

TUGAS AKHIR

**EVALUASI STUDI KEKUATAN TEKAN BETON YANG MENGANDUNG
CAMPURAN ABU AMPAS KOPI DAN KAPUR (LIME)
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD HAFIZ
2007210114



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Ini Diajukan Oleh:

Nama : Muhammad Hafiz

NPM : 2007210114

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Studi Kekuatan Tekan Beton Yang Mengandung
Campuran Abu Ampas Kopi Dan Kapur (*Lime*)

Bidang : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN
KEPADA PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, Agustus 2024

Dosen pembimbing



Dr. Josef Hadipramana, ST, M.Sc

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Ini Di Ajukan Oleh:

Nama : Muhammad Hafiz

Npm : 2007210114

Program Studi : Teknik sipil

Judul Skripsi : Evaluasi Studi Kekuatan Tekan Beton Yang Mengandung Campuran Abu Ampas Kopi Dan Kapur (*Lime*)

Bidang ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim pengujian 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 Agustus 2024

Mengetahui dan menyetujui

Dosen Pembimbing


Dr. Josef Hadipramana, ST, M.Sc

Dosen Penguji II


Ir. Ade Faisal, ST, M.Sc, PhD.

Ketua Program Studi / Penguji I



Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, ST, MS.c, Ph.D.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Hafiz
Tempat/ Tanggal Lahir : Medan, 25 Februari 2001
NPM : 20007210114
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

“Evaluasi Studi Kekuatan Tekan Beton Yang Mengandung Campuran Abu Ampas Kopi Dan Kapur (*Lime*) (Study Penelitian)”

Bukan merupakan plagiatisr memencuri hasil karya ilik orang lain ,hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir sayasecara orisinail dan otentik.

Bila kemungkinan hari diduga kuat ada tidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini,saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiridan tidak ada atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di program studi teknik sipil, Fakultas teknik, universitas muhammadiyah sumatera utara.

Medan, 23 Agustus 2024

Saya yang menyatakan,


Muhammad Hafiz

ABSTRAK

EVALUASI STUDI KEKUATAN TEKAN BETON YANG MENGANDUNG CAMPURAN ABU AMPAS KOPI DAN KAPUR (*LIME*)

Muhammad Hafiz

2007210114

Dr. Josef Hadipramana, ST, M.Sc

Ampas kopi mengandung silika dan partikel halus yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti semen dan agregat halus. Karena sifat mekaniknya, silika mengisi rongga antar material dalam beton. Kapur (CaCO_3) merupakan kapur alami yang terbuat dari fosil tanah. Kapur digunakan terlebih dahulu agar partikel kapur dapat bereaksi sebagai proses reaksi hidrolis sebelum digunakan sebagai bahan pengganti semen. Pada penelitian ini dilakukan penambahan bahan tambah pengganti sebagian semen dengan menggunakan Abu ampas kopi dan kapur untuk mengetahui nilai kuat tekan beton. Penggunaan bahan tambah Abu ampas kopi 3% 5% 7% dan kapur 5% di 7,14, dan 28 hari. Untuk beton normal nilai kuat tekan sebesar 5,6 MPa, 9,5 dan 12 MPa. Untuk nilai kuat tekan beton dengan variasi AAK+K 3% adalah 11,5 MPa untuk 7 hari, 13,1 MPa untuk 14 hari dan 13,1 MPa untuk 28 hari. Untuk nilai kuat tekan beton dengan variasi AAK+K 5% adalah 5,6 MPa untuk 7 hari, 8,9 MPa untuk 14 hari, dan 9,9 MPa untuk 28 hari. Dan untuk nilai kuat tekan beton dengan variasi AAK 7% adalah 6,1 MPa untuk 7 hari, 9,2 MPa untuk 14 hari dan 13,7 MPa untuk 28 hari. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan paling tinggi terdapat pada penambahan abu ampas kopi 7% dan kapur 5% dengan nilai kuat tekan paling tinggi sebesar 13,7 MPa.

Kata kunci: Abu ampas kopi, Kapur, Kuat Tekan Beton.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE STUDY OF THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE CONTAINING A MIXTURE OF COFFEE GROUND ASH AND LIME

Muhammad Hafiz

2007210114

Dr. Josef Hadipramana, ST, M.Sc

Coffee grounds contain silica and fine particles that can be used as an alternative substitute for cement and fine aggregate. Due to its mechanical properties, silica fills the voids between materials in concrete. Lime (CaCO_3) is a natural lime made from fossil soil. Lime is used first so that lime particles can react as a hydraulic reaction process before being used as a substitute for cement. In this study, the addition of additional materials to replace part of the cement was carried out using coffee grounds ash and lime to determine the compressive strength value of concrete. The use of additional materials of coffee grounds ash 3% 5% 7% and lime 5% at 7, 14, and 28 days. For normal concrete, the compressive strength values are 5.6 MPa, 9.5 and 12 MPa. For the compressive strength value of concrete with a variation of AAK + K 3% is 11.5 MPa for 7 days, 13.1 MPa for 14 days and 13.1 MPa for 28 days. For the compressive strength value of concrete with AAK+K variation of 5% is 5.6 MPa for 7 days, 8.9 MPa for 14 days, and 9.9 MPa for 28 days. And for the compressive strength value of concrete with AAK variation of 7% is 6.1 MPa for 7 days, 9.2 MPa for 14 days and 13.7 MPa for 28 days. From the results of this study it can be concluded that the highest compressive strength value is found in the addition of 7% coffee grounds ash and 5% lime with the highest compressive strength value of 13.7 MPa.

Keywords: Coffee grounds ash, Lime, Concrete compressive strength.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahrabbi'l'alamin, segala puji atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan ahmat, taufik serta hidayah-Nya kepada saya, sehingga atas berkah dan ridho-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagaimana yang diharapkan.

Adapun judul dari Tugas Akhir ini adalah “Evaluasi Studi Kekuatan Tekan Beton Yang Mengandung Campuran Abu Ampas Kopi dan Kapur (*Lime*)”. Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi syarat menyelesaikan jenjang kesarjanaan Strata S1 pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Selama menyelesaikan Tugas Akhir ini, saya telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini saya menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Josef Hardipramana selaku Dosen Pembimbing I dan penguji dalam penulisan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing I dalam penulisan Tugas Akhir ini dan Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapa Dr. Ade Faisal selaku Dosen Pembimbing II dalam penulisan Tugas Akhir ini dan Wakil Dekan-I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak dan Ibu staf pengajar dan Biro Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Terimakasih yang teristimewa sekali kepada Ayahanda yercinta Iswin dan Ibunda tercinta Yusrina yang telah berusaha payah mendidik dan membiayai saya serta menjadi penyemangat saya serta senantiasa mendoakan saya sehingga dapat menyelesaikan studinya.

7. Terimakasih buat abang saya Muhammad Reza Fauzi dan adik saya Ade Nabila yang telah menjadi motivasi dan penyemangat saya hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan.

Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil.

Medan, 23 Agustus 2024

Penulis



Muhammad Hafiz

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACK</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Beton	4
2.2 Semen	5
2.3 Hidrasi semen	6
2.4 Air	6
2.5 Faktor Air Semen	7
2.6 Agregat	8
2.6.1 Agregat Halus	8
2.6.2 Agregat Kasar	9
2.7 Pengujian Slump	10
2.8 Kapur	10
2.9 Abu Ampas Kopi	10
2.10 Kuat Tekan Beton	11

2.11 Penelitian Terdahulu	11
BAB 3 METODE PENELITIAN	14
3.1 Metode Penelitian	14
3.2 Tahap penelitian	15
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	18
3.4 Peralatan dan Bahan	18
3.4.1 Bahan	18
3.4.2 Peralatan	18
3.5 Persiapan Penelitian	19
3.6 Pemeriksaan Agregat	19
3.6.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	19
3.6.2 Analisa Gradasi Agregat	20
3.6.3 Kadar Lumpur Agregat	21
3.6.4 Berat Isi Agregat	21
3.6.5 Kadar Air Agregat	22
3.7 Calsium	22
3.8 Pelaksanaan Penelitian	23
3.8.1 Mix Design	23
3.8.2 Pembuatan Benda Uji	23
3.8.3 Pencetakan Benda Uji	25
3.8.4 Perawatan Benda Uji (Curing)	25
3.8.5 Pengujian Kuat Tekan	25
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Perencanaan Campuran Beton	27
4.1.1 Pemeriksaan Agregat Kasar	28
4.1.2 Pemeriksaan agregat halus	32
4.2 Persentase atau Komposisi Komponen Material Pembentuk Beton	37
4.3 Perhitungan Mix Design	48
4.3.1 Perhitungan Mix Design Beton	54
4.4 Pembuatan Benda Uji	58
4.5 Pengujian Slump Beton	59
4.6 Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton	61
4.6.1 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	61

4.6.2 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi AAK+K 3%	62
4.6.3 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi AAK+K 5%	64
4.6.4 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi AAK+K 7%	65
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	68
LAMPIRAN	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan Bahan-Bahan Kimia Dalam Bahan Baku semen.	5
Tabel 2.2	Gradasi Agregat Halus	9
Tabel 3.1	Jumlah Kapur Dari Volume Air	23
Tabel 3,2	Kombinasi Campuran Beton	24
Tabel 3.3	Jumlah Variasi Jumlah Pengujian Beton	25
Tabel 4.1	Data-Data Hasil Pemeriksaan Dasar	27
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	28
Tabel 4.3	Hasil pemeriksaan analisa saingan agregat kasar	28
Tabel 4.4	Batas Gradasi Agregat Kasar	29
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	30
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	31
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	31
Tabel 4.8	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus	32
Tabel 4.9	Daerah Gradasi Agregat Halus	32
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	34
Tabel 4.11	Hasil Pengujian Berat Isi Dengan Cara Lepas, Cara Tusuk, Dan Cara Penggoyangan	34
Tabel 4.12	Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	35
Tabel 4.13	Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	35
Tabel 4.14	Faktor Pengali Untuk Standar Deviasi Berdasarkan Jumlah Benda Uji Yang Tersedia	37
Tabel 4.15	Tingkat Mutu Pekerjaan Pembetonan	37
Tabel 4.16	Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) Yang Dibutuhkan Untuk Beberapa tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton	38
Tabel 4.17	Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus	39

Tabel 4.18	Ketentuan Untuk Beton Yang Berhubungan Dengan Air Tanah Mengandung Sulfat	40
Tabel 4.19	Ketentuan Minimum Untuk Beton Bertulang Kedap Air.	41
Tabel 4.20	Perencanaan Campuran Beton	47
Tabel 4.21	Banyak AAK+K Yang Dibutuhkan Dalam 1 Benda Uji Silinder	55
Tabel 4.22	Banyak Agregat Kasar Yang Dibutuhkan Untuk Tiap Saringan Dalam 1 benda uji	57
Tabel 4.23	Banyak Agregat Halus Yang Dibutuhkan Untuk Tiap Saringan Dalam 1 Benda Uji	57
Tabel 4.24	Nilai Slump Test Test Beton Campuran AAK Dan Beton Normal	58
Tabel 4.25	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	59
Tabel 4.26	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi AAK+K 3%	60
Tabel 4.27	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi AAK+K 5%	61
Tabel 4.28	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi AAK+K 7%	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bagan alir	16
Gambar 3.2	<i>Setting up</i> pengujian kuat tekan beton	24
Gambar 4.1	Gradasi analisa saringan agregat kasar	29
Gambar 4.2	Gradasi saringan agregat halus	32
Gambar 4.3	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm	41
Gambar 4.4	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, berat isi beton	42
Gambar 4.5	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder	48
Gambar 4.6	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,55	50
Gambar 4.7	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, berat isi beton	51
Gambar 4.8	Perbandingan nilai slump	58
Gambar 4.9	Pengujian rata-rata kuat tekan beton normal	59
Gambar 4.10	Pengujian rata-rata kuat tekan beton variasi AAK 3%+K 5%	61
Gambar 4.11	Pengujian rata-rata kuat tekan beton variasi AAK 5%+K 5%	62
Gambar 4.12	Pengujian rata-rata kuat tekan beton variasi AAK 7%+K 5%	63
Gambar 4.13	Rata-rata pengujian kuat tekan beton	64

DAFTAR NOTASI

$f'c$	= Kuat tekan beton
P	= Beban maksimum (kg)
A	= Luas penampang benda uji (cm ²)
L	= Panjang benda uji (mm)
S	= Deviasi standar
Wh	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus
Wk	= Perkiraan air untuk agregat kasar
FM	= Modulus kehalusan
B	= Jumlah air
C	= Jumlah agregat halus
D	= Jumlah agregat kasar
Ca	= Penyerapan agregat halus
Da	= Penyerapan agregat kasar
Ck	= Kadar air agregat halus
Dk	= Kadar air agregat kasar

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L- 1	Proses Pembakaran Abu Ampas Kopi	73
Gambar L- 2	Pengujian Agregat Kasar	73
Gambar L- 3	Pengujian Agregat Halus	74
Gambar L- 4	Perhitungan Nilai <i>Slump</i>	74
Gambar L- 5	Percetakan Setiap Variasi Beton	74
Gambar L- 6	Perendaman Benda Uji	75
Gambar L- 7	Pembuatan Capping Untuk Pengujian Kuat Tekan Beton	75
Gambar L- 8	Pengangkutan Benda Uji Menuju Lokasi Pengujian	75
Gambar L- 9	Pengujian Kuat Tekan Beton	75
Gambar L- 10	Kehancuran Benda Uji Setelah Pengujian	76

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Abu ampas kopi adalah salah satu limbah industri yang diperoleh dari hasil olahan biji kopi. Ampas kopi tidak jauh beda dengan limbah industri lainnya yang dapat dimanfaatkan sebagai substitusi pada pembuatan beton, ampas kopi juga dapat digunakan sebagai material substitusi sebagian semen (Namrah & Muis, 2022).

Reaksi kimia semen dan air selain menghasilkan Kalsium Silikat Hidrat (CSH), juga membentuk senyawa kimia lain yaitu Kalsium Hidroksida (CaOH_2). Senyawa ini bersifat basa dan bereaksi hebat dengan berbagai asam sehingga dapat merugikan dan menurunkan kualitas atau mutu beton. Agar efek tersebut dapat dikurangi, maka dalam adukan beton ditambah bahan yang bersifat posolan *pozzolanic* material (Ataya Nabila Panjaitan et al., 2021)

Seperti halnya limbah industri pangan lainnya, limbah ampas kopi Sebagian dapat diganti semen atau agregat halus yang bersifat pozzolan yang mengandung silika dan mengandung partikel halus. bahan yang terkandung dalam sisa tungku dan pemanfaatan limbah diolah menjadi abu yang mengandung silika aktif. Silika merupakan material yang mengandung SiO_2 konsentrasi tinggi, sehingga silika mengisi rongga antar material semen berdasarkan sifat mekaniknya dan mengisi pori-pori beton secara signifikan meningkatkan kuat tekan beton. penggunaan silika pada beton memberikan pengaruh yang jauh lebih besar terhadap peningkatan kuat tekan beton. dari pengolahan makanan khususnya minuman mengandung bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai bahan tambahan kuat tekan beton (Alkhaly & Syahfitri, 2017).

Beton merupakan bahan konstruksi yang banyak digunakan pada bangunan struktur. Bisa dikatakan semua bangunan struktur dibangun menggunakan beton sebagai bahan konstruksi utama, contohnya struktur gedung, struktur bangunan air, struktur bangunan transportasi dan banyak lagi bangunan struktur lainnya. Salah

satu kelebihan beton yaitu mampu menahan beban tekan, perubahan cuaca, suhu yang tinggi, dapat dibentuk dan mudah dirawat (Hamdi et al., 2021).

Hal terpenting dalam pembuatan beton adalah beton harus memiliki kekentalan yang tepat. Tetap kompak dan tidak naik selama aliran, menghasilkan beton utuh berkualitas tinggi. Selain ukuran partikel, mutu dan sifat agregat pada saat dipadatkan, kuat tekan beton juga dipengaruhi oleh perbandingan air dan semen (koefisien air semen). Semakin rendah koefisien air semen, semakin tinggi kuat tekannya. Namun sedikitnya jumlah air berarti campuran tersebut semakin sulit untuk diproses. Penggunaan bahan aditif dalam produksi beton akan mempengaruhi kuat tekan dan sifat beton (Inflamasi et al., 2003).

Banyak parameter yang mempengaruhi kuat tekan beton. kuat tekan beton adalah kemampuan suatu bahan atau struktur untuk menambah beban yang membatasi ukurannya. Kuat tekan dapat diukur dengan menginput data yang diperoleh dari mesin uji kedalam kurva tegangan-regangan. Ini termasuk kualitas bahan awal, rasio air-semen yang rendah, kepadatan tinggi. Kuat tekan ultimat beton keras ditentukan oleh agregat terlemahnya. Agregat utama pada beton terdiri dari agregat kasar yang biasanya berupa batuan matriks semen-pasir. berbagai jenis beton sering digunakan dalam konstruksi beton bertulang pada bangunan dan struktur. Tergantung pada desain masing-masing struktur, gaya penahan beban (gaya normal, gaya mendatar, momen) ditingkatkan dengan beton bertulang. Kualitasnya meningkat dan jumlah beton yang digunakan meningkat. Oleh karena itu, perlu diketahui beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton mutu tinggi (Almufid, 2015).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka rumusan masalah yang diteliti ialah apakah penambahan Abu Ampas Kopi dan Kapur sebagai bahan substitusi Sebagian semen memiliki pengaruh terhadap kuat tekan beton.

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan pelaksanaan yang ingin dicapai pada Tugas Akhir ini, yaitu:

- Untuk mengetahui hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran Abu Ampas Kopi dan Kapur (*Lime*) pada kombinasi 0%,3%,5%, dan 7%

1.4 Batasan Masalah

Berikut adalah lingkup batasan yang terdapat pada pelaksanaan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada Laboratorium Teknik Sipil UMSU.
2. Pengujian kuat tekan beton setelah perendaman 7, 14 dan 28 hari.
3. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm mengacu pada SNI 4431:2011.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian Tugas Akhir ini ialah:

1. Dengan penelitian ini dapat memberikan informasi terhadap perkembangan ilmu bahan dan struktur.
2. Dari penelitian ini diharapkan mengetahui komposisi yang optimum dalam penambahan Abu Ampas Kopi dan Kapur (*Lime*) terhadap campuran beton.
3. Penelitian ini dapat menjadi referensi untuk membuat beton dengan penambahan Abu Ampas Kopi dan Kapur (*Lime*).

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan suatu konstruksi yang umumnya tersusun dari air semen dan agregat. Penggunaan beton saat ini tidak hanya pada ruang lingkup struktur saja, akan tetapi bisa juga digunakan untuk non struktur bangunan yang terbuat dari beton misalnya, dinding, kolom praktis, perabot rumah, maupun berbagai macam hiasan. Penggunaan beton pada komponen non sstruktur dimana komposisi didesain sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan nilai estetika maupun dari segi ekonomi yang lebih (Widodo & Basith,2017).

Beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan beton diantaranya kekuatannya tinggi, mudah dibentuk, tahan terhadap temperature tinggi, biaya pemeliharaan rendah, memiliki kuat tekan yang tinggi. Dan bahan mudah didapat. Kekurangan beton yaitu bentuk yang telah dibuat sulit diubah, pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi, struktur beton sulit dipindah atau berat, kuat tarik rendah, dan daya pantul suara yang besar (Studi et al., 2018).

Kualitas beton dapat ditentukan dengan cara pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang baik, perhitungan proporsi yang tepat, cara pengerjaan dan perawatan beton dengan baik, serta pemilihan bahan tambah yang tepat dengan jumla optimum yang diperlukan. Bahan pembentuk beton adalah semen, agregat, air, dan biasanya dengan bahan tambah atau pengisi (Ghafur,2009).

Beton yaitu suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan bahan tambahan bila diperlukan. Beton yang banyak dipakai pada saat ini yaitu beton normal. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200–2500 kg/m³ dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*) (Syarif et al., 2016).

2.2 Semen

Semen adalah bahan campuran yang secara kimiawi akan aktif setelah bercampur dengan air. Semen merupakan bahan hidrolis yang dapat bereaksi secara kimia dengan air hal ini disebut dengan hidrasi semen. Fungsi semen ialah untuk mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu masa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat tersebut. Dengan komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya untuk bahan pengikat maka peranan semen sangat penting (Koidah & Setiawan, 2022).

Pozzolan ialah bahan yang mengandung senyawa silica dan alumina dimana bahan pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sifat seperti semen, akan tetapi dengan bentuknya yang halus dan dengan adanya air maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi secara kimiawi dengan Kalsium hidroksida (senyawa hasil reaksi antara semen dan air) pada suhu kamar membentuk senyawa Kalsium Aluminat hidrat yang mempunyai sifat seperti semen sehingga mempengaruhi kuat tekan pada beton.

Sedangkan semen portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (Bigatti & Cronan, 2002).

Tabel 2.1: Kandungan bahan-bahan kimia dalam bahan baku

	CaO (%)	SiO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)
Batu kapur	52,77	1,02	0,92	0,70	1,33
Tanah liat	9,27	46,99	16,46	6,62	2,44
Pasir silika	1,41	90,51	3,26	1,65	2,98
Pasir besi	1,03	12,38	3,49	76,21	0,34

2.3 Hidrasi semen

Hidrasi semen merupakan suatu reaksi yang terjadi pada semen setelah bercampur dengan air yang kemudian mengeluarkan panas. Adanya pelepasan panas ini membantu mempercepat pengerasan. Reaksi hidrasi dapat menjadi suatu masalah apabila panas yang dihasilkan dari proses hidrasi ini tidak mampu disalurkan dengan baik pada bagian beton sehingga berpotensi menimbulkan keretakan pada beton.

Hidrasi semen mengacu pada reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan semen dan bahan semen lainnya mengeras, ini termasuk proses kompleks yang melibatkan banyak reaksi kimia dan perubahan fisik berbeda yang pada akhirnya mengarah pada pembentukan bahan padat dan tahan lama yang dikenal sebagai pasta semen terhidrasi. Ketika bersentuhan dengan air, fase klinker awalnya mulai larut, melepaskan ion ke dalam larutan. Setelah mencapai saturasi kritis akan terjadi nukleasi terutama pada permukaan klinker. Namun perbedaan kekuatan fase klinker, perubahan konsentrasi dalam larutan sering berjalannya watu efek keracunan nukleasi serta perubahan kelarutan regional secara terus menerus permukaan yang sifat kompleks dari produk hidrasi utama (kalsium silikat hidrat) dan banyak ketergantungan lainnya membuat mekanisme ini rumit (John & Lothenbach, 2023).

2.4 Air

Penggunaan air pada campuran beton adalah untuk melangsungkan proses hidrasi ialah reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah lewat waktu tertentu. Selain itu air diperlukan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (Sutandar, 2013).

Air pada campuran beton akan berpengaruh pada:

1. Sifat *workbality* adukan beton
2. Besar kecilnya nilai susut beton

3. Kelangsungan reaksi semen portland, sehingga menghasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu
4. Perawatan keras adukan semen beton untuk pengerasan yang baik.

Air merupakan alat untuk mendapatkan kemampuan kerja yang dibutuhkan dalam penggunaan beton. Jumlah air yang digunakan tentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Air yang mengandung cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Pengaruh kotoran secara umum dapat menyebabkan:

1. Gangguan pada hidrasi dan pengikat
2. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan
3. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan
4. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton
5. Bercak-bercak pada campuran beton

Dalam SNI 2867-2013 diharuskan air yang digunakan memenuhi ASTM C1602M atau SNI 03-7974-20 (Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis). Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi beberapa syarat:

- Kandungan lumpur maksimum 2 gram/liter
- Kandungan garam-garam yang merusak beton (asam, zat organik, dll) maksimum 15 gram/liter
- Kandungan klorida (Cl) maksimum 0,5 gram/liter
- Kandungan senyawa sulfat maksimum 1 gram/liter

Selain untuk reaksi pengikatan juga dapat digunakan untuk pemeliharaan setelah beton dituang. Air pengawetan harus memenuhi persyaratan yang lebih tinggi daripada air untuk membuat beton. keasaman tidak boleh mempunyai pH > 6, dan tidak boleh mengandung sedikit kapur.

2.5 Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Agar terjadi proses hidrasi yang sempurna dalam

adukan beton, pada umumnya dipakai fas 0,40-0,60 tergantung mutu beton yang hendak dicapai. Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara pengaruh kuat desak rata-rata. Dengan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan.

Bila fas terlalu rendah, pasta semen tidak cukup untuk menutupi agregat kasarnya, dan bila terlalu tinggi cukup maka adukan akan terlalu encer. Dengan demikian semakin besar fas, semakin rendah kuat desak betonnya. Dengan demikian tampak bahwa semakin kecil fas, maka semakin tinggi kuat desaknya betonnya, akan tetapi nilai fas yang rendah akan menyulitkan dalam pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton menjadi kurang padat, oleh sebab itu nilai fas optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum.

2.6 Agregat

Agregat ialah 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. Agregat merupakan komponen terbesar dalam campuran beton, oleh karena itu kualitas dan sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada sifat beton. Pemilihan dan penentuan agregat yang akan digunakan (komposisi dan gradasi) merupakan bagian yang penting dalam pembuatan beton dapat digambarkan sebagai material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkannya mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi kesatuan yang kompak (Kuat & Beton, 2010).

2.6.1 Agregat Halus

Agregat halus ialah pasir yang didapat dari pelapukan batuan secara alami atau pasir yang dihasilkan dari pemecah batu yang semua butirannya menembus ayakan dengan lubang 4,75 mm. Agregat halus dalam beton berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga antar agregat kasar. Modulus kehalusan agregat halus didefinisikan sebagai jumlah persentase kumulatif dari butir agregat yang tertinggal diatas ayakan. Agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir

halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut silt, dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut *clay* (Pausi et al., 2023).

Pasir yang baik ialah yang butirannya tajam dan kasar, mengandung lumpur tidak lebih dari 5%, dan bersifat abadi yang artinya tidak akan pecah atau musnah oleh pelapukan. Agregat halus mengandung senyawa SiO_2 yang dapat mempengaruhi reaksi kimia pada proses pengerasan beton sehingga tercapai kuat tekan beton yang tinggi.

Tabel 2.1: Gradasi agregat halus

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
9,50	100	100
4,75	95-100	97,5
2,36	80-100	90
1,18	50-85	67,5
0,600	25-60	42,5
0,300	5-30	17,5
0,150	0-10	5

2.6.2 Agregat Kasar

Menurut ASTM C 33-93 agregat kasar ialah batuan berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, kombinasi diantaranya sesuai dengan spesifikasi yang diijinkan. Ukuran agregat kasar adalah semua butiran yang tertahan pada saringan diatas 4,76 mm. Agregat yang digunakan harus memenuhi syarat SNI 0052-80 dan dalam hal-hal yang tercakup dalam peraturan tersebut juga harus memenuhi ketentuan ASTM. Sifat kekerasan agregat sangat diperlukan, karena pada waktu pembuatan beton akan mengalami Gerakan yang keras dalam *mixer* dan juga akan menerima gesekan saat pengecoran dan pemadatan. Agregat harus dapat menahan pengausan, pemecahan *degradasi* (penurunan mutu) serta *desintergrasi* (penguraian) (Zuraidah, 2012).

2.7 Pengujian Slump

Pengambilan nilai slump dilakukan untuk masing–masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan filler dan bahan penambah (admixture). Pengujian slump dilakukan terhadap beton segar yang dituangkankedalam 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.

2.8 Kapur

Kapur (CaCO_3) atau kalsium karbonat yang dimaksud di sini ialah kapur alam yang dihasilkan dari fosil bumi. Sebelum digunakan sebagai material pengganti semen pada penelitian ini, kapur terlebih dahulu agar partikel kapur dapat bereaksi sebagaimana layaknya proses reaksi hidrolis. Pemberian kapur sebagai pengganti semen pada campuran beton akan menghasilkan semen non hidrolis yaitu semen yang tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara (Martini, 2017).

2.9 Abu Ampas Kopi

Ampas kopi merupakan limbah indsutri pangan yang belum dimanfaatkan dengan baik. Ampas kopi juga merupakan indsutri pangan yang duhasilkan dari pengolahan biji kopi. Dari 0,50 kg bubuk kopi yang siap digunakan menghasilkan $\pm 0,34$ kg ampas kopi. Seperti halnya dengan limbah industri makanan lainnya, limbah ampas kopi berpotensi digunakan sebagai pengganti Sebagian semen (Alkhaly & Syahfitri, 2017).

Komposisi pembuatan ampas kopi ialah:

1. Ambil sisa pengolahan pada minuman kopi yang telah dipisahkan dari materi lain

2. Kemudian dicuci sampai bersih lalu dikeringkan/dijemur dibawah panas matahari
3. Setelah kering ampas kopi tersebut dikumpulkan lalu dioven dengan suhu stabil 200°C selama ±24 selai, untuk mendapatkan arang sekam
4. Kemudian dibakar Kembali pada suhu 700°C dengan tungku selama 2 jam dan dihaluskan
5. Setelah itu ampas kopi dihaluskan kemudian diayak sampai lolos saringan no 200.

2.10 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton didefinisikan sebagai tegangan maksimum yang dapat ditahan beton akibat beban luar. Menurut (SNI 1974:2011), benda uji untuk pengujian kuat tekan beton dengan silinder yang dibuat di lapangan harus memiliki diameter 150 mm dengan panjang 300 mm dan biasanya dicetak tiga atau lebih benda uji untuk masing-masing umur pengujian. Kondisi pengujian dengan syarat pengujian kuat tekan umur 28 hari (Badan Standardisasi Nasional, 2011).

Berdasarkan SNI 1974:2011, besarnya tegangan maksimum $f'c$ dapat dihitung dengan rumus:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Dimana: $f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

2.11 Penelitian Terdahulu

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi buatan manusia yang paling banyak digunakan di dunia, karena pentingnya untuk pembangunan ekonomi. Beton dibuat dengan mencampur semen, air, agregat (pasir dan agregat kasar) membentuk massa seperti batu karena pasta mengeras karena reaksi kimia semen dan air. Permintaan semen di industri beton telah meningkat untuk memenuhi

kebutuhan infrastruktur karena pertumbuhan populasi dan industrialisasi, Namun, produksi semen memiliki masalah lingkungan akibat emisi gas rumah kaca seperti CO₂, NO, dll oleh Produksi semen. Disisi lain sejumlah sejumlah besar limbah pertanian dihasilkan selama pemrosesan, ini mungkin juga berdampak pada lingkungan. Oleh karena itu untuk mengurangi masalah, para peneliti menguji pertanian barat memiliki sifat pozzolanic nya. Bahan limbah seperti sekam kopi yang memiliki sifat pozzolanic (Pushpan et al., 2023).

Ampas kopi juga merupakan limbah industri pangan yang dihasilkan dari pengolahan biji kopi. Sebagaimana halnya limbah industri pangan yang lain, maka limbah ampas kopi mempunyai potensi dimanfaatkan sebagai material substitusi sebagian semen atau agregat halus yang bersifat pozzolan yang mengandung silika. Pada penelitian ini, abu ampas kopi digunakan sebagai material pengganti sebagian semen sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%. Ampas kopi yang digunakan berupa abu dan diayak dengan saringan No. 100. Benda uji berbentuk silinder dengan dimensi 30 cm x 15 cm dengan masingmasing variasi 5 buah benda uji untuk 2 pengujian yaitu kuat tekan dan porositas. Kuat tekan rencana beton adalah f'_c 25 (beton normal). Pengujian kuat tekan dan porositas dilakukan pada saat umur beton 28 hari. Nilai kuat tekan beton normal sebesar 25.10543 MPa. Nilai kuat tekan beton menggunakan abu ampas kopi dengan persentase 5 % sebesar 25.18956 MPa, persentase 10 % sebesar 20.79872 MPa, persentase 15 % sebesar 17.10117 MPa, dan persentase 20 % sebesar 13.28807 MPa. Nilai porositas beton normal sebesar 0.592212 %. Nilai porositas beton menggunakan abu ampas kopi dengan persentase 5 % sebesar 0.690914 %, persentase 10 % sebesar 0.736974 %, persentase 15 % sebesar 0.756715 %, dan persentase 20 % sebesar 0.789615 % (Ataya Nabila Panjaitan et al., 2021).

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari satu faktor dengan empat perlakuan yaitu air 300 mL tanpa ampas teh dan ampas kopi sebagai kontrol (P0), air 300 mL dengan 3 gram ampas teh (P1), air 300 mL dengan 3 gram ampas kopi (P2) dan air 300 mL dengan 3 gram campuran ampas teh dan ampas kopi masing-masing 1,5 gram untuk (P3), masing perlakuan diberi 3 ulangan. Data yang

diperoleh dianalisis dengan Anava Satu Jalur. Parameter penelitian adalah tinggi tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*) selama satu bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi tanaman yang paling baik adalah pada tanaman dengan 300 mL air ditambah 3 gram campuran ampas teh dan ampas kopi dengan tinggi rata-rata 14,00 cm. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ampas teh dan ampas kopi dapat dimanfaatkan sebagai penambah nutrisi pada pertumbuhan tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*) dengan media hidroponik (Teh et al., 2012).

Beton merupakan bahan yang digunakan untuk memperkuat struktur bangunan. Selain itu, beton terus berkembang dan paling sering digunakan dalam konstruksi bangunan. Salah satu komponen beton, semen berpotensi merusak lingkungan, mulai dari pengambilan bahan baku, pembuatan, hingga pencemaran abu. Kulit kopi yang banyak terdapat di daerah Takengon, Kabupaten Aceh Tengah, dan sangat bermanfaat, merupakan salah satu dari berbagai limbah organik di Aceh. Silika, komponen utama dalam pembuatan semen, dapat ditemukan dalam ampas kopi. Dalam penelitian ini, diteliti pengaruh penggunaan abu terbang dan abu sekam kopi sebagai pengganti semen OPC terhadap kuat tekan beton. Metodologi penelitian mengikuti pedoman SNI 7656-2012. Abu sekam kopi dibakar selama lima jam pada suhu antara 200 dan 250 °C dengan 5%, 10%, dan 15% berat abu terbang semen OPC. Benda uji silinder berjumlah 24 buah, masing-masing berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan pada beton umur 7 dan 28 hari. Hasil penelitian meliputi umur beton 7 hari dan kuat tekan sebesar 0% (12,27 MPa), 5% (10,52 MPa), 10% (9,99 MPa), dan 15% (9,09 MPa). Kuat tekan dengan persentase 0% (21,47 MPa), 5% (13,16 MPa), 10% (10,74 MPa), dan 15% pada umur 28 hari (5,13 MPa). Beton rancangan memiliki kuat tekan sebesar 20 MPa pada umur 28 hari dan persentase 0% sebesar 21,47 MPa. Hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa semakin kecil persentase campuran abu sekam kopi dan abu terbang, maka kuat tekan beton semakin rendah. Hal ini disebabkan karena abu sekam kopi mengandung silika (SiO_2) yang berlebihan sehingga menghambat reaksi semen dengan kapur dan menyebabkan campuran beton tidak memiliki cukup air untuk mencapai ikatan yang maksimal (Wahyuni et al., 2023)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembuatan beton dengan memanfaatkan limbah abu ampas kopi dengan tambahan kapur (*lime*) untuk menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan melakukan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data primer dan skunder. Data-data tersebut diperoleh dari:

1. Data primer

Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

- Analisa saringan agregat.
- Berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi agregat.
- Pemeriksaan kadar air agregat
- Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- Kekentalan adukan beton segar (*slump*).
- Uji kuat tekan beton.

2. Data sekunder

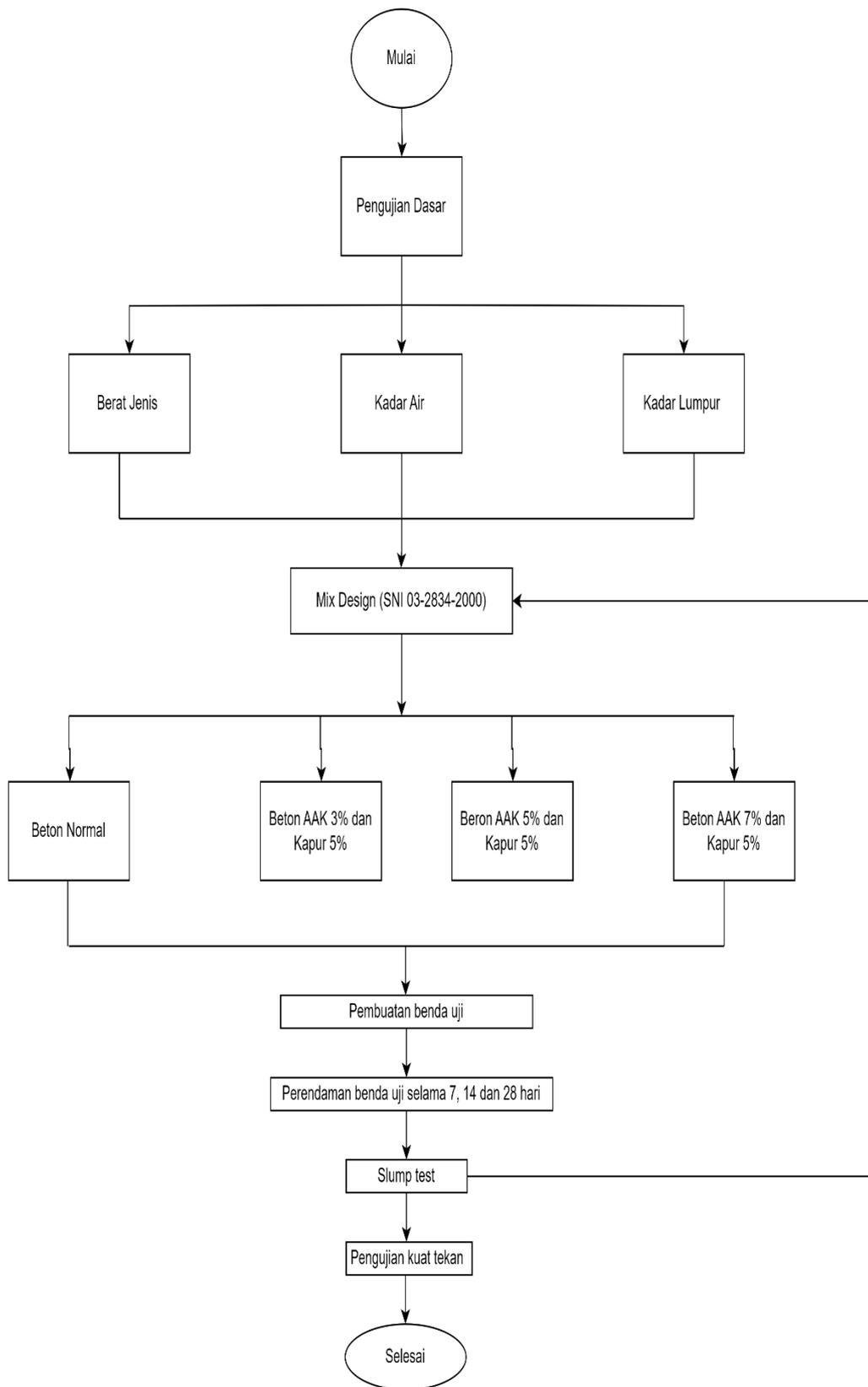
Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia. Data teknis mengenai SNI-03-2834-2000, serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna memperkuat suatu penelitian yang dilakukan. Konsultasi dengan dosen pembimbing secara langsung sebagai penunjang guna memperkuat yang dilakukan dan meningkatkan ilmu pengetahuan serta Laporan Praktikum Beton, sebagai referensi untuk menunjang dalam penelitian ini.

3.2 Tahap penelitian

Ada pun tahap-tahap penelitian dalam penelitian vampuran beton ini antara lain:

1. Persiapan material di mana mempersiapkan material air, agregat kasar, agregat halus, abu ampas kopi dan kapur.
2. Pemeriksaan material guna mengetahui apakah agregat kasar dan halus masih memiliki kekurangan pada syarat penggunaan material dan apakah material sudah siap untuk digunakan langsung.
3. Setelah persiapan material dan pemeriksaan selesai, pengujian dasar pada agregat halus yang dilakukan yaitu analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, kadar air, kadar lumpur, dan berat isi.
4. Sama dengan agregat halus, agregat kasar juga dilakukan pengujian dasar yaitu analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, kadar air, kadar lumpur, keausan agregat dan berat isi.
5. Setelah persiapan material dan pemeriksaan material selesai, pengujian dasar dilakukan juga pada abu sekam padi dan serat polypropylene yaitu berat jenis dan penyerapan.
6. Setelah melakukan pengujian dasar selesai, selanjutnya melakukan perhitungan mix design. Dimana perhitungan proporsi pada beton sesuai dengan yang sudah disyaratkan. perhitungannya meliputi, beton normal dan beton campuran abu ampas kopi dan kapur sesuai dengan variasi /komposisinya masing-masing.
7. Setelah selesai perhitungan proporsi mix design lalu memasuki tahap pembuatan benda uji dengan mencampurkan seluruh bahan yaitu air, agregat halus, agregat kasar, abu ampas kopi dan kapur.
8. Kemudian melakukan Pengujian slump test yang mengacu pada SNI
9. Pengujian slumt test.
10. Setelah pembuatan benda uji dan melalukan pengujian slump test, masukkan beton segar ke dalam cetakan silinder. Setelah dicetak menunggu ± 24 jam atau menunggu beton hingga mengeras.

11. Tahapan selanjutnya, setelah sudah mengeras beton dikeluarkan dari cetakan lalu merendam benda uji selama 7,14 dan 28 hari.
12. Setelah perendaman 7,14 dan 28 hari, kemudian diangkat dan di keringkan. Setelah sudah kering, pengujian kuat tekan bisa dilakukan.
13. Setelah pengujian kuat tekan selesai dan mendapatkan data, kemudian masukan ke pembahasan dan konsultasi laporan akhir.



Gambar 3.1 Bagan Alir

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Waktu Penelitian dilakukan kurang lebih 3 bulan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.4 Peralatan dan Bahan

3.4.1 Bahan

Pada penelitian ini digunakan bahan dan material untuk pembuatan benda sebagai berikut:

1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berupa kerikil. Agregat yang digunakan berasal dari Binjai, Sumatera Utara.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berupa pasir. Agregat yang digunakan berasal dari Binjai, Sumatera Utara.

3. Air

Pada pembuatan benda uji digunakan air yang berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

4. Abu ampas kopi

Abu ampas kopi yang dipakai adalah ampas kopi yang didapat dari warung-warung kopi terdekat lalu dibakar menjaadi abu.

5. Calcium

Calcium yang dipakai adalah kapur yang didapat dari toko bangunan di sekitar medan.

3.4.2 Peralatan

Peralatan yang di gunakan antara lain adalah:

1. Saringan Agregat Saringan agregat yang digunakan antara lain saringan No.

4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, dan No. 100 untuk agregat halus, sedangkan

saringan yang digunakan untuk agregat kasar antara lain saringan 1 1/2", 3/4", 3/8", dan No. 4.

2. Timbangan Digital.
3. Plastik ukuran 3 kg dan 5 kg.
4. Kuas.
5. Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
6. Alat pengaduk beton (mixer).
7. Alat uji Slump flow
8. Tabung ukur.

3.5 Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material yang diperoleh sudah ada di lokasi, maka material dipisahkan menurut jenis 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 di jemuran. Setelah segala persiapan material selesai kemudian lanjut pada pemeriksaan agregat.

3.6 Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat halus maupun agregat kasar dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan ASTM tentang pemeriksaan agregat.

3.6.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

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. Prosedur pengujian:

1. Pertama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.

2. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105 °C sampai berat tetap.
3. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
4. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
5. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
6. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJ ssd).
7. Benda uji diletakan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (Ba). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C.

3.6.2 Analisa Gradasi Agregat

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. Prosedur Pengujian:

1. Pertama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
2. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105 °C sampai berat tetap
3. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
4. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
5. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
6. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJ ssd).
7. Benda uji diletakan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (Ba). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C.

3.6.3 Kadar Lumpur Agregat

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. Prosedur pengujian:

1. Benda uji dimasukkan dengan berat 500gram kemudian ditimbang (W1) (3.1)
2. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencucisecukupnya sehingga benda uji terendam.
3. Wadah diguncang-guncangkan hingga kotoran-kotoran pada benda ujihilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
4. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W2) (3.2)
5. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
6. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W3) (3.3)
7. Kemudian dihitung berat bahan kering (W4-W3-W2) (3.4)

3.6.4 Berat Isi Agregat

Penentuan berat isi dari campuran beton segar dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen, dan kadar udara dalam beton. Prosedur percobaan

1. Berat isi lepas
 - a. Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W1) (3.5)
 - b. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati-hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
 - c. Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
 - d. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W2) (3.6)
 - e. Selanjutnya dihitung berat benda uji (W3-W2-W1) (3.7)

3.6.5 Kadar Air Agregat

Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan ini mencakup penentuan persentase air yang dapat menguap dari dalam contoh agregat dengan cara pengeringan. Prosedur percobaan:

1. Timbang berat talam kosong dan catat (W1) (3.8)
2. Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya (W2) (3.9)
3. Lalu dihitung berat benda ujinya (W3-W2-W1) (3.10)
4. Setelah itu benda uji dikeringkan beserta talam didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
5. Setelah kering, ditimbang, dicatat berat benda uji beserta talam (W4) (3.11)
6. Lalu dihitung berat benda uji kering (W5-W4-W1) (3.12)

3.7 *Calcium*

Kapur adalah material yang berasal dari batuan sedimen. Zat pada kapur yang memiliki kandungan sama dengan semen yang tersusun dari mineral kalsium. Kapur merupakan sedimen berwarna putih yang memiliki 3 senyawa utama yaitu kalsium karbonat, kalsium oksida, dan kalsium hidroksida. Kapur pada penelitian ini di dapat di panglong di Medan Sumatera Utara. Calcium yang akan digunakan dalam campuran beton yaitu kapur hidrolis yang tidak basah, bersih dari kotoran yang menempel.

Untuk menggunakan bahan tambah menggunakan kapur 3%, 5%, dan 7% dari berat semen.

1. Kapur yang dibutuhkan sebanyak 3% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned} &= \frac{3}{100} \times 1 \text{ kg} \\ &= 0,030 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Kapur yang dibutuhkan sebanyak 5% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{5}{100} \times 1 \text{ kg}$$

$$= 0,050 \text{ kg}$$

3. Kapur yang dibutuhkan sebanyak 7% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{7}{100} \times 1 \text{ kg}$$

$$= 0,070 \text{ kg}$$

Tabel 3.1: Jumlah kapur dari volume air

No	Kapur (%)	Jumlah (kg)
1.	3	0,030
2.	5	0,050
3.	7	0,070

3.8 Pelaksanaan Penelitian

3.8.1 Mix Design

Penelitian ini mengambil topik tentang beton serat dengan menggunakan metode SNI (Standart Nasional Indonesia), Dalam penelitian ini terdapat beberapa variasi dalam adukan beton, dengan menambahkan AAK (Abu Ampas Kopi) sebagai pengganti sebagian semen yang diberikan secara konstan sebanyak 0%,3%, 5%, dan 7%.

Hal ini untuk menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan serta memiliki kelecakan yang sesuai dengan mempermudah proses pengerjaan.

3.8.2 Pembuatan Benda Uji

Pada pembuatan benda uji direncanakan dengan menggunakan standar SNI 03-2824-2002 “Tata Cara Pembuatan Campuran Beton”. Abu ampas kopi dengan

campuran serat kapur yang sudah direncanakan. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder berjumlah 24 sampel.

Tabel 3.2: Kombinasi campuran beton

No	AAK	Kapur
1	3%	5%
2	5%	5%
3	7%	5%

Langkah-langkah pembuatan benda uji beton menggunakan AAK dengan tambahan kapur adalah sebagai berikut:

- a. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil mix design.
- b. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
- c. Kemudian pertama-tama tuangkan agregat halus, agregat kasar, AAK, dan kapur. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata menggunakan molen.
- d. Setelah bahan-bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
- e. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump Test untuk mengukur tingkat workability adukan.
- f. Apabila nilai *slump test* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojak agar campuran beton menjadi padat.
- g. Diamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

3.8.3 Pencetakan Benda Uji

Pada proses pencetakan benda uji, cetakan terlebih dahulu harus dibersihkan dari sisa-sisa penggunaan beton dan kotoran yang masih menempel serta mengoleskan vaselin pada cetakan agar beton segar tidak menempel dan juga diperoleh hasil penelitian yang optimal.

3.8.4 Perawatan Benda Uji (Curing)

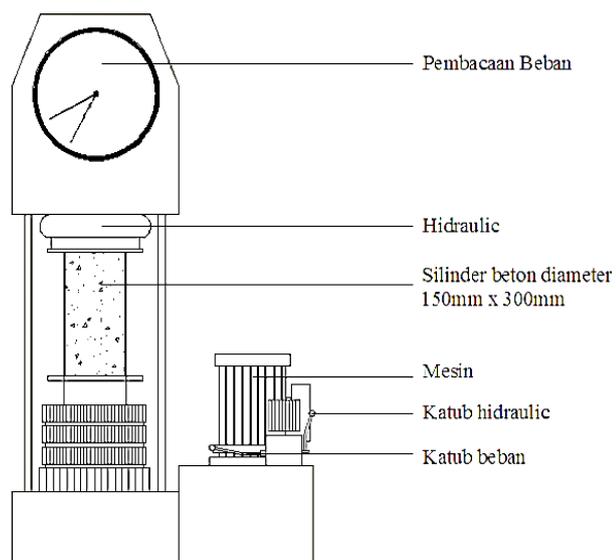
Sesudah pelaksanaan pembuatan benda uji, maka dilakukan perendaman benda uji dengan ketentuan SNI 2493:2011. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam bak perendaman. Benda uji diangkat dari bak 1 hari sebelum sampel di uji. Hal ini dimaksudkan agar pada waktu di uji, sampel dalam keadaan tidak basah. Pengujian dilakukan pada saat sampel berumur 28 hari. Hal ini berarti benda uji diangkat dari bak pada saat berumur 27 hari.

Adapun kondisi perendaman harus seluruh bagian dari benda uji terendam dengan baik. Pada penelitian ini langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pembongkaran benda uji dilakukan + 24 jam setelah pembuatan.
2. Perendaman didalam bak rendaman Laboratorium Teknik Sipil UMSU. Untuk pengujian kuat tekan, benda uji direndam selama 7, 14, dan 28 hari.
3. Benda uji diangkat dari bak perendaman sehari sebelum hari pengujian.

3.8.5 Pengujian Kuat Tekan

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 penguji 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 24 buah.



Gambar 3.2: *Setting up* pengujian kuat tekan beton

Tabel 3.3: Jumlah variasi pengujian beton

No	Variasi campuran beton	Pengujian Kuat tekan		
		Umur beton 7 hari	Umur beton 14 hari	Umur beton 28 hari
1.	Beton Normal	2 Sampel	2 Sampel	2 Sampel
2.	Beton dengan kombinasi 3% abu ampas kopi (AAK) + Kapur 5 % sebagai bahan pengganti sebagian semen	2 Sampel	2 Sampel	2 Sampel
3.	Beton dengan kombinasi Abu Ampas Kopi (AAK) 5% dan Kapur 5% sebagai bahan pengganti semen	2 Sample	2 Sampel	2 Sampel
4.	Beton dengan kombinasi Abu Ampas Kopi (AAK) 7% dan Kapur 5% sebagai bahan pengganti semen	2 Sampel	2 Sampel	2 Sampel
Jumlah		24 Sampel		

BAB 4

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Perencanaan Campuran Beton

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai dari data Tabel 4.1 dibawah ini. tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (Mix Design) dengan kuat tekan diisyaratkan sebesar 20 MPa.

Tabel 4.1: Data-data hasil pemeriksaan dasar

No	Data Tes Dasar	Nilai
1	Berat jenis agregat kasar	2,704 gr/cm ³
2	Berat jenis agregat halus	2,815 gr/cm ³
3	Kadar lumpur agregat kasar	1,375 %
4	Kadar lumpur agregat halus	3,975 %
5	Berat isi agregat kasar	1,5 gr/cm ³
6	Berat isi agregat halus	1,17 gr/cm ³
7	FM agregat kasar	7,28 %
8	Fm agregat halus	3,82 %
9	Kadar air agregat kasar	0,52 %
10	Kadar air agregat halus	2,56 %
11	Penyerapan agregat kasar	0,805 %
12	Penyerapan agregat halus	1,16 %
13	Nilai slump rencana	30-60 mm
14	Ukuran agregat maksimum	40 mm

4.1.1 Pemeriksaan Agregat Kasar

- Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Berdasarkan hasil uji berat jenis penyerapan agregat kasar mengacu berdasarkan ASTM C 127 tentang berat jenis dan penyerapan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data – data pada Tabel sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang diperiksa. Pada Tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis. Dari percobaan ini di dapat nilai rata-rata BJ contoh kering 2,645 gr, BJ kering permukaan (SSD) 2,665 gr dan BJ Semu (Sa) 2,704 gr sehingga rata – rata nilai penyerapan yang di dapat pada percobaan ini sebesar 0,805%. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu.

Tabel 4.2: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Agregat Kasar	Sample I	Sample II	Rata-rata	Satuan
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (A)	2730	2630	2680	Gr
Berat contoh SSD kering oven (110) sampai konstan (C)	2708	2609	2658,5	Gr
Berat contoh jenuh (B)	1708	1643	1675,5	Gr
Berat contoh kering $C/A(A-B)$	2,65	2,64	2,654	Gr
Berat jenis contoh SSD $A/(A-B)$	2,67	2,66	2,665	Gr
Berat jenis contoh semu $C/(C-B)$	2,708	2,70	2,704	Gr
Penyerapan $((A-C)/C) \times 100\%$	0,81	0,80	0,805	%

- Analisa Gradasi Agregat Kasar

Dari hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 40 mm. Dan berdasarkan Acuan SNI 03-1968-1990 tentang analisa saringan agregat kasar. Dari hasil penelitian ini di dapat nilai analisa gradasi agregat kasar yang tertera pada tabel berikut.

Tabel 4.3: Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar

Nomor saringan	Berat Tertahan			Komulatif		
	Sampel I (gr)	Sampel II (gr)	Berat Total (gr)	%	Tertahan (%)	Lolos (%)
38,1 (1.5 in)	71	82	153	3,82	3,82	96,18
19,0 (3/4 in)	791	811	1602	40,05	43,87	56,13
9,52 (3/8 in)	748	736	1484	37,10	80,97	19,03
4,75 (No.4)	390	371	761	19,03	100	0
2,36 (No. 8)	0	0	0	0	100	0
0,30 (No. 50)	0	0	0	0	100	0
0,60 (No.30)	0	0	0	0	100	0
0,30 (No. 50)	0	0	0	0	100	0
0,15 (No. 100)	0	0	0	0	100	0
4,2,3 Pan	0	0	0	0	100	0
Total	2000	2000	4000			
FM (MODULUS KEHALUSAN)					7,28	

Berdasarkan Tabel 4.3, maka diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) sebagai berikut:

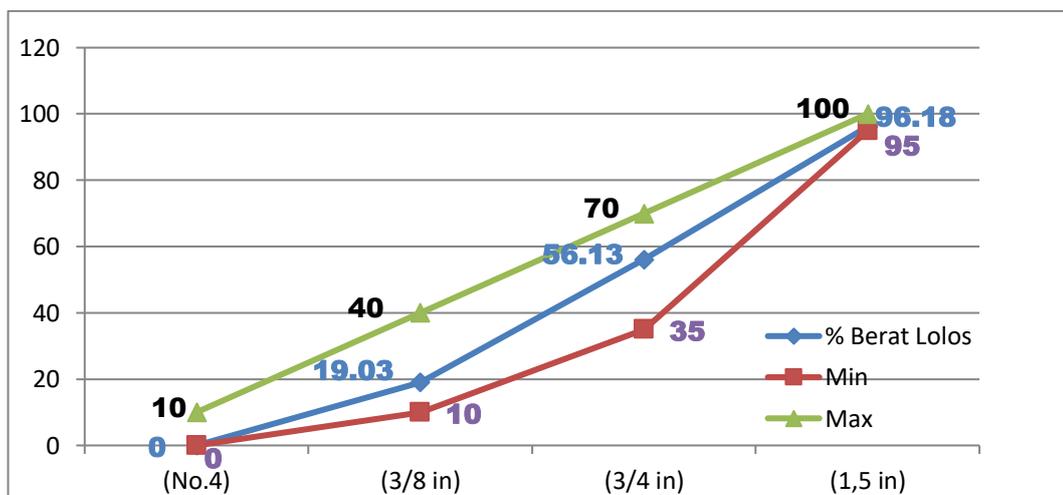
$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus Kehausan)} &= \frac{\text{jumlah \% kumulatif tertahan}}{100} & (4.1) \\
 &= \frac{728,66}{100} \\
 &= 7,28
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian analisa saringan selain untuk menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat kasar. Daerah gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Batas gradasi agregat kasar

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos (%)		
	Gradasi Agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100	-	-
38	95-100	100	-
19	37-70	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Berdasarkan Tabel 4.4 gradasi agregat kasar menggunakan persyaratan gradasi agregat dengan ukuran butir maksimum 40 mm, tetapi dalam analisa saringan agrgeat kasar ini diperoleh gradasi sela karena terdapat fraksi ukuran 20 mm dan 10 mm yang tidak terpenuhi. Apabila salah satu fraksi ukuran yang tidak terpenuhi maka akan mengakibatkan volume pori (ruang kosong) pada beton menjadi lebih banyak. Variasi ukuran agregat kasar akan mengakibatkan volume pori menjadi lebih kecil dan beton yang dihasilkan akan menjadi lebih padat. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Gradasi analisa agregat kasar.

- Kadar Lumpur Agregat Kasar

Dari hasil pengujian didapat nilai kadar lumpur pada sampel 1 sebesar 1,46% dan pada sampel 2 sebesar 1,29%. Oleh karena itu rata-rata nilai kadar lumpur pada kedua sampel adalah sebesar 1,375%. Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar yang mengacu pada SNI 4142:1996 yang dapat dilihat pada Table 4.5.

Tabel 4.5: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar

Agregat Halus Lolos Saringan No. 4 mm	I	II	Rata-rata
Berat contoh kering A (gr)	1300	1400	1350
Berat kering setelah dicuci B (gr)	1281	1382	1331,5
Persentase kotoran agregat halus lolos saringan No.200	19	18	18,6
Persentase kotoran agregat halus lolos saringan No.200	1,46	1,29	1,375

- Berat Isi Agregat Kasar

Dari pengujian diperoleh berat isi agregat kasar pada penelitian diperoleh rata-rata berat isi dengan nilai 1,5 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diizinkan pada beton normal yang berkisar 1,5-1,8 gr/cm³, sehingga berat pada agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

Tabel 4.6: Hasil pengujian berat isi agregat kasar

No.	Course Agreggate Passing No. 50.8	CARA LEPAS	CARA ROJOK	CARA GOYANG
1	Berat contoh & wadah W2 (gr)	29086	29581	30461
2	Berat wadah W1 (gr)	6500	6500	6500
3	Berat contoh W3 (gr)	22585	22981	23961
4	Volume wadah V (cm ³)	15465,21	15465,21	15465,21
5	Berat isi (gr/cm ³)	1,46	1,49	1,55
Average		1,5		

- Kadar Air Agregat Kasar.

Pelaksanaan pengujian kadar air agregat kasar mengacu pada SNI 03-4804-1998 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat isi agregat halus. Dari pengujian kadar air agregat kasar pada percobaan ini dengan percobaan 2 sample dimana nilai kadar air pada sample 1 sebesar 0,512 % dan sample 2 sebesar 0,519 % sehingga di dapat nilai rata-rata sebesar 0,516 %. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Hasil pengujian berat isi agregat kasar

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD & berat wadah (W1)	gr	2045	2025
Berat contoh kering oven & wadah (W2)	gr	2037	2017
Berat contoh kering oven (W2-W3)	gr	1562	1542
Berat wadah (W3)	gr	475	
Berat air (W1-W2)	gr/cm ³	8	8
Berat air total (P)			
$((W1-W2)/W2) \times 100\%$	%	0,512	0,519
Rata – rata		0,516%	

4.1.2 Pemeriksaan agregat halus

- Analisa Gradasi Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian analisa saringan mengacu pada SNI 03-1968-1990,serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil UMSU tentang analisa saringan agregat halus. Hasil dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.8: Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus.

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	Sampel I (gr)	Sampel II (gr)	Berat Total (gr)	%	Tertahan (%)	Lolos (%)
4.75 (No. 4)	20	25	45	2,25	2,25	97,75
2.36 (No. 8)	15	14	29	1,45	3,70	96,30
1.18 (No. 16)	217	227	444	22,20	25,90	74,10

Tabel 4.8: Lanjutan

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	Sampel I (gr)	Sampel II (gr)	Berat Total (gr)	%	Tertahan (%)	Lolos (%)
0.60 (No.30)	310	414	724	36,20	62,10	37,90
0.30 (No. 50)	353	235	588	29,40	91,50	8,50
0.15 (No. 100)	57	60	117	5,85	97,35	2,65
PAN	28	25	53	2,65	100	0
Total	1000	1000	2000	100	382,80	317,2
FM (MODULUS KEHALUSAN)					3,82	

Modulus Halus butir = $\frac{\sum \% \text{Berat tertahan kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100}$

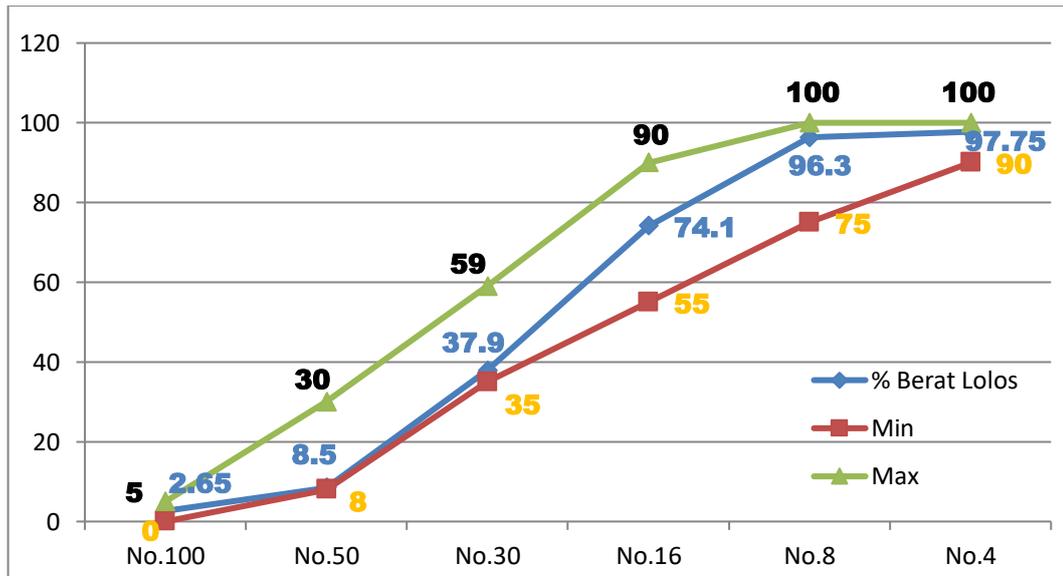
$$= \frac{97,35 + 91,50 + 62,10 + 25,90 + 3,70 + 2,25}{100} = 3,82$$

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat modulus butir sebesar 3,82%.

Tabel 4.9: Daerah gradasi agregat halus.

Nomor Saringan	Lubang Saringan (mm)	Persen bahan butiran yang lolos saringan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
4	4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
8	2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
16	1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
30	0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
50	0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
100	0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Berdasarkan Tabel 4.9 agregat halus yang digunakan memenuhi persyaratan gradasi daerah II dengan jenis pasir agak kasar. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan gradasi daerah II dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Gradasi Saringan Agregat Halus.

- Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis penyerapan agregat halus dari 2 sample dengan berat sample SSD rata-rata 4800 gr. Dari percobaan ini di dapat nilai rata-rata BJ kering (Sd) 2,725 gr, BJ jenuh kering permukaan (Ssd) 2,76 gr dan BJ Semu (Sa) 2,815 gr sehingga rata-rata nilai penyerapan yang di dapat pada percobaan ini sebesar 1,16%. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu.

Tabel 4.10 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

Agregat Halus Lolos Saringan No. 4	I	II	Rata-Rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh B (gr)	480	480	480
Berat contoh SSD oven 110°C sampai konstan E (gr)	473	476	474,5
Berat piknometer penuh air D (gr)	662	670	666
Berat jenis contoh kering $C/A(A-B)$ (gr)	2,65	2,64	2,645
Berat jenis contoh kering $E/(B+D-C)$ (gr/cm ³)	2,75	2,70	2,725
Berat jenis contoh SSD $B/(B+D-C)$ (gr/cm ³)	2,79	2,73	2,76
Berat jenis contoh semu $E/(E+D-C)$ (gr/cm ³)	2,86	2,77	2,815
Penyerapan $(B- E)/E \times 100\%$ (%)	1,48%	0,84%	1,16%

- Berat Isi Agregat Halus

Didapat Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,17 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan pada beton normal yaitu minimal 1,5 – 1,8 gr/cm³, sehingga berat pada agregat halus telah memenuhi syarat.

Tabel 4.11: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan

No.	Course Aggregate Passing No. 50.8	CARA LEPAS	CARA ROJOK	CARA GOYANG
1	Berat contoh & wadah W2 (gr)	23823	24200	25981
2	Berat wadah W1 (gr)	6500	6500	6500

Tabel 4.11: *Lanjutan*

No.	Course Agreggate Passing No. 50.8	CARA LEPAS	CARA ROJOK	CARA GOYANG
3	Berat contoh W3 (gr)	17323	17700	19481
4	Volume wadah V (cm ³)	15465,21	15465,21	15465,21
5	Berat isi (gr/cm ³)	1,12	1,14	1,26
Average		1,17		

- Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil pemeriksaan hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 3,975%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

Tabel 4.12 Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus

Agregat Halus lolos saringan No. 4 mm	Sampel I	Sampel II	Rata- Rata
Berat contoh kering A (gr)	600	650	625
Berat kering setelah dicuci B (gr)	580	620	600
Berat kotoran lolos saringan No. 200 setelah dicuci C (gr)	20	30	25
Persentase kotoran agregat halus lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	3,33	4,62	3,975

- Kadar Air Agregat Halus

Dari pengujian kadar air agregat kasar pada percobaan ini dengan percobaan 2 sample dimana nilai kadar air pada sample 1 sebesar 3,64 % dan sample 2 sebesar 1,48% sehingga di dapat nilai rata-rata sebesar 2,56%.

Tabel 4.13: Hasil pengujian kadar air agregat halus

<i>Fine Agregate Passing No. 9,5 mm</i>	Sample 1	Sample 2
Berat contoh SSD & Berat Wadah (W1)	1045	1025
Berat contoh kering Oven & Wadah (W2)	1025	1017
Berat contoh kering oven (W2 - W3)	550	542
Berat wadah (W3)	475	
Berat air (W1-W2)	20	8
Kadar Air (W1- W2) / (W2-W3) x 100%	3,64%	1,48%
Rata-rata	2,56%	

4.2 Persentase atau Komposisi Masing-Masing Komponen Material Pembentuk Beton

Hal ini menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan serta memiliki kelecakan yang sesuai dengan mempermudah proses pengerjaan.

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Perencanaan campuran adukan beton menurut SNI 03- 2834-2000 sebagai berikut.

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4.2)$$

Dengan :

S = Deviasi standar

x_i = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

\bar{x} = Kuat tekan beton rata-rata menurut rumus

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4.3)$$

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 4.14.
5. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c') pada umur tertentu. Penghitungan nilai deviasi standar (S). Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji < 30 dapat dilihat pada Tabel 4.14. Pada Tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Tabel 4.14: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia (SNI 03-2834, 2000).

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

1. Kuat Tekan yang diisyaratkan = 20 Mpa
2. Deviasi standar diketahui dari besarnya jumlah (volume) pembebasan yang akan dibuat dalam hal ini di anggap untuk pembuatan (1.000-3.000) m³ beton sehingga nilai S= 7 MPa.
3. Nilai tambah dihitung menurut rumus:

$$M = 1,03 \times sr : \quad (4.4)$$

Dengan M adalah nilai tambah

1,03 = faktor pengali deviasi standar untuk jumlah benda uji < 25 sampel

S r adalah deviasi standar rencana

Tabel 4.15: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono 2004).

Tingkat Mutu Pekerjaan	Sr (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

4. Nilai tambah (M) = 1,03 x Sr = Mpa.
5. Kuat tekan rata – rata yang ditargetkan

$$F_{cr}' = f_c' + M Sr \quad (4.5)$$

$$= Mpa$$
6. Penetapan jenis semen yang digunakan adalah semen Portland Tipe I
7. Jenis agregat kasar dan jenis agregat halus ditetapkan berupa agregat alami (batu pecah dan semen alami).
8. Penetapan nilai faktor air semen bebas:
 Nilai faktor air semen bebas dapat diambil dari dari Gambar 4.3 berikut yang menjelaskan tentang hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder, (SNI 03-2834-2000):
9. Faktor air semen maksimum

10. Penetapan nilai slump. Penetapan nilai slump ditentukan, berupa 30 - 60 mm
11. Penetapan besar butir agregat maksimum pada beton ditetapkan 40 mm.
12. Jumlah kadar air bebas ditentukan berdasarkan Tabel 4.16 yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah sebagai berikut:

Tabel 4.16: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834, 2000)

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	137	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

13. Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung dengan menggunakan Persamaan

$$\bullet \quad \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (4.6)$$

Dimana:

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

14. Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\bullet \quad W_{s_{mn}} = 1/F_{as} \times W_{air} \quad (4.7)$$

Dimana:

F_{as} = Faktor air per meter kubik beton

15. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan. Dapat dilihat pada Tabel 4.17. Dari tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya. Dan ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat dapat di lihat pada Tabel 4.17, serta ketentuan minimum untuk beton bertulang kepad air dapat di lihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.17: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834, 2000)

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: Keadaan keliling non-korosif Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275 325	0,60 0,52
Beton di luar ruangan bangunan: Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung Terlindung dari hujan dan terik mata hari langsung	325 275	0,60 0,60
Beton masuk kedalam tanah: Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah Beton yang kontinyu berhubungan: Air tawar Air laut	325	0,55 Lihat Tabel 4.18 Lihat Tabel 4.19

Tabel 4.18: Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat (SNI 03-2834, 2000).

Kadar sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₂			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m ³)		F.A.S	
	Dalam Tanah		SO ₃ dalam air tanah g/l					
1.	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	80	300		0,5
2.	0,2 - 0,5	1,0 - 0,9	0,3 - 1,2	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	290	330		0,5
				Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	270	310		0,55
3.	0,5 - 1	1,9 - 3,1	1,2 - 2,5	Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380	430	0,45
4.	1,0 - 2,0	3,1 - 5,6	2,5 - 5,0	Tipe II atau Tipe V	330	370	420	0,45

Tabel 4.18 Lanjutan

Kadar sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₂			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m ³)			F.A.S	
	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0		330	370	420	0,45	
5.				Tipe II atau Tipe V Lapisan Pelindung					

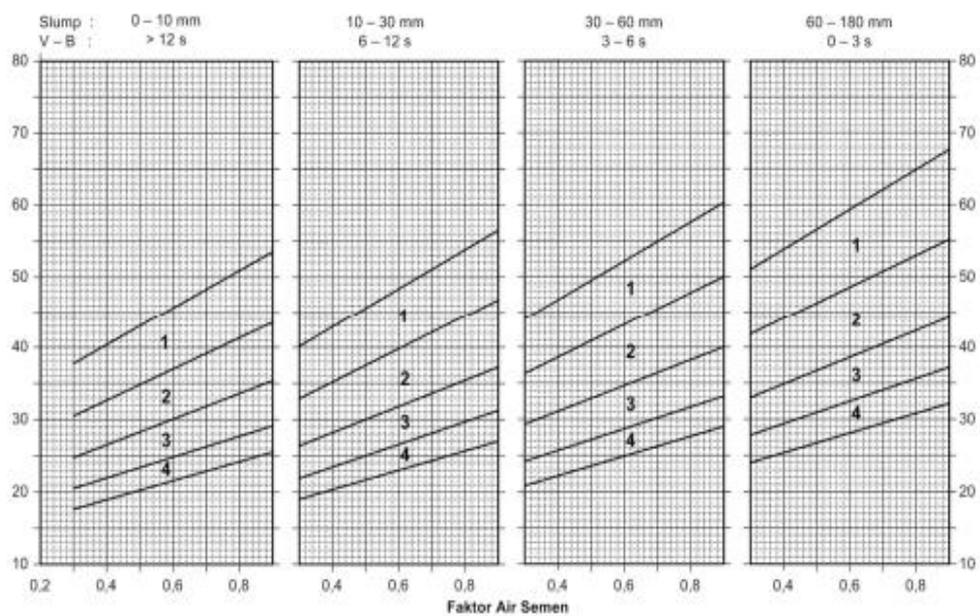
Tabel 4.19: Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air (SNI 03-2834-2000)

Jenis beton	Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan	Faktor air maks	Tipe semen	Kandungan semen minimum (kg/m ³)	
				Ukuran nominal Maksimum agregat	
				40 mm	20 mm
Bertulang	Air tawar	0,50	Tipe-V	280	300
	Air payau	0,45	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau		
Prategang	Air laut	0,50 0,45	Semen Portland Pozolan Tipe II atau Tipe V Tipe II atau Tipe V	340	380

16. 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 faktor air semen harus diperhitungkan kembali.

17. Penetapan jenis agregat halus agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yang digunakan yaitu pasir agak halus Tabel 4.9. Penetapan jenis agregat kasar menurut Tabel 4.4

18. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran. Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut *slump* yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Jika ukuran butir maksimun sebesar 40 mm dapat dilihat pada gambar 4.3 untuk mencari proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran.



Gambar 4.3: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimun 10 mm.

19. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan menggunakan Persamaan:

- $b_{j \text{ camp}} = k_h/100 \times b_{jh} + k_k/100 \times b_{jk}$ (4.8)

Dimana :

$B_{j \text{ camp}}$ = berat jenis agregat campuran

B_{jh} = berat jenis agregat halus

B_{jk} = berat jenis agregat kasar

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

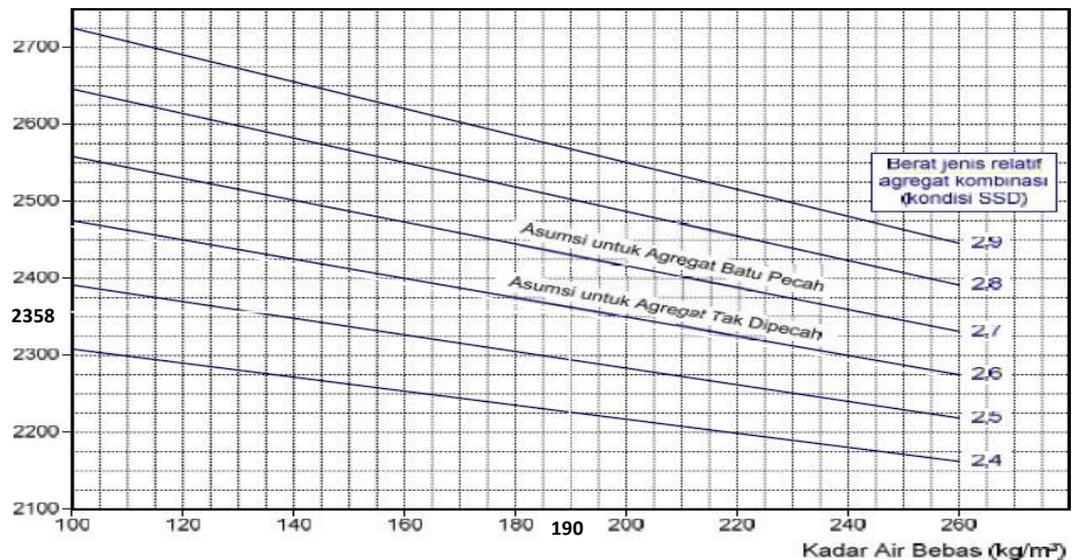
K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

20. Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika belum ada maka dapat diambil sebesar

$B_j = 2,60$ untuk agregat tak pecah atau alami

$B_j = 2,70$ untuk agregat pecah

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari nilai kadar air bebas dalam grafik dan nilai berat jenis dalam grafik Gambar 4.4



Gambar 4.4: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.

21. Dihitung kebutuhan berat agregat campuran

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan menggunakan

Persamaan :

$$W_{agr,camp} = W_{btn} - W_{air} - W_{smn} \quad (4.9)$$

Dengan :

$W_{agr,camp}$ = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton

W_{btn} = Berat beton per meter kubik beton (kg)

W_{air} = Berat air per meter kubik beton (kg)

W_{smn} = Berat semen per meter kubik beton (kg)

22. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan kebutuhan agregat halus dihitung dengan menggunakan :

$$W_{agr,h} = k_h \times W_{agr,camp} \quad (4.10)$$

Dengan:

k_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton(kg)

23. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan kebutuhan agregat kasar dihitung dengan

$$W_{agr,k} = k_k \times W_{agr,camp} \quad (4.11)$$

Dengan :

k_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran $W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg).

24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m³ adukan. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan. Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan harus dihitung menurut rumus sebagai berikut :

$$\text{Air} = B (C_k - C_a) \times \frac{c}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (4.12)$$

$$\text{Agregat Halus} = C + (C_k - C_a) \times \frac{c}{100} \quad (4.13)$$

$$\text{Agregat Kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{c}{100} \quad (4.14)$$

Dengan :

B adalah jumlah air (kg/m^3)

C adalah agregat halus (kg/m^3)

D adalah jumlah agregat kasar (kg/m^3)

C_n adalah absorbsi air pada agregat halus (%) D_a adalah absorpsi agregat kasar (%)

C_k adalah kandungan air dalam agregat halus (%)

D_k adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)

Kadar Kapur	Slump Test (mm)	Unit Weight (Kg/cm^3)	Rata-Rata kekuatan Tekan (Mpa)
0%	110	2.344	20.340
10%	70	2.332	21.869
20%	75	2.283	22.337
30%	60	2.360	21.249
40%	60	2.340	15.181
50%	55	2.338	14.929
60%	50	2.359	14.568
70%	50	2.342	12.229

Beton normal + kapur 5%

Berat beton sebelum direndam air = 12.300 g

Berat beton sesudah direndam air = 12.469 g

Menurut SNI

$$0\% = 2,344 \text{ kg/cm}^3$$

$$5\% = 2,337 \text{ kg/cm}^3$$

$$10\% = 2,332 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{Rumus} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t = 30, l = 15 \quad (4.15)$$

$$\frac{1}{4} \times 3,14 \times 15^2 \times 30v \quad (4.16)$$

$$176,62 \times 30$$

$$V = 5298 \text{ cm}^3$$

Hasil beton sebelum direndam = $2,321 \text{ kg/cm}^3$

Hasil beton sesudah direndam = $2,353 \text{ kg/cm}^3$

Hasil perbandingan berat beton normal ditambah kapur 5% yang sebelum direndam menghasilkan $2,321 \text{ Kg/cm}^3$ dan jika dibandingkan dengan SNI 5% yang hasilnya $2,377 \text{ kg/cm}^3$ itu tidak jauh beda. jadi dengan hasil seperti itu beton normal dengan tambahan kapur 5% sesuai dengan SNI karena hanya memiliki perbedaan yang sedikit saja. Lalu beton normal dengan tambahan kapur 5% yang sudah direndam juga memiliki hasil sebesar $2,353 \text{ Kg/cm}^3$ dan sama seperti hasil SNI 5% dengan jumlah $2,377 \text{ kg/cm}^3$. jadi hasil dari berat beton normal dengan tambahan kapur 5% sebelum dan sesudah rendaman mendapatkan hasil yang sesuai SNI.

4.3 Perhitungan Mix Design

Perencanaan campuran beton pada tahap ini dilakukan pembuatan *mix design* yang berdasarkan (SNI 03-2834-2000). Perencanaan beton merupakan suatu proses teoritis untuk menentukan jumlah masing-masing suatu campuran.

Tabel 4.20: Perencanaan campuran beton SNI 03-2834-2000

PERENCANAAN CAMPURAN BETON			
SNI 03-2834-2000			
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan yang diisyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	20 MPa
2	Deviasi standar		7 MPa
3	Nilai tambah (<i>margin</i>)		$1,03 \times 7 = 7,21$ MPa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1 + 3	27, 21 MPa
5	Jenis semen	Ditetapkan	Tipe I
6	Jenis agregat	Ditetapkan	Batu kerikil
	-kasar -halus	Ditetapkan	Pasir alami
7	Faktor air semen bebas	Tabel	0,4
8	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9	<i>Slump</i>	Ditetapkan	30-60 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm

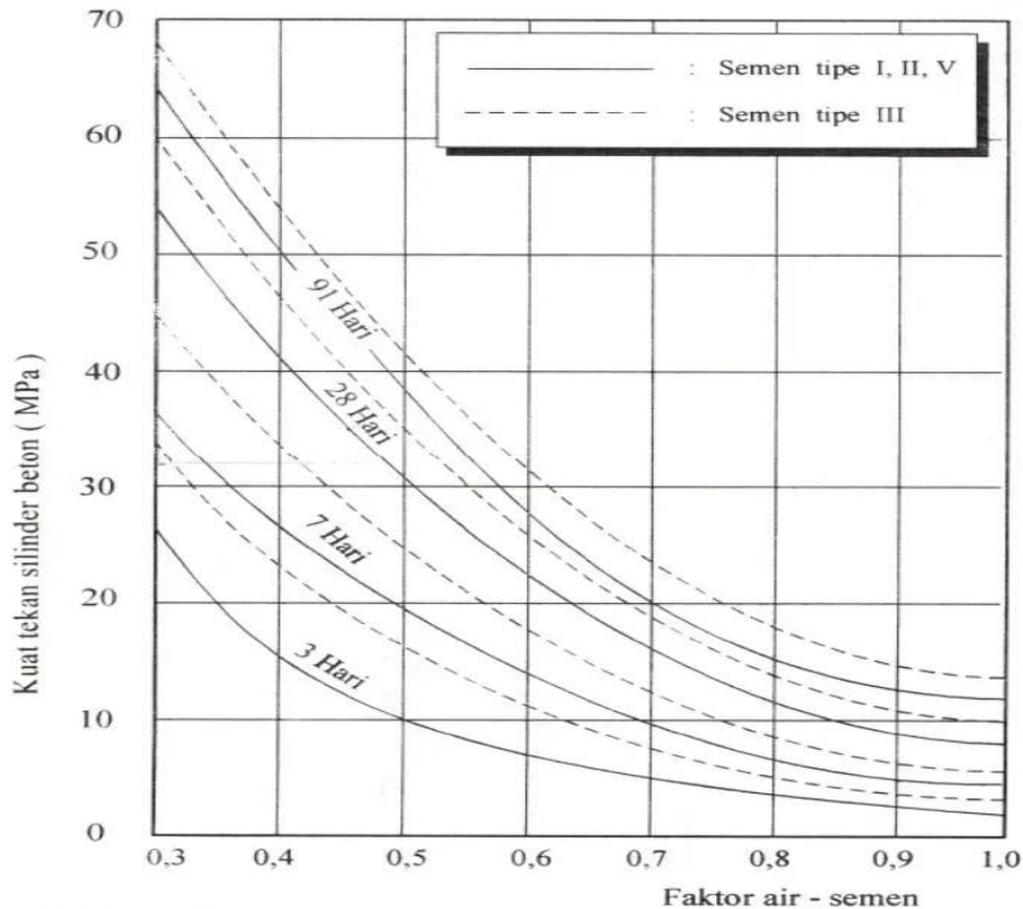
Tabel 4.20: *Lanjutan*

11	Kadar air bebas	Tabel 4.16		170 kg/m ³	
12	Jumlah semen	11/7		425 kg/m ³	
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		425 kg/m ³	
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m ³	
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	Disesuaikan		0,4	
18	Persen agregat halus	Item 2		35%	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Item 20		2,70	
20	Berat isi beton	Gambar 4.7		2425 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20 – (12+11)		1830 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		640,5 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1189,5 kg/cm ³	
24		Semen (kg)	Air (kg)	Kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	-Tiap m ³	425	170	640,5	118,5
	-Tiap campuran uji m ³	425	165,75	649,47	1186,05
	-Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,25	0,88	3,44	6,28
25	Koreksi proporsi campuran				
	-Tiap m ³	425	170	640,5	118,5
	-Tiap campuran uji m ³	425	165,75	649,47	1186,05
	-Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	1	0,39	1,53	2,80

1. Kuat tekan rencana ($f'c$) = 20 MPa dan benda uji akan dilakukan pengujian pada umur rencana 7, 14, dan 28 hari.
2. Deviasi standar nilai yang diambil sebesar 7 MPa.
3. Nilai tambah margin (M) adalah 7,21 MPa.
4. Kekuatan rata-rata yang ditargetkan

$$f_{cr} = f'c + 7,21 S_r = 27,21 \text{ Mpa} \quad (4.17)$$
5. Semen yang digunakan seharusnya semen Portland Tipe I (ditetapkan).
6. Agregat yang digunakan berupa agregat halus pasir alami dan agregat kasar.
7. Faktor air semen (FAS), berdasarkan perhitungan pada Gambar 4.5 tentang grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen dengan perkiraan

kekuatan tekan beton rata-rata 25,23 MPa, semen yang digunakan semen Portland tipe I, beton dilakukan pengujian pada umur rencana 7,14,28 hari, benda uji silinder dan agregat kasar berupa batu pecah maka digunakan nilai FAS sebesar 0,60.



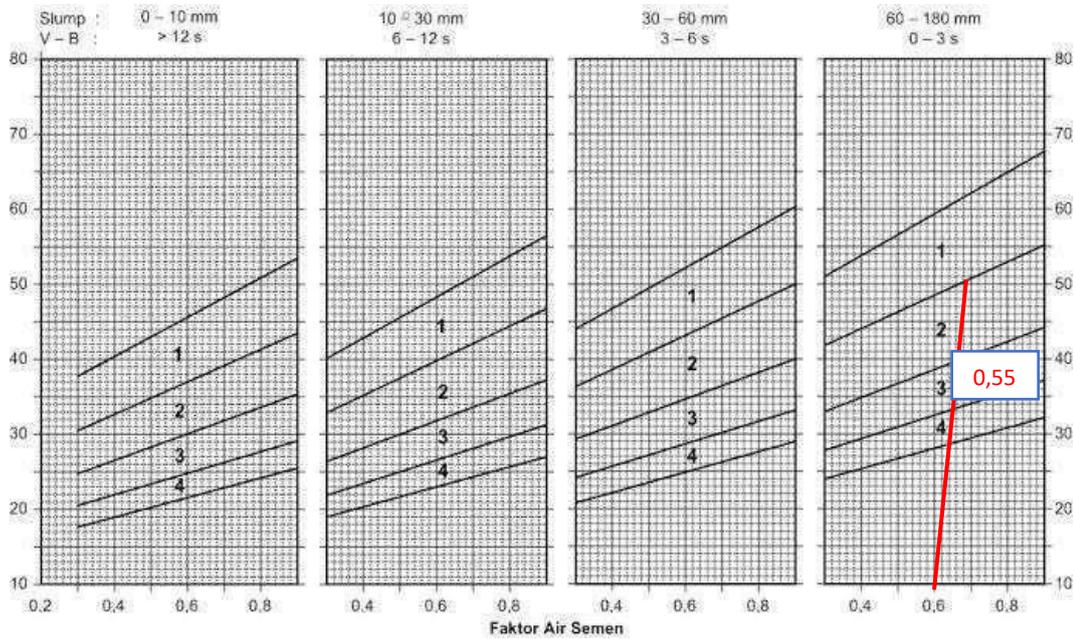
Gambar 4.4: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder.

Faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air bebas (kadar air bebas) dan berat semen dalam beton, yang dimana berat air bebas adalah $170 \text{ kg/cm}^3 : 425 \text{ kg/cm}^3 = 0,4$. Maka FAS yang disesuaikan adalah 0,4

8. Faktor air semen maksimum, berdasarkan Tabel 4.17 mengenai persyaratan factor air maksimum karena beton berada dilokasi terlindung dari hujan dan terik matahari langsung, maka faktor air semen yang disesuaikan sebesar 0,4 dan faktor air semen maksimum ditetapkan sebesar 0,60.

9. Nilai *slump* yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan *slump* rencana sebesar 30-60 mm
10. Ukuran maksimum yang digunakan sebesar 40 mm.
11. Kadar air bebas agregat campuran, ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 40 mm dan nilai *slump* yang ditentukan adalah 30-60 mm sehingga dari Tabel 16 diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (Wh) adalah 160 sedangkan untuk agregat kasar (Wk) adalah 190 sehingga nilai kadar air bebas yang digunakan sebagai berikut.
12. Kadar air bebas
- $$\begin{aligned} & 2/3 \text{ Agr. Halus} + 1/3 \text{ Agr. Kasar} & (4.18) \\ & = 2/3 \times 160 + 1/3 \times 190 \\ & = 170 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$
13. Kadar semen dapat dihitung dengan cara nilai kadar air bebas dibagi faktor airsemen, maka jumlah semen yang digunakan sebagai berikut.
- $$\begin{aligned} \text{Kadar air semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} & (4.19) \\ \text{Kadar semen} &= \frac{170}{0,4} \\ &= 425 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$
14. Kadar semen maksimum sebesar 425 kg/m³.
15. Kadar semen minimum untuk beton yang direncanakan didalam ruangan dan terlindung dari hujan serta terik matahari langsung mempunyai kadar semen minimum per-m³ sebesar 275 kg.
16. Faktor air semen yang disesuaikan berdasarkan Gambar 4.5 yaitu sebesar 0,4.
17. Susunan butir agregat halus berdasarkan Gambar 4.2 yaitu batas gradasi pasir no.2.
18. Susunan butir agregat kasar berdasarkan Gambar 4.1 yaitu batas gradasi kerikil ukuran maksimum 40 mm.
19. Persentase agregat halus, mengacu pada slump 30-60 mm, faktor air semen 0,4 dan ukuran butir maksimum 40 mm serta agregat halus berada pada gradasi 2

maka persentase agregat halus terhadap kadar agregat total sesuai pada Gambar 4.6. Sehingga diperoleh persentase halus batas bawah sebesar 35%.



Gambar 4.5: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada Fas 0,55.

20. Menghitung berat jenis relatif agregat (kering permukaan) SSD

$$\% \text{Agregat Halus} = 35\%$$

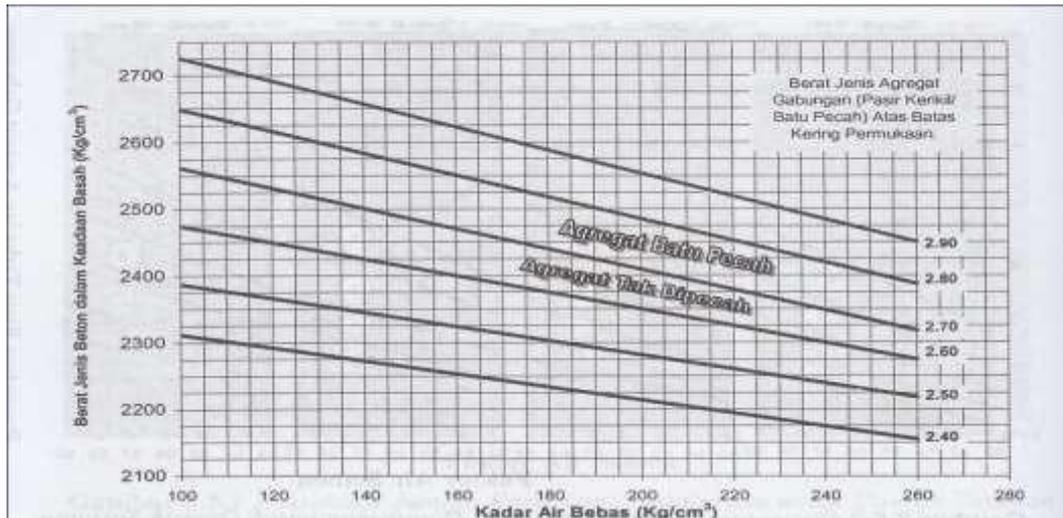
$$\% \text{Agregat Kasar} = 65\%$$

$$\text{Berat Jenis Relatif} = (\text{AH} \times \text{BJAH}) + (\text{AK} \times \text{BJAK}) \quad (4.20)$$

$$= (0,35 \times 2,76) + (0,65 \times 2,677)$$

$$= 2,70 \text{ kg/m}^3$$

21. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.5 dengan nilai kadar air bebas yang digunakan sebesar 170 dan berat jenis gabungan sebesar 2,70 maka diperoleh nilai berat isi beton sebesar 2425 kg/m³.



Gambar 4.6: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada Fas 0,38.

22. Kadar agregat gabungan diperoleh sebagai berikut. Kadar agregat gabungan = Berat isi beton-(kadar semen+kadar air bebas) = $2425 - (425 + 170) = 1830 \text{ kg/m}^3$. (4.21)

23. Kadar agregat halus diperoleh sebagai berikut. Kadar agregat halus = Kadar agregat gabungan x %AH = $0,35 \times 1830 = 640,5 \text{ kg/m}^3$. (4.22)

24. Kadar agregat kasar diperoleh sebagai berikut. Kadar agregat kasar = Kadar agregat gabungan-kadar agregat halus = $1830 - 640,5 = 1189,3 \text{ kg/m}^3$. (4.23)

25. Proporsi Campuran.

kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m³ adukan.

- Semen = $425 : 425 = 1$
- Air = $170 : 425 = 0,40$
- Pasir = $640,5 : 425 = 1,51$
- Batu Pecah = $1189,5 : 425 = 2,80$

Koreksi Proporsi Campuran

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat.

4.3.1 Perhitungan Mix Design Beton

Dalam penelitian ini pembuatan sampel memiliki masing-masing 3 variasi yang akan di cetak. Adapun jumlah yang digunakan untuk membuat mix dalam rencana adukan beton sebanyak 1 m³ adalah sebagai berikut :

- Jumlah air (B) = 170 kg/ m³.
- Jumlah agregat halus (C) = 640,5 kg/m³.
- Jumlah agregat kasar (D) = 1189,5 kg/m³
- Penyerapan agregat halus (Ca) = 1,16%
- Penyerapan agregat kasar (Da) = 0,81%
- Kadar air agregat halus (Ck) = 2,56%
- Kadar air agregat kasar (Dk) = 0,52%

a. Air

$$\begin{aligned} \text{Air} &= B - (C_k - C_a) \times \frac{c}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} & (4.24) \\ &= 170 - (2,56 - 1,16) \times \frac{640,5}{100} - (0,52 - 0,81) \times \frac{1189,5}{100} \\ &= 165,75 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

b. Agregat Halus

$$\begin{aligned} \text{Agregat halus} &= C + (C_k - C_a) \times \frac{c}{100} & (4.25) \\ &= 640,5 - (2,56 - 1,16) \times \frac{640,5}{100} \\ &= 649,47 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

c. Agregat Kasar

$$\begin{aligned} \text{Agregat Kasar} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} & (4.26) \\ &= 1189,5 + (0,52 - 0,81) \times \frac{1189,5}{100} \\ &= 1186,05 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil mix design beton normal mutu sedang maka kebutuhan bahan untuk 1 m³ sebagai berikut :

- Semen = 425 kg/m³
- Agregat halus = 649,47 kg/m³
- Agregat kasar = 1186,05 kg/m³
- Air = 165,75 kg/m³

Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder sebagai berikut :

Tinggi Silinder = 15 cm

Diameter Silinder = 30 cm

Maka ,volume silinder yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 1 benda uji} &= \pi r^2 t \\
 &= \frac{22}{7} \times \left(\frac{0,15}{2}\right)^2 \times 0,30 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}
 \tag{4.27}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji} \\
 &= \text{Banyak semen} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 425 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\
 &= 2,25 \text{ kg}
 \end{aligned}
 \tag{4.28}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji} \\
 &= \text{Banyak pasir} \times \text{volume 1 benda uji} \\
 &= 649,7 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\
 &= 3,44 \text{ kg}
 \end{aligned}
 \tag{4.29}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji} \\
 &= \text{Banyak batu pecah} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 1186,05 \times 0,0053 \\
 &= 6,28 \text{ kg}
 \end{aligned}
 \tag{4.30}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji} \\
 &= \text{Banyak air} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 165,75 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\
 &= 0,88 \text{ kg}
 \end{aligned}
 \tag{4.31}$$

Proporsi campuran untuk 1 benda uji dengan volume 0,0053 m³ dalam satuan kg yaitu :

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 2,25 : 3,44 : 6,28 : 0,88

Tabel 4.21: Banyak AAK+K yang dibutuhkan dalam 1 benda uji silinder

Persentase AAK+K (%)	Abu Ampas Kopi & Kapur (AAK+K)	
	Abu Ampas Kopi (gr)	Kapur (gr)
3 %	67,5	112,5
5%	112,5	112,5
7%	157,5	112,5

Semen + Pasir + Batu Pecah + Air

$$2,25 + 3,44 + 6,28 + 0,88$$

$$= 12,85 \text{ kg}$$

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 24 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 24 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 24 benda uji

$$= \text{Banyak semen 1 benda uji} \times 24 \text{ benda uji} \quad (4.32)$$

$$= 2,25 \times 24 \text{ benda uji}$$

$$= 54 \text{ kg}$$

- Pasir yang dibutuhkan untuk 24 benda uji

$$= \text{Banyak pasir 1 benda uji} \times 24 \text{ benda uji} \quad (4.33)$$

$$= 3,44 \times 24 \text{ benda uji}$$

$$= 82,56 \text{ kg}$$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 24 benda uji

$$= \text{Banyak batu pecah 1 benda uji} \times 24 \text{ benda uji} \quad (4.34)$$

$$= 6,29 \times 24 \text{ benda uji}$$

$$= 150,96 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 24 benda uji

$$= \text{Banyak air 1 benda uji} \times 24 \text{ benda uji} \quad (4.35)$$

$$= 0,88 \times 24 \text{ benda uji}$$

$$= 21,12 \text{ m}^3$$

- Abu ampas kopi 3% yang dibutuhkan sebagai pengganti semen untuk 6 benda uji

$$= \text{Banyak Abu ampas kopi 1 benda uji} \times 6 \text{ benda uji} \quad (4.36)$$

$$= 67,5 \times 6$$

$$= 0,405 \text{ kg}$$

- Abu ampas kopi 5% yang dibutuhkan sebagai pengganti semen untuk 6 benda uji

$$= \text{Banyak Abu ampas kopi 1 benda uji} \times 6 \text{ benda uji} \quad (4.37)$$

$$= 112,5 \times 6$$

$$= 0,675 \text{ kg}$$

- Abu ampas kopi 7% yang dibutuhkan sebagai pengganti semen untuk 6 benda uji

$$= \text{Banyak Abu ampas kopi 1 benda uji} \times 6 \text{ benda uji} \quad (4.38)$$

$$= 157,5 \times 6$$

$$= 0,945 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah Total Abu ampas kopi yang dibutuhkan} = 2,025 \text{ kg}$$

- Kapur 5% yang dibutuhkan sebagai pengganti semen untuk 18 benda uji

$$= \text{Banyak kapur 1 benda uji} \times 6 \text{ benda uji} \quad (4.39)$$

$$= 112,5 \times 18$$

$$= 2,025 \text{ kg}$$

Sehingga banyak jumlah semen yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$= \text{jumlah semen total} - (\text{jumlah total} + \text{jumlah total kapur}) \quad (4.40)$$

$$= 54 - 4,05$$

$$= 49,95 \text{ kg}$$

Tabel 4.22: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji

Nomor Saringan	% Berat Tertahan	Berat Tertahan (Kg)
1,5"	3,82	0,24
3/4"	40,05	2,52
3/8"	37,10	2,33
No. 4	19,03	1,20
Total		6,29

Tabel 4.23: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor Saringan	% Berat Tertahan	Berat Tertahan (Kg)
No. 4	2,25	0,08
No. 8	1,45	0,05
No. 16	22,10	0,76
No. 30	36,20	1,25
No. 50	29,40	1,01
No. 100	5,85	0,20
PAN	2,65	0,09
Total		3,44

4.4 Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan silinder sebagai benda uji dengan ukuran sisi 15 cm x 30 cm.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

a) Mix Beton

Beton diaduk dengan menggunakan mesin pengaduk (mixer). Untuk penggunaan air dibagi 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 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 di rojok/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 ditutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah ± 24 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

c) Perawatan beton

Setelah cetakan dibuka kemudian beton tersebut ditimbang lalu dimasukkan ke dalam bak perendaman. Perawatan beton bertujuan untuk membuat beton selalu lembab. Kelembapan membuat proses hidrasi berjalan dengan baik. Proses curing ini dilakukan dengan cara perendaman benda uji selama 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dalam bak air.

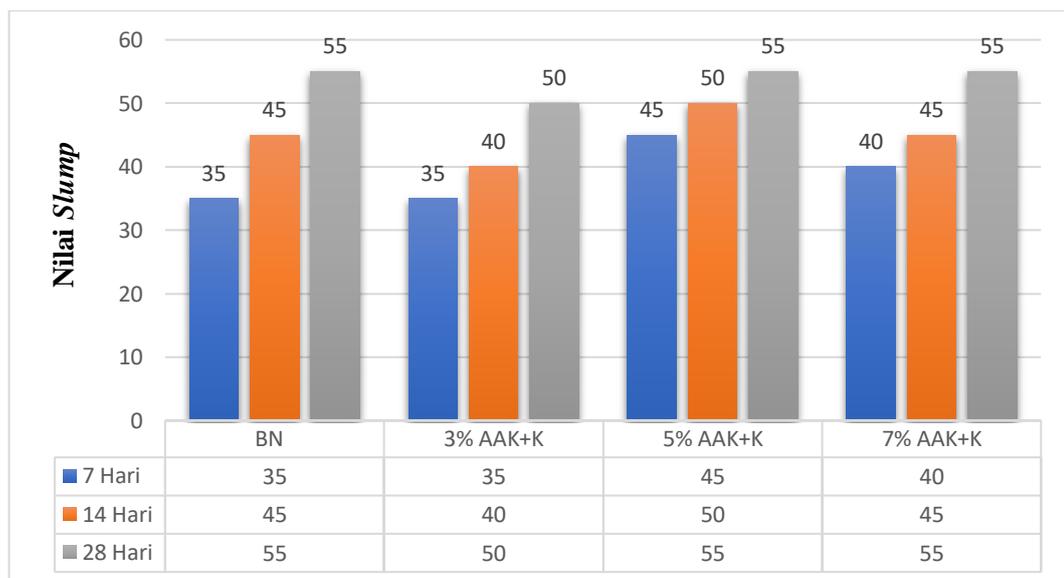
4.5 Pengujian *Slump* Beton

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 4.24: Nilai *Slump* test beton campuran AAK dan beton normal.

No	Variasi	<i>Slump tes (mm)</i>		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	BN	35	45	55
2	3% AAK+K	35	40	50
3	5% AAK+K	45	50	55
4	7% AAK+K	40	45	55



Gambar 4.7: Perbandingan nilai *slump* kuat tekan beton.

Berdasarkan Tabel 4.24 menjelaskan perbandingan nilai slump antara beton normal dengan beton variasi dimana pada beton normal didapatkan nilai slump sesuai rencana 30-60 mm, sedangkan beton dengan variasi mendapatkan hasil slump tertinggi diantara beton normal. Untuk beton normal hanya dapat slump normal dikarenakan tidak ada campuran bahan tambahan yang membuat

workability dari beton naik. Namun pada nilai slump beton normal, mengalami peningkatan yang cukup signifikan yaitu 35 mm – 45 mm – 55 mm. Untuk beton dengan variasi AAK+K 3% juga mengalami kenaikan yang sama dengan beton normal. Untuk variasi beton AAK+K 5% mengalami kenaikan tertinggi di hari ke 28 hari dengan nilai slump 55 mm. Dan untuk variasi AKK+K 7% mendapatkan nilai slump tertinggi di hari ke 14 dan 28 yaitu 55 mm. Berikut ini akan disajikan grafik nilai perbandingan *slump* per 7 hari, 14 hari dan 28 hari setiap variasi beton normal dan beton variasi.

4.6 Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton

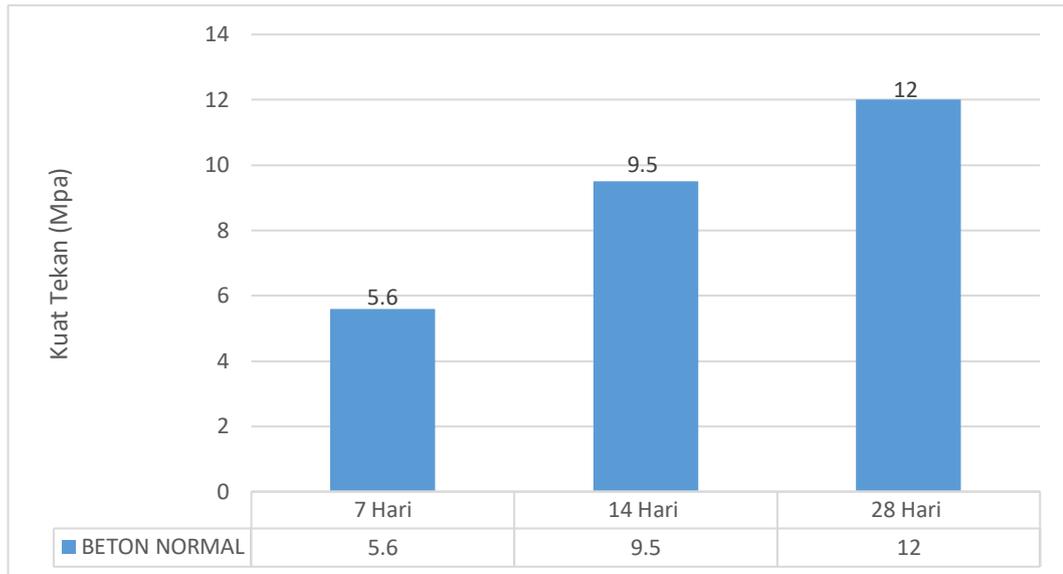
Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-2491-2002, Pengujian beton dilakukan pada saat beton berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tekan (*compressive strenght test*) dengan 150 ton. Benda uji yang berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4.25

4.6.1 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7,14 & 28 hari dengan jumlah benda uji 6 buah. Hasil kuat tekan beton normal 7 hari dapat dilihat pada Tabel 4.25. Dari 6 masing-masing benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 5,6 Mpa pada umur beton 7 hari, 9,5 Mpa pada umur beton 14 hari & 12 Mpa pada umur 28 hari.

Tabel 4.25: Hasil pengujian kuat tekan beton normal

Hari	P = Beban Tekan (Kg)	A= 176,625 cm ² f ['] c = (P/A) (MPa)	Fc' (MPa)
BETON NORMAL			
7	10109,7	57,238	5,6
14	17186,49	97,305	9,5
28	21735,86	123,062	12



Gambar 4.8: Pengujian rata-rata kuat tekan beton normal

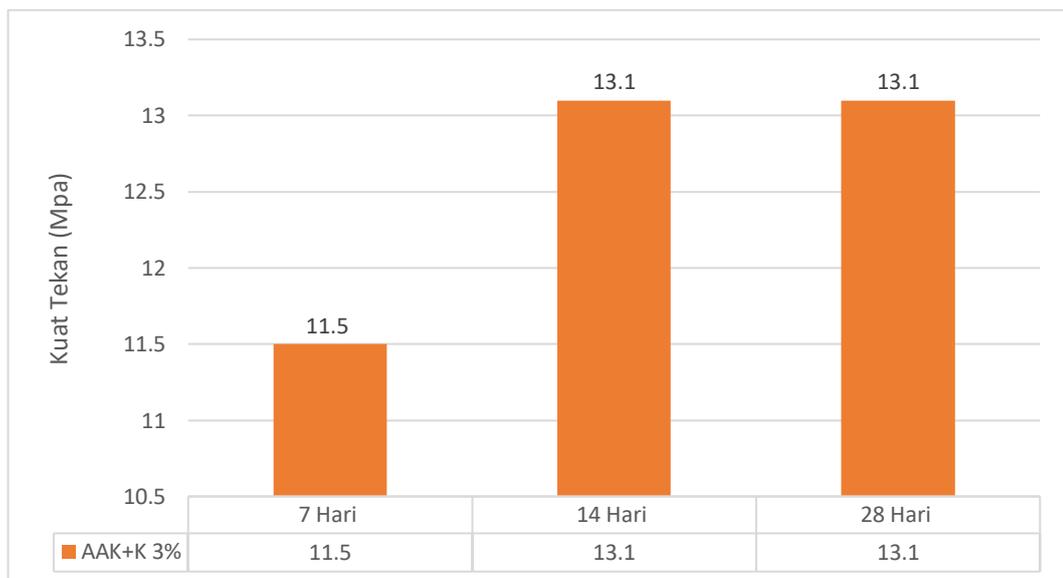
Beton normal sendiri mengalami kenaikan disetiap 7,14,28 hari karena beton normal tersebut tidak memiliki bahan tambah sehingga meningkatkan kuat tekan pada beton. Reaksi *pozolan* dan bahan semen mungkin belum sepenuhnya dioptimalkan, yang mengakibatkan peningkatan kekuatan yang kurang optimal dalam campuran beton, yang menyebabkan nilai kekuatan tekan di bawah target. Kondisi pengeringan yang tidak memadai atau durasi pengeringan yang tidak mencukupi dapat menghambat perkembangan kekuatan yang lengkap dalam campuran beton, yang memengaruhi hasil kekuatan tekan pada hari ke-7, ke-14, dan ke-28.

4.6.2 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi AAK+K 3%

Pengujian beton variasi AAK+K 3% dilakukan pada saat beton berumur 7,14 & 28 hari dengan jumlah benda uji 6 buah. Hasil kuat tekan beton normal 7 hari dapat dilihat pada Tabel 4.26. Dari 6 masing-masing benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 11,5 MPa pada umur beton 7 hari, 13,1 MPa pada umur beton 14 hari & 13,1 Mpa pada umur 28 hari.

Tabel 4.26: Hasil pengujian kuat tekan beton variasi AAK+K 3%

Hari	P = Beban Tekan (Kg)	A= 176,625 cm ² f'c = (P/A) (MPa)	Fc' (MPa)
AAK+K 3%			
7	20724,89	117,338	11,5
14	23757,8	134,51	13,1
28	23757,8	134,51	13,1



Gambar 4.9 Pengujian rata-rata kuat tekan beton variasi AAK+K 3%

Proses hidrasi beton mungkin telah mencapai titik puncak setelah 14 hari, yang menyebabkan stabilisasi nilai kekuatan tekan antara periode pengujian 14 hari dan 28 hari. Reaksi *pozolan* antara abu ampas kopi dan bahan semen dapat diselesaikan pada hari ke-14, yang menyebabkan kejenuhan perkembangan kekuatan dan mempertahankan nilai kekuatan tekan yang mirip pada 28 hari.

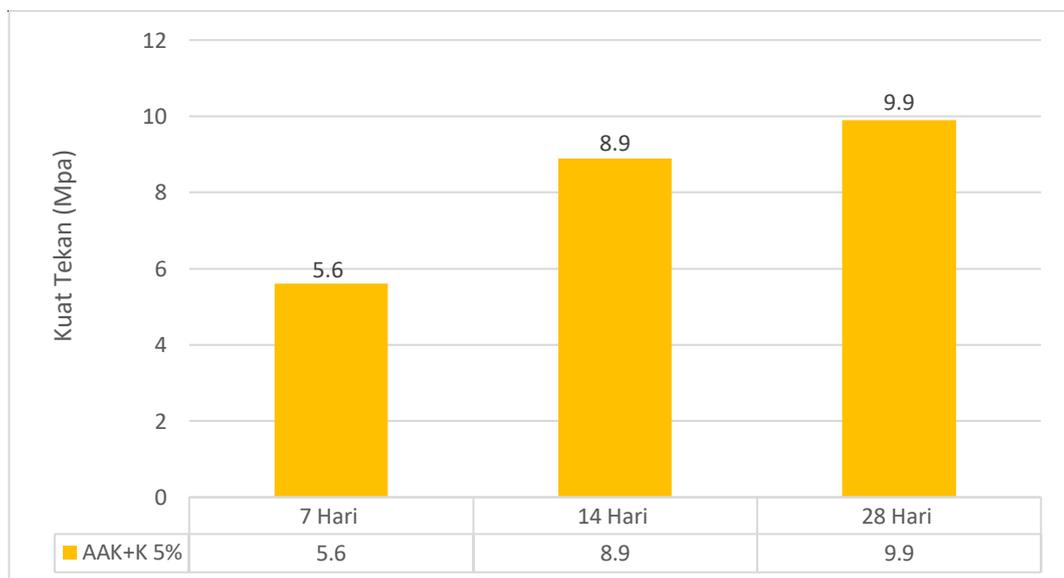
Desain campuran beton dengan 3% abu ampas kopi mungkin telah mencapai potensi maksimumnya dalam hal peningkatan kekuatan pada hari ke-14, sehingga menghasilkan efek titik puncak di mana pengawetan lebih lanjut tidak berdampak signifikan pada nilai kekuatan tekan.

4.6.3 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi AAK+K 5%

Pengujian beton variasi AAK+K 5% dilakukan pada saat beton berumur 7,14 & 28 hari dengan jumlah benda uji 6 buah. Hasil kuat tekan beton normal 7 hari dapat dilihat pada Tabel 4.26. Dari 6 masing-masing benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 5,6 MPa pada umur beton 7 hari, 8,9 MPa pada umur beton 14 hari & 9,9 MPa pada umur 28 hari.

Tabel 4.27: Hasil pengujian kuat tekan beton variasi AAK+K 5%

Hari	P = Beban Tekan (Kg)	A= 176,625 cm ² f'c = (P/A) (MPa)	Fc' (MPa)
AAK+K 5%			
7	10109,7	57,238	5,6
14	16175,52	91,581	8,9
28	17845,03	101,03	9,9



Gambar 4.10: Pengujian Rata-rata Kuat Tekan Beton Variasi AAK+K 5%

Faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan kuat tekan beton dengan abu ampas kopi dan kapur selama 7, 14, 28 hari. Peningkatan kuat tekan dapat dikaitkan dengan kuat tekan yang dicapai dengan penggantian sebagian semen dengan abu

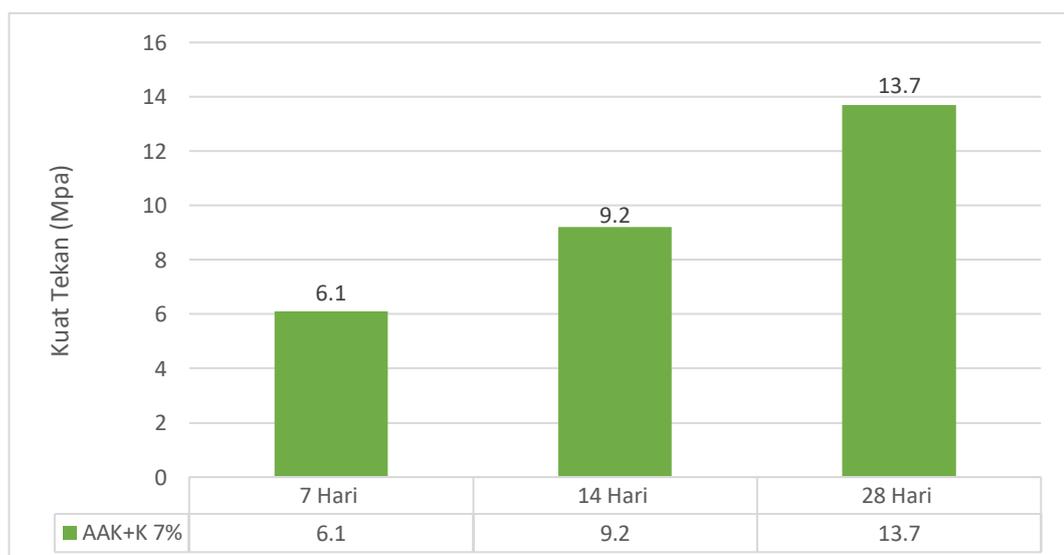
ampas kopi dan kapur dalam campuran beton. Hasil menunjukkan bahwa campuran beton dengan abu ampas kopi dan kapur sebagai pengantian sebagian semen dapat mempertahankan kekuatan desainnya tanpa mengorbankan kinerja beton, yang mengarah pada peningkatan kuat tekan dari waktu ke waktu.

4.6.4 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi AAK+K 7%

Pengujian beton variasi AAK+K 7% dilakukan pada saat beton berumur 7,14 & 28 hari dengan jumlah benda uji 6 buah. Hasil kuat tekan beton normal 7 hari dapat dilihat pada Tabel 4.27. Dari 6 masing-masing benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 6,1 MPa pada umur beton 7 hari, 9,2 MPa pada umur beton 14 hari & 13,1 MPa pada umur 28 hari.

Tabel 4.28: Hasil pengujian kuat tekan beton variasi AAK+K 7%

Hari	P = Beban Tekan (Kg)	A= 176,625 cm ² f'c = (P/A) (MPa)	Fc' (MPa)
AAK+K 7%			
7	11120,67	62,962	6,1
14	16681,01	94,443	9,2
28	17845,03	140,234	13,7

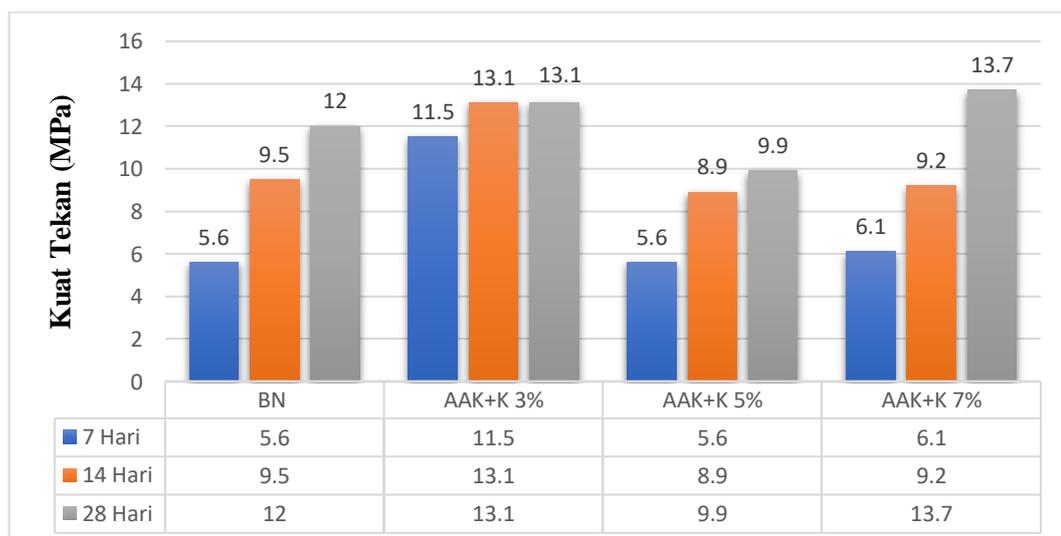


Gambar 4.11: Pengujian rata-rata kuat tekan beton variasi AAK+K 7%

Campuran 7% abu ampas kopi dan kapur mungkin telah mengoptimalkan reaksi pozolan, meningkatkan pembentukan bahan pengikat tambahan seperti gel kalsium silikat hidrat, yang berkontribusi pada peningkatan kuat tekan dari waktu ke waktu. Campuran 7% dapat memberikan komposisi yang lebih seimbang, memastikan reaktivitas yang memadai dengan kapur dan air, yang mengarah pada peningkatan hidrasi dan pembentukan beton pada akhirnya menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingat campuran 3% dan 5% 28 hari.

Sifat kimia abu sekam kopi pada tingkat penggantian 7% mungkin telah memengaruhi mikrostruktur beton secara positif, mengurangi rongga dan meningkatkan kepadatan dan kekuatan material secara keseluruhan, sehingga berkontribusi pada kuat tekan yang lebih tinggi yang diamati dalam campuran beton.

Campuran 7% mungkin telah mencapai keseimbangan optimal antara jumlah abu sekam kopi dan kapur, memastikan pemanfaatan sifat *pozzolan* yang efektif dan meningkatkan sifat mekanik beton secara keseluruhan, sehingga menghasilkan hasil kekuatan tekan yang lebih unggul dibandingkan dengan campuran 3% dan 5%.



Gambar 4.12: Rata – rata pengujian kuat tekan beton.

Dari hasil perhitungan yang didapat pembuatan beton dengan campuran abu ampas kopi + kapur 5% yang menggunakan takaran 3%,5%,7% mendapatkan hasil yang tidak begitu baik karena mendapatkan persentase nilai yang sedikit dan sangat jauh dari nilai terget yang direncanakan. Hasil kuat tekan yang didapat dengan hasil yang cukup tinggi terdapat di AAK+K 7% dengan nilai kuat tekan 13,7 MPa pada umur 28 hari.

Penggunaan abu ampas kopi (CGA) dan kapur dalam formulasi beton telah dieksplorasi sebagai alternatif berkelanjutan untuk bahan tradisional. Penelitian menunjukkan bahwa menggabungkan CGA dapat mengurangi kekuatan tekan beton. Demikian pula, penelitian lain mencatat bahwa ampas kopi bekas (SCG) berdampak negatif terhadap kekuatan tekan dan hidrasi tertunda dalam campuran beton. Namun, ketika CGA dikombinasikan dengan kapur, dapat meningkatkan pembentukan senyawa semen yang bermanfaat, berpotensi meingkatkan kinerja beton secara keseluruhan. Jadi, sementara CGA dapat bermanfaat dalam jumlah kecil, efektivitasnya berkurang dengan meningkatnya proporsi, memerlukan pertimbangan yang cermat dari desain campuran ntuk mengoptimalkan kekuatan dan keberlanjutan beton (Citra dkk., 2024).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil Kesimpulan antara lain:

1. Dari hasil penelitian tersebut abu ampas kopi dengan tambahan kapur tidak begitu mampu meningkatkan kekuatan tekan beton. dikarenakan abu ampas kopi yang digunakan dalam porsi yang banyak tidak dapat menggantikan sifat halus yang dimiliki semen dan penambahan variasi abu ampas kopi dan kapur pada campuran beton menghasilkan pengaruh kekuatan beton yang berbeda beda. Berdasarkan data kuat tekan beton setiap 7,14, dan 28 hari mengalami peningkatan dan dapat mempengaruhi mutu beton.

5.2 Saran

1. Dari hasil penelitian ini, campuran abu ampas kopi dan kapur pada setiap variasi meningkat tetapi pada penambahan abu ampas kopi 5% + kapur menghasilkan nilai lebih rendah dari yang lainnya, sehingga perlu dilakukan pengujian – pengujian lanjutan untuk variasi abu ampas kopi dan kapur dengan pengerjaan campuran beton yang sebaik-baiknya.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang standar pengembangan abu ampas kopi dan kapur sehingga dapat memenuhi standart nilai kuat tekan rencana pada beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkhaly, Y. R., & Syahfitri, M. (2017). Studi Eksperimen Penggunaan Abu Ampas Kopi Sebagai Material Pengganti Parsial Semen Pada Pembuatan Beton. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 101.
<https://doi.org/10.29103/tj.v6i2.100>
- Almufid, A. (2015). Beton Mutu Tinggi dengan bahan Tambahan. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), 81–87. <https://doi.org/10.36055/jft.v4i2.1239>
- Ataya Nabila Panjaitan, Rizky Suci Ramadhani, & Ernie Shinta Y Sitanggung. (2021). Pengaruh Abu Ampas Kopi Terhadap Kuat Tekan, Porositas Sebagai Pengganti Semen Pada Pembuatan Beton. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Agregat*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.51510/agregat.v1i1.84>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder, SNI 1974-2011. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 20.
- Bigatti, S. M., & Cronan, T. A. (2002). A comparison of pain measures used with patients with fibromyalgia. *Journal of Nursing Measurement*, 10(1), 5–14.
<https://doi.org/10.1891/jnum.10.1.5.52550>
- Citra SZ, K., Meillyta, M., & Tonayu HSB, N. (2024). Penggunaan Abu Sekam Kopi dan Ordinary Portland Cement terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Tameh*, 11(2), 94–103. <https://doi.org/10.37598/w524kj86>
- Hamdi, F., Lopian, F. E., Tumpu, M., Mansyur, Irianto, Mabui, D. D. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., Pérez, C., Aranceta, J., Serra, L., Carbajal, Á., Rangan, P. R., & Hamkah. (2021). Teknologi Beton. *Tohar Media*, 1(1), 1–64.
http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/prejuicios_y_verdades_sobre_grasas.pdf%0Ahttps://www.colesterolfamiliar.org/formacion/guia.pdf%0Ahttps://www.colesterolfamiliar.org/wp-content/uploads/2015/05/guia.pdf
- Inflamasi, A., Steroid, N., & Ok-seon, M. (2003). *BAB I PENDAHULUAN Latar Belakang Masalah*. 5(1), 1–7.

- John, E., & Lothenbach, B. (2023). Cement hydration mechanisms through time – a review. *Journal of Materials Science*, 58(24), 9805–9833.
<https://doi.org/10.1007/s10853-023-08651-9>
- Koidah, N., & Setiawan, A. (2022). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Paciran Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *DEARSIP : Journal of Architecture and Civil*, 2(1), 8–17.
<https://doi.org/10.52166/dearsip.v2i1.3352>
- Kuat, T., & Beton, T. (2010). *Dosen Tetap Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya Dosen Tetap Jurusan Arsitektur Universitas Palangka Raya* 35. 5, 35–50.
- Martini, M. (2017). Substitusi Semen dengan Campuran Abu Sekam dan Kapur pada Campuran Beton. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 15(3), 111–114. <http://ji.unbari.ac.id/index.php/ilmiah/article/view/156>
- Namrah, & Muis, A. (2022). Pengaruh Abu Ampas Kopi Dengan Bahan Tambah No Drop Plaston Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Karajata Engineering*, 2(1), 58–63.
<https://doi.org/10.31850/karajata.v2i1.1599>
- Pausi, R., Harahap, S., Pohan, R. F., Sipil, T., Graha, U., & Padangsidimpuan, N. (2023). *Analisis Pengaruh Penggunaan Silica Gel Terhadap Kuat*. 6(2), 44–49.
- Pushpan, S., Ziga-Carbarín, J., Rodríguez-Barboza, L. I., Sanal, K. C., Acevedo-Dávila, J. L., Balonis, M., & Gómez-Zamorano, L. Y. (2023). Strength and Microstructure Assessment of Partially Replaced Ordinary Portland Cement and Calcium Sulfoaluminate Cement with Pozzolans and Spent Coffee Grounds. *Materials*, 16(14). <https://doi.org/10.3390/ma16145006>
- Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2018). *MEMENFAATKAN ARANG MANGROVE SEBAGAI PENGANTI AGREGAT HALUS (Studi Penelitian)*.
- Sutandar, E. (2013). Pengaruh Pemeliharaan (Curing) Pada Kuat Tekan Beton

Normal. *Vokasi*, IX(2), 89–99.

Syarif, A., Setyawan, C., Farida, I., Konstruksi, J., Tinggi, S., Garut, T., Beton, K. T., Merah, B. B., Organik, Z., Air, K., & Belakang, L. (2016). Bata Merah. *Analisa Uji Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambahan Batu Bata Merah*, 46–56.

Teh, P. A., Kopi, A., Penambah, S., & Adikasari, R. (2012). *Pemanfaatan Ampas Teh dan Ampas Kopi Sebagai Penambah... (Ria Adikasari) 0*. 0–11.

Wahyuni, Zein, K. C. S., Munawir, & Ariadi, P. N. (2023). Effect of Mixing Coffee Husk Ash and as a Cement Replacement on the Strength of Concrete. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1140(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1140/1/012019>

Zuraidah, S. (2012). Pengaruh Penggunaan Limbah Paving Sebagai Alternatif Agregat Kasar Untuk Beton. *Teknik Sipil KERN*, 2012.

LAMPIRAN



Gambar L- 1: Proses Pembakaran Abu Ampas Kopi



Gambar L- 2: Pengujian Agregat Kasar



Gambar L- 3: Pengujian Agregat Halus



Gambar L- 4: Perhitungan Nilai *Slump*



Gambar L- 5: Percetakan Setiap Variasi Beton





Gambar L- 10: Kehancuran Beda Uji Setelah Pengujian

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Muhammad Hafiz
Tempat Tanggal Lahir : Medan, 25 Februari 2001
Alamat : JL Pam Tirtanadi Gg Sejahtera
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
No.HP/Telp : 082274422320
Nama Orang Tua
Ayah : Iswin
Ibu : Yusrina

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 2007210114
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jalan Kapten Muchtar Basri BA No.3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama Dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	TK	TK Sultan Iskandar Muda	2006
2	SD	SD Sultan Iskandar Muda	2012
3	SMP	SMP Sultan Iskandar Muda	2015
4	SMA	SMA Negeri 15 Medan	2018
5	Melanjutkan Kuliah Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2020 Sampai Selesai		