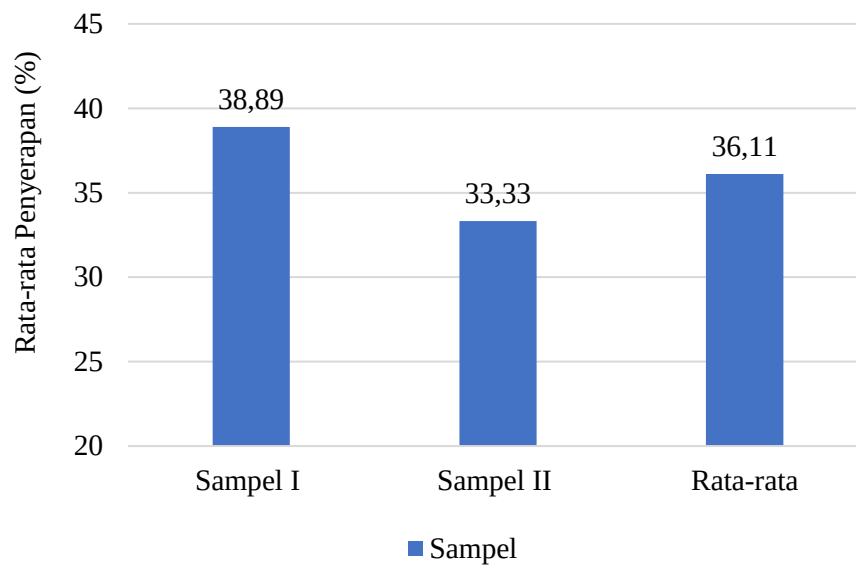
Gambar 4.5: Analisa Saringan

Hasil pengujian analisa saringan, agregat halus yang digunakan didominasi oleh butiran berukuran sedang hingga halus, dengan persentase lolos saringan No.4 (98,80%), No.8 (95%), No.16 (83,48%), No.30 (52,48%), No.50 (30,76%), dan No.100 (5,56%), sedangkan material yang lolos saringan No. 200 hanya 1,08%. Rendahnya persentase material yang lolos saringan No. 200 mengindikasikan bahwa kandungan butiran sangat halus (debu) relatif kecil.

4.2. Pemeriksaan Ampas Kopi

4.2.1. Berat Jenis dan Penyerapan Ampas Kopi

Berdasarkan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus yang telah dilakukan mengacu pada SNI 1970:2016 dan ASTM dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6: Berat jenis dan penyerapan ampas kopi

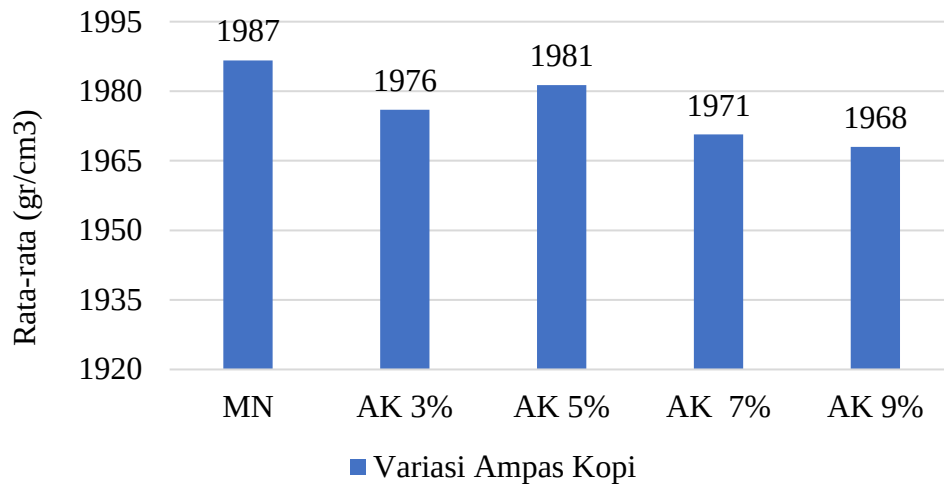
Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan ampas kopi diperoleh nilai penyerapan pada Sampel I sebesar 38,89% dan Sampel II sebesar 33,33%, dengan rata-rata sebesar 36,11%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa ampas kopi memiliki kemampuan menyerap air yang cukup tinggi.

4.3. Hasil dan Analisa Pengujian Mortar

4.3.1. Berat Jenis Mortar

Berdasarkan pengujian berat jenis mortar yang telah dilakukan mengacu pada ASTM C185 dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan 4.8.

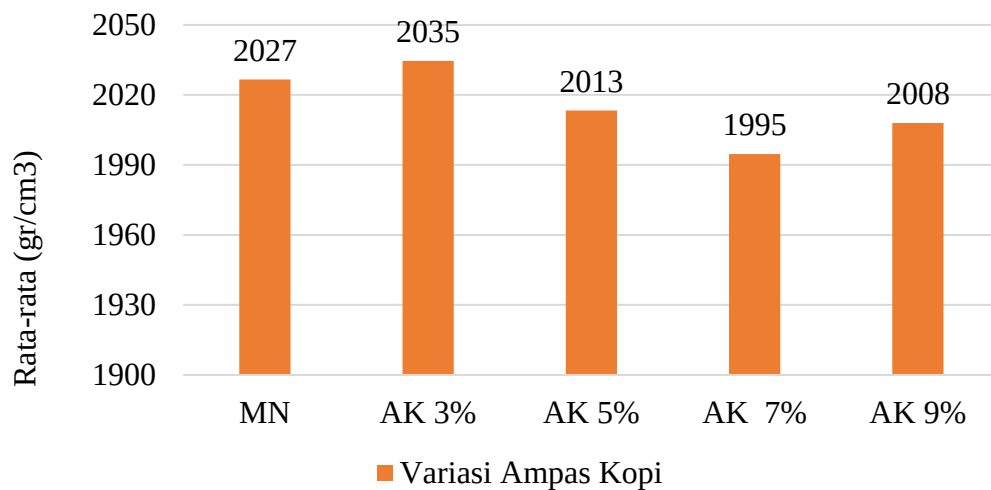
➤ FAS 0,35



Gambar 4.7: Berat jenis mortar FAS 0.35

Hasil pengujian berat jenis mortar pada FAS 0,35 diperoleh nilai rata-rata mortar normal (MN) sebesar 1987 gr/cm³, AK 3% sebesar 1976 gr/cm³, AK 5% sebesar 1981 gr/cm³, AK 7% sebesar 1971 gr/cm³, dan AK 9% sebesar 1968 gr/cm³.

➤ FAS 0,40.



Gambar 4.8: Berat jenis mortar FAS 0.40

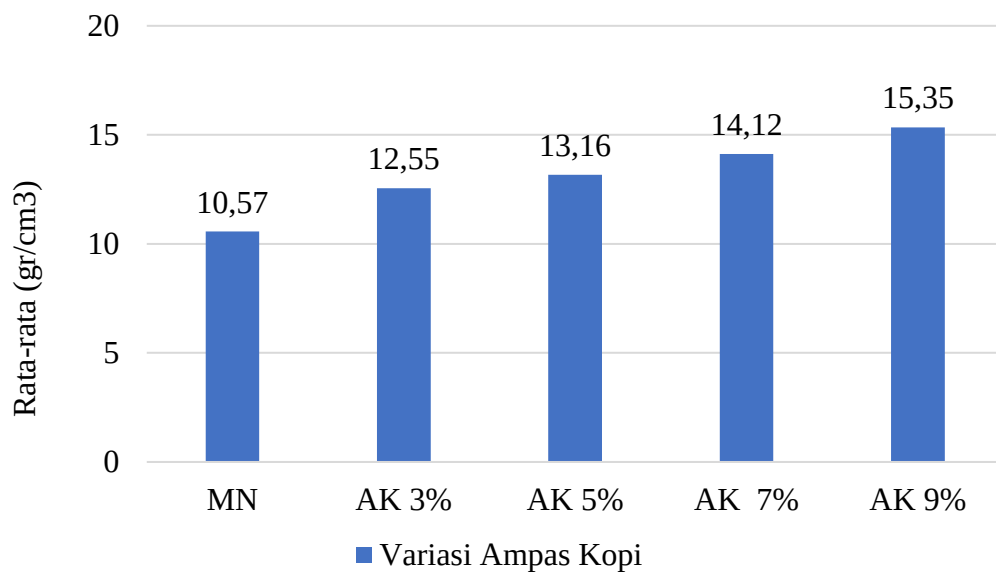
Hasil pengujian berat jenis mortar pada FAS 0,40 diperoleh nilai rata-rata mortar normal (MN) sebesar 2027 gr/cm³, AK 3% sebesar 2035 gr/cm³, AK 5% sebesar 2013 gr/cm³, AK 7% sebesar 1995 gr/cm³, dan AK 9% sebesar 2008 gr/cm³.

Nilai penurunan dan kenaikan berat jenis mortar tersebut dapat di pengaruhi karena ampas kopi memiliki massa jenis lebih rendah dari semen serta dapat di pengaruhi dari tingkat kepadatan setiap sampel.

4.3.2. Penyerapan Mortar.

Bedasarkan pengujian penyerapan mortar yang telah dilakukan mengacu pada ASTM C642 dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan 4.10.

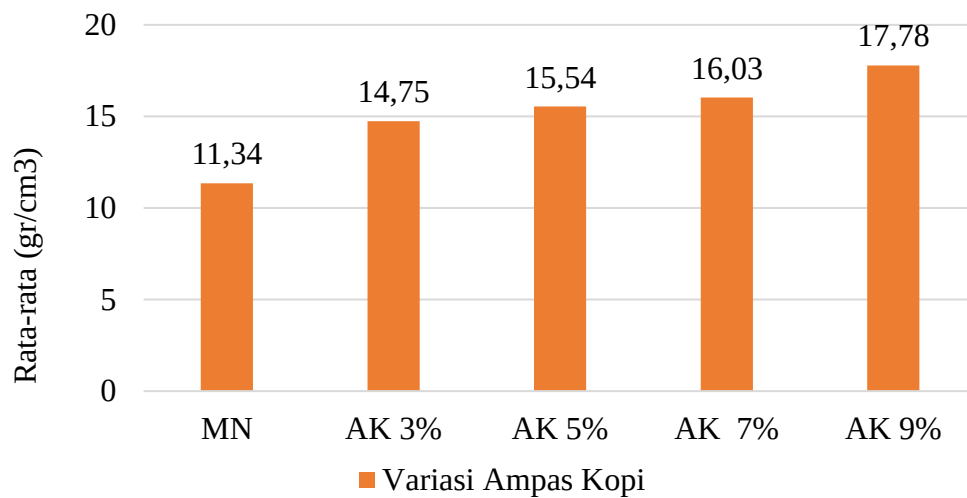
➤ FAS 0,35



Gambar 4.9: Penyerapan Mortar FAS 0,35

Hasil pengujian penyerapan mortar pada FAS 0,35 diperoleh nilai penyerapan sebesar 10,57% pada MN, 12,55% pada AK 3%, 13,16% pada AK 5%, 14,12% pada AK 7%, dan 14,74% pada AK 9%.

➤ FAS 0,40



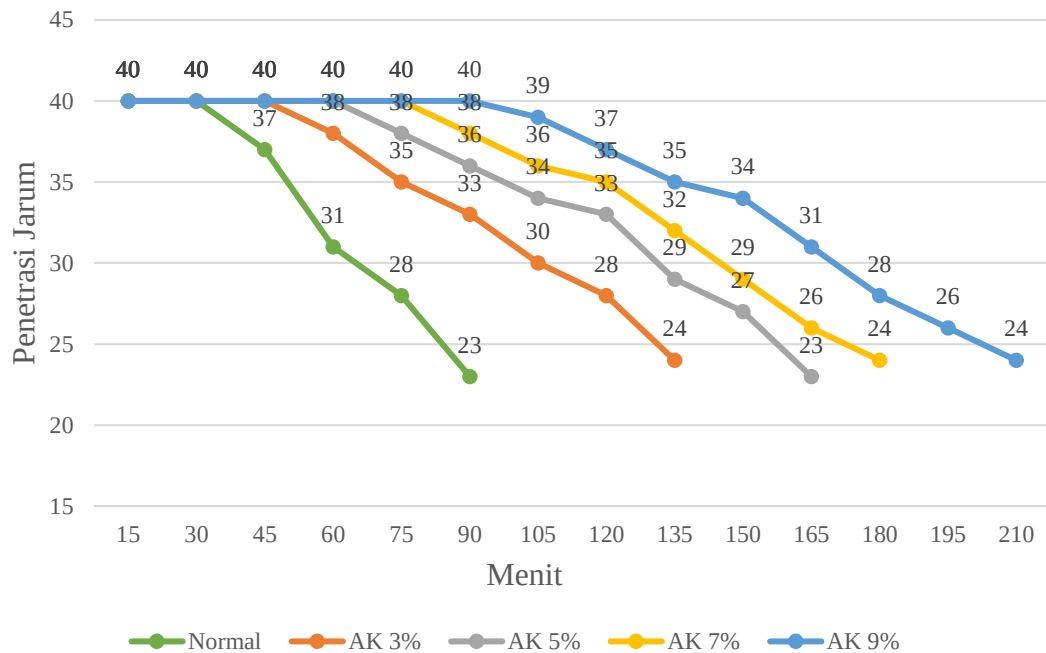
Gambar 4.10: Penyerapan Mortar FAS 0,40

Hasil pengujian penyerapan mortar pada FAS 0,40 diperoleh nilai rata-rata sebesar 11,34% pada MN, 14,75% pada AK 3%, 15,54% pada AK 5%, 16,03% pada AK 7%, dan 17,78% pada AK 9%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase ampas kopi penyerapan mortar cenderung meningkat akibat ampas kopi yang memiliki daya serap air yang cukup tinggi.

4.3.3. Pengujian Vicat.

Pengujian setting time dilakukan berdasarkan standar yang dipakai ASTM C191. Pengujian setting time dilakukan dalam rentang waktu setiap 15 menit sekali. Waktu yang dibutuhkan pasta semen untuk berubah dari cair menjadi padat di lihat dari grafik penetrasi waktu, biasanya ditandai dengan penurunan penetrasi jarum vicat sedalam 25 mm. Nilai yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan 4.12.

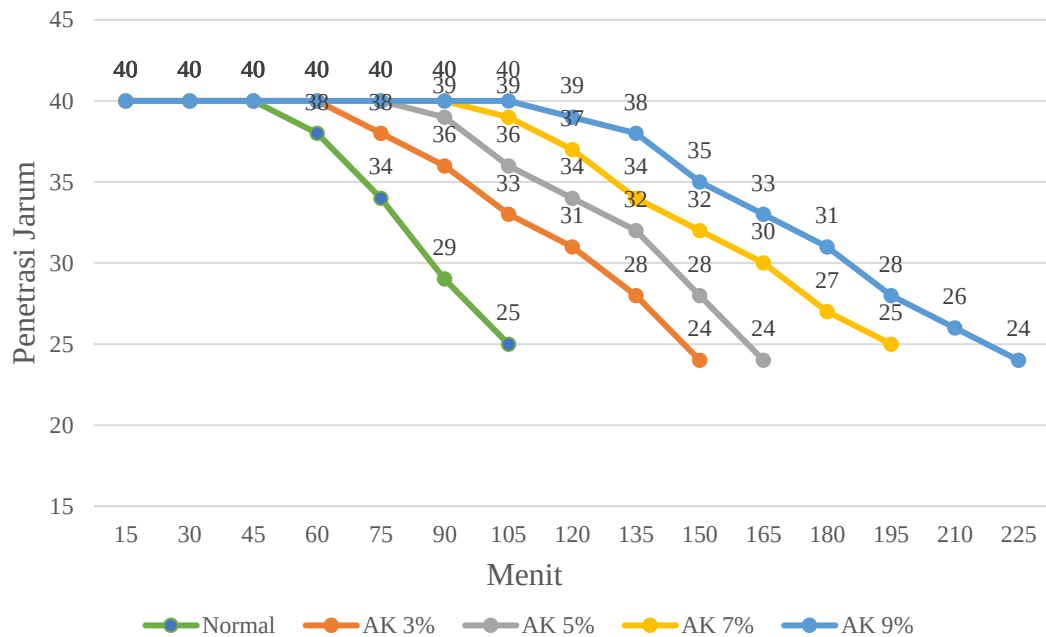
➤ FAS 0,35



Gambar 4.11: Pengujian vicat FAS 0,35

Hasil setting time menunjukkan bahwa waktu ikatan mortar normal dengan penurunan 23 mm dalam waktu 90 menit, waktu ikatan mortar substitusi Ampas Kopi 3% dengan penurunan 24 mm dalam waktu 135 menit, mortar substitusi Ampas Kopi 5% dengan penurunan 23 mm dalam waktu 165 menit, mortar substitusi Ampas Kopi 7% dengan penurunan 24 mm dalam waktu 180 menit, mortar substitusi Ampas Kopi 9% dengan penurunan 24 mm dalam waktu 210 menit.

➤ FAS 0,40



Gambar 4.12: Pengujian Vicat FAS 0,40

Hasil setting time menunjukkan bahwa waktu ikatan mortar normal dengan penurunan 25 mm dalam waktu 105 menit, waktu ikatan mortar substitusi Ampas Kopi 3% dengan penurunan 24 mm dalam waktu 150 menit, mortar substitusi Ampas Kopi 5% dengan penurunan 24 mm dalam waktu 165 menit, mortar substitusi Ampas Kopi 7% dengan penurunan 25 mm dalam waktu 195 menit, mortar substitusi Ampas Kopi 9% dengan penurunan 24 mm dalam waktu 225 menit.

Berdasarkan hasil pengujian Vicat yang telah dilakukan antara FAS 0,35 dan FAS 0,40 terlihat bahwa semakin tinggi persentase penambahan ampas kopi, waktu ikat campuran semakin lama, dimana mortar normal mencapai penetrasi akhir lebih cepat dibandingkan variasi AK 3%, AK 5%, AK 7%, dan AK 9%.

4.3.4. Effloresense.

Berdasarkan ASTM C1357, hasil pengamatan visual yang dilakukan terhadap seluruh benda uji mortar setelah proses perawatan (*curing*), tidak ditemukan adanya tanda-tanda effloresensi pada permukaan mortar. Permukaan mortar tampak

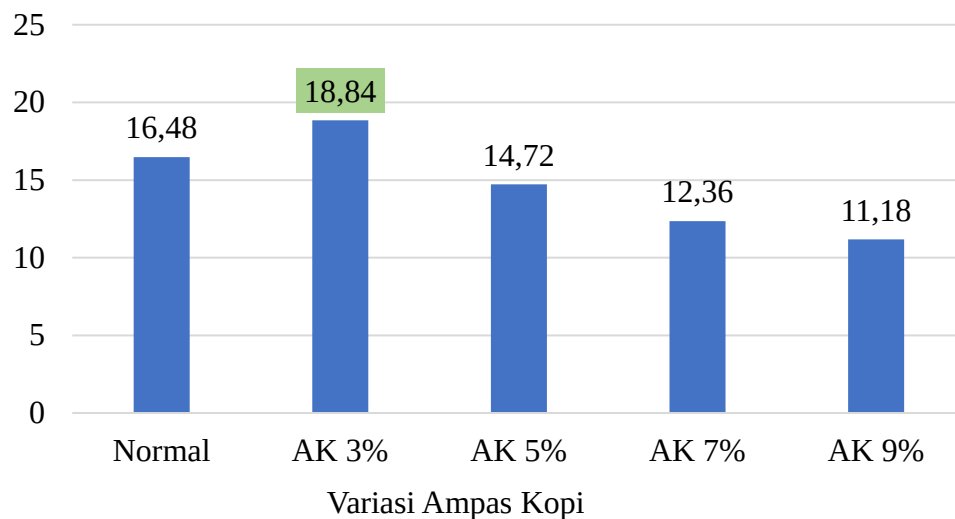
bersih dan bebas dari pengendapan garam berwarna putih yang merupakan tanda khas terjadinya effloresensi. Hal ini menunjukkan bahwa proses (*curing*) berlangsung dengan baik. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13: Hasil Pengujian Efflorescence

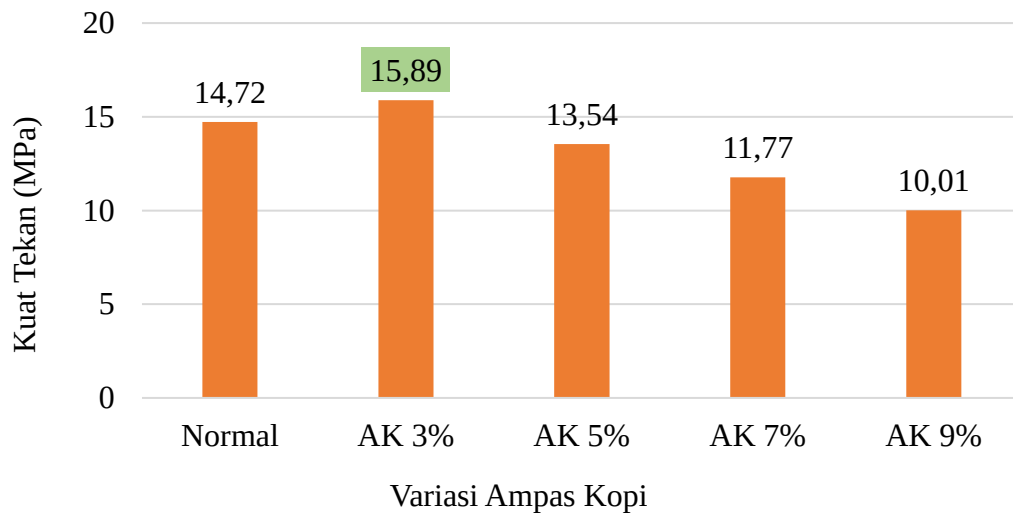
4.3.5. Kuat Tekan Mortar.

Dari hasil pengujian kuat tekan mortar menurut (SNI 03 6825, 2002) dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan 4.15.



Gambar 4.14: Kuat Tekan FAS 0,35

Hasil pengujian diperoleh nilai kuat tekan FAS 0,35 pada mortar normal sebesar 16,48 MPa, variasi AK 3% sebesar 18,84 MPa, variasi 5% sebesar 14,72 MPa, variasi 7% sebesar 12,36 MPa, dan variasi 9% sebesar 11,18 MPa.



Gambar 4.15: kuat tekan FAS 0,40

Hasil pengujian diperoleh nilai kuat tekan FAS 0,40 pada mortar normal sebesar 14,72 MPa, variasi AK 3% sebesar 15,89 MPa, variasi 5% sebesar 13,54 MPa, variasi 7% sebesar 11,77 MPa, dan variasi 9% sebesar 10,01 MPa.

Berdasarkan data yang diperoleh, nilai kuat tekan tertinggi pada FAS 0,35 terjadi pada variasi AK 3% dengan kenaikan sebesar 14,3 % dan FAS 0,40 mengalami kenaikan sebesar 7,9 % pada variasi AK 3%. sedangkan pada variasi yang lebih tinggi (5%,7%,dan 9%) mengalami penurunan nilai kuat tekan, pada FAS 0,35 mengalami penurunan hingga 32,1 % pada variasi AK 9% dan FAS 0,40 mengalami penurunan hingga 31,9% pada variasi AK 9%.

Penurunan kuat tekan pada variasi AK 5% ,7% dan 9% disebabkan oleh banyaknya bahan ampas kopi yang digunakan, pada kadar substitusi yang tinggi jumlah semen aktif dalam campuran berkurang sehingga proses hidrasi yang berperan sebagai pengikat utama juga berkurang. Hasilnya mortar mudah berongga, kurang terikat, dan kuat tekan menjadi sangat rendah dibandingkan variasi lainnya (Rahman et al., 2022).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis sifat fisik mortar dengan penambahan ampas kopi sebagai substitusi sebagian semen, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan ampas kopi terbukti memengaruhi sifat-sifat mortar. Kuat tekan meningkat pada kadar substitusi rendah yaitu AK 3%, namun menurun secara konsisten pada kadar yang lebih tinggi (5%, 7%, dan 9%). Waktu ikat mortar juga semakin lama seiring meningkatnya persentase ampas kopi, dari 90 - 105 menit pada mortar normal hingga 210 - 225 menit pada AK 9%, sementara berat jenis mortar dengan presentase yang lebih tinggi cenderung sedikit menurun karena massa jenis ampas kopi lebih ringan dibandingkan semen, dan tidak ditemukannya tanda-tanda efflorescence pada seluruh benda uji, yang menunjukkan proses hidrasi semen berlangsung baik pada semua variasi campuran.
2. Penambahan ampas kopi AK 3% merupakan variasi yang dapat meningkatkan kuat tekan mortar hingga 14,3% pada FAS 0,35 dan 7,9% pada FAS 0,40, sedangkan penambahan AK di atas 3% (5%, 7% dan 9%) justru menurunkan kuat tekan dengan penurunan terbesar terjadi pada AK 9% sebesar 32,1% pada FAS 0,35 dan 31,9% pada FAS 0,40, secara umum FAS 0,35 menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dibandingkan FAS 0,40 pada kadar substitusi yang sama.

5.2 Saran

1. Dari hasil penelitian yang didapat, campuran dengan menggunakan AK sebesar 3% sebagai bahan pengganti sebagian dapat menaikkan kuat tekan mortar. Maka dari itu variasi AK 3% disarankan penggunaannya pada campuran mortar, tetapi untuk penambahan AK diatas 3% dan seterusnya

tidak disarankan mengingat hasil penelitian yang menunjukkan besarnya persentase penurunan nilai kuat tekan mortar.

2. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk menambahkan variasi persentase ampas kopi pada rentang yang lebih rendah di variasi (1%, dan 2%,) agar dapat diperoleh titik optimum kuat tekan yang lebih presisi.
3. Perlu dilakukan pengujian pada variasi umur curing yang lebih beragam (misalnya 7, 14, dan 28 hari) untuk mengetahui perkembangan kuat tekan mortar terhadap waktu, mengingat penelitian ini hanya menampilkan hasil pada satu titik umur pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. S., & Walujodjati, E. (2022). Pengujian Kuat Tekan Mortar dengan Campuran Pasir Ladot. *Jurnal Konstruksi*, 19(1), 313–324. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.19-1.988>
- ASTM-C-128. (2010). *Designation: C128-07a Standard Test Method for Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate of Fine Aggregate 1 1*. 1–7. <http://www.transportation.org>.
- ASTM C109. (n.d.). *ASTM C109-p-classtruncatedtext-module-lineclamped-85ulhh-style-max-lines5astm-c109-p_compress.pdf*.
- ASTM C117. (2004). *Metode uji bahan yang lebih halus dari saringan 75 μ m (No. 200) dalam agregat mineral dengan pencucian (ASTM C117–2004, IDT) ICS. 200*. www.bsn.go.id
- ASTM C1400. (2011). Standard Guide for Reduction of Efflorescence Potential in New Masonry Walls. *ASTM International*, 04(January), 1–3. <https://doi.org/10.1520/C1400-11R17.2>
- ASTM C191. (2008). Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle ASTM C-191. *Annual Book of ASTM Standards 191-04*, 1–10. <https://doi.org/10.1520/C0191-21.Pe>
- ASTM C270. (n.d.). *ASTM C270-classtruncatedtext-module-lineclamped-85ulhh-style-max-lines5astm-c270-19-p_compress.pdf*.
- Basman, U. K., Ridhayani, I., & Manaf, A. (2025). *Kinerja Mortar dengan Substitusi Abu Sekam Padi sebagai Bahan Pozzolan*.
- Hartini. (2021). *Uji Kuat Tekan Beton Dengan Pemanfaatan Abu Ampas Kopi Sebagai Substitusi Parsial Semen*. X(2), 58–66.
- Luna, K. A., Aguilar, C. N., Ramírez-Guzmán, N., Ruiz, H. A., Martínez, J. L., & Chávez-González, M. L. (2025). Bioprocessing of Spent Coffee Grounds as a Sustainable Alternative for the Production of Bioactive Compounds. *Fermentation*, 11(7), 1–17. <https://doi.org/10.3390/fermentation11070366>
- Muharram, M. F., & Walujodjati, E. (2022). Pengaruh Penggunaan FLY ASH sebagai Substitusi Semen dan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Konstruksi*, 19(2), 310–317. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.19-2.917>
- Mulyadi, A., Suanto, P., & Purba, W. (2020). *Pecahan Kaca Terhadap Campuran Mortar*. 10(1), 1–6.

- Pribadi, A., & Widiastuti, M. A. (2021). Uji Kuat Tekan Beton Dengan Pemanfaatan Abu Ampas Kopi Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 10(2), 58–66. <https://doi.org/10.55340/jmi.v10i2.671>
- Putri, M. Z., Tiyani, L., & Sukarno, P. (2024). *Subtitusi Semen Pada Beton*.
- Rambe, M. R., Paisah, N., Pohan, R. F., Sahrin Nasution, A., Kunci, K., Tebu, A., Beton, R., & Lingkungan, S. (2025). INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi Beton Ramah Lingkungan dengan Ampas Tebu sebagai Substitusi Parsial Semen. *Media Cetak*, 4(4), 786–797. <https://doi.org/10.55123/insologi.v4i4.5925>
- Shinta, Y. D., Ahmad Utanaka, Dadang Dwi Pranowo, Mirza Ghulam Rifqi, & M. Shofi'ul Amin. (2023). Pengaruh Penggunaan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan dan Resapan Air Mortar Pracetak Ferosemen. *Jurnal TESLINK : Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 5(2), 175–185. <https://doi.org/10.52005/teslink.v5i2.299>
- SK SNI T-15-03. (1991). SK SNI T-15-1991-03 : Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. *Sk Sni T:15-1991-03*, 185.
- SNI 03-4804. (1998). Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat. *Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*, 1–6.
- SNI 03 6825. (2002). Sni 03-6825-2002. *Standar Nasional Indonesia Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*, 6825.
- SNI 03 6882. (2002). Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan. SNI 03-6882-2002. *Badan Standardisasi Nasional (BSN)*, 9(2), 1–10.
- SNI 1971. (2011). Sni 1971-2011. *SNI 1971:2011 – Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan*, 1–11.

LAMPIRAN

A. Hasil Perhitungan dan Pengujian

A 1. Mix Design kuat tekan

➤ FAS 0,35

- 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 $1 \text{ m}^3 \text{ FAS } 0,35 \times \text{volume cetakan mortar}$

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

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

- AK 3%

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

$$= (312,5 \times 3\%) \times 0,000125$$

$$= 0,00117 \text{ kg/m}^3$$

Semen = Berat semen mortar normal – AK 3%

$$= 0,03906 - 0,00117$$

$$= 0,03789 \text{ kg/m}^3$$

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

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

- AK 5%

AK 5% = (jumlah semen yang digunakan dalam $1 \text{ m}^3 \times 5\%$) $\times \text{volume cetakan mortar}$

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

$$= 0,00195 \text{ kg/m}^3$$

Semen = Berat semen mortar normal – AK 5%

$$= 0,03906 - 0,00195$$

$$= 0,03711 \text{ kg/m}^3$$

Pasir = 0,13125 kg/m³

Air = 0,01367 kg/m³

- Ak 7%

AK 7% = (jumlah semen yang digunakan dalam 1 m³ × 7%) × volume cetakan mortar

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

$$= 0,00273 \text{ kg/m}^3$$

Semen = Berat semen mortar normal – AK 7%

$$= 0,03906 - 0,00273$$

$$= 0,03633 \text{ kg/m}^3$$

Pasir = 0,13125 kg/m³

Air = 0,01367 kg/m³

- AK 9%

AK 9% = (jumlah semen yang digunakan dalam 1 m³ × 9%) × volume cetakan mortar

$$= (312,5 \times 9\%) \times 0,000125$$

$$= 0,00351 \text{ kg/m}^3$$

Semen = Berat semen mortar normal – AK 9%

$$= 0,03906 - 0,00351$$

$$= 0,03555 \text{ kg/m}^3$$

Pasir = 0,13125 kg/m³

Air = 0,01367 kg/m³

- FAS 0,40

- Mortar normal

Semen = jumlah semen yang digunakan dalam 1 m³ × volume cetakan

$$\begin{aligned} & \text{mortar} \\ &= 312,5 \times 0,000125 \\ &= 0,03906 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Air} &= \text{jumlah air yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \text{ FAS } 0,35 \times \text{volume} \\ & \text{cetakan mortar} \\ &= 109,375 \times 0,000125 \\ &= 0,015625 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- AK 3%

$$\begin{aligned} \text{AK 3\%} &= (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 3\%) \times \text{volume} \\ & \text{cetakan mortar} \\ &= (312,5 \times 3\%) \times 0,000125 \\ &= 0,00117 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= \text{Berat semen mortar normal} - \text{AK 3\%} \\ &= 0,03906 - 0,00117 \\ &= 0,03789 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

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

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

- AK 5%

$$\begin{aligned} \text{AK 5\%} &= (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 5\%) \times \text{volume} \\ & \text{cetakan mortar} \\ &= (312,5 \times 5\%) \times 0,000125 \\ &= 0,00195 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= \text{Berat semen mortar normal} - \text{AK 5\%} \\ &= 0,03906 - 0,00195 \\ &= 0,03711 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

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

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

- Ak 7%

$$\begin{aligned} \text{AK 7\%} &= (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 7\%) \times \text{volume} \\ &\quad \text{cetakan mortar} \\ &= (312,5 \times 7\%) \times 0,000125 \\ &= 0,00273 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= \text{Berat semen mortar normal} - \text{AK 7\%} \\ &= 0,03906 - 0,00273 \\ &= 0,03633 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

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

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

- AK 9%

$$\begin{aligned} \text{AK 9\%} &= (\text{jumlah semen yang digunakan dalam } 1 \text{ m}^3 \times 9\%) \times \text{volume} \\ &\quad \text{cetakan mortar} \\ &= (312,5 \times 9\%) \times 0,000125 \\ &= 0,00351 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Semen} &= \text{Berat semen mortar normal} - \text{AK 9\%} \\ &= 0,03906 - 0,00351 \\ &= 0,03555 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

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

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

A 1. Berat Jenis Mortar

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

Dimana:

D = Berat jenis atau *density* (kg/m³)

Mc = Berat wadah ukur yang berisi mortar (kg)

Mm = Berat wadah ukur (kg)

Vm = Volume benda uji (m³)

➤ FAS 0,35

Tabel L 1. Berat Jenis Mortar

Variasi		Berat Jenis (gr/m3)	Rata-rata (gr/m3)
MN	Sampel 1	1976	1987
	sampel 2	2016	
	Sampel 3	1968	
AK 3%	Sampel 1	1968	1976
	sampel 2	2008	
	Sampel 3	1952	
AK 5%	Sampel 1	2008	1981
	sampel 2	1944	
	Sampel 3	1992	
AK 7%	Sampel 1	1952	1971
	sampel 2	1992	
	Sampel 3	1968	
AK 9%	Sampel 1	1968	1968
	sampel 2	1944	
	Sampel 3	1992	

❖ Mortar Normal

▪ Sampel 1

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

$$D = 1.976.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1976 \text{ kg/m}^3$$

▪ Sampel 2

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

$$D = 2.016.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 2016 \text{ kg/m}^3$$

▪ Sampel 3

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

$$D = 1.968.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1968 \text{ kg/m}^3$$

❖ AK 3%

▪ Sampel 1

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

$$D = 1.968.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1968 \text{ kg/m}^3$$

▪ Sampel 2

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

$$D = 2.008.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 2008 \text{ kg/m}^3$$

▪ Sampel 3

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

$$D = 1.952.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1952 \text{ kg/m}^3$$

❖ AK 5%

▪ Sampel 1

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

$$D = 2.008.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 2008 \text{ kg/m}^3$$

▪ Sampel 2

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

$$D = 1.944.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1944 \text{ kg/m}^3$$

▪ Sampel 3

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

$$D = 1.992.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1992 \text{ kg/m}^3$$

❖ AK 7%

▪ Sampel 1

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

$$D = 1.952.000 \text{ gr m}^3$$

$$D = 1952 \text{ kg/m}^3$$

▪ Sampel 2

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

$$D = 1.992.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1992 \text{ kg/m}^3$$

▪ Sampel 3

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

$$D = 1.968.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1968 \text{ kg/m}^3$$

❖ AK 9%

▪ Sampel 1

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

$$D = 1.968.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1968 \text{ kg/m}^3$$

▪ Sampel 2

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

$$D = 1.944.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1944 \text{ kg/m}^3$$

▪ Sampel 3

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

$$D = 1.992.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1992 \text{ kg/m}^3$$

➤ FAS 0,4

Tabel L 2. Berat Jenis Mortar

Variasi		Berat Jenis (gr/m3)	Rata-rata (gr/m3)
MN	Sampel 1	2040	2027
	sampel 2	2000	
	Sampel 3	2040	
AK 3%	Sampel 1	2024	2035
	sampel 2	2096	
	Sampel 3	1984	
AK 5%	Sampel 1	1976	2013
	sampel 2	2040	
	Sampel 3	2024	
AK 7%	Sampel 1	2000	1995
	sampel 2	1984	
	Sampel 3	2000	
AK 9%	Sampel 1	2040	2008
	sampel 2	2000	
	Sampel 3	1984	

❖ Mortar Normal

▪ Sampel 1

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

$$D = 2.040.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 2040 \text{ kg/m}^3$$

▪ Sampel 2

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

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

$$D = 2000 \text{ kg/m}^3$$

- Sampel 3

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

$$D = 2.040.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 2040 \text{ kg/m}^3$$

❖ AK 3%

- Sampel 1

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

$$D = 2.024.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 2024 \text{ kg/m}^3$$

- Sampel 2

$$D = \frac{2207 - 1945}{0,000125}$$

$$D = 2.096.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 2096 \text{ kg/m}^3$$

- Sampel 3

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

$$D = 1.984.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1984 \text{ kg/m}^3$$

❖ AK 5%

- Sampel 1

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

$$D = 1.976.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1976 \text{ kg/m}^3$$

- Sampel 2

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

$$D = 2.040.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 2040 \text{ kg/m}^3$$

- Sampel 3

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

$$D = 2.024.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 2024 \text{ kg/m}^3$$

❖ AK 7%

- Sampel 1

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

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

$$D = 2000 \text{ kg/m}^3$$

- Sampel 2

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

$$D = 1.984.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1984 \text{ kg/m}^3$$

- Sampel 3

$$D = \frac{2095 - 1945}{0,000125}$$

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

$$D = 2000 \text{ kg/m}^3$$

❖ AK 9%

- Sampel 1

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

$$D = 2.040.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 2040 \text{ kg/m}^3$$

- Sampel 2

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

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

$$D = 2000 \text{ kg/m}^3$$

- Sampel 3

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

$$D = 1.984.000 \text{ gr/m}^3$$

$$D = 1984 \text{ kg/m}^3$$

A 2. Penyerapan Mortar

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

Dimana:

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

W_d = Berat sampel kering (Kg/m^3)

➤ FAS 0,35

Tabel L 3. Penyerapan Mortar

Variasi		Penyerapan (%)	Rata-rata (%)
MN	Sampel 1	12,44	10,57
	sampel 2	9,05	
	Sampel 3	10,22	
AK 3%	Sampel 1	10,04	12,55
	sampel 2	14,67	
	Sampel 3	12,95	
AK 5%	Sampel 1	12,32	13,16
	sampel 2	13,68	
	Sampel 3	13,49	
AK 7%	Sampel 1	14,68	14,12
	sampel 2	16,44	
	Sampel 3	11,26	
AK 9%	Sampel 1	13,45	15,35
	sampel 2	14,16	
	Sampel 3	18,43	

❖ Mortar Normal

▪ Sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{244-217}{217} \right) \times 100\% \\ &= 12,44 \%\end{aligned}$$

▪ Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{241-221}{221} \right) \times 100\% \\ &= 9,05 \%\end{aligned}$$

▪ Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{248-225}{225} \right) \times 100\% \\ &= 10,22 \%\end{aligned}$$

❖ AK 3%

▪ Sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{252-229}{229} \right) \times 100\% \\ &= 10,04 \%\end{aligned}$$

▪ Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{258-225}{225} \right) \times 100\% \\ &= 14,67 \%\end{aligned}$$

▪ Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{253-224}{224} \right) \times 100\% \\ &= 12,95 \%\end{aligned}$$

❖ AK 5%

▪ Sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{237-211}{211} \right) \times 100\% \\ &= 12,32 \%\end{aligned}$$

▪ Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{241-212}{212} \right) \times 100\% \\ &= 13,68 \%\end{aligned}$$

- Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{244-215}{215} \right) \times 100\% \\ &= 13,49 \%\end{aligned}$$

❖ AK 7%

- Sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{250-218}{218} \right) \times 100\% \\ &= 14,68 \%\end{aligned}$$

- Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{255-219}{219} \right) \times 100\% \\ &= 16,44 \%\end{aligned}$$

- Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{257-231}{231} \right) \times 100\% \\ &= 11,26 \%\end{aligned}$$

❖ AK 9%

- Sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{253-223}{223} \right) \times 100\% \\ &= 13,45 \%\end{aligned}$$

- Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{250-219}{219} \right) \times 100\% \\ &= 14,16 \%\end{aligned}$$

- Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{257-217}{217} \right) \times 100\% \\ &= 18,35 \%\end{aligned}$$

➤ FAS 0,4

Tabel L 4. Penyerapan Mortar

Variasi		Penyerapan (%)	Rata-rata (%)
MN	Sampel 1	9,55	11,34
	sampel 2	11,93	
	Sampel 3	12,56	
AK 3%	Sampel 1	17,67	14,75
	sampel 2	14,35	
	Sampel 3	12,22	
AK 5%	Sampel 1	13,76	15,54
	sampel 2	15,79	
	Sampel 3	17,06	
AK 7%	Sampel 1	15,21	16,03
	sampel 2	16,98	
	Sampel 3	15,91	
AK 9%	Sampel 1	17,76	17,78
	sampel 2	16,98	
	Sampel 3	18,60	

❖ Mortar Normal

▪ Sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{241-220}{220} \right) \times 100\% \\ &= 9,55 \%\end{aligned}$$

▪ Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{244-218}{218} \right) \times 100\% \\ &= 11,93 \%\end{aligned}$$

▪ Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Absorpsi} &= \left(\frac{242-215}{215} \right) \times 100\% \\ &= 12,56 \%\end{aligned}$$

- ❖ AK 3%
 - Sampel 1

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

$$= 17,67 \%$$
 - Sampel 2

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{255-223}{223} \right) \times 100\%$$

$$= 14,35 \%$$
 - Sampel 3

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{248-221}{221} \right) \times 100\%$$

$$= 12,22 \%$$

- ❖ AK 5%
 - Sampel 1

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{248-218}{218} \right) \times 100\%$$

$$= 13,76 \%$$
 - Sampel 2

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{242-209}{209} \right) \times 100\%$$

$$= 15,79 \%$$
 - Sampel 3

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{247-211}{211} \right) \times 100\%$$

$$= 17,06\%$$

- ❖ AK 7%
 - Sampel 1

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{250-217}{214} \right) \times 100\%$$

$$= 15,21 \%$$
 - Sampel 2

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{248-212}{212} \right) \times 100\%$$

$$= 16,98 \%$$

- Sampel 3

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{255-220}{215} \right) \times 100\% \\ = 15,91 \%$$

❖ AK 9%

- Sampel 1

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{252-214}{217} \right) \times 100\% \\ = 17,76 \%$$

- Sampel 2

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{248-212}{212} \right) \times 100\% \\ = 16,98 \%$$

- Sampel 3

$$\text{Absorpsi} = \left(\frac{255-215}{220} \right) \times 100\% \\ = 18,60 \%$$

A 3. Pengujian kuat tekan

Tabel L 5. Pengujian kuat tekan

Variasi	Beban (ton)		Beban (kg)		Kuat tekan (MPa)	
	FAS 0,35	FAS 0,40	FAS 0,35	FAS 0,40	FAS 0,35	FAS 0,40
Normal	4,2	3,75	4200	3750	16,48	14,72
AK 3%	4,8	4,05	4800	4050	18,84	15,89
AK 5%	3,75	3,45	3750	3450	14,72	13,54
AK 7%	3,15	3	3150	3000	12,36	11,77
AK 9%	2,85	2,55	2850	2550	11,18	10,01

➤ FAS 0,35

- Mortar Normal

$$P = 4,2 \text{ ton}$$

$$P = 4,2 \times 1000$$

$$= 4200 \text{ kg}$$

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

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

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

- AK 3%

$$P = 4,8 \text{ ton}$$

$$P = 4,8 \times 1000$$

$$= 4800 \text{ kg}$$

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

$$= 18,84 \text{ MPa}$$

- AK 5%

$$P = 3,75 \text{ ton}$$

$$P = 3,75 \times 1000$$

$$= 3750 \text{ kg}$$

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

$$= 14,72 \text{ MPa}$$

- AK 7%

$$P = 3,15 \text{ ton}$$

$$P = 3,15 \times 1000$$

$$= 3150 \text{ kg}$$

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

$$= 12,36 \text{ MPa}$$

- AK 9%

$$P = 2,85 \text{ ton}$$

$$P = 2,85 \times 1000$$

$$= 2850 \text{ kg}$$

$$P = \left(\frac{2850}{2500} \right) \times 9,81$$

$$= 11,18 \text{ MPa}$$

➤ FAS 0,40

▪ Mortar Normal

$$P = 3,75 \text{ ton}$$

$$P = 3,75 \times 1000$$

$$= 3750 \text{ kg}$$

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

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

$$= 14,72 \text{ MPa}$$

▪ AK 3%

$$P = 4,05 \text{ ton}$$

$$P = 4,05 \times 1000$$

$$= 4050 \text{ kg}$$

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

$$= 15,89 \text{ MPa}$$

▪ AK 5%

$$P = 3,45 \text{ ton}$$

$$P = 3,45 \times 1000$$

$$= 3450 \text{ kg}$$

$$P = \left(\frac{3540}{2500} \right) \times 9,81$$

$$= 13,54 \text{ MPa}$$

▪ AK 7%

$$P = 3 \text{ ton}$$

$$P = 3 \times 1000$$

$$= 3000 \text{ kg}$$

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

$$= 11,77 \text{ MPa}$$

▪ AK 9%

$$P = 2,55 \text{ ton}$$

$$P = 2,55 \times 1000$$

$$= 2550 \text{ kg}$$

$$P = \left(\frac{2250}{2500} \right) \times 9,81$$

$$= 10,01 \text{ MPa}$$

A 5. Pengujian Vicat

FAS 0,35

Tabel L 6. Pengujian Vicat

Variasi	Normal													
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210
Pengikatan	40	40	37	31	28	23								
Variasi	AK 3%													
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210
Pengikatan	40	40	40	38	35	33	30	28	24					
Variasi	AK 5%													
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210
Pengikatan	40	40	40	40	38	36	34	32	29	27	23			
Variasi	AK 7%													
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210
Pengikatan	40	40	40	40	40	38	36	35	32	29	26	24		
Variasi	AK 9%													
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210
Pengikatan	40	40	40	40	40	40	39	37	35	34	31	28	26	24

FAS 0,40

Tabel L 7. Pengujian Vicat

Variasi	Normal														
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
Pengikatan	40	40	40	38	34	29	25								
Variasi	AK 3%														
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
Pengikatan	40	40	40	40	38	36	33	31	28	24					
Variasi	AK 5%														
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
Pengikatan	40	40	40	40	40	39	36	34	32	28	24				
Variasi	AK 7%														
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
Pengikatan	40	40	40	40	40	40	39	37	34	32	30	27	25		
Variasi	AK 9%														
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
Pengikatan	40	40	40	40	40	40	40	39	38	35	33	31	28	26	24

B. Dokumentasi



Gambar 1. Menimbang bahan



Gambar 2. Pengujian baha



Gambar 3. Pembuatan mortar



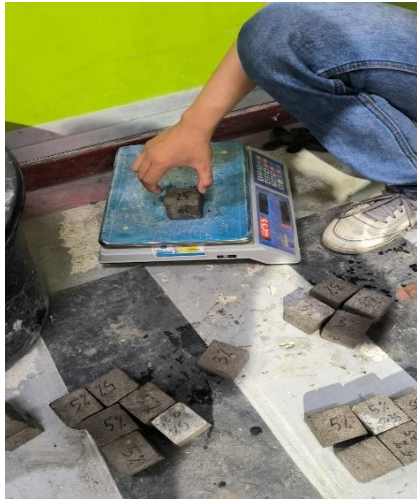
Gambar 4. Memberi oli pada cetakan



Gambar 5. Memasukan mortar kecatakan



Gambar 6. Membuka cetakan



Gambar 7. Menimbang mortar



Gambar 8. Perendaman mortar



Gambar 9. Mengeluarkan benda uji dari perendaman



Gambar 10. Mengeluarkan benda uji dari oven



Gambar 11. Memasukan benda uji ke oven



Gambar 12. Pengujian kuat tekan



Gambar 13. Pengujian Vicat

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap	: M Randi Indra Setiawan
Tempat, Tanggal Lahir	: Rantau, 23 Mei 2003
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Agama	: Islam
Alamat	: Dusun Pencing, Desa Sekijang, Kec Tapung Hilir, Kab Kampar, Prov Riau
Nomor Hp	: +63 821-4095-1457
Nama Ayah	: Wartono
Nama Ibu	: Yusmaniar
E-mail	: setiawanrandi803@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

NIM	: 2207210181
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 009 Kijang Jaya 2010-2016
Sekolah Menengah Pertama	: SMP Negeri 2 Tapung Hilir 2016-2019
Sekolah Menengah Atas	: SMKS Baiturahman Kandis 2019-2022