

TUGAS AKHIR

**EFEK AIR KAPUR SEBAGAI PERENDAMAN BETON YANG
MENGANDUNG ABU CANGKANG SAWIT SEBAGAI BAHAN
PENGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

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

DISUSUN OLEH:

MONICA PERMATA SARI

2007210121



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2024

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

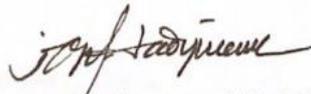
Tugas Akhir Ini Diajukan Oleh:

Nama : Monica Permata Sari
NPM : 2007210121
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Efek Air Kapur Sebagai Perendaman Beton Yang Mengandung Abu Cangkang Sawit Sebagai Bahan Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton
Bidang : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN
KEPADA PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 4 September 2024

Dosen pembimbing



Dr. Josef hadipramana S.T., M.Sc

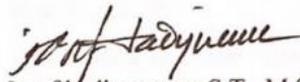
HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Ini Di Ajukan Oleh:

Nama : Monica Permata Sari
Npm : 2007210121
Program Studi : Teknik sipil
Judul Skripsi : Efek Air Kapur Sebagai Perendaman Beton Yang
Mengandung Abu Cangkang Sawit Sebagai Bahan
Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton
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, 4 September 2024
Mengetahui dan menyetujui
Dosen Pembimbing



Dr. Josef hadipramana S.T., M.Sc

Dosen Penguji 1



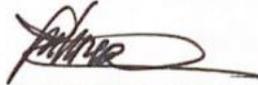
Assoc.Prof.Dr.Ir.Fahrizal Zulkarnain
,ST.,MS.c,Ph.D

Dosen Penguji 2



M. Husein Gultom,ST.,M.T

Program Studi
Ketua



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Monica Permata Sari
Tempat/ Tanggal Lahir : Sei Roha, 31 Oktober 2002
NPM : 20007210121
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Efek Air Kapur Sebagai Perendaman Beton Yang Mengandung Abu Cangkang Sawit Sebagai Bahan Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton”

Bukan merupakan plagiatris mencuri 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 saya secara orisinil 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, 4 September 2024

Saya yang menyatakan,



Monica Permata Sari

ABSTRAK

EFEK AIR KAPUR SEBAGAI PERENDAMAN BETON YANG MENGANDUNG ABU CANGKANG SAWIT SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON (Studi Penelitian)

Monica Permata Sari
2007210121

Dr. Josef Hadipramana S.T., M.Sc

Salah satu komponen beton adalah semen, pada saat beton mengalami pemuaian yang melepas emisi gas (karbon dioksida), gas ini akan menyeruak bebas ke udara dan merusak lingkungan hidup. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan material limbah industri yang ramah lingkungan. Limbah abu cangkang kelapa sawit mengandung unsur kimia SiO_2 sebanyak 29,9%, Al_2O_3 sebanyak 1,9%, CaO sebanyak 26,9%. Karena adanya senyawa tersebut, abu cangkang kelapa sawit memiliki sifat pozzolan yang terdapat pada komposisi pembuatan semen. Pada penelitian ini presentasi abu cangkang sawit yg digunakan sebesar 3%, 5%, 7% dari semen, campuran rancangan menggunakan SNI 7656-2012 dengan cetakan silinder yang berukuran 15 cm x 30 cm. Pada perendaman beton menggunakan air kapur sebesar 5% pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek air kapur pada kuat tekan mengandung ACS. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata BN air biasa sebesar 21,91 MPa, sedangkan BN air kapur sebesar 22,18 MPa. Untuk kuat tekan dengan variasi 3% menghasilkan kuat tekan umur 7, 14, dan 28 hari sebesar 17,42 MPa, 23,71 MPa, 23,98 MPa dan rata-rata 21,70 MPa. Variasi 5% pada umur 7, 14 dan 28 hari sebesar 16,38 MPa, 22,47 MPa, 22,63 MPa dan rata-rata 20,49 MPa. Variasi 7% pada umur 7, 14, dan 28 hari sebesar 13,88 MPa, 21,3 MPa, 21,13 MPa dan rata-rata 18,44 MPa.

Kata Kunci : Abu Cangkang Sawit, Air Kapur, Kuat tekan

ABSTRACT

THE EFFECT OF LIME WATER AS A SOAKING CONCRETE CONTAINING PALM SHUT ASH AS A SUBSTITUTE FOR CEMENT ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE (Research Study)

Monica Permata Sari
2007210121

Dr. Josef Hadipramana S.T., M.Sc

One of the components of concrete is cement, when concrete experiences expansion which releases gas emissions (carbon dioxide), this gas will escape freely into the air and damage the environment. To overcome this, environmentally friendly industrial waste materials can be used. Palm oil shell ash waste contains the chemical element SiO_2 as much as 29.9%, Al_2O_3 as much as 1.9%, CaO as much as 26.9%. Due to the presence of these compounds, palm oil shell ash has pozzolanic properties which are found in the composition of cement making. In this study, the presentation of palm shell ash used was 3%, 5%, 7% of cement, the mixture was designed using SNI 7656-2012 with a cylindrical mold measuring 15 cm x 30 cm. In soaking the concrete using 5% lime water at age 7 days, 14 days and 28 days. This research aims to determine the effect of lime water on the compressive strength containing ACS. The average compressive strength test results for ordinary water BN were 21.91 MPa, while lime water BN was 22.18 MPa. Compressive strength with a variation of 3% produces compressive strength aged 7, 14 and 28 days of 17.42 MPa, 23.71 MPa, 23.98 MPa and an average of 21.70 MPa. The 5% variation at 7, 14 and 28 days is 16.38 MPa, 22.47 MPa, 22.63 MPa and the average is 20.49 MPa. The 7% variation at ages 7, 14 and 28 is 13.88 MPa, 21.3 MPa, 21.13 MPa and an average of 18.44 MPa.

Keywords: Palm Shell Ash, Lime Water, Compressive Strength

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga kita dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Efek Air Kapur Sebagai Perendaman Beton Yang Mengandung Abu Cangkang Sawit Sebagai Bahan Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton”. Dimana Tugas Akhir adalah suatu silabus mata kuliah yang harus dilakukan oleh Mahasiswa/i Teknik Sipil dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Selama penulisan laporan dan penyelesaian tugas akhir ini, dengan segenap hati penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu terutama kepada:

1. Rasa syukur penulis kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Josef Hadipramana S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Beton, Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan bimbingan, saran, motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir penulis.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., MSc, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, sekaligus Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Zulkifli Siregar, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilann kepada penulis.
7. Orang tua penulis : Bapak Herry Santoso dan Ibu Sugiarti yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang banyak membantu penulis untuk melengkapi administrasi selama penulisan Tugas Akhir ini.
9. Terimakasih penulis berikan kepada diri sendiri yang mampu melewati segala rintangan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terimakasih telah bertahan, berjuang, dan menyelesaikan kewajiban ini. Kamu hebat dan kuat.
10. Terimakasih Kepada Npm 2007210130 yang telah berkontribusi dalam penulisan ini, baik tenaga, waktu, maupun materi. Telah menemani penulis pada hari-hari yang tidak mudah, terimakasih menjadi bagian dari perjalanan saya.
11. Terimakasih kepada Sahabat-sahabat penulis, Anis Yuni Wardani, Cindy Fauzyah Anggraini, Inggit Dwi Astuti, dan Rekan seperjuangan Kelas C1 Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2020. Terimakasih telah menjadi bagian dari sebuah kisah klasik.

Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini tidak luput dari berbagai kesalahan dan kekurangan, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penelitian yang akan dilakukan. Dan akhirnya kepada Allah SWT, penulis serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sempurna.

Medan, 5 Maret 2024

Penulis

Monica Permata Sari

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton	5
2.2 Bahan Pembuatan Beton	5
2.2.1 Semen	5
2.2.2 Agregat Kasar	6
2.2.3 Agregat Halus	7
2.2.4 Air	7
2.2.5 Abu Cangkang Kelapa Sawit	8
2.3 Kapur	9
2.4 Slump Test	9
2.5 Perawatan beton	10
2.6 Kuat Tekan	10
2.7 Hidrasi	11
BAB 3 METODE PENELITIAN	12
3.1 Metode Penelitian	12

3.2 Tempat dan waktu	14
3.3 Bahan Pembuatan Benda Uji	14
3.3.1 Agregat	14
3.3.2 Semen Portland	14
3.3.3 Air	14
3.3.4 Abu Cangkang Kelapa Sawit	14
3.3.5 Kapur	15
3.4 Desain Pembuatan Benda Uji	15
3.5 Alat	16
3.6 Persiapan Penelitian	17
3.6.1 Pemeriksaan Agregat	17
3.6.2 Abu Cangkang Kelapa Sawit	19
3.6.3 Kalsium(Ca) / Kapur	19
3.7 Perencanaan Campuran Beton	19
3.8 Mix Design	20
3.8.1 Langkah Pemilihan Slump	20
3.8.2 Langkah Pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum	20
3.8.3 Perkiraan air pencampur dan kandungan udara.	21
3.8.4 Langkah pemilihan rasio air semen / rasio air bahan bersifat semen	22
3.8.5 Perhitungan kadar semen	22
3.8.6 Perkiraan kadar agregat kasar	22
3.8.7 Perkiraan Kadar Agregat Halus	23
3.8.8 Penyesuaian terhadap kelembaban agregat	24
3.8.9 Pengaturan campuran percobaan	25
3.9 Pembuatan Benda Uji	25
3.10 Pemeriksaan Slump test	27
3.11 Perawatan Beton	27
3.12 Pengujian Kuat Tekan	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil dan Analisa Pemeriksaan Agregat	29
4.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus	29
4.1.2 Pemeriksaan Agregat Kasar	33
4.2 Perencanaan Campuran Beton	37
4.2.1 Langkah Perhitungan	38
4.2.2 Perhitungan Proporsi Kebutuhan Benda Uji Beton	43

4.3 Perhitungan Kebutuhan Air Perendaman Kapur	45
4.4 Pengujian Slump	46
4.5 Pegujian Kuat Tekan Beton	47
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	57
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi kimia abu cangkang kelapa sawit (Falah Hudan, 2012).	8
Tabel 3. 1 Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji	15
Tabel 3. 2 Peralatan pembuatan benda uji	16
Tabel 3.3 Nilai Slump yang dianjurkan berbagai pekerjaan Konstrksi	20
Tabel 3.4 Perkiraan kebutuhan air pencampuran dan kadar untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah	21
Tabel 3.5 Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen {w/(c+p)} dan kekuatan beton (SNI 7656:2012).	22
Tabel 3.6 Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton	22
Tabel 3.7 Perkiraan Awal Beton Segar	24
Tabel 3.8 Variasi kuat tekan	27
Tabel 4.1 Analisa saringan agregate halus	29
Tabel 4.2 Pengujian Kadar Air Agregat Halus	30
Tabel 4.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	31
Tabel 4.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	32
Tabel 4.5 Pengujian Betrat jenis Agregat Halus	32
Tabel 4.6 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	33
Tabel 4.7 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	34
Tabel 4.8 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	35
Tabel 4.9 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	36
Tabel 4.10 Pengujian Betrat jenis Agregat Kasar	36
Tabel 4.11 Data hasil tes dasar	37
Tabel 4.12 Data Kebutuhan Mix Design	38
Tabel 4.13 Perkiraan Kebutuhan Air Pencapuran dan Kadar Udara Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah	38
Tabel 4.14 Hubungan Antara Rasio Air-Semen atau Rasio Air-Bahan Bersifat Semen dan Kekuatan Beton	39
Tabel 4.15 Volume agregat kasar per satuan volume beton	40
Tabel 4.16 Perkiraan Awal Beton Segar	40
Tabel 4.17 Didapat nilai perbandingan berat Air (berat bersih), Semen, Agregat	

Kasar (kering), dan Agregat Halus (kering) Berdasarkan SNI 7656:2012 .	42
Tabel 4.18 Banyaknya Abu Cangkang Sawit yang dibutuhkan untuk 1 benda uji	44
Tabel 4.19 Perbandingan Rasio Air kapur	46
Tabel 4.20 Hasil slump test beton normal dan ACS	46
Tabel 4.21 Hasil kuat tekan Beton Normal Tanpa Air Kapur dan ACS	47
Tabel 4.22 Hasil Kuat Tekan Beton Normal Air Kapur dan ACS	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	13
Gambar 4.2 Bak ember	45
Gambar 4.3 Grafik Slump Beton	47
Gambar 4.4 Grafik Kuat Tekan	48
Gambar 4.5 Grafik Rata Rata Kuat Tekan Berdasarkan Umur	48
Gambar 4.6 Grafik Rata Rata Kuat Tekan Berdasarkan Variasi	49
Gambar 4.7 Grafik Kuat Tekan	50
Gambar 4.8 Grafik Rata Rata Kuat Tekan Berdasrkan Umur + Air Kapur	51
Gambar 4.9 Grafik Kuat Tekan Rata Rata Berdasarkan Variasi + Air Kapur	51

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 jumlah 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	Pengayakan Abu Cangkang Sawit	58
Gambar L.2	Abu Cangkang Sawit	58
Gambar L.3	Pemeriksaan Agregat	58
Gambar L.4	Mix Design	59
Gambar L.5	Proses Pengerojokan	59
Gambar L.6	Proses Pengerojokan	59
Gambar L.7	Beton Benda Uji	60
Gambar L.8	Perendaman Beton Dengan Air Kapur	60
Gambar L.9	Pemasangan Capping Pada Benda Uji	60
Gambar L.10	Benda Uji Yang Sudah diCapping	61
Gambar L.11	Penimbangan Benda Uji	61
Gambar L.12	Pengujian Kuat Tekan	61
Gambar L.13	Retakan Pada Benda Uji	62

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara agraris terbesar di dunia dan memiliki kekayaan alam yang kaya melalui struktur perkebunannya, termasuk perkebunan kelapa sawit. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, total luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2020 adalah 14,59 juta hektar, dan produksi kelapa sawit Indonesia pada tahun 2020 mencapai 44,76 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2021). Dengan semakin meningkatnya pertumbuhan industri ekstraksi kelapa sawit, pertumbuhannya tentunya akan sebanding dengan jumlah limbah yang dihasilkan. Pembakaran limbah kelapa sawit menyisakan produk samping seperti fly ash dari cangkang sawit dalam jumlah kurang lebih 3-5 ton per minggu (Mulia, 2007; Rahmadia, 2018).

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan pada saat ini. Beton diperoleh dengan cara mencampurkan pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat lainnya yang dicampurkan dengan semen dan air hingga membentuk massa batuan. Terkadang bahan adiktif juga ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan sifat spesifik seperti kemampuan kerja, daya tahan, dan waktu pengerasan (Mc. Cormac, 2004). Salah satu komponen beton adalah semen, proses produksi dari semen dapat menimbulkan efek rumah kaca. Pada saat beton mengalami pemuaihan yang melepas emisi gas (karbon dioksida), gas ini selanjutnya akan dengan menyeruak bebas ke udara dan kemudian merusak lingkungan hidup. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan material limbah industri yang ramah lingkungan sebagai bahan pengganti semen.

Limbah abu cangkang kelapa sawit mengandung unsur kimia SiO_2 sebanyak 29,9%, Al_2O_3 sebanyak 1,9%, CaO sebanyak 26,9%. Karena adanya senyawa tersebut, abu cangkang kelapa sawit memiliki sifat pozzolan yang terdapat pada komposisi pembuatan semen.

Dalam proses pembuatan beton, ada beberapa tes yang harus dilakukan agar

dapat mengetahui kualitas dari beton. Salah satunya adalah kuat tekan. Kuat tekan adalah kemampuan beton dalam menyerap gaya tekan per satuan luas. Kuat tekan beton menunjukkan mutu strukturnya, semakin tinggi kekuatan struktur yang diinginkan maka semakin tinggi pula mutu beto yang dihasilkan (Mulyono, 2004). Faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton adalah perawatan. Perawatan curing beton adalah dengan cara merendam beton dengan cairan air untuk mempertahankan kadar air yang terdapat pada beton. Fungsinya supaya beton tetap lembab selama periode pengerasan. Air curing dapat digantikan dengan cairan yang mengandung silika. Kapur merupakan bahan yang mengandung silika.

Dari latar belakang diatas penulis memutuskan untuk melakukan penelitin dengan memanfaatkan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti semen pada campuran beton, dengan judul “Efek Air Kapur Sebagai Perendaman Beton Yang Mengandung Abu Cangkang Sawit Sebagai Bahan Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton”.

Penulis mengkutip dari beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang memanfaatkan abu cangkang kelapa sawit diantaranya adalah “Pemanfaatan Abu Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Sebagian Semen Untuk Beton Mutu Tinggi” yang diteliti oleh Nirma Ramadia, (2018) dan “Pengaruh Limbah Abu Bolier dan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Dalam Campuran Beton” yang diteliti oleh Reza, dkk (2014). Perbedaan Penelitian di atas dengan yang dilakukan oleh penulis adalah penulis menggunakan air kapur sebagai bahan perendaman beton atau curing dan penulis tidak menambahkan fly Ash. Penulis hanya berfokus pada kuat tekan pada beton umur 7, 14 dan 28 hari dengan prsentase bahan pengganti semen sebesar 0%, 3%, 5%, 7% dan pengaruh kapur sebagai air curing.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas diatas, maka penulis merumuskan permasalahan dalam penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh air kapur sebagai perendaman beton yang mengandung abu cangkang sawit sebagai pengganti semen terhadap kuat

tekan beton?

2. Bagaimana hasil kuat tekan beton yang direndam dengan air kapur?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik yang dibahas dalam penelitian ini adalah kuat tekan.
2. Kuat tekan yang direncanakan sebesar $f'c$ 20 mpa.
3. Bahan tambah yang digunakan adalah abu cangkang sawit sebagai bahan pengganti semen dan air kapur sebagai curing
4. Umur pengujian adalah 7, 14 dan 28 hari
5. Presentase penambahan abu cangkang kelapa sawit adalah 0%, 3%, 5%, dan 7%.
6. Penelitian ini memakai benda uji silinder dengan diameter 15 x 30 cm, sebanyak 24 sampel dan dilakukan di Laboraturium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui besarnya nilai kuat tekan yang dihasilkan dari beton dengan presentase 0%, 3%, 5%, 7% abu cangkang sawit sebagai bahan pengganti semen.
2. Mengetahui pengaruh air kapur sebagai perendaman beton terhadap kuat tekan beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat dari penelitian ini dapat menghasilkan material konstruksi beton yang ramah lingkungan.
2. Memanfaatkan bahan limbah industri seperti abu cangkang sawit dan kapur untuk meminimalisir efek rumah kaca atau pemanasan global.

3. Apabila penelitian ini berhasil, diharapkan hasilnya berguna di lapangan dan berguna sebagai bahan penelitian selanjutnya.

1.6 Sistematika Pembahasan

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis membagi materi yang akan disampaikan dalam beberapa bab yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah struktur yang sangat penting, terutama digunakan dalam konstruksi bangunan gedung, seperti bangunan air, sarana transportasi dan struktur bangunan lainnya, dengan menggunakan beton sebagai bahan baku konstruksi utama. Dalam beberapa kasus, diperlukan juga bahan tambahan aditif untuk mendukung kinerja campuran beton, tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat beton segar. Misalnya mempercepat pengerasan, meningkatkan kuat tekan, penurunan kerapuan, penurunan retak-retak akibat pengerasan. (Rahmat & Hedriyani, 2016)

Beton merupakan material komposit yang terdiri dari media pengikat partikel agregat. Media pengikat ini merupakan campuran semen dan air (Mehta, 2012). Menurut SNI 03-2847-2002, beton adalah campuran semen portland atau semen hidraulik, agregat kasar, agregat halus dan air, yang membentuk suatu massa padat dengan atau tanpa bahan tambahan. (Jusuf et al., 2015).

2.2 Bahan Pembuatan Beton

Secara umum beton biasa adalah beton yang bahan dasarnya adalah agregat, semen, dan air. Sedangkan beton yang menggunakan bahan tambahan memiliki nama yang lebih spesifik seperti beton mutu tinggi, beton cair (self-compacting Concrete), atau biasa disebut beton SCC (Dan, 2012).

Mutu beton ditentukan oleh pemilihan bahan pembentuk beton yang baik, perhitungan proporsi yang benar, pengolahan dan perawatan beton yang benar, serta pemilihan bahan tambahan yang tepat dalam jumlah optimal yang dibutuhkan. Bahan penyusun beton adalah semen, agregat, air dan biasanya bahan tambahan. (Ghafur, 2009).

2.2.1 Semen

Semen merupakan bahan pengikat dalam pembentukan beton. Semen dapat

dikatakan sebagai bahan dasar beton. Silikon dioksida membentuk sekitar seperlima dari semen, sedangkan aluminium oksida hanya membentuk sekitar seperdua belas dari semen. Proporsi silika yang tinggi dan biasanya proporsi aluminium oksida yang rendah menghasilkan semen yang mengeras secara lambat dengan kekuatan tinggi dan ketahanan yang lebih baik terhadap serangan kimia. Jika keadaannya sebaliknya, yaitu dengan proporsi alumina yang tinggi dan proporsi silikon dioksida yang rendah, maka semen akan cepat mengeras dan memiliki kekuatan yang tinggi. Menurut (Ahmad et al., 2009).

Kandungan semen berturut-turut mulai dari yang terbanyak yaitu kalsium (II) oksida (CaO), silika (IV) oksida (SiO_2), aluminium (III) oksida (Al_2O_3), besi (III) oksida (Fe_2O_3) dan komponen minor lainnya, salah satunya adalah kalsium (II) sulfat (CaSO_4) (MacLaren, 2003). Akan tetapi, karena proses pembuatan semen dari bahan-bahan bakunya menggunakan temperatur yang sangat tinggi (melebihi 1200°C), beberapa komponen tersebut bergabung dengan sesamanya menghasilkan bermacam-macam campuran fase padat terutama trikalsium silikat ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), dikalsium silikat ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), trikalsium aluminat ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) dan tetrakalsium aluminoforit ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$). Setelah semen dicampur dengan air, komponen - komponen yang terkandung di dalam semen mengalami hidrasi (MacLaren, 2003).

2.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat berupa kerikil hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu kerikil. Syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam campuran beton sebagai berikut:

1. Butir-butir keras yang tidak berpori serta bersifat kekal yang artinya tidak pecah karena pengaruh cuaca seperti sinar matahari dan hujan.
2. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan seperti zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
3. Kandungan lumpur harus $<1\%$, jika melebihi maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan. Agregat kasar yang berbutir pipih hanya dapat digunakan apabila jumlahnya tidak melebihi 20% dari berat keseluruhan.

Kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan adalah sifat yang paling penting

dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir dan lain-lain), karena hal ini dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agregat kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (Vitri dan Herman, 2019).

2.2.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran yang memiliki kehalusan 2 mm - 5 mm yang berbutir halus. Agregat halus mempunyai ukuran butir maksimum 4,75 mm sesuai dengan ketentuan SNI 02-6820- 2002. Agregat halus merupakan agregat yang besarnya tidak lebih dari 5 mm, sehingga pasir dapat berupa pasir alam atau berupa pasir dari pemecahan batu yang dihasilkan oleh pecahan batu. Persyaratan agregat halus secara umum menurut SNI 03-6821- 2002 adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus berbentuk butir-butir tajam dan keras.
2. Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat di uji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus di cuci.

Fungsi agregat halus dalam campuran beton adalah membentuk mortar yang mengikat agregat kasar. Keruntuhan beton akibat beban tekan terjadi pada mortar. Dengan demikian maka agregat halus dalam campuran beton berfungsi selain sebagai bahan pengisi yang membentuk mortar yang mengikat agregat kasar juga berfungsi membentuk kekuatan beton.

2.2.4 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi bleeding, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini

terjadi jika terlalu banyak air dalam adukan beton akan mengurangi kekuatan beton, membuat beton rentan terhadap retakan dan pecah, membuat permukaan beton tidak rata, serta membuat waktu pengeringan beton menjadi lebih lama. Oleh karena itu, sangat penting untuk memperhatikan takaran air yang sesuai saat membuat adukan beton.

2.2.5 Abu Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang sawit merupakan bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit. Dalam setiap ton TBS (Tandan Buah Segar) dihasilkan 21-23% minyak CPO dan 5% kernel atau cangkang sawit (Indoagri Riau, 2011). Abu cangkang sawit merupakan limbah hasil pembakaran cangkang kelapa sawit yang mengandung banyak silikat. Selain itu, abu sawit tersebut juga mengandung Kation Anorganik seperti Kalium dan Natrium (Graille, 1985).

Tabel 2. 1Komposisi kimia abu cangkang kelapa sawit (Falah Hudan, 2012).

NO	Kandungan	Nilai	Satuan
1	SiO ₂	89,9105	%
2	CaCO ₃	2,4751	%
3	MgCO ₃	0,7301	%
4	Fe ₂ O ₃	0,1958	%
5	Al ₂ O ₃	0,0	%

Tingginya kandungan silika ini membuat abu kerak boiler ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan pozzolan dalam campuran beton. Pozzolan adalah bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang reaktif. Pozzolan adalah bahan tambah mineral yang dimaksud untuk memperbaiki kinerja beton sehingga bahan tambah mineral atau pozzolan itu cenderung bersifat penyemenan, namun tidak mempunyai sifat-sifat layaknya seperti semen tetapi dalam keadaan halus, jika dicampur dengan kapur padam dan Hayward (1995) menyatakan dalam bahan pozzolan ada dua senyawa utama yang

mempunyai peran penting dalam pembentukan semen yaitu senyawa SiO_2 dan Al_2O_3 , dimana kedua senyawa ini terdapat dalam kandungan abu boiler cangkang kelapa sawit. Sehingga abu boiler cangkang kelapa sawit dapat di kategorikan sebagai bahan pozzolanic, yaitu material yang tidak mengikat seperti semen, namun mengandung senyawa silika oksida (SiO_2) aktif yang apabila bereaksi dengan kapur bebas atau kalsium hidroksida (CaOH_2) dan air akan membentuk material semen yaitu kalsium silikat hidrat. Hal ini merupakan faktor terpenting dalam pemilihan abu boiler cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti semen untuk campuran beton, karena kandungan silika yang tinggi dapat meningkatkan kuat tekan beton.

2.3 Kapur

Batu kapur merupakan salah satu jenis batu yang memiliki potensi besar sebagai bahan tambahan, namun dengan pemanfaatan harus dilakukan dengan baik dan tidak dieksploitasi. Menurut Tjokodimuljo (2007), batu kapur merupakan salah satu komponen bahan konstruksi yang berfungsi sebagai bahan pengikat. Kemampuan yang dimiliki oleh kapur dapat dimanfaatkan untuk penambahan campuran beton. Kapur bereaksi pada komponen komponen pozzolan yang halus untuk membentuk semen kalsium silikat. Silikat merupakan mineral utama dalam fly ash, jika bereaksi dengan kapur maka akan membentuk gel $\text{Ca}(\text{Si})_3$ (Lisantono dan Purnandani, 2010). Hal ini menjadi dasar penelitian terkait pemanfaatan batu kapur sebagai bahan tambahan beton (Pratama et.al.,n.d.).

2.4 Slump Test

Sifat utama dari beton adalah sangat kuat jika menerima beban tekan, maka mutu beton pada umumnya hanya ditinjau terhadap kuat tekan beton tersebut. Sifat yang lain seperti kuat tarik, dan modulus elastis beton dapat dikorelasi terhadap kuat tekan beton. Menurut peraturan beton di Indonesia (PBI1971), diperbaiki Tujuan dari pengujian slump adalah untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan beton yang dinyatakan dalam nilai tertentu. Slump didefinisikan sebagai besarnya penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat. Pengujian slump dilakukan dengan

menggunakan alat berbentuk kerucut terpancung yang memiliki diameter lubang atas 10 cm, diameter lubang bawah 20 cm, tinggi 30 cm serta dilengkapi dengan kuping untuk mengangkat beton segar dan tongkat pemadat berdiameter 1,6 cm sepanjang 60 cm. Nilai slump dipengaruhi oleh faktor air semen. Semakin tinggi fas maka nilai slump akan semakin tinggi yakni menggunakan banyak air dan sedikit semen, sehingga pasta semen lebih encer dan mengakibatkan nilai slump lebih tinggi. Semakin besar nilai slump test berarti adukan beton semakin mudah dikerjakan. (Teknik dkk., 2014)

2.5 Perawatan beton

Setelah beton jadi, beton harus dirawat pada suhu 10°C dan kondisi lembab dalam waktu paling cepat 7 hari setelah pengecoran. Perawatan beton dimaksudkan agar beton dapat meningkatkan kekuatan secara sempurna serta memiliki tingkat kekedapan dan keawetan yang baik, ketahanan terhadap stabilitas dimensi struktur (Mulyono, T., 2003). Perawatan berguna untuk mencegah terjadinya proses penguapan air yang berlebihan pada beton hal ini dapat menurunkan kemampuan beton yang dihasilkan. Apabila proses penguapan terjadi secara berlebihan terjadi terutama pada waktu setelah final setting maka proses hidrasi dapat terganggu, serta untuk proses hidrasi selanjutnya (Rusmania, 2005).

2.6 Kuat Tekan

Dengan (SK SNI T-15-1991-03) dan (SNI 03-1970-1990), kuat tekan beton dinotasikan dengan f_c' , yaitu kuat tekan silinder beton yang disyaratkan pada waktu berumur 28 hari. Mutu beton dibedakan atas 3 macam menurut kuat tekannya, yaitu:

- a) Mutu beton dengan f_c' kurang dari 10 Mpa, digunakan untuk beton non struktur (misalnya: kolom praktis, balok praktis).
- b) Mutu beton dengan f_c' antara 10 Mpa sampai 20 Mpa, digunakan untuk beton struktural (misalnya: balok, kolom, pelat, maupun pondasi).
- c) Mutu beton dengan f_c' sebesar 20 Mpa ke atas, digunakan untuk struktur beton yang direncanakan tahan gempa.

Kuat tekan (Compressive Strength) untuk setiap umur beton dan kuat tekan rata-ratanya tergantung pada karakteristik pemakai semen, penggunaan bahan lain pembentuk beton dan kehalusan bahan tambahan.

2.7 Hidrasi

Pada reaksi hidrasi semen, C3S dan C2S bereaksi dengan air membentuk Trikalsium silikat hidrat yang disebut dengan gel tobermorite atau gel kalsium silikat hidrat (CSH gel) dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Reaksi hidrasi C3A dengan adanya kalsium sulfat membentuk kalsium trisulfoaluminat hidrat (disebut dengan AFt atau ettringite), atau kalsium monosulfoaluminat hidrat (disebut dengan AFm atau monosulfate). Tanpa adanya kalsium sulfat, C3A bereaksi dengan air dan kalsium hidrosida membentuk tetrakalsium aluminat hidrat. Dan C4AF bereaksi dengan air membentuk kalsium aluminoferrit hidrat (Spence, 2005).

Proses hidrasi butir-butir semen berlangsung sangat lambat. Bila dimungkinkan penambahan air masih diperlukan oleh bagian dalam butir-butir semen (terutama yang berbutir besar), untuk menyempurnakan proses hidrasi. Proses dapat berlangsung sampai 50 tahun. Penelitian terhadap silinder beton menunjukkan bahwa beton masih meningkat terus kekuatannya paling tidak untuk jangka waktu 50 tahun. Kekuatan semen yang mengeras tergantung pada jumlah air yang dapat dipakai waktu proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 35% dari berat semennya, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras. Kelebihan air akan mengakibatkan jarak butir-butir semen lebih jauh sehingga kurang kuat dan juga lebih "porous" (berongga). Air kelebihan dari yang diperlukan untuk proses hidrasi pada umumnya memang diperlukan pada pembuatan beton agar adukan beton dapat bercampur dengan baik diangkat dengan mudah dan dapat dicetak tanpa rongga yang besar (tidak keropos).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

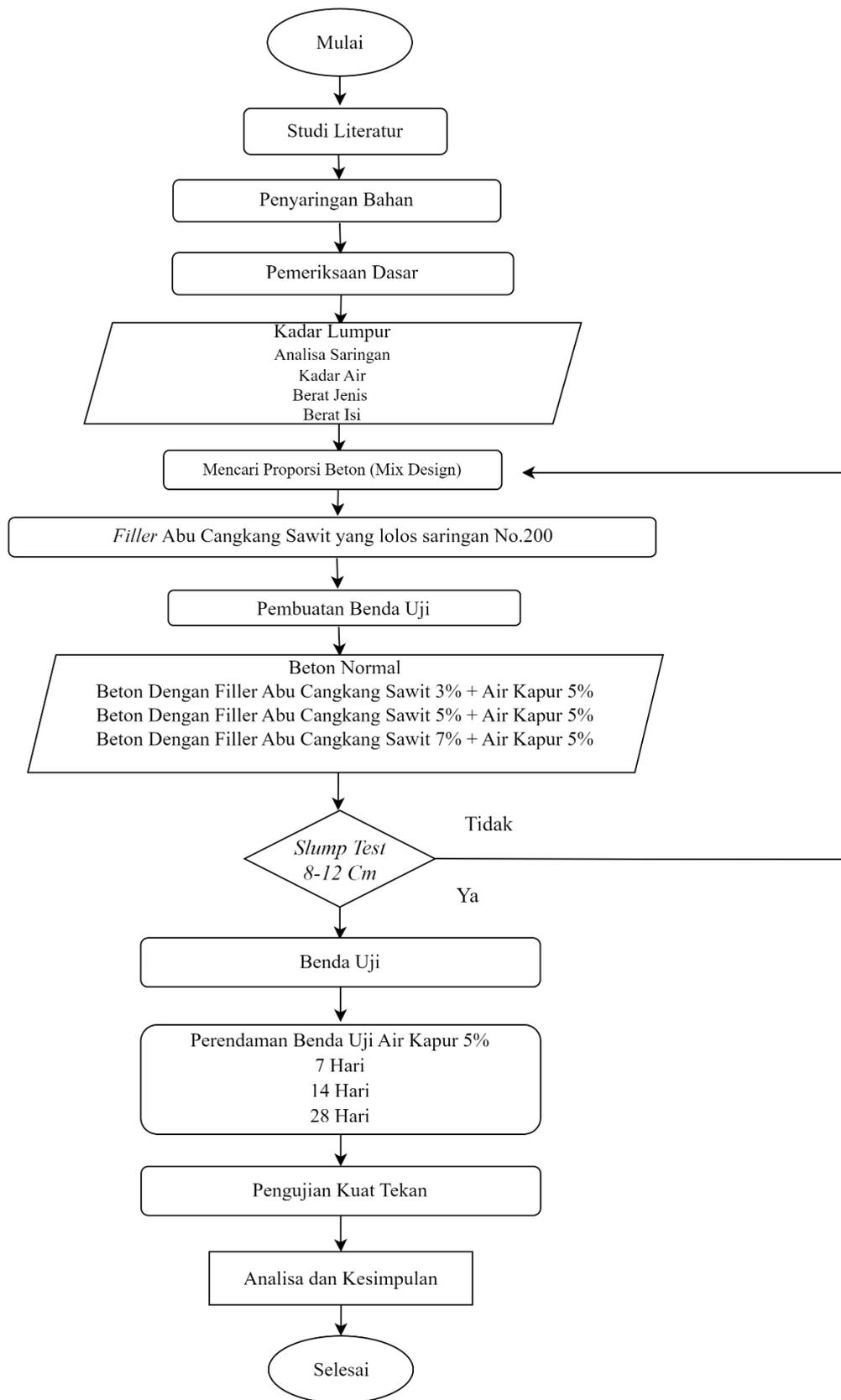
Penelitian tugas akhir yang berjudul “Efek Air Kapur Sebagai Perendaman Beton Yang Mengandung Abu Cangkang Sawit Sebagai Bahan Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton” dimulai setelah mendapatkan persetujuan secara tertulis dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Selanjutnya dilakukan Studi Literatur, berupa kumpulan informasi dari jurnal-jurnal terkait dengan penelitian yang akan dilakukan penulis. Seperti mencari referensi pada penelitian terdahulu, informasi kandungan dalam bahan tambahan, nilai persentase yang akan digunakan serta acuan dalam melakukan penelitian.

Selanjutnya mencari mix design untuk mengetahui proporsi campuran untuk setiap benda uji yang akan dibuat. Setelah memperoleh proporsi campuran beton, kemudian dilakukan penyaringan bahan tambah (Abu cangkang sawit) yang lolos saringan no.200. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan sesuai kebutuhan masing-masing variasi campuran bahan tambah yaitu beton normal (tanpa bahan tambahan), beton dengan filler abu cangkang kelapa sawit 3%, 5%, 7%.

Langkah selanjutnya yaitu membuat adonan beton dan mengecek nilai slump beton, setelah melakukan pengujian slump, kemudian memasukkan adonan beton kedalam cetakan silinder yang berukuran 15x 30 cm, yang telah diberi vaselin. Kemudian benda uji didiamkan dan dilepaskan dari cetakan setelah ± 24 jam. Selanjutnya dilakukan perendaman benda uji selama 7 dan 28 hari menggunakan air kapur dengan presentase 5%.

Pada umur mencapai 7 dan 28 hari, benda uji kemudian diangkat dari bak perendaman, dan kemudian dilakukan uji kuat tekan beton. Dari hasil pengujian kuat tekan, kita dapat memperoleh data-data yang dibutuhkan sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 3. 1Bagan Alir Penelitian

3.2 Tempat dan waktu

Tempat dan waktu penelitian Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara di lakukan pada bulan May - Juni 2024.

3.3 Bahan Pembuatan Benda Uji

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

3.3.1 Agregat

Agregat pada penelitian ini terdapat agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus yang digunakan lolos saringan no. 4 dan agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm. Agregat yang digunakan berasal dari Binjai baik itu agregat halus maupun agregat kasar.

3.3.2 Semen Portland

Semen Portland yang digunakan pada penelitian ini merupakan semen Portland tipe I, dengan merk Semen Padang. Pengamatan yang dilakukan terhadap semen berpakondisi fisik keutuhan kemasan semen dan kehalusan butiran semen atau butiran berwarna abu-abu, halus, dan tidak terdapat yang menggumpal.

3.3.3 Air

Pada pembuatan benda uji digunakan air yang berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air yang digunakan pada penelitian ini untuk membantu reaksi semen menjadi pasta semen sehingga dapat mengikat agregat dan perawatan pada beton setelah di cor.

3.3.4 Abu Cangkang Kelapa Sawit

Abu Cangkang kelapa sawit didapatkan dari PKS PTPN II Sawit Seberang yang merupakan hasil dari pembakaran limbah cangkang sawit yang sudah dikeringkan. Abu cangkang kelapa sawit yang digunakan dalam

penelitian ini merupakan abu yang lolos saringan no. 200.

3.3.5 Kapur

Kapur digunakan sebagai bahan dalam perendaman, pada penelitian ini di dapat secara komersial di toko material.

3.4 Desain Pembuatan Benda Uji

Penelitian menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 12 buah beton dengan 4 (empat) variasi yang masing-masing variasi berjumlah 3 sampel. Pengujian akan dilaksanakan pada umur 7, 14 dan 28 hari setelah perendaman beton. Pada setiap pembuatan 1 sampel beton dengan komposisi. Pada proporsi beton normal tidak menggunakan campuran abu cangkang sawit. Untuk dalam setiap campuran beton dengan menggunakan abu cangkang sawit sebagai bahan pengganti semen adalah 3%, 5% dan 7%. Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji dapat dilihat pada Tabel. 3.1

Tabel 3.1 Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji

No	KODE BENDA UJI	SEMEN	ABU CANGKANG KELAPA SAWIT	JUMLAH SAMPEL
1	BN	100%	0	3
2	BACS 3	97%	3%	6
3	BACS 5	95%	5%	6
4	BACS 7	93%	7%	6
JUMLAH				21

BN = Beton dengan campuran 0% abu cangkang kelapa sawit dari berat semen.

BACS3 = Beton dengan campuran 3% abu cangkang kelapa sawit dari berat semen.

BACS5 = Beton dengan campuran 5% abu cangkang kelapa sawit dari berat semen.

BACS7 = Beton dengan campuran 7% abu cangkang kelapa sawit dari berat semen.

3.5 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini telah tersedia di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Peralatan pembuatan benda uji

No	Nama Alat	Kegunaan
1	Universal Test Machine Kapasitas 2000 Kn	Menguji Kuat tekan beton
2	Saringan AgregatKasar	Memisahkan agregat kasar sesuai ukuran
3	Saringan AgregatHalus	Memisahkan agregat halus sesuai ukuran
4	Cetakan Silinder	Mencetak benda uji
5	Oven	Mengeringkan agregat kasar dan halus
6	Gelas Ukur	Mengukur takaran air dan visconcrete8670 MN
7	Kerucut Abrams	Uji slump test
8	Mixer Beton	Mmebuat campuran beton
9	Timbangan	Untuk menimbang benda uji
10	Tongkat Penumbuk	Memadatkan benda uji
11	Triplek Ukuran 1x2 m	Alas dalam pengujian slump test
12	Bak Perendaman	Untuk merendam benda uji
13	Pan	Wadah saat menyaring agregat
14	Ember	Sebagai wadah penyimpanan agregat
15	Plastik	Sebagai wadah agregat yang telah disaring
16	Sendok semen	Meratakan campuran beton saat diletakandicetakan

Tabel 3.2 *Lanjutan*

17	Sekop tangan	Mengaduk dan memasukan agregat kedalam cetakan
18	Skrap	Meratakan campuran beton
19	Masker	Untuk melindungi pernapasan dari debu
20	Sarung tangan	Melindungi tangan
21	Penggaris	Mengukur slump test

3.6 Persiapan Penelitian

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

3.6.1 Pemeriksaan Agregat

Pada penelitian ini pemeriksaan agregat menggunakan panduan dari Sni dan laporan praktikum beton program studi teknik sipil universitas muhammadiyah sumatera utara sebagai dalam tata cara pembuatan beton.

1. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar

Rumus :

- Berat sample SSD + berat wadah ($W1$) (3.1)

- Berat sample kering oven + berat wadah ($W2$) (3.2)

- Berat wadah ($W3$)

- Berat air = ($W1 - W2$) (3.3)

- Kadar air = $\frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Sample karena oven}} \times 100\%$ (3.4)

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus dan Agregat Kasar

Persamaan :

- Berat sample kering (A)
- Berat sample kering setelah dicuci (B)
- Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (C) = A – B (3.5)
- Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci
(D) = $\frac{C}{A} \times 100\%$ (3.6)

3. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Rumus Agregat Halus :

- Bulk grafitry dry (Berat Jenis Kering) $\frac{E}{B+D-C}$ (3.7)
- Bulk grafitry SSD (Berat jenis SSD) $\frac{B}{B+D-C}$ (3.8)
- Apparent Specific Grafity (Berat Jenis Semu) $\frac{E}{E+D-C}$ (3.9)
- Absorbtion (Penyerapan) $\left(\frac{B-C}{E}\right) \times 100\%$ (3.10)

Keterangan:

- B = Berat sample SSD kering permukaan jenuh
- C = Berat sample SSD di dalam piknometer penuh air
- D = Berat piknometer penuh air
- E = Berat sample SSD kering oven

Rumus Agregat Kasar :

- Bulk grafitry dry (Berat Jenis Kering) $\frac{c}{A-B}$ (3.11)
- Bulk grafitry SSD (Berat jenis SSD) $\frac{c}{A-B}$ (3.12)
- Apparent Specific Grafity (Berat Jenis Semu) $\frac{c}{A-B}$ (3.13)
- Absorbtion (Penyerapan) $\left(\frac{c}{A-B}\right) \times 100\%$ (3.14)

Keterangan:

- A = Berat sample SSD kering permukaan jenuh
- B = Berat sample SSD jenuh
- C = Berat sample SSD kering oven

4. Berat Isi Agregat Halus dan Agregat Kasar

Rumus :

- Berat agregat + wadah (W1) (3.15)

- Berat wadah (W2)

- Berat agregat (W3) = (W1 - W2) (3.16)

- Volume Wadah (V)

- Berat isi

3.6.2 Abu Cangkang Kelapa Sawit

Abu yang telah mengalami proses penggilingan dari kerak pada proses pembakaran cangkang dan serat buah pada suhu 700 – 800°C pada dapur tungku boiler. Abu kerak boiler cangkang kelapa sawit merupakan biomas dengan kandungan silika (SO₂) yang potensial dimanfaatkan. Pembakaran cangkang dan serat buah menghasilkan kerak yang keras berwarna putih – keabuan akibat pembakaran dengan suhu yang tinggi dengan kandungan silika 61%. Tingginya kandungan silika ini membuat abu kerak boiler ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan Pozzolan dalam campuran beton.

3.6.3 Kalsium(Ca) / Kapur

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.

3.7 Perencanaan Campuran Beton

Tahap awal sebelum melakukan perencanaan campuran beton dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen dasar pembentuk beton sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) yaitu pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar serta air. Selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia).

3.8 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 ASP (Abu Cangkang Sawit) sebagai pengganti sebagian semen yang diberikan secara konstan sebanyak 3%, 5%, 7% dan Kapur (Ca) 5%.

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI 7656:2012. Perencanaan campuran adukan beton menurut SNI 7656:2012 adalah sebagai berikut :

3.8.1 Langkah Pemilihan Slump

Tabel 3.3 Nilai Slump yang dianjurkan berbagai pekerjaan Konstrksi

Tipe konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang,dinding bawah tanah.	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

3.8.2 Langkah Pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum

Ukuran nominal agregat kasar maksimum dengan gradasi yang baik memiliki rongga udara yang lebih sedikit dibandingkan dengan agregat berukuran lebih kecil. Dengan demikian, beton dengan agregat berukuran lebih besar membutuhkan lebih sedikit adukan mortar per satuan isi beton. Secara umum ukuran nominal agregat maksimum harus yang terbesar yang dapat diperoleh secara ekonomi dan tetap menurut dimensi komponen struktur/konstruksinya. Ukuran nominal agregat maksimum tidak boleh melebihi:

- a) $\frac{1}{5}$ dari ukuran terkecil dimensi antara dinding-dinding cetakan/bekisting,
- b) $\frac{1}{3}$ tebalnya pelat lantai,
- c) $\frac{3}{4}$ jarak minimum antar masing-masing batang tulangan, berkas-berkas tulangan,atau tendon tulangan pra-tegang (*pretensioning strands*).

3.8.3 Perkiraan air pencampur dan kandungan udara.

Banyaknya air untuk tiap satuan isi beton yang dibutuhkan agar menghasilkan slump tertentutergantung pada :

- Ukuran nominal maksimum, bentuk partikel dan gradasi agregat;
- Temperatur beton;
- Perkiraan kadar udara, dan;
- Penggunaan bahan tambahan kimia.

Tabel 3.4 Perkiraan kebutuhan air pencampuran dan kadar untuk berbagi slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah

Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 mm	12,7 mm	19 mm	25 mm	37,5 mm	50 mm	75 mm	150 Mm
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
>175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	152	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan perkiraan kebutuhan air, diantaranya adalah Bahan tambahan kimia.

Bahan tambahan kimia dipakai untuk mengubah sifat-sifat beton, membuat beton lebih mudah dikerjakan, awet, lebih ekonomis, menambah atau mengurangi waktu pengikatan, mempercepat kekuatan dan atau mengontrol panas hidrasi. Penggunaan sedikit bahan tambahan kimia, untuk slump yang sama, akan memperbaiki sifat beton seperti pengerjaannya, penyelesaian akhir (finishing), pemompaan, keawetan, dan kuat tekan serta kuat lenturnya.

3.8.4 Langkah pemilihan rasio air semen / rasio air bahan bersifat semen

Tabel 3.5 Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen {w/(c+p)} dan kekuatan beton (SNI 7656:2012).

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Nilai kekuatan ini didasarkan pada benda uji silinder (150 x 300) mm yang dipelihara dalam kondisi lembab pada temperature $(23 \pm 1,7)^{\circ}\text{C}$ sebelum diuji. Hubungan yang ditunjukkan pada Table 3.4 adalah untuk nominal agregat maksimum (19 – 25) mm.

3.8.5 Perhitungan kadar semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam perkiraan kadar air pencampuran (Langkah 3) dibagi rasio-air semen (Langkah 4).

3.8.6 Perkiraan kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran normal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per-satuan volume beton dapat dilihat pada Table dibawah ini.

Tabel 3.6 Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan [†] dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan† dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

3.8.7 Perkiraan Kadar Agregat Halus

Seluruh komponen bahan dari beton sudah dapat diperkirakan, kecuali agregat halus. Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metoda berdasarkan berat per satuan volume beton atau metoda berdasarkan volume absolut.

a. Metode berdasarkan berat per satuan volume beton

Berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama. Bila diinginkan perhitungan berat beton per m³, secara teoritis rumus berikut ini dapat digunakan

$$U = 10Ga(100 - A) + c(1 - Ga Gc) - w(Ga - 1) \quad (3.18)$$

Keterangan :

U = Berat beton segar, kg/m³

Ga = Berat jenis rata-rata gabungan agregat halus dan kasar, kering permukaan jenuh (SSD *saturated surface dry*)

Gc = Berat jenis semen (umumnya 3,15)

A = Kadar udara (%)

w = Syarat banyaknya air pencampur, kg/m³

c = Syarat banyaknya semen, kg/m³

Tabel dibawah ini dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m³ tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan.

Tabel 3.7 Perkiraan Awal Beton Segar

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³ *	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

b. Metoda berdasarkan volume absolut

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuaam volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui yaitu : air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan.

3.8.8 Penyesuaian terhadap kelembaban agregat

Jumlah agregat yang harus ditimbang untuk beton harus memperhitungkan banyaknya kandungan air yang terserap dalam agregat. Umumnya, agregat ada dalam keadaan lembab, sehingga berat keringnya harus ditambah sebanyak presentase air yang dikandungnya baik yang terserap maupun yang ada dipermukaan. Banyaknya air pencampuran yang harus ditambahkan ke dalam campuran haruslah dikurangisebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

- a. Dalam beberapa hal mungkin diperlukan untu mencampur agregat dalam keadaan kering. Jika penyerapan air lebih besar dari 1,0% dan bila struktur pori-pori dalam jumlah butiran agregat sedemikian rupa hingga bagian yang cukup berarti dari penyerapan berlangsung dalam waktu sebelumnya terjadinya pengikatan awal, ada kemungkinan terjadi kehilangan slump yang lebih besar sebagai akibat berkurangnya air pencampur. Juga rasio air-semen akan berkurang akibat adanya air yang terserap sebelum terjadinya pengikatan.
- b. Menurut SNI 03-2493-1991, mengijinkan mencampur agregat dalam kondisi kering udara bila penyerapannya kurang dari 1,0% dengan kemungkinan

diserapnya air dari beton yang belum menjalani proses pengikatan.

3.8.9 Pengaturan campuran percobaan

Proporsi hasil perhitungan harus diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang dipersiapkan dan diuji menurut SNI 03-2493-1991 atau sebanyak campuran dilapangan. Beton harus diperiksa berat isi dan jumlah yang dihasilkan/ yield dan kadar udara, juga harus diperiksa sifat pengerjaannya, bebas dari segregasi, dan sifat penyelesaiannya (finishing-nya). Pengaturan yang sesuai harus pula dilakukan untuk campuran-campuran sebagai berikut :

1. Kebutuhan air pencampur untuk menghasilkan nilai slump yang sama seperti campuran beton yang dihasilkan dari campuran percobaan dalam m³. Jika nilai slump campuran tidak sesuai tambahkan atau kurangi jumlah kandungan air sebanyak 2 kg/m³ untuk setiap penambahan atau pengurangan nilai slump sebesar 10 mm.
2. Langkah penyesuaian karena jumlah kandungan udara yang tidak tepat pada beton adalah dengan penambahan atau pengurangan jumlah kandungan air pencampur dari peraturan pertama yaitu sebanyak 3 kg/m³ untuk setiap 1% penambahan atau pengurangan kandungan udara.
3. Perkiraan kembali berat beton segar untuk penyesuaian setara dengan berat beton segar dalam kg/m³ dari campuran percobaan yang telah disesuaikan.
4. Hitunglah campuran percobaan yang baru ini dimulai dengan Langkah no.4 jika perlu ubah volume agregat kasar dari tabel 3.3, untuk menghasilkan sifat pengerjaan yang cocok.

3.9 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dibedakan menjadi 2 yaitu beton normal dan beton abu cangkang kelapa sawit.

1. Langkah-langkah pembuatan benda uji beton normal 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, dan

semen. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata menggunakan molen.

- d. Setelah ketiga bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
 - e. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump flow untuk mengukur tingkat workability adukan.
 - f. Apabila nilai slump flow telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
 - g. Diamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.
2. Langkah-langkah pembuatan benda uji beton abu cangkang kelapa sawit 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 tuangkan agregat halus ke dalam molen lalu masukkan abu cangkang kelapa sawit yang telah lolos saringan no.200 dengan variasi yang telah ditentukan.
 - d. Kemudian masukkan agregat kasar.
 - e. Kemudian masukkan semen ke dalam molen.
 - f. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
 - g. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump untuk mengukur tingkat workability adukan.
 - h. Apabila nilai slump telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
 - i. Diamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

3.10 Pemeriksaan Slump test

Langkah-langkah pengujian Slump Test:

- 1) Basahi kerucut Abrams dan plat sebesar 1m x 1m.
- 2) Letakan plat pada bidang yang datar dan letakkan kerucut Abrams secara terbalik tepat di tengah plat.
- 3) Tuangkan campuran beton kedalam kerucut Abrams hingga penuh lalu ratakan menggunakan skrap dan diamkan selama 1 menit.
- 4) Angkat kerucut Abrams secara tegak lurus secara perlahan-lahan sambil menghitung waktu persebaran adukan menggunakan stopwatch.
- 5) Mencatat waktu saat sebaran adukan mencapai ukuran diameter 500mm dan hentikan stopwatch saat sebaran adukan berhenti serta mencatat waktunya.
- 6) Kemudian ukur lebar sebaran adukan beton menggunakan penggaris secara vertikal dan horizontal.
- 7) Besar diameter sebaran adukan menunjukkan tingkat kekentalan adukan tersebut, semakin besar diameter yang didapat maka semakin encer pula adukan tersebut.

3.11 Perawatan Beton

Perawatan beton dilakukan Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, kemudian dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air kapur dengan presentasi 5% sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 7,14 dan 28 hari.

Tabel 3. 8 variasi kuat tekan

No	Variasi campuran beton	Umur beton 7 hari	Umur beton 14 hari	Umur beton 28 hari
		Kuat Tekan		
1.	Beton Normal	2 Sampel	2 Sampel	2 Sampel
2.	Beton dengan kombinasi ACS 3% sebagai bahan pengganti semen	2 Sampel	2 Sampel	2 Sampel
3.	Beton dengan kombinasi ACS 5% sebagai bahan pengganti semen	2 Sampel	2 Sampel	2 Sampel

No	Variasi campuran beton	Umur beton 7 hari	Umur beton 14 hari	Umur beton 28 hari
		Kuat Tekan		
4.	Beton dengan kombinasi ACS 7% sebagai bahan pengganti semen dengan air kapur 5%	2 Sampel	2 Sampel	2 Sampel
Jumlah				24 Sampel

3.12 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian Kuat Tekan dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-1974-1990. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan Universal Testing Machine dengan kapasitas 2000 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 12 buah. Dimana Sampel untuk beton norma 3 buah direndam dalam waktu 7, 14 dan 28 hari. Untuk beton dengan campuran abu cangkang sawit dengan presentase 3%, 5%, dan 7% sebanyak 3 buah direndam air kapur dalam waktu 7, 14 dan 28 hari.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisa Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat dilakukan untuk memperoleh data material meliputi berat jenis, kadar air, kadar lumpur, berat isi dan analisa gradasi agregat. Pemeriksaan tersebut dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan mengikuti panduan SNI dan Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berupa pasir alam yang diperoleh dari Binjai, Sumatera Utara. Dalam hal ini agregat halus memiliki peran yang sangat penting dan mempengaruhi kekuatan beton, agar mendapatkan kualitas yang baik pemeriksaan agregat halus meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan, pengujian kadar air, pengujian kadar lumpur dan pengujian berat isi.

4.1.1.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan analisa saringan yang mengacu pada SNI ASTM C136:2012 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat:

Tabel 4.1 Analisa saringan aggregate halus

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentasi Kumulatif (%)	
			Tertahan (c)	Lolos (d)
Mm (inci)	Gram (a)	Gram (b)		
No. 4	5	5	1	99
No. 8	7	12	2,4	97,6
No. 16	59	71	14,2	85,8
No. 30	126	197	40,4	59,6

Tabel 4.1 Lanjutan

No. 50	151	348	83,8	16,2
No.100	117	465	97,8	2,2
No. 200	17	482	99	1
Pan	18	500	100	0
Modulus Kehalusan :			239,6	2,396

$$FM = \frac{\Sigma \% \text{Berat tertahan kumulatif mulai dari saringan } 0,15}{100} \quad (3.19)$$

$$= \frac{97,8 + 83,8 + 40,4 + 14,2 + 2,4 + 1}{100}$$

$$= 2,4$$

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai FM sebesar 2,4 %, Menurut Tjokrodinuljo (2007) pada umumnya modulus agregat halus mempunyai nilai antara 1,5 sampai 3,8 yang berarti nilai memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan

4.1.1.2 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Hasil dari pengujian kadar air agregat halus yang mengacu pada SNI 031971-2011 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pengujian	Benda uji ke 1	Benda uji ke 2
Massa wadah + benda uji	2509	2515
Massa wadah	500	500
Massa benda uji (W1)	2009	2015
Massa wadah + benda uji	2402	2395
Massa wadah	500	500
Massa benda uji kering oven (W2)	1902	1895
Kadar air total (P)	5,63	6,33
$((W1-W2)/W2)*100\%$		
Kadar air total (P) rata-rata	5,98	

Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai rata-rata kadar air sebesar 5,98%. Dimana percobaan dilakukan sebanyak dua kali dengan percobaan pertama diperoleh hasil kadar air sebesar 5,63% dan percobaan kedua sebesar 6,33%.

4.1.1.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus mengacu berdasarkan SNI 1970:2016 dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	gram
Berat benda uji kering oven	A	486	485	gram
Berat piknometer yang berisi air	B	620	635	gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas permukaan	C	960	946	gram

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (Sd)	$A/(B+S-C)$	3,0375	2,57	2,80
Berat jenis jenuh kering permukaan (Ss)	$S/(B+S-C)$	3,57	3,07	2,89
Berat jenis semu (Sa)	$A/(B+A-C)$	3,77	3,28	3,06
Penyerapan Air	$((S-A)/A)*100\%$	2,04	3,09	2,99

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis diperoleh Berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 2,80 dan diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diizinkan yaitu antara 2,2 – 2,9. Penyerapan air (absorption) dari hasil pengujian yaitu sebesar 2,99 %.

4.1.1.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus yang mengacu pada SNI 4142:1996 dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Agregat Halus Lolos Saringan No.4	Notasi	I	II	Satuan
Berat wadah + isi	W1	1620	1790	Gram
Berat wadah	W2	500	500	Gram
Berat contoh kering + Wadah	W4	1580	1730	Gram

Pengujian	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat kering contoh awal (W3)	W1-W2	1120	1290	1205
Berat kering contoh setelah dicuci (W5)	W4-W2	1080	1230	1155
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 (W6)	W3-W5	40	60	50
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200	$(W6/W3)*100$	3,57	4,65	4,11

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kadar lumpur pada sampel 1 sebesar 3,57% dan pada sampel 2 sebesar 4,65%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur pada kedua sampel adalah sebesar 4,11%.

4.1.1.5 Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Hasil pengujian berat isi agregat halus yang mengacu pada SNI 4804:1998 dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengujian Berat jenis Agregat Halus

Agregat Halus	Notasi	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat wadah + isi	1	12789	14539	13439	gram
Berat wadah	2	5348	5348	5348	gram
volume wadah	3	12265,625	12265,625	12265,625	cm ³

Tabel 4.5 Lanjutan

Pengujian	Persamaan	I	II	III	Satuan
Berat contoh (4)	(1-2)	7441	9191	8091	gram
Berat isi	(3/4)	1,65	1,33	1,52	gram/cm ³
Rata-rata	1,50				gram/cm ³
					kg/m ³

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat halus diperoleh rata-rata berat isi yaitu sebesar 1,50 gr/cm³. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5 – 1,8 gr/cm³ sehingga berat pada agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

4.1.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berupa batu pecah yang diperoleh dari Binjai, Sumatera Utara. Pemeriksaan agregat kasar meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan, pengujian kadar air, pengujian kadar lumpur dan pengujian berat isi.

4.1.2.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan analisa saringan yang mengacu pada SNI ASTM C136:2012 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat di lihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4 6 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentasi Komulatif (%)	
			Tertahan (c)	Lolos (d)
Mm (inci)	Gram (a)	Gram (b)		
No. 1		0	0,0	100,0
No. ¾	3615	3615	67,1	32,9
No. ½	1443	5058	93,9	6,1
No. 3/8	128	5186	96,32	3,68

Tabel 4.6 Lanjutan

No. 4	167	5353	99,4	0,6
No. 8	-		100	0
No. 16	-		100	0
No. 30	-		100	0
No. 50	-		100	0
No. 100	-		100	0
No. 200	-		100	0
Pan	31	5384	100	0
Modulus Kehalusan			856,8	8,57

$$\begin{aligned}
 FM &= \frac{\Sigma \% \text{Berat tertahan kumulatif mulai dari saringan } 0,15}{100} \\
 &= \frac{100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 99,4 + 96,32 + 93,9 + 67,1}{100} \\
 &= 8,57
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh FM 8,57%.

4.1.2.2 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Hasil dari pengujian kadar air agregat kasar yang mengacu pada SNI 031971-2011 dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian	Benda uji ke 1	Benda uji ke 2
Massa wadah + benda uji	2088	2045
Massa wadah	500	500

Tabel 4.7 Lanjutan

Massa benda uji (W1)	1588	1545
Massa wadah + benda uji	1998	2020
Massa wadah	500	500
Massa benda uji kering oven (W2)	1498	1520
Kadar air total (P)	6,01	1,64
$((W1-W2)/W2)*100\%$		
Kadar air total (P) rata-rata	3,83	

Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai rata-rata kadar air sebesar 3,83%.

4.1.2.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar mengacu berdasarkan SNI 1970:2016 dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kering oven	A	5499	5498	gram
berat benda uji jenuh kering permukaan di udara	B	5597	5632	gram
berat benda uji di dalam air	C	3500	3510	gram

Tabel 4.8 Lanjutan

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (Sd)	$A/(B-C)$	2,62	2,59	2,61
Berat jenis jenuh kering permukaan (Ss)	$B/(B-C)$	2,67	2,65	2,66

Tabel 4.

Berat jenis semu (Sa)	$A/(A-C)$	4,85	4,99	2,76
Penyerapan air (Sw)	$((B-A)/A)*100\%$	1,78	2,44	2,11

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis diperoleh Berat jenis SSD (Saturated Surface Dry) rata-rata sebesar 2,61 dan diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diizinkan yaitu antara 2,2 – 2,8.

4.1.2.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar yang mengacu pada SNI 4142:1996 dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4 9 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Agregat Kasar Lolos Saringan No.3/8	Notasi	I	II	Satuan
Berat wadah + isi	W1	1550	1545	gram
Berat wadah	W2	500	500	gram
Berat contoh kering + Wadah	W4	1515	1525	gram

Tabel 4.9 Lanjutan

	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat kering contoh awal (W3)	W1-W2	1050	1045	1047,5
Berat kering contoh setelah dicuci (W5)	W4-W2	1015	1025	1020
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 (W6)	W3-W5	35	20	27,5
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200	$(W6/W3)*100$	3,33	1,91	2,62

Hasil nilai rata-rata kadar lumpur pada agregat kasar adalah sebesar 2,62%.

4.1.2.5 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Hasil pengujian berat isi agregat kasar yang mengacu pada SNI 4804:1998 dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4 10 Pengujian Berat jenis Agregat Kasar

Agregat Kasar	Notasi	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat wadah + isi	1	13969	14876	13561	Gram
Berat wadah	2	5348	5348	5348	Gram
volume wadah	3	12265,625	12265,625	12265,625	cm ³

Tabel 4.10 Lanjutan

	Persamaan	I	II	III	Satuan
Berat contoh (4)	(1-2)	8621	9528	8213	Gram
Berat isi	(3/4)	1,42	1,29	1,49	gram/cm ³
Rata-rata		1,40			gram/cm ³
					kg/m ³

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat kasar diperoleh rata-rata berat isi yaitu sebesar 1,40 gr/cm³. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,4 – 1,8 gr/cm³ sehingga berat pada agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

4.2 Perencanaan Campuran Beton

Peneliti menganalisis data-data yang diperoleh pada saat penelitian sehingga diperoleh campuran beton pada tabel 4.11.

Tabel 4 11 Data hasil tes dasar

DATA TES DASAR	NILAI	SATUAN
FM agregat halus	2,40	%
FM agregat kasar	8,57	%
kadar air agregat halus	5,98	%
kadar air agregat kasar	3,83	%
berat jenis agregat halus	2,80	gr/cm ³
berat jenis agregat kasar	2,61	gr/cm ³
penyerapan air agregat halus	2,99	%
penyerapan air agregat kasar	2,11	%
kadar lumpur agregat halus	4,11	%
kadar lumpur agregat kasar	2,62	%
berat isi agregat halus	1,50	gr/cm ³
berat isi agregat kasar	1,40	gr/cm ³

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (mix design) yang diinginkan. Perencanaan campuran beton (mix design) dilaksanakan sesuai dengan metode uji SNI 7656:2012.

Tabel 4 12 Data Kebutuhan Mix Design

DATA KEBUTUHAN MIX DESIGN	NILAI	SATUAN
mutu beton	20	Mpa
Slump	75-100	mm
ukuran agregat maksimum	19,1	mm
berat kering oven agregat kasar (kadar air)	1509	kg/m ³
berat jenis semen tanpa tambahan udara	3,15	gr
modulus kehalusan agergat halus	3,16	mm
berat jenis (SSD) agregat halus	2,8	gr
berat jenis (SSD) agregat kasar	2,61	gr
penyerapan air agregat halus	2,99	%
penyerapan air agregat kasar	2,11	%

4.2.1 Langkah Perhitungan

1. Kebutuhan Air Pencampuran

Tabel 4 13 Perkiraan Kebutuhan Air Pencampuran dan Kadar Udara Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah

Air (kg/m³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump(mm)	9,5 mm*	12,7 mm*	19 mm*	25 mm*	37,5 mm*	50 mm*	75 mm [‡]	150 mm
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-

Berdasarkan Tabel diatas maka didapatkan nilai pencampuran air adalah 205 kg/m³.

2. Rasio Air Semen

Berdasarkan SNI 7656:2012, apabila dilakukan campuran percobaan untuk membuktikan hubungan-hubungan kekuatan atau menilai kembali kekuatan dari sebuah campuran, harus digunakan air pencampur dan kadar udara yang terkecil. Kadar udara harus yang maksimum yang diijinkan dan beton harus diukur untuk mencapai slump tertinggi yang diijinkan. Bila beton memiliki kadar air dan atau kadar udara yang lebih rendah, maka proporsi bahan-bahan beton harus disesuaikan untuk menghasilkan beton yang diinginkan.

Tabel 4 14 Hubungan Antara Rasio Air-Semen atau Rasio Air-Bahan Bersifat Semen dan Kekuatan Beton

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Berdasarkan Tabel diatas, maka diambil nilai rasio semen sebesar 0,69 % sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan yaitu 20 Mpa.

3. Perhitungan Kadar Semen

Banyaknya semen untu tiap satuan volume beton diperoleh dari ketentuan pada tabel 4.13 dan table 4.14 diatas. Kebutuhan semen sama dengan perkiraan kadar air pencampuran pada tabel 4.13 dibagi dengan rasio air-semen pada tabel 4.14

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Kadar Air Pencampuran}}{\text{Rasio Air – Semen}} \\ &= \frac{205}{0,69} \\ &= 297,10 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. Berat Kering Agregat Kasar

Tabel 4 15 Volume agregat kasar per satuan volume beton

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan [†] dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Berdasarkan tabel diatas maka diambil nilai 0,66, sehingga didapat berat keringnya:

= (Volume agregat kasar kering oven x Berat kering oven agregat kasar)

= (0,66 x 1509)

= 995,9 kg

5. Perkiraan Awal Berat Beton Segar

Menurut SNI 7656:2012, Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari ketetapan, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya.

Tabel 4 16 Perkiraan Awal Beton Segar

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³ *	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Berdasarkan data pada Tabel 4.16 diatas maka didapat nilai perkiraan berat

beton adalah 2345 kg. Maka untuk mendapatkan volume agregat halus yang di isyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar.

Sehingga :

= Air	: 205	kg	
= Semen	: 297,10	kg	
= Agregat Kasar	: 995,9	kg	+
Jumlah	: 1498,04	kg	

Maka Berat Agregat Halus adalah :

$$= (\text{satuan volume beton} - \text{jumlah seluruh volume bahan})$$

$$= 2345 \text{ kg} - 1498,04 \text{ kg}$$

$$= 846,96 \text{ kg}$$

6. Volume Absolute

Agregat halus yang dibutuhkan harus ditentukan berdasarkan volume absolut. Dengan diketahuinya jumlah semen, air udara, dan agregat kasar, kadar agregat halus dapat dihitung sebagai berikut :

- | | | |
|--------------|---|-------------------------|
| • Volume air | = | $\frac{205}{1000}$ |
| | | = 0,0205 m ² |
- | | | |
|----------------------|---|-------------------------------------|
| • Volume padat semen | = | $\frac{297,10}{(3,15 \times 1000)}$ |
| | | = 0,094 m ³ |
- | | | |
|--------------------------------|---|-------------------------------------|
| • Volume absolut agregat kasar | = | $\frac{995,94}{(2,24 \times 1000)}$ |
| | | = 0,227 m ³ |
- | | | |
|-----------------------------|---|------------------------|
| • Volume udara terperangkap | = | 1% x 1 |
| | | = 0,010 m ³ |
- | | | |
|--|---|-------------------------------|
| • Jumlah volume padat selain agregat halus | = | 0,025 + 0,094 + 0,227 + 0,010 |
| | | = 0,0573 m ³ |
- | | | |
|---------------------------------------|---|------------------------|
| • volume agregat halus yangdibutuhkan | = | 1- 0,0573 |
| | | = 0,463 m ³ |

- Berat agregat halus kering yang dibutuhkan

$$= 0,463 \times 3,24 \times 1000$$

$$= 1501,09 \text{ kg}$$

7. Perbandingan Berat

Tabel 4 17 Didapat nilai perbandingan berat Air (berat bersih), Semen, Agregat Kasar (kering), dan Agregat Halus (kering) Berdasarkan SNI 7656:2012 .

Bahan	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
Air (berat bersih)	205	205
Semen	297,10	297,10
Ag. Kasar (kering)	995,94	995,94
Ag. Halus (kering)	846,96	865,47

8. Koreksi Terhadap Kandungan Air

Pengujian menunjukkan kadar air seperti dibawah ini. Jika proporsi campuran percobaan dengan anggapan berat (massa) yang digunakan, maka berat (massa) penyesuaian dari agregat sebagai berikut. Kadar air didapat :

$$\text{Ag. Kasar} = 3,83 \%$$

$$\text{Ag. Halus} = 5,98 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Ag. Kasar (Basah)} &= 995,94 \times (1 + 0,0383) \\ &= 1034,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ag. Halus (Basah)} &= 846,96 \times (1 + 0,0598) \\ &= 897,61 \text{ kg} \end{aligned}$$

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan. Maka :

Air yang diberikan Ag. Kasar adalah

$$\begin{aligned} &= (3,83 - 2,11) \\ &= 0,0172 \% \end{aligned}$$

Air yang diberikan Ag. Halus adalah

$$\begin{aligned} &= (5,98 - 2,99) \\ &= 0,0299 \% \end{aligned}$$

Maka kebutuhan air adalah

$$\begin{aligned} &= 205 - (995,94 \times 0,0172\%) - (846,96 \times 0,0299\%) \\ &= 162,55 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan perkiraan dalam 1m³ Beton adalah

Air (yang ditambahkan)	= 162,55 kg
Semen	= 297,10 kg
Ag.Halus (Basah)	= 897,61kg
Ag. Kasar (Basah)	= 1034,08 kg
<hr/>	
Jumlah	= 2391,338 kg

4.2.2 Perhitungan Proporsi Kebutuhan Benda Uji Beton

4.2.2.1 Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder

Perhitungan dilakukan untuk menentukan berta dan volume masing-masing agregat untuk setiap silinder yang berukuran 15 cm x 30 cm, maka:

$$\begin{aligned} \text{Volume silinder} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Maka volume untuk tiap silinder adalah 0,0053 m³, dengan hasil tersebut selanjutnya volume silinder dapat dihitung dengan cara mengalikan tiap-tiap agregat dengan volume silinder dengan perhitungan sebagai berikut:

Agregat halus	= 897,61 x 0,0053	= 4,76 kg
Agregat kasar	= 1034,08 x 0,0053	= 5,48 kg
Semen	= 297,10 x 0,0053	= 1,57 kg
Air	= 162,55 x 0,0053	= 0,95 liter
<hr/>		
Total		= 12,8 kg

Untuk perhitungan *mix design* beton dengan bahan tambah abu cangkang sawit (ACS) maka jumlah semen yang digunakan akan berubah pula. ACS berperan sebagai bahan pengganti semen sehingga berat semen akan dikurangi dengan berat dari ACS yang digunakan dengan variasi yaitu 3%, 5%, 7% dari semen. Maka

didapat hasilnya adalah:

1. Penambahan ACS 3%

$$\text{ACS 3\%} = 0,0471 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 1,57 \text{ kg}$$

$$\text{Maka, Semen - ACS} = 0,0471 - 1,57$$

$$\text{Total} = 1,5229 \text{ kg}$$

2. Penambahan ACS 5%

$$\text{ACS 5\%} = 0,0785 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 1,57 \text{ kg}$$

$$\text{Maka, Semen - ACS} = 0,0785 - 1,57$$

$$\text{Total} = 1,4915 \text{ kg}$$

3. Penambahan ACS 7%

$$\text{ACS 7\%} = 0,1099 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 1,57 \text{ kg}$$

$$\text{Maka, Semen - ACS} = 0,1099 - 1,57$$

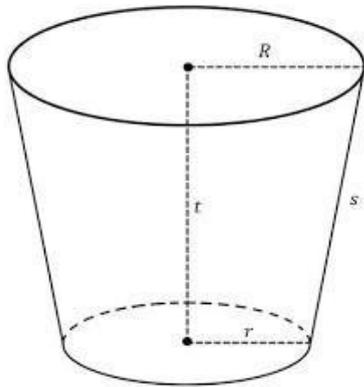
$$\text{Total} = 1,4601 \text{ kg}$$

Tabel 4 18 Banyaknya Abu Cangkang Sawit yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

Variasi Bahan ganti (%)	Berat Abu Cangkang Sawit (kg)	Berat semen (kg)
3%	0,0471	1,5229
5%	0,0785	1,4915
7%	0,1099	1,4601

4.3 Perhitungan Kebutuhan Air Perendaman Kapur

Pada penelitian ini perendaman air (*curing*) dilakukan dengan menggunakan ember dan menambahkan kapur kedalam air perendaman. Kapur bereaksi dengan bermacam-macam komponen pozzolan yang halus untuk membentuk kalsium silika semen. Penggunaan kapur dalam air perendaman untuk mengetahui pengaruh dari kapur pada perendaman. Banyaknya kapur yang



digunakan dalam setiap perendaman didapatkan:

Volume Bak Ember

$$V = \frac{1}{3} \pi t (R^2 + rR + r^2)$$

Dimana:

$$t = 30 \text{ cm}$$

$$R = 25 \text{ cm}$$

$$r = 20 \text{ cm}$$

Gambar 4.1 Bak ember

maka:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{3} \pi t (R^2 + rR + r^2) \\ &= \frac{1}{3} (3,14) 30 (25^2 + 20 \times 25 + 20^2) \\ &= \frac{1}{3} (94,2) (625 + 500 + 400) \\ &= 47885 \text{ liter} \end{aligned}$$

Jadi, volume bak ember untuk perendaman beton adalah 47 liter. Sedangkan untuk 5 % kapur dari volume bak ember tersebut adalah 2,38 atau 2,4 kg kapur untuk perendaman beton. Perbandingan rasio Air kapur dapat dilihat pada Tabel 4.19

Tabel 4 19 Perbandingan Rasio Air kapur

Tempat perendaman	Volume (L)	Kapur	Satuan
Bak Ember	47,8 Liter	2,4	Kg
	1 Liter	19,9	Gram

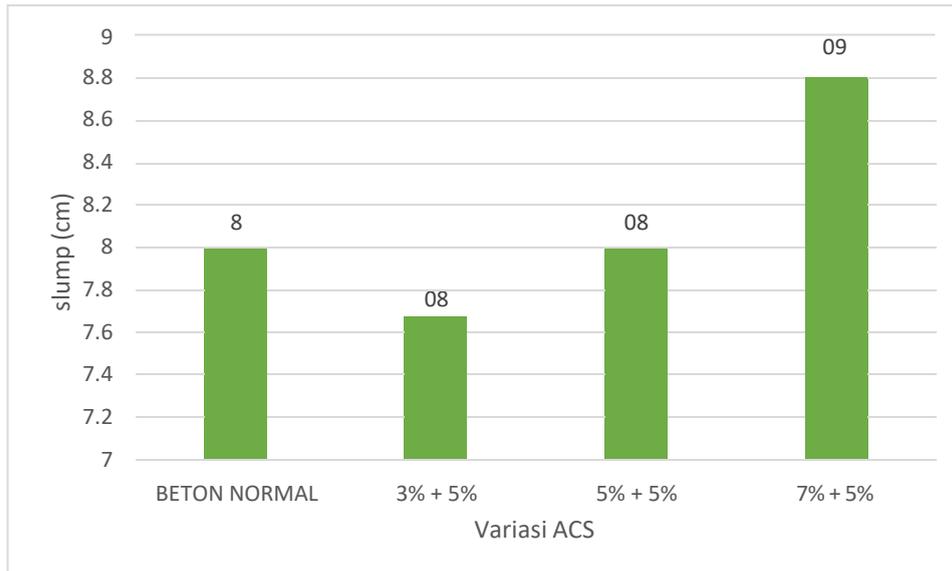
4.4 Pengujian Slump

Uji slump adalah test yang dilakukan untuk menentukan workability pada beton segar agar diketahui apakah campuran tersebut dapat dikerjakan atau tidak. Pengujian slump test dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams dengan mengisi beton segar sebanyak 1/3, 2/3, 3/3, dengan tiap lapisan dirojokk dengan tongkat penusuk sebanyak 25 kali. Setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu diamkan selama 10 detik. Setelah itu angkat kerucut dengan cara tegak lurus sampai adukan beton terlepas semua dari cetakan, lalu ukur tinggi adukan. Selisih tinggi kerucut dengan adukan merupakan nilai slump.

Tabel 4 20 Hasil slump test beton normal dan ACS

variasi	Slump(cm)
	Silinder
Beton Normal	8
3%	7,7
5%	8,0
7%	8,8

Berdasarkan tabel diatas menjelaskan bahwa hasil pengujian yang diperoleh slump menunjukkan peningkatan seiring penambahan abu cangkang sawit. Hal ini diakibatkan karena abu cangkang sawit banyak menyerap air untuk melakukan reaksi kimia dengan karbon hidroksida, maka dapat dikatakan bahwa abu cangkang sawit dapat menambah workability.



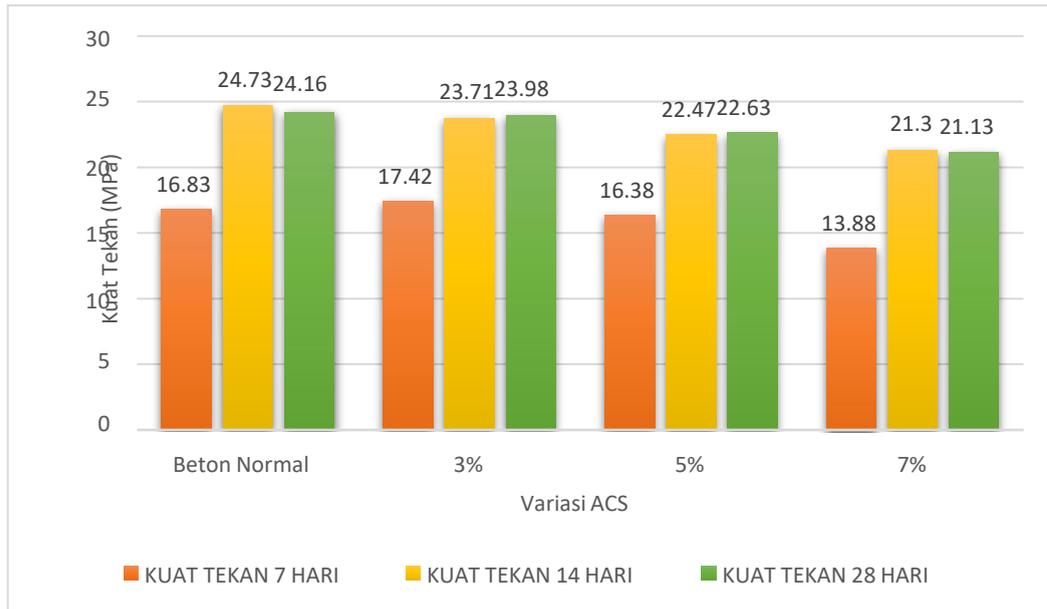
Gambar 4.2 Grafik Slump Beton

4.5 Pegujian Kuat Tekan Beton

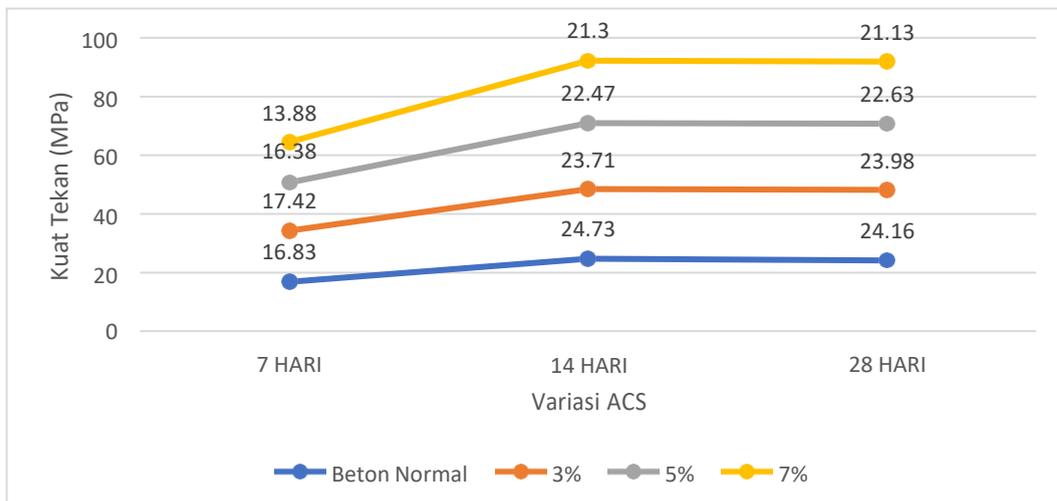
Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-1974-1990, pengujian pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tekan (Universal Testing Machine) dengan kapasitas 2000 kN. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian kuat tekan tersebut dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 4 21 Hasil kuat tekan Beton Normal Tanpa Air Kapur dan ACS

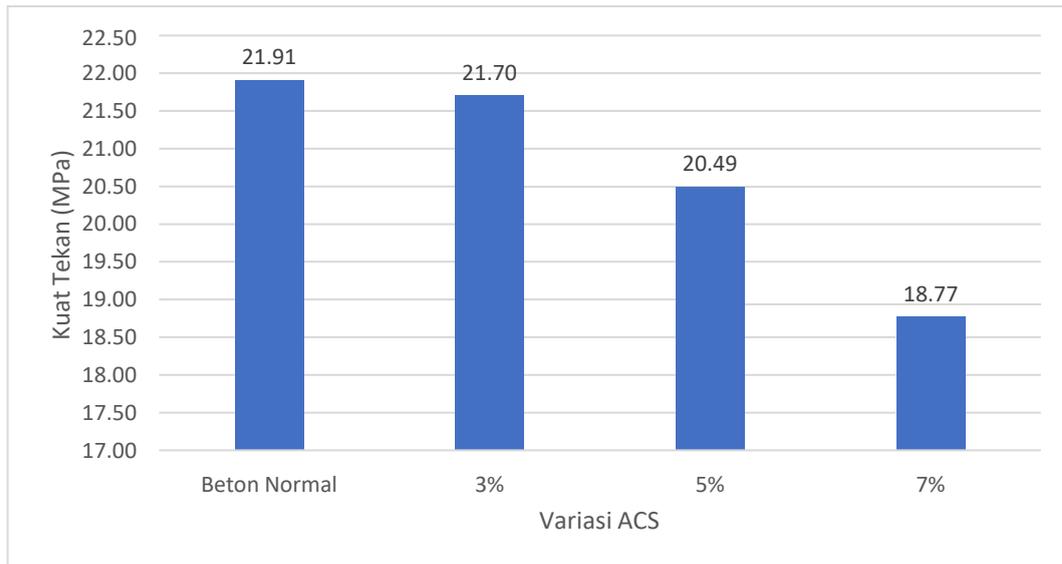
VARIASI	KUAT TEKAN			RATA
	7 HARI	14 HARI	28 HARI	
Beton Normal	16,83	24,73	24,16	21,91
3%	17,42	23,71	23,98	21,70
5%	16,38	22,47	22,63	20,49
7%	13,88	21,3	21,13	18,77



Gambar 4. 3 Grafik Kuat Tekan



Gambar 4. 4 Grafik Rata Rata Kuat Tekan Berdasarkan Umur



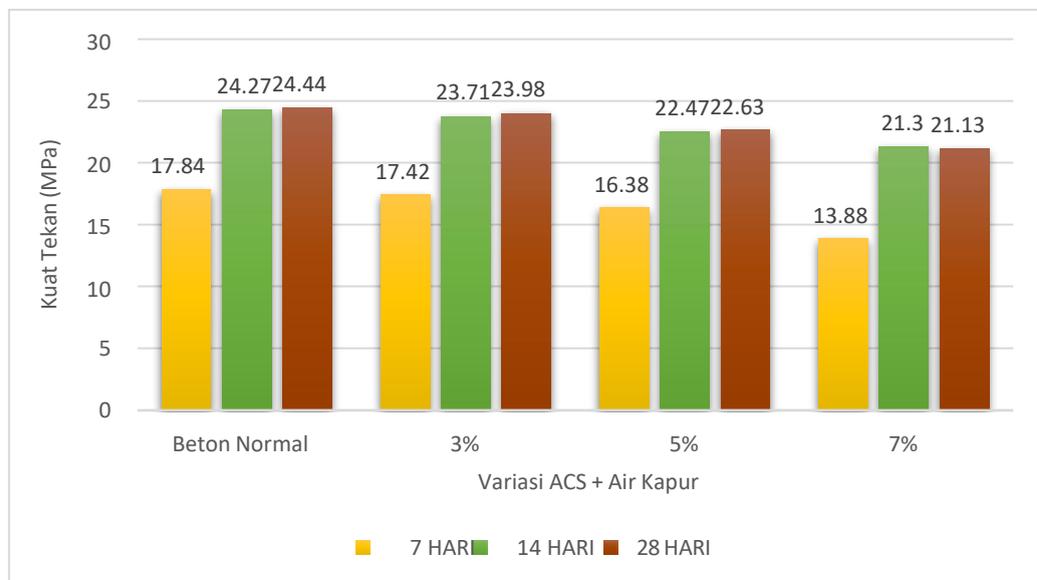
Gambar 4. 5 Grafik Rata Rata Kuat Tekan Berdasarkan Variasi

Berdasarkan hasil data kuat tekan pada Tabel 4.20 yang merupakan hasil dari perhitungan beton normal tanpa rendaman air kapur dan variasi abu cangkang sawit. Dimana BN pada umur 7 hari dihasilkan kuat tekan beton 16,84 Mpa, umur 14 hari 23,73 Mpa dan umur 28 hari 24,16 Mpa. Di dapat kuat tekan rata-rata BN adalah 21,91 Mpa, hal tersebut memenuhi syarat yang ditargetkan yaitu 20 Mpa. Pada Beton variasi 3% di umur 7 hari menghasilkan kuat tekan 17,42 Mpa, umur 14 hari 23,71 Mpa dan umur 28 hari 23,98 Mpa. Didapatkan kuat tekan rata-rata sebesar 21,70 Mpa. Pada Variasi campuran ACS 5% didapatkan kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 16,38 Mpa, untuk umur 14 hari sebesar 22,47 Mpa dan umur 28 hari 22,63 Mpa. Didapatkan nilai kuat rata-rata pada campuran 5 % sebesar 20,49 Mpa. Untuk variasi 7% didapatkan nilai kuat tekan pada umur 7 hari sebesar 13,88 Mpa, umur 14 hari 21,3 Mpa dan umur 28 hari 21,13 Mpa. Didapatkan kuat tekan rata-rata pada variasi 7% sebesar 18,44 Mpa.

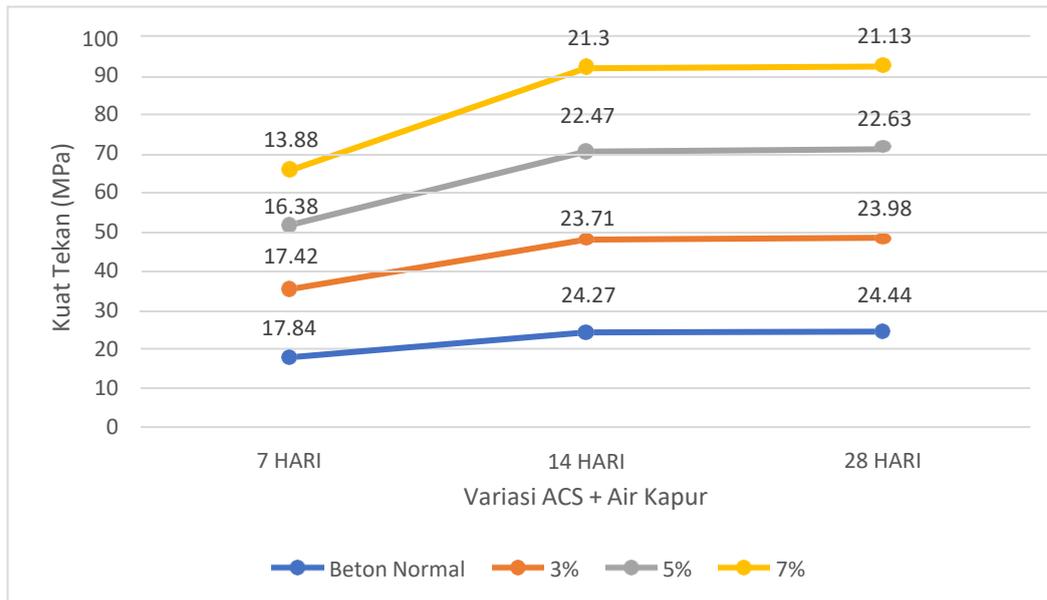
Dari hasil kuat tekan variasi ACS beton mengalami penurunan seiring meningkatnya persen abu cangkang kelapa sawit yang digunakan. Hal ini sesuai dengan penelitian Lerry at al., (2012) menjelaskan hasil kuat tekan mengalami penurunan yang disebabkan oleh adanya silika oksida (SiO_2) pada abu cangkang kepala sawit hingga 59,1 %. Ada peluang bahwa kandungan silika pada abu cangkang sawit tidak bisa menggantikan silika semen yang lebih kompleks dan komposisinya telah disempurnakan dari pabrik semen.

Tabel 4 22 Hasil Kuat Tekan Beton Normal Air Kapur dan ACS

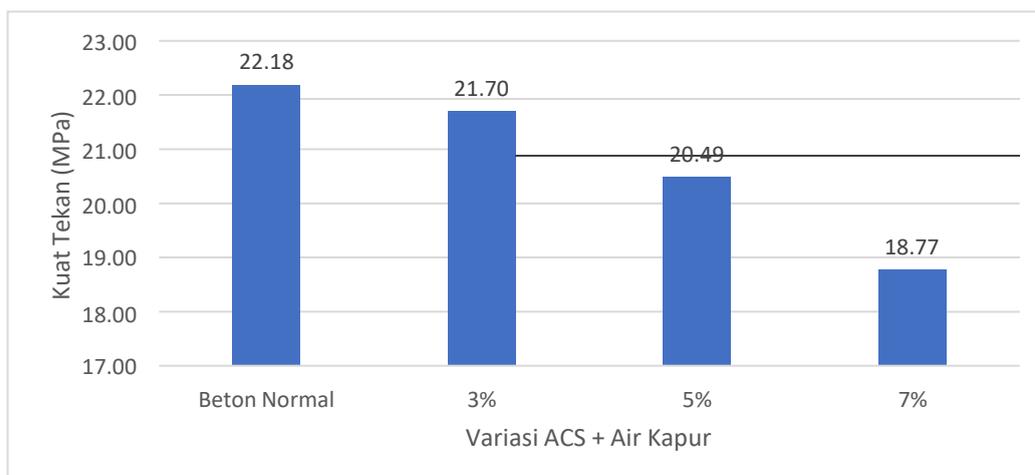
VARIASI	KUAT TEKAN			RATA
	7 HARI	14 HARI	28 HARI	
Beton Normal	17,84	24,27	24,44	22,18
3%	17,42	23,71	23,98	21,70
5%	16,38	22,47	22,63	20,49
7%	13,88	21,3	21,13	18,77



Gambar 4. 6 Grafik Kuat Tekan



Gambar 4. 7 Grafik Rata Rata Kuat Tekan Berdasrkan Umur + Air Kapur



Gambar 4. 8 Grafik Kuat Tekan Rata Rata Berdasarkan Variasi + Air Kapur

Berdasarkan hasil data kuat tekan pada Tabel 4.21 yang merupakan hasil dari perhitungan beton normal dengan rendaman air kapur dan variasi abu cangkang sawit. Dimana BN pada umur 7 hari dihasilkan kuat tekan beton 17,84 Mpa, umur 14 hari 24,27 Mpa dan umur 28 hari 24,44 Mpa. Di dapat kuat tekan rata-rata BN adalah 22,18 Mpa, hal tersebut memenuhi syarat yang ditargetkan yaitu 20 Mpa. Hasil presentase penurunan rendaman air kapur dengan variasi 3% umur 7 hari, 14, dan 28 hari sebesar 0,023%, 0,023%, 0,018%. Untuk viarasi ACS 5% pada umur 7, 14, dan 28 hari sebesar 0,081%, 0,074%, 0,074%. Pada variasi 7% umur 7,14 dan 28 hari sebesar 0,221%, 0,122% dan 0,135% dari hasil kuat tekan beton normal rendaman air kapur. Hasil kuat tekan dari beton normal dengan rendaman air kapur

mengalami peningkatan dibandingkan dengan beton normal dengan rendaman air biasa.

Hal ini sesuai dengan penelitian Muwardin at al., (2017) dimana hasil kuat tekan dengan rendaman air kapur lebih tinggi dibandingkan dengan air biasa. Menurut Sriwahyuni at al., (2014) dikarenakan kapur mengandung alum (tawas) yang membuat ph menjadi asam. Air kapur akan bereaksi dengan udara dan membentuk lapisan lapisan tipis kalsium karbonat (CaCO_3) diatas permukaan cairan perendaman. Kalsium karbonat akan mengendap dan menutupi pori-pori pada beton. Pori-pori pada beton akan tertutup dan mencegah penguapan dan masuknya mikroba pada sampel. Maka beton normal yang direndam menggunakan air kapur cenderung lebih naik dibandingkan dengan beton normal yang direndaman menggunakan air biasa.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Hasil kuat tekan pada beton normal menunjukkan bahwa beton yang direndam dengan air kapur lebih tinggi dibandingkan dengan air biasa. Dimana BN tanpa air kapur pada umur 7 hari menghasilkan 16,83 Mpa, 14 hari 24,73 Mpa, 28 hari 24,16 Mpa dan menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 21,91 Mpa, sedangkan BN dengan rendaman air kapur menghasilkan kuat tekan pada umur 7 hari 17,84 Mpa, 14 hari 24,27 Mpa, 28 hari 24,44 Mpa dan menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 22,18 Mpa. Untuk kuat tekan variasi ACS dengan rendaman air kapur mengalami peningkatan dimana hasil kuat tekan rata-rata 3% 21,70 Mpa, 5% 20,40 Mpa dan 7% 18,77 Mpa. Sedangkan hasil kuat tekan variasi ACS beton mengalami penurunan seiring meningkatnya persen abu cangkang kelapa sawit yang digunakan, disebabkan oleh adanya silika oksida (SiO_2) pada abu cangkang kepala sawit. Ada peluang bahwa kandungan silika pada abu cangkang sawit tidak bisa menggantikan silika semen yang lebih kompleks dan komposisinya telah disempurnakan dari pabrik semen.
2. Hasil kuat tekan dengan rendaman air kapur lebih tinggi dibandingkan dengan air biasa dikarenakan kapur mengandung alum (tawas) yang membuat pH menjadi asam. Air kapur akan bereaksi dengan udara dan membentuk lapisan-lapisan tipis kalsium karbonat (CaCO_3) diatas permukaan cairan perendaman. Kalsium karbonat akan mengendap dan menutupi pori-pori pada beton. Pori-pori pada beton akan tertutup dan mencegah penguapan dan masuknya mikroba pada sampel. Maka beton normal yang direndam menggunakan air kapur cenderung lebih baik dibandingkan dengan beton normal yang direndaman menggunakan air biasa.

5.2 Saran

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna baik dalam pengembangan keilmuan tentang bahan bangunan khususnya teknologi beton maupun dalam penerapan secara praktis di lapangan. Diharapkan penelitian lanjutan dapat dilakukan oleh para peneliti lainnya, terutama terhadap beberapa permasalahan berikut :

1. Penggunaan abu boiler cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti semen dan air kapur dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk pengujian kuat tekan akibat pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit dalam campuran beton dan dilakukan penelitian lebih lanjut tentang analisis perbandingan kuat tekan beton dengan perawatan curing menggunakan air kapur dan air biasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi Manaf, Irma Ridhayani, & Amalia Nurdin. (2023). Pengaruh Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Semen Pada Beton Berpori. *Journal of Civil Engineering*, 5(1), 17–26.
- Anonim. (2012). Perilaku Kuat Tekan Beton Dengan Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Sebagian Semen. *Jurnal Inersia*, 4(2), 43.
- Bammer, M. (2014). Beton. *Zeitschrift Für Recht Des Bauwesens*, 2400(3), XI–XII. <https://doi.org/10.33196/zrb201403xi01>
- Bayu, E., Novan, A., & Morena, Y. (2022). Pengaruh Penambahan Fly Ash Cangkang Sawit dan Kapur Dolomit Sebagai. *Sainstek*, 10, 153–160.
- Diwa, B. A. Y. U., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2022). *Sebagai Bahan Pengganti Semen Terhadap Kuat*.
- Hidayat, A., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., & Pasir, U. (n.d.). *110845-ID-none. 1*.
- Juliana, A., & Satriani. (2019). *Studi Pengaruh Penambahan Limbah Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton (Study On Effect Of Addition Of Palm Shell Waste to The Concrete Compressive Strength). 1(2)*.
- Kristianto, & 2017. (n.d.). *SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP MUTU BETON Abstrak penelitian meliputi : 1–10*.
- Lerry, M., Elhusna, E., & Afrizal, Y. (2012). Perilaku kuat tekan beton dengan abu cangkang sawit sebagai pengganti sebagian semen. *Jurnal Inersia*, 4(2), 43. <https://ejournal.unib.ac.id/inersiajurnal/article/view/6716/3334>.
- Manuahe, R., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash). *Jurnal Sipil Statik*, 2(6), 277–282.
- Mooy, M., Simatupang, P. H., & Frans, J. H. (2017). Pengaruh Suhu Curing Beton Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, VI(1), 47–60.
- Muwardin, S., Galuh, D. L. C., & Yasin, I. (2019). *Pengaruh Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perendaman Air Laut , Air Tawar , Air Sungai Dan Air Kapur. 9*.
- Pengaruh abu cangkang kelapa sawit sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat tarik belah beton ringan.* (2015). 1–9.

- Rahmadia, N. (2018). Sawit Sebagai Pengganti Sebagian Semen Untuk Beton Mutu Tinggi. *Jurnal USU*.
- Sani, I. I. (2021). Perbandingan Pemakaian Air Kapur Serta Pengaruh Penambahan Sika Fume Terhadap Ketahanan Beton Mutu Tinggi (Studi Penelitian). *Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 1(2)*, 23–33.
- Sidik, S., Rahman, R., Sukma, A. M., & Nurwidayati, R. (2019). *Pengaruh Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. 69–75.
- Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020). *Disusun Oleh: MUHAMMAD REJA PALEPY 1607210223*.
- Substitusi, P., Sawit, C., Kuat, T., Beton, T., Muhammad, M. T., Ardhyhan, Z., Ardhyhan, M. Z., & Basrin, D. (2022). Pengaruh Substitusi Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Media Teknik Sipil, 3(1)*, 1–4.
- Suprianto. (2019). PENGARUH PENAMBAHAN CANGKANG SAWIT TERHADAP KUAT TEKAN BETON F'C 30 MPa. *Kinabalu, 11(2)*, 50–57.
- Wahidmurni. (2017). 濟無 *No Title No Title No Title*. 2588–2593.
- Wahyuni, A. S., Rauf, N., & Tahir, D. (2014). *Analisis Pengaruh Waktu Perendaman Larutan Kapur Terhadap Sifat Fisis Mortar Ekosemen*.

LAMPIRAN



Gambar L. 1 Pengayakan Abu Cangkang Sawit



Gambar L. 2 Abu Cangkang Sawit



Gambar L. 3 Pemeriksaan Agregat



Gambar L. 4 Mix Design



Gambar L. 5 Proses Pengerojokan



Gambar L. 6 Proses Pengerojokan



Gambar L. 7 Beton Benda Uji



Gambar L. 8 Perendaman Beton Dengan Air Kapur



Gambar L. 9 Pemasangan Capping Pada Benda Uji



Gambar L. 10 Benda Uji Yang Sudah diCapping



Gambar L. 11 Penimbangan Benda Uji



Gambar L. 12 Pengujian Kuat Tekan



Gambar L. 13 Retakan Pada Benton



PT. RAPI ARJASA

Jalan PTPN IX, Megawati, Dusun VIII, Kepoh Nauli, Desa Tandem Hulo II, Kec. Hampanan Perak, Kab. Deli Serdang, 20374

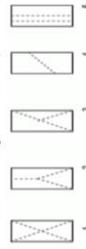
LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SNI 1974-2011

Nomor Laporan : MONICA PERMATA SARI
Penomoran Pengujian : Penelitian
Proyek : Laboratorium PT. RAPI ARJASA
Lokasi : Laboratorium PT. RAPI ARJASA
Jenis Benda Uji : Silinder (d=15; t=30)
Mutu Benda Uji : FC'20
Jumlah Benda Uji : 9 Unit

Lembar : 3
Diuji Oleh : PT. RAPI ARJASA
Alat yang Dipakai : Universal Testing Machine
 Kap. 2000 KN

No.	Identitas Benda Uji	T (cm)	D (cm)	T/D	Luasan (cm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umar Beton (hari)	Beban Tekan Aktual (kN)	Beban Tekan Kalibrasi (kN)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							Cetak	Uji					
1	BETON NORMAL	30	15	2	176.625	12.84	04 Juni 2024	11 Juni 2024	7	297.22	294.81	16.83	1
2	ACS 3%	30	15	2	176.625	12.78	04 Juni 2024	11 Juni 2024	7	307.65	304.70	17.42	1
3	ACS 5%	30	15	2	176.625	12.88	04 Juni 2024	11 Juni 2024	7	289.31	286.89	16.38	1
4	ACS 7%	30	15	2	176.625	12.68	04 Juni 2024	11 Juni 2024	7	245.15	243.34	13.88	1

Bentuk Kehancuran (pilih diantara satu)



NB - Kesalahan sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium

- Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk penyimpanan sampel yang telah diuji

- Laboratorium tidak memberikan pernyataan penyelesaian spesifikasi (decision rate) terhadap hasil uji

Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji. Tidak untuk dimumkan atau dipublikasikan.

Dilarang mengutip/memperbanyak sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin Laboratorium PT. RAPI ARJASA.

Binjai, 22 Juli 2024
Kepala Lab. PT. RAPI ARJASA

(Signature)
(Syahh Antri, ST)



PT. RAPI ARJASA

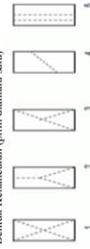
Jalan PTPN IX, Megawati, Dusun VIII, Kepoh Nauli, Desa Tandem Hulo II, Kec. Hammanan Perak, Kab. Deli Serdang, 20374

LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SNI 1974-2011

Nomor Laporan :
Penomoran Pengujian : MONICA PERMATA SARI
Proyek : Penelitian
Lokasi : Laboratorium PT. RAPI ARJASA
Jenis Benda Uji : Silinder (d=15; t=30)
Mutu Benda Uji : FC'20
Jumlah Benda Uji : 9 Unit
Lembar : 3
Diuji Oleh : PT. RAPI ARJASA
Alat yang Dipakai : Universal Testing Machine
 Kap. 2000 kN

No.	Identitas Benda Uji	T (cm)	D (cm)	T/D	Luasan (cm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umar Beton (hari)	Beban Tekan Aktual (kN)	Beban Tekan Kalibrasi (kN)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							Cetak	Uji					
1	BETON NORMAL	30	15	2	176.625	12.84	05 Juni 2024	19 Juni 2024	14	436.84	432.61	24.73	1
2	ACS 3 %	30	15	2	176.625	12.79	05 Juni 2024	19 Juni 2024	14	418.73	414.68	23.71	1
3	ACS 5 %	30	15	2	176.625	12.73	05 Juni 2024	19 Juni 2024	14	396.80	392.78	22.47	1
4	ACS 7 %	30	15	2	176.625	12.77	05 Juni 2024	19 Juni 2024	14	376.18	372.99	21.30	1

Bentuk Kehancuran (pilih diantara satu)



NB - Kesalahan sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium

- Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk penyimpanan sampel yang telah diuji

- Laboratorium tidak memberikan pernyataan penyelesaian spesifikasi (decision rate) terhadap hasil uji

Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji. Tidak untuk dimumkan atau dipublikasikan.

Dilarang mengutip/memperbanyak sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin Laboratorium PT. RAPI ARJASA.

Binjai, 22 Juli 2024
Kepala Lab. PT. RAPI ARJASA



PT. RAPI ARJASA

Jalan PTPN IX, Megawati, Dusun VIII, Kepoh Nauli, Desa Tandem Hulo II, Kec. Hammanan Perak, Kab. Deli Serdang, 20374

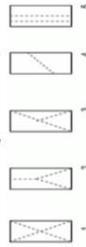
LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SNI 1974-2011

Nomor Laporan : MONICA PERMATA SARI
Penomoran Pengujian : Penelitian
Proyek : Laboratorium PT. RAPI ARJASA
Lokasi : Laboratorium PT. RAPI ARJASA
Jenis Benda Uji : Silinder (d=15; t=30)
Mutu Benda Uji : FC'20
Jumlah Benda Uji : 9 Unit

Lembar : 3
Diuji Oleh : PT. RAPI ARJASA
Alat yang Dipakai : Universal Testing Machine
 Kap. 2000 kN

No.	Identitas Benda Uji	T (cm)	D (cm)	T/D	Luasan (cm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umar Beton (hari)	Beban Tekan Aktual (kN)	Beban Tekan Kalibrasi (kN)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							Cetak	Uji					
1	BETON NORMAL	30	15	2	176.625	12.00	24 Juni 2024	22 Juli 2024	28	426.79	422.65	24.16	1
2	ACS 3 %	30	15	2	176.625	12.00	24 Juni 2024	22 Juli 2024	28	423.62	419.66	23.98	1
3	ACS 5 %	30	15	2	176.625	12.00	24 Juni 2024	22 Juli 2024	28	399.69	395.75	22.63	1
4	ACS 7 %	30	15	2	176.625	12.00	24 Juni 2024	22 Juli 2024	28	373.15	370.02	21.13	1

Bentuk Kehancuran (pilih diantara satu)



NB - Kesalahan sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium

- Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk penyimpanan sampel yang telah diuji

- Laboratorium tidak memberikan pernyataan penyelesaian spesifikasi (decision rate) terhadap hasil uji

Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji. Tidak untuk dimumkan atau dipublikasikan.

Dilarang mengutip/memperbanyak sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin Laboratorium PT. RAPI ARJASA.

Binjai, 22 Juli 2024
Kepala Lab. PT. RAPI ARJASA

(Signature)
Syahid Amri, ST



PT. RAPI ARJASA

Jalan PTPN IX/Megawati, Dusun VIII, Kepala Nauli, Desa Tandem Hulu II, Kcc. Hamparan Perak, Kab. Deli Serdang 20374

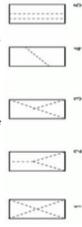
LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SNI 1974-2011

Nomor Laporan :
 Pemohon Pengujian : MONICA PERMATA SARI
 Proyek : Penelitian
 Lokasi : Laboratorium PT. RAPI ARJASA
 Jenis Benda Uji : Silinder (d=15; f=30)
 Mutu Benda Uji : FC20
 Jumlah Benda Uji : 9 Unit

Lembar : 3
 Diuji Oleh : PT. RAPI ARJASA
 Alat yang Dipaka : Universal Testing Machine
 Kap. 2000 KN

No.	Identitas Benda Uji	T (cm)	D (cm)	T/D	Luasan (cm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umur Beton (hari)	Beban Tekan Aktual (kN)	Beban Tekan Kalibrasi (kN)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							Cetak	Uji					
1	BETON NORMAL + AIR KAPUR	30	15	2	176,625	12,84	04 June 2024	11 June 2024	7	315,18	312,62	17,84	1
2	ACS 3%	30	15	2	176,625	12,78	04 June 2024	11 June 2024	7	307,65	304,70	17,42	1
3	ACS 5%	30	15	2	176,625	12,88	04 June 2024	11 June 2024	7	289,31	286,89	16,38	1
4	ACS 7%	30	15	2	176,625	12,68	04 June 2024	11 June 2024	7	245,15	243,34	13,88	1

Bentuk Kehancuran (lihat di bawah satu)



NB - Kestabilan sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium

- Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji
- Laboratorium tidak memberikan pernyataan penyelesaian spesifik (decision rule) terhadap hasil uji

Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji. Tidak untuk ditamunkan atau dipublikasikan.
 Dilarang mengutip/memperbanyak sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin Laboratorium PT RAPI ARJASA.

Binjai, 22 Juli 2024
 Kepala Lab. PT. RAPI ARJASA

 (Syarif Amri, ST)



PT. RAPI ARJASA

Jalan PTPN IX/Megawati, Dusun VIII, Kepala Nauli, Desa Tandem Hulu II, Kcc. Hamparan Perak, Kab. Deli Serdang 20374

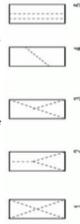
LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SNI 1974-2011

Nomor Laporan :
Pemohon Pengujian : MONICA PERMATA SARI
Proyek : Penelitian
Lokasi : Laboratorium PT. RAPI ARJASA
Jenis Benda Uji : Silinder (d=15; f=30)
Mutu Benda Uji : FC20
Jumlah Benda Uji : 9 Unit

Lembar : 3
Dijii Oleh : PT. RAPI ARJASA
Alat yang Dipaka : Universal Testing Machine
Kap. 2000 KN

No.	Identitas Benda Uji	T (cm)	D (cm)	T/D	Luasan (cm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umur Beton (hari)	Beban Tekan Aktual (kN)	Beban Tekan Kalibrasi (kN)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							Cetak	Uji					
1	BETON NORMAL + AIR KAPUR	30	15	2	176,625	12,84	05 June 2024	19 June 2024	14	428,61	424,64	24,27	1
2	ACS 3%	30	15	2	176,625	12,78	05 June 2024	19 June 2024	14	418,73	414,68	23,71	1
3	ACS 5%	30	15	2	176,625	12,73	05 June 2024	19 June 2024	14	398,80	329,78	22,47	1
4	ACS 7%	30	15	2	176,625	12,77	05 June 2024	19 June 2024	14	376,18	372,99	21,30	1

Bentuk Kehancuran (lihat di bawah satu)



Binjai, 22 Juli 2024
Kepala Lab. PT. RAPI ARJASA

(Syarif Amri, ST)

NB - Kestlian sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium

- Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji

- Laboratorium tidak memberikan pernyataan penyelesaian spesifik (decision rule) terhadap hasil uji

Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji. Tidak untuk ditamunkan atau dipublikasikan.
Dilarang mengutip/menerbitkan sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin Laboratorium PT RAPI ARJASA.



PT. RAPI ARJASA

Jalan PTPN.IX/Megawati, Dusun VIII, Kepala Nauli, Desa Tandem Hulu II, Kcc. Hamparan Perak, Kab. Deli Serdang 20374

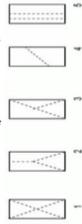
LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SNI 1974-2011

Nomor Laporan :
Pemohon Pengujian : MONICA PERMATA SARI
Proyek : Penelitian
Lokasi : Laboratorium PT. RAPI ARJASA
Jenis Benda Uji : Silinder (d=15; f=30)
Mutu Benda Uji : FC20
Jumlah Benda Uji : 9 Unit

Lembar : 3
Diuji Oleh : PT. RAPI ARJASA
Alat yang Dipaka : Universal Testing Machine
Kap. 2000 KN

No.	Identitas Benda Uji	T (cm)	D (cm)	T/D	Luasan (cm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Tanggal		Umur Beton (hari)	Beban Tekan Aktual (kN)	Beban Tekan Kalibrasi (kN)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							Cetak	Uji					
1	BETON NORMAL + AIR KAPUR	30	15	2	176,625	12,00	24 June 2024	22 July 2024	28	431,63	427,63	24,44	1
2	ACS 3%	30	15	2	176,625	12,78	24 June 2024	22 July 2024	28	423,62	419,66	23,98	1
3	ACS 5%	30	15	2	176,625	12,00	24 June 2024	22 July 2024	28	399,69	395,75	22,63	1
4	ACS 7%	30	15	2	176,625	12,00	24 June 2024	22 July 2024	28	373,15	370,02	21,13	1

Bentuk Kehancuran (lihat di bawah satu)



Binjai, 22 Juli 2024
Kepala Lab. PT. RAPI ARJASA

(Syarif Anni, ST)

NB - Kestabilan sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium

- Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji
- Laboratorium tidak memberikan pernyataan penyelesaian spesifik (decision rule) terhadap hasil uji

Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji. Tidak untuk ditunjukkan atau dipublikasikan.
Dilarang mengutip/menerbitkan sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin Laboratorium PT RAPI ARJASA.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Monica Permata Sari
Tempat Tanggal Lahir : Sei Roha, 31 Oktober 2002
Alamat : Jl. Jati Sei Mencirim
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
No.HP/Telp : 082182334408
Nama Orang Tua
Ayah : Herry Santosa
Ibu : Sugiarti

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 2007210121
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	SD	SDN 057760 Sei Lapan	2014
2	SD	SMP Swasta Yapeksi	2017
3	SMP	SMA Yapim Taruna Stabat	2020
4	Melanjutkan Kuliah Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2020 Sampai Selesai		

