

TUGAS AKHIR

EFEKTIFITAS PENGGUNAAN SERBUK ARANG SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON K-175

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

**Adik Yogi Irfandi
30.2021.000.15**

**Anjan Himma Ali
30.2021.000.35**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2025

TUGAS AKHIR

EFEKTIFITAS PENGGUNAAN SERBUK ARANG SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON K-175

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh :

Adik Yogi Irfandi
30.2021.000.15

Anjan Himma Ali
30.2021.000.35

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

EFEKTIFITAS PENGGUNAAN SERBUK ARANG SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON K-175



Adik Yogi Irfandi

NIM : 30202100015



Anjan Himma Ali

NIM : 30202100035

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Januari 2025

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D.**
NIDN : 0607046802
2. **Muhamad Rusli Ahyar, S.T., M.Eng**
NIDN : 0625059102

..... ✓

.....

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, S.T., M.Eng

NIDN : 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No : 11/A.2/SA-T/1/2025

{-----}

Pada hari ini tanggal {----} Berdasarkan surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama:

I. Nama : Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D.
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut dibawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Adik Yogi Irfandi
NIM : 30202100015

Anjan Himma Ali
NIM : 30202100035

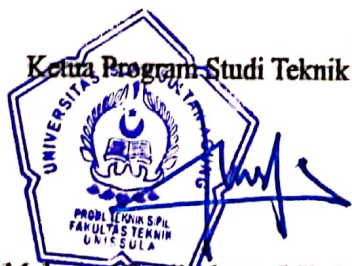
Judul Laporan Tugas Akhir : EFEKTIFITAS PENGGUNAAN SERBUK ARANG SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON K-175

Dengan tahapan sebagai berikut

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
	Penunjukan dosen pembimbing	23 September 2024	ACC
	Seminar proposal	4 Desember 2024	ACC
	Pengumpulan data	5 Desember 2024	ACC
	Analisis data	28 Desember 2024	ACC
	Penyusunan laporan	13 Januari 2024	ACC
	Selesai laporan	22 Januari 2024	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

Mengetahui



Muhamad Rusli Ahyar, S.T., M.Eng

Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D. ✓

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adik Yogi Irfandi

NIM : 30202100015

Nama : Anjan Himma Ali

NIM : 30202100035

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

**EFEKTIFITAS PENGGUNAAN SERBUK ARANG SEBAGAI BAHAN
PENGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON K-175**

Benar bebas dari plagiat dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, / /

Yang membuat pernyataan 1

Yang membuat pernyataan 2

The image shows two handwritten signatures. The signature on the left is 'Yogi' and the one on the right is 'Anjan'. Between the signatures is a red 10,000 Rupiah stamp with the text 'METERAI TEMPEL' and a serial number '19F8DAMX125538226'.

Adik Yogi Irfandi

NIM : 30202100015

Anjan Himma Ali

NIM : 30202100035

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

1. NAMA : Adik Yogi Irfandi
NIM : 30202100015
2. NAMA : Anjan Himma Ali
NIM : 30202100035

JUDUL TUGAS AKHIR :

EFEKTIFITAS PENGGUNAAN SERBUK ARANG SEBAGAI BAHAN
PENGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON K-175

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau Perguruan Tinggi lainnya.

Apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, / /

Yang membuat pernyataan 1

Yang membuat pernyataan 2

Adik Yogi Irfandi

NIM : 30202100015

Anjan Himma Ali

NIM : 30202100035

MOTTO

“Jangan kamu merasa lemah dan jangan bersedih, sebab kamu paling tinggi derajatnya jika kamu beriman.” (QS. Ali Imran: 139)

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.” (QS. Ar-Ra’d: 11)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.” (QS. Al-Baqarah: 286)

“Jangan takut gagal, karena yang tidak pernah gagal hanyalah orang-orang yang tidak pernah melangkah”

“Biar lambat akan kuteruskan, biar sulit aku akan tetap melangkah, aku tau bahwa semuanya tidak akan tercapai dalam waktu singkat.”

“Didik lah matamu agar tidak memandang rendah orang lain dan didik lah mulutmu agar tidak merendahkan orang lain.”

“Mungkin ini terlihat mustahil, tapi diri ini masih percaya dengan kata siapapun bisa jadi apapun. Karena kita tidak tahu nasib seseorang untuk kedepannya.”

“Jangan pernah menghina atau meremehkan orang karena keterbatasan hidupnya, bahwa masa depan kehidupan manusia tidak bisa ditebak, sehingga manusia hanya bisa merencanakan.”

“Tidak ada perjuangan tanpa rasa sakit, tapi percayalah sakitnya sementara dan bahagia akan terasa selamanya.”

“Setetes keringat orang tuaku yang keluar, ada seribu langkahku untuk maju.”

“Apapun yang terjadi pulanglah sebagai Sarjana S.T”

(ADIK YOGI IRFANDI)

MOTTO

"Agar kamu tidak bersedih hati terhadap apa yang luput dari kamu dan tidak pula terlalu gembira terhadap apa yang diberikan-Nya kepadamu. Dan Allah tidak menyukai terhadap orang yang sombong dan membanggakan diri." (Q.S Al-Hadid: 23)

"Jangan kamu merasa lemah dan jangan bersedih, sebab kamu paling tinggi derajatnya jika kamu beriman." (Q.S Ali Imran: 139)

"Sesungguhnya, sesudah kesulitan itu ada kemudahan." (Q.S Al-Insyirah: 5)

"Nabi Muhammad SAW bersabda: makanan (paling murni) yang paling baik yang dimakan seseorang adalah apa yang dia usahakan sendiri." Sunan Ibn Majah

"Jangan pernah menyesal karena gagal tapi menyesal lah Ketika kamu tidak pernah mencoba, karena mencoba adalah anak tangga yang kita pijak untuk mencapai keberhasilan."

"Hiduplah seperti pepatah jawa "Sawang Sinawang" biala kita diatas jangan pernah merasa hebat dan sombong begitu pula bila kita ada dibawah maka syukuri apa yang kita rasakan, karena hidup didunia hanyalah ilusi semata, dan kehidupan kita hanya sementara dan juga butuh sesame manusia."

"Sesuatu yang sudah ditakdirkan untukmu, pasti akan menjadi milikmu, bagaimana pun prosesnya."

"Kasihilah orang tuamu dan perlakukan mereka dengan penuh kasih sayang. Karena anda hanya akan tahu nilainya ketika anda melihat kursi kosong mereka."

Setetes keringat orang tua lebih berharga daripada kilauan mutiara yang tersimpan didalam lautan.

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan semesta alam. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Dengan penuh rasa syukur, saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada kedua orang tua saya, Alm. Bapak Sukaer dan Ibu Sugiyem. yang selalu mendukung dan memberi semangat dalam setiap langkah perjalanan pendidikan saya.
2. Kepada saudara kandung saya Okta Ergi Irawan, S.Pd., yang selalu menghibur dan memberikan dukungan penuh dalam mengerjakan Tugas Akhir.
3. Kepada Gladysta Ovka Felisha Aveira yang senantiasa mendengarkan keluh kesah peneliti, memberi dukungan, motivasi, pengingat dan menemani peneliti sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Terima kasih yang sebesar-besarnya atas dosen-dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada saya dan memberikan motivasi arahan kepada saya.
5. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing saya, Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D. atas bimbingan dan arahan yang sangat berharga selama proses penelitian ini.
6. Tidak lupa teman-teman saya Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 21 dan terutama seluruh anggota AMBITIONS, saya tidak bisa menyebutkan namanya satu-satu terima kasih untuk kebersamaan kita selama 3,5 tahun ini, terima kasih atas doa, semangat dan motivasi kalian. Semoga selalu terjaga pertemanan kita sampai kapanpun.

Adik Yogi Irfandi

NIM : 30202100015

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan semesta alam. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Dengan penuh rasa syukur, saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada kedua orang tua saya, Bapak Bunyamin, S.Ag dan Ibu Retno Ekowati A.Md. yang selalu mendukung dan memberi semangat dalam setiap langkah perjalanan pendidikan saya.
2. Kepada saudara kandung saya Shi Izumi Muthia Kamalia, Zainunisa Dafadila dan Ghaen Azuma Akmalunaja. yang selalu menghibur dan memberikan dukungan penuh dalam mengerjakan Tugas Akhir.
3. Terima kasih yang sebesar-besarnya atas dosen-dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada saya dan memberikan motivasi arahan kepada saya.
4. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing saya, Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D. atas bimbingan dan arahan yang sangat berharga selama proses penelitian ini.
5. Tidak lupa teman-teman saya Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 21 dan terutama seluruh kerabat dekat/CS kentel saya yang tidak bisa menyebutkan namanya satu-satu terima kasih untuk kebersamaan kita selama 3,5 tahun ini, terima kasih atas doa, semangat dan motivasi kalian. Semoga selalu terjaga pertemanan kita sampai kapanpun.
6. Satu lagi perusahaan yang tidak perlu saya sebutkan namanya yang sudah membantu saya untuk mengais rezeki, agar bisa dapat membuat laporan ini sampai selesai.

Anjan Himma Ali

NIM : 30202100035

KATA PENGANTAR

Segala puji dan Syukur kehadirat Allah SWT atas segala Rahmat dan hidayahnya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Efektifitas Penggunaan Serbuk Arang Sebagai Bahan Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton K-175” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Orang tua yang telah membesarkan, menyediakan sarana dan prasarana serta dukungan dan doa sampai detik ini.
2. Bapak Dr. Abdul Rochim, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya, baik isi maupun penyusunannya. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis maupun Pembaca.

Semarang,

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN PLAGIASI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO.....	vi
PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
ABSTRAK.....	xvii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 4
2.1. Definisi Beton	4
2.2. Komposisi Beton.....	5
2.2.1. Semen.....	5
2.2.1.1 Jenis Semen Biasa/Abu – Abu	6
2.2.1.2 Semen Campur Terdapat Beberapa Jenis	8
2.2.2. Agregat.....	9
2.2.2.1 Agregat Halus	10
2.2.2.2 Agregat Kasar	12

2.2.3.	Air	14
2.3.	Kuat Tekan Beton.....	15
2.4.	Sifat dan Karakteristik Serbuk Arang	16
2.5.	Serbuk Arang Sebagai Bahan Pengganti.....	18
2.6.	Penelitian Terdahulu	19
2.7.	Hipotesis	19

BAB III METODE PENELITIAN..... 20

3.1.	Jenis Penelitian.....	20
3.2.	Keperluan Data	20
3.3.	Peralatan dan Bahan.....	21
3.3.1.	Saringan.....	21
3.3.2.	Timbangan.....	21
3.3.3.	Gelas Ukur.....	22
3.3.4.	Piknometer.....	22
3.3.5.	Oven.....	23
3.3.6.	Bekisting Beton Silinder.....	23
3.4.	Metode Penelitian.....	24
3.5.	Pelaksanaan	24
3.5.1	Agregat Halus	25
3.5.1.1.	Pemeriksaan Bahan	25
3.5.1.1.1.	Kadar Lumpur	25
3.5.1.1.2.	Kadar Air	25
3.5.1.1.3.	Analisa Saringan.....	26
3.5.2	Agregat Kasar	26
3.5.2.1.	Pemeriksaan Bahan	26
3.5.2.1.1.	Kadar Lumpur	26
3.5.2.1.2.	Kadar Air	27
3.5.2.1.3.	Analisa Saringan.....	27
3.6.	Pembuatan Beton.....	28
3.6.1.	Penakaran Campuran Agregat	28
3.6.2.	Pencampuran	29

3.6.3.	<i>Slump Test</i>	29
3.6.4.	Pengecoran dan Pemdatan	30
3.6.5.	Perawatan Beton (Curing)	31
3.6.6.	Pengukuran Berat Volume	31
3.6.7.	Pengujian Kuat Tekan Beton	32
3.7.	Pengolahan Data	32
3.8.	Diagram Alir Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		34
4.1	Hasil Pemeriksaan Agregat.....	34
4.1.1	Pemeriksaan Agregat Halus.....	34
4.1.2	Pemeriksaan Agregat Kasar.....	41
4.1.3	Serbuk Arang Kayu.....	47
4.2	Pemeriksaan Berat Volume.....	48
4.3	Pengujian Slump.....	50
4.4	Hasil Pengujian.....	51
BAB V PENUTUP.....		54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Pozzolan pada Semen	6
Tabel 2.2 Gradasi Agregat Halus	10
Tabel 2.3 Gradasi Agregat Kasar	12
Tabel 3.1 Persentase Variasi Benda Uji.....	24
Tabel 3.2 <i>Job Mix Design</i> Beton Normal.....	28
Tabel 3.3 <i>Job Mix Design</i> Beton Serbuk Arang 3%.....	28
Tabel 3.4 <i>Job Mix Design</i> Beton Serbuk Arang 5%.....	28
Tabel 3.5 <i>Job Mix Design</i> Beton Serbuk Arang 10%.....	28
Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Analisis Saringan Agregat Halus.....	38
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Analisis Saringan Agregat Halus.....	40
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Analisis Saringan Agregat Kasar Kadar Air.....	44
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Analisis Saringan Agregat Kasar Kadar Air.....	46
Tabel 4.5 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Segar	48
Tabel 4.6 Hasil Berat Volume Beton Segar.....	49
Tabel 4.7 Berat Volume Beton Keras	50
Tabel 4.8 Pengujian Nilai Slump.....	51
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari.....	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Benda Uji Beton	5
Gambar 2.2 Semen	5
Gambar 2.3 Grafik dari Gradasi Pasir Kasar	10
Gambar 2.4 Grafik dari Gradasi Pasir Agak Halus	11
Gambar 2.5 Grafik dari Gradasi Pasir Sedang	11
Gambar 2.6 Grafik dari Gradasi Agregat Halus	11
Gambar 2.7 Agregat Halus (Pasir)	12
Gambar 2.8 Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimum 10 mm	13
Gambar 2.9 Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimum 20 mm	13
Gambar 2.10 Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimum 40 mm	13
Gambar 2.11 Agregat Kasar (Kerikil)	14
Gambar 2.12 Air	15
Gambar 2.13 Alat Uji Tekan Beton	15
Gambar 2.14 Hasil Alat Uji Tekan Beton	16
Gambar 2.15 Serbuk Arang	17
Gambar 3.1 Saringan	21
Gambar 3.2 Timbangan	21
Gambar 3.3 Gelas Ukur	22
Gambar 3.4 Piknometer	22
Gambar 3.5 Oven	23
Gambar 3.6 Bekisting	23
Gambar 3.7 Concrete Mixer	29
Gambar 3.8 <i>Slump Test</i>	30
Gambar 3.9 Pengecoran dan Pemadatan	30
Gambar 3.10 Perawatan Beton (<i>Curing</i>)	31
Gambar 3.11 Pengukuran Berat Volume	31
Gambar 3.12 Pengujian Kuat Tekan Beton	32
Gambar 3.13 Pengolahan Data	32
Gambar 3.14 Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 4.1 Grafik Analisis Saringan Agregat Halus	41

Gambar 4.2 Grafik Analisis Saringan Agregat Kasar	47
Gambar 4.3 Grafik Uji Kuat Tekan Beton	52



EFEKTIFITAS PENGGUNAAN SERBUK ARANG SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON K-175

Oleh :

Adik Yogi Irfandi, Anjan Himma Ali

Abstrak

Beton merupakan material konstruksi yang biasanya digunakan, terutama dalam pembangunan infrastruktur. Namun demikian, produksi semen berdampak buruk pada lingkungan, terutama karena tingginya emisi karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan selama proses pembuatannya. Oleh karena itu, sangat penting untuk mencari alternatif bahan tambahan atau pengganti semen yang lebih ramah lingkungan.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Unissula. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton dengan sebagian komposisi campurannya diganti menggunakan serbuk arang. Beton yang dirancang memiliki mutu K-175. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton mencapai usia 28 hari, kemudian hasilnya dibandingkan dengan beton tanpa campuran serbuk arang pada usia yang sama. Variasi penggunaan serbuk arang dalam campuran beton adalah sebesar 3%, 5%, dan 10%.

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan serbuk arang dengan variasi 3% menghasilkan kuat tekan tertinggi dengan rata-rata mencapai 16,620 MPa. Sebagai pembandingan, kuat tekan beton normal K-175 berada pada angka 14,5 MPa. Pada variasi 5%, kuat tekan rata-rata menurun menjadi 12,895 MPa, sedangkan pada variasi 10%, rata-rata kuat tekan turun lebih jauh menjadi 9,846 MPa. Penggantian serbuk arang sebesar 3% memberikan peningkatan kuat tekan sebesar 17%. Namun, pada variasi 5% dan 10%, terjadi penurunan kuat tekan masing-masing sebesar 10% dan 31%.

Kata Kunci: Beton, Semen, Serbuk Arang, Persentase, Kuat Tekan.

EFFECTIVENESS OF USING CHARCOAL POWDER AS A CEMENT SUBSTITUTE ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF K-175 CONCRETE

By :

Adik Yogi Irfandi, Anjan Himma Ali

Abstract

Concrete is a commonly used construction material, especially in infrastructure development. However, cement production has a negative impact on the environment, mainly due to the high carbon dioxide (CO₂) emissions produced during the manufacturing process. Therefore, it is imperative to find alternatives to cement additives or substitutes that are more environmentally friendly.

This research was conducted using an experimental method carried out at the Construction Materials Engineering Laboratory, Faculty of Engineering, Unissula. The purpose of this study was to determine the comparison of the compressive strength of concrete with part of the composition of the mixture replaced using charcoal powder. The designed concrete has a quality of K-175. Compressive strength testing was carried out after the concrete reached the age of 28 days, then the results were compared with concrete without charcoal powder mixture at the same age. The variation of charcoal powder usage in the concrete mix was 3%, 5%, and 10%.

Based on the research results, the use of charcoal powder with 3% variation produced the highest compressive strength with an average of 16.620 MPa. As a comparison, the compressive strength of normal K-175 concrete is at 14.5 MPa. At 5% variation, the average compressive strength decreased to 12.895 MPa, while at 10% variation, the average compressive strength dropped further to 9.846 MPa. The replacement of charcoal powder by 3% gave a 17% increase in compressive strength. However, at the 5% and 10% variations, there was a decrease in compressive strength by 10% and 31%, respectively.

Keywords: Concrete, cement, charcoal powder, percentage, compressive strength.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan material bangunan yang sering dipakai untuk konstruksi berbagai jenis infrastruktur. Material campuran ini Beton mempunyai komposisi dari kombinasi semen, agregat dan air, di mana semen berperan sebagai komponen utama. Sebagai tambahan, berbeda jenis beton murah yang dapat digunakan juga sebagai bahan pengikat yaitu klinker. Produksi semen dengan sendirinya cukup merusak, karena pembuatannya memberikan sumber emisi karbon dioksida yang sangat besar. Mencari material tambah /pengganti semen adalah bagian yang sangat baik dari evolusi. (Khankhaje dkk., 2017).

Semen adalah bahan yang berperan sebagai perekat untuk menggabungkan batu, bata, serta berbagai material bangunan lainnya. Semen memiliki kandungan Karbon dioksida yang tinggi, maka terdapat banyak bahan untuk mengurangi Emisi Karbon diantaranya adalah Geopolimer, abu terbang, fly ash, ferrock, serbuk arang kayu.

Semen mempunyai kelebihan diantaranya: harganya relatif murah, biaya perawatannya rendah, pengerjaan mudah, memikul beban berat, tahan terhadap suhu tinggi, tahan karat/pembusukan, quality control Pada semen juga terdapat kekurangan yaitu: bobot berat, lemah terhadap kuat tarik, tidak kedap suara, sulit kedap air, kandungan karbon tinggi

Salah satu kekurangan dari semen sendiri adalah terdapatnya kandungan Karbon yang tinggi dan berdampak pada udara yang kasar, maka dari kekurangan tersebut maka digunakan salah satu Bahan Tambah atau pengganti Serbuk Arang Kayu agar dapat mengurangi Emisi Karbon. Serbuk Arang Kayu juga dapat menyerap air pada beton, dengan persentase penyerapan Serbuk Arang Kayu Hitam yang meningkat mampu menahan retak dibawah beban tertentu, yang dikenal retak backlash.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji eksperimen ini adalah:

1. Sejauh mana substitusi Serbuk Arang sebagai substitusi sebagian semen memengaruhi kuat tekan beton K-175?
2. Berapa proporsi ideal Serbuk Arang dalam *Job Mix Desain* Beton K-175 untuk memperoleh kuat tekan optimal?

1.3. Tujuan Penelitian

Eksperimen ini mempunyai tujuan yaitu:

1. Menilai bagaimana efek Serbuk Arang sebagai pengganti sebagian Semen mempengaruhi Sifat Mekanik Beton K-175.
2. Mengidentifikasi persentase ideal penggunaan Serbuk Arang untuk mencapai Kuat Tekan yang memenuhi.

1.4. Batasan Masalah

Eksperimen ini difokuskan pada unsur-unsur tertentu, yaitu:

1. Arang yang digunakan adalah Serbuk Arang Kayu Jati.
2. Beton yang diambil sampelnya adalah mutu K-175.
3. Variasi persentase substitusi semen dengan Serbuk Arang adalah 3%, 5%, dan 10%.
4. Uji kuat tekan dilakukan umur 28 hari.
5. Memakai silinder 30 x 15 sebagai benda ujinya

1.5. Manfaat Penelitian

Eksperimen ini bertujuan untuk menghasilkan keuntungan yang diharapkan, termasuk:

1. Memberikan wawasan tentang kemanjuran substitusi Semen dengan Serbuk Arang dalam *Job Mix Desain* Beton K-175.
2. Menawarkan alternatif yang lebih ramah lingkungan sebagai Pengganti Semen Sebagian untuk Campuran Beton.
3. Meningkatkan kegunaan Limbah Serbuk Arang sambil meminimalkan kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh Produksi Semen.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika berikut digunakan pada penyusunan laporan ini:

1. Bab 1: Pendahuluan

Mencakup Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Keterbatasan Masalah, Manfaat Penelitian, dan Sistematika Tugas Akhir.

2. Bab 2: Tinjauan Pustaka

Menjelaskan teori yang melatarbelakangi penelitian ini, seperti pemanfaatan alternatif semen, karakteristik mekanis beton, dan studi-studi terkait.

3. Bab 3: Metode Penelitian,

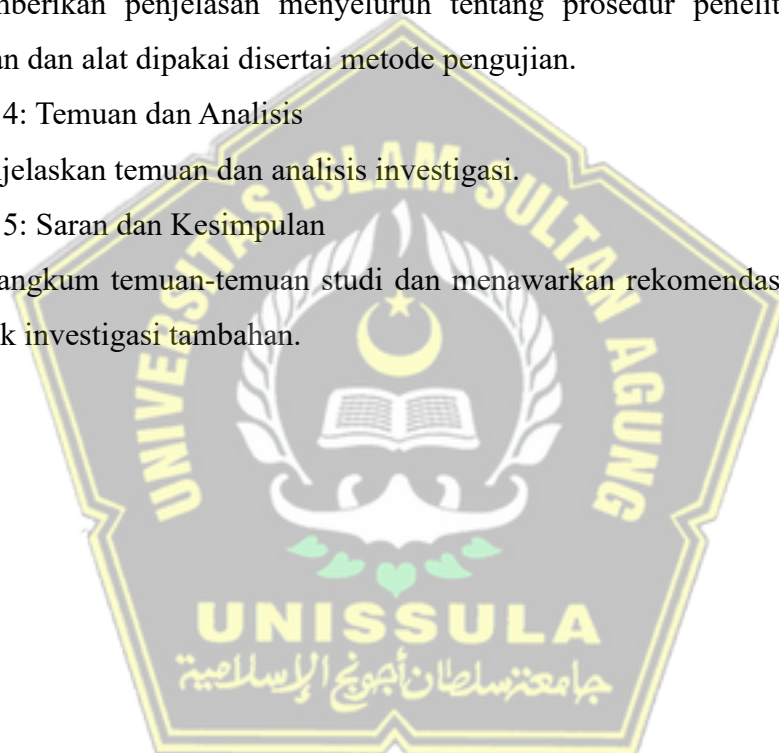
Memberikan penjelasan menyeluruh tentang prosedur penelitian, termasuk bahan dan alat dipakai disertai metode pengujian.

4. Bab 4: Temuan dan Analisis

Menjelaskan temuan dan analisis investigasi.

5. Bab 5: Saran dan Kesimpulan

Merangkum temuan-temuan studi dan menawarkan rekomendasi-rekomendasi untuk investigasi tambahan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Beton

Beton ialah bahan konstruksi biasa meliputi material semen, agregat halus, agregat kasar, serta air. Beton menjadi material konstruksi paling populer di dunia karena berbagai keunggulannya, seperti Kuat Tekan sangat baik, ketahanan yang baik, serta kemudahan untuk dibentuk.

Beton K-175 adalah jenis beton dengan mutu yang kerap dimanfaatkan dalam semua konstruksi, khususnya untuk struktur yang tidak memerlukan kekuatan tinggi. Dalam upaya untuk meningkatkan mutu dan kekuatan tekan beton K-175, penggunaan bahan substitusi seperti serbuk arang mulai mendapatkan perhatian. Serbuk arang yang diperoleh dari pembakaran kayu atau bahan organik lainnya memiliki karakteristik tertentu yang dapat berperan dalam peningkatan kuat tekan beton.

Beton K-175 memiliki Kuat Tekan minimum senilai 14,5 MPa hari ke-28. Komposisi utama dari beton ini mempunyai bahan komposisi semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Bahan pengganti, seperti serbuk arang, dapat memengaruhi sifat fisik dan mekanik beton, termasuk kuat tekan dan durabilitas (Mulyono, 2004). Apabila bermaksud untuk menghasilkan beton berkualitas, yang mencakup standar yang lebih tinggi. akibat dengan adanya kebutuhan yang lebih besar, perlu dipertimbangkan secara cermat Metode untuk mendapatkan adukan beton segar (fresh concrete) berkualitas, sehingga beton keras (hardened concrete) memiliki kualitas yang bagus. Beton yang berkualitas adalah beton yang mempunyai kekuatan optimal, ketahanan yang lama, dan kemampuan untuk menahan air. Beton mempunyai berat jenis, ada 3 klasifikasi sesuai dengan SNI 03-2847-2002, yaitu sebagai berikut:

1. Beton Ringan kurang dari 1900 kg/m^3
2. Beton Normal = 2200 kg/m^3 - 2500 kg/m^3
3. Beton Berat lebih dari 2500 kg/m^3



Gambar 2.1. Benda Uji Beton
Sumber: Dokumen Pribadi

2.2 Komposisi Beton

Perbandingan semen, agregat halus, agregat kasar, dan air ketika dicampur untuk membangun massa padat disesuaikan dengan fungsi dan tujuan pembuatan beton. biasanya, komposisi beton meliputi semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. (Dipohusodo, 1996).

2.2.1. Semen

Semen merupakan bahan pengikat hidrolis yang memiliki kemampuan untuk mengeras saat bereaksi dengan air. Tujuan utama semen adalah sebagai bahan pengikat. agregat halus dan agregat kasar sehingga menjadi satu kesatuan yang kokoh.



Gambar 2.2. Semen
Sumber: Dokumen Pribadi

Tabel 2.1. Kandungan Pozzolan pada Semen

Kandungan(%)	Class F	ASTM C-618, <i>Pozzolan Class C</i>	Class N
<i>SiO₂</i>	-	-	-
<i>Al₂O₃</i>	-	-	-
<i>Fe₂O₃</i>	-	-	-
<i>SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃</i>	70 minimum	50 minimum	70 minimum
<i>O₃</i>	-	-	-
<i>O₃</i>	-	-	-
CaO	5 minimum	5 minimum	5 minimum
MgO	-	-	-
TiO ₂	-	-	-

2.2.1.1. Jenis Semen Biasa/Abu –Abu

Dikenal juga dengan nama Portland, yaitu semen bubuk berwarna abu kebiruan. Semen ini digunakan pada keperluan, seperti pembangunan konstruksi. Bahan dasarnya adalah batu kapur diproses pada suhu tinggi. Semen Biasa memiliki 5 jenis, yaitu:

Tipe I (Ordinary Portland Cement)

Jenis Semen Portland Tipe I biasa dikenal dan dipakai oleh masyarakat luas. Semen ini banyak dijual di pasaran dan digunakan untuk pembangunan struktur bangunan pada umumnya membutuhkan ketentuan khusus, seperti hidrasi panas atau ketahanan tekan awal tertentu. Fungsi Semen jenis ini meliputi konstruksi rumah tinggal, gedung bertingkat, dan jalan raya. Karakteristiknya sangat cocok untuk tempat pembangunan berada di area yang tidak dekat dengan pantai dan memiliki tingkat kandungan sulfat yang rendah.

2. Type II (*Moderat Sulphat Resistance*)

Letak geografis suatu lokasi dapat memengaruhi konsentrasi asam sulfat dalam air dan tanah, serta laju hidrasi. Sebagai akibatnya,, kondisi ini membutuhkan jenis Semen ini biasanya digunakan untuk konstruksi di daerah pesisir, tanah rawa, pelabuhan. Ciri khas dari Semen ini adalah ketahanannya terhadap asam sulfat dengan kadar antara 0,10 hingga 0,20 persen, serta menghasilkan panas hidrasi yang tergolong menengah.

3. Tipe III (*High Early Strength*)

Berbeda Semen Portland Tipe I dipakai untuk pembangunan tanpa memerlukan ketentuan khusus, sementara Semen Portland Tipe III dirancang untuk mencukupi kebutuhan konstruksi dengan syarat tertentu. Ciri utama dari yang Semen Portland Tipe III memiliki kemampuan guna mencapai kekuatan tekan tinggi segera selesai proses pengikatan, yang memungkinkan pekerjaan konstruksi diselesaikan lebih cepat. Tipe semen ini biasanya diterapkan dalam berbagai proyek konstruksi, seperti untuk pondasi, dinding, dan struktur bangunan lainnya. pembangunan gedung bertingkat serta struktur bangunan di bawah air yang tidak membutuhkan daya tahan terhadap asam sulfat. Kekuatan Semen Portland Tipe III setara dengan kuat beton memakai Semen Portland Tipe I pada usia 28 hari.

4. Tipe IV (*Low Heat of Hydration*)

Karakteristik utama dari Semen Portland Tipe IV adalah kebutuhan akan panas hidrasi yang minim. Semen ini dirancang untuk meminimalkan panas selama fase pengerasan, sehingga risiko terjadinya keretakan pada struktur dapat diminimalkan. Kegunaan Semen Portland Tipe IV biasanya untuk pembangunan bendung dan landasan pesawat

5. Tipe V (*Sulphat Resistance Cement*)

Semen Portland Tipe V dirancang untuk kebutuhan konstruksi di area kandungan asam sulfat relatif banyak, yakni lebih dari 0,20 persen. Beberapa contoh lokasi yang memerlukan jenis semen ini adalah daerah rawa, kawasan pesisir atau perairan laut, serta area pertambangan. Bangunan yang umumnya menggunakan Semen Portland Tipe V meliputi struktur bawah air, dan fasilitas pembangkit tenaga nuklir.

2.2.1.2. Semen Campur terdapat beberapa jenis yaitu:

1. Semen Portland Komposit (PCC/Portland Composite Cement)

Sering dimanfaatkan sebagai bahan pengikat dalam berbagai jenis konstruksi, seperti beton, pemasangan batu bata, precast, beton prategang, paving block dan lain-lain. Semen Portland Komposit (PCC) memiliki beberapa kelebihan, seperti kemudahan dalam pengerjaan, kedap air, ketahanan terhadap sulfat, dan tidak rentan keropos. Bahan PCC ini mencakup campuran terak, gypsum, dan berbagai bahan anorganik lainnya.

2. *Super Portland Pozzolan Composite Cement (PPC)*

Biasa dipakai guna pembangunan konstruksi di daerah pesisir, dan lahan basah yang membutuhkan ketahanan terhadap sulfat, serta panas hidrasi yang moderat. Bangunan yang memanfaatkan jenis semen ini meliputi pelabuhan, saluran air, dan lainnya. Bahan utama dari semen ini adalah terak, gypsum, dan pozzolan.

3. *Super Masonry Cement (SMC)*

Semen jenis ini berfungsi sebagai bahan utama dalam pembuatan berbagai produk, seperti genteng beton, tegel, bata hollow, paving block, untuk konstruksi bangunan yang menggunakan struktur beton yang memiliki kekuatan hingga K-225.

4. *Super Blended Cement (SBC)* atau Semen Campur

Semen jenis ini dipakai untuk mencukupi kebutuhan konstruksi di laut dan tidak tersedia di pasaran secara umum. Di Indonesia, salah satu proyek yang menggunakan Semen Campuran adalah Jembatan Surabaya-Madura (Suramadu).

5. Semen Putih

Semen tipe ini biasanya digunakan untuk pemasangan keramik dan juga untuk dekorasi pada bagian interior dan eksterior bangunan.

6. *Oil Well Cement (OWC) G- HSR (High Sulphate Resistance)* atau Semen Sumur Minyak

Selain dipakai dalam pembangunan rumah, semen ini juga dimanfaatkan dalam proses pengeboran minyak bumi. Semen ini memiliki daya tahan yang unggul terhadap tingkat sulfat yang tinggi.. dan dirancang khusus untuk kondisi kedalaman serta suhu tertentu, yang disesuaikan dengan laju pengerasan semen. Semen ini diterapkan pada sumur minyak, baik yang ada di bawah tanah maupun di laut.

7. Semen Acian Putih atau Mortar TR30

Semen jenis ini memiliki kekuatan ikat relatif kuat dan membuat permukaan yang halus, tahan terhadap retakan, serta tidak mudah terkelupas. Proses pengerjaannya relatif cepat. Semen ini umumnya digunakan untuk pekerjaan finishing, seperti pada plesteran, acian, pemasangan keramik, dan lain-lain.

8. Semen Anti Bakteri

Semen ini merupakan kombinasi antara Semen Portland dan bahan antibakteri, seperti germicida, yang memiliki ketahanan terhadap bakteri dan jamur sangat baik. Sifat kimia dan fisiknya nyaris setara dengan Semen Portland Tipe I. Semen ini dimanfaatkan dalam pembangunan struktur yang mudah terpapar pertumbuhan jamur dan bakteri, seperti pada kolam renang, pabrik makanan, keramik, dan bangunan yang berpotensi mengandung jamur patogenik serta bakteri.

9. *High Alumina Cement* (HAC) / Semen dengan Kandungan Alumina

Semen jenis ini menghasilkan beton dengan proses pengerasan yang cepat serta memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan asam sulfat, meskipun kurang tahan terhadap alkali. Bahan utama yang digunakan untuk memproduksi semen ini adalah batu kapur dan bauksit.

10. *Waterproofed Cement* (WPC)

Semen jenis ini adalah kombinasi antara Semen Portland dan bahan agen pelindung air, seperti kalsium, atau logam sejenis lainnya. Semen ini khususnya digunakan dalam konstruksi beton untuk menahan tekanan hidrostatik, seperti penyimpanan cairan kimia ditangki.

2.2.2. Agregat

Agregat merupakan bahan berbentuk butiran yang memiliki kekerasan dan padat, yang dapat berupa batu, pasir, kerikil, atau abu batu. Agregat dapat berasal dari sumber alam maupun buatan. Secara umum, agregat mengisi sekitar 70% hingga 80% dari total volume beton, sehingga perannya sangat krusial dalam menentukan sifat beton (Mindess, 2013). Pentingnya distribusi gradasi agregat tercermin dalam upaya mencapai homogenitas, kepadatan, dan konsistensi dalam perilaku keseluruhan massa beton (Nawy, 1998). Fungsi utama agregat adalah untuk meningkatkan kekuatan, stabilitas, dan daya tahan struktur beton sambil mengurangi penggunaan bahan pengikat seperti semen.

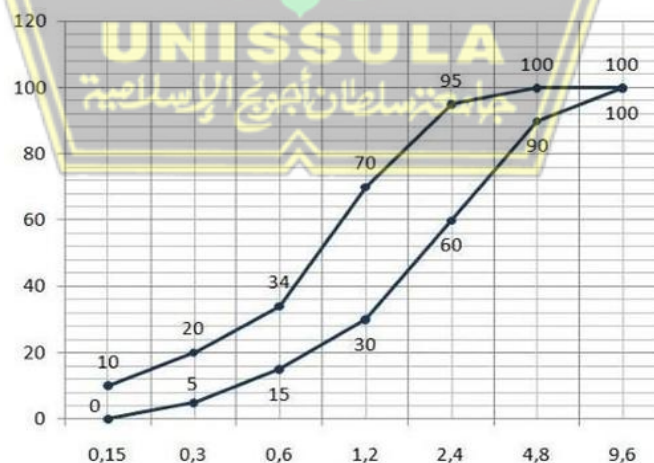
Agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya menjadi agregat halus (misalnya pasir) dan agregat kasar (misalnya kerikil). Dalam konteks ini, terdapat dua jenis agregat:

2.2.2.1. Agregat Halus

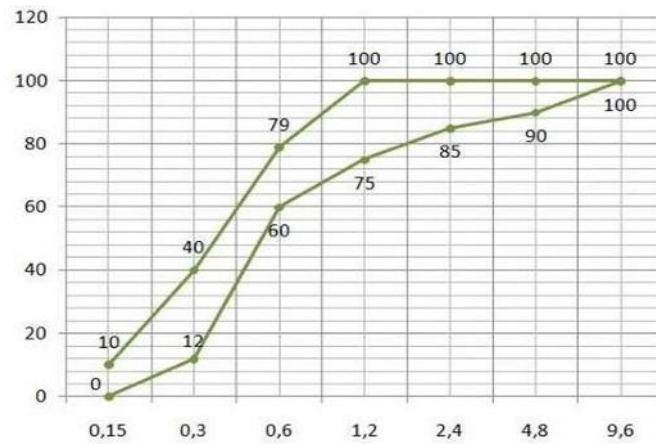
Agregat halus berupa pasir alami atau pasir hasil olahan. pabrik yang masuk dari ayakan 4,75 mm (No. 4) dan tertahan pada ayakan 0,075 mm (No. 200). Agregat halus berfungsi untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran beton. Agregat halus (split) diatur berdasarkan SNI-03-2834-2000 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal).

Tabel 2.2. Gradasi Agregat Halus
Sumber: SNI-03-2834-2000

Ukuran Saringan				SNI 03-2834-2000				ASTM C-33
(Ayanan)				Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus	Fine Aggregate
mm	SNI	ASTM	inch	Gradasi No. 1	Gradasi No. 2	Gradasi No. 3	Gradasi No. 4	Sieve Analysis
9,50	9,5	¾ in	0,3750	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
4,75	4,8	no. 4	0,1870	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100	95 - 100
2,36	2,4	no. 8	0,0937	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100	80 - 100
1,18	1,2	no. 16	0,0469	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100	50 - 85
0,60	0,6	no. 30	0,0234	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100	25 - 60
0,30	0,3	no. 50	0,0117	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50	5 - 30
0,15	0,15	no. 100	0,0059	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	0 - 10



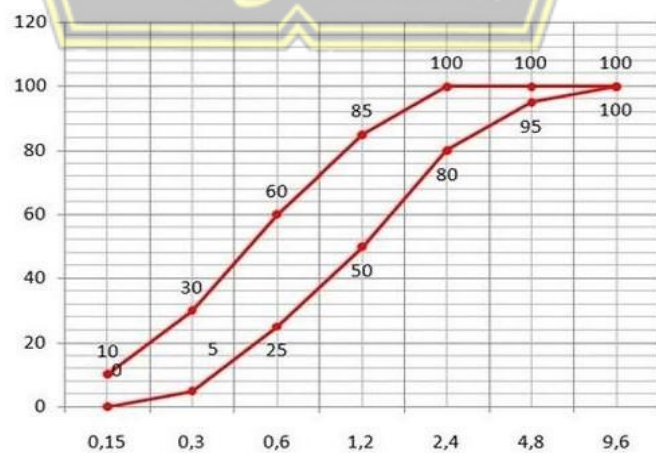
Gambar 2.3. Grafik dari Gradasi Pasir Kasar
Sumber: SNI-03-2834-2000



Gambar 2.4. Grafik Gradasi Pasir Agak Halus
Sumber: SNI-03-2834-2000



Gambar 2.5. Grafik dari Gradasi Pasir Sedang
Sumber: SNI-03-2834-2000



Gambar 2.6. Grafik dari Gradasi Agregat Halus
Sumber: SNI-03-2834-2000



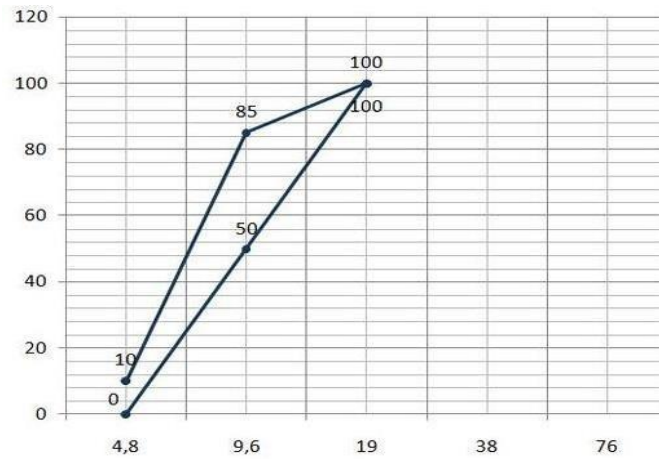
Gambar 2.7. Agregat Halus (Pasir)
Sumber: Dokumen Pribadi

2.2.2.2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil alam ataupun batu yang masuk saringan 40 mm dan tertinggal pada ayakan 4,75 mm (No. 4). Fungsi utama agregat kasar untuk memberikan daya tahan pada beton. Agregat kasar diatur berdasarkan SNI-03-2834-2000 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal).

Tabel 2.3. Gradasi Agregat Kasar
Sumber: SNI-03-2834-2000

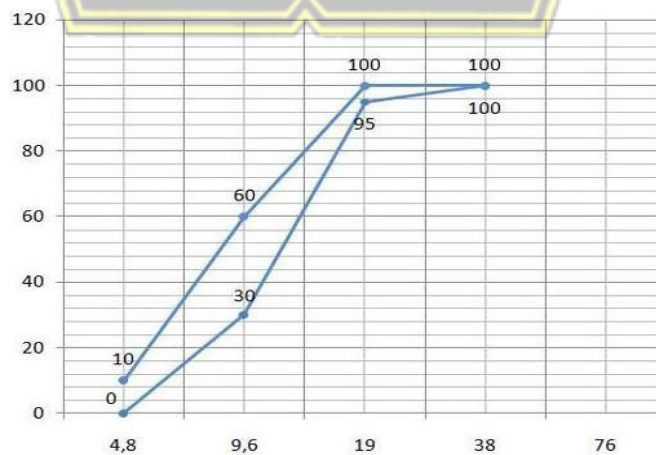
Ukuran Saringan				% Lolos Saringan/Ayakan		
(Ayakan)				Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
mm	SNI	ASTM	inch			
75,0	76	3 in	3,00			100 - 100
37,5	38	1½ in	1,50		100 - 100	95 - 100
19,0	19	¾ in	0,75	100 - 100	95 - 100	35 - 70
9,5	9,6	¾ in	0,3750	50 - 85	30 - 60	10 - 40
4,75	4,8	no. 4	0,1870	0 - 10	0 - 10	0 - 5



Gambar 2.8. Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimum 10 mm
Sumber: SNI-03-2834-2000



Gambar 2.9. Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimum 20 mm
Sumber: SNI-03-2834-2000



Gambar 2.10. Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimum 40 mm
Sumber: SNI-03-2834-2000



Gambar 2.11. Agregat Kasar (Kerikil)
Sumber: Dokumen Pribadi

2.2.3. Air

Air berfungsi untuk mengikat semen sehingga terjadi reaksi kimia yang memungkinkan beton mengeras dan menyusut. Dalam hal ini, air berfungsi sebagai bahan campuran yang juga mengikat semen dan agregat. Biasanya, air yang digunakan diharapkan tidak mengandung bahan terdispersi secara banyak dan harus bebas dari zat kimia (Mindess et al., 2003).

Kebutuhan air merupakan hal penting dalam pembangunan telah diatur sesuai ketentuan, yaitu berdasarkan Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982). Mempunyai ketentuan berikut: Air diharuskan steril dari kotoran. Tidak diperbolehkan ada kandungan lumpur, minyak, atau zat lain yang terlihat secara kasat mata.

Kadar padatan tersuspensi dalam air tidak diperbolehkan lebih 2 gram/liter. Air diharuskan steril dari garam larut yang dapat merusak beton, seperti asam dan zat organik, dengan batas maksimum 15 gram per liter. Kandungan klorida (Cl) tidak boleh melebihi 500 ppm, dan kandungan senyawa sulfat berupa SO_3 tidak boleh lebih dari 1000 ppm. Air dengan kualitas diragukan mengharuskan pengujian dan evaluasi kimia kembali.

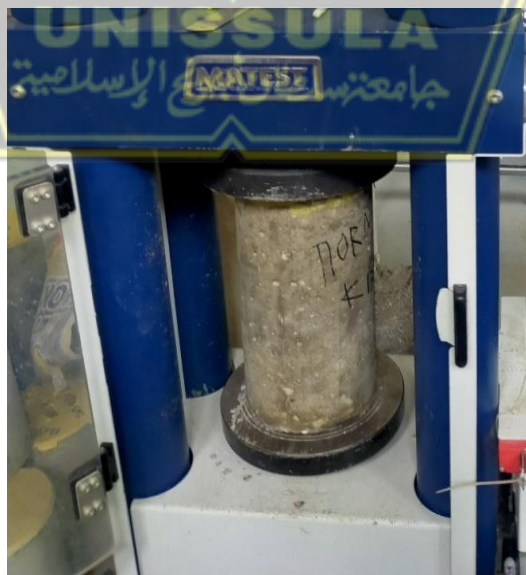


Gambar 2.12. Air
Sumber: Dokumen Pribadi

2.3. Kuat Tekan Beton

Kuat Tekan Beton merujuk pada daya tahan beton untuk menahan beban tekan per satuan area. Faktor Kuat Tekan Beton :

1. Faktor Air Semen (FAS)
2. Jenis dan gradasi agregat
3. Umur beton
4. Perawatan beton



Gambar 2.13. Alat Uji Kuat Tekan Beton
Sumber: Dokumen Pribadi

Kuat Tekan Beton mempunyai rumus yang cukup sederhana, yaitu:

$$F'_c = \frac{P}{A}$$

Dengan:

F'_c = Kuat tekan beton dengan Benda Uji Silinder

P = Beban runtuh yang diterima beton

A = Luas Penampang Silinder Beton

Konversi Kuat Tekan Beton sebagai berikut:

Ukuran beton 175 kg/cm², Modulus Elastisitas = 15 MPa

Ukuran beton 225 kg/cm², Modulus Elastisitas = 19 MPa

Ukuran beton 275 kg/cm², Modulus Elastisitas = 23 MPa

Ukuran beton 300 kg/cm², Modulus Elastisitas = 25 MPa



Gambar 2.14. Hasil Uji Kuat Tekan Beton
Sumber: Dokumen Pribadi

2.4. Sifat dan Karakteristik Serbuk Arang

Arang adalah hasil Proses karbonisasi kayu yang dilakukan secara komprehensif terdiri dari karbon. Sementara itu, Arang aktif adalah arang yang selesai menjalani proses lanjutan melalui pemanasan pada suhu tinggi ataupun dengan reaksi menggunakan bahan kimia tertentu. sehingga pori-porinya terbuka dan dapat berfungsi sebagai adsorben atau bahan penyerap pada permukaannya.

Adsorben berbeda dengan Absorbent, berikut perbedaannya:

- a. Absorpsi merupakan proses zat tertentu diserap ke dalam cairan atau benda padat secara menyeluruh.
- b. Adsorpsi merupakan proses zat tertentu di mana atom, ion, atau molekul melekat atau terperangkap pada pori-pori permukaan bahan adsorben. Proses ini terjadi khusus pada lapis permukaan zat, maka sangat bergantung pada luas alas bahan penyerap tersebut.

Beberapa Bahan dasar yang bisa digunakan untuk memproduksi arang aktif meliputi limbah serbuk gergaji, potongan kayu, residu dari industri kelapa sawit, tempurung kelapa, tanaman hutan kayu, aspal muda, dan lain sebagainya. Dalam industri minyak goreng, arang aktif yang dikombinasikan dengan bleaching earth digunakan untuk menghilangkan peroksida, zat warna, rasa, serta aroma tidak sedap yang dihasilkan dari proses saponifikasi (Alfathoni, 2002).



Gambar 2.15. Serbuk Arang
Sumber: Dokumen Pribadi

Beberapa faktor yang memengaruhi sifat adsorpsi yang dimiliki oleh arang aktif diantaranya (Agusta, 2012):

1. Sifat Fisika Arang Aktif

Aktivitas arang aktif dipengaruhi oleh banyaknya pori yang ada., yang memungkinkan adsorbat untuk masuk dan menempel di dalam pori-pori tersebut.

2. Sifat Kimia Arang Aktif

Sifat kimia arang aktif terbentuk melalui aktivasi arang. Selama proses ini, rangkaian aktif pada arang aktif saling mengikat secara kimia dengan molekul organik. Fenomena adsorpsi terjadi akibat adanya gaya yang menghubungkan alas arang aktif dengan adsorbat.

3. Jenis Adsorbat

Adsorbat yang bersifat nonpolar cenderung memiliki interaksi yang lebih baik dengan rangkaian aktif pada arang aktif. Hal ini menjadikan molekul organik dengan kelarutan rendah dalam air dapat membentuk ikatan yang lebih kuat dengan arang aktif.

4. Suhu

Seiring dengan penurunan suhu, kemampuan arang aktif dalam menyerap akan meningkat. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya kelarutan molekul adsorbat, sehingga lebih banyak molekul yang dapat teradsorpsi.

5. Waktu kontak

Seiring dengan penurunan suhu, daya serap arang aktif akan meningkat. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya kelarutan molekul adsorbat, yang menyebabkan lebih banyak molekul dapat teradsorpsi.

6. Luas permukaan Karbon Aktif

Bertambah besar luas permukaan arang aktif, semakin tinggi pula kemampuannya untuk menyerap.

7. Konsentrasi Adsorbat dan ukuran Partikel Adsorbat

Semakin besar konsentrasi dan ukuran partikel adsorbat, semakin cepat arang aktif mencapai titik kejenuhan dalam hal daya serapnya.

2.5. Serbuk Arang Sebagai Bahan Pengganti

Serbuk arang adalah hasil pembakaran tidak sempurna dari bahan yang mempunyai kandungan karbon, seperti kayu, batu bara. Serbuk arang memiliki beberapa sifat yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton, yaitu:

1. Kandungan karbon yang tinggi.
2. Kandungan selulosa yang memiliki sifat termoplastik, sehingga mudah mengikat bahan lainnya dan tahan terhadap panas.

2.6. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan topik ini antara lain:

1. Penelitian oleh M.Iqbal Hanafi (2018) yang menunjukkan bahwa penambahan serbuk arang sebanyak 15% dari berat semen dapat menurunkan kuat tekan beton sebesar 7%.
2. Penelitian oleh Luthfi Hakim dan Dimas Riesnian Toro Adji (2023) yang menunjukkan bahwa penambahan serbuk arang sebanyak 20% dari berat semen dapat menurunkan kuat tekan beton sebesar 9,91%.
3. Penelitian oleh M. Alief Akbar Akmal (2024) yang menunjukkan bahwa penambahan serbuk arang sebanyak 1% dari variasi 1%, 3% dan 6% dari berat semen dapat meningkatkan kuat tekan beton maksimal namun masih dibawah nilai beton normal dan masih diatas mutu beton rencana 25 MPa.
4. Subandi Adi. Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Subang. Pengaruh Pemanfaatan Serbuk Arang Sebagai Bahan Addictive Pengganti Semen pada Campuran Beton Mutu K-225.
5. Eransyah Muhammad Fitra, Paryati, Paryati Ninik, Sylviana Rika. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bekasi. Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Batok Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton

2.7. Hipotesis

Mengacu tinjauan pustaka di atas, dapat disimpulkan bahwa penambahan Serbuk Arang sebagai bahan tambah campuran beton K-175 bisa mengurangi Kuat Tekan Beton, meskipun penurunan tersebut tidak ekstrim. Penambahan serbuk arang juga dapat berfungsi sebagai pemanfaatan limbah serbuk arang dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan akibat produksi semen.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Uji praktikum pada hari Rabu, 13 November 2024, di Laboratorium TBK Fakultas Teknik Unissula merupakan jenis studi yang digunakan untuk membandingkan kuat tekan karakteristik beton dengan penggantian beberapa persen serbuk arang pada adukan beton. Mutu beton yang digunakan dalam rencana eksperimen ini adalah K-175. Perhitungan yang telah disiapkan mencakup 12 item pemeriksaan, yang terdiri dari silinder 30 x 15 cm, dengan 3 benda uji untuk setiap variasinya. Selain itu, beton dilaksanakan pengetesan kekuatan tekan pada umur 28 hari, dan hasilnya dibandingkan terhadap beton normal pada umur 28 hari. Lokasi penelitian di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3.2. Keperluan Data

Metodologi merupakan suatu metode yang dilakukan dengan mengumpulkan dan mencatat., mempelajari, dan mengevaluasi data untuk mendapatkan informasi dan sumber data guna mencari solusi dari suatu masalah. Beberapa data harus dipakai untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah Data Utama.

Data Utama merupakan informasi yang dikumpulkan dari temuan hasil pelaksanaan di laboratorium. Data yang dikumpulkan dari laboratorium berupa:

1. Hasil analisa saringan agregat
2. Berat jenis
3. Berat isi agregat
4. Kadar lumpur agregat
5. Perbandingan campuran beton (Mix Design)
6. Nilai slump
7. Hasil uji kuat tekan beton

3.3. Peralatan dan Bahan

Peralatan penelitian ini meliputi:

3.3.1. Saringan

Saringan berupa ayakan dengan variasi lubang saringan. Variasi lubang saringan tersebut adalah 12,5 mm, 9,50 mm, 4,7 mm, 2,38 mm, 1,19 mm, 0,59 mm, 0,27 mm, dan 0,15 mm. Saringan yang digunakan yang terdapat tutup dan menggunakan mesin penggetar.



Gambar 3.1. Saringan
Sumber: Google.com

3.3.2. Timbangan

Alat yang menampilkan hasil Berat Agregat dan Beton dengan ketelitian 0,1 gram.



Gambar 3.2. Timbangan
Sumber: Dokumen Pribadi

3.3.3. Gelas Ukur

Gelas yang memiliki fungsi untuk mengukur udara dalam pembuatan satu Benda Uji Beton dengan ukuran 1000 ml.



Gambar 3.3. Gelas Ukur
Sumber: Google.com

3.3.4. Piknometer

Digunakan untuk menentukan persentase kandungan lumpur dalam agregat berukuran 1000 ml.



Gambar 3.4. Piknometer
Sumber: Dokumen Pribadi

3.3.5. Oven

Oven mengeluarkan panas untuk mengeringkan agregat agar memenuhi syarat agregat.



Gambar 3.5. Oven
Sumber: Dokumen Pribadi

3.3.6. Bekisting Beton Silinder

Bekisting Beton dengan Silinder ukuran 30 x 15 cm.



Gambar 3.6. Bekisting
Sumber: Dokumen Pribadi

3.4. Metode Penelitian

Menggunakan metode eksperimental yang mengharuskan dilakukan trial untuk mengumpulkan data. Penelitian tahap pertama dilakukan dengan pengumpulan data sekunder yang diperlukan untuk pengujian bahan dasar agregat dan bahan campuran beton untuk percobaan. Benda uji yang dipakai silinder ukuran tinggi 30 x 15 cm, yang dipilih pada eksperimen ini.

3.5. Pelaksanaan

Sebelum memulai pembuatan benda uji, penting untuk melakukan pemeriksaan terhadap bahan material yang akan dipakai dalam praktikum penelitian. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa beton yang dipakai memiliki kualitas yang optimal. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian menggunakan 3 benda uji pada setiap variasi bahan pengganti serbuk arang dengan berat semen.

Persentase pada variasi benda uji dijabarkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Persentase Variasi Benda Uji

Nomor	Kode	Persentase Serbuk Arang (%)	Semen (%)	Jumlah Benda Uji
1	B1	0	100	3
2	B2	3	97	3
3	B3	5	95	3
4	B4	10	90	3
Total Benda Uji				12

3.5.1. Agregat Halus

3.5.1.1. Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan Agregat Halus dilakukan dengan tiga jenis yaitu:

3.5.1.1.1. Kadar Lumpur

Pengetesan Kadar Lumpur pada Agregat Halus dapat dihitung menggunakan rumus:

$$W = \left(\frac{v_1}{v_1 + v_2} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana:

V1 = Volume pasir

V2 = Volume lumpur (mm³)

3.5.1.1.2. Kadar Air

Pengetesan Kadar Air dihitung menggunakan rumus:

$$w = \left(\frac{b-c}{c-a} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana:

a = Berat cawam (gram)

b = Berat cawan + agregat sebelum di oven (gram)

c = Berat cawan + agregat setelah di oven (gram)

Adapun prosedur yang diterapkan dalam pengetesan kadar air pada agregat :

1. Menentukan berat benda uji secara presisi hingga 0,1% dari berat (W1), dimana berat benda uji dihitung sebagai berat wadah dan benda uji yang dikurangi dengan berat wadah.
2. Keringkan benda uji langsung dengan pemanas dalam wadah menggunakan pemanas, lakukan dengan teliti agar tidak ada partikel yang hilang agar timbangan tidak akan terpengaruh.
3. Setelah benda uji di dinginkan, timbang ke massa yang mendekati 0,1% (W2). Massa benda uji teringan hanya berkurang dari 0,1% setelah dilakukan pemanasan tambahan.

3.5.1.1.3. Analisa Saringan

$$\text{Berat Hilang} = \left(\frac{b_1 - b_2}{b_1} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

b1 = Berat agregat semula (gram)

b2 = Berat agregat setelah disaring (gram)

$$\text{MHB} = \left(\frac{\sum \% \text{Kumulatif Agregat Tertinggal}}{\text{Berat Jenis Tertinggal}} \right) \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana:

MHB: Modulus Halus Butir (%)

Berikut adalah cara pengujian analisa saringan pada agregat yaitu:

- a. Benda uji dikeringkan terlebih dahulu menggunakan oven sampai berat tetap konstan pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- b. Untuk menyaring benda uji, gunakan ayakan mulai dari atas dengan ukuran terbesar, kemudian berlanjut ke bawah dengan ukuran paling kecil. Saringan kemudian digoyang-goyang selama 15 menit, baik secara manual maupun mekanis.

3.5.2. Agregat Kasar

3.5.2.1. Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan Agregat Kasar dilakukan dengan tiga jenis yaitu:

3.5.2.1.1. Kadar Lumpur

Pengetesan Kadar Lumpur pada Agregat Halus dihitung memakai rumus:

$$W = \left(\frac{v_1}{v_1 + v_2} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana:

v₁ = Volume pasir

v₂ = Volume lumpur

3.5.2.1.2. Kadar Air

Pengetesan Kadar Air dapat dihitung menggunakan rumus:

$$w = \left(\frac{b-c}{c-a} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana:

a = Berat cawan (gram)

b= Berat cawan + agregat sebelum dioven (gram)

c = Berat cawan + agregat sesudah dioven (gram)

Adapun prosedur yang dilakukan dalam pengujian kadar air pada agregat :

1. Menentukan berat benda uji dengan akurasi hingga 0,1% dari massa (W1).
Massa benda uji diperoleh dengan cara menjumlahkan massa wadah dan benda uji, kemudian mengurangi massa wadah.
2. Sebelum itu, keringkan terlebih dahulu Benda uji dalam wadah dipanaskan menggunakan pemanas.
3. Setelah benda uji dingin, lakukan penimbangan ke massa terdekat yaitu 0,1% (W2). Benda uji dianggap kering jika pemanasan selanjutnya hanya menurunkan massa kurang dari 0,1%.

3.5.2.1.3. Analisa Saringan

$$\text{Berat Hilang} = \left(\frac{b_1-b_2}{b_1} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana:

b1 = Berat agregat semula (gram)

b2 = Berat agregat setelah disaring (gram)

$$\text{MHB} = \left(\frac{\sum \% \text{Kumulatif Agregat Tertinggal}}{\text{Berat Jenis Tertinggal}} \right) \dots \dots \dots (3.8)$$

Dimana:

MHB = Modulus halus butir (%)

3.6. Pembuatan Beton

Adapun Prosedur yang dilakukan dalam Pembuatan Beton sebagai berikut:

3.6.1. Penakaran Campuran Agregat

Dalam melakukan penakaran campuran agregat, digunakan alat timbang untuk mengukur takaran campuran beton K-175. Persentase yang digunakan yaitu sesuai dengan Tabel Job Mix Design dibawah ini:

Tabel 3.2. Job Mix Design Beton Normal

1 m ³ K-175		SF 20 % Dari bahan	jumlah	1 silinder	3 silinder	satuan
semen	326	65.2	391.2	2.072871	6.218613	kg
pasir	760	152	912	4.83246	14.49738	kg
korall	1029	205.8	1234.8	6.542897	19.62869	kg
air	215	43	258	1.367078	4.101233	liter

Tabel 3.3. Job Mix Design Beton Serbuk Arang 3%

1 m ³ K-175		SF 20 % Dari bahan	jumlah	1 silinder	3 silinder	satuan
(97%(326)Semen) (3%(326)Serbuk Arang)						
semen	316.22	63.244	379.464	2.010685	6.032055	kg
pasir	760	152	912	4.83246	14.49738	kg
korall	1029	205.8	1234.8	6.542897	19.62869	kg
air	215	43	258	1.367078	4.101233	liter
SA	9.78	1.956	11.736	0.062186	0.186558	kg

Tabel 3.4. Job Mix Design Beton Serbuk Arang 5%

1 m ³ K-175		SF 20 % Dari bahan	jumlah	1 silinder	3 silinder	satuan
(95%(326)Semen) (5%(326)Serbuk Arang)						
semen	309.7	61.94	371.64	1.969227	5.907682	kg
pasir	760	152	912	4.83246	14.49738	kg
korall	1029	205.8	1234.8	6.542897	19.62869	kg
air	215	43	258	1.367078	4.101233	liter
SA	16.3	3.26	19.56	0.103644	0.310931	kg

Tabel 3.5. Job Mix Design Beton Serbuk Arang 10%

1 m ³ K-175		SF 20 % Dari bahan	jumlah	1 silinder	3 silinder	satuan
(90%(326)Semen) (10%(326)Serbuk Arang)						
semen	293.4	58.68	352.08	1.865584	5.596752	kg
pasir	760	152	912	4.83246	14.49738	kg
korall	1029	205.8	1234.8	6.542897	19.62869	kg
air	215	43	258	1.367078	4.101233	liter
SA	32.6	6.52	39.12	0.207287	0.621861	kg

3.6.2. Pencampuran

Semua bahan sudah ditakar komposisinya, lalu dimasukkan ke dalam Mixer Beton. Untuk mempermudah pencampuran antar agregat, dilakukan penambahan air secara bertahap.

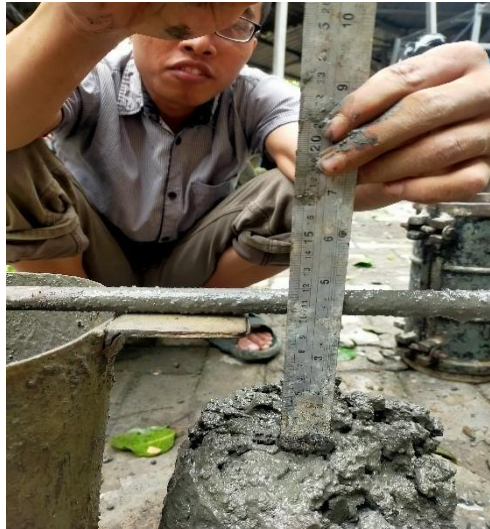


Gambar 3.7. *concrete mixer*
Sumber: Google.com

3.6.3. *Slump Test*

Adukan yang telah merata kemudian dituang ke dalam kerucut Abrams dan dipadatkan dengan tongkat pemadat. Ketika permukaan campuran beton mengecil setelah kerucut Abrams ditarik, pengukuran nilai *slump* dilakukan. Nilai *slump* ditentukan berdasarkan penurunan adukan yang terjadi setelah kerucut tersebut diangkat. Pengujian *slump* dilakukan sebagai berikut (PBI, 1971:37):

- Umumnya, Kerucut Abrams mempunyai diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm dan tinggi 30 cm. Pada saat pengujian, kerucut diletakkan di permukaan yang rata.
- Pengisian adukan dilakukan secara bertahap dari lubang bagian atas.
- Setiap pengisian 1/3 volume kerucut dilakukan penusukan menggunakan batang besi 10 kali agar adukan menjadi padat dan diberi jeda $\frac{1}{2}$ menit tiap 1/3 pengisian. Pengisian dilakukan dengan mengikuti langkah di atas sampai kerucut penuh. Kemudian, pembersihan sisa adukan di area kerucut dilakukan untuk memulai pengangkatan kerucut Abrams ke arah atas.
- Pengamatan dilakukan dengan mengukur penurunan adukan dari titik atas, yaitu tinggi kerucut itu sendiri.
- Nilai penurunan itulah yang kemudian disebut dengan nilai *slump test*.



Gambar 3.8. Slump Test
Sumber: Dokumen Pribadi

3.6.4. Pengecoran dan Pemadatan

Pengecoran dilakukan dalam 3 lapisan pada bekisting silinder ukuran 30 x 15 cm. Setiap lapisan beton pada Silinder telah ditusuk secara merata sebanyak 25 kali, dan proses pengecoran pun telah rampung., proses tersebut dianggap selesai. setelah diisi dengan beton baru, beton dibiarkan selama 24 jam. Metode pemadatan dilakukan dengan penumbukan adonan selama penuangan ke cetakan silinder.



Gambar 3.9. Pengecoran dan Pemadatan
Sumber: Google.com

3.6.5. Perawatan Beton (*Curing*)

Pada beton yang sudah dilepas dari cetakan selama 2 hari, dilakukan perawatan beton dengan merendam secara bertahap pada hari ke-7, hari ke-14, hari ke-28, dan seterusnya.



Gambar 3.10. Perawatan Beton (*Curing*)
Sumber: Dokumen Pribadi

3.6.6. Pengukuran Berat Volume

Rumus Pengujian Berat volume:

$$\gamma = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana:

γ = Berat jenis beton (gr/cm³)

W= berat beton (gr)

V= Volume silinder beton (cm³)



Gambar 3.11. Pengukuran Berat Volume
Sumber: Dokumen Pribadi

3.6.7. Pengujian Kuat Tekan Beton

Uji dilaksanakan dengan pemberian pembebanan pada benda uji menggunakan concrete pressure machine umur 28 hari. Uji dilakukan dengan tahapan :

- Tes Kuat Tekan pada benda uji sebaiknya dilakukan segera, setelah dipindahkan dari tempat perawatan.
- Tempatkan alas tekan bagian bawah secara rata dengan kuat menghadap ke atas pada permukaan datar mesin uji kuat tekan..
- Beri pembebanan secara bertahap dan stabil.
- Pembebanan dilakukan hingga terjadi failure. Lakukan pengujian terhadap benda uji dan catatlah beban maksimal yang dapat ditahan selama proses pengetesan. Selain itu, perhatikan dan catat jenis kerusakan serta kondisi fisik yang terlihat pada benda uji tersebut.



Gambar 3.12. Pengujian Kuat Tekan Beton
Sumber: Dokumen Pribadi

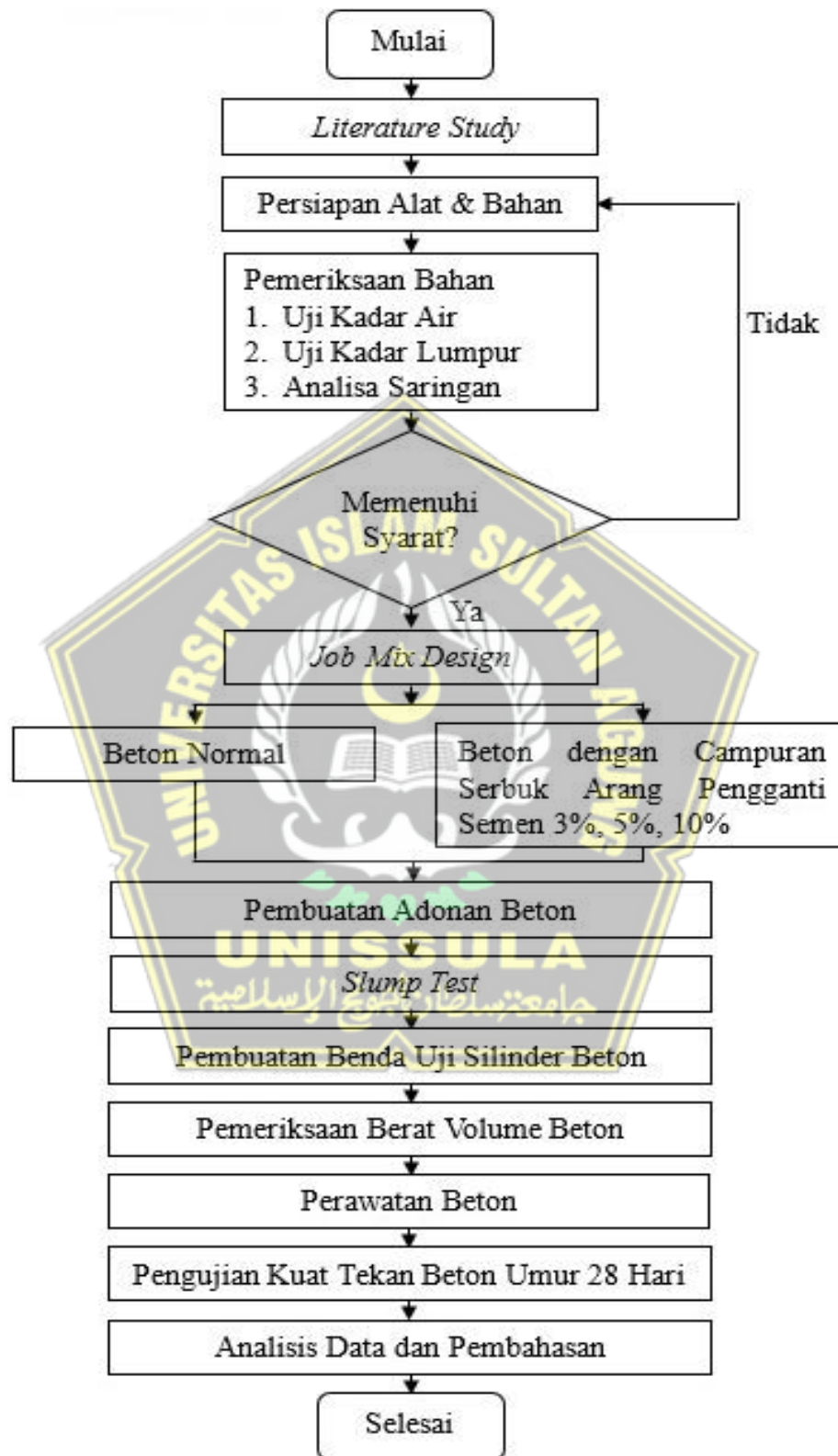
3.7. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk mengubah dan memproses data agar mudah dipahami. Data yang didapat dari hasil pengujian beberapa variabel yang berkaitan dengan rencana penelitian akan diproses untuk mendapatkan informasi yang dapat menunjang kelengkapan data penelitian.



Gambar 3.13. Pengolahan Data
Sumber: Dokumen Pribadi

3.8. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.14. Diagram Alir Penelitian

Sumber: Dokumen Pribadi

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pemeriksaan Agregat

Setelah menyelesaikan serangkaian pengetesan tahap uji bahan, kami berhasil mengumpulkan data pemeriksaan untuk agregat halus dan kasar. Pengujian yang dilakukan meliputi analisis saringan, pengukuran kadar air, serta pengujian kadar lumpur. Selain itu, untuk serbuk arang, kami juga melakukan analisis saringan. Data lengkap mengenai hasil perhitungan dan pengujian dapat ditemukan pada Lampiran Data Hasil Praktikum yang terletak di bagian akhir dokumen.

4.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus

1. Kadar Air

Hasil penelitian ini menyajikan data mengenai kadar air pada agregat halus yang telah diuji. Pengujian dilakukan terhadap dua sampel, masing-masing dengan berat 500 gram.

a. Percobaan I

Berat cawan = 44 g

Berat cawan + agregat sebelum dioven = 544 g

Berat cawan + agregat setelah dioven = 526 g

Berat agregat sebelum dioven (W_1)

$$W_1 = (\text{Berat cawan} + \text{agregat sebelum dioven}) - (\text{berat cawan})$$

$$\begin{aligned} W_1 &= 544 \text{ g} - 44 \text{ g} \\ &= 500 \text{ g} \end{aligned}$$

Berat agregat setelah dioven (W_2)

$$\begin{aligned} W_2 &= 526 \text{ g} - 44 \text{ g} \\ &= 482 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air I} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 482}{482} \\ &= 3,73\% \end{aligned}$$

b. Percobaan II

Berat cawan = 43 g

Berat cawan + agregat sebelum dioven = 543 g

Berat cawan + agregat setelah dioven = 525 g

Berat agregat sebelum dioven (W_1)

$$W_1 = (\text{Berat cawan} + \text{agregat sebelum dioven}) - (\text{berat cawan})$$

$$\begin{aligned} W_1 &= 543 \text{ g} - 43 \text{ g} \\ &= 500 \text{ g} \end{aligned}$$

Berat agregat setelah dioven (W_2)

$$\begin{aligned} W_2 &= 525 \text{ g} - 43 \text{ g} \\ &= 482 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air II} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 482}{482} \\ &= 3,73\% \end{aligned}$$

c. Kadar Air Rata-Rata

$$\begin{aligned} \text{Kadar air rata-rata} &= \frac{\text{kadar air 1} + \text{kadar air 2}}{2} \times 100\% \\ &= \frac{3,73 + 3,73}{2} \times 100\% \\ &= 3,73\% \end{aligned}$$

Rata-rata kadar air dari dua pemeriksaan yang dilakukan menunjukkan bahwa kadar air agregat halus yang akan digunakan untuk penelitian ini berfungsi sebagai bahan campuran beton dengan nilai sebesar 3,73%.

2. Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur pada agregat halus dilaksanakan dengan memasukkan pasir ke dalam gelas ukur berisi air. Setelah itu, campuran tersebut dikocok dan dibiarkan selama 24 jam. Proses pengujian dilakukan menggunakan dua sampel.

a. Percobaan I

$$V_1 = 500 \text{ ml}$$

$$V_2 = 30 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar Lumpur I} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \\ &= \frac{30}{500 + 30} \times 100\% \\ &= 5,6\%\end{aligned}$$

b. Percobaan II

$$V_1 = 500 \text{ ml}$$

$$V_2 = 30 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar Lumpur I} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \\ &= \frac{30}{500 + 30} \times 100\% \\ &= 5,6\%\end{aligned}$$

c. Kadar Lumpur Rata-Rata

$$\text{Kadar Lumpur I} = 5,6\%$$

$$\text{Kadar Lumpur II} = 5,6\%$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar Lumpur rata-rata} &= \frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2} \\ &= \frac{5,6\% + 5,6\%}{2} \\ &= 5,6\%\end{aligned}$$

Hasil rata-rata dari dua percobaan tersebut menunjukkan bahwa Kadar lumpur pada agregat halus yang akan digunakan untuk campuran beton mencapai 5,6%. Hasil ini tidak sesuai dengan ketentuan maksimum kadar lumpur agregat halus, yang ditetapkan sebesar 5%. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses pencucian terlebih dahulu.

3. Pencucian Kembali Kadar Lumpur

a. Percobaan I

$$V_1 = 500 \text{ ml}$$

$$V_2 = 25 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar Lumpur I} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \\ &= \frac{25}{500 + 25} \times 100\% \\ &= 4,76 \%\end{aligned}$$

b. Percobaan II

$$V_1 = 500 \text{ ml}$$

$$V_2 = 20 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar Lumpur I} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \\ &= \frac{20}{500 + 20} \times 100\% \\ &= 3,85\%\end{aligned}$$

c. Kadar Lumpur Rata-Rata

$$\text{Kadar Lumpur I} = 4,76\%$$

$$\text{Kadar Lumpur II} = 3,85\%$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar lumpur rata-rata} &= \frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2} \\ &= \frac{4,76\% + 3,85\%}{2} \\ &= 4,305\%\end{aligned}$$

Hasil rata-rata dari dua percobaan yang telah dilakukan setelah tahap pencucian ulang menunjukkan bahwa Kadar lumpur pada agregat halus yang akan digunakan untuk campuran beton sebesar 4,305%. Hasil ini sesuai dengan batas maksimal kadar lumpur pada agregat halus yaitu 5%.

4. Analisis Saringan

Pengujian analisis saringan agregat halus dilaksanakan dengan memanfaatkan ayakan yang sesuai dengan standar SNI yang disediakan oleh Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Unissula.

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Analisis Saringan Agregat Halus
(Sumber : Hasil Analisis)

No	Nomor Saringan	Berat Cawan (gram)	Berat Cawan + Agregat (gram)	Berat Agregat (gram)
1.	3/8	73	73	0
2.	4	73	78,5	5,5
3.	8	73	113,6	40,6
4.	16	73	127,6	54,6
5.	30	73	212,9	139,9
6.	50	73	202,3	129,3
7.	100	73	157,6	84,6
8.	PAN	73	117,5	44,5
Jumlah				499

Perhitungan Analisis Saringan pada Agregat Halus (Pasir)

- **Persentase Agregat Tertinggal**

$$\text{Persentase Agregat Tertinggal} = \frac{c}{\Sigma c} \times 100\%$$

$$1) \text{ Tertahan kumulatif No.3/8} = \frac{0}{499} \times 100\%$$

$$= 0 \%$$

$$2) \text{ Tertahan kumulatif No.4} = \frac{5,5}{499} \times 100\%$$

$$= 1,1 \%$$

$$3) \text{ Tertahan kumulatif No.8} = \frac{40,6}{499} \times 100\%$$

$$= 8,13 \%$$

$$4) \text{ Tertahan kumulatif No.16} = \frac{54,6}{499} \times 100\%$$

$$= 10,94 \%$$

$$\begin{aligned}
 5) \text{ Tertahan komulatif No.30} &= \frac{139,9}{499} \times 100\% \\
 &= 28,04 \% \\
 6) \text{ Tertahan komulatif No.50} &= \frac{129,3}{499} \times 100\% \\
 &= 25,91 \% \\
 7) \text{ Tertahan komulatif No.100} &= \frac{84,6}{499} \times 100\% \\
 &= 16,94 \% \\
 8) \text{ Tertahan komulatif PAN} &= \frac{44,5}{499} \times 100\% \\
 &= 8,94 \%
 \end{aligned}$$

• **Kumulatif Agregat Tertinggal**

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Lolos Saringan No 3/8} &= (0+0) \% &= 0\% \\
 2) \text{ Lolos Saringan No 4} &= (0+1,1) \% &= 1,1\% \\
 3) \text{ Lolos Saringan No 8} &= (1,1+8,13) \% &= 9,23\% \\
 4) \text{ Lolos Saringan No 16} &= (9,23+10,94) \% &= 20,17\% \\
 5) \text{ Lolos Saringan No 30} &= (20,17+28,04) \% &= 48,21\% \\
 6) \text{ Lolos Saringan No 50} &= (48,21+25,91) \% &= 74,12 \% \\
 7) \text{ Lolos Saringan No 100} &= (74,12+16,94) \% &= 91,06\% \\
 8) \text{ Lolos Saringan PAN} &= (91,06+8,94) \% &= 100 \%
 \end{aligned}$$

• **Present Finer (f)**

Persent Finer (f) = 100% - Kumulatif Agregat Tertinggal

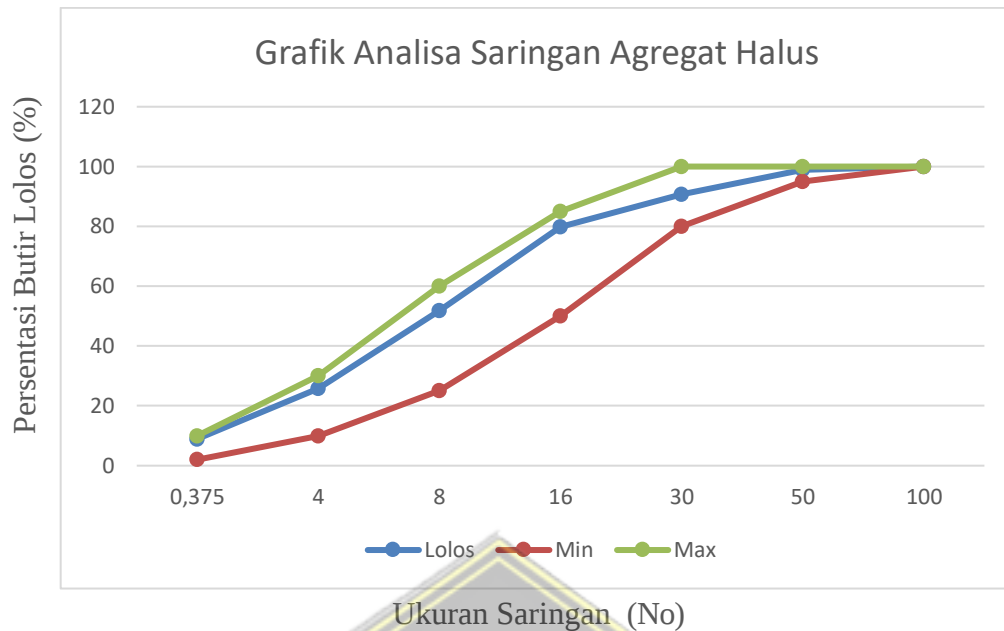
$$\begin{aligned}
 1) \text{ Saringan No } \frac{3}{4} &= 100\% - 0\% &= 100\% \\
 2) \text{ Saringan No 1/2} &= 100\% - 1,1\% &= 98,9\% \\
 3) \text{ Saringan No 3/8} &= 100\% - 9,23\% &= 90,77\% \\
 4) \text{ Saringan No 4} &= 100\% - 20,17\% &= 79,83\% \\
 5) \text{ Saringan No 8} &= 100\% - 48,21\% &= 51,79\% \\
 6) \text{ Saringan No 16} &= 100\% - 74,12\% &= 25,88\% \\
 7) \text{ Saringan No 30} &= 100\% - 91,06\% &= 8,94\% \\
 8) \text{ Saringan No PAN} &= 100\% - 100\% &= 0\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Analisis Saringan Agregat Halus
(Sumber : Hasil Analisis)

No	Nomor Saringan	Berat Agregat (c) (gram)	Persentase Agregat tertinggal (e)(%)	Komulatif Agregat Tertinggal (e)(%)	Persent Finer (f) (%)	Spesifikasi (ASTM C33) (%)	
						Min (%)	Max (%)
1.	3/8	0	0	0	100	100	100
2.	4	5,5	1,1	1,1	98,9	95	100
3.	8	40,6	8,13	9,23	90,77	80	100
4.	16	54,6	10,94	20,17	79,83	50	85
5.	30	139,9	28,04	48,21	51,79	25	60
6.	50	129,3	25,91	74,12	25,88	10	30
7.	100	84,6	16,94	91,06	8,94	2	10
8.	PAN	44,5	8,94	100	0	-	-
Jumlah		499	100	343,89	456,11	-	-

- Modulus Halus butir (MHB)

$$\begin{aligned}
 FM &= \frac{\sum \% \text{ Kumulatif bertahan}}{100} \\
 &= \frac{0+1,1+9,23+20,17+48,21+74,12+91,06+100}{100} \\
 &= \frac{343,89}{100} \\
 &= 3,44
 \end{aligned}$$



Gambar 4.1. Grafik Analisis Saringan Agregat Halus
(Sumber : Hasil Perhitungan)

Hasil analisis terhadap saringan agregat halus menunjukkan bahwa gradasi yang digunakan belum memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh ASTM C-33-2016. Modulus Halus Butir (MHB) dari agregat halus ini tercatat sebesar 3,44%. Secara umum, nilai MHB untuk agregat halus berkisar antara 1,50% hingga 3,80%, sehingga MHB yang diperoleh dalam penelitian ini masih tergolong dalam kategori standar.

4.1.2 Agregat Kasar

1. Kadar Air

Hasil penelitian ini menunjukkan data mengenai kadar air pada agregat kasar yang telah diuji. Pengujian menggunakan dua sampel, masing-masing dengan berat 260 gram.

a. Percobaan I

Berat cawan	= 110 g
Berat cawan + agregat sebelum dioven	= 610 g
Berat cawan + agregat setelah dioven	= 600 g

Berat agregat sebelum dioven (W_1)

$$W_1 = (\text{Berat cawan} + \text{agregat sebelum dioven}) - (\text{berat cawan})$$

$$\begin{aligned} W_1 &= 610 \text{ g} - 110 \text{ g} \\ &= 500 \text{ g} \end{aligned}$$

Berat agregat setelah dioven (W_2)

$$W_2 = (\text{Berat cawan} + \text{agregat setelah dioven}) - (\text{berat cawan})$$

$$\begin{aligned} W_2 &= 600 \text{ g} - 110 \text{ g} \\ &= 490 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air I} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 490}{490} \\ &= 2,04\% \end{aligned}$$

b. Percobaan II

$$\text{Berat cawan} = 105,5 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan} + \text{agregat sebelum dioven} = 605,5 \text{ g}$$

$$\text{Berat cawan} + \text{agregat setelah dioven} = 596 \text{ g}$$

Berat cawan sebelum dioven (W_1)

$$W_1 = (\text{Berat cawan} + \text{agregat sebelum dioven}) - (\text{berat cawan})$$

$$\begin{aligned} W_1 &= 605,5 \text{ g} - 105,5 \text{ g} \\ &= 500 \text{ g} \end{aligned}$$

Berat cawan setelah dioven (W_2)

$$W_2 = (\text{Berat cawan} + \text{agregat setelah dioven}) - (\text{berat cawan})$$

$$\begin{aligned} W_2 &= 596 \text{ g} - 105,5 \text{ g} \\ &= 490,5 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air II} &= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \\
 &= \frac{500 - 490,5}{490,5} \\
 &= 1,94\%
 \end{aligned}$$

c. Kadar Air Rata-Rata

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air rata-rata} &= \frac{\text{Kadar air 1} + \text{Kadar air 2}}{2} \times 100\% \\
 &= \frac{2,04 + 1,94}{2} \times 100\% \\
 &= 1,99\%
 \end{aligned}$$

Hasil rata-rata dari dua kali pengujian kadar air pada agregat kasar menunjukkan bahwa kadar air agregat halus yang digunakan dalam campuran beton mencapai nilai 1,99%.

2. Kadar Lumpur

Proses pengujian kadar lumpur pada agregat kasar dilakukan dengan mencuci pasir menggunakan air, lalu mengeringkannya dalam oven selama 24 jam.

a. Percobaan I

$$V_1 = 500 \text{ ml}$$

$$V_2 = 3 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Lumpur I} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \\
 &= \frac{3}{500 + 3} \times 100\% \\
 &= 0,6\%
 \end{aligned}$$

b. Percobaan II

$$V_1 = 500 \text{ ml}$$

$$V_2 = 5 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Lumpur I} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \\
 &= \frac{5}{500 + 5} \times 100\% \\
 &= 0,99\%
 \end{aligned}$$

c. Kadar Lumpur Rata–Rata

Kadar Lumpur I = 0,6%

Kadar Lumpur II = 0,99%

$$\begin{aligned}\text{Kadar Lumpur rata–rata} &= \frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2} \\ &= \frac{0,6\% + 0,99\%}{2} \\ &= 0,795 \%\end{aligned}$$

Hasil rata-rata dari pemeriksaan menunjukkan bahwa kadar lumpur agregat kasar sebesar 0,795%. Oleh karena itu, kadar tersebut sudah memenuhi persyaratan kandungan maksimum kadar lumpur agregat kasar yang ditetapkan sebesar 1%.

4. Analisis Saringan

Pengujian analisis saringan agregat kasar dilaksanakan dengan memanfaatkan ayakan yang sesuai dengan standar SNI 03-1968-1990. Proses ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Unissula, sebagaimana yang tertera dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 – Hasil Perhitungan Analisis Saringan Agregat Kasar Kadar Air
(Sumber : Hasil Analisis)

No	Nomor Saringan	Berat Cawan (gram)	Berat Cawan + Agregat (gram)	Berat Agregat (gram)
1.	¾	78	78	0
2.	½	78	95	17
3.	3/8	78	250,6	172,6
4.	4	78	328,2	250,2
5.	8	78	126,7	48,7
6.	16	78	83,9	5,9
7.	30	78	81,1	3,1
8.	PAN	78	80	2
Jumlah				499,5

Perhitungan Analisa Saringan pada Agregat Kasar.

- **Persentase Agregat Tertinggal**

Persentase Agregat Tertinggal	$= \frac{c}{\sum c} \times 100\%$
1) Tertahan komulatif No.3/4	$= \frac{0}{499,5} \times 100\%$ $= 0 \%$
2) Tertahan komulatif No.1/2	$= \frac{17}{499,5} \times 100\%$ $= 3,40 \%$
3) Tertahan komulatif No.3/8	$= \frac{172,6}{499,5} \times 100\%$ $= 34,55 \%$
4) Tertahan komulatif No.4	$= \frac{250,2}{499,5} \times 100\%$ $= 50,09\%$
5) Tertahan komulatif No.8	$= \frac{48,7}{499,5} \times 100\%$ $= 9,75\%$
6) Tertahan komulatif No.16	$= \frac{5,9}{499,5} \times 100\%$ $= 1,17\%$
7) Tertahan komulatif 30	$= \frac{3,1}{499,5} \times 100\%$ $= 0,63\%$
8) Tertahan komulatif PAN	$= \frac{2}{499,5} \times 100\%$ $= 0,41\%$

- **Kumulatif Agregat Tertinggal**

1) Lolos Saringan No.3/4	$= (0 + 0) \%$	$= 0 \%$
2) Lolos Saringan No.1/2	$= (0 + 3,40) \%$	$= 3,40 \%$
3) Lolos Saringan No.3/8	$= (3,4 + 34,55) \%$	$= 37,95 \%$
4) Lolos Saringan No.4	$= (37,95 + 50,09) \%$	$= 88,04 \%$
5) Lolos Saringan No.8	$= (88,04 + 9,75) \%$	$= 97,79 \%$
6) Lolos Saringan No.16	$= (97,79 + 1,17) \%$	$= 98,96 \%$
7) Lolos Saringan No.30	$= (98,96 + 0,63) \%$	$= 99,59 \%$
8) Lolos Saringan PAN	$= (99,59 + 0,41) \%$	$= 100 \%$

- **Present Finer (f)**

Persent Finer (f) = 100% - Komulatif Agregat Tertinggal

1) Saringan No ¾	= 100% - 0%	= 100%
2) Saringan No 1/2	= 100% - 3,4%	= 96,6%
3) Saringan No 3/8	= 100% - 37,95%	= 62,05%
4) Saringan No 4	= 100% - 88,04%	= 11,96%
5) Saringan No 8	= 100% - 97,79%	= 2,21%
6) Saringan No 16	= 100% - 98,96%	= 1,04%
7) Saringan No 30	= 100% - 99,59%	= 0,41%
8) Saringan No PAN	= 100% - 100%	= 0%

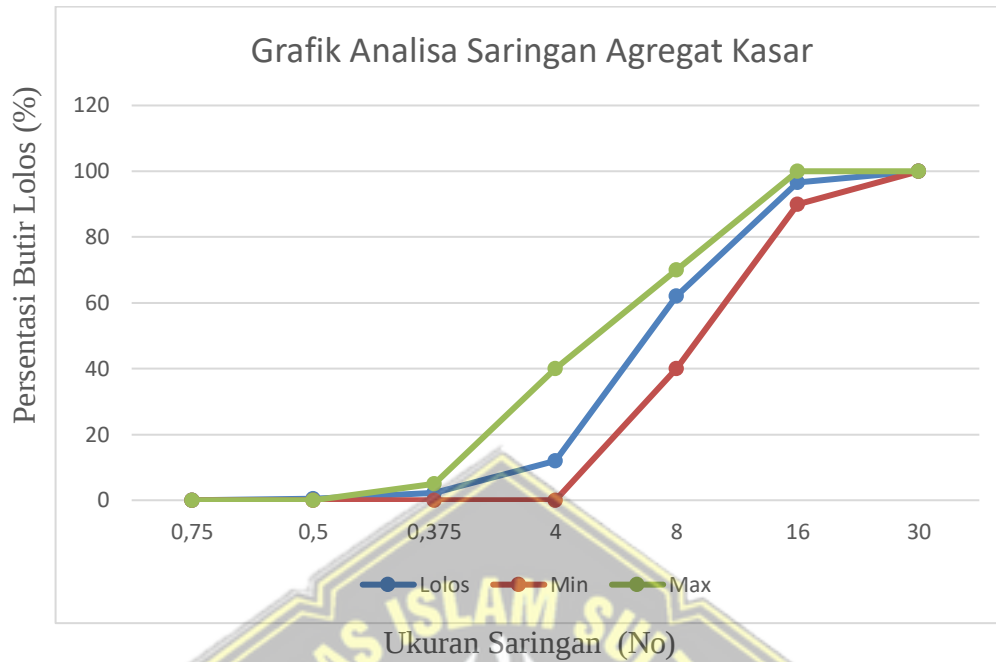
Tabel 4.4 - Hasil Perhitungan Analisis Saringan Pada Agregat Kasar Kadar Air
(Sumber : Hasil Analisis)

No	Ukuran Saringan	Berat Agregat (c) (gram)	Persentase Agregat tertinggal (e)(%)	Komulatif Agregat Tertinggal (e)(%)	Persent Finer (f) (%)	Spesifikasi (ASTM C33)	
						Min (%)	Max (%)
1.	¾	76	0	0	100	100	100
2.	½	348	3,4	3,4	96,6	90	100
3.	3/8	141	34,55	37,95	62,05	40	70
4.	4	54	50,09	88,04	11,96	0	15
5.	8	0	9,75	97,79	2,21	0	5
6.	16	0	1,17	98,86	1,04	-	0
7.	30	0	0,63	99,59	0,41	-	-
8.	PAN	0	0,41	100	0	-	-

- **Modulus Halus Butir (MHB)**

$$\begin{aligned}
 FM &= \frac{\sum \% \text{ Kumulatif bertahan}}{100} \\
 &= \frac{525,63}{100} \\
 &= 5,26\%
 \end{aligned}$$

Hasil Analisis Saringan Agregat Kasar dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2. Grafik Analisis Saringan Agregat Kasar
(Sumber : Hasil Perhitungan)

Hasil analisis saringan agregat kasar menunjukkan bahwa gradasi agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton telah sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan oleh ASTM C-33-2016. Nilai Modulus Halus Butir (MHB) dari agregat kasar tersebut adalah 5,26%. Secara umum, nilai MHB agregat kasar berkisar antara 5% hingga 8%, sehingga dapat disimpulkan bahwa MHB agregat kasar ini tergolong dalam kategori standar.

4.1.3 Serbuk Arang Kayu

a. Analisis Saringan

Metode Analisis Saringan ini sama dengan Metode Analisis Saringan agregat halus dengan hasil Lolos Ayakan Nomor 100 dan tertahan pada Ayakan Nomor 200.

4.2. Pemeriksaan Berat Volume

Uji berat volume beton dilakukan dalam dua tahap, yaitu ketika beton masih dalam kondisi segar dan setelah mengalami pengerasan. Beton segar mengacu pada material yang baru dituangkan ke dalam cetakan silinder, sedangkan beton yang telah mengeras adalah beton yang sudah mencapai usia 28 hari. Hasil pengujian berat volume ini disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton Segar
(Sumber : Hasil Analisis)

No.	Nama		Berat Cetakan (Mm) (kg)	Berat Cetakan + Benda Uji (Mc) (kg)	Berat Benda Uji (Mc – Mm) (kg)	Rata-Rata Benda Uji (Kg)
1.	Beton K-175	1.1	10,79	24,43	13,64	13,01
		1.2	10,90	23,24	12,34	
		1.3	10,33	23,39	13,06	
2.	Serbuk Arang Kayu 3%	2.1	10,33	23,23	12,9	12,85
		2.2	10,79	23,57	12,78	
		2.3	10,90	23,76	12,86	
3.	Serbuk Arang Kayu 5%	3.1	10,53	23,36	12,83	12,67
		3.2	12,11	24,77	12,66	
		3.3	13,35	25,86	12,51	
4.	Serbuk Arang Kayu 10%	4.1	10,72	23,32	12,6	12,39
		4.2	12,32	24,65	12,33	
		4.3	12,61	24,85	12,24	

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Wadah Ukur (Vm)} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 150^2 \cdot 300 \\
 &= 5.298.750 \text{ mm}^3 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

a. Berat Volume Beton Segar

Berat Volume Beton Segar (D) dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \text{ Persamaan 4.1}$$

$$\begin{aligned} \text{Serbuk Arang 3\%} &= \frac{M_m - M_c}{0,0053} \\ &= \frac{12,9}{0,0053} \\ &= 2433,962 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan benda uji yang lain dicantumkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 - Berat Volume Beton Segar
(Sumber : Hasil Analisis)

No.	Nama	Berat Benda Uji (kg)	Volume (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Rata-Rata Berat Volume (kg/m ³)
1.	Beton K-175	BN 1.1	13,64	2573,585	2455,346
		BN 1.2	12,34	2328,302	
		BN 1.3	13,06	2464,151	
2.	Serbuk Arang Kayu 3%	SA 2.1	12,9	2433,962	2423,893
		SA 2.2	12,78	2411,321	
		SA 2.3	12,86	2426,415	
3.	Serbuk Arang Kayu 5%	SA 3.1	12,83	2420,755	2389,937
		SA 3.2	12,66	2388,679	
		SA 3.3	12,51	2360,377	
4.	Serbuk Arang Kayu 10%	SA4.1	12,6	2377,358	2337,736
		SA4.2	12,33	2326,415	
		SA4.3	12,24	2309,434	

b. Berat Volume Beton Keras (D)

Berat Volume Beton Keras (D) dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \text{ Persamaan 4.1}$$

$$\begin{aligned} \text{Serbuk Arang 3\%} &= \frac{M_m - M_c}{0,0053} \\ &= \frac{12,9}{0,0053} \\ &= 2433,962 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan benda uji yang lain dicantumkan pada Tabel 4.7 .

Tabel 4.7 - Berat Volume Beton Keras
(Sumber : Hasil Analisis)

No.	Nama		Berat Benda Uji (kg)	Volume (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Rata-Rata Berat Volume (kg/m ³)
1.	Beton K-175	BN 1.1	13,23	0,0053	2496,226	2433,962
		BN 1.2	12,94		2441,509	
		BN 1.3	12,53		2364,151	
2.	Serbuk Arang Kayu 3%	SA 2.1	12,92	0,0053	2437,736	2432,704
		SA 2.2	12,72		2400	
		SA 2.3	13,04		2460,377	
3.	Serbuk Arang Kayu 5%	SA 3.1	12,70	0,0053	2396,226	2384,905
		SA 3.2	12,66		2388,679	
		SA 3.3	12,56		2369,811	
4.	Serbuk Arang Kayu 10%	SA4.1	12,43	0,0053	2345,283	2325,157
		SA4.2	12,27		2315,094	
		SA4.3	12,23		2315,094	

Hasil dari Pemeriksaan Berat Volume beton tersebut menunjukkan bahwa dari ketiga beton uji yang memiliki nilai rata-rata berat volumenya paling besar baik saat masih dalam keadaan segar maupun sudah berumur 28 hari adalah beton uji dengan persentase campuran Serbuk Arang 3%.

4.3. Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan setelah proses pencampuran beton selesai dan adukan telah tercampur dengan baik. Pengujian ini menggunakan alat Kerucut Abram dan tongkat pemadat. Nilai *slump* diperoleh dengan mengukur penurunan permukaan adukan beton setelah alat Kerucut Abram diangkat. Penurunan tersebut disebut sebagai nilai *slump*. Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan apakah campuran beton memiliki kadar air yang kurang, berlebih atau sudah sesuai. Tingkat kekakuan campuran beton menggambarkan jumlah air yang terkandung dalam adukan tersebut.

Jika campuran beton kekurangan air, adukannya menjadi tidak rata dan hasil cetakannya kurang sempurna. Sebaliknya, jika campuran beton kelebihan air, mutu betonnya menjadi rendah dan waktu pengeringannya lebih lama. Untuk menjamin kualitas campuran beton, uji slump bisa dilakukan baik di laboratorium maupun di lapangan.

Tabel 4.8 - Pengujian Nilai *Slump*
(Sumber : Hasil Analisis)

No	Agregat	Nilai (cm)
1	Beton Agregat Normal	12
2	Beton Agregat Serbuk Arang Kayu 3%	12
3	Beton Agregat Serbuk Arang Kayu 5%	11
4	Beton Agregat Serbuk Arang Kayu 10%	10

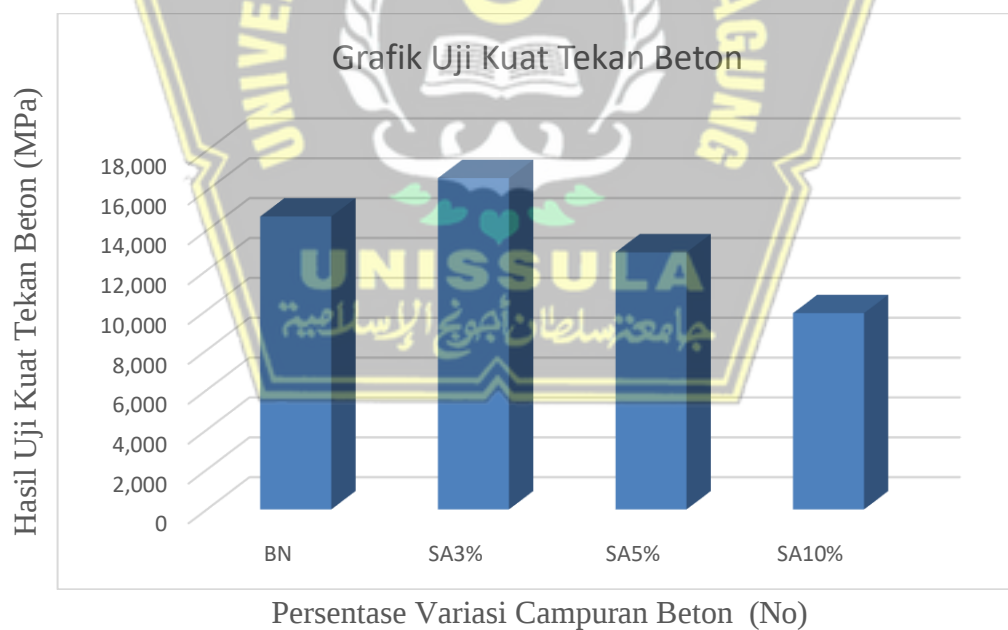
Hasil dari Uji *Slump* Beton Normal dan Beton Uji tersebut menunjukkan bahwa dari ketiga Beton Uji tersebut yang nilainya paling mendekati Beton Normal K-175 adalah beton dengan persentase campuran dengan Nilai *Slump* 10 cm.

4.4. Hasil Pengujian

Pengujian kuat tekan beton dilakukan saat beton telah mencapai usia 28 hari. Uji ini menggunakan alat Concrete Compressive Strength tipe CO-320. Pelaksanaan pengujian berlangsung di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA), dengan menggunakan mesin uji tekan merek Matest CTM 2000. Hasil pengujian kuat tekan tersebut disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 – Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari
(Sumber : Hasil Analisis)

	Nama		Umur (Hari)	Berat (kg)	Ukuran Benda		Luas Penampang (cm ²)	Beban Max Beton (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
					Diameter (cm)	Tinggi (cm)				
1	Normal	1.1	28	13,23	15	30	176,625	256,008	14,487	14,697
		1.2		12,94				264,703	14,979	
		1.3		12,53				258,447	14,625	
2	SA 3%	2.1	28	12,92	15	30	176,625	265,385	15,018	16,620
		2.2		12,72				292,524	16,553	
		2.3		13,04				323,216	18,290	
3	SA 5%	3.1	28	12,70	15	30	176,625	186,916	10,577	12,895
		3.2		12,66				236,177	13,365	
		3.3		12,56				260,514	14,742	
4	SA 10%	4.1	28	12,43	15	30	176,625	172,999	9,790	9,846
		4.2		12,27				183,144	10,364	
		4.3		12,23				165,838	9,384	



Persentase Variasi Campuran Beton (No)

Gambar 4.3 Grafik Uji Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil penelitian, beton yang mengandung serbuk arang dengan kadar 3%, 5%, dan 10% pada umur 28 hari menunjukkan variasi performa kuat tekan maksimum. Beton dengan kadar 3% menghasilkan kuat tekan rata-rata tertinggi sebesar 16,620 MPa, menjadikannya yang paling unggul dibandingkan dengan komposisi lainnya. Beton normal memiliki kuat tekan rata-rata maksimum sebesar 14,697 MPa. Sementara itu, beton dengan kadar serbuk arang 5% mencatat kuat tekan rata-rata sebesar 12,895 MPa, dan beton dengan kadar 10% hanya mencapai kuat tekan rata-rata sebesar 9,846 MPa. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kadar 3% serbuk arang menghasilkan kuat tekan paling tinggi dibandingkan dengan kadar lainnya.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah diuraikan, dapat dirumuskan kesimpulan terkait beberapa poin penting berikut:

- 1) Sifat-Sifat Teknis Serbuk Arang Kayu sebagai Pengganti Sebagian Semen pada Beton Normal.
 - a. Sifat – Sifat Teknis Agregat
 - 1) Kadar Air Agregat Halus sebesar 3,73%, Agregat Kasar sebesar 1,99 %.
 - 2) Kadar Lumpur Agregat Halus sebesar 4,305%, agregat kasar 0,94%.
 - 3) Modulus Halus Butir (MHB) Agregat Halus mendapatkan nilai 3,44 dan Agregat Kasar mendapatkan nilai MHB sebesar 5,26 .
 - b. Sifat – sifat teknis beton
 - 1) Nilai *slump* untuk beton normal dengan mutu K-175 adalah 12 cm. Beton yang menggunakan serbuk arang dengan komposisi 3% menunjukkan nilai *slump* sebesar 12 cm. Sementara itu, beton yang menggunakan serbuk arang dengan komposisi 5% memiliki nilai *slump* sebesar 11 cm dan beton dengan serbuk arang pada komposisi 10% mencatatkan nilai *slump* sebesar 10 cm.
 - 2) Berat volume beton
 - i. Beton Normal K-175 mempunyai Berat Volume Beton Segar sebesar 2455,346 dan Berat Volume Beton Keras sebesar 2433,962 kg/m³.
 - ii. Beton Serbuk Arang dengan Komposisi 3% mempunyai Berat Volume Beton Segar Rata–Rata sebesar 2423,893 kg/m³ dan Berat Volume Beton Keras sebesar 2432,704 kg/m³.
 - iii. Beton Serbuk Arang dengan Komposisi 5% mempunyai Berat Volume Beton Segar Rata–Rata sebesar 2389,937 kg/m³, Berat Volume Beton Keras sebesar 2384,905 kg/m³.
 - iv. Beton Serbuk Arang dengan Komposisi 10% mempunyai Berat Volume Beton Segar Rata–Rata sebesar 2337,736 kg/m³, Berat Volume Beton Keras sebesar 2325,157 kg/m³.

- v. Penggunaan beton Substitusi serbuk arang sebanyak 3% menghasilkan berat volume beton segar tertinggi sebesar 2423,893 kg/m³ dan berat volume beton keras sebesar 2432,704 kg/m³. Meskipun demikian, nilai tersebut masih lebih rendah dibandingkan berat volume beton normal, yaitu 2455,346 kg/m³ untuk beton segar dan 2433,962 kg/m³ untuk beton keras.

3) Kuat Tekan

Beton Substitusi serbuk arang sebagai pengganti agregat kasar pada komposisi 3% menghasilkan kekuatan tekan tertinggi sebesar 16,620 MPa. Angka ini menunjukkan peningkatan dibandingkan beton normal yang memiliki kekuatan tekan sebesar 14,697 MPa.

Serbuk arang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti semen dalam pembuatan beton normal K-175, karena memiliki potensi untuk meningkatkan kuat tekan beton pada campuran tertentu. Namun, berdasarkan hasil penelitian, penggunaan serbuk arang dengan persentase 5% dan 10% justru menyebabkan penurunan kuat tekan beton secara signifikan jika dibandingkan dengan beton normal.

5.2 Saran

- 1) Sebaiknya pada saat proses pembuatan JMD (Job Mix Design) air yang dicampurkan pada beton diperbanyak sebanyak persentase variasi semen dari hitungan Beton Normal karena Serbuk Arang memiliki sifat cepat mengering.
- 2) Diperlukan penelitian lanjutan mengenai penggunaan serbuk arang sebagai pengganti semen pada beton untuk memperoleh kekuatan beton yang lebih efektif dan maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Subandi Adi. Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Subang. Pengaruh Pemanfaatan Serbuk Arang Sebagai Bahan Addictive Pengganti Semen pada Campuran Beton Mutu K-225.
- Eransyah Muhammad Fitra, Paryati Ninik, Sylviana Rika. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bekasi. Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Batok Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton.
- Fauziyyah Salma 1, Ilham 2, Zuraida Siswanti 3. Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung, Cikarang Pusat, Indonesia. Kajian Emisi Karbon *Fly Ash* Dan *Steel Slag* Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Beton Menggunakan Metode *Artificial Neural Network*.
- Satria Dory, Nugraha Deni dan Prakoso Fajar Bagus. Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Sifat – Sifat Teknis Beton Dengan Agregat Kasar Pecahan Kayu Dibandingkan Dengan Agregat Normal.
- Laksana Rico Aji dan Erlangga Rikzan Dimas. Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Pengaruh Pecahan Limbah Paving Block Dan Limbah Genteng Beton Sebagai Penambah Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Normal.
- Wijaya Errick dan Asya Muhammad Haidzaq. Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Pengaruh Penambahan Fly Ash PLTU Tanjung Jati B Jepara Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Admixture.
- Hanafi M.Iqbal (2018). Yang menunjukkan bahwa penambahan serbuk arang sebanyak 15% dari berat semen dapat menurunkan kuat tekan beton sebesar 7%.
- Hakim Luthfi dan Adji Dimas Riesnian Toro (2023). Yang menunjukkan bahwa penambahan serbuk arang sebanyak 20% dari berat semen dapat menurunkan kuat tekan beton sebesar 9,91%.
- Akmal M. Alief Akbar (2024). Yang menunjukkan bahwa penambahan serbuk arang sebanyak 1% dari variasi 1%, 3% dan 6% dari berat semen dapat meningkatkan kuat tekan beton maksimal namun masih dibawah nilai beton normal dan masih diatas mutu beton rencana 25 MPa.