

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN KUAT TEKAN DAN PENYERAPAN SERBUK KAYU DAN ABU AMPAS KOPI DENGAN AGREGAT KASAR BERGRADASI SERAGAM (Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

FERI IMAN HASIBUAN

1607210033



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

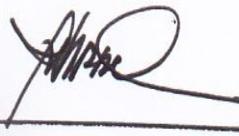
Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : FERI IMAN HASIBUAN
Npm : 1607210033
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Perbandingan Kuat Tekan dan Penyerapan Serbuk Kayu dan Abu Ampas Kopi Dengan Agregat Kasar Bergradasi Seragam (Studi Penelitian).
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 23 September 2021

Dosen Pembimbing



Dr. Fahrizal Zulkarnain.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : FERI IMAN HASIBUAN

NPM : 1607210033

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Perbandingan Kuat Tekan dan Penyerapan Serbuk Kayu dan Abu Ampas Kopi Dengan Agregat Bergradasi Seragam (Studi Penelitian).

Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 23 September 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr. Fahrizal Zulkarnain.

Dosen Pembanding I



Rizki Efrida, S.T, M.T

Dosen Pembanding II



Sri Prafanti, ST, M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : FERI IMAN HASIBUAN
Tempat, Tanggal Lahir : Gunting Saga, 29 Oktober 1996
NPM : 1607210033
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Perbandingan Kuat Tekan dan Penyerapan Serbuk Kayu dan Abu Ampas Kopi Dengan Agregat Kasar Bergradasi Seragam (Studi Penelitian).”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

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

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 September 2021

Saya yang menyatakan,



Feri Iman Hasibuan

ABSTRAK

PERBANDINGAN KUAT TEKAN DAN PENYERAPAN SERBUK KAYU DAN ABU AMPAS KOPI DENGAN AGREGAT KASAR BERGRADASI SERAGAM (STUDI PENELITIAN)

Feri Iman Hasibuan

1607210033

Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T.,M.Sc

Nilai kuat tekan beton dapat dipengaruhi oleh perbedaan material penyusun beton dan cara pembuatannya. Penggunaan agregat kasar batu pecah bergradasi seragam dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Pada penelitian kali ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah ampas kopi dan serbuk kayu yang digunakan sebagai bahan tambah beton. Dalam penelitian ini, digunakan agregat kasar batu pecah dari 2 ukuran, yaitu 25-12 mm dan 12-5 mm, dengan variasi bahan tambah abu ampas kopi 8,5% dan serbuk kayu 8,5%. Hasil kuat tekan beton normal, kuat tekan beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 25-12, beton campuran abu ampas kopi gradasi 25-12, beton, beton campuran serbuk kayu gradasi 12-5, beton campuran abu ampas kopi 12-5. Memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 30,11 MPa, 29,1 MPa, 27,1 MPa, 26,1 MPa dan 23,09 MPa. Pada penyerapan rata-rata sebesar 159,67 , 167,33 ,163 ,227 dan 173,67 dengan *slump* sebesar 11,9 cm, 10,2 cm, 11,3 cm, 8,6 cm dan 9,3. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan gradasi seragam dapat mengurangi kuat tekan dan pada bahan tambah yang dicampurkan belum bisa menaikkan kuat tekan melebihi beton normal tetapi campuran serbuk kayu gradasi 25-12mm, dan abu ampas kopi gradasi 25-12mm dan serbuk kayu gradasi 12-5mm telah melebihi kuat tekan rencana, hanya pada campuran abu ampas kopi gradasi 12-5mm belum mencukupi dari kuat tekan rencana. Penggunaan serbuk kayu lebih baik terhadap kuat tekan tetapi tinggi dalam penyerapan dan rendah terhadap *slump* sedangkan penggunaan abu ampas kopi memiliki nilai rendah terhadap kuat tekan dan penyerapan tetapi tinggi dalam *slump*.

Kata Kunci : Abu ampas kopi, Serbuk kayu ,Kuat tekan

ABSTRAK

COMPARISON OF COMPRESSIVE STRENGTH AND ABSORBENTION OF WOOD POWDER AND COFFEE BASE ASH WITH UNIFORM GRADE COUNT AGGREGATE (RESEARCH STUDY)

Feri Iman Hasibuan

1607210033

Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T.,M.Sc

The value of the compressive strength of concrete can be influenced by differences in the materials that make up the concrete and the way it is made. The use of coarse aggregate of uniformly graded crushed stone can affect the compressive strength of concrete. In this study, the aim of this research is to utilize coffee grounds and sawdust waste which are used as concrete additives. In this study, coarse aggregate of crushed stone of 2 sizes, namely 25-12 mm and 12-5 mm, was used, with variations of 8.5% coffee grounds and 8.5% wood powder added. The results of the normal concrete compressive strength, the compressive strength of concrete with a mixture of 25-12 gradations of wood powder, 25-12 grades of coffee grounds mixed with coffee grounds, concrete, 12-5 gradation of wood powder mixture, 12-5 of coffee grounds mixed with concrete. It has an average compressive strength of 30.11 MPa, 29.1 MPa, 27.1 MPa, 26.1 MPa and 23.09 MPa. At the average absorption of 159.67 , 167.33 ,163,227 and 173.67 with slumps of 11.9 cm, 10.2 cm, 11.3 cm, 8.6 cm and 9.3. It can be concluded that the use of uniform gradation can reduce the compressive strength and the added material that is mixed has not been able to increase the compressive strength above normal concrete but the mixture of 25-12mm graded wood powder, and 25-12mm graded coffee grounds and 12-5mm graded wood powder has exceeded the compressive strength of the design, only on the mixture of graded coffee grounds ash 12-5mm is not sufficient than the compressive strength of the design. The use of sawdust is better on compressive strength but high in absorption and low on slump while the use of coffee grounds has a low value on compressive strength and absorption but high on slump.

Keywords: Coffee grounds ash, wood powder, compressive strength

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perbandingan Kuat Tekan dan Penyerapan Serbuk Kayu dan Abu Ampas Kopi Dengan Agregat Kasar Bergradasi Seragam ” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T,M.Sc selaku Dosen Pembimbing dan yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Rizki Efrida, ST, M.T selaku Dosen Pembanding I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Sri Prafanti, S.T, M.T selaku Dosen Pembanding II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, Msc selaku selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Terima kasih yang teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Pardamean

Hasibuan dan Ibunda tercinta Ratna Marpaung yang telah bersusah payah mendidik dan membiayai saya serta memberikan semangat kepada saya serta senantiasa mendo'akan saya sehingga penulisan dapat menyelesaikan studi ini tepat pada waktunya.

9. Terima kasih kepada Saudara-Saudara penulis yang telah memberikan dukungan kepada penulis.

10. Terima kasih kepada Sahabat-sahabat penulis: Bustanul Kamil, Avendi, Reynaldo, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang membangun untuk menjadi Bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 23 September 2021



Feri Iman Hasibuan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEALSIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pengertian Umum	5
2.2. Penelitian Terdahulu	6
2.3. Bahan-Bahan Campuran Pembuatan Beton	14
2.3.1. Semen Portland	14
2.3.2. Air	16
2.3.3. Agregat	16
2.3.4. Agregat Bergradasi seragam	18
2.3.5. Bahan Tambah	18
2.3.5.1. Bahan Tambah Mineral (<i>Additive</i>)	19
2.3.5.2. Bahan Tambah Kimia (<i>Chemical Admixture</i>)	22

2.4. Faktor Air Semen	22
2.5. Beton Normal	23
2.6. <i>Slump Test</i>	23
2.7. Perawatan Beton	24
2.8. Kuat Tekan Beton	25
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Metode Penelitian	27
3.2. Teknik Pengumpulan Data	27
3.3. Bahan Baku dan Peralatan	28
3.3.1 Bahan	28
3.3.2 Peralatan	29
3.4. Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.5. Persiapan Penelitian	31
3.6. Pemeriksaan Material	31
3.7. Pelaksanaan Penelitian	32
3.7.1 Mix Desain (SNI 03-2834-2000)	32
3.7.2 Pembuatan Benda Uji	41
3.7.3 Pengujian <i>Slump</i>	41
3.7.4 Perawatan Beton	42
3.7.5 Pengujian Kuat Tekan Beton	42
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1. Analisa Pemeriksaan Agregat	43
4.1.1. Analisa Pemeriksaan Agregat Halus	43
4.1.1.1. Kadar Air Agregat Halus	43
4.1.1.2. Berat Isi Agregat Halus	44
4.1.1.3. Kadar Lumpur Agregat Halus	45
4.1.1.4. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	45
4.1.1.5. Analisa Saringan Agregat Halus	46
4.1.2. Analisa Pemeriksaan Agregat Kasar	49
4.1.2.1. Kadar Air Agregat Kasar	49
4.1.2.2. Berat Isi Agregat Kasar	50
4.1.2.3. Kadar Lumpur Agregat Kasar	51

4.1.2.4. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	52
4.1.2.5. Analisa Saringan Agregat Kasar	53
4.2. Perencanaan Campuran Beton	55
4.3. Pembuatan Benda Uji	64
4.4. <i>Slump Test</i>	65
4.5. Kuat Tekan Beton	66
4.5.1. Kuat Tekan Beton Normal	67
4.5.2. Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Serbuk Kayu Gradasi 25-12	68
4.5.3. Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Abu Ampas kopi Gradasi 25-12	68
4.5.4. Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Serbuk kayu Gradasi 12-5	69
4.5.5. Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Abu Ampas Kopi Gradasi 12-5	70
4.6. Penyerapan Beton	71
4.7. Pembahasan	73
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan jurnal bahan tambah	12
Tabel 2.2	Komposisi utama semen	15
Tabel 2.3	Komposisi ampas kopi (Teh et al., 2012)	19
Tabel 2.4	Persentase senyawa abu kulit kopi : (Subagio et al., 2019)	20
Tabel 2.5	Kandungan Kimia pada macam-macam kayu : (<i>Susilwati, 2016</i>)	22
Tabel 3.1	Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.	33
Tabel 3.2	Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.	35
Tabel 3.3	Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.	36
Tabel 3.4	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.	37
Tabel 3.5	Jumlah variasi sampel pengujian beton.	42
Tabel 4.1	Data-data hasil penelitian kadar air halus.	43
Tabel 4.2	Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus.	44
Tabel 4.3	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.	45
Tabel 4.4	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.	46
Tabel 4.5	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus.	47
Tabel 4.6	Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar.	49
Tabel 4.7	Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar.	50
Tabel 4.8	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar.	51
Tabel 4.9	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.	52
Tabel 4.10	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar.	53
Tabel 4.11	Data-data analisis yang diperoleh saat penelitian.	55
Tabel 4.12	Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).	56
Tabel 4.13	Hasil perbandingan campuran bahan beton tiap 1 benda uji	

dalam 1 m ³ .	57
Tabel 4.14 perbandingan bahan beton untuk 1 benda uji (kg).	58
Tabel 4.15 Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.	58
Tabel 4.16 Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.	59
Tabel 4.17 Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk beton normal tiap saringan dalam 3 benda uji.	61
Tabel 4.18 Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk beton variasi tiap saringan dalam 6 benda uji	62
Tabel 4.19 Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk beton variasi tiap saringan dalam 6 benda uji	62
Tabel 4.20 Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 15 benda uji.	63
Tabel 4.21 Hasil pengujian nilai <i>slump</i> .	65
Tabel 4.22 Hasil pengujian tekan beton normal.	67
Tabel 4.23 Hasil pengujian tekan beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 25-12.	68
Tabel 4.24 Hasil pengujian tekan beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 25-12.	69
Tabel 4.25 Hasil pengujian tekan beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 12-5.	69
Tabel 4.26 Hasil pengujian tekan beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 12-5.	70
Tabel 4.27 Hasil pengujian penyerapan	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Abu Ampas Kopi Lolos Saringan No. 200 (Alkhaly & Syahfitri, 2017)	20
Gambar 2.2 Serbuk kayu: (Sudarisman& Kamiel, n.d.)	21
Gambar 2.3 Ilustrasi gaya pada pengujian kuat tekan	26
Gambar 3.1 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)	35
Gambar 3.2 Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2	38
Gambar 3.3 Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm	39
Gambar 3.4 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.	39
Gambar 3.5 Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.	40
Gambar 4.1 Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang).	49
Gambar 4.2 Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm.	54
Gambar 4.3 Grafik perbandingan nilai <i>slump</i> .	66
Gambar 4.4 Kuat tekan pada benda uji.	66
Gambar 4.5 Grafik persentase kuat tekan beton umur 28 hari	71
Gambar 4.6 Grafik rata-rata penyerapan beton umur 28 hari	72
Gambar 4.7 Grafik penurunan kuat tekan beton umur 28 hari	74

DAFTAR NOTASI

A	= Luas Penampang
B _j	= Berat Jenis
FM	= Modulus Kehalusan
f _c	= Kuat Tekan
n	= Jumlah Benda Uji
P	= Beban Tekan
t	= Tinggi Benda Uji
V	= Volume
W	= Berat
Ø	= Diameter
M	= Nilai Tambah
S _r	= Standar Rencana
W _h	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Halus
W _k	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Kasar
B	= Jumlah Air
C	= Agregat Halus
D	= Agregat Kasar
Ca	= Absorpsi Air Pada Agregat Halus
Da	= Absorpsi Agregat Kasar
C _k	= Kandungan Air Dalam Agregat Halus
D _k	= Kandungan Air Dalam Agregat Kasar
BN	= Beton Normal

DAFTAR LAMPIRAN

- Gambar L1 Dokumentasi Pencucian agregat kasar
- Gambar L2 Dokumentasi Pencucian agregat halus
- Gambar L3 Dokumentasi penjemuran agregat
- Gambar L4 Dokumentasi Analisa saringan halus
- Gambar L5 Dokumentasi Analisa saringan kasar
- Gambar L6 Dokumentasi berat isi halus
- Gambar L7 Dokumentasi berat isi kasar
- Gambar L8 Dokumentasi Persiapan bahan kadar air
- Gambar L9 Dokumentasi berat jenis halus
- Gambar L10 Dokumentasi berat jenis kasar
- Gambar L11 Dokumentasi kehausan agregat
- Gambar L12 Dokumentasi penjemuran bahan tambah
- Gambar L13 Dokumentasi pembakaran bahan tambah
- Gambar L14 Dokumentasi bahan tambah lolos saringan 200
- Gambar L15 Dokumentasi Mix design
- Gambar L16 Dokumentasi pemberian pelicin pada cetakan
- Gambar L17 Dokumentasi Slump test
- Gambar L18 Dokumentasi Slump test
- Gambar L19 Dokumentasi pengisian cetakan
- Gambar L20 Dokumentasi pengetukan benda uji
- Gambar L21 Dokumentasi perendaman benda uji
- Gambar L22 Dokumentasi Pengujian Kuat Tekan Beton

DAFTAR SINGKATAN

SSD	= Saturated Surface Dry
SNI	= Standart Nasional Indonesia
SK	= Serbuk Kayu
AAK	= Abu Ampas Kopi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia banyak terdapat pabrik industri pengolahan kayu yang memiliki banyak limbah (serbuk kayu) yang belum pemanfaatannya. Salah satu solusi pemanfaatan limbah serbuk kayu adalah memanfaatkannya sebagai bahan konstruksi. Serbuk kayu adalah limbah yang diperoleh dari hasil pengrajin kayu yang menggunakan mesin maupun manual. Pemanfaatan limbah kayu sekarang ini digunakan sebagai bahan pembuat lemari dan bercocok taman. Salah satu solusi pemanfaatan limbah serbuk kayu adalah memanfaatkannya sebagai bahan bangunan konstruksi (Boni et al., 2019).

Limbah industri pangan dapat menimbulkan masalah dalam penanganannya karena mengandung karbohidrat, protein, lemak, garam-garam mineral dan juga sisa-sisa bahan kimia yang dipergunakan dalam proses pengolahan dan pembersihan. Limbah yang semakin banyak dan menumpukakan berbau dan menjadi sumber berkembangnya mikroba yang pada akhirnya juga akan menimbulkan berbagai macam penyakit, sehingga limbah industri pangan perlu penanganan yang baik. Ampas kopi juga merupakan limbah industri pangan yang di hasilkan dari pengolahan biji kopi. Sebagai mana halnya limbah industri pangan yang lain, maka limbah ampas kopi mempunyai potensi di dimanfaatkan sebagai material substitusi sebagai semen (Alkhaly & Syahfitri, 2017).

Pada penelitian terdahulu menggunakan abu ampas kopi dan serbuk kayu sebagai substitusi semen atau pasir tetapi pada penelitian kali ini tidak menggunakan ampas kopi dan serbuk kayu sebagai substitusi semen karena semen adalah perekat utama dalam campuran beton yang jika dikurangi dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton tersebut. Pada kali ini peneliti menggunakan ampas kopi dan serbuk kayu sebagai bahan tambah.

Agregat kasar dapat berupa koral yang didapat dari sungai, juga bisa didapat dari pecahan batu yang diproduksi secara mekanis atau manual. Cara memproduksi dan kualitas material pembentuk batu pecah sangat mempengaruhi

mutu dari agregat kasar berupa batu pecah. Berbeda dari agregat kasar berupa koral/gravel yang berasal dari sungai, gradasi batu pecah hasil produksi dari *stone crusher* cenderung berbentuk single fraksi (gradasi seragam),(Alluhri, 2016).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Mulyati dan Sentosa budi alluhri tentang pengaruh agregat kasar batu pecah bergradasi seragam terhadap kuat tekan beton normal. Hasil pengujian kuat tekan beton pada penggunaan agregat batu pecah bergradasi seragam dapat mengurangi kuat tekan beton sebesar 12,35 % terhadap penggunaan agregat kasar batu pecah bergradasi menerus. Bergradasi seragam pada campuran beton berpengaruh terhadap sifat mudah dikerjakan (*workability*) dan pemadatan pada beton(Alluhri, 2016).

Kuat tekan beton sangat penting terhadap kualitas beton tersebut sehingga perlu melakukan penelitian tentang “perbandingan kuat tekan dan penyerapan serbuk kayu dan abu ampas kopi dengan agregat kasar bergradasi seragam”.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

- 1) Apakah dengan penambahan Abu Ampas Kopi (AAK) dan Serbuk Kayu (SK) terhadap gradasi seragam dapat meningkatkan kuat tekan beton itu sendiri?
- 2) Bagaimana variasi campuran yang memiliki kuat tekan beton paling tinggi dan penyerapan?
- 3) Apakah pengaruh slump test terhadap kekuatan beton?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dibatasi pada:

- 1) Campuran beton dengan bahan tambah abu ampas kopi pada campuran pembuatan beton dengan variasi proporsi AAK sebesar 8,5% yang lolos saringan No.200
- 2) Campuran beton dengan bahan tambah limbah serbuk kayu pada campuran pembuatan beton dengan variasi proporsi SK sebesar 8,5% dari yang lolos saringan No.6 tertahan di saringan no.50 (0.3 mm - 2 mm)

- 3) Penggunaan agregat kasar seragam dengan variasi ukuran 12-5 mm, 25-12 mm
- 4) Melakukan pengujian pada beton, yang terdiri dari:
 - (1) Pengujian kuat tekan beton normal dan beton dengan variasi agregat kasar ukuran 12-5mm, 25-12 mm penambahan 8,5 % abu ampas kopi pada umur 28 hari dan perendaman air biasa pada umur 28 hari
 - (2) Pengujian kuat tekan beton normal dan beton dengan variasi agregat kasar ukuran 12-5 mm, 25-12 mm penambahan 8,5 % limbah serbuk kayu pada umur 28 hari dan perendaman air biasa pada umur 28 hari.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk mengetahui pengaruh Abu Ampas Kopi (AAK) dan Serbuk Kayu (SK) terhadap gradasi seragam dapat meningkatkan kuat tekan beton.
- 2) Untuk mengetahui variasi optimum agregat kasar bergradasi seragam penambahan Abu Ampas Kopi (AAK) dan Serbuk Kayu (SK) pada kuat tekan beton dan penyerapan.
- 3) Untuk mengetahui pengaruh slump test terhadap variasi campuran Abu Ampas Kopi (AAK) dan Serbuk Kayu (SK) dengan gradasi seragam pada kuat tekan beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton yang bergradasi seragam menggunakan bahan tambah Abu Ampas Kopi (AAK) dan Serbuk Kayu (SK) dengan *persentase* yang telah ditentukan dan apabila penelitian ini berhasil, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap penggunaan pekerjaan, baik itu penggunaan pada tahap pelaksanaan di lapangan dan dapat dikembangkan pada penelitian yang lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun rencana sistematika penulisan pada proposal laporan tugas akhir ini disusun menjadi lima bab, dengan sistematika sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Membahas hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bagian ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data dan metode analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan analisa data yang telah di dapat, penulis dapat meberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum

Menurut (SNI 03-2834-2000), Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah. Beton adalah suatu gabungan dari beberapa material pembentuk yaitu agregat kasar berupa koral atau batu pecah, agregat halus atau pasir, yang diikat oleh pasta semen yang dicampur dengan air dalam perbandingan tertentu sehingga mendapatkan material baru dengan kekuatan yang direncanakan (Alluhri, 2016).

Beton adalah suatu material bangunan yang diperoleh dari pencampuran agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil, split), air dan semen Portland dengan suatu takaran tertentu. Dalam perencanaan suatu beton dituntut adanya hasil perencanaan yang menghasilkan beton dengan kuat tekan yang sesuai dengan yang diinginkan (Tomayahu, 2016).

Menurut (SNI 03-2834-2000), proposi campuran beton harus menghasilkan beton yang memenuhi persyaratan berikut:

1. Kekentalan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pemadatan, dan perataan) dengan mudah dapat mengisi acuan dan menutup permukaan secara serba sama (homogen);
2. keawetan;
3. kuat tekan;
4. ekonomis;

Menurut (Tjokrodijuljo, 2007) beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut ini (Han & goleman, dkk, 2019)

1. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat.

2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah.
3. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk itu struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya.
4. Pengerjaan atau workability mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi lebih murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton juga memiliki beberapa kekurangan, menurut (Tjokrodinuljo, 2007) kekurangan beton adalah sebagai berikut ini.

1. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam
2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula
3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan dari beberapa jurnal dan skripsi terdahulu yang terbaru. Inilah penjelasan singkat tentang jurnal dan skripsi tersebut.

Salah satu penelitian tentang perbandingan kuat tekan dan porositas beton porous menggunakan agregat kasar bergradasi seragam dengan kemiringan kontinyu. Kuat tekan beton porous yang menggunakan agregat gradasi seragam

bergradasi lebih rendah dari kontinyu. Kuat tekan beton porous yang menggunakan agregat gradasi seragam tertinggi sebesar 8,92 MPa dan gradasi kontinyu sebesar 14,04 MPa. Porositas beton porous yang menggunakan agregat gradasi seragam lebih tinggi dari pada gradasi kontinyu (Ginting, 2019).

Penelitian lain tentang pengaruh ukuran agregat kasar bergradasi seragam pada beton porous. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran agregat yang digunakan mengakibatkan semakin rendah kuat tekan beton porous. Kuat tekan beton porous dengan faktor air semen 0,20 lebih besar dari 0,25. Kuat tekan beton porous dengan perbandingan berat semen dengan agregat 1:5 lebih tinggi dari perbandingan 1:6. Pengaruh ukuran agregat tidak signifikan terhadap berat satuan beton porous (Ginting & Janabadra, 2019).

Penelitian lain tentang kuat tekan dan permeabilitas beton porous dengan variasi ukuran agregat. Ada 4 variasi yang diuji, yakni variasi 1 dengan komposisi 55% agregat lolos saringan 1/2" namun tertahan saringan 3/8" dan 45% agregat lolos saringan nomor 4 namun tertahan saringan nomor 8, kemudian variasi 2 dengan 55% agregat lolos saringan 1/2" namun tertahan 3/8" dan 45% agregat lolos saringan 3/8" namun tertahan nomor 4, variasi 3 terdiri dari 100% agregat lolos saringan 1/2" namun tertahan saringan 3/8", dan yang terakhir ada variasi 4 yang terdiri dari 55% agregat lolos saringan 1/2" namun tertahan 3/8" dan 45% agregat lolos saringan 3/4" namun tertahan 1/2".

Variasi 4 adalah variasi beton porous dengan hasil kuat tekan yang optimum, yakni 15,517 MPa pada usia beton 28 hari. Variasi ini adalah variasi dengan komposisi ukuran agregat terbesar diantara ke 4 variasi yang ada, sehingga dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran agregat dalam campuran, maka semakin tinggi hasil kuat tekannya. Sedangkan untuk variasi campuran beton porous yang efektif dialiri air atau dengan permeabilitas optimum adalah Variasi 3 yang memiliki komposisi ukuran agregat yang seragam dengan nilai permeabilitas 2,322 cm/detik. Dapat dilihat bahwa semakin seragam ukuran agregat dalam campuran, maka semakin tinggi nilai permeabilitasnya karena rongga atau pori dari beton akan semakin besar dan banyak (Khonado et al., 2019).

Penelitian lain tentang pengaruh gradasi terhadap porositas dan kuat tekan beton berpori. Pengujian kuat tekan, porositas, dan permeabilitas dengan metode

falling head water permeability test dilakukan pada umur beton 28 hari. Dari hasil analisis dengan metode kualitatif, beton berpori dengan batu pecah gradasi 1-2 dan 2-3 dengan FAS 0,45, didapat nilai kuat tekan tertinggi pada campuran agregat 1-2 sebesar 10,584 MPa. Porositas tertinggi terjadi pada campuran agregat 1-2 sebesar 21,758% (Metode VIM). Permeabilitas horizontal tertinggi terjadi pada campuran agregat 1-2 sebesar 1,711 cm/dt. Permeabilitas secara vertical tertinggi terjadi pada campuran 1-2 dengan nilai 0,448 cm/dt. Jadi dari hasil analisis beton berpori yang kuat dan terjaga nilai porositasnya adalah beton berpori dengan campuran agregat 1-2 (Putro Pratomo & Setyawan, 2016).

Penelitian lain tentang analisa agregat terhadap kuat tekan beton pada pembangunan jalan isimu-paguyaman (*pavement rigid*). Dengan menggunakan material batu pecah yang bergradasi seragam dan berukuran maksimum 50 mm yang diambil dari material pembangunan ruas jalan Isimu-Paguyaman. Berdasarkan pengujian di laboratorium menunjukkan hasil nilai rata-rata kuat tekan beton adalah 168,67 kg/cm² atau f'_{cr} 14 MPa. Itu artinya nilai kuat tekan yang diperoleh lebih rendah dari nilai kuat tekan rencana. Sehingga nilai rata-rata kuat tekan beton dianggap tidak memenuhi persyaratan mutu kekuatan beton (Tomayahu, 2016).

Penelitian lain tentang pengaruh agregat kasar batu pecah bergradasi seragam terhadap kuat tekan beton normal. Hasil pengujian kuat tekan beton pada penggunaan agregat batu pecah bergradasi seragam dapat mengurangi kuat tekan beton sebesar 12,35% terhadap penggunaan agregat kasar batu pecah bergradasi menerus. Penurunan penggunaan w/c dari 0,50 menjadi 0,45 dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 20,15%. Penggunaan agregat kasar batu pecah bergradasi seragam pada campuran beton berpengaruh terhadap sifat mudah dikerjakan (*workability*) dan pemadatan pada beton (Alluhri, 2016).

Penelitian lain tentang pengaruh gradasi seragam polietilen pengganti sebagian agregat halus terhadap karakteristik beton normal. Hasil penelitian menunjukkan penurunan volume berat dan volume air adsorpsi meningkat seiring dengan ukuran PET yang lebih besar. Terjadi peningkatan dimensi variasi 2,4 mm sekitar 1,42% dari beton normal. Nilai kuat tekan tersebut seiring dengan besarnya ukuran PET 21,1 MPa; 14,6 MPa; 21,4 MPa; 17,1 MPa. Nilai kekuatan

tarik menurun seiring dengan ukuran PET yang lebih kecil. Kekuatan tarik terendah 1,48 MPa untuk dimensi variasi 1,2 mm. Itu modulus elastisitas beton PET dalam gradasi seragam dengan kandungan 5% sebagai pengganti sebagian halus agregat memiliki nilai lebih rendah dari beton normal (Wicaksono et al., n.d.).

Penelitian lain tentang studi eksperimen penggunaan abu ampas kopi sebagai material pengganti parsial semen pada pembuatan beton. Hasil pengujian berdasarkan persentase abu ampas kopi 5%, 10%, 15%, dan 25% terhadap volume semen didapat kuat tekan berturut-turut 26,085 MPa, 20,162 MPa, 20,080 MPa, dan 15,358 MPa. Sedangkan kuat tekan beton normal tanpa substitusi abu ampas kopi didapat sebesar 25,406 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa penggantian parsial abu ampas kopi sebesar 5% terhadap semen dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 2,67% dari beton normal. Selanjutnya, pada substitusi 10% dan 15%, hasil kuat tekan masih memenuhi kuat tekan rencana (f_c') (Alkhaly & Syahfitri, 2017).

Penelitian lain tentang kuat tekan beton yang mengandung abu ampas kopi dengan bahan tambah *superplasticizer*. Hasil pengujian kuat tekan beton normal pada umur 28 hari (BN) sebesar 35,98 MPa. Pada pengurangan air adukan 10% dan penambahan *superplasticizer* 0,5%, 1% dan 2% didapat nilai kuat tekan sebesar 42,32 MPa, 43,33 MPa, dan 47,83 MPa, meningkat sebesar 17% sampai 33% dari kuat tekan beton normal. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa substitusi abu ampas kopi 5% terhadap berat semen tanpa *superplasticizer* memberi peningkatan kuat tekan sebesar 3,78% dari beton normal. Pada substitusi AAK sebesar 5% dan dengan tambahan *superplasticizer* sebesar 0,5%, 1% dan 2%, dihasilkan kuat tekan masing-masing sebesar 44,71 MPa, 45,90 MPa dan 49,74 MPa. Ketiga mutu beton ini dapat di kategorikan dalam beton mutu tinggi (Alkhaly, 2018).

Penelitian lain tentang modifikasi beton f_c 9,8 Mpa menggunakan abu ampas kopi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai uji slump, uji kuat tekan, dan uji daya serap penambahan abu ampas kopi pada benda uji beton dengan menggunakan silinder berukuran 15cm x 30cm dengan kualitas beton sebanyak 5 buah. K-125 atau setara dengan f_c '9.8 MPa. Hasil uji slump dengan

persentase 4%, 8%, 12% yaitu 2.5 cm, 0.5 cm dan 2.5 cm. Hasil uji kuat tekan beton dengan persentase 4% didapatkan hasil kuat tekan $f_c '10$.51 MPa atau setara dengan K125 persentase 8% menghasilkan kuat tekan $f_c '8,39$ dan persentase 12% menghasilkan kekuatan tekan $f_c '7,56$ MPa setara dengan K100. Hasil pengujian daya serap air selama 28 hari menghasilkan nilai rata-rata 0,32 kg, 0,25 kg, 0,15 kg, dan 33 kg (Wimaya et al., 2020).

Penelitian lain tentang pengaruh pengurangan fas terhadap kuat tekan beton yang memakai bahan tambah abu kulit kopi. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan menggunakan metode dan langkah-langkah yang dilakukan menurut ASTM dan SK SNI 03-2834-1993 dengan target kuat tekan 20 MPa dengan variasi beton dengan penambahan abu kulit kopi 4%, beton dengan pengurangan faktor air semen 4% dan kombinasi antara kedua variasi tersebut. Perawatan beton dilakukan dengan cara perendaman selama 28 hari. Setelah penelitian dilakukan terjadi peningkatan tertinggi pada kuat tekan beton dengan variasi penambahan abu kulit kopi sebesar 4% dengan pengurangan faktor air semen 4% sebesar 12.23% atau sebesar 33.67 MPa dari kuat tekan beton normal (Subagio et al., 2019)

Penelitian lain tentang pengaruh serbuk kayu sebagai substitusi sebagian semen dan bahan tambah 0,6% *Bestmittel*. Kuat tekan beton normal dalam waktu 14 dan 28 hari adalah 22.832 MPa dan 25.344 MPa. Sedangkan dalam waktu 28 hari, Kekuatan tekan dengan 0,6% *Bestmittel* naik 2,23% dari yang normal yaitu 25.909 MPa. Kuat tekan tertinggi ditemukan pada spesimen yang ditambahkan *Bestmittel* 0,6% dan semen 5% abu serbuk gergaji sebagai substitusi parsial semen yaitu 24.262 MPa dan 27.668 MPa. Di Variasi lain yaitu dengan penambahan 0,6% *Bestmittel* dan 10%, 15%, 20% serbuk gergaji sebagai parsial substitusi semen terjadi penurunan kuat tekan sebesar 8,77%; 28,2%; dan 40,86% yaitu 23.131 MPa; 18.198 MPa; dan 14,99 MPa. Tapi penambahan *Bestmittel* bisa meningkat kekuatan tekan beton. Penggantian sebagian semen dengan serbuk gergaji sebisa mungkin meningkatkan kuat tekan beton tetapi dengan jumlah tertentu (Wibowo & Sarwidi, 2018).

Penelitian lain tentang pemanfaatan limbah serbuk gergaji kayu sebagai substitusi campuran bata ringan kedap suara. Hasil dari penelitian ini menunjukkan pada campuran 30% serbuk gergaji kayu yaitu pada variasi ke-III menunjukkan nilai koefisien serap bunyi terbesar yaitu 0.6832 dengan frekuensi 1000 Hz dengan koefisien absorpsi 0,50% dan dengan kecepatan rambat gelombang bunyi menunjukkan 683,2 m/det. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besarnya persentase campuran serbuk gergaji kayu maka kemampuan untuk meredam suara semakin besar (Purba, 2017).

Penelitian lain tentang pemanfaatan limbah gergaji sebagai bahan substitusi pasir sabulakoa terhadap campuran mortar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian kuat tekan dan berat jenis mortar pada sampel mortar untuk komposisi 5% dan 10% berturut-turut sebesar 50,2 kg/cm³ dan 25 kg/cm³, sedangkan untuk komposisi 15%, 20% dan 25% mengalami kegagalan. Dan penambahan serbuk kayu dalam campuran mortar cukup berpengaruh terhadap berat jenis mortar misalkan komposisi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% terjadi penurunan berturut-turut 5,2%, 13,1%, 16,5%, 23,7%, 27,0%. Ini berarti berat jenis serbuk kayu lebih ringan dari pada berat jenis pasir (Boni et al., 2019).

Penelitian lain tentang analisis kuat tekan beton dengan serbuk kayu jati. Serbuk kayu yang digunakan sebagai serat berupa serbuk kayu jati dengan ukuran kurang dari 2 mm. Variasi penambahan serbuk kayu pada campuran beton adalah 10 kg/m³, 20/ kg m³, dan 30 kg/m³. Faktor air semen 0,5 dengan metode perencanaan campuran (Mix Design) berdasarkan ACI (American Concrete Institute). Penambahan serbuk kayu 10 kg/m³, 20 kg/ m³, dan 30 kg/m³ dalam campuran beton meningkatkan kuat tekan beton. Kuat tekan tertinggi dicapai oleh penambahan serbuk kayu jati sebanyak 20 kg/m³, dimana dicapai kuat tekan beton sebesar 230,76 kg/cm², atau terjadi peningkatan 2,23% dibanding beton normal. Nilai slump pada beton dengan penambahan serbuk kayu mengalami penurunan sehingga mempengaruhi *workability* namun masih memenuhi syarat dalam taraf mudah dikerjakan (Umar, 2019).

Penelitian lain tentang pengaruh abu serbuk kayu sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tarik beton yang menggunakan bahan kimia. Pada penelitian ini digunakan abu serbuk kayu dengan persentase 10%, 20% dan 30% dari berat agregat

halus dengan tambahan bahan kimia sebesar 0,8% dari berat semen. Sampel yang digunakan adalah sampel berbentuk silinder dengan ukuran 15cm x 30cm. pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tarik belah. Berdasarkan perencanaan beton abu serbuk kayu dengan bahan tambah *Sika Viscocrete 3115 N* pada kuat tarik belah beton maka didapat nilai rata-rata pada setiap variasi. BN0 dengan kuat tarik belah sebesar 4,60 MPa, BA10 sebesar 3,04 MPa, BA20 sebesar 1,98 MPa, dan BA30 sebesar 1,41 MPa (Agustiono Arif, 2020).

Tabel 2.1: Perbandingan jurnal bahan tambah.

Jenis	Jurnal 1	Jurnal 2
Penggunaan ampas kopi	Kuat tekan naik 3,78% (Alkhaly, 2018).	Kuat tekan naik 2,67% (Alkhaly & Syahfitri, 2017).
Penggunaan serbuk kayu	Kuat tekan naik 2.23% (Umar, 2019).	Kuat tekan naik 6,79% (Wibowo & Sarwidi, 2018).

Penelitian ini juga dilakukan dari beberapa skripsi terdahulu yang terbaru dari pembimbing yang sama. Pada penelitian kuat tekan beton mereka menggunakan SNI 03-2834-2000, dengan campuran bahan tambah yang berbeda-beda. Penggunaan air kapur sebagai air campuran beton berpengaruh terhadap kuat tekan rata-rata karena menghasilkan kuat tekan rata-rata yang lebih rendah dari pada penggunaan air tawar sebagai air campuran beton (Ilham Sani, 2020). Namun pada beton normal dengan lama perendaman asam sulfat 28 hari menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata lebih rendah dari pada beton normal dengan lama perendaman air tawar 28 hari (Sukuri, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa beton normal memiliki ketahanan yang lemah terhadap larutan asam sulfat dibandingkan dengan bahan tambah abu sekam padi dan *viscocrete 3115 N* (Sinambela, 2020).

Hasil kuat tekan optimum terjadi pada beton dengan campuran abu batang pisang 6% dan sikacim concrete additive 0,8% yaitu sebesar 30,74 MPa (Nazar, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa beton yang dihasilkan dengan bahan tambah serbuk kayu dan *am 78 concrete additive* 0,8% memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal, maka beton campuran serbuk kayu dan *am 78*

concrete additive 0,8% ini dapat diaplikasikan untuk struktur bangunan (Fani Surya, 2020). Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa peningkatan penambahan serbuk kaca dengan sikacim concrete additive dalam jumlah tetap dalam campuran beton, maka kuat tekan beton yang dihasilkan semakin tinggi (Hidayat, 2020). Maka dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton normal dan kuat tekan beton campuran abu cangkang kelapa sawit dan bondcrete mengalami penurunan kuat tekan, serta tidak mencapai kuat tekan rencana yaitu 25 MPa disebabkan pengaruh persentase abu cangkang kelapa sawit dan zat adiktif bondcrete (Muhammad Indra, 2020).

Nilai kuat tarik optimum terjadi pada variasi abu cangkang kelapa sawit 10% (Reza, 2020). Hasil kuat tarik belah optimum terjadi pada beton dengan campuran serat ijuk 6% dan sikacim concrete additive 0,8% yaitu sebesar 5 MPa (Adila Lubis & Zulkarnain, 2020). Nilai kuat tarik belah optimum diperoleh pada variasi abu bonggol jagung 5% (Wijaya, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa beton yang dicampur dengan bahan tambah serat tandan kosong kelapa sawit dan *Admixture adhesive manufacturer (78)* mengalami kenaikan kuat tarik belah beton dibandingkan dengan beton normal, maka beton dengan campuran serat tandan kosong kelapa sawit dan *Admixture adhesive manufacturer (78)* dapat diaplikasikan untuk struktur bangunan (Arifin, 2020).

Dari hasil pengujian diperoleh kuat tarik belah beton dengan *bondcrete* meningkat 5,06% pada variasi serbuk kaca 10% yaitu 3,73 Mpa dibanding kuat tarik belah normal yaitu 3,54 Mpa (M. Fakhri, 2020). Hasil analisis menunjukkan kuat tarik belah optimum beton dengan komposisi yang mengandung abu cangkang kelapa sawit dan *silica gel 25%* yakni 4,88 Mpa (M.Yusril, 2020). Dari hasil penelitian ini didapatkan kuat tarik belah beton dengan nilai tertinggi berada pada komposisi serat ijuk 9 % dan *viscocrete 3115N 0,8 %* yaitu 5,16 MPa untuk umur 28 hari (Rahman, 2020).

Berdasarkan dari hasil penelitian didapat kuat tarik belah yang optimum yaitu pada komposisi campuran 7% abu bonggol dan 3% *Silica fume* ialah sebesar 3,91 Mpa. Sehingga pada campuran tersebut didapatkan kuat lentur dari konversi kuat tarik belah ialah sebesar 5,36 Mpa (Surbakti, 2020). Beton yang dibuat dengan penambahan *Styrofoam* dapat disebut beton *Styrofoam (Styrofoam concrete)* yang disingkat *Styrocon*. Nilai kuat tarik berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) =

4,60 Mpa; Variasi I (5%) = 3,54 Mpa; Variasi II (6%) = 3,04 Mpa; Variasi III (7%) = 3,11 Mpa (Arami, 2020)

2.3 Bahan – bahan Campuran Pembuatan Beton

Pada prinsipnya dalam mendisain campuran beton adalah bagaimana mengukur secara tepat gradasi kurva gabungan dari agregat halus dan kasar, serta pemakaian semen dan air untuk menghasilkan beton yang mempunyai kuat tekan tertentu. Biasanya dengan memperhatikan faktor yang mempengaruhi workabilitas beton diantaranya jumlah air pada beton, dan nilai slump, serta dapat digunakan zat aditif bila diperlukan (Tomayahu, 2016).

Berikut ini adalah bahan campuran yaitu:

2.3.1 Semen Portland

Menurut (SNI 03-2834-2000), Semen Portland-pozolan adalah campuran semen Portland dengan pozolan antara 15%-40% berat total campuran dan kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam pozolan minimum 70%. Semen merupakan bahan pengikat yang sangat mudah digunakan tanpa ada persyaratan khusus, sehingga menjadi bahan pengikat yang paling populer untuk membuat beton. Campuran semen dan air menghasilkan pasta yang berfungsi sebagai pengikat agregat dalam adukan beton. Semen yang terkena air akan bereaksi membentuk senyawa Kalsium Silikat Hidrat (CHS) dan Kalsium Hidroksida (Ca(OH)_2), (Alkhaly, 2018).

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesi dan kohesi yang memungkinkan melekatnya fragmen fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Berdasarkan sifatnya semen dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Semen non hidrolis yaitu semene yang tidak dapat mengeras dan tidak stabil didalam air. Contohnya: gips dan kapur keras
2. Semen hidrolis, yaitu semen yang dapat mengeras bila dicampur dengan air.
Contohnya: semen *portland*

Fungsi semen adalah untuk melekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat, selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Jika dilihat dari komposisi semen maka ada empat oksida senyawa utama yang membentuk bahan semen terhadap proses pengikatan dan pengerasan yang terdiri dari batu kapur (*lime stone*) CaO, *Silika* (SiO₂), *Alumina* (Al₂O₃), besi oksida (Fe₂O₃). Keempat senyawa tersebut bereaksi satu sama lain didalam *klin* membentuk *klinker*. Total kandungan keempat oksida ini ± 90% dari total berat semen, sedangkan sisanya terdiri dari oksida magnesium dan beberapa unsur lainnya (*impurities*) seperti alkali, titanium, sulfur dan fosfor. Keempat senyawa kompleks tersebut tercantum pada tabel berikut:(Nazar et al., 2020).

Tabel 2.2: Komposisi utama semen.

Nama Senyawa	Rumus Kimia	Singkatan	Kadar rata-rata (%)
Trikalium Silikat	3CaO.SiO ₂	C3S	37-60
Dikalsium Silikat	2CaO.SiO ₂	C2S	15-37
Trikalsium Aluminate	3CaO.Al ₂ O ₃	C3A	7-15
Tetrakalsium Alumina Ferit	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C4AF	10-20

Jenis – jenis Semen Portland

Semen Portland dibagi menjadi lima jenis kategori sesuai dengan tujuan pemakaiannya(SNI 15-2049-2004) yaitu:

1. Jenis I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.3.2 Air

Menurut SK SNI 03-2847-2002 proses pengikatan, pengerasan semen atau hidrasi pada beton akan berjalan dengan baik jika menggunakan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:(Subagio et al., 2019)

1. Air harus bersih, tidak berbau, tidak mempunyai rasa, dan dapat dikonsumsi sebagai air minum.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak, benda-benda terapung yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung alkali atau garam-garam yang terlarut dan dapat merusak beton.
4. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2gr/lt.
5. Kandungan klorida tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO₄, dimana ppm adalah singkatan dari *part permillion* yaitu kandungan zat kimia yang masih diperbolehkan.
6. Di analisa secara kimia dan mutunya dievaluasi menurut pemakaian.
7. Bila dibandingkan kekuatan tekannya dengan yang mengandung air suling sebagai pencampuran maka persentase kekuatan tekan yang terjadi tidak boleh lebih dari 10%.

2.3.3 Agregat

Menurut Silvia, Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. (Wibowo & Sarwidi, 2018)

a) Agregat Halus (pasir alami dan buatan)

Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat halus ialah agregat yang semua butirnya menembus ayakan 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976).

Syarat Mutu Agregat Halus menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F yaitu:

- 1) Butirannya tajam, kuat dan keras
- 2) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- 3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
 - Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%
- 4) Agregat halus tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5%. Apabila lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
- 5) Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton
Bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- 6) Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
 - Sisa di atas ayakan 4,8 mm, maks 2% dari berat
 - Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maks 10% dari berat
 - Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maks 15% dari berat
- 7) Tidak boleh mengandung garam.

b) Agregat Kasar

Agregat Kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976).

Syarat Mutu Agregat Kasar menurut SK SNI S-04-1989- F yaitu:

- 1) Butirannya tajam, kuat dan keras
- 2) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- 3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
 - Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%.
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
- 4) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 1%. Apabila lebih dari 1% maka kerikil harus dicuci.
- 5) ayakan 0,060 mm) lebih dari 1%. Apabila lebih dari 1% maka kerikil harus dicuci.

- 6) Tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
- 7) Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 6 – 7,10 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
 - Sisa di atas ayakan 38 mm, harus 0% dari berat
 - Sisa di atas ayakan 4,8 mm, 90% - 98% dari berat
 - Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan, maksimum 60% dan minimum 10% dari berat.
- 8) Tidak boleh mengandung garam (Sinambela et al., 2020).

2.3.4 Agregat Bergradasi seragam

Gradasi atau susunan butir adalah distribusi dari ukuran agregat. Distribusi ini bervariasi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu gradasi seragam (*uniform grade*), gradasi menerus (*continous grade*) dan gradasi sela (*gap grade*). Untuk mengetahui gradasi tersebut dilakukan pengujian melalui analisa saringan sesuai dengan standard dari SNI 03-1968-1990 dan ASTM C-33. Gradasi seragam (*uniform grade*) adalah gradasi yang terdiri dari ukuran agregat yang hampir sama sehingga akan membentuk grafik gradasi seragam dengan ciri garis vertikal yang mendominasi porsi gradasi agregat pada satu ukuran atau range/batas fraksi tertentu. Gradasi menerus (*continous grade*) adalah gradasi yang semua ukuran agregatnya ada dan terdistribusi dengan baik. Gradasi sela (*gap grade*) adalah salah satu atau lebih dari ukuran butir atau fraksi pada satu set ayakan tidak ada, maka grafik gradasi akan menunjukkan garis horizontal dalam grafiknya (Putro Pratomo & Setyawan, 2016).

2.3.5 Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada

evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relative sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan *hidrasi* (waktu pengikatan) kemudahan pengerjaan, dan kekedapan terhadap air, (Sinambela et al., 2020).

Bahan tambah juga terbagi menjadi dua bagian yaitu:

2.3.5.1 Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Bahan tambah mineral ini merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Pada saat ini, bahan tambah mineral ini lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja tekan beton, sehingga bahan tambah mineral ini cenderung bersifat penyemenan. Beberapa bahan tambah mineral ini adalah abu terbang (*fly ash*), *slag*, *silica fume*, abu ampas kopi dan serbuk kayu (*sawdust*) Pada penelitian ini menggunakan bahan tambah mineral abu ampas kopi dan serbuk kayu (*sawdust*).

A. Abu Ampas Kopi (Bahan Tambah Admixture)

Ampas kopi juga merupakan limbah industri pangan yang di hasilkan dari pengolahan biji kopi. Dari 0,50 kg bubuk kopi yang siap di gunakan menghasilkan $\pm 0,34$ kg ampas kopi. Sebagaimana halnya limbah industri pangan yang lain, maka limbah ampas kopi mempunyai potensi di manfaatkan sebagai material substitusi sebagai semen (Alkhaly & Syahfitri, 2017). Ampas kopi merupakan pupuk oranic yang ekonomis dan ramah lingkungan. Ampas kopi mengandung 2,28% nitrogen, fosfor 0,06% dan 0,6 kalium. pH ampas kopi sedikit asam, berkisar 6,2 pada skala pH. Selain itu, ampas kopi mengandung magnesium, sulfur, dan kalsium yang berguna bagi pertumbuhan tanaman (Teh et al., 2012).

Tabel 2.3: Komposisi ampas kopi (Teh et al., 2012).

Zat Terkandung	Kandungan
pH	6,2
Nitrogen	2,28%

Fosfor	0,06%
Kalium	0,6



Gambar 2.1: Abu Ampas Kopi Lolos Saringan No. 200(Alkhaly & Syahfitri, 2017)

Abu Ampas kopi hasil dari pengolahan minuman kopi dipisahkan dari material lain, kemudian dicuci sampai bersih lalu dikeringkan dengan cara dijemur. Setelah kering, abu ampas kopi dibakar pada oven dengan suhu stabil 200°C selama 4 jam untuk mendapatkan arang sekam B3 dan kemudian dibakar kembali pada suhu 700°C pada *furnace electric*. Selanjutnya abu ampas kopi dihaluskan dan diayak dengan saringan No.200 sehingga menjadi abu. Pada penelitian ini tidak dilakukan uji kandungan senyawa kimia dalam abu ampas kopi (Wimaya et al., 2020).

Tabel 2.4: Persentase senyawa abu kulit kopi: (Subagio et al., 2019).

Senyawa	Persentase
CaO	39.39
SiO ₂	0.65
Al ₂ O ₃	3.37
Fe ₂ O ₃	2.07

Mg ₂ O ₃	8.76
Senyawa lain	45.75

B. Serbuk Kayu (Bahan Tambah Admixture)

Serbuk kayu (*sawdust*) adalah limbah yang diperoleh dari hasil penggergajian kayu yang menggunakan mesin maupun manual (Purba, 2017). Serbuk gergaji kayu termasuk bahan tambah organik. Pada serbuk gergaji kayu terdapat kadar selulosa dan hemiselulosa yang apabila ditambahkan pada campuran semen, senyawa ini akan terserap pada permukaan mineral/ partikel dan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel akibat sifat adhesi dan dispersinya, serta menghambat difusi air dalam material akibat sifat hidrofobiknya. Dengan demikian dapat dihasilkan beton yang lebih kuat dan relatif tidak tembus air, yang dapat dipakai untuk tujuan-tujuan khusus (Wibowo & Sarwidi, 2018). Limbah serbuk gergaji merupakan limbah organik yang sebagian besar dihasilkan dari pengolahan kayu. Berdasarkan penelitian sebelumnya, bahan kayu mengandung selulosa berkisar antara 40% -50% dari beratnya (Sudarisman & Kamiel, n.d.).



Gambar 2.2: Serbuk kayu: (Sudarisman & Kamiel, n.d.).

Serbuk gergajian kayu adalah salah satu jenis bahan limbah yang bersifat organik yang merupakan limbah yang terdapat pada lingkungan industri

penggergajian kayu atau pengrajin furniture yang saat ini belum optimal pemanfaatannya. Serbuk gergaji kayu adalah serbuk kayu yang berasal dari kayu yang dipotong dengan gergaji. Serbuk yang akan digunakan memerlukan pengolahan yang di sebut proses mineralisasi. Proses ini digunakan untuk mengurangi zat ekstraktifnya seperti gula, tannin dan asam-asam organic dari tumbuh-tumbuhan agar daya lekatan dan pengerasan semen tidak terganggu. Pemeriksaan yang dilakukan pada serbuk kayu adalah pemeriksaan kadar air serbuk kayu awal (sebelum proses mineralisasi). Pemeriksaan kadar air serbuk kayu akhir (setelah proses mineralisasi) dan pemeriksaan berat isi serbuk kayu dalam keadaan longgar. Serbuk gergaji kayu merupakan limbah industri yang ternyata dapat digunakan sebagai zat penyerap (Boni et al., 2019).

Tabel 2.5: Kandungan Kimia pada macam-macam kayu : (Susilwati, 2016).

Jenis kayu	Holoseululosa (%)	Hemiseululosa (%)	Alphacellulosa (%)	Lignin (%)	Pentosa (%)
Salagundi	66,61	34,26	41,75	26,35	17,18
Raru	75,99	29,26	37,35	22,26	17,31
Medang	73,86	31,64	42,22	27,59	15,40
Mobe	69,90	31,91	37,99	30,28	17,41
Sengon	-	24,10	49,40	26,50	15,60

2.3.5.2 Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*)

Bahan Tambah Kimia (*chemical admixture*) untuk beton ialah bahan tambahan (bukan bahan pokok) yang dicampurkan pada adukan beton, untuk memperoleh sifat-sifat khusus dalam pengerjaan adukan, waktu pengikatan, waktu pengerasan, dan maksud-maksud lainnya (Spesifikasi Bahan Menggunakan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam, SK SNI S-04-1989-F).

2.4 Faktor Air Semen

Menurut Mulyono (2004), Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang

semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Ada batas-batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0.3 dan maksimum 0.65. Tujuan pengurangan FAS dapat dilakukan untuk mengurangi hingga seminimal mungkin porositas beton yang dibuat sehinggakan dihasilkan beton bermutu tinggi (Subagio et al., 2019).

2.5 Beton Normal

Menurut (SNI 03-2834-2000), beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah.

2.6 *Slump* Test

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambahi (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan (Nazar et al., 2020).

Dalam praktek, ada tiga macam tipe *slump* yang terjadi yaitu:

- *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.

- *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
- *Slump* runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.

2.7 Perawatan Beton

Setelah berumur 1 hari, benda uji silinder beton dikeluarkan dari cetakan. Penyimpanan dan perawatan benda uji dilakukan dengan cara perendaman di dalam air pada suhu ruangan. Setelah masa perawatan berakhir, maka dilakukan pengujian kuat tekan beton arah vertikal silinder sampai benda uji hancur. Tiap tiap varian beton diuji pada umur 28 hari (Alkhaly, 2018).

Beton harus dirawat pada suhu diatas 10°C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 7 hari setelah pengecoran kecuali jika dengan perawatan dipercepat (SNI 2847:2013), Persyaratan beton Struktural Bangunan Gedung). Perawatan beton dimaksudkan agar beton dapat mengembangkan kekuatannya secara wajar dan sempurna serta memiliki tingkat kekedapan dan keawetan yang baik, ketahanan terhadap aus serta *stabilitas* dimensi struktur (Ilham Sani et al., 2020).

Menurut A.M. Neville (2002), terdapat empat hal yang mempengaruhi proses penguapan yang dapat menyebabkan kehilangan air pada beton, yaitu:

1. Kelembaban *relative* semakin besar nilai kelembaban *relative*, maka semakin sedikit kehilangan air yang terjadi.
2. Temperatur udara dan beton temperatur udara dan beton sangat mempengaruhi proses penguapan yang terjadi pada beton. Semakin tinggi temperatur maka kehilangan air yang terjadi semakin banyak.
3. Kecepatan udara proses penguapan juga dipengaruhi oleh adanya angin. Kecepatan angin yang besar akan mempercepat proses penguapan yang terjadi.
4. Temperatur beton perbedaan diantara temperatur udara dan beton juga mempengaruhi terhadap kehilangan air.

Dalam perawatan beton cara dan bahan serta alat yang digunakan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. Didalam pengujian ini digunakan dua cara perawatan yang berbeda yaitu

direndam dan *curing compound*. Kekuatan resultan dari temperature konstan pada *setting* dan perawatan pada temperature tinggi mengakibatkan kekuatan awal lebih tinggi tetapi kekuatan jangka panjang yang lebih rendah.

2.8 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan *Compression Testing Machine* untuk mendapatkan beban maksimum yaitu beban pada saat beton hancur ketika menerima beban tersebut (P_{max}) (Putro Pratomo & Setyawan, 2016).

Pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 03-1974-1990. Prosedur pengujian melalui tahapan sebagai berikut: (Ginting & Janabadra, 2019)

- a. Benda uji ditetakkan sentris pada mesin tekan.
- b. Mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban antara 2 sampai 4 kg/cm² per detik.
- c. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur.
- d. Beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji dicatat.
- e. Kuat tekan beton dihitung dari besarnya beban persatuan luas.

Besarnya kuat tekan dari benda uji silinder diperhitungkan sebagai berikut:

SNI 03-1974-1990 memberi definisi kuat tekan beton (f_c') sebagai besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. SNI 2847:2013 mensyaratkan bahwa f_c' ditentukan melalui pengujian silinder pada umur 28 hari. Besarnya kuat tekan dari benda uji silinder (Gambar 1) diperhitungkan sebagai berikut: (Alkhaly & Syahfitri, 2017)(Alkhaly, 2018)

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

dalam hal ini:

f_c' = Kuat tekan (MPa)

P = Beban tekan (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)



Gambar 2.3: Ilustrasi gaya pada pengujian kuat tekan

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan beton yang akan di uji. Kedua beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton dan untuk mengetahui durabilitas beton, dilakukan pengujian kuat tekan beton juga dengan merendam beton di dalam air. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat mengetahui pengaruh penambahan abu ampas kopi dan serbuk kayu dengan agregat gradasi seragam terhadap kuat tekan beton dan penyerapannya.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Teknik Pengumpulan data terbagi menjadi dua yaitu:

A. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

- a. Analisa saringan agregat.
- b. Berat jenis dan penyerapan
- c. Pemeriksaan berat isi agregat.
- d. Pemeriksaan kadar air agregat.
- e. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- f. Kekentalan adukan beton segar (*Slump test*).
- g. Uji kuat tekan beton.

B. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur) dan konsultasi langsung dengan

dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia serta buku-buku atau literature sebagai penunjang guna memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.3. Bahan Baku dan Peralatan

Bahan-bahan yang akan di persiapkan dalam penelitian seperti: semen, agregat kasar, agregat halus, air, abu ampas kopi, dan serbuk kayu.

3.3.1 Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk sampel beton pada penelitian ini adalah

1. Semen

Semen berfungsi sebagai bahan pengisi dan pengikat pada campuranbeton. pada penelitian ini semen yang kan digunakan semen padang kemasan 40 kg.

2. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini yaitu batu pecah dari kota binjai.

3. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir dari kota binjaidansebelum melakukan pembuatan beton dilakukan penyaringan untuk menentukan zona pasir dan kandungan lumpurnya.

4. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Sumatera Utara. Secara visual air tampak jernih, tidak berwarna dan tidak berbau.

5. Abu ampas kopi

Abu ampas kopi yang dipakai adalah ampas kopi yang didapat dari warung-warung kopi terdekat lalu di bakar menjadi abu.

6. Serbuk kayu

Serbuk kayu yang dipakai adalah limbah serbuk kayu yang didapat dari pengrajin kayu atau panglong kayu terdekat.

3.3.2 Peralatan

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

- a. Satu set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar.
- b. Satu set alat untuk pemeriksaan berat jenis agregat halus dan kasar.
- c. Timbangan digital.
- d. Alat pengaduk beton (*mixer*).
- e. Cetakan benda uji berbentuk silinder.
- f. Mesin kompres (*compression test*).
- g. Mesin *Los Angeles*.
- h. Satu set alat *Slump test*.

3.4 Tempat dan Waktu Penelitian

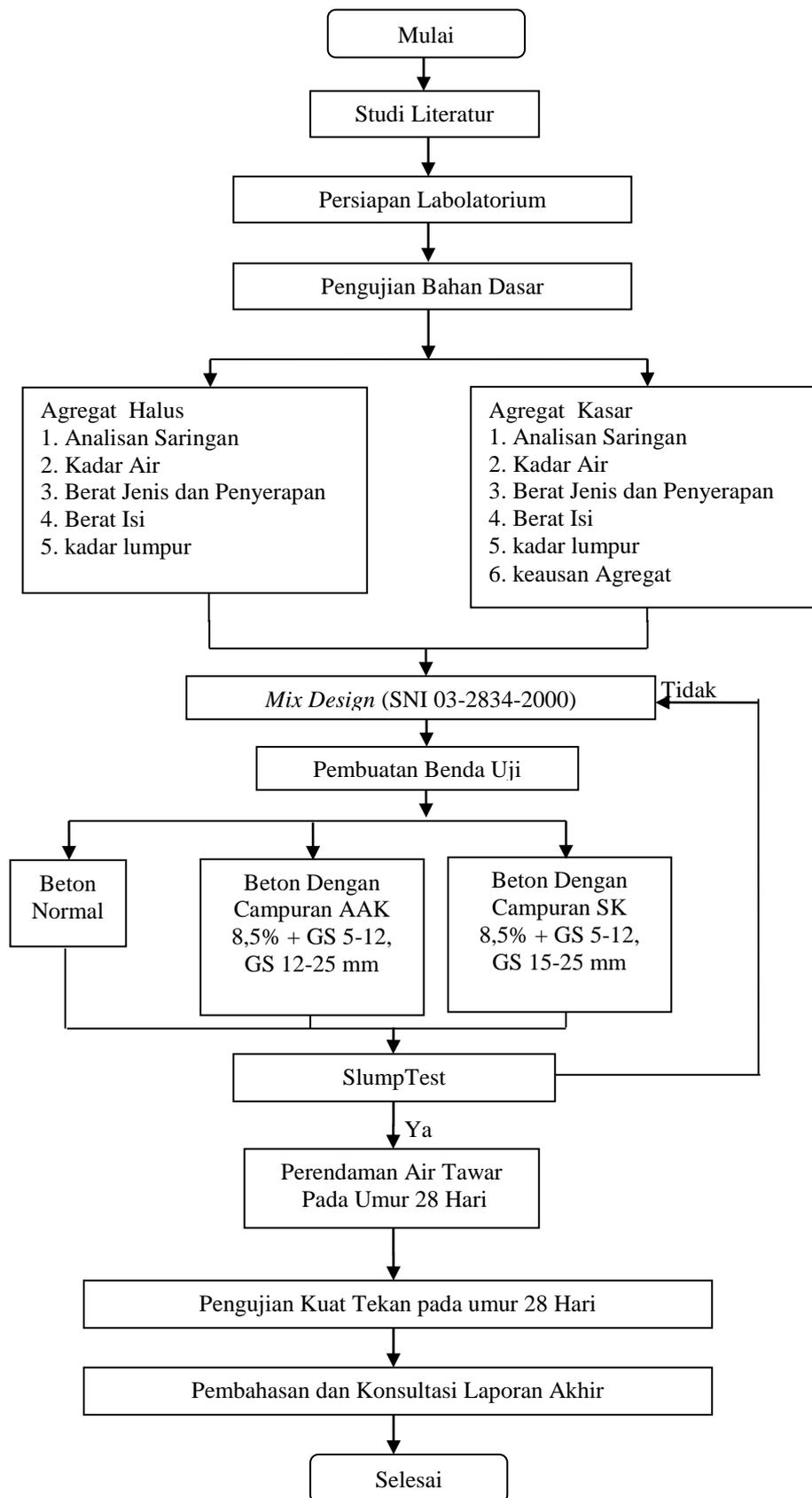
Tempat dan waktu penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan. Dengan kelengkapan peralatan laboratorium yang berstandar.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan maret 2021 hingga april 2021.



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian

3.5 Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material yang diperoleh telah sampai lokasi, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material. Material dibersihkan dari lumpur dan melakukan penjemuran pada material yang basah.

3.6 Pemeriksaan Material

1. Kadar Lumpur

Menurut SNI-03-4141-1996, metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat.

2. Analisa Saringan

Menurut SNI-03-1968-1990, metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

3. Kadar Air Agregat

Menurut SNI-1971-2011, cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan ini mencakup penentuan persentase air yang dapat menguap dari dalam contoh agregat dengan cara pengeringan.

4. Berat Jenis Agregat Kasar

Menurut SNI-1969-2008, agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Saringan No.4). Berat jenis dapat dinyatakan dengan berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan atau berat jenis semu. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dan penyerapan air berdasarkan pada kondisi setelah (24+4) jam direndam di dalam air.

5. Berat Jenis Agregat Halus

Menurut SNI-1970-2008, agregat halus adalah agregat yang ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm (No. 4). Cara uji ini digunakan untuk

menentukan setelah (24+4) jam di dalam air berat jenis curah kering dan berat jenis semu, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, serta penyerapan air.

6. Berat Isi Agregat

Menurut SNI-1973-2008, penentuan berat isi dari campuran beton segar dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen, dan kadar udara dalam beton.

3.7 Pelaksanaan Penelitian

3.7.1 Perencanaan Pembuatan Campuran (Mix Desain) SNI 03-2834-2000

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Salah satu tujuan penelitian digunakan perencanaan campuran beton dengan standar SNI-03-2834-2000 adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan dan sesuai dengan standar pengerjaan yang ada di Indonesia. Tingkat derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat saat pengujian slump. Perencanaan campuran adukan beton menurut SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut.

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan f_c' pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar.

$$s = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n-1} \quad (3.1)$$

Dengan:

s adalah deviasi standar

x_i adalah kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

\bar{x} adalah kuat tekan beton rata-rata menurut rumus:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.2)$$

Dengan:

n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji) dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut:

- 1) Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- 2) Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai f_{cr} yang ditentukan.
- 3) Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.
- 4) Bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi deviasi standar, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f'_c + 12 \text{ MPa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Menghitung nilai tambah.

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

Dengan

M adalah nilai tambah

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

Sr adalah deviasi standar rencana

4. Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}).

$$f_{cr} = f^c + M$$

$$f_{cr} = f^c + 1,64 Sr \quad (3.4)$$

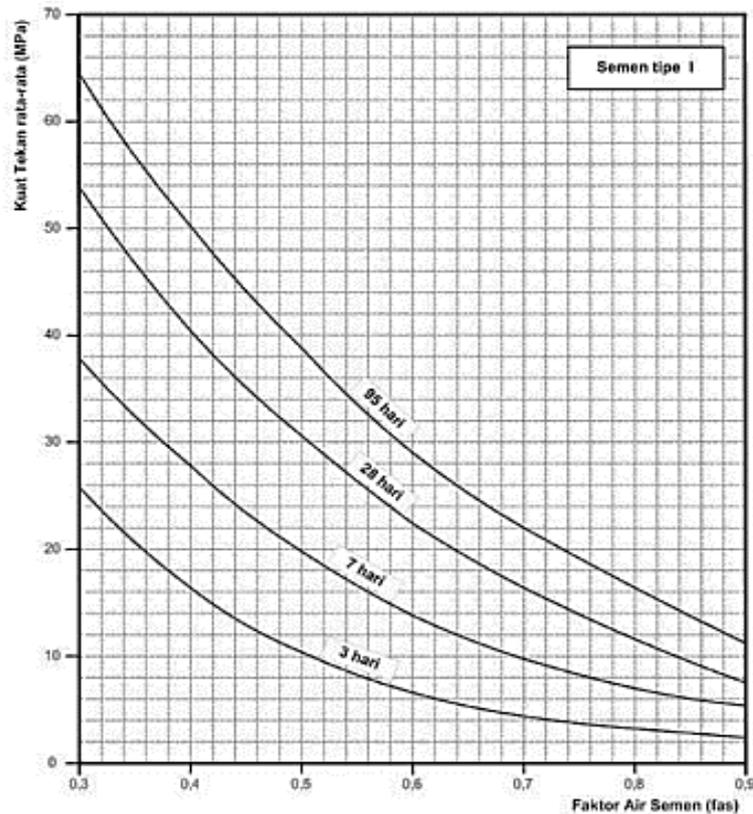
5. Menetapkan jenis semen.
6. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat ini dapat dalam bentuk tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan.
7. Menentukan faktor air semen

Menghubungkan kuat tekan dan factor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 3.3. Bila dipergunakan gambar 3.1 ikuti langkah-langkah berikut:

- 1) Tentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 3.2, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;
- 2) Lihat gambar 3.2 untuk benda uji berbentuk silinder;
- 3) Menarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas;
- 4) Menarik garis lengkung melalui titik pada sub butir 3 secara proporsional;
- 5) Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 4 di atas;
- 6) Menarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan factor air semen yang diperlukan;

Tabel 3.2: 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)				Bentuk uji	
		3	7	28	29		
Semen <i>portland</i> Tipe 1	Batu tak dipecah	17	23	33	40	Silinder	
	Batu pecah	19	27	37	45		
Semen tahan sulfat Tipe I,II,V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	Kubus	
	Batu pecah	25	32	45	54		
Semen <i>Portland</i> 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		



Gambar 3.1: Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

8. Menentukan faktor air semen maksimum atau dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak.

Jika nilai faktor air semen yang diperoleh dari butir 7 di atas lebih kecil dari yang dikehendaki, maka yang dipakai yang terendah.

9. Menentukan slump.

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, didapatkan dan diratakan.

10. Menentukan ukuran agregat maksimum jika tidak ditetapkan.

Besar butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:

- 1) Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
- 2) Sepertiga dari tebal pelat.
- 3) Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

11. Menentukan nilai kadar air bebas.

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

- 1) Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada tabel 3.3.
- 2) Agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (3.5)$$

Dengan:

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Tabel 3.3: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak di pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	173	160	180	195

Tabel 3.3: Lanjutan

	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

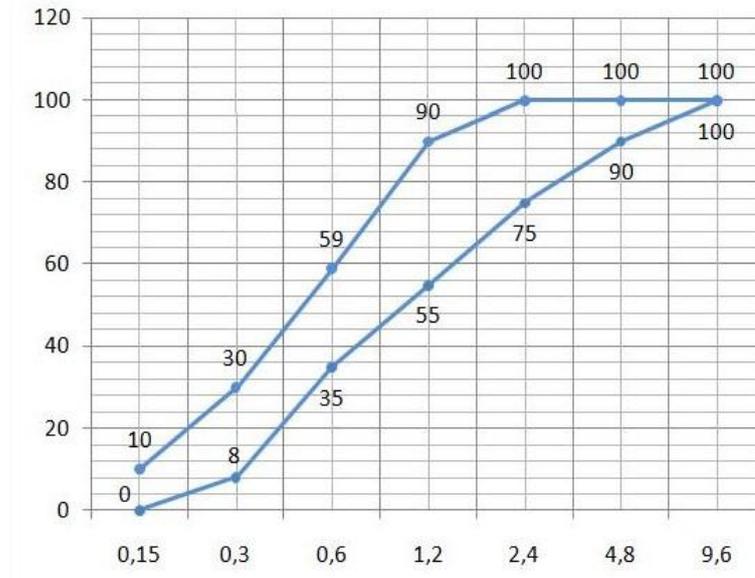
Catatan: Koreksi suhu udara untuk suhu di atas 25°C , setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 liter per m^2 adukan beton.

12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen.
13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Menentukan jumlah semen semimumimum mungkin, Jika tidak lihat Tabel 3.4, jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

Tabel 3.4: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.

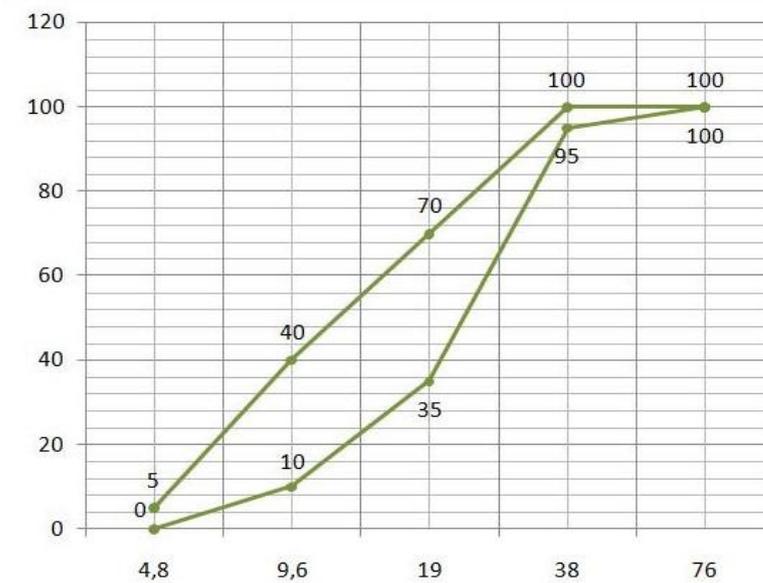
Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan;		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 2.10
Beton yang kontinyu berhubungan:		
a. Air tawar		Lihat Tabel 2.11
b. Air laut		

15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka factor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Menentukan susunan butir agregat halus (pasir kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayak menurut standar yang berlaku, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva-kurva yang tertera dalam gambar 3.3. (ukuran mata ayakan (mm))



Gambar 3.2: Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2.

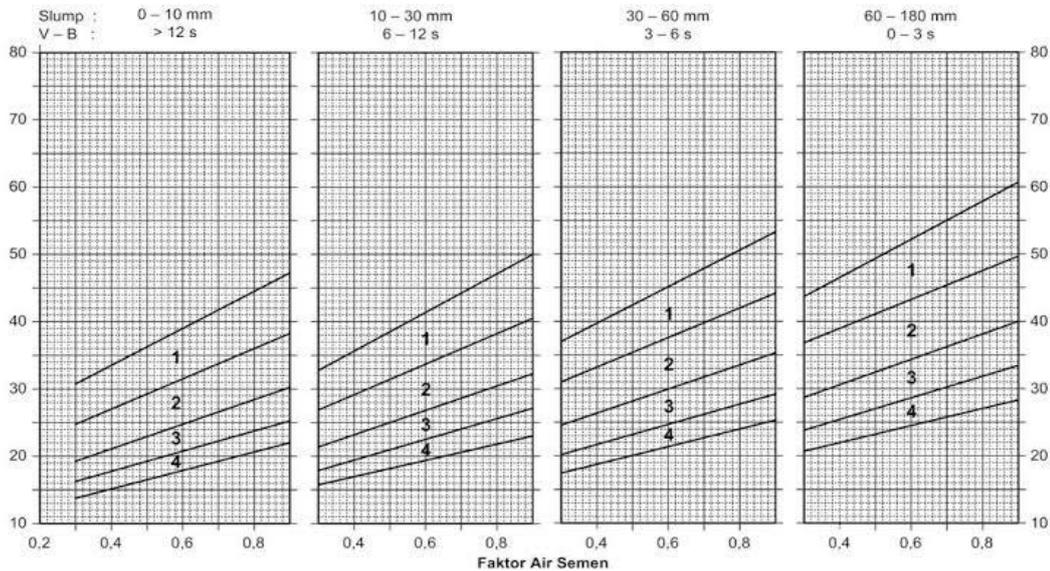
17. Menentukan susunan agregat kasar menurut gambar 3.4.



Gambar 3.3: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm

18. Menentukan persentase pasir dengan perhitungan ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, faktor air semen menurut

butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik.



Gambar 3.4: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.

19. Menghitung berat jenis relative agregat.

Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

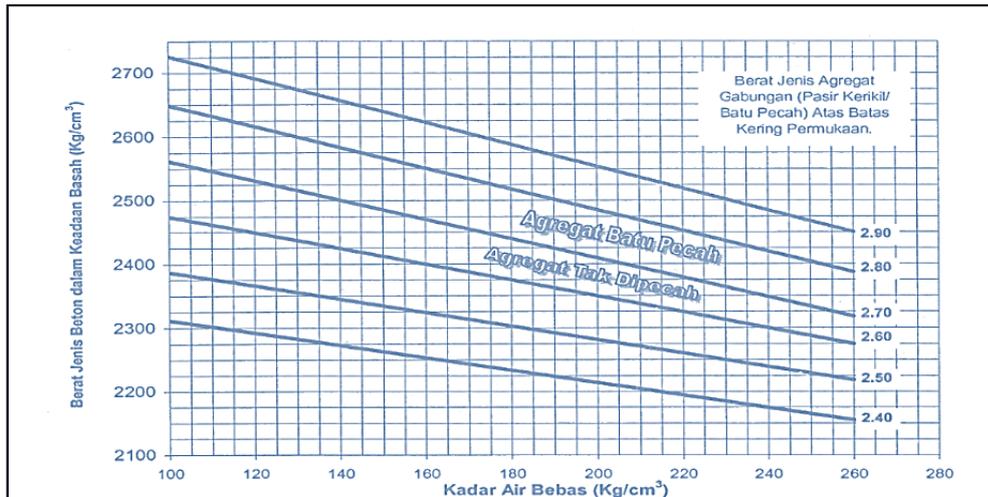
1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:

- agregat tak dipecah: 2,5
- agregat dipecah: 2,6 atau 2,7

2) Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:

$$\text{berat jenis agregat gabungan} = \text{persentase agregat halus} \times \text{berat jenis agregat halus} + \text{persentase agregat kasar} \times \text{berat jenis agregat kasar}$$

20. Menentukan berat isi beton menurut Gambar 3.6 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3.4 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 3.5: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.

21. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas;
22. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21;
23. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22; dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1 m³ beton;
24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
25. Mengkoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran halus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$\text{a. Air} = B - (C_k - C_a)x \frac{C}{100} - (D_k - D_a)x \frac{D}{100} \quad (3.6)$$

$$\text{b. Agregat halus} = C - (C_k - C_a)x \frac{C}{100} \quad (3.7)$$

$$\text{c. Agregat kasar} = D + (D_k - D_a)x \frac{D}{100} \quad (3.8)$$

Dengan:

$$B = \text{jumlah air (kg/m}^3\text{)}.$$

- C = agregat halus (kg/m³).
- D = agregat kasar (kg/m³).
- Ca = absorpsi air pada agregat halus (%).
- Da = absorpsi agregat kasar (%).
- Ck = kandungan air dalam agregat halus (%).
- Dk = kandungan air dalam agregat kasar (%).

3.7.2 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan sisi berukuran 15 cm x 30 cm yang berjumlah 15 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran.

3.7.3 Pengujian *Slump*

Pengukuran tinggi slump dilakukan untuk menentukan kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability*-nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Target *slump* rencana sesuai mix design adalah 60-180 mm. Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2834-2000.

3.7.4 Perawatan Beton

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air tawar sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 28 hari. Jumlah sampel perendaman direncanakan sebanyak 15 buah.

3.7.5 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian Kuat Tekan dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2491-2002. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji diletakkan tegak berdiri di atas alat pengujian kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang

silinder. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian direncanakan sebanyak 15 buah dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut:

Tabel. 3.5: Jumlah variasi sampel pengujian beton.

No	Variasi Campuran Beton	Air Tawar
		28 hari
1.	Beton normal	3 buah
2.	Beton dengan campuran AAK 8,5% + Gradasi Seragam 12-5 mm	3 buah
3.	Beton dengan campuran AAK 8,5% + Gradasi Seragam 25-12 mm	3 buah
4.	Beton dengan campuran SK 8,5% + Gradasi Seragam 12-5 mm	3 buah
5	Beton dengan campuran SK 8,5% + Gradasi Seragam 25-12 mm	3 buah
Total		15 buah

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.1.1 Analisa Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Binjai, secara umum mutu pasir Binjai telah memenuhi syarat untuk dapat digunakan sebagai bahan bangunan.

4.1.1.1 Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.1 sehingga diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa. Dari 2 (dua) sampel data yang dilakukan pengujian dengan berat masing-masing 1000 gr.

Tabel 4.1: Data-data hasil penelitian kadar air halus.

Pengujian	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD dan wadah	1595	1504	1549,5
Berat contoh SSD	1000	1000	1000
Berat contoh kering oven & wadah	1583	1493	1538
Berat wadah	595	504	549,5
Berat air	12	11	11,5

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

Berat contoh kering	988	989	988,5
Kadar air	1,2%	1,1%	1,15%

4.1.1.2 Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.2 sehingga diketahui berat isi agregat halus yang diperiksa.

Tabel 4.2: Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus.

No	Pengujian	Contoh I	Contoh II	Contoh III	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	20766	21024	20961	20917
2	Berat wadah (gr)	5336	5336	5336	5336
3	Berat contoh (gr)	15430	15688	15625	15581
4	Volume wadah (cm ³)	11125,4	11125,4	11125,4	11125,4
5	Berat Isi (gr/cm ³)	1,39	1,41	1,40	1,40

Berdasarkan Tabel 4.2 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan didapat hasil berat isi agregat halus dengan rata-rata sebesar 1,40 gr/cm³. Hasil ini didapat dari rata-rata ketiga contoh, yang berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam percobaan. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu >1,125 gr/cm³.

4.1.1.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja. Hasil dari kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.

Pengujian	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering : A (gr)	1000	1000	1000
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	968	970	979
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci C (gr)	32	30	31
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	3,2	3	3,1

Berdasarkan Tabel 4.3 pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal contoh, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 3,2%, dan sampel kedua sebesar 3%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 3,1%.

4.1.1.4 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.4. Pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu dengan

nilai rata-rata $2,471 \text{ gr/cm}^3 < 2,506 \text{ gr/cm}^3 < 2,57 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 1,42%.

Tabel 4.4: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh	500	500	500
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan	495	491	493
Berat piknometer penuh air	674	674	674
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air	974	975	974,5
Berat jenis contoh kering ($E/(B+D-C)$)	2,475	2,467	2,471
Berat jenis contoh SSD ($B/(B+D-C)$)	2,5	2,512	2,506
Berat jenis contoh semu ($E/(E+D-C)$)	2,54	2,58	2,57
Penyerapan ($((B-E)/E) \times 100\%$)	1,01	1,83	1,42

4.1.1.5 Analisa Saringan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.5 dan batas gradasi agregat halus pada Gambar 4.1, sehingga diketahui modulus kehalusan agregat halus yang diperiksa.

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan pemeriksaan analisa saringan agregat halus ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-2000, yang nantinya akan dibuat grafik zona gradasi agregat yang didapat dari nilai kumulatif agregat.

Tabel 4.5: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus.

Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sample 1	Sample 2	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing
4.75 (No. 4)	9	13	22	2	1,95	98,05
2.36 (No. 8)	33	52	85	7,73	9,72	90,28
1.18 (No.16)	90	109	199	18,1	27,9	72,1
0.60 (No. 30)	144	161	305	27,72	55,58	44,42
0.30 (No. 50)	145	166	311	28,27	83,81	16,19
0.15 (No. 100)	67	82	149	13,54	97,35	2,65
Pan	12	17	29	2,64	100	0
<i>Total</i>	500	600	1100	100		

Apakah agregat yang dipakai termasuk zona pasir kasar, sedang, agak halus, atau pasir halus. Penjelasan nilai kumulatif agregat didapat dari penjelasan berikut ini:

Total berat pasir = 1000 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{22}{1100} \times 100\% = 2 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{85}{1100} \times 100\% = 7,73 \%$$

$$\text{No.16} = \frac{199}{1100} \times 100\% = 18,1 \%$$

$$\text{No.30} = \frac{305}{1100} \times 100\% = 27,72 \%$$

$$\text{No.50} = \frac{311}{1100} \times 100\% = 28,27 \%$$

$$\text{No.100} = \frac{149}{1100} \times 100\% = 13,54 \%$$

$$\text{Pan} = \frac{29}{1100} \times 100\% = 2,64 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\text{No.4} = 0 + 2 = 2 \%$$

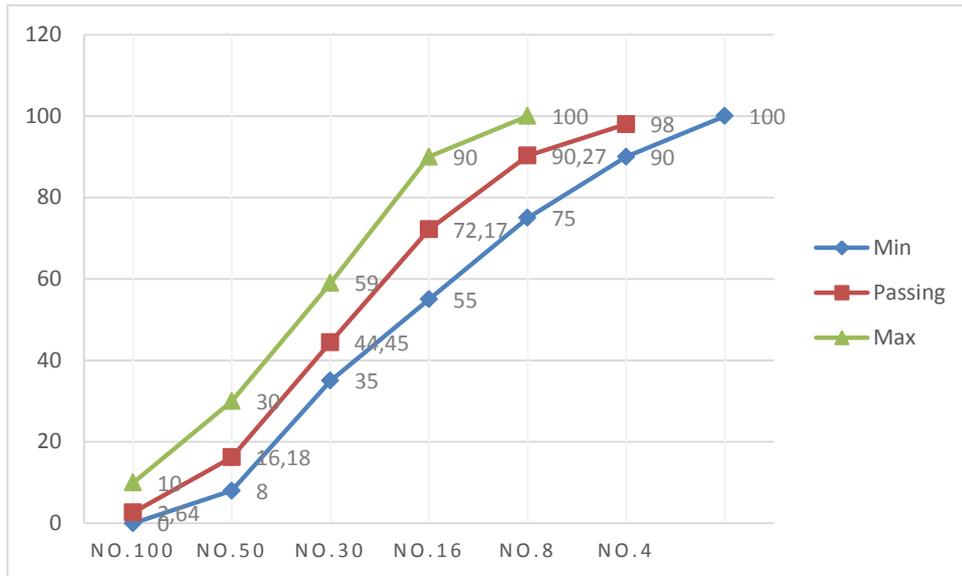
No.8	=	2	+	7,73	=	9,73	%
No.16	=	9,73	+	18,1	=	27,83	%
No.30	=	27,83	+	27,72	=	55,55	%
No.50	=	55,55	+	28,27	=	83,82	%
No.100	=	83,82	+	13,54	=	97,36	%
Pan	=	97,36	+	2,64	=	100	%

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 276,29 %

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{jumlah \% kumulatif berat tertahan}}{100} \\
 &= \frac{276,29}{100} \\
 &= 2,76
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

No.4	=	100	-	2	=	98	%
No.8	=	100	-	9,73	=	90,27	%
No.16	=	100	-	27,83	=	72,17	%
No.30	=	100	-	55,55	=	44,45	%
No.50	=	100	-	83,82	=	16,18	%
No.100	=	100	-	97,36	=	2,64	%
Pan	=	100	-	100	=	0,00	%



Gambar 4.1: Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang).

4.1.2 Analisa Pemeriksaan Agregat Kasar

Berdasarkan hasil dari pengujian analisis gradasi agregat kasar (batu pecah) dari Binjai ini menunjukkan bahwa mempunyai bentuk ukuran yang bervariasi dengan ukuran maksimal 40 mm.

4.1.2.1 Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.6 sehingga diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa. Dari 2 (dua) sampel data yang dilakukan pengujian dengan berat masing-masing 1500 gr.

Tabel 4.6: Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar.

Pengujian	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD & berat wadah	2001	1997	1999
Berat contoh SSD	1500	1500	1500
Contoh kering oven & wadah	1996	1993	1994,5

Tabel 4.6: *Lanjutan.*

Berat wadah	501	497	499
Berat air	5	4	4,5
Berat contoh kering	1495	1496	1495,5
Kadar air	0,5%	0,4%	0,45%

4.1.2.2 Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja.

Tabel 4.7: Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar.

No	Pengujian	Contoh I	Contoh II	Contoh III	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	21539	21707	21630	21625,3
2	Berat wadah (gr)	5336	5336	5336	5336
3	Berat contoh (gr)	16203	16371	16294	16289,3
4	Volume wadah (cm ³)	11125,4	11125,4	11125,4	11125,4
5	Berat Isi (gr/cm ³)	1,46	1,47	1,46	1,463

Berdasarkan Tabel 4.7 menjelaskan tentang nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar 1,463 gr/cm³. Nilai berat isi agregat didapatkan dari perbandingan nilai antara berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam penelitian ini. Pada sampel pertama didapat nilai berat isi agregat

sebesar 1,46 gr/cm³. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,47 gr/cm³. Sedangkan percobaan ke tiga menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,46 gr/cm³ dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yang yaitu > 1,125 gr/cm³.

4.1.2.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja.

Tabel 4.8: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar.

Pengujian	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering : A (gr)	1500	1500	1500
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	1497	1494	993
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci C (gr)	3	6	4
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	0,3	0,6	0,4

Berdasarkan Tabel 4.8 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dilakukan dengan mencuci sampel yang menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 0,3%, dan sampel kedua sebesar 0,6%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,4%.

4.1.2.4 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja.

Tabel 4.9: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (A)	2492	2465	2478,5
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (C)	2476	2450	2463
Berat contoh jenuh (B)	1571	1527	1549
Berat jenis contoh kering $C/(A-B)$	2,688	2,612	2,650
Berat jenis contoh SSD $A/(A-B)$	2,706	2,628	2,667
Berat jenis contoh semu $C/(C-B)$	2,736	2,654	2,695
Penyerapan $((A-C)/C) \times 100\%$	0,646	0,612	0,629

Berdasarkan hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorbtion*) pada agregat halus yang diteliti. Pada Tabel 4.9 terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu. Dari percobaan didapat rata-rata nilai berat jenis contoh kering

sebesar 2,650 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,667 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,695 gr/cm³. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat kasar yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 0,629% .

4.1.2.5 Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.10 sehingga diketahui modulus kehalusan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 4.10: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar.

Ukuran ayakan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Total berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
38,1 (1.5 in)	126	119	245	4,71	4,77	95,23
19.0 (3/4 in)	965	860	1825	35,10	39,15	60,85
9.52 (3/8 in)	1030	1351	2381	45,79	85,25	14,75
4.75 (No. 4)	479	270	749	14,40	100,00	0,00
2.36 (No. 8)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
1.18 (No.16)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.60 (No. 30)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.30 (No. 50)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.15 (No. 100)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Pan	0	0	0	0,00	0	100
<i>Total</i>	2600	2600	5200	100		

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= \frac{245}{5600} \times 100\% = 4,71 \% \\
 \frac{3}{4} &= \frac{1825}{5600} \times 100\% = 35,10 \% \\
 \frac{3}{8} &= \frac{2381}{5600} \times 100\% = 45,79 \% \\
 \text{No. 4} &= \frac{749}{5600} \times 100\% = 14,40 \%
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 0 + 4,71 = 4,71 \% \\
 \frac{3}{4} &= 4,71 + 35,10 = 39,81 \% \\
 \frac{3}{8} &= 39,81 + 45,79 = 85,60 \% \\
 \text{No.4} &= 85,60 + 14,40 = 100,00 \%
 \end{aligned}$$

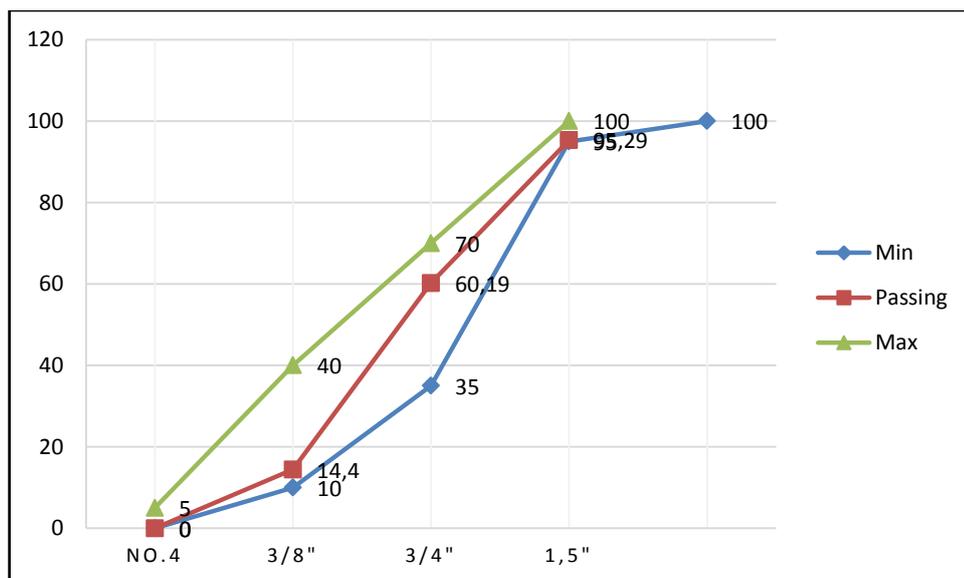
Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 730,12

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus Kehausan)} &= \frac{730,12}{100} \\
 &= 7,30
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 100 - 4,71 = 95,29 \% \\
 \frac{3}{4} &= 100 - 39,81 = 60,19 \% \\
 \frac{3}{8} &= 100 - 85,60 = 14,4 \% \\
 \text{No. 4} &= 100 - 100 = 0 \%
 \end{aligned}$$

Batas gradasi maksimum 40 mm dapat dilihat pada Gambar 4.2 batu pecah sebagai agregat kasar dengan kriteria berdiameter maksimum 40 mm.



Gambar 4.2: Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm.

Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-2000, dari hasil persentase berat kumulatif yang lolos saringan maka pasir tersebut masih dalam *range* kerikil maksimum 40 mm.

4.2 Perencanaan Campuran Beton

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Data tersebut dapat dilihat dari tabel berikut ini:

Tabel 4.11 : Data-data analisis yang diperoleh saat penelitian.

Nama percobaan	Satuan	Hasil percobaan
Berat jenis agregat kasar	Gr/cm ³	2,677
Berat jenis agregat halus	Gr/cm ³	2,506
Kadar lumpur agregat kasar	%	0,4
Kadar lumpur agregat halus	%	3,7
Berat isi agregat kasar	Gr/cm ³	1,463
Berat isi agregat halus	Gr/cm ³	1,40
Kadar air agregat kasar	%	0,45
Kadar air agregat halus	%	1,15
FM agregat kasar		7,3
FM agregat halus		2,76
Penyerapan agregat halus	%	1,42
Penyerapan agregat kasar	%	0,629
Nilai slump rencana	Mm	60-180
Ukuran agregat maksimum	Mm	40

Sumber : *Hasil penelitian*

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai diatas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 24 MPa yang terlampir pada tabel 4.11 berdasarkan SNI 03-2834-2000.

Tabel 4.12: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON			
SNI 03-2834-2000			
No.	Uraian	Tabel/Gambar	Nilai
		Perhitungan	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	24 MPa
2	Deviasi Standar	-	12 MPa
3	Nilai tambah (margin)	-	5,7 MPa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3	41,7 MPa
5	Jenis semen		Tipe I
6	Jenis agregat: - kasar	Ditetapkan	Batu pecah Binjai
	- halus	Ditetapkan	Pasir alami Binjai
7	Faktor air-semen bebas	-	0,455
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9	Slump	Ditetapkan	60-180 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 4.7	185 kg/m ³
12	Jumlah semen	11:7	406,59 kg/m ³
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	406,59 kg/m ³
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m ³
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-	0,455
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2	Daerah gradasi zona 2
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3	Gradasi maksimum 40 mm
18	Persen agregat halus	Gambar 4.2	35,5%
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	-	2,617
20	Berat isi beton	Gambar 4.3	2377 kg/m ³
21	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)	1785,41 kg/m ³

Tabel 4.12: Lanjutan

22	Kadar agregat halus	18 x 21		633,82 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1151,59 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	406,59	185	633,82	1151,59
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,45	1,56	2,83
	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,15	0,98	3,36	6,1
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	406,59	188,77	632,11	1149,53
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,46	1,55	2,82
	Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,155	1	3,350	6,092
	Tiap campuran dengan angka penyusutan 20 %	2,586	1,2	4,02	7,310

Maka, dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran akhir untuk setiap m³ adalah:

Tabel 4.13: Hasil perbandingan campuran bahan beton tiap 1 benda uji dalam 1 m³.

Material	Semen	Pasir	Batu pecah	Air
Berat (kg)	406,59	632,11	1149,53	188,77
Perbandingan	1	1,55	2,82	0,46

A. Untuk benda uji

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume silinder} &= \pi r^2 t \\
 &= (22/7) \times 7,5^2 \times 30 \\
 &= 5303,57 \text{ cm}^3 \\
 &= 0,005304 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Maka:

1) Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak semen} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 406,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\
 &= 2,155 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2) Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak pasir} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 632,11 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\
 &= 3,550 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3) Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak kerikil} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 1149,53 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\
 &= 6,092 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4) Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak air} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 188,77 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\
 &= 1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg adalah:

Tabel 4.14: perbandingan bahan beton untuk 1 benda uji (kg).

Material	Semen	Pasir	Batu pecah	Air
Berat (kg)	2,155	3,550	6,092	1

Tabel 4.15: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat kerikil	
1,5	4,71	$\frac{4,71}{100} \times$	6,092	0,28
$\frac{3}{4}$	35,10	$\frac{35,10}{100} \times$	6,092	2,14
$\frac{3}{8}$	45,79	$\frac{45,79}{100} \times$	6,092	2,79
No. 4	14,40	$\frac{14,40}{100} \times$	6,092	0,87
Total				6,092

Berdasarkan Tabel 4.15 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,28 kg, saringan 3/4 sebesar 2,14 kg, saringan 3/8 sebesar 2,79 kg dan saringan no 4 sebesar 0,87 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 6,092 kg.

Tabel 4.16: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.4	2	$\frac{2}{100}$	x 3,55	0,07
No.8	7,73	$\frac{7,73}{100}$	x 3,55	0,27
No.16	18,1	$\frac{18,1}{100}$	x 3,55	0,64
No.30	27,72	$\frac{27,72}{100}$	x 3,55	0,98
No.50	28,27	$\frac{28,27}{100}$	x 3,55	1,00
No.100	13,54	$\frac{13,54}{100}$	x 3,55	0,48
Pan	2,64	$\frac{2,64}{100}$	x 3,55	0,09
Total				3,55

Berdasarkan Tabel 4.16 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,07 kg, saringan no 8 sebesar 0,27 kg, saringan no 16 sebesar 0,64 kg, saringan no 30 sebesar 0,98 kg, saringan no 50 sebesar 1,00 kg, saringan no 100 sebesar 0,48 kg, dan pan sebesar 0,09 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 3,55 kg.

B. Bahan tambah Serbuk Kayu

Untuk penggunaan bahan tambah serbuk kayu 8,5% akan didapatkan dari jumlah semen yang akan digunakan.

Serbuk Kayu yang dibutuhkan sebanyak 8,5% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned} &= \frac{8,5}{100} \times \text{berat semen} \\ &= \frac{8,5}{100} \times 2,155 \text{ kg} \\ &= 0,183 \text{ kg} \end{aligned}$$

C. Bahan tambah Abu Ampas Kopi

Untuk penggunaan bahan tambah abu ampas kopi sebanyak 8,5 % akan didapatkan dari jumlah semen yang akan digunakan.

Abu Ampas Kopi yang dibutuhkan sebanyak 8,5 % untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned} &= \frac{8,5}{100} \times \text{Berat semen} \\ &= \frac{8,5}{100} \times 2,155 \text{ kg} \\ &= 0,183 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 15 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 15 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 15 benda uji
= Banyak semen 1 benda uji x 15 benda uji
= 2,155 x 15
= 32,33 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 15 benda uji
= Banyak pasir untuk 1 benda uji x 15
= 3,550 x 15
= 53,25 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 15 benda uji
= Banyak batu pecah untuk 1 benda uji x 15
= 6,092 x 15
= 91,38 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 15 benda uji
= Banyak air untuk 1 benda uji x 15
= 1 x 15
= 15 kg

Perbandingan untuk 16 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 32,33 : 53,25 : 91,38 : 15

Berdasarkan analisa saringan untuk 15 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.8 ,Tabel 4.9, Tabel 4.10 dan Tabel 4.11

Tabel 4.17: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk beton normal tiap saringan dalam 3 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat kasar}$
1,5''	4,71	0,86
3/4''	35,10	6,42
3/8''	45,79	8,37
No. 4	14,40	2,63
Total		18,28

Berdasarkan Tabel 4.17 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 3 benda uji ialah saringan 1,5'' sebesar 0,86 kg, saringan 3/4'' sebesar 6,42kg, saringan 3/8'' sebesar 8,37kg dan saringan No.4 sebesar 2,63kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 12 benda uji sebesar 18,28kg.

Tabel 4.18: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk beton variasi tiap saringan dalam 6 benda uji

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat kasar}$
1"	-	-
3/4"	70,97	25,94
1/2"	29,03	10,61
3/8"	-	-
No. 4	-	-
Total		36,55

Berdasarkan Tabel 4.18 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan dalam 6 benda uji ialah lolos saringan 1" dan tertahan di saringan 3/4" sebesar 25,94 dan tertahan di saringan 1/2" sebesar 10.61.

Tabel 4.19: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk beton variasi tiap saringan dalam 6 benda uji

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat kasar}$
1/5	-	-
1"	-	-
3/4"	-	-
1/2"	-	-
3/8"	85,73	31,33
No. 4	14,27	5,22
Total		36,55

Berdasarkan Tabel 4.19 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan dalam 6 benda uji ialah hanya lolos saringan 1/2" dan

tertahan di saringan 3/8” 31,33 kg, tertahan di saringan no.4 sebesar 5,22 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 6 benda uji sebesar 36,55 kg.

Tabel 4.20: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 15 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat halus}$
No.4	2	1,07
No. 8	7,73	4,12
No.16	18,1	9,64
No.30	27,72	14,76
No.50	28,27	15,05
No.100	13,54	7,21
Pan	2,64	1,41
Total		53,25

Sedangkan untuk berat tertahan setiap saringan untuk agregat halus dilihat berdasarkan Tabel 4.20 dalam 15 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 1,07 kg, saringan No.8 sebesar 4,12 kg, saringan No.16 sebesar 9,64 kg, saringan No.30 sebesar 14,76 kg, saringan No.50 sebesar 15,05 kg, saringan No.100 sebesar 7,21 kg, dan Pan sebesar 1,41 kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 16 benda uji sebesar 53,25 kg.

4.3 Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan silinder sebagai benda uji dengan ukuran 15 x 30 cm, jumlah benda uji yang dibuat adalah sebanyak 15 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

a. Pengadukan beton.

Beton diaduk menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Untuk penggunaan air, air dibagi menjadi 3 bagian. Pertama tuang air ke dalam mixer 1/3 bagian, kemudian agregat kasar, lalu agregat halus, masukkan 1/3 air lagi, setelah itu masukkan semen, terakhir masukkan 1/3 air terakhir ke dalamnya. Mixer dikondisikan agar campuran teraduk dengan tampak rata dan homogen. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

b. Pencetakan.

Sebelum beton dimasukkan kedalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan (*slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan yang telah disediakan, masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan sekop. Setiap pengambilan dari pan harus dapat mewakili dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu dilakukan pemadatan dengan cara dirojok/tusuk menggunakan batang besi yang berdiameter 16 mm, dengan jumlah tusukan 25 kali, hal ini terus dilakukan untuk 2/3 dan 3/3 atau sampai cetakan penuh kemudian pukul-pukul bagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet agar udara yang terperangkap didalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan di tutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

c. Pemeliharaan beton.

Setelah cetakan dibuka kemudian beton tersebut ditimbang lalu direndam di dalam air (terendam keseluruhan) hingga umur yang telah ditentukan. Ruang penyimpanan harus bebas getaran selama 48 jam pertama setelah perendaman.

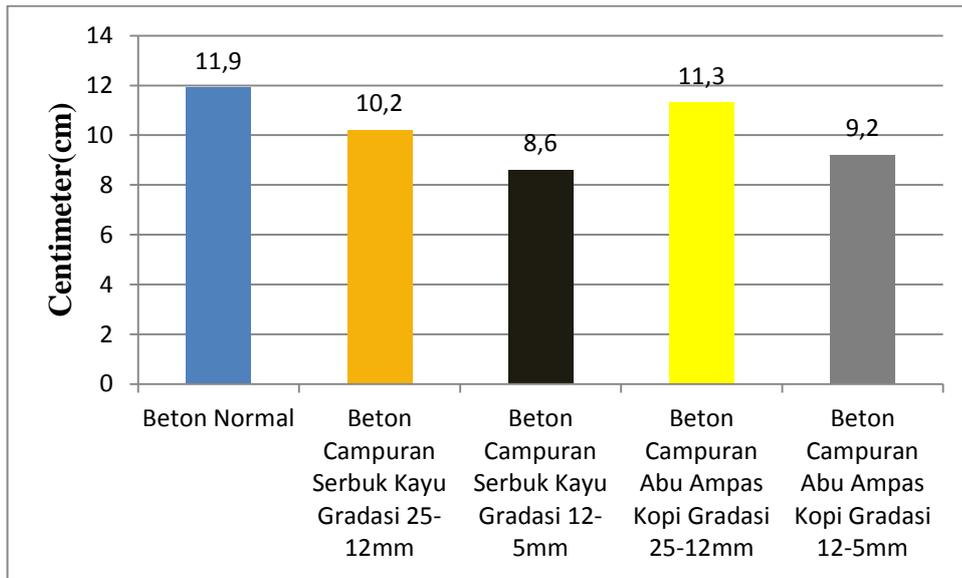
4.4 Slump Test

Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut *abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih 2,5 menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

Tabel 4.21: Hasil pengujian nilai *slump*.

No	Variasi	Tinggi Slump
1	Beton Normal	11,9 cm
2	Beton Gradasi Seragam 25-12mm Campuran serbuk kayu	10,2 cm
3	Beton Gradasi Seragam 12-5mm Campuran serbuk kayu	8,6 cm
4	Beton Gradasi Seragam 25-12mm Campuran abu ampas kopi	11,3 cm
5	Beton Gradasi Seragam 12-5mm Campuran abu ampas kopi	9.2 cm

Berdasarkan Tabel 4.21 menjelaskan perbandingan nilai slump antara beton normal, beton dengan gradasi seragam 25-12mm Campuran serbuk kayu, beton dengan campuran serbuk kayu gradasi Seragam 12-5mm, beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi seragam 25-12mm, beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi seragam 12-5mm. Dimana pada beton normal didapatkan nilai *slump* tertinggi yaitu 11,9 cm, sedangkan beton dengan campuran mengalami penurunan pada nilai *slump*. Berikut pada Gambar 4.3 dapat dilihat grafik naik dan turunnya nilai *slump*.



Gambar 4.3: Grafik perbandingan nilai *slump*.

4.5 Kuat Tekan Beton

Pengujian tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji yang akan dites adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan panjang 30 cm sebanyak 15 buah, seperti pada Gambar 4.4, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar 4.4: Kuat tekan pada benda uji.

Kuat tekan beton dihitung berdasarkan besarnya beban persatuan luas, menurut persamaan berikut:

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Dimana: f_c = kuat tekan beton (Mpa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

4.5.1. Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton normal rendaman air tawar 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Berdasarkan Tabel 4.22 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal 28 hari. Dari 3 masing-masing benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 30,11 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.22: Hasil pengujian tekan beton normal.

Benda Uji	Berat Awal Benda Uji (kg)	Berat Akhir Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari						
1	12394	12551	43500	24.16	29.11	30.11
2	12506	12677	45000	24.99	30.11	
3	12479	12630	46500	25.83	31.12	

4.5.2. Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kayu Gradasi 25-12mm

Pengujian beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 25-12mm dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Berdasarkan Tabel 4.23 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 25-12mm. Dari 3 masing-masing benda uji beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 25-12mm yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 29,10 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.23: Hasil pengujian tekan beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 25-12mm.

Benda Uji	Berat Awal Benda Uji (kg)	Berat Akhir Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari						
1	12426	12632	43500	24.16	29.10	29,10
2	12323	12469	45000	24.99	30.11	
3	12166	12316	42000	23.32	28.10	

4.5.3. Kuat Tekan Beton Campuran Abu Ampas Kopi Gradasi 25-12mm

Pengujian beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 25-12mm dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Berdasarkan Tabel 4.24 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 25-12mm. Dari 3 masing-masing benda uji beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 25-12mm yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 27.10 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.24: Hasil pengujian tekan beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 25-12mm.

Benda Uji	Berat Awal Benda Uji (kg)	Berat Akhir Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari						
1	12310	12521	39000	21.66	26.09	27.10
2	11528	11677	42000	23.32	28.10	
3	12680	12809	40500	22.49	27.10	

4.5.4. Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kayu Gradasi 12-5mm

Pengujian beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 12-5mm dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Berdasarkan Tabel 4.25 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 12-5mm. Dari 3 masing-masing benda uji beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 12-5mm yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 26,10 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.25: Hasil pengujian tekan beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 12-5mm.

Benda Uji	Berat Awal Benda Uji (kg)	Berat Akhir Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari						
1	12214	12505	39000	21.66	26.09	

Tabel 4.25 : Lanjutan.

2	12139	12285	40500	22.49	27.10	26.10
3	12365	12609	37500	20.82	25.09	

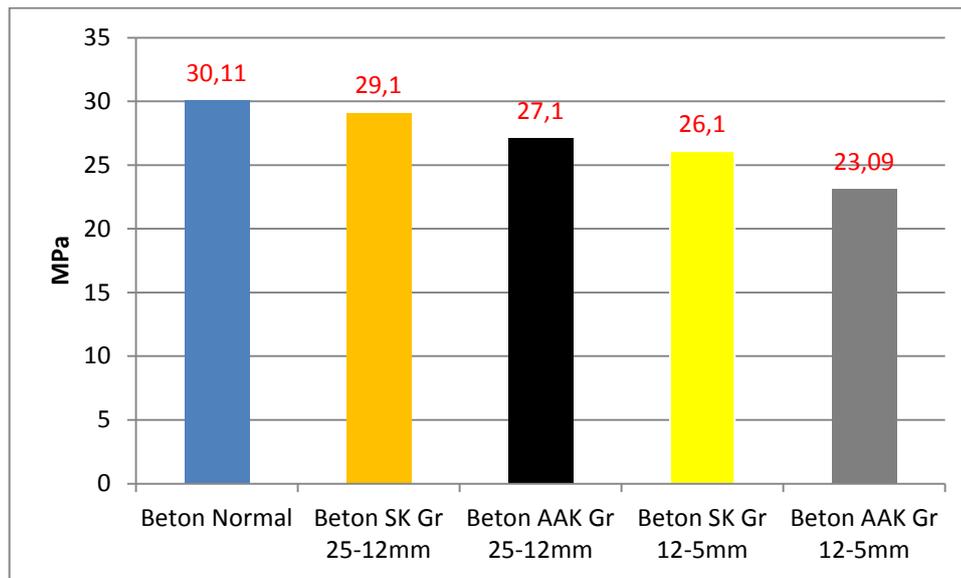
4.5.5. Kuat Tekan Beton Campuran Abu Ampas Kopi Gradasi 12-5mm

Pengujian beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 12-5mm dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Berdasarkan Tabel 4.26 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 12-5mm. Dari 3 masing-masing benda uji beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 12-5mm yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 23,09 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.26: Hasil pengujian tekan beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 12-5mm.

Benda Uji	Berat Awal Benda Uji (kg)	Berat Akhir Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari						
1	12250	12410	36000	19.99	24.09	23.09
2	12552	12739	34500	19.16	23.08	
3	12416	12590	33000	18.32	22.08	



Gambar 4.5: Grafik persentase kuat tekan beton umur 28 hari

Dari hasil Gambar 4.5, menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu atau abu ampas kopi beton 28 hari belum mampu melebihi kuat tekan beton normal. Beton yang mendekati kuat tekan beton normal terjadi pada beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 25-12mm dengan nilai 29,1 MPa. Hasil kuat tekan rata-rata paling rendah diperoleh pada beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 12-5mm pada umur 28 hari dengan kuat tekan sebesar 23,09 MPa, belum memenuhi kuat tekan rencana. Pada campuran serbuk kayu gradasi 12-5mm pada umur 28 hari dengan kuat tekan sebesar 26,1 MPa. Pada campuran abu ampas kopi gradasi 25-12mm pada umur 28 hari dengan kuat tekan sebesar 27,1 MPa. Pada campuran serbuk kayu gradasi 25-12mm pada umur 28 hari dengan kuat tekan sebesar 29,1 MPa. Nilai kuat tekan tersebut masih dibawah dari nilai kuat tekan beton normal pada umur 28 hari sebesar 30,11 MPa. Namun nilai tersebut dapat dikatakan melampaui dari nilai kuat tekan rencana 24 MPa.

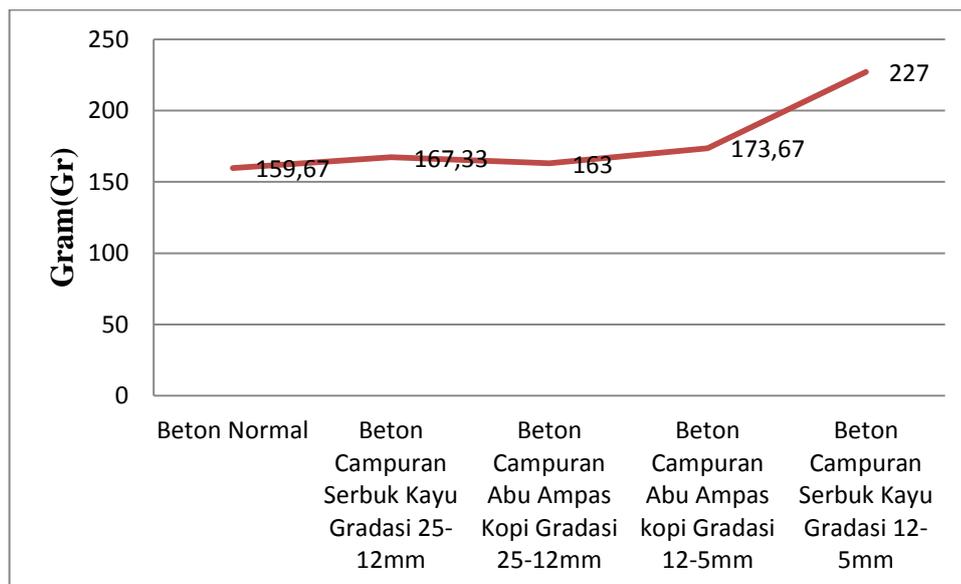
4.6 Penyerapan Beton

Pada penelitian ini penyerapan beton normal, beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 25-12mm, beton dengan campuran abu ampas kopi 25-12mm, beton

dengan campuran serbuk kayu gradasi 12-5mm dan beton dengan campuran abu ampas kopi 12-5mm dapat di lihat dari tabel 4.27.

Tabel 4.27: Hasil pengujian penyerapan

Beton Normal	12394	12551	157	159,67
	12506	12677	171	
	12479	12630	151	
Beton Campuran Serbuk Kayu gradasi 25-12mm	12426	12632	206	167,33
	12323	12469	146	
	12166	12316	150	
Beton Campuran Abu Ampas Kopi Gradasi 25-12mm	12310	12521	211	163
	11528	11677	149	
	12680	12809	129	
Beton Campuran Abu Ampas kopi gradasi 12-5mm	12250	12410	160	173,67
	12552	12739	187	
	12416	12590	174	
Beton Campuran Serbuk Kayu Gradasi 12-5mm	12214	12505	291	227
	12139	12285	146	
	12365	12609	244	



Gambar 4.6: Grafik rata-rata penyerapan beton umur 28 hari

Dari hasil Gambar 4.6, menunjukkan bahwa penggunaan gradasi 12-5 memiliki nilai penyerapan paling tinggi dibandingkan dengan penggunaan gradasi 25-12. Hasil penyerapan rata-rata paling tinggi diperoleh pada beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 12-5 pada umur 28 hari dengan rata-rata penyerapan sebesar 227.

4.7 Pembahasan

Pada beton normal memiliki kuat tekan yang paling tinggi dibandingkan dengan beton yang menggunakan campuran serbuk kayu gradasi 25-12, beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 25-12, beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 12-5 dan beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 12-5. Mengalami penurunan kuat tekan beton dengan persentase sebagai berikut:

- ✓ Penggunaan Serbuk Kayu Gradasi 25-12mm

$$\text{Besar nilai penurunan (28 hari)} = \frac{30,11-29,1}{29,1} \times 100\%$$

$$= 3,47 \%$$

- ✓ Penggunaan Abu Ampas Kopi 25-12mm

$$\text{Besar nilai penurunan (28 hari)} = \frac{29,1-27,1}{27,1} \times 100\%$$

$$= 7,38 \%$$

- ✓ Penggunaan Serbuk Kayu Gradasi 12-5mm

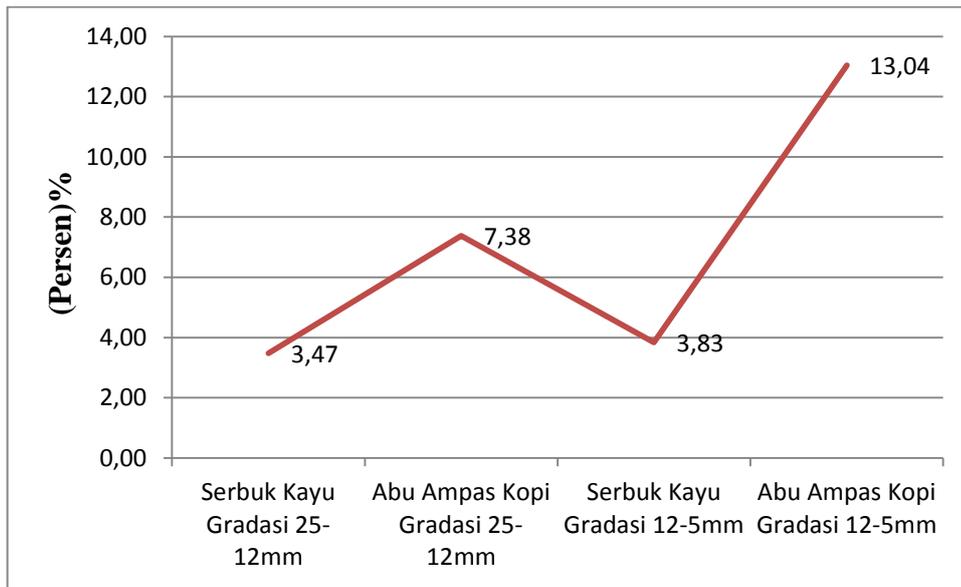
$$\text{Besar nilai penurunan (28 hari)} = \frac{27,1-26,1}{26,1} \times 100\%$$

$$= 3,83 \%$$

- ✓ penggunaan Abu Ampas Kopi Gradasi 12-5mm

$$\text{Besar nilai penurunan (28 hari)} = \frac{26,1-23,09}{23,09} \times 100\%$$

$$= 13,03 \%$$



Gambar 4.7: Grafik penurunan kuat tekan beton umur 28 hari

Perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton yang campuran serbuk kayu gradasi 25-12mm, abu ampas kopi 25-15mm, serbuk kayu 12-5mm, abu ampas kopi 12-5mm, persentasenya mengalami penurunan tetapi masih diatas dari kuat tekan rencana 24 MPa, hanya beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 12-5mm yang tidak melewati kuat tekan rencana. Sedangkan pada penyerapan beton yang memiliki nilai paling tinggi terdapat pada beton campuran serbuk kayu gradasi 12-5mm sebesar 227.

Maka berdasarkan data yang telah di dapatkan penggunaan serbuk kayu atau abu ampas kopi belum mampu menaikkan kuat tekan beton melebihi beton normal. Tetapi penggunaan serbuk kayu lebih unggul di bandingkan penggunaan abu ampas kopi. Persentase paling tinggi pada beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 25-12mm sebesar 29,1 MPa dengan penyerapan sebesar 167,33 sedangkan persentase beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 25-12mm sebesar 27.1 MPa dengan penyerapan sebesar 163 dan persentase beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 12-5mm sebesar 26.1 MPa dengan penyerapan sebesar 227 dan juga persentase paling rendah pada beton dengan campuran abu ampas kopi gradasi 12-5mm sebesar 23,09 MPa dengan penyerapan 173,67 pada umur 28 hari.

Berdasarkan data yang telah didapatkan nilai slump mempengaruhi nilai kuat tekan tersebut. Persentase paling tinggi pada beton campuran abu ampas kopi gradasi 25-12mm sebesar 11.3 cm dengan kuat tekan sebesar 27.1 MPa, persentase pada beton campuran serbuk kayu gradasi 25-12mm sebesar 10,2 cm dengan kuat tekan sebesar 29.1 MPa, persentase beton campuran abu ampas kopi gradasi 12-5mm sebesar 9.2 cm dengan kuat tekan sebesar 23.09 MPa dan persentase beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 12-5mm sebesar 8,6 cm dengan kuat tekan sebesar 26.1 MPa.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menunjukkan penambahan serbuk kayu 8,5% dan abu ampas kopi 8,5% pada gradasi seragam 25-12mm dan 12-5mm sebagai bahan tambah campuran beton belum memberikan nilai kuat tekan melewati pada beton normal rendaman air tawar 28 hari. Penambahan serbuk kayu 8,5% dengan gradasi 25-12mm sebagai campuran beton memberikan nilai kuat tekan yang paling mendekati pada beton normal rendaman air tawar 28 hari sebesar 29,1 MPa. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan gradasi seragam dapat mengurangi kuat tekan dan pada bahan tambah yang dicampurkan belum bisa menaikkan kuat tekan melebihi beton normal tetapi campuran serbuk kayu gradasi 25-12mm, dan abu ampas kopi gradasi 25-12mm dan serbuk kayu gradasi 12-5mm telah melebihi kuat tekan rencana, hanya pada campuran abu ampas kopi gradasi 12-5mm belum mencukupi dari kuat tekan rencana.
2. Perbandingan kuat tekan beton normal, kuat tekan beton dengan campuran serbuk kayu gradasi 25-12mm, beton campuran abu ampas kopi gradasi 25-12mm, beton, beton campuran serbuk kayu gradasi 12-5mm, beton campuran abu ampas kopi 12-5mm. Memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 30,11 MPa, 29,1 MPa, 27,1 MPa, 26,1 MPa dan 23,09 MPa. Pada penyerapan rata-rata sebesar 159,67. 167,33 . 163 . 227 . dan 173,67. Sehingga kuat tekan beton tertinggi pada beton normal sebesar 30,11 MPa. Dan kuat tekan terendah pada beton campuran abu ampas kopi 12-5mm sebesar 23,09 MPa. Pada penyerapan tertinggi pada beton campuran serbuk kayu gradasi 12-5mm sebesar 227. Dan penyerapan terendah pada beton normal sebesar 159,67.

3. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan beton yang menggunakan campuran gradasi seragam dan bahan tambah berpengaruh terhadap slump tersebut, dan nilai slump tertinggi pada beton normal sebesar 11,9mm dengan kuat tekan 30,11 MPa dan nilai slump terendah pada beton campuran serbuk kayu gradasi seragam 12-5 sebesar 8,6mm dengan kuat tekan 27,1 MPa.

5.2. Saran

1. Pada saat pembuatan campuran beton perlu diperhatikan semua aspek yang dapat mempengaruhi beton.
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pemakaian bahan tambah serbuk kayu dan ampas kopi
3. Perlu adanya variasi perbedaan dan peningkatan umur rendaman pada air tawar beton dalam jangka waktu yang berbeda.
4. Perlu diadakan penelitian untuk melihat sisi dari kuat tariknya.
5. Perlu dicoba dengan bahan kimia lain.
6. Perlu masukkan yang membangun terhadap penulis.

Daftar Pustaka

- Arami, Rizki. *Title. Pengaruh Penambahan Serbuk Styrofoam Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tarik Beton*. Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020). 2507(February), 1–9.
- Adila Lubis, D. E., & Zulkarnain, F. (2020). Pemanfaatan Serat Ijuk dan Sikacim Concrete Additive sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Beton Ditinjau dari Kuat Tarik Belah. *Jspui*, 1(1), 16–49. <http://repositori.umsu.ac.id/xmlui/handle/123456789/14290>
- Alkhaly, Y. R. (2018). Kuat Tekan Beton Yang Mengandung Abu Ampas Kopi Dengan Bahan Tambah Superplasticizer. *Teras Jurnal*, 8(1), 360. <https://doi.org/10.29103/tj.v8i1.146>
- Alkhaly, Y. R., & Syahfitri, M. (2017). Studi Eksperimen Penggunaan Abu Ampas Kopi Sebagai Material Pengganti Parsial Semen Pada Pembuatan Beton. *Teras Jurnal*, 6(2), 101. <https://doi.org/10.29103/tj.v6i2.100>
- Alluhri, S. B. (2016). *Pengaruh Agregat Kasar Batu Pecah Bergradasi Seragam*. 3(1), 32–39.
- Boni, L. O. M. I., Nasrul, & Talanipa, R. (2019). Pemanfaatan limbah gergaji sebagai bahan substitusi pasir sabulakoa terhadap campuran mortar. *Stabilita*, 7(1), 31–38.
- Arifin, H., Dengan, B., Marmer, L., Pengisi, S., Dan, P., Tebu, A., Pengisi, S., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2019). *Studi Penelitian*).
- Dan, P., & Kampas, P. (n.d.). *Perancangan dan pembuatan kampas rem dari bahan serbuk kayu limbah pengolahan kayu*. Xxx, 1–5.
- Dari, D., Tarik, K., & Beton, B. (2020). *Disusun Oleh: HANDRIAN WIJAYA 1607210230*.
- Ginting, A. (2019). Comparison of compressive strength and porosity of porous concrete using the coarse aggregates graded uniform with continuous gradient. *Journal of Physics: Conference Series*, 1175(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1175/1/012020>
- Ginting, A., & Janabadra, U. (2019). *PENGARUH UKURAN AGREGAT KASAR BERGRADASI SERAGAM PADA BETON POROUS (The Size Effect Of Uniformly Graded Aggregate On Porous Concrete) (The Size Effect Of Uniformly Graded Aggregate On Porous Concrete)*. December 2018.
- Han, E. S., & goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee, A. (2019). 濟無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Khonado, M. F., Manalip, H., & Wallah, S. E. (2019). Kuat Tekan Dan Permeabilitas Beton Porous Dengan Variasi Ukuran Agregat. *Sipil Statik*, 7(3), 351–358.
- Kuat, P., Beton, T., Menggunakan, D., Kelapa, C., Dengan, S., Tambah, B., & Indra, M. (2020). *Disusun Oleh: MUHAMMAD INDRA 1607210210*.
- Fakhir. M. N., Pengantar, K., Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Prasetio, A. B., & Andespa, R. (2010). Tugas Akhir Tugas Akhir. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret201*, 2(1), 41–49.
- Purba, R. E. S. (2017). *Soft Mixed Brick*. 1(September), 87–95.

- Putro Pratomo, E., & Setyawan, A. (2016). *PENGARUH GRADASI TERHADAP POROSITAS DAN KUAT TEKAN BETON BERPORI* (Issue 723).
- Yusril.M., W. D., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020). *PENAMBAHAN ABU CANGKANG KELAPA SAWIT DENGAN BAHAN TAMBAH SILICA GEL DITINJAU DARI KEKUATAN TARIK BELAH BETON SILINDER*, 1–9.
- Hidayat, R., Pada, K., Tekan, K., Subtitusi, S., Semen, P., Tambah, B., Concrate, S., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020). (*Studi Penelitian*).
- Sinambela, W. D., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020). *TAMBAH ABU SEKAM PADI PADA LINGKUNGAN SULFAT*.
- SNI 03-2834-2000. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Sni 03-2834-2000*, 1–34.
- SNI 15-2049-2004. (2004). SNI 15-2049-2004 Semen Portland. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 1–128.
- Sukuri. I., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2018). (*Studi Penelitian*).
- Subagio. D., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2019). *ABU KULIT KOPI* (*Studi Penelitian*).
- Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020a). *Disusun Oleh: MUHAMMAD REJA PALEPY 1607210223*.
- Rahman.T. Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020b). *PEMANFAATAN SERAT IJUK PADA CAMPURAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH VISCOCRETE 3115N DITINJAU DARI KEKUATAN TARIK BELAH* (*Studi Penelitian*).
- Ilham. S. I., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020c). *PERBANDINGAN PEMAKAIAN AIR KAPUR SERTA PENGARUH PENAMBAHAN SIKA FUME TERHADAP KETAHANAN BETON MUTU TINGGI* (*Studi Penelitian*).
- Nazar.B., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020d). *SIKACIM CONCRETE ADDITIVE TERHADAP KUAT TEKAN BETON* (*Studi Penelitian*).
- Surbakti, M. U. A. (2020). *PENGARUH PENAMBAHAN ABU BONGGOL JAGUNG DAN SILICA FUME TERHADAP KUAT LENTUR BETON* (*Studi Penelitian*).
- Susilwati, D. (2016). *Kandungan lignselulsa hasil fermentasi limbah serbuk gergaji kayu dan jerami padi menggunakan inkulum kotoran kambing dengan variasi lama inkubasi publikasi ilmiah*.
- Teh, P. A., Kopi, A., Penambah, S., & Adikasari, R. (2012). *Pemanfaatan Ampas Teh dan Ampas Kopi Sebagai Penambah...* (*Ria Adikasari*) 0. 0–11.
- Tomayahu, Y. (2016). Analisa Agregat terhadap Kuat Tekan Beton pada Pembangunan Jalan Isimu-paguyaman (Pavement Rigid). *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains ...*, 4(2), 139–146. <https://stitek-binataruna.e-journal.id/radial/article/view/132>
- Fani, S.R., D. U. M., Untuk, D. S., Gelar, M., Fakultas, P., Program, T., Sipil, S., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020). *Tugas akhir pengaruh penambahan limbah serbuk kayu sebagai subsitusi parsial agregat halus dengan bahan tambah am 78 concrete additive terhadap kuat tekan beton*.

- Umar, U. H. (2019). *Analisis Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Kayu Jati*. 1(1).
- Untuk, D., & Dan, M. T. (2020). *BETON YANG MENGGUNAKAN BAHAN KIMIA (Studi Penelitian)*.
- Wibowo, I. N., & Sarwidi. (2018). *Pengaruh Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Substitusi Sebagian Semen Dan Bahan Tambah 0,6% Bestmittel Terhadap Karakteristik Beton*. 1–9. <https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/11975>
- Wicaksono, A. S., Atika, D., & Jamal, U. (n.d.). *PENGARUH GRADASI SERAGAM POLIETILEN TEREFTALATE SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK BETON NORMAL*.
- Wimaya, S., Ridwan, A., & Winarto, S. (2020). *Modifikasi Beton Fc 9,8 Mpa Menggunakan Abu Ampas Kopi*. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 3(2), 234. <https://doi.org/10.30737/jurmateks.v3i2.1096>

LAMPIRAN



Gambar L1: Dokumentasi Pencucian agregat kasar



Gambar L2: Dokumentasi Pencucian agregat halus



Gambar L3: Dokumentasi penjemuran agregat



Gambar L4: Dokumentasi Analisa saringan halus



Gambar L5: Dokumentasi Analisa saringan kasar



Gambar L6: Dokumentasi berat isi halus



Gambar L7: Dokumentasi berat isi kasar



Gambar L8: Dokumentasi Persiapan bahan kadar air



Gambar L9: Dokumentasi berat jenis halus



Gambar L10: Dokumentasi berat jenis kasar



Gambar L11: Dokumentasi kehausan agregat



Gambar L12: Dokumentasi penjemuran bahan tambah



Gambar L13: Dokumentasi pembakaran bahan tambah



Gambar L14: Dokumentasi bahan tambah lolos saringan 200



Gambar L15: Dokumentasi Mix design



Gambar L16: Dokumentasi pemberian pelicin pada cetakan



Gambar L17: Dokumentasi Slump test



Gambar L18: Dokumentasi Slump test



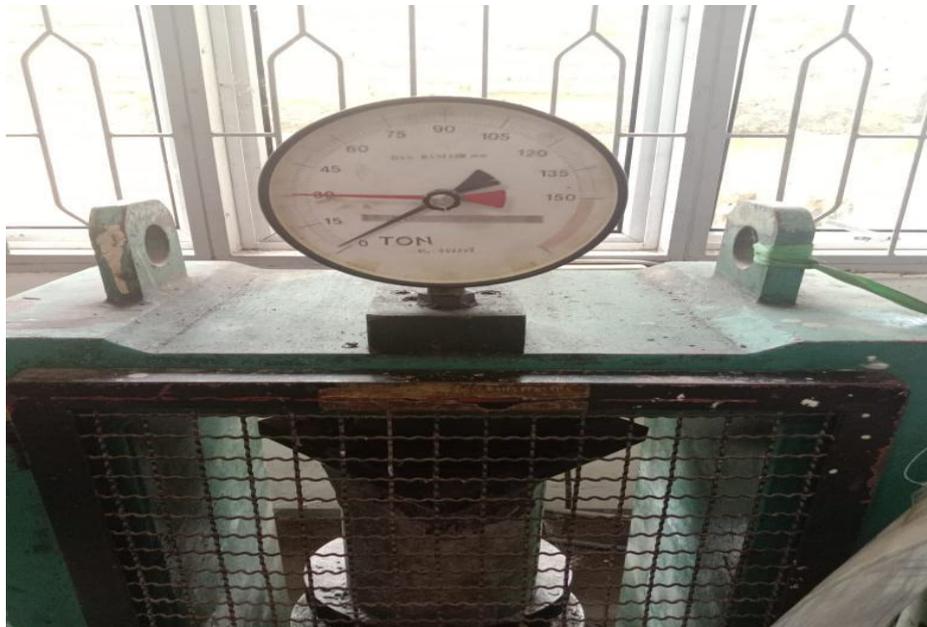
Gambar L19: Dokumentasi pengisian cetakan



Gambar L20: Dokumentasi pengetukan benda uji



Gambar L21: Dokumentasi perendaman benda uji



Gambar L22: Dokumentasi Pengujian Kuat Tekan Beton

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR DIRI PESERTA

Nana Lengkap : FERI IMAN HASIBUAN
Panggilan : FERI
Tempat/Tanggal Lahir : GUNTING SAGA, 29 OKTOBER 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jln. Dangol Lumbantobing
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : PARDAMEAN HASIBUAN
Ibu : RATNA MARPAUNG
No. HP : 081365457536
E-mail : feriimanhsb@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1607210033
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jln.Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat
1.	Sekolah Dasar	SD NEGERI 085120 Aek Tolang
2.	SMP	SMP N 1 PANDAN
3.	SMK	SMKN 1 SIBOLGA
4.	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016	