

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK ARANG KAYU
SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN
TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK
BELAH BETON
(*THE EFFECT OF USING WOOD CHARCOAL DUST
AS A CEMENT PARTIAL SUBSTITUTION MATERIAL
ON THE COMPRESSIVE STRENGTH AND TENSILE
STRENGTH OF CONCRETE*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



Mh. Alief Akbar Akmal

19511086

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK ARANG KAYU SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON (THE EFFECT OF USING WOOD CHARCOAL DUST AS A CEMENT PARTIAL SUBSTITUTION MATERIAL ON THE COMPRESSIVE STRENGTH AND TENSILE STRENGTH OF CONCRETE)

Disusun oleh

Mh. Alief Akbar Akmal
19511086

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 29 April 2024

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

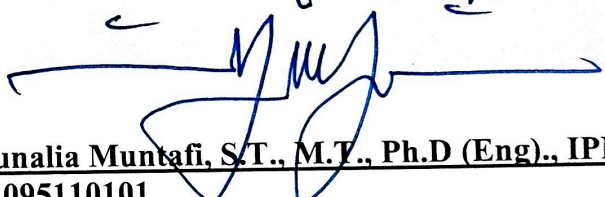
Penguji I

Penguji II

10/5 2024


Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK: 205111302


Jafar, S.T., MURP., M.T.
NIK: 185111305

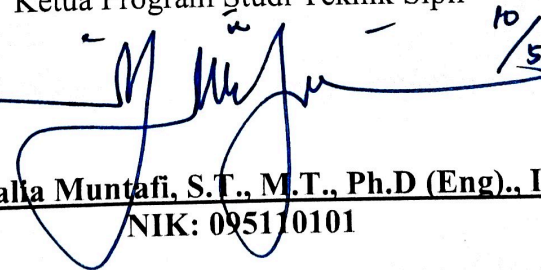

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D (Eng)., IPM
NIK: 095110101

Mengesahkan,



Ketua Program Studi Teknik Sipil

10/5 2024


Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D (Eng)., IPM
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 20 Maret 2024

Yang membuat pernyataan,



Mh. Alief Akbar Akmal

(19511086)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmannirrahiim.

Assalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Alhamdulillah *rabbi* *'alamiin*, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Kayu Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton”. Shalawat serta salam selalu lantunkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam, keluarga, sahabat dan pengikut beliau hingga akhir zaman.

Tugas Akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penulisan Tugas Akhir ini saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar besarnya kepada berbagai pihak yang terlibat dan senantiasa memberi dukungan kepada saya selama proses penyusunan hingga selesainya Tugas Akhir ini. Untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Elvis Saputra, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa membimbing dan memberikan arahan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu dan Bapak dosen. selaku Dosen Penguji dalam Sidang Tugas Akhir saya yang telah memberikan banyak kritik dan saran kepada penulis untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Almarhumah Ibu Irma Ika Putri dan Bapak Akmal Abdul Nasir, kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa, dorongan semangat dan

perhatian, serta dukungan baik secara material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.

5. Anissya Datu Ikma dan Dhiyaa Afiya Akmal, selaku kakak yang selalu penulis jadikan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
 6. Adinda Farah Salsabila, yang senantiasa menjadi pendengar yang baik dan selalu memberikan motivasi selama penyusunan hingga selesainya Tugas Akhir ini.
 7. Piko, selaku kucing kesayangan penulis yang senantiasa menghibur dan menemani penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
 8. Bapak Darussalam dan Bapak Suwarno, selaku laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) yang selalu membantu serta melancarkan penulis selama proses penelitian.
 9. Raihan Prasetyawan, Perkenan Perdana, Maulana Gita, Faruq Alfiansyah, Satria Hardanta Putra, Indra Widjaya, Safira Intan, yang selalu menemani serta memberi motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
 10. Seluruh teman-teman Angkatan 2019 yang terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
 11. Seluruh pihak yang telah membantu proses penyusunan Tugas Akhir ini.
- Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Wassalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Yogyakarta, 20 Maret 2024

Penulis.

Mh. Alief Akbar Akmal

(19511086)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kajian Penelitian Terdahulu	6
2.2 Perbedaan dengan Penelitian yang Dilakukan	8
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Umum	11

3.2	Bahan Penyusun Beton	13
3.2.1	Semen Portland	13
3.2.2	Agregat	16
3.2.3	Air	19
3.2.4	Serbuk Arang Kayu	19
3.3	Uji Properties Material Penyusunan	19
3.3.1	Pengujian berat jenis pada agregat	20
3.3.2	Pengujian analisa saringan agregat	20
3.3.3	Pengujian berat volume pada agregat	20
3.3.4	Pengujian lolos saringan No.200	20
3.4	Faktor Air Semen	21
3.5	<i>Workability</i>	22
3.6	<i>Bleeding</i>	23
3.7	Metode Perencanaan Campuran Beton	23
3.8	<i>Slump</i>	30
3.9	Perawatan Beton	31
3.10	Kuat Tekan Beton	31
3.11	Kuat Tarik Belah Beton	33
3.12	Koefisien Korelasi	34
BAB IV METODE PENELITIAN		35
4.1	Umum	35
4.2	Bahan Penelitian	35
4.2.1	Semen	35
4.2.2	Agregat	36
4.2.3	Air	36
4.2.4	Bahan Tambah	37
4.3	Peralatan Penelitian	37
4.3.1	Saringan/Ayakan Agregat Halus dan Agregat Kasar	38
4.3.2	Mistar dan Jangka sorong	38
4.3.3	Timbangan	39

4.3.4 Ember	39
4.3.5 Cetok dan Talam baja	39
4.3.6 Kerucut Abrams dan Baja Penumbuk	40
4.3.7 Mesin Pengaduk beton (<i>molen concert mixer</i>)	41
4.3.8 Bak (kolam)	41
4.3.9 Alat Pengangkut barang	42
4.3.10 Mesin Uji Tekan beton	42
4.4 Pelaksanaan Penelitian	42
4.4.1 Tahapan Persiapan bahan	42
4.5 Pembuatan Benda Uji	48
4.6 Prosedur pengujian	51
4.6.1 Kuat Tekan Beton	51
4.7 Kuat Tarik Beton	52
4.8 Bagan Alir Penelitian	52
 BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	 55
5.1 Hasil Pengujian Agregat	55
5.1.1 Hasil Pengujian Agregat Halus	55
5.1.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar	65
5.2 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	74
5.3 Hasil Pengujian <i>Slump</i>	85
5.4 Hasil pengujian Kuat Tekan Beton	87
5.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	90
 BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	 95
6.1 Kesimpulan	95
6.2 Saran	96
 DAFTAR PUSTAKA	 97
 LAMPIRAN	 100

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Rencana	9
Tabel 3.1 Susunan Unsur Semen <i>Portland</i>	14
Tabel 3.2 Batas-Batas Gradasi Agregat	18
Tabel 3.3 Tingkat <i>Workability</i> Berdasarkan Nilai <i>Slump</i>	23
Tabel 3.4 Mutu Pelaksanaan, Volume Adukan, dan Deviasi Standar	24
Tabel 3.5 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar Bila Data Hasil uji yang Tersedia kurang dari 30	24
Tabel 3.6 Perkiraan Kekuatan tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen, dan Agregat Kasar yang Biasa dipakai di Indonesia	25
Tabel 3.7 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus	26
Tabel 3.8 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton	27
Tabel 3.9 Pedoman Koefisien Korelasi	34
Tabel 4.1 Rincian Sampel Pengujian Beton	49
Tabel 5.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Pada Agregat Halus	56
Tabel 5.2 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1	59
Tabel 5.3 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2	59
Tabel 5.4 Kategori Daerah Gradasi Agregat Halus	60
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	63
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	63
Tabel 5.7 Pengujian Lolos Saringan No. 200	64
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	66
Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 1	69
Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 1	69
Tabel 5.11 Kategori Gradasi Agregat Kasar	70

Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Berat Volume Gembur Agregat Kasar	73
Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Berat Volume Padat Agregat Kasar	73
Tabel 5.14 Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar Bila Data Hasil Uji	74
Tabel 5.15 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Jenis Semen dan Agregat Kasar yang Digunakan	75
Tabel 5.16 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) yang Dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton	77
Tabel 5.17 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus	78
Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Campuran Beton	82
Tabel 5.19 Hasil Pencampuran Beton Dengan Variasi Serbuk Arang Kayu	85
Tabel 5.20 Hasil Pengujian <i>Slump</i>	85
Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Kuat Tekan Beton	88
Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Serbuk Semen	14
Gambar 3.2 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (Benda Uji Berbentuk Silinder Diameter 150 mm, Tinggi 30mm)	26
Gambar 3.3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimal 10 mm)	28
Gambar 3.4 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimal 20 mm)	28
Gambar 3.5 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimal 40 mm)	29
Gambar 3.6 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah	30
Gambar 4.1 Semen Merek Tiga Roda	35
Gambar 4.2 Pasir Progo	36
Gambar 4.3 Batu Pecah	36
Gambar 4.4 Air	37
Gambar 4.5 Serbuk Arang Kayu	37
Gambar 4.6 Ayakan Agregat Halus dan Agregat Kasar	38
Gambar 4.7 Mistar dan Jangka Sorong	38
Gambar 4.8 Timbangan	39
Gambar 4.9 Ember Cor	39
Gambar 4.10 Cetok	40
Gambar 4.11 Talam Baja	40
Gambar 4.12 Kerucut Abrams dan Baja Penumbuk	40
Gambar 4. 13 Molen <i>Concert Mixer</i>	41
Gambar 4.14 Bak (Kolam)	41
Gambar 4.15 Alat Pengangkut Barang	42
Gambar 4.16 Contoh Pengujian Slump	50
Gambar 4.17 Contoh Pengujian Tekan Beton	51

Gambar 4.18 Diagram Alir Penelitian	53
Gambar 5.1 Kurva Gradasi Halus Daerah II Sampel 1	61
Gambar 5.2 Kurva Gradasi Halus Daerah II Sampel 2	61
Gambar 5.3 Kurva Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm Sampel 1	71
Gambar 5.4 Kurva Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm Sampel 2	71
Gambar 5.5 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (FAS) pada Benda Uji Berbentuk Silinder Diameter 150mm, Tinggi 300mm	76
Gambar 5.6 Grafik Persen Agregat Halus Terhadap Kadar Total yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	80
Gambar 5.7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan	81
Gambar 5.8 Grafik Hubungan Nilai Slump dengan Variasi Serbuk Arang Kayu	86
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Rata-Rata terhadap Persentase Serbuk Arang Kayu	89
Gambar 5.10 Beton Variasi Serbuk Arang Kayu	90
Gambar 5.11 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah Beton Rata-Rata terhadap Persentase Serbuk Arang Kayu	92
Gambar 5.12 Grafik Perbandingan Antara Nilai Kuat Tarik Beton dengan Nilai Kuat Tekan Beton	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Permohonan Pemakaian Laboratorium	101
Lampiran 2 Surat Keterangan Evaluasi Holistik	102
Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Pengujian Agregat Halus	103
Lampiran 4 Laporan Sementara Hasil Pengujian Agregat Kasar	111
Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Perencanaan Campuran Beton	118
Lampiran 6 Laporan Sementara Pengujian Kuat Tekan Beton	119
Lampiran 7 Laporan Sementara Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	120
Lampiran 8 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Sampel Uji	121

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

f'_c	= Kuat tekan beton (MPa)
f'_{cr}	= Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan
f_{lt}	= Kuat lentur (MPa)
PC	= <i>Portal Cement</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SSD	= <i>Saturated surface dry</i>
MPa	= Megapascal
°C	= Derajat celcius
M	= Nilai tambah
S_r	= Deviasi standar
w	= Kadar air bebas (kg/m ³)
W_h	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus (kg/m ³)
W_k	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (kg/m ³)
f_{as}	= Faktor air semen
BJ_{gab}	= Berat jenis relatif/gabungan agregat
%Ag. Halus	= Presentase agregat halus (%)
%Ag. Kasar	= Presentase agregat kasar (%)
$BJ_{ag. halus}$	= Berat jenis agregat halus
$BJ_{ag. kasar}$	= Berat jenis agregat kasar
$W_{ag. gab}$	= Kadar agregat gabungan (kg/m ³)
W_{beton}	= Berat isi beton (kg/m ³)
W_{semen}	= Kadar semen (kg/m ³)
$W_{ag. halus}$	= Kadar agregat halus (kg/m ³)
$W_{ag. kasar}$	= Kadar agregat kasar (kg/m ³)
P	= Beban maksimum (N)
A	= Luas penampang benda uji (mm ²)
m	= Meter

mm	= Milimeter
cm	= Centimeter
kN	= Kilonewton
N	= Newton
d	= Diameter tabung silinder (mm)
t	= Tinggi tabung silinder (mm)
kg	= Kilogram
L	= Panjang antar tumpuan benda uji (mm)
B	= Lebar tampang lintang patah (mm)
h	= Tinggi tampang lintang patah (mm)

ABSTRAK

Banyaknya pembangunan yang terjadi saat ini membuat kebutuhan pembetonan meningkat serta bahan baku atas pembuatan beton pun ikut meningkat terutama semen. Pembuatan semen membutuhkan bahan baku kapur yang merupakan salah satu sumber daya alam tidak dapat diperbaharui. Bahan baku tersebut jika digunakan terus menerus dalam jangka waktu tertentu akan terkikis dan habis. Oleh karena itu diperlukan suatu inovasi dalam dengan pemanfaatan hasil limbah untuk menjaga kelestarian lingkungan. Serbuk arang kayu berasal dari sisa pengelolaan kayu yang dibakar. Serbuk arang kayu dapat mempengaruhi kuat tekan pada beton. Serbuk arang kayu dapat digunakan sebagai bahan substitusi parsial terhadap semen karena memiliki kandungan silika sehingga bersifat *pozzolan*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serbuk arang kayu sebagai substitusi pada semen.

Pada penelitian ini menggunakan serbuk arang kayu sebagai substitusi terhadap semen dengan persentase yang digunakan yakni 0%, 1%, 3%, 6% dari berat semen. Campuran beton (*mix design*) merujuk pada SNI 03-2834-2000. Pengujian yang dilakukan yakni pengujian kuat tekan dan pengujian kuat tarik belah pada sampel beton dengan mutu rencana sebesar 25 MPa.

Hasil penelitian yang dilakukan ini menunjukkan bahwa pada beton normal mendapatkan hasil kuat tekan dan kuat tarik beton secara berturut-turut yakni sebesar 26,9056 MPa, dan 2,526 MPa. Sedangkan untuk beton variasi yang dilakukan pada penelitian ini didapatkan nilai maksimum pada persentase 1% akan tetapi masih dibawah nilai beton normal tetapi masih diatas mutu kuat tekan beton rencana 25 MPa. Untuk variasi substitusi serbuk arang kayu 1% dari berat semen didapatkan nilai kuat tekan dan kuat tarik beton berturut-turut yakni sebesar 25,1692 MPa, dan 2,468 MPa. Hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase substitusi serbuk arang kayu terhadap semen dapat menurunkan kuat tekan beton hal ini dikarenakan semen masih menjadi komponen utama pada beton. Beton dengan variasi serbuk arang kayu dapat membuat beton menjadi kental dan menurunkan kemudahan (*workability*) dalam pengerjaan dikarenakan serbuk arang kayu menyerap air lebih cepat dibandingkan beton normal.

Kata Kunci: Beton normal, Serbuk Arang Kayu, Kuat Tekan, Kuat Tarik

ABSTRACT

The number of developments that occur today makes the need for concrete increase and the raw materials for making concrete also increase, especially cement. Making cement requires lime raw materials which is one of the non-renewable natural resources. These raw materials, if used continuously for a certain period of time, will be eroded and exhausted. Therefore, an innovation is needed in the use of waste products to preserve the environment. Wood charcoal powder comes from the management residue of burnt wood. Wood charcoal dust can affect the compressive strength of concrete. Wood charcoal powder can be used as a partial substitution material for cement because it has silica content so it is pozzolan. This study was conducted to determine the effect of using wood charcoal dust as a substitute for cement.

In this study using wood charcoal powder as a substitute for cement with the percentage used is 0%, 1%, 3%, 6% of the weight of cement. Concrete mixture (mix design) refers to SNI 03-2834-2000. The tests carried out were compressive strength tests and tensile strength tests on concrete samples with a plan quality of 25 MPa.

The results of this research showed that normal concrete obtained compressive strength and tensile strength results of concrete respectively, namely 26.9056 MPa, and 2.526 MPa. As for the concrete variations carried out in this study, the maximum value was obtained at a percentage of 1%, but still below the normal concrete value but still above the quality of compressive strength of the planned concrete of 25 MPa. For variations in the substitution of wood charcoal powder 1% of the weight of cement, the compressive strength and tensile strength of concrete were obtained respectively, namely 25.1692 MPa, and 2.468 MPa. The results of testing the compressive strength and tensile strength of concrete show that the higher the percentage of substitution of wood charcoal powder for cement can reduce the compressive strength of concrete, this is because cement is still the main component in concrete. Concrete with variations of wood charcoal powder can make concrete viscous and reduce workability in workmanship because wood charcoal dust absorbs water faster than normal concrete.

Keywords: Concrete, Wood Charcoal Powder, Compressive Strength, Tensile Strength

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia saat ini berkembang pesat, hal ini terjadi dari pembangunan ibu kota baru yang dapat dilihat dari banyaknya pembangunan rumah tinggal, gedung-gedung bertingkat, dan infrastruktur lainnya. Pembangunan infrastruktur tersebut, material yang digunakan tidak terlepas dari beton yang menjadi komoditas utama dalam pembangunan.

Beton merupakan material komposit yang terdiri dari semen, air, dan agregat. Semen digunakan sebagai bahan perekat, air sebagai pemicu reaksi semen, dan agregat sebagai bahan pengisi. Agregat terbagi menjadi 2, yaitu agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir). Pada masing-masing proporsi tertentu akan membentuk beton. Dengan banyaknya pembangunan saat ini, maka kebutuhan beton dan bahan baku beton meningkat. Berdasarkan data Kementerian Perindustrian, kebutuhan semen nasional pada semester 1 tahun 2023 sebesar 28 juta ton. Pembuatan semen membutuhkan bahan baku kapur yang merupakan salah satu sumber daya alam tidak dapat diperbaharui. Bahan baku tersebut jika digunakan terus menerus dalam jangka waktu tertentu akan terkikis dan habis. Selain itu, efek samping yang terjadi karena adanya penambangan kapur menyebabkan hilangnya sumber mata air bagi masyarakat sekitar (Sulasmi dkk. (2022)). Dari permasalahan tersebut maka membutuhkan suatu penelitian dan inovasi. Penelitian dan inovasi digunakan untuk mengetahui, menjadi solusi dalam pemecahan permasalahan yang ada saat ini agar terdapat bahan pengganti semen sehingga laju pembangunan tetap berjalan dengan baik.

Bahan-bahan yang digunakan tidak hanya memperhatikan segi kualitas, tetapi kemudahan bahan tersebut untuk didapatkan dan ramah lingkungan untuk menjaga keseimbangan alam. Pemanfaatan limbah dianggap dapat menjaga kelestarian alam. Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan yaitu serbuk arang kayu.

Pengolahan kayu menghasilkan limbah yang berupa serbuk atau serpihan kayu sisa penggergajian. Widari dkk. (2015) menyatakan bahwa pemanfaatan limbah kayu masih kurang, sehingga limbah serbuk kayu sering dibuang atau dibakar yang dapat menambah polusi lingkungan sekitar.

Hasil pembakaran serbuk kayu menghasilkan arang serbuk kayu, komposisi kimia serbuk arang kayu mengandung Silika (SiO_2) 11,27% dan Kalsium Oksida (CaO) 0,35 % (Sengeoris, 2016). Serbuk arang kayu dapat mempengaruhi kuat tekan pada beton. Serbuk arang kayu dapat digunakan sebagai bahan substitusi parsial terhadap semen karena memiliki kandungan silika sehingga bersifat *pozzolan*. Optimalisasi pemanfaatan limbah ini diharapkan akan mengurangi limbah yang mencemari ekosistem alam dengan memanfaatkan menjadi campuran beton pada bangunan sehingga ramah lingkungan.

Subandi (2021) menggunakan serbuk arang kayu variasi 0%, 10%, 20%, dan 30% substitusi dari berat semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton mengalami penurunan mulai dari persentase 10%. Manullang dkk. (2019) penambahan serbuk arang kayu pada campuran mortar dengan persentase sebanyak 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% terhadap berat semen. Didapatkan peningkatan nilai kuat tekan mortar tertinggi terjadi pada adukan 1Pc : 3Ps variasi 7,5% sebesar 10,94% dan adukan 1Pc : 5Ps variasi 7,5% sebesar 9,90% dari nilai kuat tekan mortar normal. Pada penelitian sebelumnya terdapat pengaruh substitusi serbuk arang kayu dengan persentase 10% sudah mengalami penurunan. Maka dari itu, penelitian yang akan dilakukan menggunakan bahan serbuk arang kayu sebagai bahan substitusi parsial dari berat semen dengan variasi yang kecil yaitu dalam campuran beton dengan proporsi 0%, 1%, 3%, dan 6% terhadap berat semen, untuk mengetahui tersebut pengaruh penggunaan serbuk arang kayu sebagai substitusi dari semen pada beton. Pengujian pada sampel beton akan dilaksanakan pada umur 28 hari setelah pembuatan sampel. Setelah itu, dilakukan pengujian kuat tekan dan uji kuat tarik beton, pada sampel beton berbentuk silinder.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut ini:

1. Bagaimanakah pengaruh penggunaan serbuk arang kayu sebagai bahan substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimanakah pengaruh penggunaan serbuk arang kayu sebagai bahan substitusi parsial semen terhadap kuat tarik beton?
3. Apakah penggunaan serbuk arang kayu dapat dijadikan sebagai bahan substitusi parsial semen atau tidak pada campuran beton?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan pengaruh serbuk arang kayu sebagai bahan substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton.
2. Menentukan pengaruh serbuk arang kayu sebagai bahan substitusi parsial semen terhadap kuat tarik beton.
3. Menentukan penggunaan serbuk arang kayu dapat dijadikan sebagai bahan substitusi parsial atau tidak pada campuran beton.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki harapan dengan manfaat supaya dapat memperoleh informasi mengenai pengaruh serbuk serbuk arang kayu sebagai bahan substitusi semen terhadap kuat tekan beton, sehingga dapat dijadikan acuan untuk perkembangan selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini terarah dan tidak keluar dari tujuan serta mudah dipahami, untuk itu diperlukan adanya batasan penelitian sebagai berikut.

1. Penelitian dibatasi pada pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton.
2. Metode *Mix Design* menggunakan SNI 2834-2000.
3. Semen yang digunakan adalah semen PCC tipe I merek Tiga roda.
4. Agregat kasar yang digunakan berukuran maksimum 20 mm.
5. Agregat halus yang digunakan berukuran diameter maksimum 4,8 mm.

6. Serbuk yang digunakan ialah serbuk arang kayu dengan rata-rata kelas 3.
7. Tidak meneliti kandungan kimia pada serbuk arang kayu.
8. Kuat tekan rencana dalam *Mix Design* menggunakan 25 MPa.
9. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
10. Benda uji yang digunakan adalah silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan.
11. Perawatan beton selama 28 hari.
12. Pengujian beton keras dilakukan pada umur 28 hari.
13. Variasi bahan substitusi yang digunakan 0%, 1%, 3%, dan 6% dari berat total semen.
14. Jumlah benda uji tiap variasi adalah 10 buah dengan 4 variasi setiap variasi sebanyak 5 sampel uji desak beton dan 5 sampel pada uji tarik beton sehingga total benda uji sebanyak 40 buah.
15. Pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.
 - a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus menggunakan SNI 03-1970-1990.
 - b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan SNI 03-1969-1990.
 - c. Pengujian analisis saringan agregat halus menggunakan SNI 03-1968-1990.
 - d. Pengujian analisis saringan agregat kasar menggunakan SNI 03-1968-1990.
 - e. Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus menggunakan SNI 03-4804-1998.
 - f. Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat kasar menggunakan SNI 03-4804-1998.
 - g. Pengujian lolos saringan no.200 (uji kandungan lumpur agregat halus) menggunakan SNI 03-4142-1996.
 - h. Pengujian *slump*.

- i. Uji kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Penelitian Terdahulu

Pada sub bab ini, peneliti menyajikan beberapa penelitian yang sudah dilakukan beberapa tahun sebelumnya yang sudah dilakukan sebagai referensi penelitian untuk pengaruh campuran serbuk arang kayu terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton.

1. Manullang dkk. (2019) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Arang Serbuk Kayu Gergaji terhadap Kuat Tekan Mortar”. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang bertujuan untuk menyelidiki kuat tekan mortar menggunakan arang serbuk kayu gergaji sebagai penambah semen. Variasi arang serbuk kayu gergaji yang di gunakan sebanyak 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% terhadap berat semen. Perbandingan campuran semen (Pc) dan pasir (Ps) yang digunakan yaitu 1Pc : 3Ps dan 1Pc : 5Ps. Terdapat 6 variasi untuk 2 perbandingan semen dan pasir sehingga total sampel sebanyak 112 benda uji. Ukuran sampel mortar yang akan digunakan berbentuk kubus dengan sisi-sisinya 5 cm (SNI 03-6825-2002) yang di uji tekan pada umur 28 hari. Hasil setelah melakukan percobaan tersebut, Hasil menunjukkan bahwa nilai kuat tekan mortar normal (1Pc : 3Ps) sebesar 25,09 MPa, nilai kuat tekan mortar variasi 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% berturut-turut adalah 25,89 MPa, 26,93 MPa, 27,84 MPa, 25,58 MPa, 20,68 MPa dan 17,24 MPa. Nilai kuat tekan mortar normal (1Pc : 5Ps) sebesar 15,48 MPa, nilai kuat tekan mortar variasi 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% berturut-turut adalah 15,83 MPa, 16,24 MPa, 17,01 MPa, 15,59 MPa, 14,45 MPa dan 12,26 MPa. Peningkatan nilai kuat tekan mortar tertinggi terjadi pada adukan 1Pc : 3Ps variasi 7,5% sebesar 10,94% dan adukan 1Pc : 5Ps variasi 7,5% sebesar 9,90% dari nilai kuat tekan mortar normal.

2. Hidayat dkk. (2021) melakukan percobaan “Penambahan Abu Arang Bambu Sebagai Bahan Tambah pada Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal”. Penelitian ini memanfaatkan limbah bambu dengan cara dibakar kemudian sisa pembakaran yang berupa abu digunakan sebagai bahan campuran beton. Kandungan silika merupakan pengikat agregat yang baik dalam abu bambu. Penelitian ini menggunakan abu arang bambu pada beton dengan persentase 2%,4%,8% dari volume total penggunaan agregat halus dan sebagai pembanding digunakan beton normal $F'c$ 20 MPa dengan pengujian kuat tekan dilakukan pada umur umur 7,14, dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan menyatakan penambahan abu bambu sangat mempengaruhi kuat tekan dimana pada persentase 8% abu bambu mengalami *over strength* dan paling optimal dalam penelitian ini.
3. Trinugroho (2021) melakukan percobaan pembuatan campuran beton menggunakan bahan tambah serbuk arang briket dan *bestmittel*. Tujuannya untuk mengetahui peningkatan kuat tekan beton. Pada penelitian ini menggunakan nilai f_{as} 0,35 pada umur 28 hari dengan persentase variasi serbuk arang briket 0%, 5%, 10%, 12,5% dan *bestmittel* 0,6% dari berat semen. Bentuk benda uji berupa silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil percobaan tersebut dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton dengan bahan tambah serbuk halus arang briket terlihat bahwa kuat tekan maksimum yang terjadi sebesar 38,59 MPa dengan prosentase penambahan 5%.
4. Sayfullah (2022) melakukan penelitian dengan judul “Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Yang Menggunakan Bahan Tambah Karbon Sisa Pembakaran Kayu”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan yang dihasilkan oleh sisa pembakaran kayu. Dari hasil penelitian tersebut didapat bahwa nilai kuat tekan beton dengan penambahan karbon (sisa pembakaran kayu) pada hari ke-3, hari ke-7 dan hari ke- 28 jika di rata-ratakan adalah 15,8 kg/cm² untuk 3 hari, 42,7 kg/cm² untuk 7 hari dan 92,0 kg/cm² untuk 28 hari. Nilai kuat tekan rata-rata beton normal untuk 3 hari adalah 23,6 kg/cm², untuk 7 hari adalah 47,1 kg/cm², dan untuk umur 28 hari adalah 75,7 kg/cm². Sedangkan untuk beton karbon, kuat tekan rata-rata

umur 3 hari adalah $15,8 \text{ kg/cm}^2$, untuk umur 7 hari adalah $42,7 \text{ kg/cm}^2$, dan untuk umur beton 28 hari adalah $92,0 \text{ kg/cm}^2$.

5. Adi Subandi (2021) melakukan percobaan terhadap pengaruh pemanfaatan serbuk arang kayu sebagai bahan *addictive* pengganti semen pada campuran beton mutu K-225. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton setelah dilakukan substitusi semen menggunakan serbuk arang kayu. Pada penelitian ini penggunaan serbuk arang kayu sebagai substitusi semen dengan variasi 0%, 10%, 20%, dan 30%. Pengujian beton yang dilakukan pada umur 28 hari setelah dilakukan perawatan dengan direndam air. Hasil analisa didapat bahwa beton dengan menggunakan campuran arang kayu mengalami penurunan kuat tekan sebesar $63,96 \text{ kg/cm}^2$, $103,79 \text{ kg/cm}^2$, dan $153,87 \text{ kg/cm}^2$ setiap perbedaan variasinya. Hal ini dikarenakan semakin besar komposisi arang kayu yang digunakan pada campuran beton, akan memperlemah kuat tekan karakteristik benda uji beton secara keseluruhan.

2.2 Perbedaan dengan Penelitian yang Dilakukan

Pada penelitian Adi Subandi (2021) melakukan penelitian untuk mengetahui kuat tekan beton setelah dilakukan substitusi semen dengan menggunakan serbuk arang kayu dengan persentase 10%, 20%, dan 30%. Akan tetapi pada persentase 10% sudah mengalami penurunan kuat tekan. Oleh karena itu, berdasarkan beberapa penelitian tersebut dapat dilakukan penelitian yang berbeda dari penelitian terdahulu, yaitu dengan menggunakan serbuk arang kayu sebagai bahan substitusi parsial semen dengan persentase setiap variasi sebesar 1%, 3%, dan 6% dari berat semen. Dengan mutu rencana sebesar 25 MPa serta menggunakan benda uji berbentuk selinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan meliputi uji kuat tekan dan uji kuat tarik belah beton pada umur 28 hari. Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian yang dilakukan dapat dipertanggungjawabkan keasliannya.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Rencana

Penelitian Terdahulu						Penelitian Sekarang
Peneliti	Manullang dkk, (2019)	Hidayat (2021)	Trinugroho (2021)	Sayfullah (2022)	Subandi (2021)	Penulis (2023)
Judul Penelitian	Pengaruh Penambahan Arang Serbuk Kayu Gergaji terhadap Kuat Tekan Mortar	Pengaruh Penambahan Abu Arang Bambu sebagai Bahan Tambah Pada Semen terhadap Kuat Tekan Beton Normal	Analisis Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Arang Briket dan Bestmittel pada Kuat Tekan Beton	Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton yang Menggunakan Bahan Tambah Karbon Sisa Pembakaran Kayu	Pengaruh Pemanfaatan Serbuk Arang Kayu sebagai Bahan <i>Addictive</i> Pengganti Semen pada Campuran Beton Mutu K-225	Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Kayu sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik beton
Tujuan	Untuk mengetahui pengaruh penambahan arang serbuk kayu gergaji terhadap kuat tekan mortar	Mengetahui efek penambahan Abu Bambu terhadap kuat tekan beton	Untuk mengetahui peningkatan kuat tekan beton dengan variasi serbuk arang briket 0%, 5%, 10%, 12,5%, dan bestmittel 0,6% dari berat semen	Mengetahui kuat tekan beton dengan bahan tambah karbon sisa pembakaran kayu dengan curring menggunakan air hujan	Untuk mengetahui rata-rata kuat tekan beton dengan penggunaan serbuk arang kayu	Mengetahui penggunaan serbuk arang kayu dapat dijadikan sebagai bahan substitusi semen atau tidak pada campuran beton
Substitusi atau Bahan Tambah Campuran	Arang serbuk kayu gergaji sebagai penambah semen	Abu bambu sebagai bahan tambah pada campuran beton	Abu briket sebagai bahan tambah pada semen	Karbon sisa pembakaran kayu sebagai bahan tambah pada campuran beton	Penggunaan serbuk arang kayu sebagai bahan substitusi semen	Penggunaan serbuk arang kayu sebagai bahan substitusi semen
Umur Beton	28 hari	7, 14, dan 28 hari	28 hari	3, 7, dan 28 hari	28 hari	28 hari
Kuat tekan rencana	25 MPa	20 MPa	30 MPa	K200, 16,6 MPa	K225	25 MPa

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Rencana

Penelitian Terlebih Dahulu						Penelitian Sekarang
Penelitian	Manullang dkk, (2019)	Faturohman Hidayat (2021)	Trinugroho (2021)	Muh Sayfullah (2022)	Adi Subandi (2021)	Penulis (2023)
Variasi campuran	2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5% dan 15%	2%,4%,8%	0%, 5%, 10%, 12,5% dan bestmittel 0,6%	-	0%, 10 %, 20% dan 30 %	0%, 1%, 3%, 6%
Hasil penelitian	Persentase peningkatan kuat tekan mortar tertinggi pada adukan 1Pc : 3Ps terjadi pada variasi 7,5% sebesar 10,94% dan pada adukan 1Pc : 5Ps terjadi pada variasi 7,5% sebesar 9,90% dari mortar normal	Besar presentase penambahan abu bambu untuk mencapai kuat tekan beton optimal yaitu pada beton dengan variasi 8% dengan kuat tekan pada umur 7 hari kuat tekan rata-rata 20,48 MPa, umur 14 hari 25,38 MPa dan pada umur 28 hari 30,95 MPa	Untuk beton umur 28 hari dengan bahan tambah serbuk halus arang briket, nilai kuat tekan rata-rata tertinggi sebesar 38,59 MPa dengan penambahan serbuk halus arang briket sebesar 5% terhadap berat semen	Nilai kuat tekan beton dengan penambahan karbon (sisa pembakaran kayu) pada hari ke-3, hari ke-7 dan hari ke- 28 jika di rata- ratakan adalah 15,8 kg/cm ² untuk 3 hari, 42,7 kg/cm ² untuk 7 hari dan 92,0 kg/cm ² untuk 28 hari	Rata-rata kuat tekan beton yang dihasilkan pada usia 28 hari, baik beton variasi 0% maupun beton substitusi variasi 10%, 20%, 30%, berturut-turut sebesar 221,25Kg/cm ² , 153,24 Kg/cm ² , 113,41 Kg/cm ² , 63,33 Kg/cm ² . Hal ini dikarnakan semakin besar komposisi arang kayu yang digunakan pada campuran beton, akan memperlemah kuat tekan karkteristik benda uji beton secara keseluruhan.	-

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Pada bidang struktur, beton merupakan bahan yang paling umum digunakan sebagai bahan bangunan. Hal ini dikarenakan beton tersusun dari bahan-bahan yang mudah didapat dan harganya relatif murah. Kelebihan beton dibandingkan material konstruksi lain adalah tahan api, tahan lama, perawatan minimal, kuat tekannya tinggi, dan mudah dibentuk ketika masih segar. Teknologi beton terus berkembang seiring perkembangan zaman dengan tuntutan kebutuhan konstruksi yang semakin meningkat. Salah satu hal penting adalah mengetahui pengertian beton dan bahan-bahan penyusun beton yaitu semen, air, dan agregat (baik agregat halus maupun agregat kasar).

Beton berupa fungsi dari material penyusunannya, terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*) (Mulyono, 2004). Beton normal memiliki berat satuan 2200 kg/m^3 sampai dengan 2500 kg/m^3 dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah maupun tidak dipecah.

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, baik sebelum atau selama pengadukan beton. Tujuannya untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton pada keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah dibagi menjadi tiga yaitu *Chemical Admixture*, *Mineral Admixture*, dan bahan serat (Mulyono, 2004). Pemberian bahan tambah pada adukan beton dilakukan untuk memperlambat waktu pengikatan, mempercepat proses pengerasan, menambah encer pada adukan, menambah daktilitas pada beton (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak saat pengerasan, mengurangi panas hidrasi pada beton, menambah kekedapan, menambah keawetan, dan sebagainya.

Bahan kimia tambahan pada beton merupakan suatu bahan tambahan yang dicampurkan pada adukan beton, dalam mendapatkan sifat-sifat khusus dalam pengerjaan adukan, waktu pengikatan, waktu pengerasan, dan sebagainya.

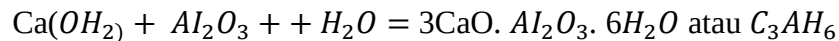
Menurut Tjokrodinuljo (2007), bahan kimia tambahan dapat dibedakan menjadi 5 jenis:

1. Bahan kimia tambahan untuk mengurangi volume air yang diperlukan, dengan pemakaian bahan ini diperoleh adukan dengan nilai FAS (faktor air semen) lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau dapat diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.
2. Bahan kimia tambahan untuk memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan kimia tambah ini dapat digunakan pada kasus misalnya terdapat suatu jarak antara pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh sehingga antara beton dalam waktu pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.
3. Bahan kimia tambahan dalam mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.
4. Bahan kimia tambahan berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton.
5. Bahan kimia tambahan berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Selain bahan kimia tambahan pada beton adapula bahan tambah yang disebut *pozzolan*. Menurut Tjokrodinuljo (2007) menyatakan *Pozzolan* merupakan suatu bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat (SiO_2) dan atau aluminat (Al_2O_3). *Pozzolan* tidak memiliki sifat, akan tetapi dalam keadaan halus (lolos ayakan 0,21 mm) jika dicampur dengan kapur aktif dan air dalam beberapa waktu dapat bereaksi membentuk suatu masa yang padat dan sukar larut dalam air.

Dalam pengikatan *pozzolan* dengan senyawa kapur dan ditambahkan dengan air dapat membentuk rumus ikatan kimia sebagai:





Dengan:

$\text{Ca}(\text{OH}_2)$ = kalsium hidroksida

C_3AH_6 = kalsium aluminat hidrat

Al_2O_3 = alumunium oksida

$\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ = kalsium silikat hidrat

SiO_2 = silikon dioksida

Dari rantai kimia tersebut didapat bahwa *pozzolan* mengikat kapur padam aktif yang masih bebas dalam beton dan memebentuk kalsium silikat hidrat. Adanya kapur bebas dalam beton membuat beton berpori dan mudah ditembus air, sedangkan kalsium silikat hidrat merupakan zat yang padat dan kuat. Dengan demikian bila *pozzolan* dipakai sebagai bahan tambah pada beton akan menjadikan beton lebih rapat air dan lebih tahan terhadap serangan kimia (garam, sulfat, dan air asam).

Dalam praktek pelaksanaan pekerjaan yang dilakukan, *pozzolan* dapat dipakai sebagai pengganti sebagian semen *portland* misal jika semen dibutuhkan 100 kg maka yang diakai 80 kg semen dan 20 kg pozolan.

3.2 Bahan Penyusun Beton

Pada sub bab ini dalam kegiatan penelitian, peneliti menyajikan apa saja bahan penyusun pada beton yang dimana sebelum melakukan percobaan pada penelitian materi penyusun beton sangat penting diketahui terlebih dahulu.

3.2.1 Semen *Portland*

Semen *Portland* adalah bahan hidrolis berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang mengandung silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982), gips disini berfungsi sebagai penghambat pengikatan antara semen dan air. Semen Portland dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen dengan suhu 1550°C dan menjadi klinker (Kardiyono, 1992).



Gambar 3.1 Serbuk Semen

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023

Bahan dasar semen *portland* terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina, dan oksidasi besi. Dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Susunan Unsur Semen Portland

Oksida	Kandungan (%)
Kapur	60-65
Silika	17-25
Alumina	3-8
Besi	0,5-6
Magnesium	0,5-4
Sulfur	1-2
Soda/potas	0,5-1

Sumber : (Tjokrodinuljo, 2007)

Fungsi semen adalah merekatkan butir-butir agregat kasar maupun halus agar terjadi suatu massa yang kompak padat. Selain itu semen juga berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Reaksi antara semen dan air akan membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai pengikat, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis (Kardiyono, 1992). Reaksi kimia antara semen Portland dengan air menghasilkan senyawa kimia yang disertai pelepasan panas. Pelepasan panas ini akan berpengaruh pada kondisi 22 beton yaitu terhadap penyusutan ketika beton mengeras dan kecenderungan retak pada beton. Reaksi kimia semen dengan air dibedakan menjadi dua, yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Periode pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis

ke keadaan pengerasan, sedangkan periode pengerasan merupakan periode penambahan kekuatan setelah proses pengikatan selesai. Reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air yang ditimbulkan akibat pencampuran semen dengan air menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Menurut Murdock dan Brook (1986), ada 4 (empat) oksida utama pada semen akan membentuk senyawa-senyawa kimia yaitu:

1. Trikalsium Silikat (C3S) atau $3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$
Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam, dengan melepas sejumlah panas. Merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen, bila semen terkena air unsur ini akan segera terhidrasi dan menghasilkan panas serta berpengaruh besar terhadap pengerasan semen terutama sebelum mencapai umur 14 hari.
2. Dikalsium Silikat (C2S) atau $2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$
Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat dibandingkan dengan C3S. Senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi pada umur beton dari 14 sampai 28 hari dan seterusnya. Semen yang mempunyai dikalsium silikat banyak mempunyai ketahanan terhadap agresi-kimia yang relatif tinggi, penyusutan kering yang relatif rendah.
3. Trikalsium Aluminat (C3AI)
Air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam tetapi kekuatannya sangat rendah.
4. Tetrakalsium Aluminat (C4AI)
Kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau kekerasan beton itu sendiri, warna abu-abu pada semen disebabkan oleh senyawa ini.
Berdasarkan fungsinya semen *Portland* di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis yaitu:
Jenis I: Semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak menggunakan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain.
Jenis II: Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan

ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.

Jenis III: Semen *Portland* yang dalam penggunaannya kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

Jenis IV: Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah.

Jenis V: Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

Bahan tambah menjadi penting untuk memodifikasi sifat dan karakteristik tertentu dari beton konvensional menjadi beton modern, berupa zat-zat kimia tambahan (*chemical additive/admixture*) dan mineral/material tambahan. Zat kimia tambahan tersebut biasanya berupa serbuk atau cairan yang secara kimiawi langsung mempengaruhi kondisi campuran beton. Sedangkan mineral/material tambahan berupa agregat yang mempunyai karakteristik tertentu. Penambahan zat-zat kimia atau mineral tambahan ini diharapkan dapat merubah kinerja dan sifat-sifat campuran beton sesuai dengan kondisi dan tujuan yang diinginkan, serta dapat pula sebagai bahan pengganti sebagian dari material utama penyusun beton (Mulyono, 2019).

3.2.2 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton (Tjokrodinuljo, 2007). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat. Agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar (Saputra, 2007).

Adapun jenis agregat yang digunakan dalam pembuatan beton berdasarkan berat jenisnya sebagai berikut:

1. Agregat normal
Agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7.
2. Agregat berat.
Agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8.
3. Agregat ringan.
Agregat yang berat jenisnya kurang dari 2.

Sedangkan jenis agregat berdasarkan ukuran agregat pada pembuatan beton sebagai berikut:

1. Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir antara 5 mm sampai dengan 40 mm. Agregat kasar dapat berupa maupun batu pecah, hasil pemecahan batu gunung dengan alat pemecah batu/stone crusher (Randing *et al.*, 1994).

2. Agregat halus

Agregat halus merupakan agregat yang dengan ukuran butir kurang dari 4,8 mm, agregat ini berupa pasir.

Menurut sumbernya, agregat juga dapat dibedakan menjadi dua, yaitu agregat alami dan agregat buatan. Pemilihan dan penentuan agregat yang akan digunakan (komposisi, spesifikasi, dan gradasi) merupakan hal terpenting dalam pembuatan beton. Dalam pembuatan beton normal berkualitas baik agregat yang digunakan sedikitnya memiliki dua kelompok ukuran, yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (Saputra, 2007).

Agregat yang baik adalah harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan no. 100, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton (Nawy, 1985).

Dalam PBI 1971 Pasal 3.3 ayat 3 disebutkan bahwa "Agregat halus (pasir) tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering) yang dapat diartikan bahwa lumpur adalah bagianbagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat harus diurai/dicuci".

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton terhadap agregat (Mulyono, 2004):

- a. Perbandingan agregat dan semen campuran.
- b. Kekuatan agregat.
- c. Bentuk dan ukuran.
- d. Tekstur permukaan.
- e. Gradasi.

- f. Reaksi kimia.
- g. Ketahanan terhadap panas.

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran agregat. Sebagai perawatan gradasi dipakai nilai persentase berat butir yang tertahan atau lolos saringan standar.

Gradasi agregat untuk campuran beton akan mempengaruhi sebagai berikut:

1. Jumlah semen yang dibutuhkan.
2. Jumlah air yang diperlukan.
3. Pengecoran, pemadatan beton.
4. Penyelesaian akhir beton.

Batas-batas gradasi agregat halus (pasir) pada campuran beton telah ditetapkan oleh British *Standart* untuk agregat dengan ukuran diameter maksimum 40 mm, 30 mm, 20 mm, dan 10 mm. Karena agregat maksimum yang digunakan untuk campuran beton pasir adalah 4,80 mm, maka digunakan batasan gradasi agregat halus. Batasan gradasi agregat halus (pasir) dikelompokkan dalam empat *zone* (daerah) seperti pada Tabel 3.2 pada berikut ini.

Tabel 3.2 Batas-Batas Gradasi Agregat

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lolos ayakan			
	Kasar	Agak kasar	Agak halus	Halus
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber: Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1996)

3.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar dalam pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air dalam campuran beton diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta menjadi pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30% dari berat semennya. Pada praktek nilai f_{as} yang digunakan sulit kurang dari 0,35. Selain itu air juga berguna dalam metode perawatan beton yaitu dengan cara membasahi terus menerus beton atau beton yang baru, direndam dalam air (Kardiyono, 1992).

Air berfungsi untuk melangsungkan proses hidrasi antara air dengan semen, sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton. Air untuk pembuatan beton tidak boleh mengandung asam, alkali, bahan padat/organik, minyak, lumut, gula, sulfat, dan chlorida yang melebihi batas persyaratan yang ditetapkan (Randing *et al.*, 1994)

3.2.4 Serbuk Arang Kayu

Serbuk arang kayu merupakan residu hitam berisi karbon tidak murni yang dihasilkan dengan menghilangkan kandungan air dan komponen volatil dari hewan atau tumbuhan dengan cara memanaskan serbuk kayu tanpa oksigen. Hasil pembakaran serbuk kayu menghasilkan arang serbuk kayu, komposisi kimia serbuk arang kayu mengandung Silika (SiO_2) 11,27% dan Kalsium Oksida (CaO) 0,35% (Sengeoris, 2016).

Arang serbuk kayu mempunyai kesamaan pada unsur pembentuk semen yaitu Silika (SiO_2) dan Kalsium Oksida (CaO) yang bersifat mengikat.

Salah satu bahan tambah yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menambahkan bahan tambah berupa serbuk arang kayu bertujuan agar dapat meningkatkan kualitas beton akibat sifat-sifat kurang baik dari beton itu sendiri.

3.3 Uji *Properties Material* Penyusunan

Sebelum melakukan campuran beton terdapat beberapa metode pengujian material yang dilakukan, Adapun sebagai berikut.

3.3.1 Pengujian berat jenis pada agregat

Berat jenis bertujuan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Berat jenis agregat mempunyai hubungan dengan daya serap air dalam agregat, bila semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air dalam agregat tersebut.

3.3.2 Pengujian analisa saringan agregat

Analisa saringan pada tahapan persiapan ini bertujuan untuk mengetahui distribusi butir (gradasi) halus dengan menggunakan saringan yang tersedia. Gradasi dan modulus kehalusan dipergunakan untuk menentukan komposisi material pembentuk beton. Menurut Tjokrodinuljo (2007) menyatakan “umumnya agregat halus mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8”, adapun agregat kasar biasanya diantara 6 dan 8.

3.3.3 Pengujian berat volume pada agregat

Dalam pengujian berat volume pada agregat, terdapat berat volume padat dan berat volume gembur. Berat volume padat ialah nilai indeks dari massa agregat persatuan volume dalam kondisi padat. Sedangkan berat volume gembur ialah nilai indeks dari massa agregat persatuan volume dalam persatuan volume dalam kondisi gembur. Pengujian berat volume pada agregat bertujuan untuk mengetahui berat volume pada agregat serta klasifikasi agregat kasar berdasarkan berat volume. Pengujian ini dilakukan pada agregat dan sejenisnya yang tertahan saringan No.4, hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam pekerjaan penyelidikan quarry agregat, perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton.

3.3.4 Pengujian lolos saringan No.200

Pengujian lolos saringan No.200 merupakan pengujian untuk menentukan prosentase kandungan lumpur pada pasir serta klasifikasi agregat halus sebagai syarat bahan konstruksi. Pengujian ini dilakukan pada agregat halus/ pasir dalam pencucian air menggunakan saringan no.200 sampai air di wadah kelihatan bening. Kemudian sampel agregat dimasukkan ke dalam oven dan didiamkan selama 24 jam. Setelah itu ditimbang berat agregat yang telah dioven.

Dalam PBI 1971 Pasal 3.3 ayat 3 disebutkan bahwa: "Agregat halus (pasir) tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering) yang dapat diartikan bahwa lumpur adalah bagianbagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat harus diurai/dicuci".

3.4 Faktor Air Semen

Faktor air semen merupakan perbandingan antara berat air dengan berat semen. Abrams telah menyimpulkan bahwa pada bahan-bahan beton dan keadaan pengujian tertentu, jumlah air campuran gradasi dari agregat yang dipakai menentukan kekuatan beton, selama campuran cukup plastis dan dapat dikerjakan. Dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan, beton yang mempunyai faktor air-semen minimal dan cukup untuk memberikan workabilitas tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang sempurna tanpa pekerjaan pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang terbaik (Murdock dan Brook, 1986).

Didalam campuran beton, fas mempunyai dua fungsi. Pertama, untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan. Kedua, untuk pelicin campuran kerikil pasir dan semen agar memudahkan pencetakan. Adapun faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan yaitu:

1. Kehalusan semen
2. Faktor air semen
3. Temperatur suhu

Kehalusan penggilingan dari semen yang semula berbentuk bongkahan menjadi butiran halus akan mempengaruhi kecepatan pengikatan. Kehalusan penggilingan penampang spesifik adalah total diameter penampang semen. Jika penampang lebih besar, maka akan memperluas bidang kontak dengan air yang semakin besar. Semakin besar bidang persinggungan semakin cepat bereaksi. Karena itu kekuatan awal dan semen yang lebih halus akan lebih tinggi, sehingga pengaruh akhirnya berkurang hubungan antara faktor air semen dan kekuatan beton dapat ditulis menurut Abrams (1919) dalam Kardiyono (1992) sebagai berikut:

$$F_C = \frac{A}{B^x} \quad (3.1)$$

Dengan:

F_C = Kuat tekan beton

X = perbandingan volume antara air dan semen (faktor air semen)

A,B = Konstanta.

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan antara berat air dan semen yang dapat ditulis sebagai berikut (Sagel dkk., 1993):

$$Fas = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Semen}} \quad (3.2)$$

Pada beton biasa, fektor air semen dipakai antara 0,5-0,6 yang akan menghasilkan kuat tekan rata-rata sekitar 45 MPa dan 25 MPa (tergantung pada faktor-faktor lain).

3.5 *Workability*

Newman (1964) mendefinisikan *workability* sekurang-kurangnya menjadi 3 sifat yang terpisah, yaitu:

- a. Kompaktibilitas, atau kemudahan dimana beton dapat dipadatkan dan rongga udara diambil.
- b. Mobilitas, atau kemudahan dimana beton dapat mengalir ke dalam cetakan di sekitar baja dan dituang kembali.
- c. Stabilitas, atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen dan stabil selama dikerjakan tanpa terjadi pemisahan butiran atau bahan-bahan utamanya.

Jackson dan Dhir (1983), mengemukakan bahwa tingkat *Workability* berdasarkan nilai *slump* terdiri atas *Medium Workability*, *Low Workability*, dan *Very Low Workability*. Tingkat *Workability* dapat dilihat pada Tabel 3.3 pada halaman berikut ini.

Tabel 3.3 Tingkat *Workability* Berdasarkan Nilai *Slump*

<i>Slump mm</i>	<i>Workability</i>
25-100	Medium
10-50	Low
-	Very Low

(Sumber: Jackson dan Dhir, 1983)

3.6 *Bleeding*

Bleeding adalah kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan. Air yang naik pada permukaan akan membawa semen dan butir-butir halus, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*). Menurut (Mulyono, 2004), *Bleeding* dapat dipengaruhi oleh:

1. Susunan butir agregat
Jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadinya *bleeding* kecil.
2. Banyaknya air
Semakin banyaknya air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya *bleeding*.
3. Kecepatan hidrasi
Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya *bleeding*.
4. Proses pemadatan
Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

3.7 Metode Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton (*mix design*) adalah proses penentuan proporsi campuran berdasarkan mutu beton yang telah direncanakan. Penelitian ini melakukan perencanaan campuran beton dengan metode SNI 03-2834-2000 berikut ini merupakan prosedur untuk perencanaan campuran beton.

1. Menentukan nilai standar deviasi (Sd) yang ditentukan berdasarkan dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan campuran beton. Semakin baik pengendalian mutu, maka nilai standar deviasi semakin kecil. Jika jumlah pengujian kurang dari 30 buah maka perlu dilakukan koreksi terhadap nilai

deviasi standar dengan angka faktor pengali yang tertera pada Tabel 3.5. Bila data uji lapangan tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f'_{cr} harus diambil kurang dari $(f'_c + 12 \text{ MPa})$.

Tabel 3.4 Mutu Pelaksanaan, Volume Adukan, dan Deviasi Standar

Volume Pekerjaan		Deviasi Standar sd (MPa)		
Sebutan	Volume Beton (m ³)	Mutu Pekerjaan		
		Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	< 1000	$4,5 < sd \leq 5,5$	$5,5 < sd \leq 6,5$	$6,5 < sd \leq 8,5$
Sedang	1000 - 3000	$3,5 < sd \leq 4,5$	$4,5 < sd \leq 5,5$	$5,5 < sd \leq 7,5$
Besar	> 3000	$2,5 < sd \leq 3,5$	$3,5 < sd \leq 4,5$	$4,5 < sd \leq 6,5$

(Sumber: Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992)

Tabel 3.5 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar Bila Data Hasil uji yang Tersedia kurang dari 30

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

2. Nilai tambah (M) dapat dihitung dengan persamaan berikut digunakan untuk kuat tekan rencana

$$M = 1,64 \times s_r \quad (3.3)$$

Dengan:

M = nilai tambah

1,64 = tetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5 %

S_r = deviasi standar rencana

3. Mencari nilai kuat tekan beton rata-rata rencana dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$F_{cr} = f'_c + M \quad (3.4)$$

Dengan :

F_{cr} = Kuat tekan beton rata-rata rencana (MPa)

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan (MPa)

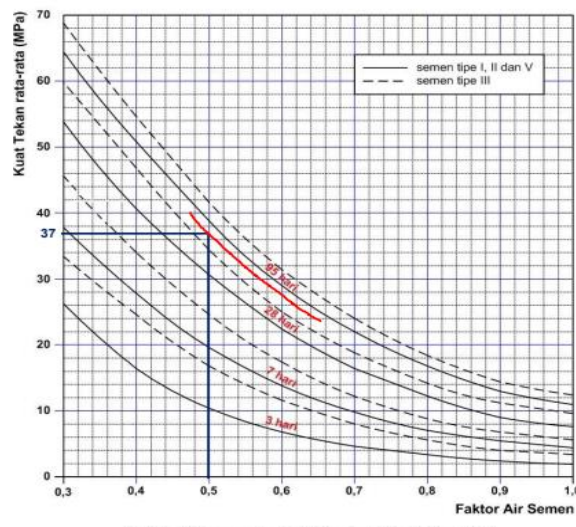
M = Nilai tambah (MPa)

4. Menentukan tipe semen yang digunakan
5. Menentukan jenis agregat yang digunakan pada pengujian agregat.
6. Menentukan nilai faktor air semen (FAS) menggunakan Tabel 3.6 sebagai berikut:

Tabel 3.6 Perkiraan Kekuatan tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen, dan Agregat Kasar yang Biasa dipakai di Indonesia

Jenis semen	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber: SNI 03-2834-2000)



**Gambar 3.2 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen
(Benda Uji Berbentuk Silinder Diameter 150mm, Tinggi 30mm)**
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

7. Pemilihan nilai maksimum untuk faktor air semen dan minimum jumlah semen menggunakan Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam lingkungan khusus

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m^3 beton (Kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton didalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosid	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0.60

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

8. Memeriksa tingkat kelecakan (*workability*) adukan beton dengan menentukan nilai *slump*.

9. Menentukan ukuran maksimum dari butir agregat.
10. Melakukan perhitungan kadar semen untuk per m^3 beton menggunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Jumlah semen per } m^3 \text{ beton} = \frac{\text{kadar air bebas}}{FAS} \quad (3.5)$$

11. Melakukan perhitungan kadar air bebas agregat campuran menggunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3}Wh + \frac{2}{3}Wk \quad (3.6)$$

Dengan:

Wh = Perkiraan air untuk agregat halus

Wk = Perkiraan air untuk agregat kasar

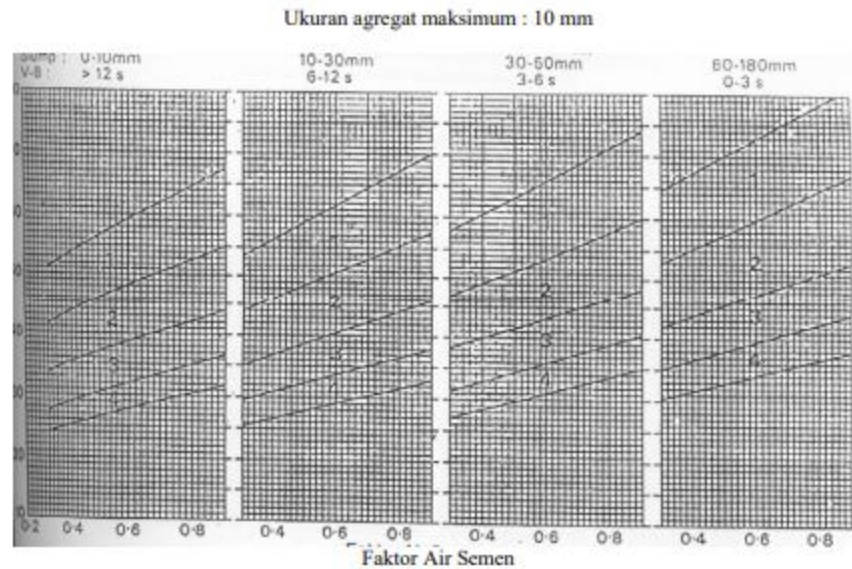
Untuk mendapatkan nilai Wh dan Wk berdasarkan Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton

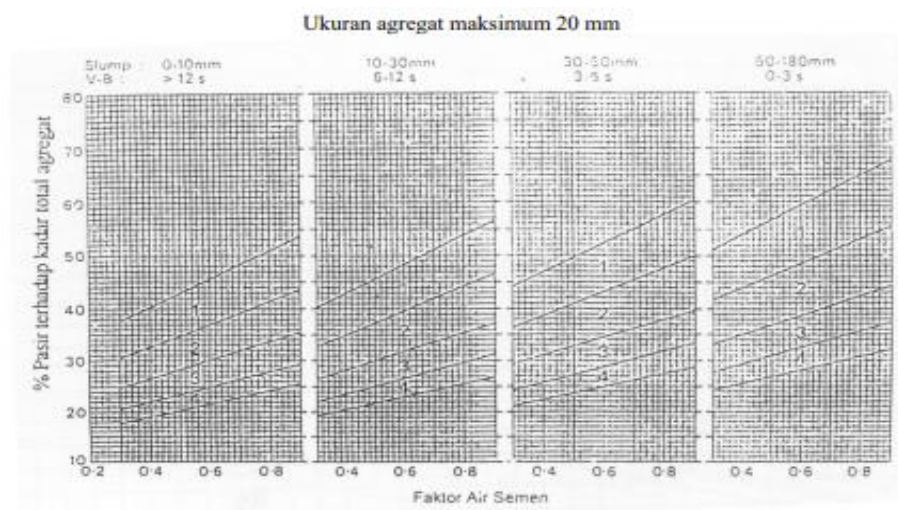
Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir Maksimum agergat	Jenis agregat	-	-	-	-
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

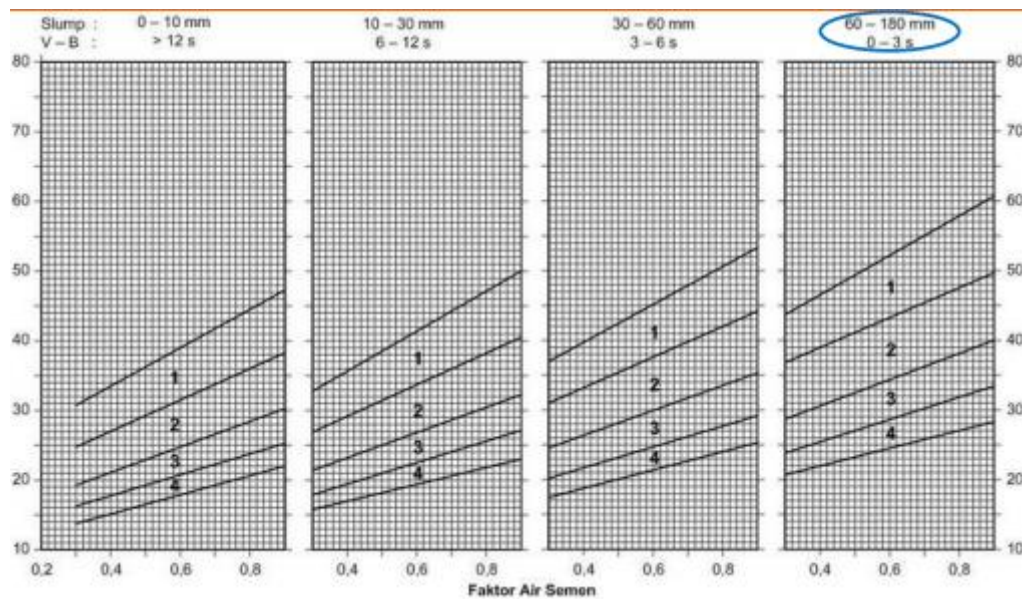
12. Menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar menggunakan grafik berikut di bawah ini.



Gambar 3.3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimal 10 mm)
(Sumber: SNI 03-2834-2000)



Gambar 3.4 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimal 20 mm)
(Sumber: SNI 03-2834-2000)



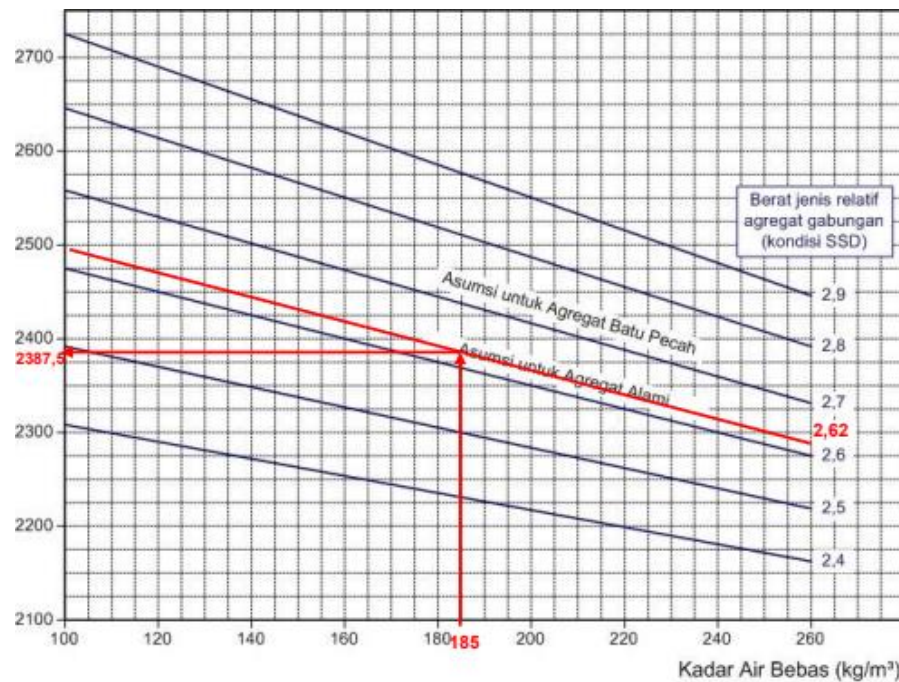
Gambar 3.5 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimal 40 mm)
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Untuk mendapatkan persentase dari agregat halus dan agregat kasar dapat mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Melakukan penentuan grafik yang digunakan berdasarkan dari ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang direncanakan.
 - b. Apabila sudah menentukan grafik, dapat menarik garis ke atas hingga ke kurva paling atas diantara dua kurva yang memasuki daerah gradasi pasir.
 - c. Setelah itu tarik garis secara horizontal ke kanan, dari kurva batas atas maupun kurva atas bawah yang berada pada daerah gradasi.
 - d. Catat nilai yang didapatkan kemudian ambil rata-arata dari kedua nilai.
13. Hitung berat jenis *relative* agregat yang diambil dari hasil uji menggunakan persamaan berikut.

$$BJ \text{ Ag. Gab.} = (\text{Persen Ag. Halus} \times BJ \text{ Ag. Halus}) + (\text{Persen Ag. Kasar} \times BJ \text{ Ag. Kasar}) \quad (3.7)$$

14. Menentukan nilai dari berat isi beton dengan grafik berikut.



Gambar 3.6 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

15. Menghitung kadar agregat gabungan dengan persamaan berikut ini:

$$AG = \text{Berat isi beton} - \text{Kadar semen} - \text{Kadar air} \quad (3.8)$$

16. Menghitung kadar agregat kasar dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Kadar agregat kasar} = \frac{\text{agregat kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.9)$$

17. Menghitung kadar agregat halus dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Kadar agregat halus} = \frac{\text{agregat halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.10)$$

18. Menghitung presentase substitusi parsial serbuk arang kayu terhadap berat semen.

3.8 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecekan suatu adukan beton, hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahan

pengerjaan (*workability*). Makin tinggi nilai *slump* berarti semakin cair adukan beton tersebut, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan. Nilai *slump* lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja, bila nilai slump sama akan tetapi nilai fasnya berubah maka beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi (Tjokrodimuljo, 1992).

3.9 Perawatan Beton

Menurut Ir. Kardiyono Tjokrodimuljo dalam buku Teknologi Beton menyatakan bahwa: “Perawatan Beton ialah tahap akhir pekerjaan pembetonan, yaitu pekerjaan menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak dipadatkan sampai proses hidrasi cukup sempurna (kira- kira selama 28 hari).” Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga agar air di dalam beton segar tidak keluar. Agar dapat menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, maka oleh udara panas dan tiupan angin akan terjadi proses penguapan air dari permukaan beton segar, sehingga air dari dalam beton segar mengalir keluar, dan beton segar kekurangan air untuk hidrasi, sehingga dapat timbul retak-retak pada permukaan betonnya.

3.10 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani dengan gaya desak tertentu. Pada umumnya beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat desak yang tinggi. Karena mutu beton hanya ditinjau dari kuat desaknya saja. Umur beton berpengaruh pada kuat desak beton (Tjokrodimuljo, 1992).

Kuat tekan beton memiliki faktor yang dapat mempengaruhi besarnya beban yang diampu dengan gaya kuat desak selain, dari perbandingan faktor air semen dan tingkat pematatannya. Adapun faktor penting lainnya sebagai berikut:

1. Jenis dan kualitas semen, yang dapat mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kekuatan batas beton.
2. Jenis dan lekuk bidang pada permukaan agregat. Agregat dapat menghasilkan beton yang dapat mengampu gaya desak yang besar, daripada penggunaan kerikil halus dari sungai.

3. Perawatan beton (*curing*) pada saat setelah melakukan memsahkan adukan beton pada cetakan, perawatan beton (*curing*) sangat penting dilakukan dengan baik. Jika perawatan beton tidak baik seperti halnya dibiarkan di tempat terbuka yang panas tanpa perawatan (*curing*) yang dapat membuat laju penyusutan air pada beton lebih cepat dari umur beton siap digunakan maka, beton dapat kehilangan kekuatan sampai 40%. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.
4. Suhu pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu pada titik beku kuat tekan akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
5. Umur pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umur. Kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen.

Pengukuran kuat tekan beton dilakukan dengan membuat benda uji pada saat pengadukan beton berlangsung. Benda uji berupa silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, benda uji ini kemudian ditekan dengan mesin penekan sampai pecah. Beban tekan maksimum yang memecahkan itu dibagi dengan luas penampang silinder maka diperoleh nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan dinyatakan dalam MPa atau kg/cm^2 dihitung dengan rumus sebagai berikut (Tjokrodinuljo, 1992):

$$\text{Kuat desak beton: } f'_c = \frac{P}{A} \quad (3.11)$$

Keterangan:

f'_c = kuat tekan masing-masing benda uji (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Nilai uji yang diperoleh dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material yang heterogen, yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk dan ukuran, kecepatan pembebanan, dan oleh kondisi lingkungan pada saat pengujian. Dari kuat tekan masing-masing benda uji kemudian dihitung kuat tekan beton rata-rata (f_{cr}) dengan persamaan (Wahyudi dan Rahim, 1997).

Adapun rumus perhitungan kuat tekan beton rata-rata sebagai berikut:

$$f'_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^{N=1} f'_{tc}(i)}{N} \quad (3.12)$$

Dengan :

f'_{cr} : Kuat tekan beton rata-rata

f'_{tc} : Kuat tekan pada masing-masing benda uji (MPa)

N : Jumlah benda uji yang diperiksa

3.11 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton yang dilakukan dengan benda uji berbentuk silinder yang diletakkan mendatar sejajar permukaan meja penekan uji tekan. Pengujian kuat tarik belah digunakan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton. Untuk benda uji berbentuk silinder, dibuat dengan memenuhi syarat ukuran, pencetakan, dan perawatan yang ditetapkan benda uji yang dibuat di lapangan (SNI 03-4810-1998). Besaran nilai pada pengujian kuat tarik belah beton silinder dapat di hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (3.12)$$

Keterangan :

F_{ct} = Kuat Tarik Belah (MPa)

P = Beban uji maksimum pada mesin uji tekan (N)

L = Panjang Benda Uji (mm)

D = Diameter benda uji (mm)

3.12 Koefisien Korelasi

Tujuan dilakukannya koefisien korelasi yaitu untuk mengetahui kekuatan hubungan antara dua variabel atau lebih. Adapun merupakan tabel pedoman koefisien korelasi sebagai berikut.

Tabel 3.9 Pedoman Koefisien Korelasi

Koefisien Korelasi	Tingkat Hubungan
0 – 1,99	Sangat Rendah
0,20 – 3,99	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

Sumber: Nuryani (2014)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode ini dapat didefinisikan sebagai metode yang didapat dari hasil penelitian sampel yaitu beton yang menggunakan serbuk arang kayu sebagai bahan substitusi semen. Sampel atau benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan dimensi 150 mm x 300 mm. Setiap variasi dilakukan uji *slump* dan uji kuat tekan. Pengujian ini akan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4.2 Bahan Penelitian

Pada metode penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan sangat penting dalam berlangsungnya penelitian agar dapat berjalan dengan lancar dan berguna untuk kepentingan masyarakat. Adapun bahan-bahan yang digunakan pada subbab berikut ini.

4.2.1 Semen

Dalam tahap pelaksanaan penelitian ini digunakan semen yang digunakan ialah *portland cement* tipe I, dengan merk semen Tiga Roda kemasan 40 Kg. pengamatan yang dilakukan secara visual dengan melihat kondisi kemasan kantong semen yang masih baik, tertutup dengan rapat, bahan butiran halus, dan tidak terjadi gumpalan akibat terkena air.

Adapun Gambar 4.1 merk semen yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 4.1 Semen Merek Tiga Roda
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

4.2.2 Agregat

agregat yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat halus (pasir) yang berasal dari kali progo dan agregat kasar (krikil) yang berasal dari clereng, Yogyakarta.

Adapun proporsi agregat terdiri atas:

1. Agregat Halus adalah pasir dengan ukuran butir $< 2,40$ mm, dan
2. Agregat Kasar adalah dengan menggunakan batu pecah.

Adapun Gambar 4.2 pasir progo dan Gambar 4.3 batu pecah yang digunakan pada pelaksanaan penelitian sebagai berikut:



Gambar 4.2 Pasir Progo
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 4.3 Batu Pecah
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

4.2.3 Air

Air yang digunakan pada penelitian ini diambil dari laboratorium bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pemeriksaan hanya dilakukan secara visual dari penampakannya yaitu jernih, tidak berbau, dan dapat digunakan air yang digunakan layak untuk di konsumsi.

Adapun gambar air yang digunakan di lab BKT Universitas Islam Indonesia sebagai berikut:



Gambar 4.4 Air

(Sumber: Dokumentasi Pribadi,2024)

4.2.4 Bahan Tambah

Bahan tambah yang digunakan ialah serbuk arang kayu dicampur pada suatu adukan beton dengan proporsi tertentu. Adapun gambar serbuk arang yang digunakan sebagai bahan substitusi parsial material semen sebagai berikut:



Gambar 4.5 Serbuk Arang Kayu

(Sumber: Dokumentasi Pribadi,2024)

4.3 Peralatan Penelitian

Selain kebutuhan bahan material dalam pembuatan sampel penelitian, diperlukan peralatan dalam pengerjaan untuk menunjang terlaksananya suatu

penelitian yang dilakukan. Pada subbab ini, adapun peralatan yang dibutuhkan dalam melaksanakan penelitian ini sebagai berikut:

4.3.1 Saringan/Ayakan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Saringan ini digunakan untuk memperoleh diameter agregat yang diinginkan. Saringan/ayakan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 1 set ayakan yang digunakan pada lab Bahan Teknologi Konstruksi Universitas Islam Indonesia

Adapun gambar alat Ayakan Agregat Halus dan Agregat Kasar yang digunakan pada penelitian sebagai berikut ini:



Gambar 4.6 Ayakan Agregat Halus dan Agregat Kasar
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

4.3.2 Mistar dan Jangka sorong

Dalam penelitian ini, mistar dan jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi pada sampel benda uji yang akan diteliti dan untuk mengukur pada pengujian nilai *slump*.

Adapun gambar alat yang digunakan pada pelaksanaan penelitian sebagai berikut ini:



Gambar 4.7 Mistar Jangka Sorong
(Sumber Dokumentasi Pribadi, 2024)

4.3.3 Timbangan

Selain mistar dan jangka sorong, timbangan juga diperlukan untuk mengukur berat pada masing-masing bahan dengan proporsi tertentu dalam menentukan campuran pada beton yang pas, timbangan yang digunakan memiliki ketelitian 0.01 kg. Adapun timbangan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 4.8 Timbangan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

4.3.4 Ember

Ember digunakan sebagai wadah atau tempat untuk bahan-bahan yang digunakan selama proses penelitian berlangsung.

Adapun gambar ember yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 4.9 Ember Cor
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

4.3.5 Cetok dan Talam baja

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan, sedangkan talam baja digunakan untuk menampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk.

Adapun gambar cetok dan talam baja yang digunakan pada penelitian sebagai berikut:



Gambar 4.10 Cetok
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 4.11 Talam Baja
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

4.3.6 Kerucut Abrams dan Baja Penumbuk

Kerucut abrams digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan atau slump dari adukan beton. Kerucut abrams mempunyai dimensi bagian atas diameter 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm. Sedangkan baja penumbuk digunakan untuk menumbuk adukan campuran beton yang telah dimasukkan kedalam cetakan.

Adapun kerucut abram dan baja penumbuk yang digunakan pada penelitian sebagai berikut:



Gambar 4.12 Kerucut Abrams dan Baja Penumbuk
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

4.3.7 Mesin Pengaduk beton (*molen concert mixer*)

Mesin pengaduk beton (*molen concert mixer*) digunakan untuk mengaduk bahan campuran beton, sehingga dapat diperoleh campuran beton yang homogen. Mesin pengaduk (*mixer*) yang digunakan pada penelitian ini menggunakan alat pengaduk beton yang terdapat pada laboratorium Bahan Konstruksi Teknik di Universitas Islam Indonesia yang dimana alat pengaduk pada lab tersebut dapat menampung campuran beton dengan masing-masing tabung dari 0,6 sampai 1 kubik.

Adapun gambar alat pengaduk beton (*molen concert mixer*) yang digunakan pada penelitian sebagai berikut:



Gambar 4. 13 Molen Concert Mixer

(Sumber: Dokumentasi Pribadi,2024)

4.3.8 Bak (kolam)

Bak (kolam) yang berisikan air digunakan sebagai wadah dalam melakukan proses pemeliharaan atau *curing* pada sampel beton selama 28 hari sebelum dilakukan pengujian pada sampel beton pada penelitian ini.

Adapun gambar bak kolam yang digunakan untuk merendam sampel pada saat dilakukannya penelitian sebagai berikut:



Gambar 4.14 Bak (Kolam)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi,2024)

4.3.9 Alat Pengangkut barang

Alat yang dipakai berupa troli barang untuk mengangkut sampel beton yang sudah dicetak dengan jumlah yang banyak menuju tempat pemeliharaan atau *curing* berupa kolam berisi air untuk dilakukannya perendaman pada sampel penelitian tersebut. Adapun alat pengangkut barang yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 4.15 Alat Pengangkut Barang

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

4.3.10 Mesin Uji Tekan beton

Mesin dengan merek ADR3000 ini digunakan untuk menguji kuat tekan yang berupa benda uji selinder. Cara pengujian kuat tekan dilakukan dengan meletakkan selinder secara vertikal dan kemudian ditekan dari atas, luas bidang tekan adalah luas alas selinder tersebut.

4.4 Pelaksanaan Penelitian

Pada subbab ini, pelaksanaan penelitian secara garis besar terdiri atas beberapa tahapan, adapun beberapa tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

4.4.1 Tahapan Persiapan bahan

Persiapan bahan dilakukan sebelum melakukan penelitian, hal tersebut dibutuhkan untuk mendapatkan mutu yang sesuai rencana. Pembersihan material dari kotoran atau benda asing jika tidak dibersihkan akan memengaruhi mutu yang akan dihasilkan. Berikut merupakan persiapan yang dilakukan:

1. Persiapan material

Persiapan material yang harus dipersiapkan yaitu bahan penyusun beton yang akan di *mix* menjadi beton segar meliputi agregat halus, agregat kasar, air, semen, dan *admixture* lainnya. Untuk material tambahan pada penelitian ini adalah serbuk arang kayu.

2. Pembersihan material

Pembersihan material dilakukan pada agregat halus dan kasar. Pembersihan untuk menghasilkan bahan material yang memenuhi persyaratan dalam campuran beton. Agregat kasar harus bersih dari sampah atau benda asing dan agregat halus bersih dari lumpur apabila material tidak dibersihkan dapat memengaruhi hasil dari penelitian. Material disimpan kedalam wadah apabila sudah dibersihkan supaya kebersihannya terjaga.

3. Pengujian material

pengujian material untuk mengetahui klasifikasi agregat dan sifat karakteristik yang telah memenuhi parameter yang sudah ditentukan. Pengujian yang akan dilakukan sebagai berikut.

a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

langkah-langkah pengujian meliputi:

- 1) keadaan agregat halus dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD),
- 2) mengeringkan benda uji menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat uji tetap yang dimana setelah dilakukan proses penimbangan dan pengeringan dalam oven selama 3 kali proses dengan selang waktu 2 jam tidak terjadi perubahan kadar air lebih dari 0,1% dan lakukan perendaman selama 23 ± 4 jam dalam air,
- 3) membuang air rendaman secara hati-hati, pastikan tidak ada butiran yang terbang, melatukkan agregat pada pan kemudian dikeringkan di udara panas hingga benda uji jenis kering permukaan,
- 4) setelah tercapai kondisi SSD, masukkan 500 gram dari sampel ke dalam piknometer dan air dimasukkan hingga 90% dari isi piknometer,

- 5) dalam kondisi miring, piknometer diputar ke kiri dan ke kanan yang berisis agregat halus dan air hingga tidak ada gelombang udara pada agregat,
- 6) air ditambahkan hingga batas kapasitas piknometer, lalu piknometer, agregat halus, dan air di timbang serta dicatat hasilnya,
- 7) agregat halus dikeluarkan dari piknometer dan diletakkan di pan, lalu dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam,
- 8) piknometer ditimbang dalam keadaan kosong dan dicatat beratnya,
- 9) agregat dikeluarkan dari oven setelah 24 jam, lalu ditimbang dan dicatat beratnya,
- 10) berat jenis semu, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis curah, dan penyerapan air dihitung dengan menggunakan hasil penimbangan yang sebelumnya telah dilakukan pengujian dengan persamaan:

$$\begin{aligned} & \text{- Berat jenis curah, gram/cm}^3 \\ & = \frac{BK}{B+500-Bt} \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} & \text{- Berat jenis jenuh kering permukaan} \\ & = \frac{500}{B+500-Bt} \end{aligned} \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} & \text{- Berat jenis semu} \\ & = \frac{BK}{B+BK-Bt} \end{aligned} \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} & \text{- Penyerapan air} \\ & = \frac{Bj-BK}{BK} \cdot 100\% \end{aligned} \quad (4.4)$$

b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Untuk langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) membersihkan kotoran yang terdapat pada permukaan benda uji dengan dicuci terlebih dahulu,
- 2) mengeringkan benda uji dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ pada oven, kemudian mengeluarkan dan mendinginkan selama 3 jam,

- 3) menimbang agregat sebanyak 5000 gram apabila telah mencapai SSD, kemudian ditempatkan dalam keranjang dan dicelupkan kedalam air serta dicatat beratnya,
- 4) mengeluarkan agregat dari keranjang kemudian letakkan dalam pan lalu keringkan selama ± 24 jam di dalam oven,
- 5) ketika setelah 24 jam, agregat dikeluarkan dari oven lalu ditimbang dan dicatat,
- 6) berat jenis semu, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis curah, dan penyerapan air dihitung dengan menggunakan hasil penimbangan yang sebelumnya telah dilakukan pengujian dengan persamaan:

- Berat jenis curah, gram/cm^3

$$= \frac{BK}{Bj - Ba} \quad (4.5)$$

- Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD)

$$= \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (4.6)$$

- Berat jenis semu

$$= \frac{Bk}{Bk - Ba} \quad (4.7)$$

- Penyerapan air

$$= \frac{Bj - Bk}{Bk} \cdot 100\% \quad (4.8)$$

c. Pengujian analisa saringan agregat halus

Pengujian ini merupakan saringan benda uji yang lolos dalam saringan 4,75 mm (No. 4). Untuk pengujian ini langkah-langkah yaitu sebagai berikut.

- 1) mengeringkan benda uji pada oven dengan suhu (110 ± 5) C hingga berat benda uji tetap,
- 2) mengeluarkan benda uji dari oven kemudian dinginkan,
- 3) menyusun saringan dari dari ukuran yang paling besar dari atas ke bawah yang ukuran saringannya meliputi 9,5 mm; 4,75 mm (No. 4);

2,36 mm (No. 8); 1,18 mm (No. 16); 0,600 mm (No. 30); 0,300 mm (No.50); 0,150 mm (No. 100), dan pan,

- 4) memasukkan benda uji ke dalam saringan dari ukuran yang paling besar kemudian proses penyaringan dengan bantuan mesin ayak untuk mengguncang selama 10 – 15 menit,
- 5) mengeluarkan benda uji yang tersaring dalam setiap saringan kemudian letakkan diatas pan dan ditimbang untuk dicatat beratnya

d. Pengujian analisa saringan agregat kasar

Ini merupakan pengujian yang dimana benda uji tidak lolos pada saringan 4,75 mm (No.4). Untuk pengujian ini sebagai berikut. membersihkan kotoran

- 1) mengeringkan benda uji pada oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat benda uji tetap,
- 2) mengeluarkan benda uji dari oven kemudian dinginkan.
- 3) menyusun saringan dari dari ukuran yang paling besar dari atas ke bawah yang ukuran saringannya meliputi 9,5 mm; 4,75 mm (No. 4); 2,36 mm (No. 8); 1,18 mm (No. 16); 0,600 mm (No. 30); 0,300 mm (No.50); 0,150 mm (No. 100), dan pan,
- 4) masukkan benda uji ke dalam saringan dari ukuran yang paling besar kemudian proses penyaringan dengan bantuan mesin ayak untuk mengguncang selama 10 – 15 menit,
- 5) mengeluarkan benda uji yang tersaring dalam setiap saringan kemudian letakkan diatas pan dan ditimbang untuk dicatat beratnya,
- 6) Setelah mendapat hasil pengukuran dari berat masing-masing benda uji yang tersaring kemudian menghitung Modulus Halus Butir (MHB) untuk agregat yang digunakan dengan persamaan:

$$\text{MHB} = \frac{\Sigma \text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \quad (4.9)$$

e. Pengujian berat volume padat/gembur agregat halus

Untuk langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut.

- 1) mengeringkan benda uji pada oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat benda uji tetap,

- 2) mengeluarkan benda uji dari oven kemudian dinginkan,
 - 3) melakukan pengukuran pada silinder ukur catat dimensi dan berat,
 - 4) memasukkan agregat halus ke dalam silinder ukur per 1/3 bagian dari tinggi silinder dan masing-masing tiap bagian ditumbuk 25 kali secara merata, kemudian ulangi hingga volume penuh
 - 5) Pada pengujian berat volume gembur, memasukkan agregat halus ke dalam silinder ukur hingga penuh tanpa pemadatan secara ditumbuk kemudian ratakan.
 - 6) Silinder ukur yang sudah terisi benda uji melakukan penimbangan berat silinder dan dicatat beratnya
 - 7) menghitung berat volume menggunakan dari hasil penimbangan.
- f. Pengujian berat volume padat/gembur agregat kasar
- Langkah-langkah pengujian ini ialah sebagai berikut.
- 1) Mengeringkan benda uji pada oven dengan suhu (110 ± 5) C hingga berat benda uji tetap.
 - 2) Mengeluarkan benda uji dari oven kemudian dinginkan.
 - 3) Melakukan pengukuran pada silinder ukur catat dimensi dan berat.
 - 4) Memasukkan agregat kasar ke dalam silinder ukur per 1/3 bagian dari tinggi silinder dan masing-masing tiap bagian ditumbuk 25 kali secara merata, kemudian ulangi hingga volume penuh.
 - 5) Pada pengujian berat volume gembur, memasukkan agregat kasar ke dalam silinder ukur hingga penuh tanpa pemadatan secara ditumbuk kemudian ratakan.
 - 6) Silinder ukur yang sudah terisi benda uji melakukan penimbangan berat silinder dan dicatat beratnya
 - 7) Berat volume dihitung menggunakan dari hasil penimbangan.
- g. Pengujian lolos saringan No. 200 Langkah-langkah pengujian ini ialah sebagai berikut.
- 1) Mengeringkan benda uji pada oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat benda uji tetap.
 - 2) Memasukkan benda uji ke saringan dan siram air diatasnya.

- 3) Menggerakkan saringan hingga agregat melewati saringan No. 200 dengan tetap mengalirkan air diatasnya hingga tersisa bagian yang kasar diatasnya.
- 4) Melakukan cara tersebut sampai air pencucian jernih.
- 5) Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga berat tetap.
- 6) Melakukan perhitungan berat yang lolos saringan No. 200 dengan persamaan:

$$\text{Berat yang lolos saringan No. 200} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (4.10)$$

Keterangan:

A: Berat agregat kering oven

B: Berat agregat kering oven setelah dicuci

4.5 Pembuatan Benda Uji

Sampel yang dibuat dengan bentuk silinder berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm digunakan dalam penelitian ini untuk pengujian kuat tekan beton. Pembuatan benda uji dilakukan berdasarkan SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. Berdasarkan SNI 03-2834-2000 untuk masing-masing umur pengujian dan kondisi pengujian minimum berjumlah tiga dengan umur pengujian 28 hari sehingga untuk setiap variasi pada pengujian yaitu 10 sampel per variasi terdiri dari 5 sampel uji tekan beton, dan 5 sampel uji kuat tarik belah beton. Rincian sampel pengujian beton dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut

Tabel 4.1 Rincian Sampel Pengujian Beton

Jenis Pengujian	Kode Sampel	Persentase penggunaan Abu Arang Kayu (%)	Jumlah Sampel Uji Tekan Beton	Jumlah Sampel Uji Kuat Tarik Belah	Total Sampel
Kuat Tekan	BN	0%	5	5	40
	BK 1	1%	5	5	
	BK 2	3%	5	5	
	BK 3	6%	5	5	

Tahapan dalam pembuatan benda uji beton adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan bahan penyusun beton seperti agregat halus, agregat kasar, air yang sebelumnya dibersihkan dan diuji, serta bahan substitusi serbuk arang kayu peralatan untuk menakar disiapkan seperti timbangan dan gelas ukur.
2. Menakar bahan yang digunakan dalam campuran beton sesuai dengan perencanaan berdasarkan SNI 03-2834-2000
3. Melakukan penimbangan bahan seperti semen, agregat halus, agregat kasar, air, serbuk arang kayu sesuai dengan berat yang telah direncanakan.
4. Memasukkan bahan yang telah ditakar kedalam ember sebagai wadah untuk memudahkan pada saat pencampuran dimesin mixer beton.
5. Menyiapkan cetakan silinder dan olesi bagian dalam silinder dengan oli dan menimbang berat dan catat.
6. Menyiapkan mesin mixer beton dan tempat untuk menuangkan beton segar.
7. Memasukkan agregat kasar, agregat halus, variasi substitusi serbuk arang kayu ke mesin mixer dalam keadaan hidup, aduk hingga tercampur merata.
8. Memasukkan semen ke mesin mixer dan tunggu hingga campuran merata.
9. Menuangkan air yang telah di takar ke dalam mesin mixer sedikit demi sedikit dengan tujuan untuk mengontrol keenceran campuran beton segar.
10. Melakukan uji slump
Slump test dilakukan setelah beton segar yang sudah di mixer dengan campuran bahan beton dituangkan dari mesin pengaduk. Adapun langkah-langkah dalam pengujian slump test. Sebagai berikut:

- a) Pengujian menggunakan kerucut abram, Isi kerucut Abrams dengan campuran beton segar setiap 1/3 bagian. Setiap bagian lakukan penumbukan dengan besi berdiameter 16 mm sebanyak 25 kali secara merata.
- b) Lakukan hal penumbukan setiap bagian secara merata hingga kerucut Abrams terpenuhi beton segar.
- c) Permukaan mortar beton diratakan pada kerucut abram
- d) Diamkan campuran beton segar selama 30 detik, kemudian angkat kerucut abrams secara vertikal untuk mencegah beton segar runtuh. kemudian kerucut abram diletakkan disamping mortar beton yang telah dicetak dan ukur tinggi slump dengan penggaris
- e) Adapun gambar contoh pengujian slump sebagai berikut:



Gambar 4.16 Contoh Pengujian Slump

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

- 11. Apabila dalam uji slump beton telah memenuhi syarat, masukkan campuran beton segar ke dalam cetakan silinder dengan cara memasukkan satu per tiga cetakan terisi, kemudian tumbuk dengan tongkat penumbuk dan pukul dengan palu karet secukupnya hingga beton dirasa merata tanpa adanya rongga udara. Ulangi proses tersebut hingga cetakan silinder penuh.
- 12. Ratakan bagian permukaan beton dengan alat.
- 13. Menimbang berat beton segar yang sudah dalam cetakan silinder dan catat.

14. Setelah 1x24 jam beton dapat dibuka dari cetakan dan dapat dilakukan proses curing dengan cara memasukan benda uji kedalam kolam dengan sebelum waktu pengujian yang dimana pengujian dilakukan pada hari ke 28.

4.6 Prosedur pengujian

Pada Penelitian ini dilakukan dalam beberapa pengujian. Langkah-langkah pengujian akan dijelaskan secara sistematis dan prosedural dari setiap pengujian tersebut.

4.6.1 Kuat Tekan Beton

Langkah-langkah dalam melakukan pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder ialah sebagai berikut.

1. Siapkan alat dan benda uji yang akan dilakukan pengujian
2. Lakukan pengukuran dimensi dan berat pada benda uji.
3. Jika silinder pada permukaan atas tidak rata, maka perlu ditambahkan belerang yang dipanaskan hingga mencair dituangkan pada cetakan, kemudian letakkan permukaan beton yang tidak rata pada cetakan yang sudah diberi belerang cair tunggu hingga mengeras.
4. Pada mesin uji tekan beton letakkan benda uji secara posisi sentris. Kemudian mesin dijalankan dengan beban ditambahkan secara konstan 5 kN/detik.
5. Lakukan pembebanan pada benda uji sampai hancur dan catat angka beban maksimum yang didapat selama pengujian.

Adapun gambar pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut:



Gambar 4.17 Contoh Pengujian Tekan Beton

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

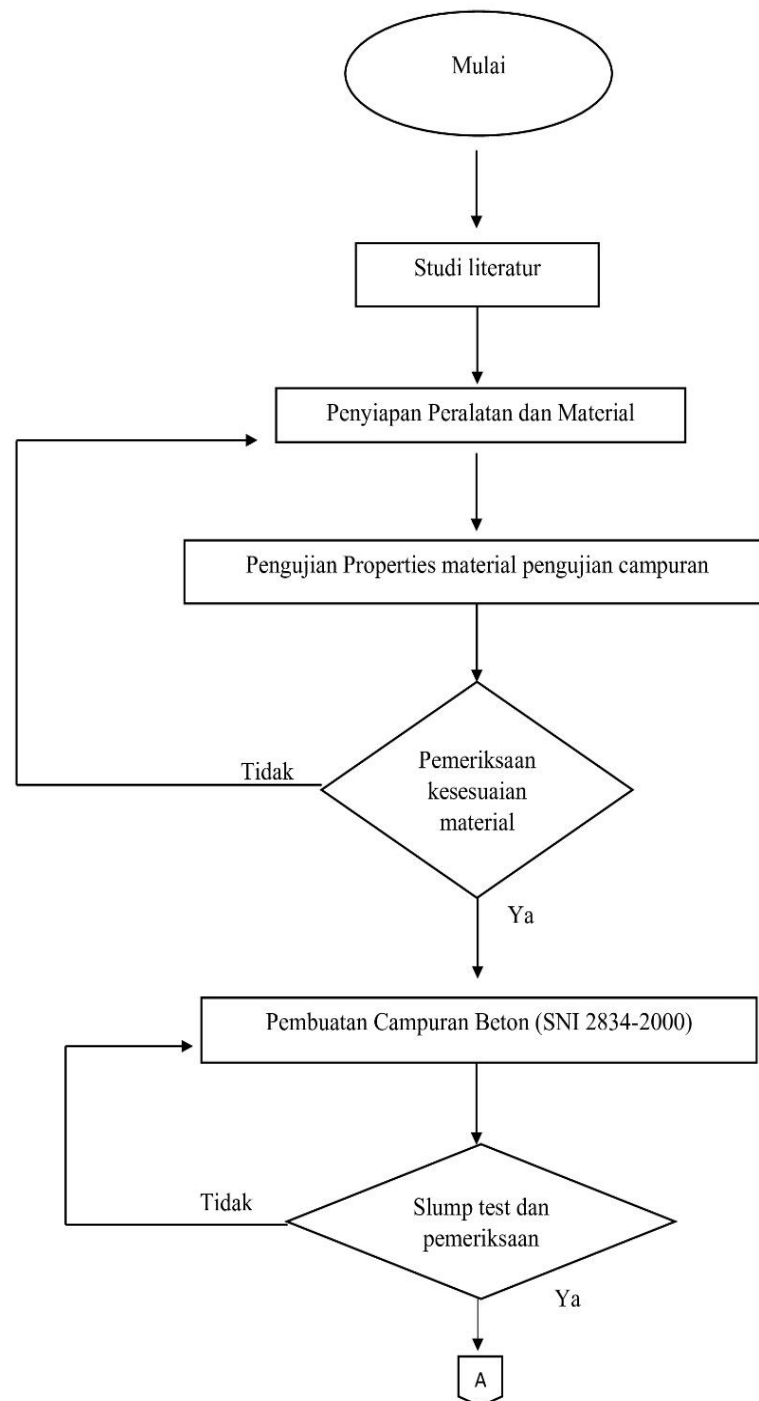
4.7 Kuat Tarik Beton

Dalam melakukan pengujian kuat tarik beton terdapat langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut.

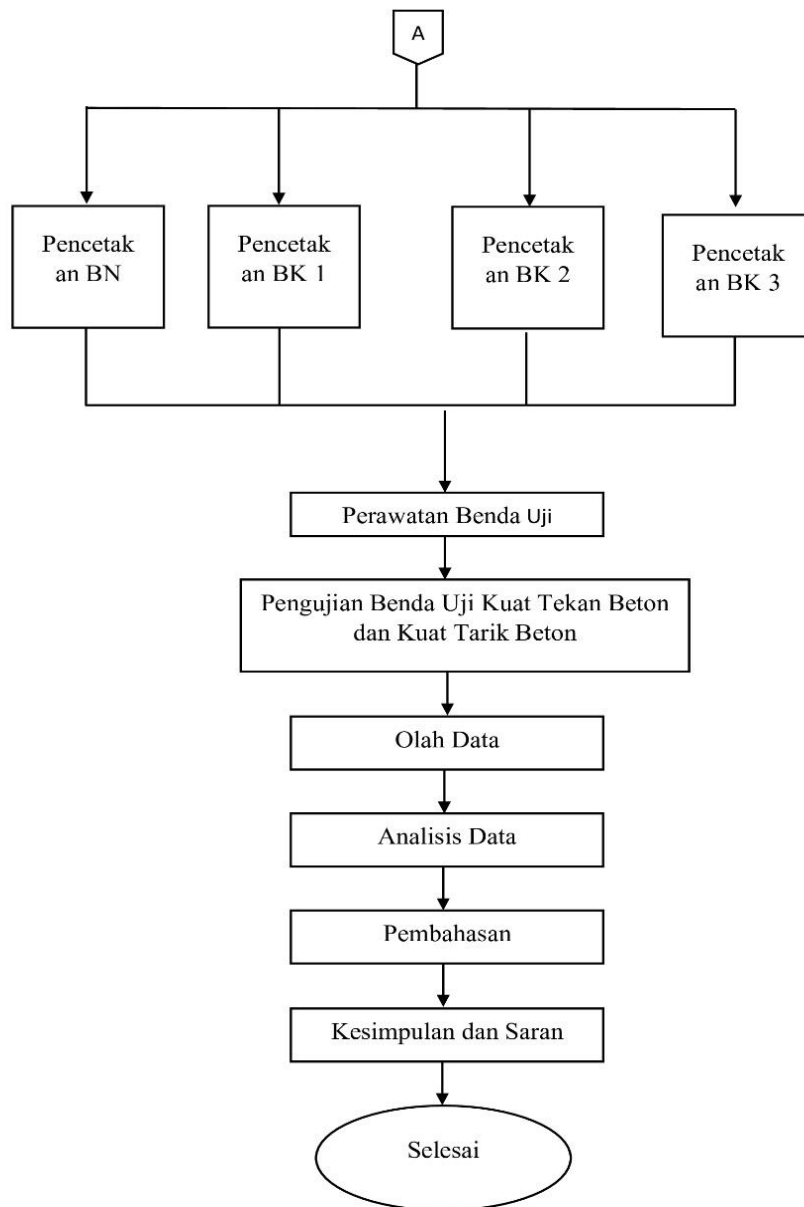
1. Menyiapkan sampel benda uji dan peralatan yang akan dibutuhkan
2. Diberikan tanda pada benda yang akan diuji
3. Letakkan bantalan pada alat uji terhadap sampel benda uji
4. Letakkan sampel benda uji pada mesin uji kuat tarik belah beton
5. Memberikan beban pada benda uji hingga sampel benda uji rusak
6. Melakukan pencatatan beban maksimum yang mampu diampu oleh benda uji dari mesin uji kuat tarik belah beton.

4.8 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.18 pada halaman selanjutnya.



Gambar 4.18 Diagram Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.18 Diagram Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat yang dilaksanakan sebelum dilakukannya pembuatan sampel silinder pada beton dengan maksud tujuan untuk mengetahui spesifikasi kualitas agregat yang digunakan pada campuran beton sehingga mutu beton sesuai dengan rencana yang diinginkan. Oleh karena itu, dalam mengidentifikasi kualitas pada agregat yang digunakan, ada beberapa pengujian yang dilakukan sebagai berikut.

5.1.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus terdiri atas pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus, pengujian analisa saringan pada agregat halus, pengujian berat volume gembur dan berat volume padat pada agregat halus, dan pengujian lolos saringan nomor 200.

Adapun hasil pengujian yang diterangkan diatas, dapat disajikan sebagai berikut.

1. Hasil pengujian Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus
Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus yang berasal dari kali progo didapatkan data agregat halus sebagai berikut.
 - a. Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)
Sampel 1 : 495 gram
Sampel 2 : 496 gram
 - b. Berat pasir kondisi jenuh kering muka gram (SSD)
Sampel 1 : 500 gram
Sampel 2 : 500 gram
 - c. Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)
Sampel 1 : 1046 gram
Sampel 2 : 1021 gram

d. Berat piknometer berisi air, gram (B)

Sampel 1 : 733 gram

Sampel 2 : 709 gram

e. Berat Jenis Curah BK/(BJ-Ba)

$$\text{Sampel 1: } \frac{495}{733+500-1046} = 2,647$$

$$\text{Sampel 2 : } \frac{496}{709+500-1021} = 2,638$$

f. Berat Jenis jenuh kering muda (SSD) Bj/(Bj-Ba)

$$\text{Sampel 1: } \frac{500}{733+500-1046} = 2,674$$

$$\text{Sampel 2: } \frac{500}{709+500-1021} = 2,660$$

g. Berat Jenis semu Bk/(Bk-Ba)

$$\text{Sampel 1: } \frac{495}{733+495-1046} = 2,720$$

$$\text{Sampel 2: } \frac{496}{709+496-1021} = 2.696$$

h. Penyerapan Air (Bj-Bk)/Bk x 100%

$$\text{Sampel 1: } \frac{(500-495)}{(495 \times 100\%)} = 1.010 \%$$

$$\text{Sampel 2 : } \frac{(500-496)}{(496 \times 100\%)} = 0,807 \%$$

Dari perhitungan pada pengujian berat jenis dan penyerapan pada agregat halus yang sudah diuraikan di atas dapat ditampilkan rekapitulasi melalui Tabel 5.1 seperti berikut.

Tabel 5.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Pada Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	495	496
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1046	1021
Berat piknometer berisi air, gram (B)	733	734
Berat Jenis Curah BK/(BJ-Ba)	2,647	2,638
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD) Bj/(Bj-Ba)	2,674	2,660

Lanjutan Tabel 5.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Pada Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Jenis semu $B_k/(B_k-B_a)$	2,720	2.696
Penyerapan Air $(B_j-B_k)/B_k \times 100\%$	1.010 %	0,807 %

Dari hasil pengujian diatas didapatkan hasil berat jenis curah pada sampel 1 sebesar 2,647 dan sampel 2 sebesar 2,638, berat jenis jenuh kering muka (SSD) pada sampel 1 sebesar 2,674 dan sampel 2 sebesar 2,660, berat jenis semu pada sampel 1 sebesar 2,720 dan sampel 2 sebesar 2,696 serta hasil penyerapan air pada sampel 1 sebesar 1,010 % dan sebesar sampel 2 sebesar 0,807 %. Dari hasil yang didapat bahwa berat jenis kering muka (SSD) memenuhi syarat sesuai SK SNI T-15-1990-1 (1990), dengan batas nilai 2,5-2,7 serta hasil penyerapan air sudah memenuhi syarat sesuai SNI No. 1737-1989-F dengan batas maksimal 5%.

2. Analisis Saringan Agregat Halus

Hasil pengujian Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus yang berasal dari kali progo didapatkan data agregat halus sebagai berikut.

a. Persentase Berat Tertahan

$$\text{Persentase berat tertahan} = \frac{\text{Berat tertinggal}}{\sum \text{Berat tertinggal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang penyaringan 4,8 mm} &= \frac{9}{1998} \times 100\% \\ &= 0,45 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang penyaringan 2,4 mm} &= \frac{154}{1998} \times 100\% \\ &= 7,71 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang penyaringan 1,2 mm} &= \frac{350}{1998} \times 100\% \\ &= 17,52 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang penyaringan 0,6 mm} &= \frac{670}{1998} \times 100\% \\ &= 33,53 \% \end{aligned}$$

$$\text{Lubang penyaringan 0,3 mm} = \frac{560}{1998} \times 100\%$$

$$= 28,03 \%$$

$$\text{Lubang penyaringan 0,15 mm} = \frac{206}{1998} \times 100\%$$

$$= 10,31 \%$$

$$\text{Pan} = \frac{49}{1998} \times 100\%$$

$$= 2,452 \%$$

b. Berat Tertahan Kumulatif

$$\text{Lubang penyaringan 4,8 mm} = 0 \% + 0,45 \%$$

$$= 0,45 \%$$

$$\text{Lubang penyaringan 2,4 mm} = 0,45 \% + 7,71 \%$$

$$= 8,16\%$$

$$\text{Lubang penyaringan 1,2 mm} = 8,16\% + 17,52\%$$

$$= 25,68 \%$$

$$\text{Lubang penyaringan 0,6 mm} = 25,68 \% + 33,53\%$$

$$= 59,21 \%$$

$$\text{Lubang penyaringan 0,3 mm} = 59,21 \% + 28,03\%$$

$$= 87,24 \%$$

$$\text{Lubang penyaringan 0,15 mm} = 87,24 \% + 10,31 \%$$

$$= 97,55 \%$$

$$\text{pan} = 97,55 \% + 2,45 \%$$

$$= 100\%$$

c. Persen Lolos Terakumulatif

$$\text{Lubang penyaringan 4,8 mm} = 100\% - 0.45\%$$

$$= 99,55\%$$

$$\text{Lubang penyaringan 2,4 mm} = 100\% - 8,16\%$$

$$= 91,84\%$$

$$\text{Lubang penyaringan 1,2 mm} = 100\% - 25,68\%$$

$$= 74,32 \%$$

$$\text{Lubang penyaringan 0,6 mm} = 100\% - 59.21\%$$

$$= 40,79\%$$

$$\begin{aligned}\text{Lubang penyaringan 0,3 mm} &= 100\% - 87,24\% \\ &= 12,76\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lubang penyaringan 0,15 mm} &= 100\% - 97,55\% \\ &= 2,45\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pan} &= 100\% - 100\% \\ &= 0\%\end{aligned}$$

Analisa tersebut dilakukan juga pada sampel ke 2. Adapun hasil perhitungan untuk sampel 1 dan sampel 2 pada tabel 5.2 dan 5.3 rekapitulasi hasil pengujian Analisa pada agregat halus sebagai berikut.

Tabel 5.2 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
4,80	9	0,45	0,45	99,55
2,40	154	7,71	8,16	91,84
1,20	350	17,52	25,68	74,32
0,60	670	33,53	59,21	40,79
0,30	560	28,03	87,24	12,76
0,15	206	10,31	97,55	2,45
Pan	49	2,452	100	0
Jumlah	1998	100	278,278	

Tabel 5.3 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
4,80	22	1,10	1,10	98,90
2,40	156	7,82	8,92	91,08
1,20	321	16,08	25,00	75,00
0,60	692	34,67	59,67	40,33
0,30	538	26,95	86,62	13,38
0,15	218	10,92	97,55	2,45
Pan	49	2,455	100	0
Jumlah	1996	100	278,858	

d. Modulus Halus Butiran

$$\text{Modulus Halus Butiran} = \frac{\sum \text{Persentasi berat tertahan terakumulasi}}{100}$$

$$\begin{aligned}\text{MHB Sampel 1} &= \frac{278,278}{100} \\ &= 2,783\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MHB Sampel 2} &= \frac{278,858}{100} \\
 &= 2,789 \\
 \text{MHB rata-rata} &= \frac{\text{MHB Sampel 1} + \text{MHB Sampel 2}}{2} \\
 &= \frac{2,783 + 2,789}{2} \\
 &= 2,786
 \end{aligned}$$

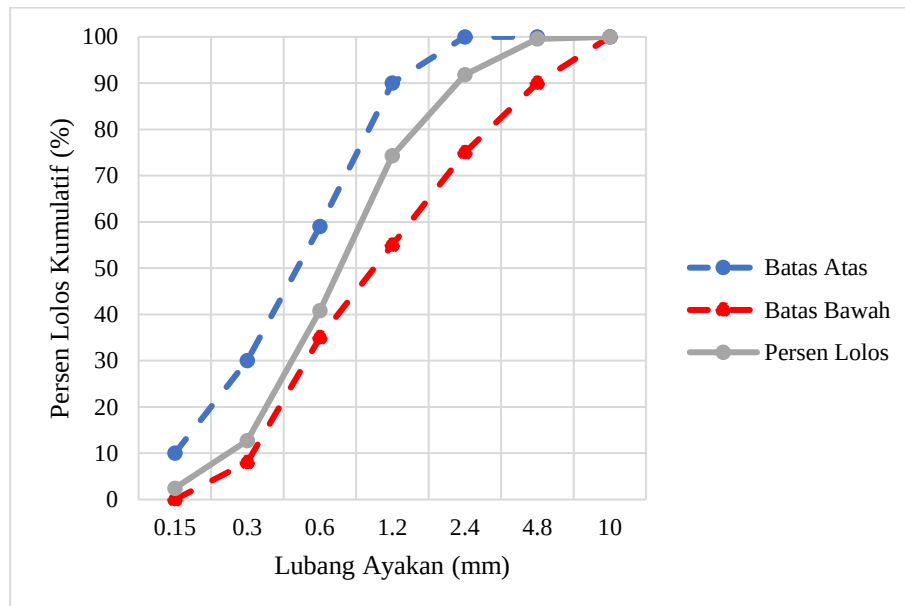
Berdasarkan hasil perhitungan modulus halus butir di atas menunjukkan bahwa rata-rata modulus halus butir agregat halus adalah 2,786. Hasil tersebut sudah sesuai SK SNI-04-1989-F yang dimana, nilai modulus halus butir pada agregat halus seharusnya berkisar antara 1,5 – 3,8. Oleh sebab itu dari data perhitungan modulus halus butir tersebut sudah memenuhi standar persyaratan dan baik untuk digunakan dalam penelitian. Selain itu, dalam pengujian analisis saringan juga dapat menentukan gradasi pada agregat halus yang digunakan dalam pengujian, sebagaimana hasil tersebut terdapat dalam Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Kategori Daerah Gradasi Agregat Halus

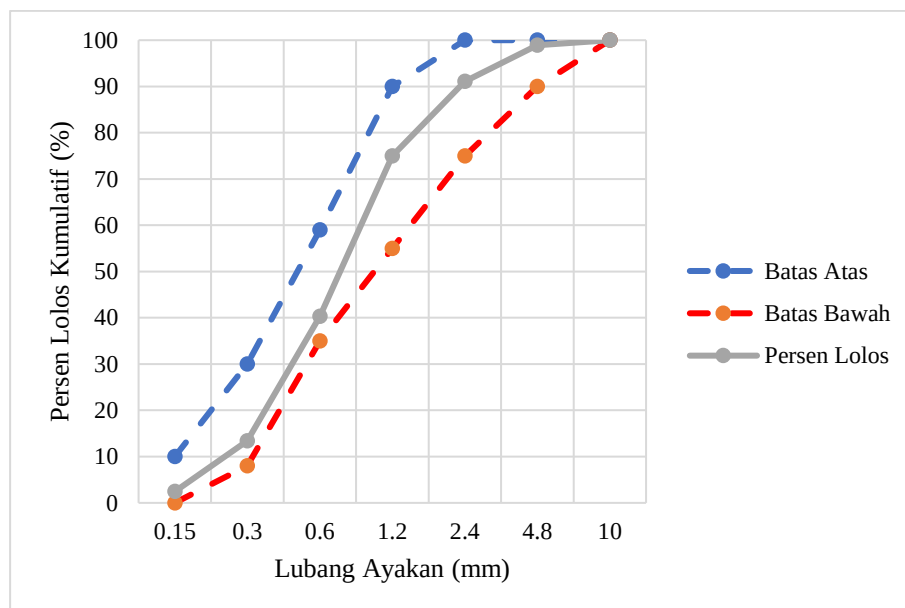
Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: SNI 2834 (2000)

Adapun Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 berikut merupakan hasil berupa kurva gradasi agregat halus pada sampel 1 dan sampel 2 yang mengacu pada Tabel 5.4 di atas.



Gambar 5.1 Kurva Gradasi Halus Daerah II Sampel 1



Gambar 5.2 Kurva Gradasi Halus Daerah II Sampel 2

Berdasarkan Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 yang terdapat diatas, bahwa agregat yang diuji termasuk kedalam kategori agregat halus dengan gradasi daerah 2 yang berarti agregat tersebut termasuk kedalam jenis pasir agak kasar.

3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Halus

Dalam pengujian berat volume gembur dan berat volume padat pada agregat halus yang dilakukan sesuai dengan SNI 4804-1998. Adapun perhitungan pengujian pada sampel 1 yang dilakukan sebagai berikut.

a. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Berat Tabung (W1) gram} &= 11009 \text{ gram} \\
 2) \text{ Berat Tabung + Agregat SSD (W2)} &= 18996 \text{ gram} \\
 3) \text{ Berat Agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 18996 - 11009 \\
 &= 7987 \text{ gram} \\
 4) \text{ Diameter Tabung (d)} &= 14,95 \text{ cm} \\
 5) \text{ Tinggi Tabung (t)} &= 30,1 \text{ cm} \\
 6) \text{ Volume Tabung (V)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1 \\
 &= 5283,707 \text{ cm}^2 \\
 \text{Berat Volume Gembur} &= W3 \div V \\
 &= 7987 \div 5283,707 \\
 &= 1,512 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Berat Volume Padat

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Berat Tabung (W1) gram} &= 11009 \text{ gram} \\
 2) \text{ Berat Tabung + Agregat SSD (W2)} &= 19889 \text{ gram} \\
 3) \text{ Berat Agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 19889 - 11009 \\
 &= 8880 \text{ gram} \\
 4) \text{ Diameter Tabung (d)} &= 14,95 \text{ cm} \\
 5) \text{ Tinggi Tabung (t)} &= 30,1 \text{ cm} \\
 6) \text{ Volume Tabung (V)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1 \\
 &= 5283,707 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 7) \text{ Berat Volume Padat} &= W_3 \div V \\
 &= 8880 \div 5283,707 \\
 &= 1,68 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas juga dilakukan pada sampel 2 sehingga, untuk hasil perhitungan pada sampel 1 dan sampel 2 disajikan pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6. Adapun rekapitulasi hasil perhitungan berat volume gembur dan berat volume padat pada agregat halus sebagai berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1)	11009	10764	10886,5
Berat Tabung + Agregat SSD(W2)	18996	18503	18749,5
Berat Agregat (W3)	7987	7739	7863
Diameter Tabung (d)	14,95	14,95	14,95
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1	30,1
Volume Tabung (V)	5283,707	5283,707	5283,707
Berat Volume Gembur	1,512	1,4647	1,48835

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1)	11009	10764	10886,5
Berat Tabung + Agregat SSD(W2)	19889	19651	19770
Berat Agregat (W3)	8880	8887	8883,5
Diameter Tabung (d)	14,95	14,95	14,95
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1	30,1
Volume Tabung (V)	5283,707	5283,707	5283,707
Berat Volume Padat	1,6806	1,6820	1,6813

Dari Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 di atas, bahwa nilai berat volume gembur agregat halus rata-rata yakni sebesar 1,48835 gram/cm³, dan nilai berat volume padat agregat halus rata-rata yakni sebesar 1,6813 gram/cm³.

4. Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Uji Kadar Lumpur dalam Pasir)

Dalam melakukan pengujian lolos saringan No. 200, peneliti menggunakan SNI 4142-1996 sebagai acuan dalam mengetahui hasil uji yang dilakukan tersebut. Adapun informasi data hasil pengujian lolos saringan No. 200 pada pasir tertera dalam Tabel 5.7 dan Adapun contoh pengolahan data pada pengujian yang dilakukan terdapat dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Agregat Kering Oven (W1), gram} &= 500 \\
 \text{Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci (W2), gram} &= 493 \\
 \text{Berat yang Lolos Ayakan No. 200} &= \frac{W1-W2}{W1} \times 100\% \\
 &= \frac{500-493}{500} \times 100\% \\
 &= 1,4\%
 \end{aligned}$$

Tabel 5.7 Pengujian Lolos Saringan No. 200

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci (W2), gram	493	488	490,5
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	1,4 %	2,4 %	1,9 %

Dari hasil data diatas, bahwa untuk nilai pada pengujian lolos saringan nomor 200 atau pengujian kadar lumpur. Didapat nilai rata-rata kadar lumpur yakni sebesar 1,9 %. Hal tersebut sudah sesuai pada PBI 1971 bahwa nilai maksimum pada pengujian lolos saringan nomor 200 atau pengujian kadar lumpur sebesar 5 %. Hal ini menunjukkan bahwa nilai tersebut sudah memenuhi acuan dan layak untuk digunakan.

5.1.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar terdiri atas pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, pengujian analisa saringan pada agregat kasar, pengujian berat volume gembur dan berat volume padat pada agregat kasar.

Adapun hasil pengujian yang diterangkan diatas, dapat disajikan sebagai berikut.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar yang dilakukan, dengan acuan terhadap SNI 1969-1990 sebagai standar persyaratan terhadap hasil yang diperoleh. Hasil pengujian tersebut terekapitulasi dalam Tabel 5.8. Adapun rincian perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat pada sampel 1 sebagai berikut.

a. Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)

Sampel 1 : 4816 gram

Sampel 2 : 4811 gram

b. Berat kerikil kondisi jenuh kering muka gram (SSD)

Sampel 1 : 5000 gram

Sampel 2 : 5000 gram

c. Berat kerikil dalam air, gram (B)

Sampel 1 : 3034 gram

Sampel 2 : 3029 gram

d. Berat Jenis Curah BK/(BJ-Ba)

$$\text{Sampel 1: } \frac{4816}{5000-3034} = 2,450$$

$$\text{Sampel 2 : } \frac{4811}{5000-3029} = 2,441$$

e. Berat Jenis jenuh kering muda (SSD) Bj/(Bj-Ba)

$$\text{Sampel 1: } \frac{5000}{5000-3034} = 2,543$$

$$\text{Sampel 2: } \frac{5000}{5000-3029} = 2,537$$

f. Berat Jenis semu $B_k/(B_k-B_a)$

$$\text{Sampel 1: } \frac{4816}{4816-3034} = 2,703$$

$$\text{Sampel 2: } \frac{4811}{4811-3029} = 2,700$$

g. Penyerapan Air $(B_j-B_k)/B_k \times 100\%$

$$\text{Sampel 1: } \frac{(5000-4816)}{4816} \times 100\% = 3,82 \%$$

$$\text{Sampel 2: } \frac{(5000-4811)}{4811} \times 100\% = 3,93 \%$$

Dari perhitungan pada pengujian berat jenis dan penyerapan pada agregat halus yang sudah diuraikan di atas dapat ditampilkan rekapitulasi melalui Tabel 5.8 seperti berikut.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata- rata
Berat Kerikil Mutlak (B_k), gram	4816	4811	4813,5
Berat Kerikil Jenuh kering muka (b_j), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (B_a)	3034	3029	3031,5
Berat Jenis Curah $BK/(BJ-B_a)$	2,450	2,441	2,4455
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD) $B_j/(B_j-B_a)$	2,543	2,537	2,540
Berat Jenis semu $B_k/(B_k-B_a)$	2,703	2,700	2,7015
Penyerapan Air $(B_j-B_k)/B_k \times 100\%$	3,82%	3,93%	1,875%

Berdasarkan pada Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar diatas, diperoleh hasil rata-rata berat jenis jenuh kering muka (SSD) yakni sebesar 2,540.

2. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian Analisa saringan agregat kasar berdasarkan acuan SNI 1968-1990. Dengan menggunakan berat pada sampel sebesar 5000 gram. Pada pengujian ini diperoleh data berat tertahan pada masing-masing setiap nomor saringan yang datanya dapat disajikan pada Tabel 5.9 dan 5.10. Adapun perhitungan Analisa saringan agregat kasar pada sampel 1 sebagai berikut.

a. Persentase Berat Tertahan

$$\text{Persentase berat tertahan} = \frac{\text{Berat tertinggal}}{\sum \text{Berat tertinggal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang penyaringan 40 mm} &= \frac{0}{4987} \times 100\% \\ &= 0 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang penyaringan 20 mm} &= \frac{16}{4987} \times 100\% \\ &= 0,32 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang penyaringan 10 mm} &= \frac{3705}{4987} \times 100\% \\ &= 74,293 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang penyaringan 4,8 mm} &= \frac{1142}{4987} \times 100\% \\ &= 22,90 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang penyaringan 2,4 mm} &= \frac{21}{4987} \times 100\% \\ &= 0,421 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang penyaringan 1,2 mm} &= \frac{6}{4987} \times 100\% \\ &= 0,120 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pan} &= \frac{97}{4987} \times 100\% \\ &= 1,945 \% \end{aligned}$$

b. Berat Tertahan Kumulatif

$$\text{Lubang penyaringan 40 mm} = 0 \%$$

Lubang penyaringan 20 mm	$= 0 \% + 0,320 \%$ $= 0,320 \%$
Lubang penyaringan 10 mm	$= 0,320 \% + 74,293 \%$ $= 74,614 \%$
Lubang penyaringan 4,8 mm	$= 74,614 \% + 22,90\%$ $= 97,514 \%$
Lubang penyaringan 2,4 mm	$= 97,514 \% + 0,421 \%$ $= 97,935 \%$
Lubang penyaringan 1,2 mm	$= 97,935\% + 0,120 \%$ $= 98,055 \%$
Pan	$= 98,055 \% + 1,945 \%$ $= 100 \%$
c. Persen Lolos Terakumulatif	
Lubang penyaringan 40 mm	$= 100 \%$
Lubang penyaringan 20 mm	$= 100 \% - 0,321 \%$ $= 99,679 \%$
Lubang penyaringan 10 mm	$= 100 \% - 74,614 \%$ $= 25,386 \%$
Lubang penyaringan 4,8 mm	$= 100 \% - 97,514 \%$ $= 2,486 \%$
Lubang penyaringan 2,4 mm	$= 100 \% - 97,935 \%$ $= 2,065 \%$
Lubang penyaringan 1,2 mm	$= 100 \% - 98,055 \%$ $= 1,945 \%$
Pan	$= 100 \% - 100 \%$ $= 0 \%$

Dari Langkah-langkah perhitungan diatas juga diterapkan pada analisis saringan agregat kasar pada sampel 2. Adapun hasil perhitungan analisis saringan agregat kasar untuk sampel 1 dan sampel 2 terdapat pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 sebagai berikut.

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 1

Lubang Penyaring (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan Terakumulasi (%)	Persen Lolos Terakumulasi (%)
40	0	0	0	100
20	16	0,321	0,321	99,679
10	3705	74,293	74,614	25,386
4,8	1142	22,900	97,514	2,486
2,4	21	0,421	97,935	2,065
1,2	6	0,120	98,055	1,945
0,6	0	0,00	98,055	1,945
0,3	0	0,00	98,055	1,945
0,15	0	0,00	98,055	1,945
Pan	97	1,945	100	0,00
Jumlah	4987	100	662,6027	237,397

Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 2

Lubang Penyaring (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan Terakumulasi (%)	Persen Lolos Terakumulasi (%)
40	0	0	0	100
20	37	0,743	0,743	99,26
10	3441	69,055	69,797	30,20
4,8	1384	27,774	97,572	2,43
2,4	23	0,462	98,033	1,97
1,2	7	0,140	98,174	1,83
0,6	0	0	98,174	1,83
0,3	0	0	98,174	1,83
0,15	0	0	98,174	1,83
Pan	91	1,826	100	0,00
Jumlah	4997	100	658,840	241,16

d. Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{Modulus Halus Butiran} = \frac{\sum \text{Persentasi berat tertahan terakumulasi}}{100}$$

$$\text{MHB Sampel 1} = \frac{662,6027}{100}$$

$$= 6,626$$

$$\text{MHB Sampel 2} = \frac{658,840}{100}$$

$$= 6,588$$

$$\text{MHB rata-rata} = \frac{\text{MHB Sampel 1} + \text{MHB Sampel 2}}{2}$$

$$= \frac{6,626 + 6,588}{2}$$

$$= 6,607$$

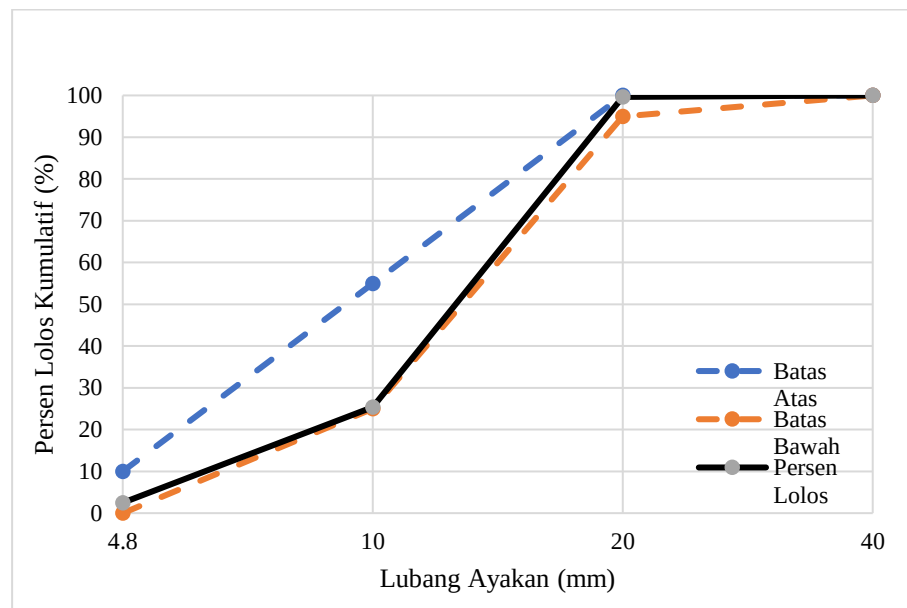
Dari hasil perhitungan modulus halus butir pada agregat kasar diatas, didapatkan hasil modulus halus butiran rata-rata yakni sebesar 6,607. Nilai tersebut sudah sesuai dan memenuhi persyaratan SK SNI S-04-1989-F yang dimana Batasan nilai modulus halus butiran pada agregat kasar berkisar 5 sampai 8. Selain itu terdapat pengujian analisis saringan untuk menentukan gradasi pada agregat kasar yang ditinjau. Penentuan kategori gradasi pada agregat kasar berdasarkan Tabel 5.11 sebagai berikut.

Tabel 5.11 Kategori Gradasi Agregat Kasar

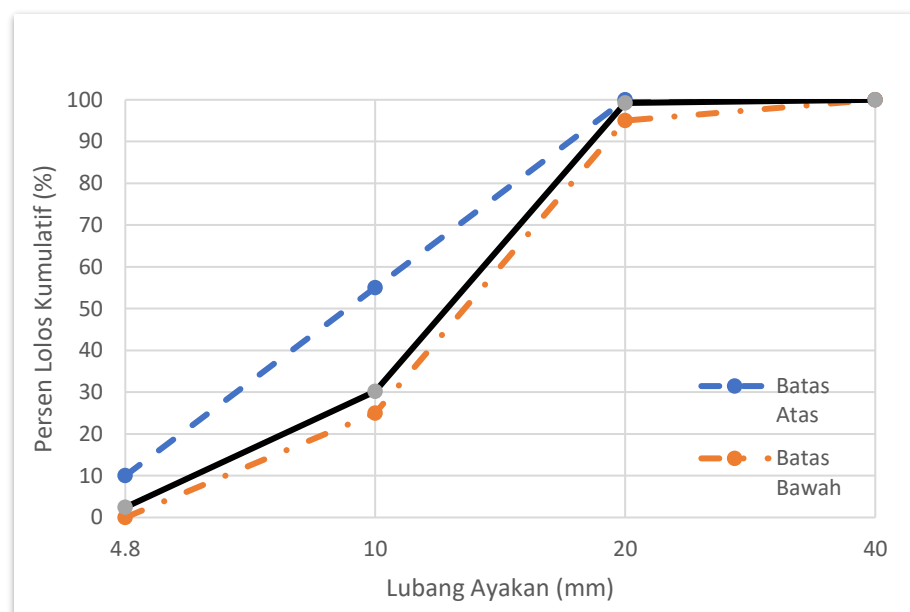
Lubang ayakan (mm)	Persen Butir Agregat Lolos Ayakan	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

Sumber: SNI 2834 (2000)

Adapun Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 berikut merupakan hasil berupa kurva gradasi agregat kasar pada sampel 1 dan sampel 2 yang mengacu pada Tabel 5.11 di atas.



Gambar 5.3 Kurva Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm Sampel 1



Gambar 5.4 Kurva Gradasi Agregat Kasar Maksimum 20 mm Sampel 2

Dari Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 di atas, dapat disimpulkan bahwa gradasi pada agregat kasar yang digunakan tergolong kedalam gradasi agregat butiran maksimum 20 mm.

3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Kasar

Dalam pengujian berat volume gembur dan berat volume padat pada agregat Kasar yang dilakukan sesuai dengan SNI 4804-1998. Adapun perhitungan pengujian pada sampel 1 yang dilakukan sebagai berikut.

c. Berat Volume Gembur

- 1) Berat Tabung (W1) gram = 11191 gram
- 2) Berat Tabung + Agregat SSD (W2) = 18378 gram
- 3) Berat Agregat (W3) = $W2 - W1$
 $= 18378 - 11191$
 $= 7187 \text{ gram}$
- 4) Diameter Tabung (d) = 14,95 cm
- 5) Tinggi Tabung (t) = 30,11 cm
- 6) Volume Tabung (V) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,11$
 $= 5285,463 \text{ cm}^2$
- 7) Berat Volume Gembur = $W3 \div V$
 $= 7187 \div 5285,463$
 $= 1,360 \text{ gram/cm}^3$

d. Berat Volume Padat

- 1) Berat Tabung (W1) gram = 11191 gram
- 2) Berat Tabung + Agregat SSD (W2) = 19254 gram
- 3) Berat Agregat (W3) = $W2 - W1$
 $= 19254 - 11191$
 $= 8063 \text{ gram}$
- 4) Diameter Tabung (d) = 14,95 cm
- 5) Tinggi Tabung (t) = 30,11 cm
- 6) Volume Tabung (V) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,11$
 $= 5285,463 \text{ cm}^2$

$$\begin{aligned}
 7) \text{ Berat Volume Padat} &= W_3 \div V \\
 &= 8063 \div 5285,463 \\
 &= 1,526 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas juga dilakukan pada sampel 2 sehingga, untuk hasil perhitungan pada sampel 1 dan sampel 2 disajikan pada tabel 5.12 dan 5.13. Adapun rekapitulasi hasil perhitungan berat volume gembur dan berat volume padat pada agregat kasar sebagai berikut.

Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1)	11191	5735	8463
Berat Tabung + Agregat SSD(W2)	18378	12715	15546,5
Berat Agregat (W3)	7187	6980	7083,5
Diameter Tabung (d)	14,95	14,82	14,885
Tinggi Tabung (t)	30,11	30,21	30,16
Volume Tabung (V)	5285,463	5211,1913	5248,327
Berat Volume Gembur	1,360	1,339	1,3495

Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1)	11191	5735	8463
Berat Tabung + Agregat SSD(W2)	19254	13744	16499
Berat Agregat (W3)	8063	8009	8036
Diameter Tabung (d)	14,95	14,82	14,885
Tinggi Tabung (t)	30,11	30,21	30,16
Volume Tabung (V)	5285,463	5211,1913	5248,327
Berat Volume Padat	1,526	1,537	1,5315

Dari Tabel 5.12 dan 5.13 diatas, bahwa didapatkan hasil berat volume gembur agregat kasar rata-rata sebesar 1,3495 dan berat volume padat agregat kasar rata-rata yakni sebesar 1,5315.

5.2 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Dalam perencanaan campuran beton (*mix design*) menggunakan acuan pada SNI 2834– 2000. Adapun Langkah- Langkah dan perhitungan yang perlu dilakukan dalam perencanaan campuran beton (*mix design*) sebagai berikut.

1. Benda uji yang akan digunakan dalam melakukan penelitian menggunakan benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan mutu beton yakni sebesar (f'_c) 25 MPa.
2. Menggunakan semen Portland tipe I dengan merek semen Tiga Roda berjenis PCC.
3. Hasil pada pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus dan agregat kasar, didapatkan untuk berat jenis agregat halus yakni sebesar 2,67 dan berat jenis pada agregat kasar yakni sebesar 2,54
4. Pada pengujian analisis saringan agregat kasar, didapatn untuk bahwa ukuran maksimum pada agregat kasar yang akan digunakan masuk kedalam gradasi dengan ukuran butir maksimum 20 mm
5. Dari hasil pengujian analisis saringan agregat halus menunjukan bahwa agregat halus yang digunakan termasuk kedalam golongan ke 2 yakni pasir agak kasar.
6. Sampel silinder yang digunakan yakni 5 buah, maka berdasarkan Tabel 5.14 digunakan nilai margin (M) sebesar 12 MPa.

Tabel 5.14 Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar Bila Data Hasil Uji Tersedia Kurang dari 30

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
<15	*)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30	1,00

Sumber: SNI 2834 (2000)

*) bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar yang memenuhi persyaratan di atas tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f'_{cr} harus diambil tidak kurang dari $(f'_c + 12 \text{ MPa})$.

7. Mencari kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f'_c + M \\ &= 25 + 12 \\ &= 37 \text{ MPa} \end{aligned}$$

8. Tabel 5.15 dan Gambar 5.5 di bawah ini berperan sebagai acuan untuk penentuan faktor air semen (fas).

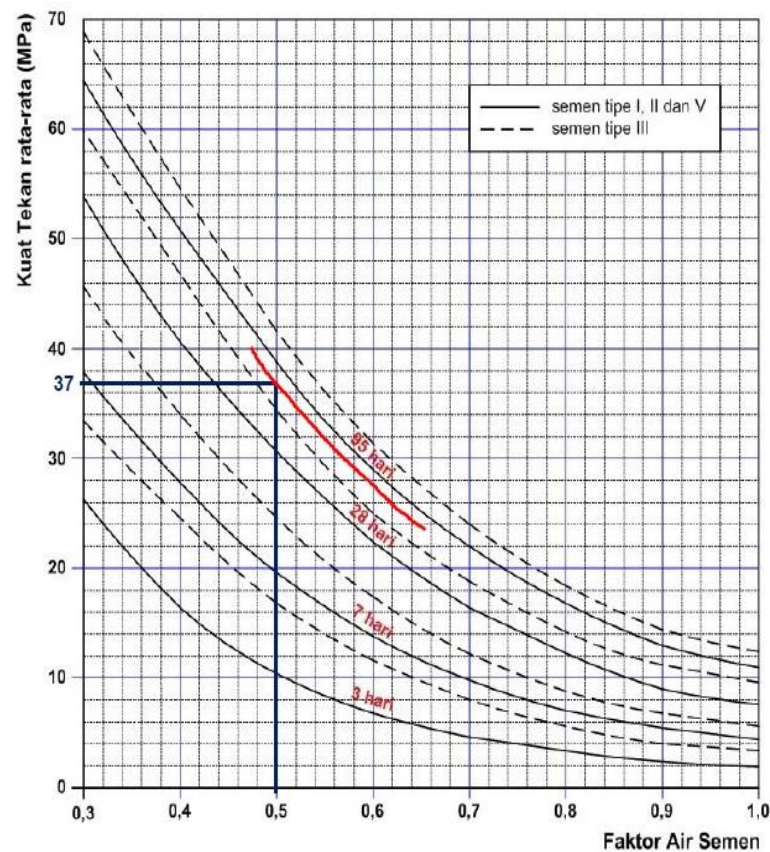
Tabel 5.15 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Jenis Semen dan Agregat Kasar yang Digunakan

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				
		Pada Umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk Uji
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber: SNI 03-2834 (2000)

- a. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen tipe I *Portland*, dengan agregat kasar berupa pecahan batu, pengujian dilaksanakan dengan benda uji berbentuk silinder, dan kekuatan tekan diukur pada usia 28 hari. Dengan demikian, mengacu pada tabel 5.15 yang terlampir, didapatkan perkiraan kekuatan tekan beton dengan FAS 0,5 mencapai 37 MPa.

- b. Dengan referensi kepada ilustrasi pada Gambar 5.7, gambarlah sebuah garis tegak lurus yang dimulai dari nilai FAS 0,5 dan sebuah garis mendatar yang dimulai dari nilai rata-rata kuat tekan sekitar 37 MPa yang diambil dari Tabel 5.15. Titik perpotongan antara kedua garis ini kemudian dapat diidentifikasi.
- c. Dibuat kurva baru yang memotong titik perpotongan pada butir b.
- d. Gambarlah sebuah garis mendatar yang berlanjut ke arah kanan dari nilai kuat tekan rata-rata yang diinginkan (f'_{cr}) sekitar 37 MPa hingga mencapai titik potong dengan kurva pada titik butir c.
- e. Gambarlah sebuah garis tegak lurus yang turun dari titik pertemuan dengan butir d. Hasilnya akan memberikan nilai FAS sekitar 0,5.



Grafik 1 : Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas)
(benda uji berbentuk Silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

Gambar 5.5 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (FAS) pada Benda Uji Berbentuk Silinder Diameter 150mm, Tinggi 300mm
(Sumber: SNI 2834,2000)

f. Mencari kadar air yang dibutuhkan

Kadar air pada campuran beton ditentukan pada Tabel 5.16 berikut.

- Maksimum ukuran butir agregat yang didapat dari hasil pengujian analisis saringan agrgat kasar yakni sebesar 20 mm.
- Jenis batuan yang terdiri dari agregat halus (batu tak dipecahkan) dan agregat kasar (batu pecah).
- Slump* yang masuk pada rentang *Slump* 60-180mm.

Tabel 5.16 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/ m³) yang Dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum	Jenis Agregat				
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834 (2000)

d. Menghitung kadar air yang dibutuhkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{2}{3} W_h + \frac{2}{3} W_k \\
 &= \frac{2}{3} 195 + \frac{2}{3} 225 \\
 &= 205 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

10. Mencari jumlah semen minimum dan FAS maksimum

Untuk jumlah semen minimum dan FAS maksimum ditentukan berdasarkan Tabel 5.17 sebagai berikut

Tabel 5.17 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan khusus

Lokasi	Jumlah Semen Minimum per m³ beton (Kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non- korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan Terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan Terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk kedalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan		
a. Air tawar		Lihat Tabel 6
b. Air laut		

Pada jenis pembetonan yang akan digunakan adalah beton di dalam ruangan bangunan dengan keadaan keliling non korosif. Oleh karena itu, berdasarkan Tabel 5.17 diatas maka, didapatkan untuk jumlah semen minimum sebesar 275 kg/m³ dan FAS maksimum sebesar 0,60.

11. Menentukan kadar semen yang digunakan
 - a. Didapatkan pada nilai FAS dari hasil pembacaan grafik sebesar 0,5 dan FAS maksimum berdasarkan jenis pembetonan sebesar 0,60. Maka

diambil nilai FAS terkecil yaitu FAS dari hasil pembacaan grafik sebesar 0,5.

- b. Menentukan kadar semen berdasarkan nilai FAS dan kadar air sebagai berikut.

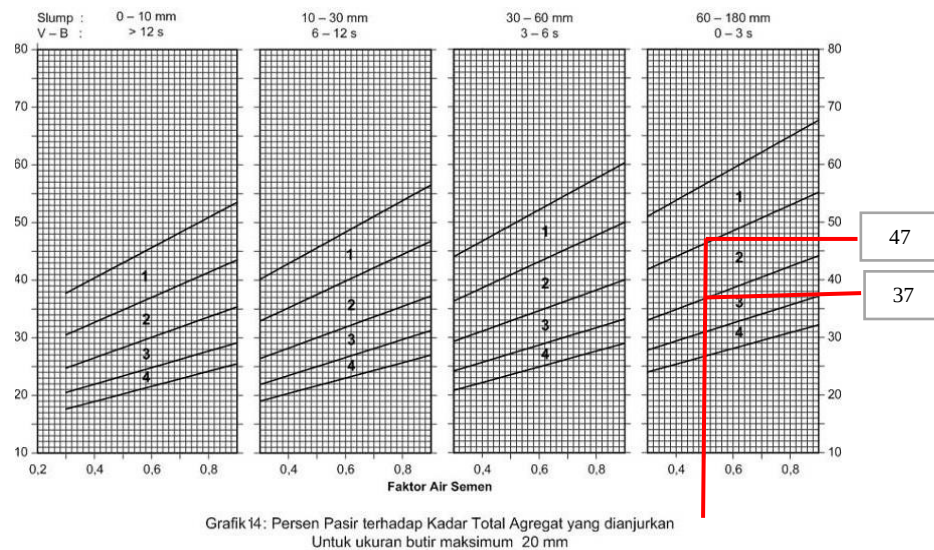
$$\begin{aligned} c &= \frac{w}{fas} \\ &= \frac{205}{0,5} \\ &= 410 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- c. Didapat kadar semen hasil hitungan sebesar 410 kg/ m^3 dan kadar semen minimum berdasarkan pada jenis pembetonan sebesar 275 kg/ m^3 sehingga kadar semen yang digunakan yakni 410 kg/ m^3

12. Mencari persentase agregat halus dan agregat kasar

Persentase agregat halus ditentukan berdasarkan pada Gambar 5.6 sebagai berikut.

- Ukuran maksimum agregat yang dipakai ialah 20 mm, *slump* yang direncanakan memenuhi dalam rentang 60-180 mm, nilai FAS sebesar 0,5 dan gradasi agregat halus masuk dalam gradasi II
- Menarik garis vertikal keatas dari nilai FAS 0,5 sampai memotong dua buah kurva yang membatasi daerah gradasi II
- Dari dua titik perpotongan pada butir b. Tarik garis horizontal ke kanan hingga dapat diperoleh persentase batas atas dan batas bawah agregat halus berturut-turut adalah sebesar 47% dan 37%.



Gambar 5.6 Grafik Persen Agregat Halus Terhadap Kadar Total yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm
(Sumber: SNI 2834, 2000)

- d. Nilai persentase pada agregat halus rata-rata dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\%Ag. Halus &= \frac{47+37}{2} \\ &= 42 \%\end{aligned}$$

- e. Nilai persentase pada agregat kasar dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\%Ag. Kasar &= 100\% - \%Ag. Halus \\ &= 100\% - 42\% \\ &= 58 \%\end{aligned}$$

13. Mencari berat jenis relatif agregat gabungan (kondisi SSD)

Berat jenis relatif gabungan dihitung sebagai berikut.

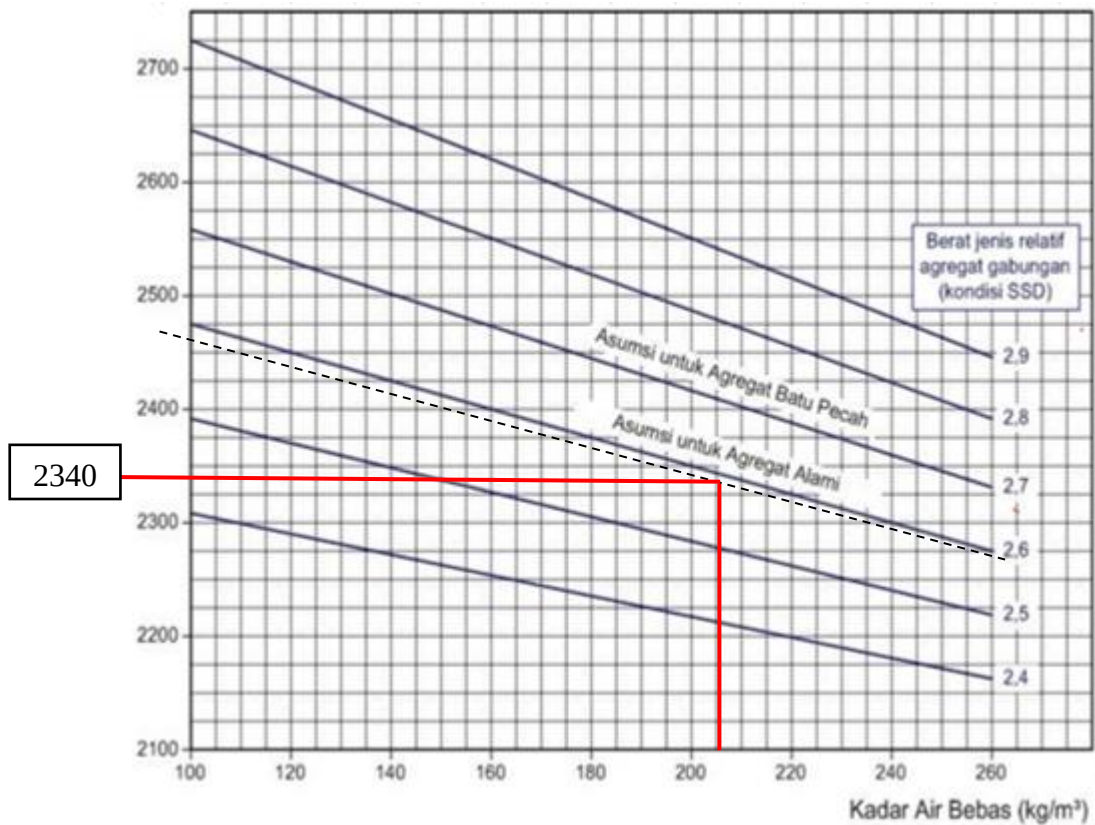
$$\begin{aligned}BJ_{gab} &= (\%Ag. Halus \times BJ_{Ag.halus}) + (\%Ag. Kasar \times BJ_{Ag.Kasar}) \\ &= (42\% \times 2,67) + (58\% \times 2,54) \\ &= 2,59\end{aligned}$$

14. Menentukan berat isi beton

Berat isi beton ditentukan berdasarkan Gambar 5.7 sebagai berikut.

- a. Membuat kurva baru dengan nilai berat jenis relatif agregat gabungan sebesar 2,59

- b. Menarik garis vertical keatas dari nilai kadar air sebesar 205 kg/m^3 sampai memotong kurva baru pada butir a.
- c. Dari titik perpotongan pada butir b. Tarik garis horizontal ke kiri sehingga diperoleh nilai perkiraan berat isi beton (W_{beton}) sebesar 2340 kg/m^3



Gambar 5.7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

(Sumber: SNI 2834, 2000)

15. Mencari kadar agregat dalam campuran beton

Kadar agregat dalam campuran beton dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 W_{\text{ag gabungan}} &= W_{\text{beton}} - W_{\text{semen}} - w \\
 &= 2340 - 410 - 205 \\
 &= 1725 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

16. Mencari kadar agregat halus dan agregat kasar pada campuran beton

Kadar agregat halus dan agregat kasar dihitung sebagai berikut.

a. Agregat halus

$$\begin{aligned}
 W_{\text{ag halus}} &= \% \text{Ag. halus} \times W_{\text{ag. gabungan}} \\
 &= 42 \% \times 1725 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 724,5 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

b. Agregat Kasar

$$\begin{aligned}
 W_{\text{ag kasar}} &= W_{\text{ag gabungan}} - W_{\text{ag halus}} \\
 &= 1725 \text{ kg/m}^3 - 724,5 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1000,5 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

17. Proporsi campuran per 1m³ beton

Berdasarkan dari hasil perencanaan pada campuran beton, didapatkan proporsi tiap material per 1m³ beton adalah sebagai berikut.

- a. Semen = 410 kg
- b. Air = 205 kg
- c. Agregat halus = 724,5 kg
- d. Agregat kasar = 1000,5 kg

18. Proporsi campuran per 1 m³ beton dengan angka penyusutan

Dalam melakukan penelitian ini diambil angka penyusutan sebesar 25%. Maka dari itu, Adapun proporsi tiap material per 1 m³ beton dengan angka penyusutan yakni, sebagai berikut.

- a. Semen = 512,50 kg
- b. Air = 256,25 kg
- c. Agregat halus = 905,63 kg
- d. Agregat kasar = 1250,63 kg

19. Hasil perencanaan campuran beton

Dari perhitungan perencanaan campuran beton diatas disajikan dalam Tabel 5.18 sebagai berikut.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Campuran Beton

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan	25	MPa
2	Standar deviasi	7	MPa

Lanjutan Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Campuran Beton

No	Uraian	Nilai	Satuan
3	Nilai tambah/ Margin (M)	12	MPa
4	Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan	37	
5	Jenis semen	Tipe 1	
6	Jenis agregat halus	Batu Pecah	
7	Jenis agregat kasar	Alami	
8	Faktor air semen bebas (FAS)	0,5	
9	Faktor air semen maksimum	0,6	
10	FAS digunakan	0,5	
11	<i>Slump</i>	60-180	mm
12	Ukuran agregat maksimum	20	mm
13	Kadar Air bebas	205	Kg/m ³
14	Kadar semen	410	Kg/m ³
15	Kadar semen maksimum	-	
16	Kadar semen minimum	275	Kg/m ³
17	Kadar semen digunakan	410	Kg/m ³
18	Susunan besar butir agregat halus	Gradasi 2	
19	Berat jenis agregat halus (SSD)	2,67	
20	Berat jenis agregat kasar (SSD)	2,54	
21	Persentase agregat halus	42	%
22	Persentase agregat kasar	58	%
23	Berat jenis relatif agregat gabungan (SSD)	2,59	
24	Berat isi beton	2340	Kg/m ³
25	Kadar agregat gabungan	1725	Kg/m ³
26	Kadar agregat halus	724,5	Kg/m ³
27	Kadar agregat kasar	1000,5	Kg/m ³
28	Kadar semen dengan angka penyusutan	512,5	Kg/m ³
29	Kadar air angka penyusutan	256,25	Kg/m ³
30	Kadar agregat halus angka penyusutan	905,63	Kg/m ³
31	Kadar agregat kasar angka penyusutan	1250,63	Kg/m ³

20. Volume benda uji

Dalam melakukan penelitian diperlukan benda uji dengan bentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi benda uji 300 mm dengan total sebanyak 40 sampel. Adapun volume benda uji dihitung berdasarkan setiap *mixing* pada setiap variasi beton dengan total melakukan *mixing* setiap variasi sebanyak 10 benda uji. Adapun perhitungan volume benda uji sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Volume } \textit{mixing} 1 &= 10 \times V \text{ benda uji} \\
 &= 10 \times \frac{1}{4} \pi \times d^2 \times t \\
 &= 10 \times \frac{1}{4} \pi \times 0,15^2 \times 0,3 \\
 &= 0,0530 \text{ m}^3 \\
 \text{b. Volume } \textit{mixing} 2 &= 10 \times V \text{ benda uji} \\
 &= 10 \times \frac{1}{4} \pi \times d^2 \times t \\
 &= 10 \times \frac{1}{4} \pi \times 0,15^2 \times 0,3 \\
 &= 0,0530 \text{ m}^3 \\
 \text{c. Volume } \textit{mixing} 3 &= 10 \times V \text{ benda uji} \\
 &= 10 \times \frac{1}{4} \pi \times d^2 \times t \\
 &= 10 \times \frac{1}{4} \pi \times 0,15^2 \times 0,3 \\
 &= 0,0530 \text{ m}^3 \\
 \text{d. Volume } \textit{mixing} 4 &= 10 \times V \text{ benda uji} \\
 &= 10 \times \frac{1}{4} \pi \times d^2 \times t \\
 &= 10 \times \frac{1}{4} \pi \times 0,15^2 \times 0,3 \\
 &= 0,0530 \text{ m}^3 \\
 \text{e. Volume total} &= 0,0530 \times 4 \\
 &= 0,212 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

21. Proporsi pada setiap campuran beton

$$\begin{aligned}
 1) \text{ semen} &= 0,0530 \times 512,5 = 27,17 \text{ kg} \\
 2) \text{ air} &= 0,0530 \times 256,25 = 13,58 \text{ kg} \\
 3) \text{ agregat halus} &= 0,0530 \times 905,63 = 48,01 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$4) \text{ agregat kasar} = 0,0530 \times 1250,63 = 66,30 \text{ kg}$$

22. Kebutuhan serbuk arang kayu tiap campuran beton

$$1) \text{ Serbuk arang kayu } 1\% = 1\% \times 27,17 = 0,27 \text{ kg}$$

$$2) \text{ Serbuk arang kayu } 3\% = 3\% \times 27,17 = 0,815 \text{ kg}$$

$$3) \text{ Serbuk arang kayu } 6\% = 6\% \times 27,17 = 1,63 \text{ kg}$$

Adapun rekapitulasi proporsi campuran beton dengan substitusi serbuk arang kayu dengan variasi yang digunakan pada penelitian tercantum pada Tabel 5.19 sebagai berikut.

Tabel 5.19 Hasil Pencampuran Beton Dengan Variasi Serbuk Arang Kayu

Kode Sampel Uji	Variasi sampel uji	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Serbuk arang kayu (kg)
BN	0%	27,17	13,58	48,01	66,30	0
BK1	1%	26,9	13,58	48,01	66,30	0,27
BK2	3%	26,355	13,58	48,01	66,30	0,815
BK3	6%	25,54	13,58	48,01	66,30	1,63

5.3 Hasil Pengujian *Slump*

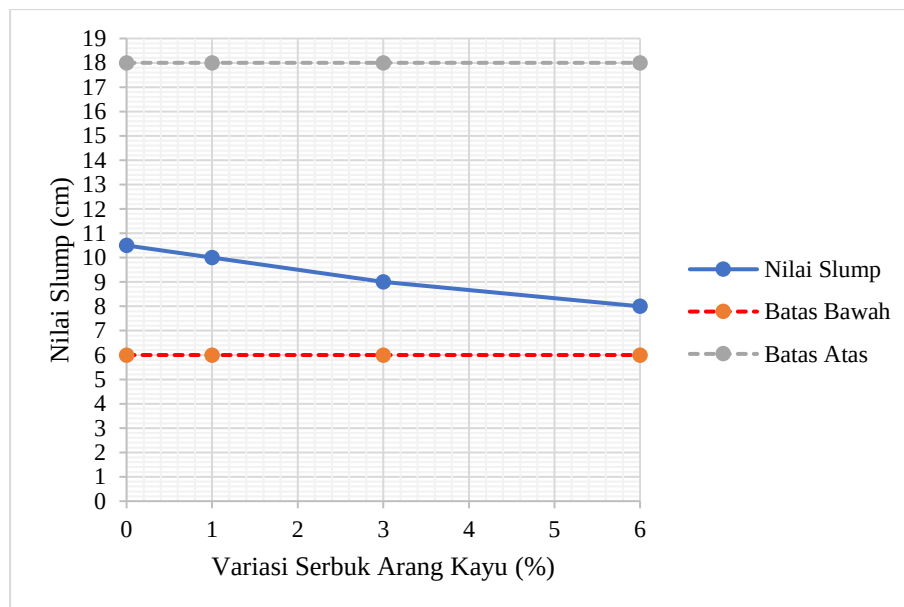
Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecekan suatu adukan beton. Hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Pada pengujian *slump*, bila nilai *slump* tinggi maka tekstur akan semakin cair sehingga dapat mengakibatkan beton semakin mudah untuk dikerjakan, dan juga sebaliknya. Campuran beton yang baik ialah campuran beton yang homogen, tidak terjadi pemisahan campuran dengan agregat (*segregasi*), dan tidak terdapat pemisahan air pada campuran beton (*bleeding*), karena dapat mempengaruhi kinerja pada beton itu sendiri. Adapun hasil pengujian *slump* pada setiap variasi sampel uji pada tabel 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5.20 Hasil Pengujian *Slump*

Kode Benda Uji	Nilai <i>Slump</i> (cm)
BN	10,5
BK1	10

Lanjutan Tabel 5.20 Hasil Pengujian *Slump*

Kode Benda Uji	Nilai <i>Slump</i> (cm)
BK2	9
BK3	8

Gambar 5.8 Grafik Hubungan Nilai *Slump* dengan Variasi Serbuk Arang Kayu

Berdasarkan pada Tabel 5.20 dan Gambar 5.8 diatas tersebut bahwa, dapat dilihat untuk nilai *slump* tertinggi yakni sebesar 10,5 cm pada variasi substitusi serbuk arang kayu 0% dari berat semen dan nilai *slump* terendah yakni sebesar 8 cm pada variasi substitusi serbuk arang kayu 6% . nilai *slump* pada setiap campuran pada beton sudah memenuhi syarat dari nilai *slump* rencana yaitu 60-180 mm.

Semakin banyak persentase serbuk arang kayu pada variasi beton, maka dapat menyebabkan semakin rendah nilai *slump*. Hal itu terjadi disebabkan karena serbuk arang kayu menyerap air cukup besar sehingga dapat berpengaruh pada nilai *slump* dan tekstur campuran menjadi semakin kental dan berpengaruh pada Tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) yang menurun, sehingga campuran lebih sulit untuk dipadatkan dibandingkan beton normal.

5.4 Hasil pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dilakukan pada saat benda uji sudah berumur 28 hari. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat *compression machine*. Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton, pada permukaan benda uji harus dilakukan pemerataan dengan proses *capping*. Proses *capping* dilakukan dengan cara melapisi permukaan atas benda uji silinder yang akan diuji dengan belerang, guna agar beban dapat terdistribusi secara merata pada permukaan beton. Pengujian dilakukan hingga sampel benda uji tidak mampu menahan beban yang diberikan pada mesin uji. Adapun merupakan contoh perhitungan kuat tekan beton pada tiap variasi pada 1 sampel.

Rumus perhitungan kuat tekan beton

$$A = 0,25 \times \pi \times d^2$$

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

1. Perhitungan kuat tekan beton normal (BN)

$$\begin{aligned} F'_c &= \frac{498,4 \times 10^3}{17765,8} \\ &= 28,0539 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Perhitungan kuat tekan beton BK1

$$\begin{aligned} F'_c &= \frac{460,2 \times 10^3}{17413,2} \\ &= 26,9805 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3. Perhitungan kuat tekan beton BK2

$$\begin{aligned} F'_c &= \frac{418,3 \times 10^3}{18050,5} \\ &= 23,1739 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4. Perhitungan kuat tekan beton BK3

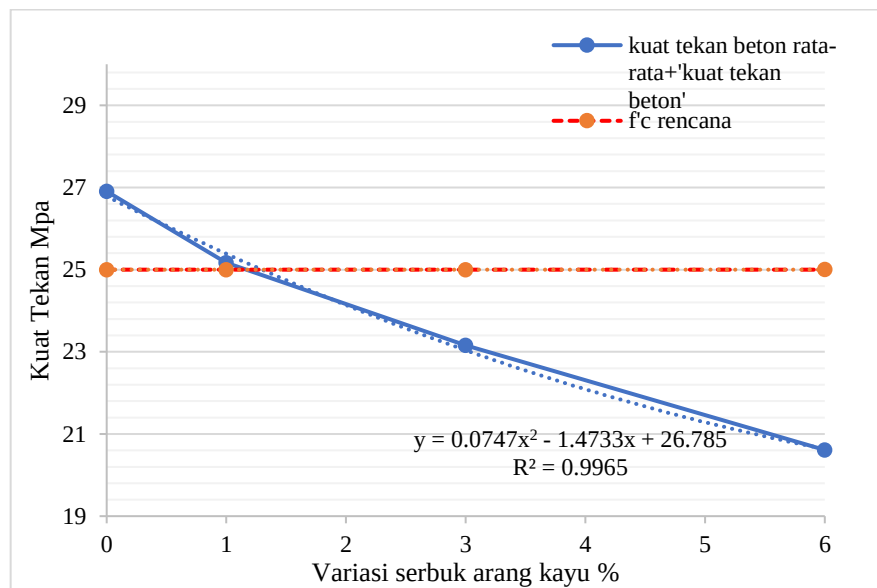
$$\begin{aligned} F'_c &= \frac{384,9 \times 10^3}{18086,2} \\ &= 21,2814 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dibawah ini merupakan hasil rekapitulasi nilai kuat tekan beton pada tiap variasi terdapat pada Tabel 5.21 di halaman berikutnya.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Kuat Tekan Beton

Kode benda uji		Diameter	Luas permukaan	Berat beton	Beban	Kuat tekan	Rata- rata
		mm	mm ²	Kg	Kn	MPa	MPa
BN 0%	1	150,65	17824,94	12,996	534,4	29,98046	26,9056
	2	149,40	17530,37	12,743	447,1	25,50431	
	3	148,80	17389,85	12,689	440,6	25,33662	
	4	149,20	17483,47	12,705	448,5	25,65281	
	5	150,40	17765,83	12,781	498,4	28,05385	
BK1 1%	1	148,90	17413,23	12,706	460,2	26,42818	25,1692
	2	151,80	18098,12	12,982	461,6	25,50541	
	3	151,40	18002,87	12,847	426,6	23,69623	
	4	149,90	17647,9	12,763	433,0	24,53549	
	5	152,00	18145,84	12,986	466,0	25,68082	
BK2 3%	1	150,60	17813,11	12,853	401,7	22,5508	23,1585
	2	152,60	18289,38	12,870	436,2	23,84991	
	3	149,90	17647,9	12,779	381,1	21,59463	
	4	151,60	18050,46	12,734	418,3	23,17392	
	5	151,30	17979,09	12,784	442,7	24,62305	
BK3 6%	1	151,60	18050,46	12,608	385,5	21,3568	20,6118
	2	151,20	17955,33	12,552	303,5	16,90306	
	3	151,75	18086,2	12,809	384,9	21,28142	
	4	152,86	18351,75	12,846	431,3	23,50184	
	5	150,40	17765,83	12,529	355,6	20,01595	

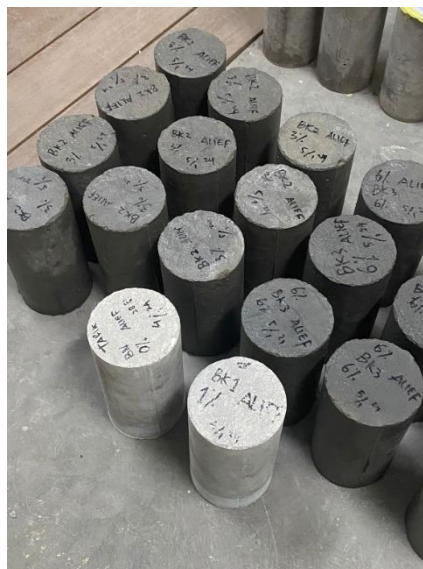
Berdasarkan Tabel 5.21 didapat besaran nilai kuat tekan beton rata – rata Dengan umur sampel uji yakni 28 hari dan variasi serbuk arang kayu pada beton yakni 0%, 1%, 3%, 6% secara berturut-turut sebesar 26,9056 MPa, 25,1692 MPa, 23,1585 MPa, 20,6118 MPa. Berikut merupakan gambar grafik persentase nilai rata-rata kuat tekan beton dengan variasi serbuk arang kayu sebagai berikut.



Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Rata-Rata terhadap Persentase Serbuk Arang Kayu

Berdasarkan Gambar 5.9 diatas dapat dilihat nilai kuat tekan beton rata-rata pada variasi serbuk arang kayu 1% sebagai substitusi pada semen memiliki nilai tertinggi dari variasi serbuk arang kayu 3% dan serbuk arang kayu 6% dengan nilai rata-rata kuat tekan beton yakni 25,1692 MPa. Dan memenuhi mutu rencana yakni 25 MPa. Akan tetapi, nilai kuat tekan rata – rata variasi serbuk arang kayu 1% masih dibawah dari nilai kuat tekan rata-rata beton normal yakni sebesar 26,9056 MPa persentase peningkatan kuat tekan pada variasi 0%, 1%, 3%, dan 6% terhadap kuat tekan rencana secara berturut-turut yakni sebesar 7,08%, 0,67%, -7,95%, dan -21,29%. Selain itu, dari gambar grafik diatas didapatkan besaran nilai koefisien korelasi sebesar 0,9965. Nilai koefisien korelasi tersebut masuk kedalam tingkat hubungan yang sangat kuat. Hal ini mengartikan penggunaan serbuk arang kayu sebagai substitusi parsial semen dapat mempengaruhi kuat tekan beton dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan beton rata-rata menurun seiring bertambahnya variasi serbuk arang kayu sebagai substitusi semen. Hal ini dikarenakan bahwa semakin bertambahnya variasi serbuk arang kayu dalam menggantikan semen membuat beton semakin lemah dalam campuran beton. Selaras dengan penelitian serupa pada sebelumnya, penggunaan arang tempurung kelapa sebagai pengganti Sebagian semen tidak dapat memberikan efisiensi pemakaian semen yang lebih baik, selain

itu menghasilkan warna keabu-abuan (Hasan, 2012). Serbuk arang kayu menyerap air lebih banyak dibandingkan beton normal sehingga membuat kemudahan (workability) menurun. Penurunan kuat tekan beton disebabkan karbon menghambat pengikatan semen karena menyerap air lebih cepat dibandingkan dengan beton biasa (Ardiansyah, Ashari and Dermawan, 2017). Menurut kardiyono pada buku yang berjudul Teknologi Beton menyatakan bahwa Butiran-butiran dengan berat jenis rendah, misalnya lempung, kayu, arang, tidak diperbolehkan lebih dari 5 persen pada agregat halus dan 1 persen pada agregat kasar, karena dapat mengurangi kuat tekan beton. Adapun Gambar 5.10 beton variasi serbuk arang kayu sebagai berikut.



Gambar 5.10 Beton Variasi Serbuk Arang Kayu

Dari Gambar 5.10 diatas bahwa dapat dilihat semakin tinggi persentase variasi serbuk arang kayu sebagai substitusi semen pada campuran beton membuat warna pada beton berubah menjadi keabu-abuan seiring bertambahnya persentase serbuk arang kayu.

5.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan menggunakan alat *compression machine*. Pengujian ini dilakukan pada sampel benda uji umur 28 hari. Adapun perhitungan pengujian kuat tarik belah beton.

1. Kuat tarik belah beton variasi serbuk arang kayu 0%

$$F_c = \frac{2P}{LD}$$

$$F_c = \frac{2 \times 196 \times 10^3}{\pi \times 151,20 \times 301,60}$$

$$F_c = 2,736 \text{ MPa}$$

2. Kuat tarik belah beton variasi serbuk arang kayu 1%

$$F_c = \frac{2P}{LD}$$

$$F_c = \frac{2 \times 185 \times 10^3}{\pi \times 150,60 \times 303,50}$$

$$F_c = 2,577 \text{ MPa}$$

3. Kuat tarik belah beton variasi serbuk arang kayu 3%

$$F_c = \frac{2P}{LD}$$

$$F_c = \frac{2 \times 161 \times 10^3}{\pi \times 153,10 \times 299,70}$$

$$F_c = 2,234 \text{ MPa}$$

4. Kuat tarik belah beton variasi serbuk arang kayu 6%

$$F_c = \frac{2P}{LD}$$

$$F_c = \frac{2 \times 157 \times 10^3}{\pi \times 151,70 \times 303,40}$$

$$F_c = 2,172 \text{ MPa}$$

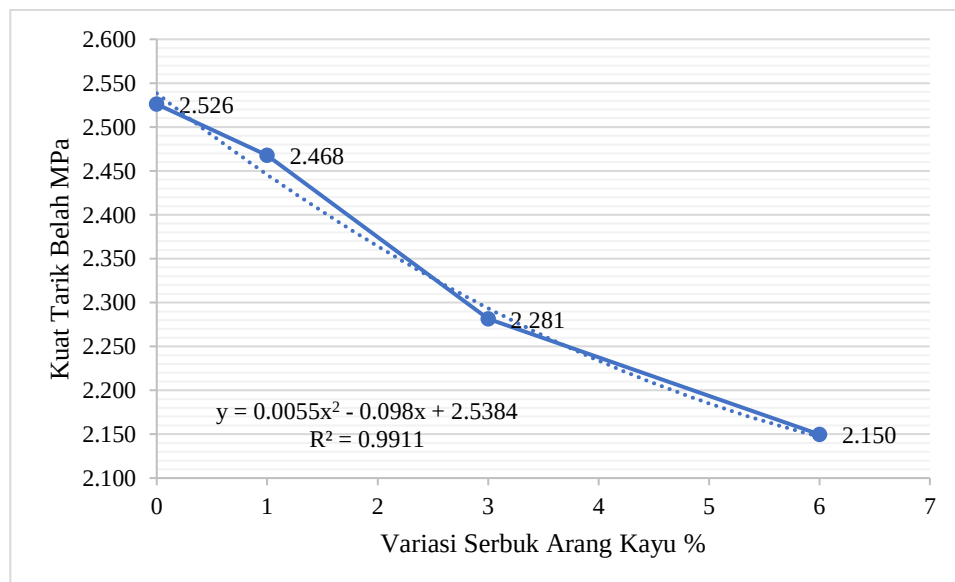
Adapun rekapitulasi hasil perhitungan kuat tarik belah beton yang tertera pada Tabel 5.22 sebagai berikut.

Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Kode Benda uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampang (mm)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik Beton (MPa)	Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
BN 0%	1	151,20	301,60	143262,657	196	2.736
	2	149,20	303,60	142305,099	176	2.474
	3	149,60	300,50	141229,669	178	2.521
	4	149,60	301,60	141746,65	189	2.667
	5	151,10	298,10	141506,475	158	2.233
						2,526

Lanjutan Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Kode Benda uji		Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampang (mm)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik Beton (MPa)	Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
BK1 1%	1	150,60	303,50	143593,09	185	2.577	2,468
	2	149,40	302,20	141838,761	170	2.397	
	3	152,10	303,20	144879,949	185	2.554	
	4	151,60	303,10	144356,057	175	2.425	
	5	150,00	302,20	142408,395	170	2.387	
BK2 3%	1	150,70	301,80	142883,592	153	2.142	2,281
	2	149,80	303,30	142736,189	175	2.452	
	3	152,10	303,10	144832,165	180	2.486	
	4	149,00	302,10	141412,196	148	2.093	
	5	153,10	299,70	144149,057	161	2.234	
BK3 6%	1	150,80	303,10	143594,283	170	2.368	2,150
	2	151,70	303,40	144594,252	157	2.172	
	3	150,92	302,50	143424,072	146	2.036	
	4	151,00	303,60	144021,917	160	2.222	
	5	150,90	300,50	142456,933	139	1.951	

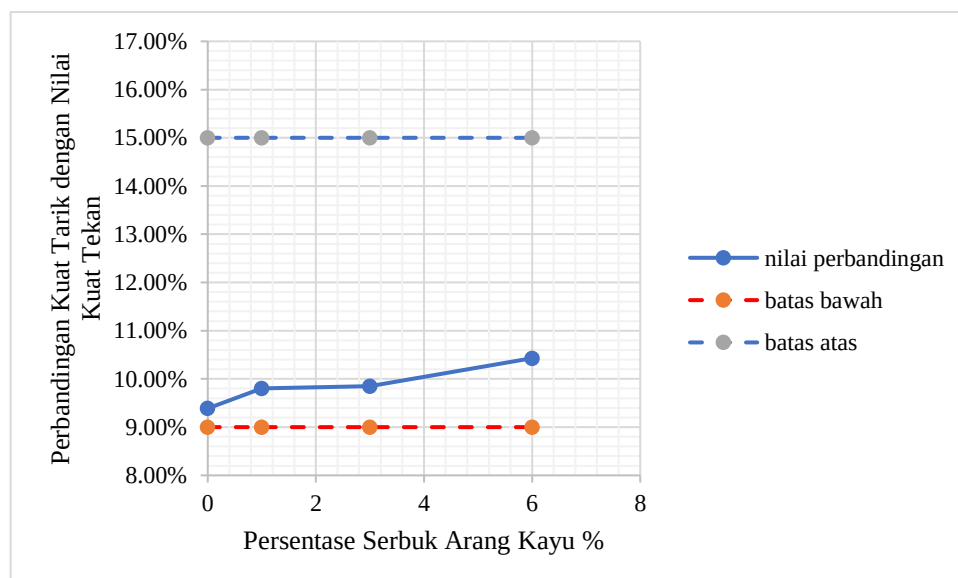


Gambar 5.11 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah Beton Rata-Rata Terhadap Persentase Serbuk Arang Kayu

Berdasarkan Tabel 5.22 di atas didapat nilai rata-rata kuat tarik beton pada variasi serbuk arang kayu 0%, 1%, 3%, 6% secara berturut -turut yakni sebesar

2,526 MPa, 2,468 MPa, 2,281 MPa, 2,150 MPa. Pada nilai kuat tarik belah beton rata-rata tertinggi dengan variasi serbuk arang kayu diperoleh pada variasi serbuk arang kayu dengan persentase 1% yakni sebesar 2,468 MPa, namun nilai kuat tarik belah beton rata-rata tersebut masih dibawah nilai kuat tarik belah beton normal sebesar 2,526 MPa sedangkan untuk kuat tarik belah beton rata-rata dengan menggunakan variasi serbuk arang kayu didapat nilai terendah yakni pada variasi serbuk arang kayu 6% dengan nilai kuat tarik belah beton sebesar 2,150 MPa. Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah beton diatas ini menunjukkan dimana semakin tinggi persentase variasi serbuk arang kayu maka akan menurunkan nilai kuat tarik belah beton tersebut. Pada Gambar 5.11 diatas didapatkan besaran nilai koefisien korelasi yakni sebesar 0.9911. Nilai ini masuk dalam tingkat hubungan sangat kuat. Yang mengartikan penggunaan serbuk arang kayu sebagai substitusi parsial semen mempengaruhi kuat tarik beton.

Menurut Dipohusodo (1999) Kuat tarik beton memiliki nilai 9-15% dari kuat tekan beton. Adapun Gambar 5.12 grafik perbandingan antara nilai kuat tarik beton dengan nilai kuat tekan beton pada setiap variasi serbuk arang kayu substitusi semen.



Gambar 5.12 Grafik Perbandingan Antara Nilai Kuat Tarik Beton dengan Nilai Kuat Tekan Beton

Berdasarkan Gambar 5.12 didapatkan hasil pengujian kuat tarik belah beton pada pengujian ini masuk kedalam rentang 9-15% dari masing-masing kuat tekan beton setiap variasinya. Hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan pada penelitian ini didapat untuk beton variasi serbuk arang kayu 0%, 1%, 3%, 6% yakni secara berturut-turut sebesar 9,389%, 9,805%, 9,851%, 10,430% dari nilai kuat tekan betonnya. Menurunnya nilai kuat tarik belah dengan penambahan variasi serbuk arang kayu substitusi semen pada penelitian ini sejalan dengan hasil kuat tekan betonnya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan Bab V Hasil dan pembahasan pada pengujian diatas, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengaruh penggunaan serbuk arang kayu sebagai substitusi pada semen pada campuran beton terhadap kuat tekan beton didapatkan nilai setiap variasi serbuk arang kayu pada persentase 0%, 1%, 3%, 6% yakni sebesar 26,9056 MPa, 25,1692 MPa, 23,1585 MPa, 20,6118 MPa. Dari hasil tersebut bawasannya semakin besar persentase serbuk arang kayu sebagai substitusi parsial semen pada campuran beton maka mengalami penurunan karena semen masih menjadi komponen utama pada beton. Beton dengan variasi serbuk arang kayu dapat membuat beton menjadi kental dan menurunkan kemudahan (*workability*) dalam pengerjaan dikarenakan serbuk arang kayu menyerap air lebih cepat dibandingkan beton normal.
2. Pengaruh penggunaan serbuk arang kayu terhadap kuat tarik belah beton pada usia 28 hari didapatkan nilai setiap variasi serbuk arang kayu pada persentase 0%, 1%, 3%, 6% yakni sebesar 2,526 MPa, 2,468 MPa, 2,281 MPa, 2,150 MPa. Hal ini menunjukan semakin tinggi persentase serbuk arang kayu pada campuran beton dapat menurunkan kuat tarik belah beton selaras dengan kuat tekan beton tersebut.
3. Pengaruh penggunaan serbuk arang kayu sebagai substitusi semen pada campuran beton tidak dapat digunakan dalam campuran beton melebihi 1% serbuk arang kayu karena dapat menurunkan kuat tekannya. Akan tetapi, dalam variasi serbuk arang kayu persentase 1% dari berat semen memiliki kekuatan sebesar 93,55% dari beton normal dan masih diatas mutu rencana yakni 25 MPa. Penggunaan serbuk arang kayu masih bisa digunakan dalam bangunan sederhana ramah lingkungan.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, terdapat beberapa yang dapat dijadikan saran untuk penelitian pada penggunaan serbuk arang kayu pada beton.

1. Pada saat pembuatan beton dilakukan dengan teliti dan penuh hati-hati agar mendapatkan kualitas sampel yang baik, khususnya pada pengadukan dan pemdatan pada campuran.
2. Perlu dilakukan penelitian mengkaji kandungan kimia pada serbuk arang kayu.
3. Dapat dilakukan penelitian pada variasi serbuk arang kayu dengan menggunakan berbagai bahan tambah zat *admixture* guna untuk mengetahui sifat yang terjadi pada beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, R., Ashari, M.L. and Dermawan, D. (2017) ‘Studi Pemanfaatan Limbah Karbon Aktif sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus pada Campuran Beton Ringan (Studi Kasus di PT PETRONIKA)’, *Seminar K3*, (2581), pp.298–303. Available at: <http://journal.ppns.ac.id/index.php/seminarK3PPNS/article/download/158/112>.
- Dipohusodo, I. (1999). *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Direktorat Penyeledikan Masalah Bangunan, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*.
- Faturohman Hidayat, T., Herlina, N. and Al-Huseiny, S. (2021) ‘Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil PENGARUH PENAMBAHAN ABU ARANG BAMBU SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL’, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 3(1), pp. 81–87.
- Hasan, H. (2012) ‘Pengaruh Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Mortar’, *SMARTek*, 4(November), pp.211223. Available at: <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/SMARTEK/article/view/44>.
- Manullang, H., Supriani, F. and Gunawan, A. (2019) ‘Pengaruh Penambahan Arang Serbuk Kayu Gergaji Terhadap Kuat Tekan Mortar’, *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), pp. 7–12. Available at: <https://doi.org/10.33369/ijts.11.1.7-12>.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Mulyono, T. (2019) ‘TEKNOLOGI BETON: Dari Teori Ke Praktek’, (March).
- Murdock, L. J., dan Brook, K. M., 1986, *BAHAN DAN PRAKTEK BETON*, Erlangga, Jakarta.

- Nawy, Edward G, 1990, *BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR*, terjemahan Bambang Suryoatmono, Eresco, Bandung.
- Randing *et al.* (1994) ‘Perencanaan campuran dan Pengendalian Mutu Beton’.
- Saputra, B. (2007) *PENGARUH PENGGUNAAN SERAT KAWAT BENDRAT BENTUK S PADA BETON PASIR TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK,DAN KUAT LENTUR BETON*.
- Sengeoris, M., 2016, Pemanfaatan Bubuk Arang Kayu Sebagai Bahan Stabilisasi Terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung Sukodono Dengan Variasi Perawatan, Naskah Publikasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Slamet, S., 2013, Karakterisasi Komposit Dari Serbuk Gergaji Kayu (Sawdust) Dengan Proses Hotpress Sebagai Bahan Baku Papan Partikel, Prosiding SNST Ke-4, Universitas Muria Kudus.
- SNI 03- 4142-1996. METODE PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200
- SNI 03-1968-1990. METODE PENGUJIAN TENTANG ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR
- SNI 03-1969-1990. METODE PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR.
- SNI 03-1970-1990. Metode pengujian kadar air agregat. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-4804-1998.Metode Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat
- SNI 03-2834. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 1972-2008. CARA UJI SLUMP BETON.
- SNI 1974-2011. CARA UJI KUAT TEKAN BETON DENGAN BENDA UJI SILINDER.
- Subandi, A. (2021) ‘MESA : Jurnal Teknik E-ISSN : 2714-884X MESA : Jurnal Teknik E-ISSN : 2714-884X’, 5(1), pp. 8–18.
- Sulasmi, S., Hasanbasri, M. and Rustamaji (2022) ‘Indentifikasi Dampak Industri Semen yang Merugikan Masyarakat’, *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek (SNPBS) ke-VII 2022*, pp. 280–289.

- Tjokrodinuljo, K. 1996. Buku Teknologi Beton. *Yogyakarta: Nafiri, Yogyakarta.*
- Tjokrodinuljo, K. 2007, TEKNOLOGI BETON, *Biro Penerbit, Yogyakarta.*
- Trinugroho, S. (2021) ‘Analisis Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Arang Briket dan Bestmittel pada Kuat Tekan Beton’, *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 14(2), pp. 69–71. Available at: <https://doi.org/10.23917/dts.v14i2.16882>.
- Widari, L. A. dkk., 2015, Pengaruh Penggunaan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada Paving Block, *Teras Jurnal Vol.5 No.1*, Universitas Malikussaleh

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Permohonan Pemakaian Laboratorium



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN
Gedung B1 Blok Utara
Kampus Tengah, Sekeloa Baru, Yogyakarta
81274 Indonesia Telp. 0271
81554000 Fax 0271
81554000 E-mail: fakultas@uii.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 393 / Ka.Lab/60/L.BKT/XI/2023

Bismillahirrohmanirrohiim

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Malik Mushthofa, S.T., M.Eng
NIK : 185111302
Jabatan Struktural : Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik JTS FTSP UII

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Mh. ALIEF AKBAR AKMAL
N I M : 19511086
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA : Elvis Saputra, S.T., M.T
Instansi : Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir "PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK ARANG KAYU SEBAGAI BAHAN TAMBAH SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON" serta sudah menyelesaikan semua administrasinya^{*)}.

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 21 November 2023

Di data oleh :
PLP/Teknisi

Daru Salam, A.Md

Diperiksa oleh :
Kepala Laboratorium BKT,

Malik Mushthofa, S. T., M. Eng

Disahkan oleh :
Manajer Laboratorium Jas. Tek. Sipil



Berlian Kusnafi, S. T., M.Eng. IPM., Asean. Eng

^{*)} Nota/Kwitansi terlampir

Lampiran 2 Surat Keterangan Evaluasi Holistik



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalirejo km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN EVALUASI HOLISTIK

Nomor: 106/Ka. Prodi/20/PSTS/VIII/2023

Bismillahirrahmaanirrahiim

Yang bertanda tangan di bawah ini, Ketua Program Studi Teknik Sipil - Program Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, dengan ini menerangkan bahwa:

N a m a : Mh.Alief Akbar Akmal
No. Mahasiswa : 19511086
Jurusan : TEKNIK SIPIL
Status : Terakreditasi Nasional "Unggul" LAM TEKNIK
Terakreditasi Internasional "JABEE, IABEE"
Tingkat : Sarjana

Mahasiswa tersebut telah dinyatakan LULUS EVALUASI HOLISTIK Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) / Program Learning Outcomes (PLO) kurikulum 2020 Revisi, berdasarkan Rapat Yudisium Semester Genap Tahun Akademik 2022/2023 Program Studi Sarjana Teknik Sipil pada tanggal 21 Agustus 2023.

Demikian surat keterangan ini dibuat, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Diterbitkan di : Yogyakarta
Pada tanggal : 22 Agustus 2023
Ka Prodi Teknik Sipil - Program Sarjana,



Yunaka Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng.), IPM

Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Pengujian Agregat Halus

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	495	496
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1046	1021
Berat piknometer berisi air, gram (B)	733	734
Berat Jenis Curah BK/(BJ-Ba)	2,647	2,638
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD) Bj/(Bj-Ba)	2,674	2,660
Berat Jenis semu Bk/(Bk-Ba)	2,720	2,696
Penyerapan Air (Bj-Bk)/Bk x 100%	1.010 %	0,807 %

Diperiksa oleh,
Laboran

(Darusalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh,

(Mh. Alief Akbar A.)

**PENGUJIAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN
AGREGAT HALUS**

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

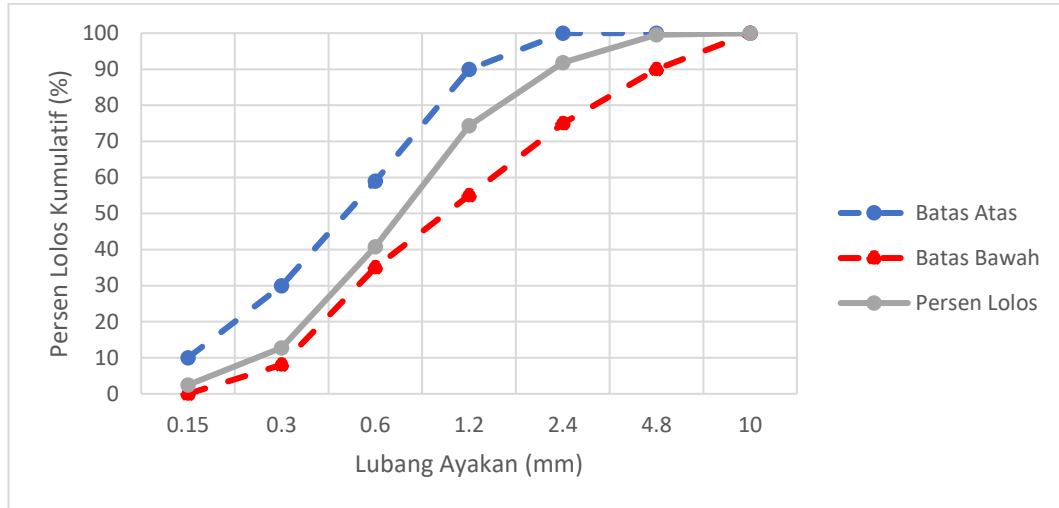
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
4,80	9	0,45	0,45	99,55
2,40	154	7,71	8,16	91,84
1,20	350	17,52	25,68	74,32
0,60	670	33,53	59,21	40,79
0,30	560	28,03	87,24	12,76
0,15	206	10,31	97,55	2,45
Pan	49	2,452	100	0
Jumlah	1998	100	278,278	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{278,278}{100} = 2,783$$

Hasil Analisa Saringan :

- Pasir masuk daerah : II
- Jenis pasir : Agak kasar

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Diperiksa oleh,
Laboran

(Darusalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh,

(Mh. Alief Akbar A.)

**PENGUJIAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN
AGREGAT HALUS**

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

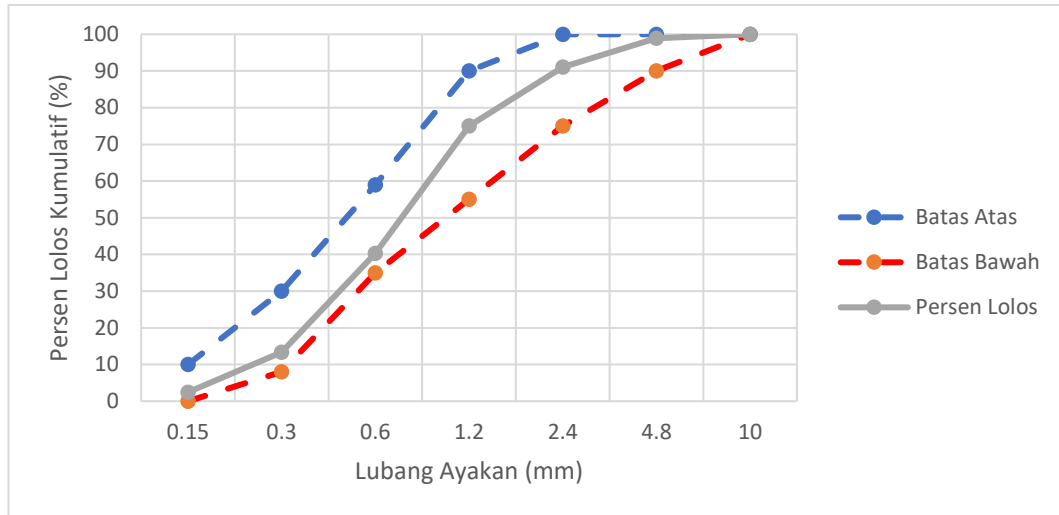
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
4,80	22	1,10	1,10	98,90
2,40	156	7,82	8,92	91,08
1,20	321	16,08	25,00	75,00
0,60	692	34,67	59,67	40,33
0,30	538	26,95	86,62	13,38
0,15	218	10,92	97,55	2,45
Pan	49	2,455	100	0
Jumlah	1996	100	278,858	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{278,858}{100} = \boxed{2,789}$$

Hasil Analisa Saringan :

- Pasir masuk daerah : II
- Jenis pasir : Agak Kasar

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Diperiksa oleh,
Laboran

(Darusalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh,

(Mh. Alief Akbar A.)

PENGUJIAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1)	11009	10764	10886,5
Berat Tabung + Agregat SSD(W2)	18996	18503	18749,5
Berat Agregat (W3)	7987	7739	7863
Diameter Tabung (d)	14,95	14,95	14,95
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1	30,1
Volume Tabung (V)	5283,707	5283,707	5283,707
Berat Volume Gembur	1,512	1,4647	1,48835

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{7863}{5283,707} \\
 &= 1,48835 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Diperiksa oleh,
Laboran

(Darusalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh,

(Mh. Alief Akbar A.)

PENGUJIAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1)	11009	10764	10886,5
Berat Tabung + Agregat SSD(W2)	19889	19651	19770
Berat Agregat (W3)	8880	8887	8883,5
Diameter Tabung (d)	14,95	14,95	14,95
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1	30,1
Volume Tabung (V)	5283,707	5283,707	5283,707
Berat Volume Padat	1,6806	1,6820	1,6813

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{8883,5}{5283,707} \\
 &= 1,6813 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Diperiksa oleh,
Laboran

(Darusalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh,

(Mh. Alief Akbar A.)

**PENGUJIAN LOLOS SARINGAN No. 200 /
UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR**

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci (W2), gram	493	488	490,5
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	1,4 %	2,4 %	1,9 %

Diperiksa oleh,
Laboran

(Darusalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh,

(Mh. Alief Akbar A.)

Lampiran 4 Laporan Sementara Hasil Pengujian Agregat Kasar

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR

Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata- rata
Berat Kerikil Mutlak (Bk), gram	4816	4811	4813,5
Berat Kerikil Jenuh kering muka (bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3034	3029	3031,5
Berat Jenis Curah BK/(BJ-Ba)	2,450	2,441	2,4455
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD) Bj/(Bj-Ba)	2,543	2,537	2,540
Berat Jenis semu Bk/(Bk-Ba)	2,703	2,700	2,7015
Penyerapan Air (Bj-Bk)/Bk x 100%	3,82%	3,93%	1,875%

Diperiksa oleh,
Laboran

(Darusalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh,

(Mh. Alief Akbar A.)

**PENGUJIAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN
AGREGAT KASAR UKURAN 20 MM**

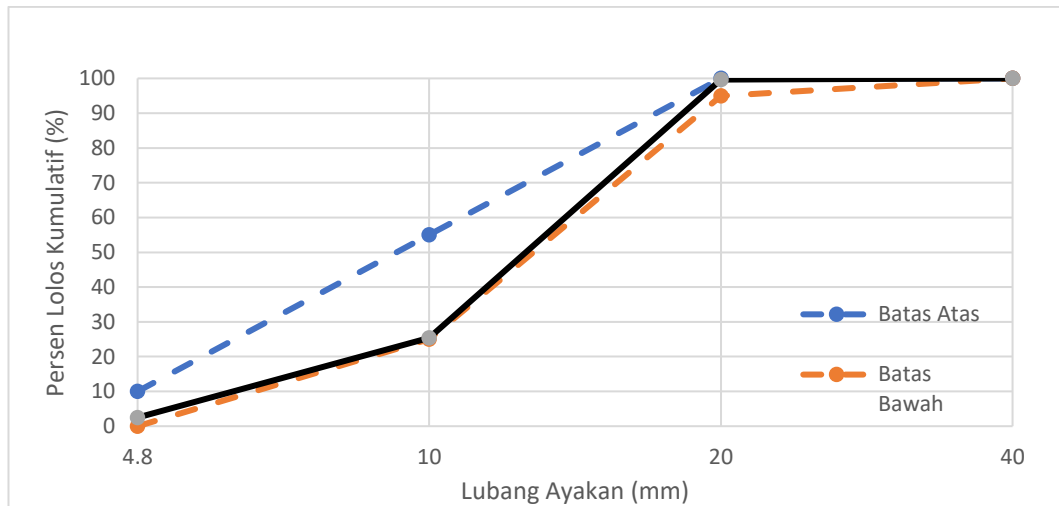
Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Penyaring (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan Terakumulasi (%)	Persen Lolos Terakumulasi (%)
40	0	0	0	100
20	16	0,321	0.321	99,679
10	3705	74,293	74,614	25,386
4,8	1142	22,900	97,514	2,486
2,4	21	0,421	97,935	2,065
1,2	6	0,120	98,055	1,945
0,6	0	0,00	98,055	1,945
0,3	0	0,00	98,055	1,945
0,15	0	0,00	98,055	1,945
Pan	97	1,945	100	0,00
Jumlah	4987	100	662,6027	237,397

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{662,6027}{100} = \boxed{6,626}$$

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

UKURAN 20 mm



Diperiksa oleh,
Laboran

(Darusalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh,

(Mh. Alief Akbar A.)

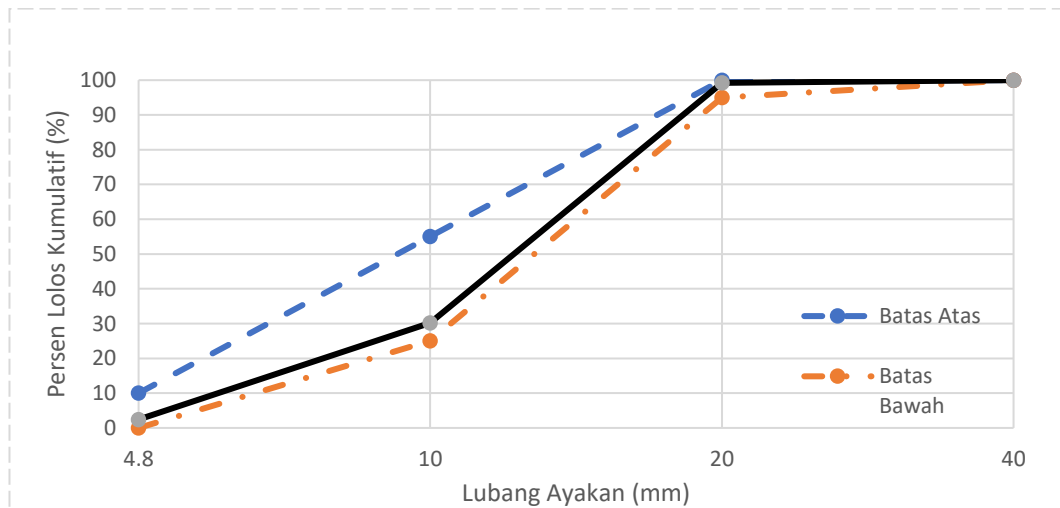
**PENGUJIAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN
AGREGAT KASAR UKURAN 20 MM**

Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Penyaring (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan Terakumulasi (%)	Persen Lolos Terakumulasi (%)
40	0	0	0	100
20	37	0,743	0,743	99,26
10	3441	69,055	69,797	30,20
4,8	1384	27,774	97,572	2,43
2,4	23	0,462	98,033	1,97
1,2	7	0,140	98,174	1,83
0,6	0	0	98,174	1,83
0,3	0	0	98,174	1,83
0,15	0	0	98,174	1,83
Pan	91	1,826	100	0,00
Jumlah	4997	100	658,840	241,16

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{658,840}{100} = 6,588$$

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR
UKURAN 20 mm



Diperiksa oleh,
 Laboran

(Darusalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh,

(Mh. Alief Akbar A.)

PENGUJIAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT KASAR

Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1)	11191	5735	8463
Berat Tabung + Agregat SSD(W2)	18378	12715	15546,5
Berat Agregat (W3)	7187	6980	7083,5
Diameter Tabung (d)	14,95	14,82	14,885
Tinggi Tabung (t)	30,11	30,21	30,16
Volume Tabung (V)	5285,463	5211,1913	5248,327
Berat Volume Gembur	1,360	1,339	1,3495

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{7083,5}{5248,327} \\
 &= 1,3495 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Diperiksa oleh,
Laboran

(Darusalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh,

(Mh. Alief Akbar A.)

PENGUJIAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT KASAR

Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1)	11191	5735	8463
Berat Tabung + Agregat SSD(W2)	19254	13744	16499
Berat Agregat (W3)	8063	8009	8036
Diameter Tabung (d)	14,95	14,82	14,885
Tinggi Tabung (t)	30,11	30,21	30,16
Volume Tabung (V)	5285,463	5211,1913	5248,327
Berat Volume Padat	1,526	1,537	1,5315

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{8036}{5248,327} \\
 &= 1,5315 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Diperiksa oleh,
Laboran

(Darusalam, A.Md.)

Dikerjakan oleh,

(Mh. Alief Akbar A.)

Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Perencanaan Campuran Beton

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan	25	MPa
2	Standar deviasi	7	MPa
3	Nilai tambah/ Margin (M)	12	MPa
4	Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan	37	
5	Jenis semen	Tipe 1	
6	Jenis agregat halus	Batu Pecah	
7	Jenis agregat kasar	Alami	
8	Faktor air semen bebas (FAS)	0,5	
9	Faktor air semen maksimum	0,6	
10	FAS digunakan	0,5	
11	<i>Slump</i>	60-180	mm
12	Ukuran agregat maksimum	20	mm
13	Kadar Air bebas	205	Kg/m ³
14	Kadar semen	410	Kg/m ³
15	Kadar semen maksimum	-	
16	Kadar semen minimum	275	Kg/m ³
17	Kadar semen digunakan	410	Kg/m ³
18	Susunan besar butir agregat halus	Gradasi 2	
19	Berat jenis agregat halus (SSD)	2,67	
20	Berat jenis agregat kasar (SSD)	2,54	
21	Persentase agregat halus	42	%
22	Persentase agregat kasar	58	%
23	Berat jenis relatif agregat gabungan (SSD)	2,59	
24	Berat isi beton	2340	Kg/m ³
25	Kadar agregat gabungan	1725	Kg/m ³
26	Kadar agregat halus	724,5	Kg/m ³
27	Kadar agregat kasar	1000,5	Kg/m ³
28	Kadar semen dengan angka penyusutan	512,5	Kg/m ³
29	Kadar air angka penyusutan	256,25	Kg/m ³
30	Kadar agregat halus angka penyusutan	905,63	Kg/m ³
31	Kadar agregat kasar angka penyusutan	1250,63	Kg/m ³

Lampiran 6 Laporan Sementara Pengujian Kuat Tekan Beton

Kode benda uji		Diameter	Luas permukaan	Berat beton	Beban	Kuat tekan	Rata- rata
		mm	mm ²	Kg	Kn	MPa	MPa
BN 0%	1	150,65	17824,94	12,996	534,4	29,98046	26,9056
	2	149,40	17530,37	12,743	447,1	25,50431	
	3	148,80	17389,85	12,689	440,6	25,33662	
	4	149,20	17483,47	12,705	448,5	25,65281	
	5	150,40	17765,83	12,781	498,4	28,05385	
BK1 1%	1	148,90	17413,23	12,706	460,2	26,42818	25,1692
	2	151,80	18098,12	12,982	461,6	25,50541	
	3	151,40	18002,87	12,847	426,6	23,69623	
	4	149,90	17647,9	12,763	433,0	24,53549	
	5	152,00	18145,84	12,986	466,0	25,68082	
BK2 3%	1	150,60	17813,11	12,853	401,7	22,5508	23,1585
	2	152,60	18289,38	12,870	436,2	23,84991	
	3	149,90	17647,9	12,779	381,1	21,59463	
	4	151,60	18050,46	12,734	418,3	23,17392	
	5	151,30	17979,09	12,784	442,7	24,62305	
BK3 6%	1	151,60	18050,46	12,608	385,5	21,3568	20,6118
	2	151,20	17955,33	12,552	303,5	16,90306	
	3	151,75	18086,2	12,809	384,9	21,28142	
	4	152,86	18351,75	12,846	431,3	23,50184	
	5	150,40	17765,83	12,529	355,6	20,01595	

Lampiran 7 Laporan Sementara Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Kode Benda uji		Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik Beton (MPa)	Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
BN 0%	1	151,20	301,60	143262,657	196	2.736	2,526
	2	149,20	303,60	142305,099	176	2.474	
	3	149,60	300,50	141229,669	178	2.521	
	4	149,60	301,60	141746,65	189	2.667	
	5	151,10	298,10	141506,475	158	2.233	
BK1 1%	1	150,60	303,50	143593,09	185	2.577	2,468
	2	149,40	302,20	141838,761	170	2.397	
	3	152,10	303,20	144879,949	185	2.554	
	4	151,60	303,10	144356,057	175	2.425	
	5	150,00	302,20	142408,395	170	2.387	
BK2 3%	1	150,70	301,80	142883,592	153	2.142	2,281
	2	149,80	303,30	142736,189	175	2.452	
	3	152,10	303,10	144832,165	180	2.486	
	4	149,00	302,10	141412,196	148	2.093	
	5	153,10	299,70	144149,057	161	2.234	
BK3 6%	1	150,80	303,10	143594,283	170	2.368	2,150
	2	151,70	303,40	144594,252	157	2.172	
	3	150,92	302,50	143424,072	146	2.036	
	4	151,00	303,60	144021,917	160	2.222	
	5	150,90	300,50	142456,933	139	1.951	

Lampiran 8 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Sampel Uji



Gambar L. 8.1 Cetakan Sampel Beton



Gambar L. 8.2 Serbuk Arang Kayu Setelah Pengayakan



Gambar L. 8.3 Proses Pencucian Kerikil



Gambar L. 8.4 Proses Pengujian Slump



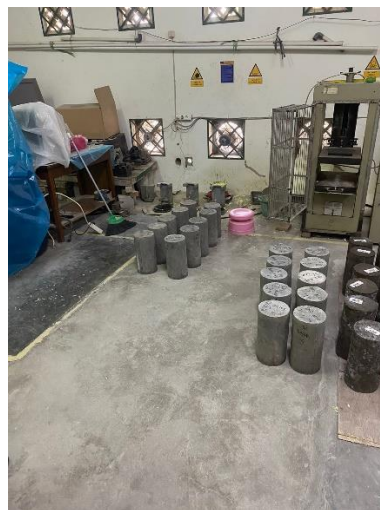
Gambar L. 8.5 Pengujian Slump



Gambar L. 8.6 Proses Pencetakan Beton



Gambar L. 8.7 Proses Perendaman Beton



Gambar L. 8.8 Proses *Capping*



Gambar L. 8.9 Proses Uji Tekan Beton



Gambar L. 8.10 Sampel Setelah Uji Tekan Beton



Gambar L. 8.11 Proses Uji Tarik Beton



Gambar L. 8.12 Kondisi Setelah Uji Tarik Beton