

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KUAT TEKAN BETON YANG MENGANDUNG CAMPURAN
VARIASI ABU CANGKANG SAWIT DAN KAPUR (LIME) SEBAGAI
BAHAN PENGGANTI SEMEN
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

ANIS YUNI WARDANI

2007210116



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

2024

LEMBARAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Ini Di Ajukan Oleh:

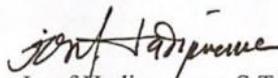
Nama : Anis Yuni Wardani
Npm : 2007210116
Program Studi : Teknik sipil
Judul Skripsi : Analisis Kuat Tekan Beton Yang Mengandung Campuran Variasi Abu Cangkang Sawit Dan Kapur (LIME) Sebagai Pengganti Semen
Bidang ilmu : Struktur

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.

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN
KEPADA PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 04 September 2024

Dosen pembimbing



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

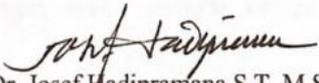
LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir Ini Di Ajukan Oleh:

Nama : Anis Yuni Wardani
Npm : 2007210116
Program Studi : Teknik sipil
Judul Skripsi : Analisis Kuat Tekan Beton Yang Mengandung Campuran Variasi Abu Cangkang Sawit Dan Kapur (LIME) Sebagai Pengganti Semen
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, 04 September 2024
Mengetahui dan menyetujui
Dosen Pembimbing


Dr. Josef Madipramana S.T.,M.SC

Dosen Penguji 1


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

Dosen Penguji 2


M. Husin 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 : Anis Yuni Wardani
Tempat/ Tanggal Lahir : Medan, 17 Juni 2002
NPM : 20007210116
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisis Kuat Tekan Beton Yang Mengandung Campuran Variasi Abu Cangkang Sawit Dan Kapur (LIME) Sebagai Pengganti Semen (studi penelitian)”

Bukan merupakan plagiatisr memencuri hasil karya milik 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, 04 September 2024

Saya yang menyatakan,



Anis Yuni Wardani

ABSTRAK

ANALISIS KUAT TEKAN BETON YANG MENGANDUNG CAMPURAN VARIASI ABU CANGKANG SAWIT DAN KAPUR PADA MATERIAL PENGANTI SEMEN (Studi Penelitian)

Anis Yuni Wardani

2007210116

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

Salah satu negara penghasil sawit terbesar di dunia adalah Indonesia. Abu cangkang sawit yang memiliki unsur kimia SiO_2 sebanyak 29,9%, Al_2O_3 sebanyak 1,9% dan CaO sebanyak 26,9%, sehingga dikatakan memiliki sifat *pozzolan* yang memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton. Penelitian ini menggunakan bahan pengganti semen berupa Abu Cangkang Sawit dan Kapur yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh kuat tekan beton pada masing-masing variasi pada campuran beton. Pada penelitian ini menggunakan variasi ACS 3%, 5%, 7% dan kapur sebesar 5% dari berat semen. Rancangan campuran menggunakan metode SNI 7656-2012. Dimensi benda uji silinder 15 x 30 cm. Perendaman dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan air tawar. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan kuat tekan beton normal rata-rata pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sebesar 16,83 Mpa, 24,73 MPa, dan 24,16 Mpa. Kuat tekan beton pemanfaatan 3% ACS + 5% kapur sebagai substitusi semen pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sebesar 16,68 MPa, 22,76 Mpa, dan 23,03 MPa. Untuk pemanfaatan 5% ACS + 5% Kapur sebagai substitusi semen pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sebesar 15,26 Mpa, 18,16 Mpa, dan 22,05 MPa. Sedangkan untuk pemanfaatan 7% ACS + 5% Kapur pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sebesar 14,13 Mpa, 18,58 Mpa, dan 20,52 MPa.

Kata Kunci : Abu Cangkang Sawit, Kapur Hidrolik, Kuat Tekan

ABSTRACT

ANALYSIS OF COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE CONTAINING VARIOUS MIXTURES OF PALM SHELL ASH AND LIME IN CEMENT REPLACEMENT MATERIALS (Research Studies)

Anis Yuni Wardani
2007210116

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

One of the largest palm oil producing countries in the world is Indonesia. Palm shell ash contains the chemical elements SiO_2 as much as 29.9%, Al_2O_3 as much as 1.9% and CaO as much as 26.9%, so it is said to have pozzolanic properties which make it possible to be used as a partial substitute for cement in making concrete. This research uses cement substitute materials in the form of Palm Shell Ash and Lime with the aim of determining the effect of concrete compressive strength on each variation in the concrete mixture. In this study, variations of ACS 3%, 5%, 7% and lime were used at 5% of the cement weight. The mixed design uses the SNI 7656-2012 method. The dimensions of the cylindrical test object are 15 x 30 cm. Soaking was carried out at 7 days, 14 days and 28 days in fresh water. From the results of tests that have been carried out, the average compressive strength of normal concrete at 7 days, 14 days and 28 days is 16.83 Mpa, 24.73 MPa and 24.16 Mpa. The compressive strength of concrete using 3% ACS + 5% lime as a cement substitute at 7 days, 14 days and 28 days is 16.68 MPa, 22.76 MPa and 23.03 MPa. For the use of 5% ACS + 5% lime as a cement substitute at 7 days, 14 days and 28 days, it is 15.26 Mpa, 18.16 Mpa and 22.05 MPa. Meanwhile, the utilization of 7% ACS + 5% Lime at 7 days, 14 days and 28 days was 14.13 Mpa, 18.58 Mpa and 20.52 MPa.

Keywords: *Palm Shell Ash, Hydraulic Lime, Compressive Strength*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga kita dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis kuat tekan beton yang mengandung campuran variasi abu cangkang sawit dan kapur pada material pengganti semen”. 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 Assoc.Prof.Dr.Ir.Fahrizal Zulkarnain ,ST.,MS.c,Ph.D, 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 M. Husin Gultom, 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 staf pengajar dan Biro Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Teristimewa untuk kedua orangtua saya, Ayahanda Alm. Safriadi dan Ibunda Nova Aryani yang telah memberikan kasih sayang, perhatian, dan dukungan moril maupun materil tanpa henti bagi penulis serta menguatkan penulis dalam doa-doanya. orangtua motivator terbesar saya untuk terus melangkah meraih mimpi-mimpi akan masa depan dan orangtua yang sangat luar biasa. Serta saudara saya kepada kakak ku tercinta kak Lula Rahma Widanti terima kasih buat doa, perhatian, dukungan dan bantuannya.
8. Sahabat penulis. Mas Pandu, Nafisa, Mutia, Yola, Putri, Letta, Cindy, Monica, dan Inggit. Terimakasih atas segala bantuan, waktu, support, dan kebaikan yang diberikan kepada penulis disaat masa sulit mengerjakan Tugas akhir ini. dan juga seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
9. Rekan seperjuangan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2020. Terimakasih telah menjadi bagian dari sebuah kisah klasik.
10. Last but not least, untuk Anis Yuni Wardani. Terima kasih sudah mau menepikan ego dan memilih untuk kembali bangkit dan menyelesaikan semua ini. Kamu selalu berharga, tidak peduli seberapa putus asanya kamu sekarang, tetaplah mencoba bangkit. Terima kasih banyak sudah bertahan, penulis berjanji bahwa kamu akan baik-baik saja setelah ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu, dan semoga Allah SWT melimpahkan karunianya dalam setiap amal kebaikan kita dan diberikan balasan. Amiin.

Medan, 04 September 2024

Penulis

Anis Yuni Wardani

DAFTAR ISI

LEMBARAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
BAB 2 TINJAUAN UMUM	5
2.1 Beton	5
2.2 Bahan Campuran Beton	6
2.2.1 Semen	6
2.2.2 Agregat Kasar	7
2.2.3 Agregat Halus	8
2.2.4 Air	9
2.2.5 Limbah Kelapa Sawit	9
2.2.6 Kapur (<i>lime</i>)	10
2.3 Slump Test	11
2.4 Kuat Tekan	11
BAB 3 METODE PENELITIAN	13
3.1 Metode Penelitian	13
3.1.1 Data Primer	14
3.1.2 Data Sekunder	14

3.2	Lokasi Penelitian	16
3.3	Bahan dan Peralatan Penelitian	16
3.3.1	Bahan	16
3.3.2	Peralatan	16
3.4	Persiapan Penelitian	17
3.5	Pemeriksaan Agergat	17
3.5.1	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar	17
3.5.2	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus & Agregat Kasar	17
3.5.3	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus & Agregat Kasar	18
3.5.4	Berat Isi Agergat Halus dan Agregat Kasar	18
3.6	Perencanaan Campuran Beton	19
3.7	Pelaksanaan Penelitian	19
3.7.1	<i>Mix Design</i>	19
3.7.2	Pembuatan Benda Uji	26
3.7.3	Pengujian <i>Slump</i>	28
3.7.4	Perawatan (<i>Curing</i>) Beton	28
3.7.5	Pengujian Kuat Tekan	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Hasil dan Analisa Pemeriksaan Agregat	30
4.1.1	Pemeriksaan Agregat Halus	30
4.1.2	Pemeriksaan Agregat Kasar	34
4.2	Perencanaan Campuran Beton	37
4.2.1	Langkah Perhitungan	38
4.2.2	Proporsi kebutuhan benda uji beton	44
4.3	Pengujian <i>Slump</i>	45
4.4	Pengujian Kuat Tekan Beton	46
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		53
LAMPIRAN		55
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan Bahan-Bahan Kimia Dalam Bahan Baku Semen	7
Tabel 2.2	Persyaratan Batas-Batas Susunan Besar Butir Agregat Kasar	8
Tabel 2.3	Gradasi Agregat Halus	8
Tabel 3.1	Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi	19
Tabel 3.2	Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump & ukuran nominal agregat maksimum batu pecah.	21
Tabel 3.3	Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen $\{w/(c+p)\}$ dan kekuatan beton (SNI 7656:2012)	21
Tabel 3.4	Volume agregat kasar per-satuan volume beton	22
Tabel 3.5	Perkiraan awal berat beton segar	24
Tabel 3.6	Sampel pengujian campuran beton	29
Tabel 4.1	Analisa Saringan Agregat Halus	30
Tabel 4.2	Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	31
Tabel 4.3	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	32
Tabel 4.4	Pengujian Kadar Air Agregat Halus	33
Tabel 4.5	Pengujian Berat Isi Agregat Halus	33
Tabel 4.6	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	34
Tabel 4.7	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	35
Tabel 4.8	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	35
Tabel 4.9	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	36
Tabel 4.10	Pengujian Berat jenis Agregat Kasar	37
Tabel 4.11	Data-Data Hasil Tes Dasar	37
Tabel 4.12	Data kebutuhan Mix Design	38
Tabel 4.13	Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur 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	40
Tabel 4.15	Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton	41
Tabel 4.16	Perkiraan Awal Beton Segar	41
Tabel 4.17	Perbandingan Berat Bahan	43

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Slump	45
Tabel 4.19 Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Sampel 1	46
Tabel 4.20 Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Sampel 2	47
Tabel 4.21 Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-Rata Beton	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Alir	15
Gambar 3.2 Benda Uji Silinder	26
Gambar 3.3 Dimensi Kerucut Abrams	28
Gambar 4.1 Grafik Slump Test	46
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Sampel 1	47
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Sampel 2	47
Gambar 4.4 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Beton	49

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	Cangkang Kepala Sawit	56
Gambar L.2	Abu Cangkang Sawit	56
Gambar L.3	Pengujian Berat Jenis	56
Gambar L.4	Persiapan Pembuatan Benda Uji	57
Gambar L.5	Memasukan Bahan Pada Pembuatan Benda Uji	57
Gambar L.6	Mix Design	57
Gambar L.7	Pengerjaan Rojok Pada Benda Uji	58
Gambar L.8	Pengujian Slump	58
Gambar L.9	Variasi Benda Uji	58
Gambar L.10	Perendaman Pada Benda Uji	59
Gambar L.11	Pemasangan Capping Pada Benda Uji	59
Gambar L.12	Pemasangan Capping Pada Benda Uji	59
Gambar L.13	Pengujian Kuat Tekan	60
Gambar L. 14	Retakan Pada Benda Uji	60

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri konstruksi di Indonesia sedang berkembang pesat yang menyebabkan pendorongan dalam penggunaan beton sebagai material perkuatan struktur. Beton masih menjadi struktur perkuatan favorit di Indonesia lantaran memiliki beberapa keunggulannya itu karena harganya relatif murah, mempunyai kuat tekan tinggi, tahan terhadap kebakaran. Campuran yang sudah umum digunakan sebagai adukan beton adalah dengan menggunakan semen portland, kerikil, pasir, semen, dan air. Sifat dan keawetan beton tergantung pada kualitas material yang digunakan, cara pengerjaan dan perawatan beton (Vitri & Herman, 2019).

Beton juga memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan konstruksi lainnya, antara lain beton dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, tahan temperature tinggi, mampu memikul beban tekan, dan biaya pemeliharaan yang kecil. Terlepas dari itu semua, beton juga memiliki kekurangan tentunya. Kelemahan beton sebagai bahan konstruksi adalah kuat tekan yang rendah dan sifatnya yang getas, karena itu beton membutuhkan solusi lain untuk menahan kuat tekan yang terjadi. Pada beberapa negara maju seperti Amerika dan Inggris, telah dikembangkan konsep perbaikan kelemahan sifat beton tersebut dengan menambahkan serat (*fiber*) pada adukan beton. Konsep dasarnya adalah untuk menulangi beton secara alami dengan serat yang disebarkan acak ke dalam adukan beton, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan yang terlalu dini baik akibat beban maupun akibat panas hidrasi (Khairul Amna, Wesli, 2014).

Salah satu negara penghasil sawit terbesar di dunia adalah Indonesia. Dengan luas areal 3,76 juta Ha atau 31,4 % dari luas total kebun kelapa sawit dunia dan menghasilkan serat tandan kosong kelapa sawit mencapai 37 juta ton/tahun yang secara keseluruhan belum dimanfaatkan secara maksimal (Khairul Amna, Wesli, 2014). Abu cangkang kelapa sawit berasal dari proses pembakaran cangkang dan serabut kepala sawit dari dalam tungku pembakaran atau boiler dengan suhu 7000°C – 8000°C yang memiliki unsur kimia SiO₂ sebanyak 29,9%, Al₂O₃ sebanyak

1,9% dan CaO sebanyak 26,9%, sehingga dikatakan memiliki sifat *pozzolan* yang memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton (Abdi Manaf et al., 2023).

Semen yang biasa digunakan untuk bahan beton adalah semen portland atau semen portland pozzolan. Semen tersusun dari bahan berupa batu kapur, batu lempung, pasir kuarsa, pasir besi, dan gipsum. Batu kapur merupakan komponen utama dalam semen dengan konsentrasi tertinggi mencapai 70% dari semen (Martin, Elhusna, 2012).

Kapur (lime) merupakan salah satu mineral industri yang banyak digunakan oleh sektor industri maupun konstruksi. Salah satu alternatif bahan pengisi yang dapat digunakan dalam campuran beton aspal yaitu kapur padam (hydrated lime). Kapur padam merupakan salah satu mineral industri yang banyak digunakan oleh sektor industri maupun konstruksi. Secara umum kapur bersifat hidrolis, tidak menunjukkan pelapukan dan dapat terbawa arus. Secara fisik kapur merupakan batuan sedimen yang terdiri dari mineral “Calsium Carbonat” (CaCO_3) yang kemudian melalui pembakaran dengan suhu tinggi lalu disiram dengan air sehingga menghasilkan kapur padam “Calsium Hydroksida” (Ca(OH)_2) (andri, Arief, 2012).

Silika gel adalah sebuah material yang memiliki stabilitas termal dan kimianya yang tinggi, selektivitas dan ketahanan yang baik, dan dapat digunakan berulang kali sehingga lebih menguntungkan secara ekonomi. Silika gel menghasilkan melalui pengumpulan sol natrium silika (NaSiO_2), dikarenakan sol yang dihasilkan berbentuk mirip dengan agar-agar, kemudian sol akan didehidrasi hingga bentuk awalnya seperti agar-agar akan berubah bentuk menjadi padatan atau butiran yang mirip seperti kaca dan memiliki sifat tidak elastis (Wimarsela et al., 2021).

Dari permasalahan diatas penulis mencoba memanfaatkan limbah abu cangkang sawit dan kapur sebagai bahan pengganti dalam penggunaan semen diharapkan dapat menghasilkan kuat tekan yang baik. Maka penelitian ini berjudul “Analisis kuat tekan beton yang mengandung campuran variasi abu cangkang sawit dan kapur pada material pengganti semen”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dapat dirumuskan dari latar belakang, antara lain: Bagaimana pengaruh abu cangkang sawit dan kapur sebagai bahan pengganti semen dari variasi 3%, 5%, dan 7% pada pembuatan beton. Selain itu apakah penambahan variasi abu cangkang sawit dan kapur (*lime*) mempengaruhi kuat tekan.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini permasalahan penelitian dibatasi pada:

1. Perencanaan campuran beton berdasarkan SNI 7656-2012 (Tata Cara Pembuatan Beton Campuran Beton Normal).
2. Pengganti sebagai bahan semen dengan abu cangkang sawit sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7%, sedangkan kapur (*lime*) sebesar 5%.
3. Kuat tekan beton rencana (f_c') 20 MPa
4. Penelitian ini memakai benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, jumlah benda uji sebanyak 24 sampel.
5. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh komposisi abu cangkang sawit dan kapur dalam campuran beton terhadap kuat tekan beton.
2. Mengetahui pengaruh kuat tekan penambahan variasi abu cangkang sawit dan kapur (*lime*).

1.5 Manfaat Penelitian

Dimana manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Menghasilkan material konstruksi beton yang baru dan ramah lingkungan.
2. Menambah pengetahuan tentang kelebihan dan kekurangan penggunaan abu cangkang sawit pada beton.
3. Sebagai pemanfaatan limbah yang tidak terpakai menjadi bahan yang produktif.

4. Menambah nilai ekonomis dari pemanfaatan limbah cangkang sawit sebagai bahan pengganti semen.
5. Dapat meningkatkan pemahaman dalam menganalisa data untuk mengetahui kuat tekan beton dari hasil yang dikaji secara umum.

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 UMUM

2.1 Beton

Beton adalah salah satu material konstruksi yang sudah umum dipergunakan sebagai pembangunan gedung, jembatan, dan jalan. Beton merupakan suatu bahan agregat halus, agregat kasar dan air. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Akbar et al, 2013).

Secara umum adapun kelebihan dan kekurangan penggunaan beton (Tjokrodinuljo, 2004), adalah sebagai berikut :

Kelebihan beton

1. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
2. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan.
3. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan ke dalam retakan beton dalam proses perbaikan.
4. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
5. Beton tahan aus dan tahan baker, sehingga perawatannya lebih mudah.

Kekurangan beton

1. Beton dianggap tidak mampu menahan gaya Tarik, sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberikan baja tulangan sebagai penahan gaya teriknya.
2. Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi untuk mengatsi retakan-retakan akibat terjadinya perubahan suhu.
3. Untuk mendapatkan beton kedap air secara sempurna, harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti.
4. Beton bersifat getas (tidak daktail) sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur pada struktur tahan gempa.

2.2 Bahan Campuran Beton

Secara umum, Beton normal merupakan jenis bahan konstruksi yang paling banyak digunakan, baik pada bangunan pemerintah maupun bangunan masyarakat. Secara enijenering, beton ini ditetapkan sebagai beton yang mempunyai kekuatan tekan antara 17 MPa sampai 40 MPa dan mempunyai berat isi 2200 kg/m³ sampai dengan 2500 kg/m³ (Alkhaly, 2016).

Sedangkan beton mutu tinggi merupakan beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal. Beton dengan kualitas tinggi baik untuk pracetak dan pratekan, karena mengurangi beban mati di struktur tinggi (Paul Nugraha, 2007). Bahan campuran beton sendiri terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan uraian sebagai berikut :

2.2.1 Semen

Semen merupakan perekat yang berbentuk halus dan apabila ditambahkan air akan terjadi suatu reaksi yang disebut hidrasi dan dapat mengikat agregat kasar maupun halus menjadi satu yang kuat. Komposisi semen berada di sekitar 15% pemakaian semen yang berlebih akan menaikkan kuat tekan beton, akan tetapi seiring dengan bertambahnya volume semen maka panas hidrasi pada beton akan semakin tinggi yang dapat mengakibatkan retak (*thermal crack*) pada beton. Apabila semen yang digunakan terlalu sedikit maka mutu beton akan semakin mengalami penurunan.

Semen memiliki berbagai jenis/tipe, diantaranya *Portland Composite Cement* (PCC). Semen komposit ini diproduksi dari penggalian bubuk semen Portland dengan bahan anorganik lain yang memiliki karakteristik pozzolan, mengandung kapur dan slag dari pembakaran biji besi. Bahan tersebut ditambahkan ke dalam semen sebanyak 6-35% dari berat semen berdasarkan SNI 15-7064-2004.

Pozzolan merupakan bahan alami atau buatan yang mempunyai sifat pozzolanik dengan unsure silika dan aluminat yang aktif. Silika dan aluminat aktif ini akan bereaksi dengan kapur bebas, yang merupakan sisa reaksi hidrasi air dengan semen, untuk menjadi *tubermorite* lagi yang sama dengan hasil hidrasi air dengan semen sebelumnya, sehingga akan meningkatkan kuat tekan beton.

Sedangkan semen Portland yaitu semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland, terutama yang biasanya terdiri dari kalsium

silikat yang bersifat hidrolis dan digiling Bersama-sama dengan bahan tambahan dalam satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan dapat ditambahkan ke bahan lain (Suprianto, 2019).

Bahan dasar untuk pembuatan semen Portland terdiri atas batu kapur (limestone), tanah liat atau lempung (clay), pasir silika, pasir besi dan gypsum. Adapun kandungan bahan kimia dalam semen dapat dilihat Table 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan Bahan-Bahan Kimia Dalam Bahan Baku Semen

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

Sumber : (Kusuma, 1993)

2.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4.80 mm (4.75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4.80 mm (4.75 mm). Agregat dengan ukuran lebih besar dari 4.80 mm dibagi lagi menjadi dua yang berdiameter antara 4.80 - 40 mm disebut kerikil beton dan yang lebih dari 40 mm disebut kerikil kasar (Mulyono, 2005).

Menurut (SNI 03-2834-2000) agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm. Agregat kasar/ kerikil yang baik adalah apabila butir-butinya keras dan tidak berpori. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, serta zat-zat yang reaktif alkali. Butir-butir yang berbentuk pipih tidak lebih dan 20% dari agregat seluruhnya. Komposisi agregat kasar terbesar dalam campuran beton, yaitu sekitar 40%.

Tabel 2.2 persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar (kerikil atau koral)

Ukuran mata ayakan (mm)	Persentase berat bagian yang lewat ayakan		
	Ukuran nominal agregat (mm)		
	38-4,76	19,0-4,76	9,6-4,76
38,1	95-100	100	-
19,0	37-70	95-100	100
9,52	10-40	30-60	50-85
4,76	0-5	0-10	0-10

Sumber : SNI 03-2834 (2000)

2.2.3 Agregat Halus

Menurut SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah butiran halus dengan kehalusan antara 2 mm dan 5 mm dan ukuran butir terbesar 4,75 mm. agregat halus adalah agregat yang besarnya tidak lebih dari 5 mm, yang memungkinkan pasir berupa pasir yang berasal dari alam atau berasal dari pemecahan batu yang dibuat oleh pecahan batu.

Pasir yang baik adalah apabila butir-butirnya tajam dan kasar, tidak mengandung lumpur lebih 5 %, serta bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca. Agregat halus memiliki kandungan senyawa SiO_2 yang dapat mempengaruhi reaksi kimia dalam proses pengerasan beton sehingga didapat kuat tekan beton yang tinggi. Dalam beton, komposisi agregat halus berada sekitar 35%.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Halus

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

Sumber ASTM (2002)

2.2.4 Air

Air adalah bahan utama pengikat saat membuat struktur beton. Air akan bereaksi dengan semen dan membentuk pasta pengikat agregat. Kelebihan air juga dapat mengurangi kekuatan tekan beton dan menyebabkan pembusukan, yaitu air dan semen bergerak ke atas permukaan adukan beton baru dibuat (Vitri & Herman, 2019).

Kandungan air dalam komposisi beton sekitar 9 persen/m³. Untuk menjaga mutu beton tetap baik atau sesuai dengan mutu yang direncanakan, pemakaian air harus sesuai dengan JMF yang digunakan. Apabila ada kelebihan pemakaian air, maka akan merubah komposisi perbandingan air dengan semen yang dapat mengakibatkan turunnya mutu beton. Sedangkan apabila penggunaan airnya kurang dari target maka terjadi penurunan *workability* pada beton, yang dapat mengakibatkan beton sulit untuk dikerjakan dan hasil pekerjaan bisa menjadi keropos.

Menurut (SNI 03-2834-2000), faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air dan berat semen dalam beton. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi, ada batas batas dalam hal ini. Nilai FAS rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65.

2.2.5 Limbah Kelapa Sawit

kelapa sawit (*Elaeis*) adalah salah satu tanaman industry yang menghasilkan minyak goreng, minyak industry, dan biodiesel. Perkebunan kelapa sawit dilakukan dalam skala besar menghasilkan keuntungan yang besar sehingga banyak hutan dan perkebunan tua dikonversi menjadi industry kelapa sawit. Indonesia adalah negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia (Wikipedia.com/kelapa sawit). Dalam penelitian ini, bagian kelapa sawit yang digunakan cangkangnya berstruktur keras (Vitri & Herman, 2019).

Salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit dalam jumlah yang cukup besar adalah cangkang kelapa sawit. Cangkang yang di dihasilkan mencapai

60% dari produksi minyak. Abu cangkang kelapa sawit memiliki potensi sebagai bahan *pozzolan* pada semen. Abu cangkang kelapa sawit yang dihasilkan dari sisa pembakaran mempunyai kandungan *silika* yang sangat tinggi. Pembakaran cangkang menjadi abu membantu menghilangkan kandungan kimia *organic* dan meninggalkan *silika* yang cukup banyak (Martin Lerry and Yuzuar 2001).

Abu sawit digunakan sebagai sisa cangkang dan serabut kelapa sawit yang dibakar di dalam dapur atau tungku pembakaran yang dikenal sebagai boiler dengan suhu 700 °C – 800 °C, dimana abu ditangkap dan kemudian dikeringkan dan disaring untuk digunakan sebagai campuran mortar (Irianti, 1999).

Hayward (1995) menyatakan, dalam bahan *pozzolan* ada 2 senyawa utama yang mempunyai peranan penting dalam pembentukan semen yaitu SiO₂ dan Al₂O₃ dan melebur menjadikan kedua senyawa tersebut reaktif terhadap kapur bebas (Ca(OH)₂). Abu Cangkang Kelapa Sawit merupakan bahan *pozzolanic*, yaitu material yang tidak mengikat seperti semen, namun mengandung senyawa Silika Oksida (SiO₂) aktif yang apabila bereaksi dengan kapur bebas atau kalsium hidroksida (Ca(OH)₂) dan air akan membentuk material seperti semen yaitu kalsium Silika Hidrat.

2.2.6 Kapur (lime)

Batu kapur atau kapur merupakan Kapur hidrolik sebagian besar bahannya terbuat dari batu gamping sekitar 65%-75%, yaitu kalsium karbonat beserta bahan pengikutnya berupa silika, alumina, magnesia dan oksida besi. Di Indonesia kapur umumnya digunakan sebagai bahan campuran pasangan untuk pekerjaan pasangan seperti yang tertuang dalam BOW/analisa harga satuan, akan tetapi berapa nilai kekuatan tekannya tidak secara jelas disebutkan (Muko-muko, 1993).

Bahan dasar kapur adalah batu kapur atau dolomit, yang mengandung senyawa kalsium karbonat (CaCO₃). Pengertian kapur sebagai bahan stabilisasi mengacu pada mineral kapur berupa kalsium hidroksida (Ca(OH)₂), kalsium oksida (CaO) dan kalsium karbonat (CaCO₃). Penggunaan yang paling efektif dan aman dalam pelaksanaan konstruksi adalah menggunakan kalsium hidroksida (kapur padam) yang disarankan dalam bentuk bubuk, karena sangat penting untuk proses hidrasi dan mengurangi masalah yang timbul, kalsium karbonat kurang

efektif dipergunakan untuk bahan campuran, sedangkan kalsium oksida (*quick lime*) lebih baik dalam proses kimianya namun beberapa kelemahan dari kalsium oksida ini dapat mempermudah terjadinya korosi pada peralatan dan sangat berbahaya bagi kulit pelaksana konstruksi (Abdurrozak et al., 2017).

2.3 Slump Test

Slump merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. *Slump* merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaannya (nilai workability tinggi). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan yaitu 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukannya sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasan diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertical dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat (BSN, 2008). Dalam praktek, ada tiga macam tipe *slump* yang terjadi yaitu :

1. *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh
2. *Slump* geser, terjadi apabila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
3. *Slump* runtuh, terjadi apabila kerucut runtuh semennya.

2.4 Kuat Tekan

Pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui secara pasti akan kekuatan tekan beton pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Kuat tekan beton, yaitu kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas yang dinyatakan dengan Mpa atau N/mm². Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang di hasilkan (Haniza & Hamidi, 2017).

Beberapa faktor yang memengaruhi kekuatan tekan beton ;

- 1) proporsi bahan-bahan penyusunnya,
- 2) metode perancangan,
- 3) perawatan,
- 4) keadaan pada saat pengecoran.

Kuat tekan beton (f_c') dapat di hitung menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan f_c' = kuat tekan beton (MPa)

P = beban maksimum (KN)

A = luas permukaan benda uji (m²)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian tugas akhir yang berjudul “analisis kuat tekan beton yang mengandung campuran variasi abu cangkang sawit dan kapur (*lime*) pada material pengganti semen” dimulai setelah mendapatkan persetujuan secara tertulis dari ketua prodi Teknik sipil universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan dan nilai persentase yang akan digunakan serta acuan dalam melakukan penelitian.

Setelah acuan dalam penelitian ditentukan yaitu menggunakan SNI 03-2834-2000, mengenai tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, selanjutnya dilakukan pemeriksaan dasar seperti kadar lumpur, Analisa saringan, kadar air, berat jenis, dan berat isi yang bertujuan untuk mendapatkan data-data pendukung yang diperoleh di laboratorium.

Selanjutnya mencari mix design sesuai dengan SNI 03-2834-2012, hal ini bertujuan untuk mengetahui proporsi campuran untuk setiap benda uji yang akan dibuat. Setelah memperoleh proporsi campuran beton, kemudian dilakukan penyarian bahan tambah (*filler*) yang telah dikeringkan. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Proses pembuatan benda uji dilakukan sesuai kebutuhan masing-masing variasi campuran bahan tambah yaitu beton normal (tanpa bahan pengganti), beton dengan bahan pengganti semen berupa abu cangkang sawit sebanyak 0%, 3%, 5%, 7%, dan variasi tambahan menggunakan kapur (*lime*) sebanyak 5%.

Langkah selanjutnya yaitu adonan beton dan mengecek nilai slump beton, setelah melakukan pengujian *slump*, kemudian memasukan adonan beton kedalam cetakan silinder berukuran 15 x 30 cm yang telah diberi vaselin. Kemudian benda uji didiamkan dan dilepaskan dalam cetakan setelah ± 24 jam. Selanjutnya dilakukan perendaman benda uji selama 7, 14 dan 28 hari.

Pada umur mencapai 7, 14 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.

3.1.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium, yaitu:

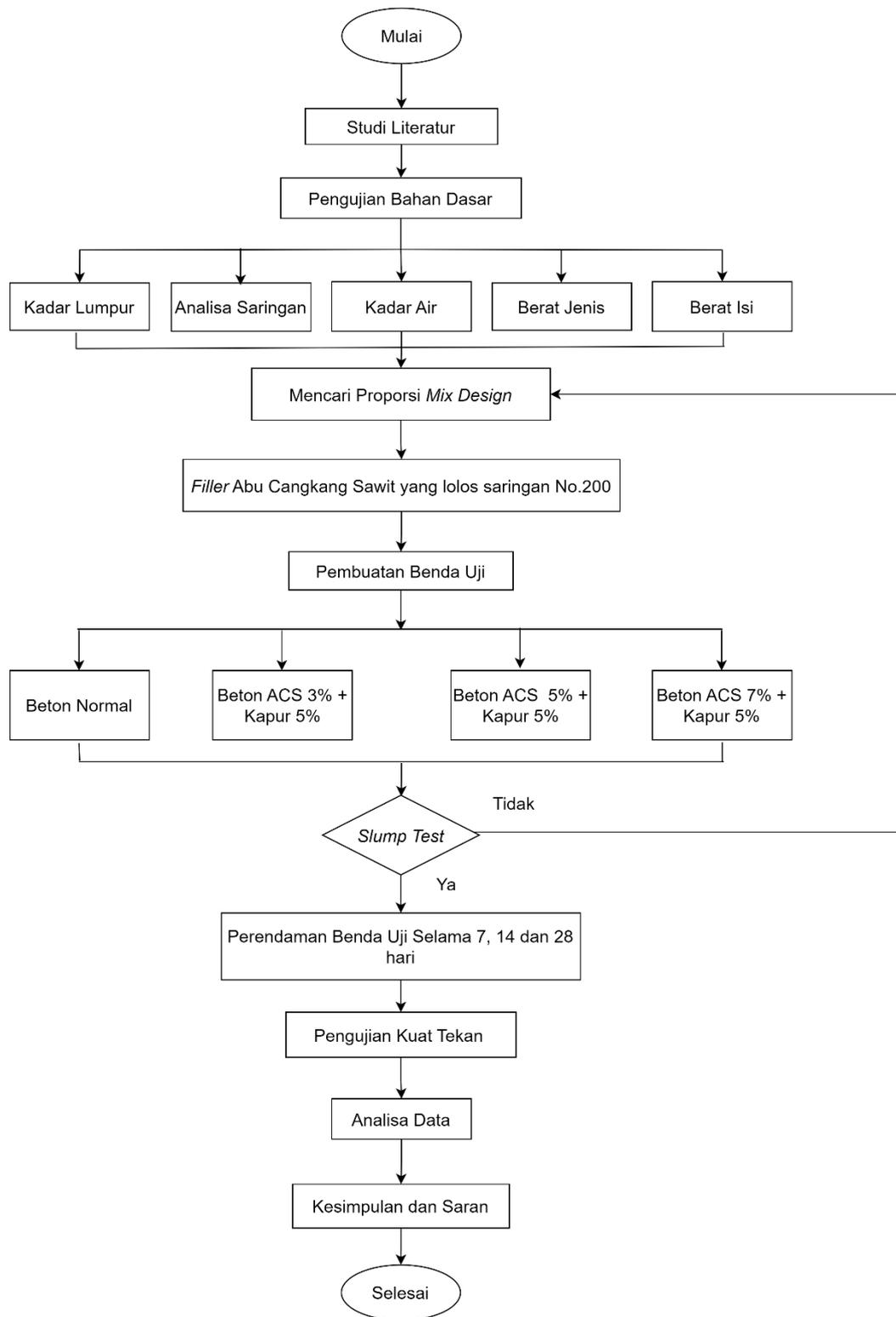
- a. Analisa saringan agregat
- b. Berat jenis dan penyerapan
- c. Pemeriksaan berat isi agregat
- d. Pemeriksaan kadar air agregat
- e. Perbandingan dalam campuran beton (*mix design*)
- f. Kekentalan adukan beton segar (*slump test*)
- g. Uji perawatan beton
- h. Uji kuat tekan beton

3.1.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan Teknik beton (*literatur*) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Uatara. Data teknis yang dipergunakan, yaitu:

1. Peraturan SNI-03-7656-2012, tentang cara pembuatan remcama beton normal
2. Peraturan SNI 1974:2011, tentang metode uji tekan beton dengan beton uji silinder

Langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Bagan Alir

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

3.3 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.3.1 Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan, yaitu:

- a. Semen yang digunakan SNI 7064:2014 Semen Portland Komposit / PCC (ASTM C1157)
- b. Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang diperoleh dari binjai
- c. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah yang diperoleh dari binjai
- d. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Beton, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
- e. Abu cangkang sawit yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu dari pabrik
- f. Bahan tambahan lain yang digunakan adalah kapur hidrolis

3.3.2 Peralatan

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

- a. Saringan agregat kasar : saringan 1,5", 1/2", 3/4", 3/8", dan No.4
- b. Timbangan digital
- c. Plastik ukuran 10 Kg

Peralatan pembuatan beton:

- a. Pan
- b. Ember
- c. Satu set alat slump test : kerucut abrams, tongkat pemadat, mistar, dan plat baja
- d. Skop tangan
- e. Skrap

- f. Tabung ukur
- g. Sarung tangan
- h. Cetakan silinder ukuran 15 x 30 cm
- i. Vaseline
- j. Kuas
- k. Mesin pengaduk beton (*mixer*)
- l. Bak perendam

3.4 Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material sampai di lokasi penelitian, amaka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian yang akan dilaksanakan nantinya da juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lainsehingga mempengaruhi kualitas material.

3.5 Pemeriksaan Agergat

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

3.5.1 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar

Persamaan :

$$1) \text{ Berat sample SSD + berat wadah (} W1 \text{)} \quad (3.1)$$

$$2) \text{ Berat sample kering oven + berat wadah (} W2 \text{)} \quad (3.2)$$

$$3) \text{ Berat wadah (} W3 \text{)}$$

$$4) \text{ Berat air = (} W1 - W2 \text{)} \quad (3.3)$$

$$5) \text{ Kadar air = } \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Sample Kering Oven}} \times 100\% \quad (3.4)$$

3.5.2 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus dan Agregat Kasar

Persamaan :

$$1) \text{ Berat sample kering (} A \text{)}$$

$$2) \text{ Berat sample kering setelah dicuci (} B \text{)}$$

$$3) \text{ Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci}$$

$$(C) = A - B \quad (3.5)$$

4) Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci

$$(D) = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3.6)$$

3.5.3 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Persamaan Agregat Halus :

$$1) \text{ Bulk grafitry dry (Berat Jenis Kering)} \frac{E}{B+D-C} \quad (3.7)$$

$$2) \text{ Bulk grafitry SSD (Berat jenis SSD)} \frac{B}{B+D-C} \quad (3.8)$$

$$3) \text{ Apparent Specific Grafitry (Berat Jenis Semu)} \frac{E}{E+D-C} \quad (3.9)$$

$$4) \text{ Absorbtion (Penyerapan)} \left(\frac{B-C}{E} \right) \times 100\%$$

(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

Persamaan Agregat Kasar :

$$1) \text{ Bulk grafitry dry (Berat Jenis Kering)} \frac{C}{A-B} \quad (3.11)$$

$$2) \text{ Bulk grafitry SSD (Berat jenis SSD)} \frac{A}{A-B} \quad (3.12)$$

$$3) \text{ Apparent Specific Grafitry (Berat Jenis Semu)} \frac{C}{C-B} \quad (3.13)$$

$$4) \text{ Absorbtion (Penyerapan)} \left(\frac{C}{(A-B)} \right) \times 100\% \quad (3.14)$$

Keterangan:

A = Berat sample SSD kering permukaan jenuh

B = Berat sample SSD jenuh

C = Berat sample SSD kering oven

3.5.4 Berat Isi Agergat Halus dan Agregat Kasar

Persamaan :

$$1) \text{ Berat agregat + wadah (W1)} \quad (3.15)$$

$$2) \text{ Berat wadah (W2)}$$

$$3) \text{ Berat agregat (W3) = (W1 - W2)} \quad (3.16)$$

- 4) Volume Wadah (V)
- 5) Berat isi $\frac{w_3}{v}$ (3.17)

3.6 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).

3.7 Pelaksanaan Penelitian

3.7.1 Mix Design

Menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang ekonomis, memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan, serta memiliki kelecakan yang sesuai sehingga mempermudah proses pengujian.

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

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-7656-2012. Perencanaan campuran adukan beton menurut SNI 03- 2834-2012 adalah sebagai berikut.

1. Pemilihan Slump

Tabel 3.1 Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan kosntruksi (SNI 7656-2012)

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

2. Pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum

Secara umum ukuran nominal agregat maksimum harus yang terbesar yang dapat diperoleh secara ekonomi dan tetap menurut dimensi komponen struktur/konstruksinya. Ukuran nominalnya 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 antara masing-masing batang tulangan, berkas-berkas tulangan, atau tendon tulangan pra-tegang (*pretensioning stands*).

3. Perkiraan air pencampur dan kandungan udara

Banyak air untuk tiap satuan isi beton yang dibutuhkan agar menghasilkan slump tertentu tergantung pada :

- a. Ukuran nominal maksimum, beton partikel dan radasi agregat
- b. Temperatur beton
- c. Perkiraan kadar udara, dan
- d. Penggunaan bahan tambahan kimia.

Tabel 3.2 Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai 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 mengontrol panas hidrasi. Penggunaan sedikit bahan tambahan kimia, untuk slump yang sama, akan memperbaiki sifat beton seperti pengerjaannya, penyelesaian akhir (*finishing*), pemompaan, keawetan, dan kiat tekan serta kuat lainnya.

4. Pemilihan rasio air-semen atau air-bahan bersifat semen

Tabel 3.3 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

Kekuatan beton umur 28 hari, Mpa	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
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.

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).

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 3.4 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

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.

1. Metode berdasarkan berat per satuan volume beton

Bila 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 m^3 , secara teoritis rumus berikut ini dapat digunakan

$$U = 10G_a(100 - A) + c \left(1 - \frac{G_a}{G_c}\right) - w(G_a - 1) \quad (3.18)$$

Keterangan :

U = Berat beton segar, kg/m^3

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

G_c = Berat jenis semen (umumnya 3,15)

A = Kadar udara (%)

w = Syarat banyaknya air pencampur, kg/m^3

c = Syarat banyaknya semen, kg/m^3

Tabel dibawah ini dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m^3 tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan.

Tabel 3.5 Perkiraan awal berat 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

2. Metoda berdasarkan volume absolut

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satu 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.

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 dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

1. Dalam beberapa hal mungkin diperlukan untuk 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.

2. Menurut SNI 03-2493-1991, mengizinkan mencampur agregat dalam kondisi kering udara bila penyerapannya kurang dari 1,0% dengan kemungkinan diserapnya air dari beton yang belum menjalani proses pengikatan (*unset concrete*).

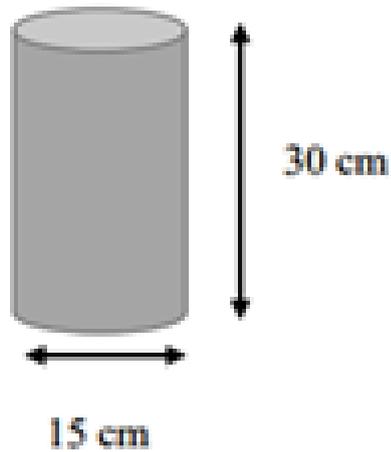
9. Pengaturan campuran percobaan

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 m^3 . Jika nilai slump campuran tidak sesuai tambahkan atau kurangi jumlah kandungan air sebanyak $2 \text{ kg}/m^3$ 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 $3 \text{ kg}/m^3$ untuk setiap 1% penambahan atau pengurangan kandungan udara.
3. Perkiraan kembali berat beton segar untuk penyesuaian setara dengan berat beton segar dalam kg/m^3 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.

3.7.2 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan sisi berukuran 15 x 30 cm yang berjumlah 24 sampel.



Gambar 3.2 Benda Uji Silinder

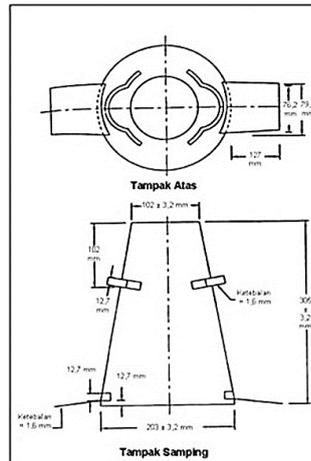
Pembuatan benda uji dibedakan menjadi 2 yaitu beton normal dan beton abu cangkang kelapa sawit.

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.
 - h. 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. Kemudian masukkan kapur sedikit demi sedikit dengan takaran yang telah ditentukan.
 - h. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump untuk mengukur tingkat workability adukan.
 - i. Apabila nilai slump telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
 - j. Diamkan selama 24 jam.
 - k. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton

3.7.3 Pengujian *Slump*

Pengukuran tinggi *slump* dilakukan untuk menentukan kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability*-nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 1972:2008.



Gambar 3.3 Dimensi Kerucut Abrams

3.7.4 Perawatan (*Curing*) Beton

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 7 dan 28 hari.

Perawatan beton ada 2, yaitu dengan cara penguapan dan pembasahan sebagai berikut:

1. Perawatan dengan tekanan yang rendah berlangsung selama 10-12 jam dengan tekanan berkisaran antara $45^{\circ} - 55^{\circ}\text{C}$
2. Perawatan dengan tekanan tinggi berlangsung selama 10-16 jam dengan tekanan pada suhu $65^{\circ} - 95^{\circ}\text{C}$, dengan suhu akhir $40^{\circ} - 55^{\circ}\text{C}$.

Perawatan beton dengan cara pembasahan, yaitu:

1. Menaruh beton segar dalam ruangan yang lembah.
2. Menaruh beton segar dalam genangan air.
3. Menaruh beton segar dalam air.
4. Menyelimuti permukaan beton dengan air.

3.7.5 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian Kuat Tekan dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 1974:2011. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji diletakkan tegak berdiri di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian direncanakan sebanyak 36 sampel dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut :

Tabel 3.6 Sampel pengujian campuran beton

NO	BAHAN	AIR TAWAR		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	Beton Normal	2	2	2
2	Beton dengan kombinasi 3% abu cangkang sawit + 5% kapur sebagai bahan pengganti semen	2	2	2
3	Beton dengan kombinasi 5% abu cangkang sawit + 5% kapur sebagai bahan pengganti semen	2	2	2
4	Beton dengan kombinasi 7% abu cangkang sawit + 5% kapur sebagai bahan pengganti semen	2	2	2
Jumlah		24 sampel		

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisa Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus tersebut dilakukan di laboratorium dengan mengikuti panduan SNI dan buku panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan fisik dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berupa pasir alam yang diperoleh dari binjai, Sumatera Utara. Pemeriksaan agregat halus meliputi pengujian Analisa saringan, berat jenis dan penyerapan air, kadar lumpur, kadar air, dan 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 pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Table 4.1

Tabel 4.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Saringan	Massa Tertahan Gram (a)	Jumlah Tertahan Gram (b)	Persentasi Kumulatif (%)	
			Tertahan (c)	Lolos (d)
No. 4	5	5	1	99
No. 8	7	12	2.4	97.6
No. 16	59	71	14.2	85.8
No. 30	131	202	40.4	59.6
No. 50	217	419	83.8	16.2
No.100	70	489	97.8	2.2
No. 200	6	495	99	1
Pan	5	500	100	0
Modulus Kehalusan			239.6	2.396

$$\begin{aligned}
 FM &= \frac{\Sigma \% \text{Berat tertahan kumulatif agregat yang diatas saringan } 0,15 \text{ mm}}{100} \\
 &= \frac{97,8 + 83,8 + 40,4 + 14,2 + 2,4 + 1}{100} \\
 &= 2,40\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai FM sebesar 2,40%, 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 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus mengacu berdasarkan (SNI 1969:2016) dapat di lihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 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)	$A/(B+S-C)$	3.04	2.57	2.80
Berat jenis jenuh kering permukaan (Ss)	$S/(B+S-C)$	3.13	2.65	2.89
Berat jenis semu (Sa)	$A/(B+A-C)$	3.33	2.79	3.06
Penyerapan Air	$\frac{(S-A)}{A} * 100\%$	2.88	3.09	2.99

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis diperoleh berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 2,80 gr 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%

4.1.1.3 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus yang mengacu (SNI 03-4142-1996) dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 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

	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%

4.1.1.4 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Hasil dari pengujian kadar air agregat halus yang mengacu pada (SNI 1971:2011) dapat di lihat Tabel 4.4

Tabel 4.4 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

	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%.

4.1.1.5 Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Hasil pengujian berat isi agregat halus yang mengacu pada (SNI 03-4804-1998) dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Pengujian Berat Isi 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

	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
		1499.62			kg/m ³

Berdasarkan nilai 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 merupakan material penyusun beton dengan persentase terbesar dibandingkan material lainnya. Sifat agregat kasar juga penting untuk diketahui karena agregat kasar memberikan pengaruh besar terhadap kekuatan beton yang akan dibuat. 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 lumpur, pengujian kadar air 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 Gram (a)	Jumlah Tertahan Gram (b)	Persentasi Komulatif (%)	
			Tertahan (c)	Lolos (d)
No. 1		0	0.0	100.0
No. 3/4	3615	3615	67.1	32.9
No. 1/2	1443	5058	93.9	6.1
No. 3/8	128	5186	96.32	3.68
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

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

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai FM sebesar 8,57%

4.1.2.2 Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar mengacu berdasarkan SNI 1970:2016 dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 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

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
Berat jenis semu (Sa)	A/(A-C)	2.75	2.77	2.76
Penyerapan air (Sw)	$\frac{(B-A)}{A} * 100\%$	1.78	2.44	2.11

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis diperoleh Berat jenis SSD (Saturated Surface Dry) rata-rata sebesar 2,61 gr dan dan diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diizinkan yaitu antara 2,2 – 2,8. Penyerapan air (absorption) dari hasil pengujian yaitu sebesar 2,11%.

4.1.2.3 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar yang mengacu pada SNI 4142:1996 dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 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

	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

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kadar lumpur pada sampel 1 sebesar 3,33% dan pada sampel 2 sebesar 1,91%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur pada kedua sampel adalah sebesar 2,62%

4.1.2.4 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Hasil dari pengujian kadar air agregat kasar yang mengacu pada SNI 03-1971-2011 dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

	Benda uji ke 1	Benda uji ke 2
Massa wadah + benda uji	2088	2045
Massa wadah	500	500
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%. Dimana percobaan dilakukan sebanyak dua kali dengan percobaan pertama diperoleh hasil kadar air sebesar 6,01% dan percobaan kedua sebesar 1,64%.

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

	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
		1401.18			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

Dalam hal ini peneliti akan menganalisis data-data yang diperoleh pada saat penelitian sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Data-data dasar hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Data-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	%

DATA TES DASAR	NILAI	SATUAN
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 ageregat 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. Banyaknya Air Pencampuran

Tabel 4.13 Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur dan Kadar Udara Berbagai 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	-	-	-	-	-	-	-	-

Berdasarkan Tabel 4.13 diatas maka didapat nilai banyaknya 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 umr 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 4.14 diatas, diambil nilai rasio air-semen sebesar 0,69% sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan yaitu 20 MPa.

3. Perhitungan Kadar Semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari ketentuan pada Table 4.13 dan Tabel 4.14 diatas. Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampur (Tabel 4.12) dibagi rasio Air-semen (Tabel 4.13).

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Kadar air Pencampur}}{\text{Rasio Air - Semen}} \\
 &= \frac{205}{0,69} \\
 &= 297.10 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

4. Berat Kering Agregat Kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang mameuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada Tabel 4.15 dibawah ini, atau dilakukan perhitungan secara analitis.

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 4.15 diatas maka diambil nilai 0,7. sehingga berat keringnya didapat

$$= (\text{Volume agregat kasar kering oven} \times \text{Berat kering oven agregat kasar})$$

$$= (0,66 \times 1509)$$

$$= 995,94 \text{ kg}$$

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 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

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 bahanbahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Sehingga :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Air} && : 205 \text{ kg} \\
 &= \text{Semen} && : 297,10 \text{ kg} \\
 &= \text{Agregat Kasar} && : 995,94 \text{ kg} + \\
 \hline
 &&& \text{Jumlah : } 1498,04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka Berat Agregat Halus adalah :

$$\begin{aligned}
 &= (\text{satuan volume beton} - \text{jumlah seluruh volume bahan}) \\
 &= (2345 \text{ kg} - 1498,04 \text{ kg}) \\
 &= 846,96 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

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 $= \frac{205}{1000}$
 $= 0,205 \text{ m}^3$
- Volume padat semen $= \frac{297,10}{(3,15 \times 1000)}$
 $= 0,094 \text{ m}^3$
- Volume absolute agregat kasar $= \frac{995,94}{2,61 \times 1000}$
 $= 0,382 \text{ m}^3$
- Volume udara terperangkap $= 1\% \times 1$
 $= 0,010 \text{ m}^3$
- Jumlah volume padat selian agregat halus
 $= 0,205 + 0,094 + 0,382 + 0,010$
 $= 0,691 \text{ m}^3$
- Volume agregat halus yang dibutuhkan $= 1 - 0,691$
 $= 0,309 \text{ m}^3$

- Berat agregat halus kering yang dibutuhkan

$$= 0,309 \times 2,80 \times 1000$$

$$= 865,47 \text{ Kg}$$

7. Perbandingan Berat

Berdasarkan SNI 7656:2012 Didapat nilai perbandingan berat Air (berat bersih), Semen, Agregat Kasar (kering), dan Agregat Halus (kering) pada Tabel 4.17 dibawah ini.

Tabel 4.17 Perbandingan Berat 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 :

$$\text{Ag. Kasar} = 3.83 \%$$

$$\text{Ag. Halus} = 5.98 \%$$

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

$$\text{Ag. Halus (Basah)} = 846,96 \times (1 - 0,0598) = 897,61 \text{ kg}$$

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

$$= (3,83 - 2,11) = 0,0172 \%$$

Air yang diberikan Ag. Halus adalah

$$= (5,98 - 2,99) = 0,0299 \%$$

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut :

$$= 205 - (995,94 \times 0,0172\%) - (846,96 \times 0,0299\%)$$

$$= 162,55$$

Maka perkiraan **1 m³ Beton** adalah sebagai berikut :

Air (Yang ditambahkan)	= 162,55 kg
Semen	= 297,10 kg
Ag. Halus (Basah)	= 897,61 kg
Ag. Kasar (Basah)	= 1034,08 kg
<hr/> Jumlah	<hr/> = 2391,34 kg

4.2.2 Proporsi kebutuhan benda uji beton

4.2.2.1 Kebutuhan Volume Satu Benda Uji Dengan Cetakan Silinder

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan berat dan volume masing-masing agregatnya untuk tiap silinder beton yang diameternya 15cm dan tinggi 30 cm maka akan didapatkan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume silinder} &= \frac{1}{4} \pi D^2 t & (4.1) \\
 &= \frac{1}{4} 3,14 \times 15^2 \times 30 \\
 &= 5298,75 \text{ cm}^3 / 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

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
	Total	= 12,8 kg

untuk perhitungan mix design dengan bahan tambah abu cangkang sawit (ACS) maka jumlah semen yang digunakan berubah, karena ACS berperan sebagai *filler* sehingga berat semen akan dikurangi berat ACS yang penggunaannya yaitu 3%, 5%, 7% dan kapur yaitu 5% dari semen, maka dari itu hasil mix design dapat dilakukan sebagai berikut :

1. ACS 3% + kapur 5%

ACS	= 3% x 1,57	= 0,0471 Kg
Kapur	= 5% x 1,57	= 0,0785 Kg
Semen	= 1,57 - 0,1256	= 1,4444 Kg

2. ACS 5% + kapur 5%

ACS	= 5% x 1,57	= 0,0785 Kg
Kapur	= 5% x 1,57	= 0,0785 Kg
Semen	= 1,57 - 0,157	= 1,413 Kg

3. ACS 7% + kapur 5%

ACS	= 7% x 1,57	= 0,1099 Kg
Kapur	= 5% x 1,57	= 0,0785 Kg
Semen	= 1,57 - 0,1884	= 1,3816 Kg

4.3 Pengujian Slump

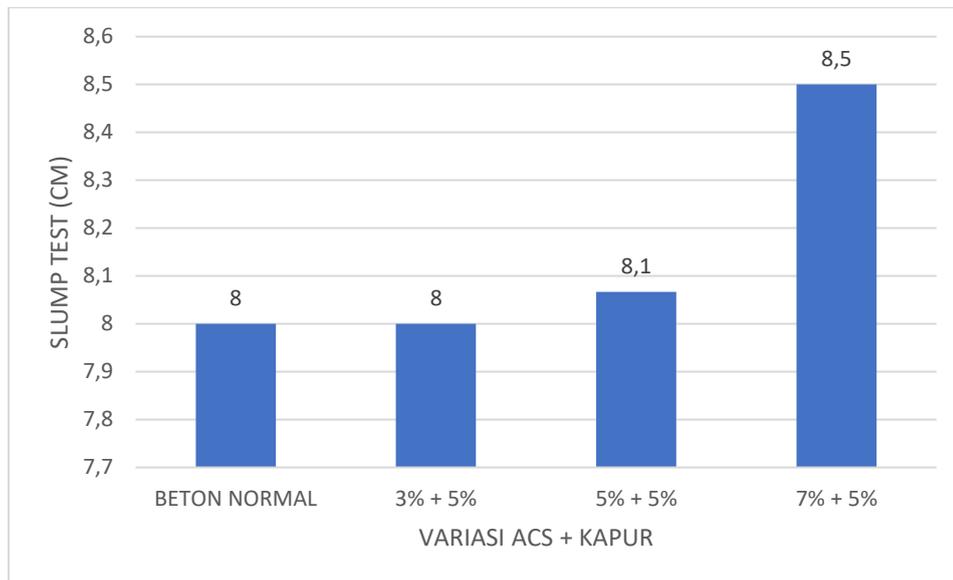
Uji slump adalah test yang dilakukan untuk menentukan workability pada beton segar agar diketahui apakah campuran tersebut dapat dikerjakan atau tidak. Pengujian slump test dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams dengan mengisi beton segar sebanyak 1/3, 2/3, 3/3, dengan tiap lapisan dirojoikk dengan tongkat penusuk sebanyak 25 kali. Nilai dari pengujian slump test dappat dilihat pada Tabel 4.18 berikut.

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Slump

VARIASI	SLUMP (CM)
Beton Normal	8
3% + 5%	8
5% + 5%	8.1
7% + 5%	8.5

Berdasarkan pada Tabel 4.18 menjelaskan perbandingan nilai slump antara beton normal, beton variasi 5% Kapur + 3% ACS; 5% Kapur + 5% ACS; 5% Kapur + 7% ACS, dimana beton normal didapat nilai *slump* sesuai rencana 8-12 cm dikarenakan tidak ada campuran ACS dan Kapur, sedangkan untuk beton variasi campuran mendapatkan nilai slump yang lebih tinggi dari angka yang

direncanakan. Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya abu cangkang sawit mengakibatkan kenaikan *workability* pada campuran beton.



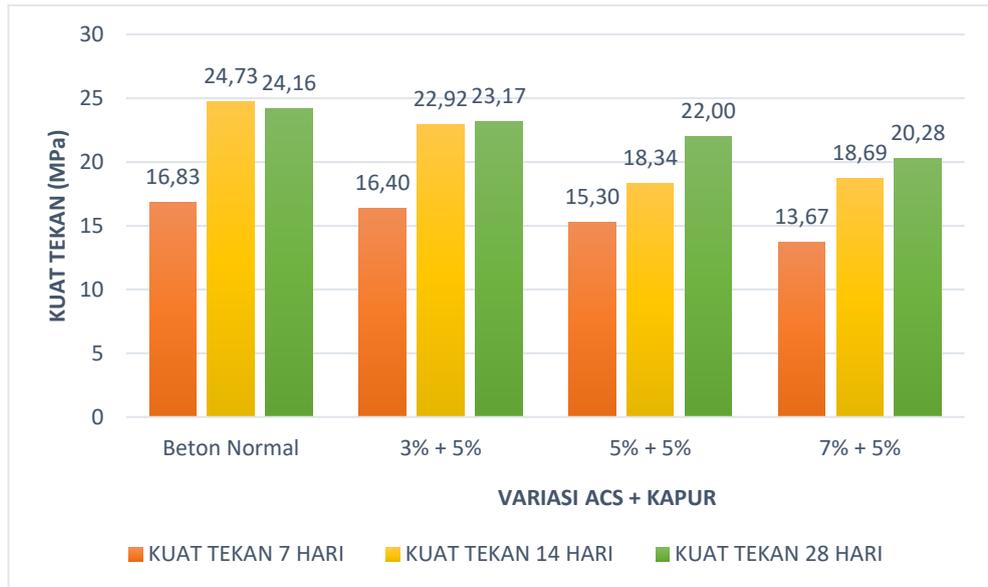
Gambar 4.1 Grafik Slump Test

4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 7, 14, dan 28 hari dengan menggunakan *Universal Testing Machine* dengan benda uji berbentuk silinder sebanyak 24 benda uji dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan 4.20 untuk sampel 2.

Tabel 4.19 Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Sampel 1

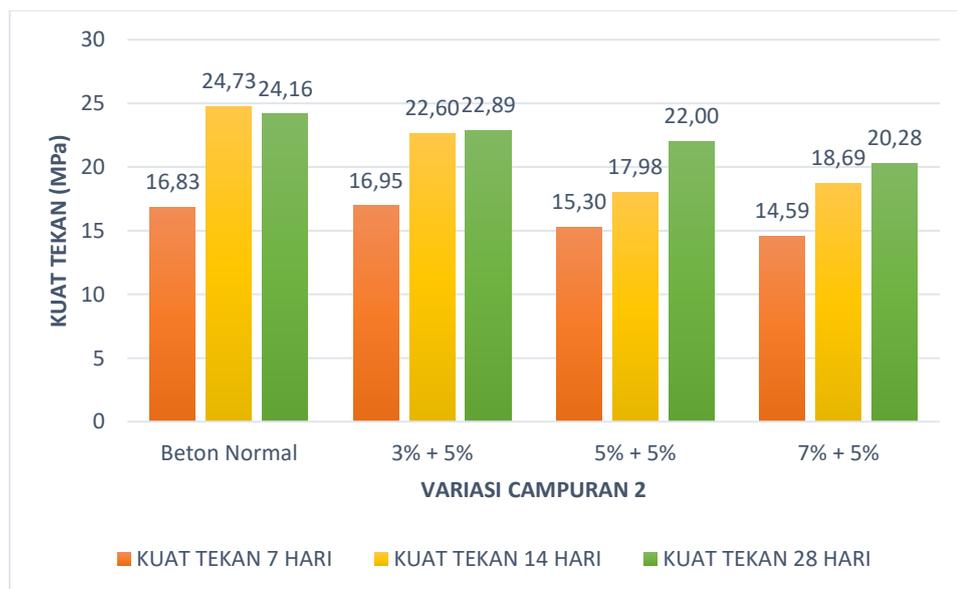
VARIASI	KUAT TEKAN (MPa)		
	7 HARI	14 HARI	28 HARI
Beton Normal	16.83	24.73	24.16
3% + 5%	16.40	22.92	23.17
5% + 5%	15.22	18.34	22.10
7% + 5%	13.67	18.46	20.75



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Sampel 1

Tabel 4.20 Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Sampel 2

VARIASI	KUAT TEKAN (MPa)		
	7 HARI	14 HARI	28 HARI
Beton Normal	16.83	24.73	24.16
3% + 5%	16.95	22.60	22.89
5% + 5%	15.30	17.98	22.00
7% + 5%	14.59	18.69	20.28



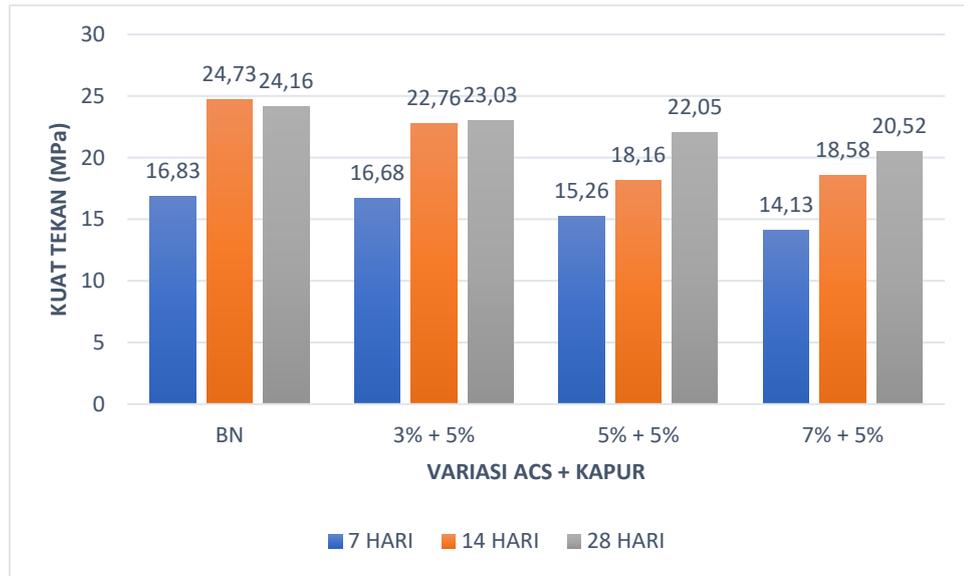
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Sampel 2

Dari hasil data yang sudah dikumpulkan tentang persentase perbandingan antara beton normal dan beton menggunakan abu cangkang sawit + kapur hidrolis, bahwa nilai kuat tekan beton pada umur 7 hari hasilnya tidak masuk kedalam standart nilai mutu beton yaitu f_c 20 MPa baik dari sampel beton normal maupun beton variasi 3% ACS + 5% Kapur ; 5% ACS + 5% Kapur ; 7% ACS + 5% Kapur, dikarenakan umur beton yang masih terlalu muda, sedangkan pada hasil kuat tekan beton umur 28 hari pada beton normal dan variasi ACS + kapur masuk kedalam standart nilai mutu beton f_c 20 MPa, akan tetapi mengalami penurunan pada umur 14 hari beton variasi 5% ACS + 5% Kapur dan 7% ACS + 5% Kapur. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya komposisi abu cangkang sawit dan kapur dalam beton akan mengalami hidrasi pada semen tersebut.

Menurut (Martin, Elhusna, 2012) Penurunan kuat tekan beton yang terjadi kemungkinan disebabkan karena gradasi abu cangkang kelapa sawit yang masih kasar. Kajian pustaka menjelaskan bahwa terdapat Silika Oksida (SiO_2) pada abu cangkang kelapa sawit (*Elaeis Guineensis*) hingga 59,1%. Ada peluang bahwa kandungan silika oksida pada abu cangkang kelapa sawit tidak bisa menggantikan silika semen. Kandungan silika semen lebih kompleks dan komposisinya telah disempurnakan oleh pabrik semen.

Tabel 4.21 Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-Rata Beton

VARIASI	7 HARI	14 HARI	28 HARI	SATUAN
BN	16.83	24.73	24.16	MPa
3% + 5%	16.68	22.76	23.03	MPa
5% + 5%	15.26	18.16	22.05	MPa
7% + 5%	14.13	18.58	20.52	MPa



Gambar 4.4 Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Beton

Hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton pada Tabel 4.21 dan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton yang diisyaratkan terbukti tercapai dari hasil perhitungan kuat tekan beton normal yang menghasilkan nilai kuat tekan beton normal rata-rata pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari secara berturut-turut sebesar 16,83 MPa, 24,73 MPa, dan 24,16 MPa. lebih dari 20 MPa sebagaimana yang diisyaratkan. Kuat tekan rata-rata beton untuk penambahan ACS + Kapur sebagai substitusi semen sebesar 8% pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari secara berturut-turut mengalami penurunan sebesar 0,89%, 7,96%, dan 4,67% dari kuat tekan beton normal. Pada kuat tekan rata-rata beton untuk penambahan ACS + Kapur sebagai substitusi semen sebesar 10% pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari secara berturut-turut mengalami peningkatan sebesar 9,32%, 26,56%, dan 8,73% dari kuat tekan beton normal. Sedangkan Kuat tekan rata-rata beton untuk penambahan ACS + Kapur sebagai substitusi semen sebesar 12% pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari secara berturut-turut mengalami peningkatan sebesar 16,04%, 24,86%, dan 15,06% dari kuat tekan beton normal.

Dari gambar menunjukkan trend bahwa laju peningkatan kuat tekan beton bertambah seiring dengan umur beton yang semakin bertambah sebagai pendapat Tjokrodinuljo (1996), karena mengalami proses pengikatan untuk mencapai kuat tekan optimal. polynomial yang berbeda, seharusnya umur 28 hari kuat tekan beton

lebih tinggi dibandingkan umur 14 hari, hal ini bisa terjadi akibat waktu proses pembuatan beton segar yang tidak pada kondisi yang sama, baik waktu pembuatan dan proses pengadukan yang tidak merata.

Peningkatan kuat tekan juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh (Jurianto, 2014), dimana disimpulkan bahwa kenaikan kuat tekan terjadi akibat dari fungsi *boiler* sebagai *pozzolan* yang mengandung senyawa Silika Oksida (SiO_2) aktif, aluminium, dan Ferrum Oksida (Fe_2O_3) yang bereaksi bebas secara kimiawi sehingga terjadi pengikatan dengan bahan kapur atau kalsium hidroksida (CaOH_2) yang dilepaskan oleh semen, dan air akan membentuk kalium silikat hidrat selama proses hidrasi terjadi. Kalium silikat hidrat ini berfungsi sebagai bahan pengikat campuran beton.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data dari kuat tekan yang dihasilkan bahwa kuat tekan beton normal yang menghasilkan nilai kuat tekan beton normal rata-rata pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sebesar 16,83 MPa, 24,73 MPa, dan 24,16 MPa. Pada presentase 3% ACS + 5% Kapur didapatkan kuat tekan rata-rata beton untuk pengujian 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sebesar 16,68 MPa, 22,76 MPa, dan 23,03 MPa. Untuk presentase 5% ACS + 5% Kapur didapatkan kuat tekan rata-rata beton untuk pengujian 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sebesar 15,26 MPa, 18,16 MPa, dan 22,05 MPa. Presentase 7% ACS + 5% Kapur didapatkan kuat tekan rata-rata beton untuk pengujian 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sebesar 14,13 MPa, 18,58 MPa, dan 20,52 MPa.
2. Penambahan ACS + kapur sebagai bahan pengganti semen pada umur 14 hari dan 28 hari mengalami peningkatan, Hal ini dikarenakan kenaikan kuat tekan terjadi akibat dari fungsi *boiler* sebagai *pozzolan* yang mengandung senyawa *Silika* Oksida (SiO_2) aktif, alumunium, dan Ferrum Oksida (Fe_2O_3) yang bereaksi bebas secara kimiawi sehingga terjadi pengikatan dengan bahan kapur atau kalsium hidroksida (CaOH_2) yang dilepaskan oleh semen, dan air akan membentuk kalium silikat hidrat selama proses hidrasi terjadi. Kalium silikat hidrat ini berfungsi sebagai bahan pengikat campuran beton. Sedangkan pada umur 7 hari mengalami penurunan, kemungkinan disebabkan karena gradasi abu cangkang kelapa sawit yang masih kasar.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran yang bertujuan untuk mengembangkan penelitian ini lebih lanjut. Adapun saran yang perlu dikembangkan dari penelitian ini adalah :

1. Perlu adanya peningkatan persentasi jumlah kapur yang lebih tinggi untuk mengetahui pengaruh kuat tekan terhadap beton
2. Agar diperoleh sampel yang baik perlu diperhatikan pada saat pengadukan dan pemadatan, karena apabila dalam pemadatan tidak baik, sampel akan mengalami keropos dan ini akan sangat mempengaruhi kekuatan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi Manaf & Amalia Nurdin. (2023). Pengaruh Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Semen Pada Beton Berpori. *Journal of Civil Engineering*, 5(1), 17–26.
- Abdurrozak, M. R. Islam, U. (2017). *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Bahan Tambah Abu Sekam*. *Xxii*(2), 416–424.
- Akbar, F. Pd, S. (N.D.). *Penggunaan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K-100*.
- Alkhaly, Y. R. (2016). Pada Mutu Beton 20 Mpa. *Teras Jurnal*, 6(1).
- andri, Arief, and N. (2012). pengaruh penggunaan kapur sebagai bahan pengisi (filler) terhadap karakteristik campuran beton aspal lapis AUS (AC-WC). *Jurnal Transportation Mnagaement and Engineering*, 2, 87–104.
- BSN. (2008). Sni 1972:2008. *Cara Uji Slump Beton*, 1–5.
- SNI ASTM C136:2012. Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–24.
- Haniza, S., & Hamidi, A. (2017). *Analisa Perubahan Nilai Karakteristik Kuat Tekan Beton K 200 Yang Menggunakan Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar* (Vol. 5).
- Jurianto. (2014). *Pengaruh Substitusi Sebagian Semen Dengan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit Dan Accelerator Terhadap Kuat Tekan Beton*.
- Khairul Amna, Wesli, And H. (2014). Pengaruh Penambahan Serat Tandan Sawit Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Teras Jurnal*, 4(2).
- Martin, Elhusna, and Y. (2012). Perilaku kuat tekan beton dengan abu cangkang sawit sebagai pengganti sebagian semen. *Jurnal Inersia*, 4(0736), 43–50.
- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. <http://www.unj.ac.id>
- Paul Nugraha, A. (2007). *Teknologi Beton* (P. C. . A. Offset (ed.)).
- SNI 03-2834-2000. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Sni 03-2834-2000*, 1–34.
- SNI 03-4142-1996. (1996). Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 Mm). *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 200(200), 1–6.
- SNI 03-4804-1998. (1998). SNI 03-4804-1998 (Bobot Isi Agregat). *Sni 03-4804-*

- 1998, 1–6.
- SNI 1969. (2016). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. 1970 SNI, 20.
- SNI 1971:2011. (2011). “Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan.” *Badan Standarisasi Nasional*, 1–11.
- SNI 7656. (2012). *Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal , beton berat dan beton massa*.
- Suprianto. (2019). Pengaruh Penambahan Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton F’c 30 Mpa. *Kinabalu*, 11(2), 50–57.
- Tjokrodinuljo, K. (2004). *Teknologi Bahan Konstruksi*.
- Vitri, G., & Herman, H. (2019). Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Sebagai Material Tambahan Beton. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 6(2), 78–87. <https://doi.org/10.21063/JTS.2019.V602.06>
- Wimarsela, Silviyati, I. (2021). *Sintesis Silika Gel dari Abu Cangkang dan Serabut Kelapa Sawit Terimobilisasi Difenilkarbazon dengan Metode Sol-Gel*. 1(2), 165–174.

LAMPIRAN



Gambar L. 1 Cangkang Kepala Sawit



Gambar L. 2 Abu Cangkang Sawit



Gambar L. 3 Pengujian Berat Jenis



Gambar L. 4 Persiapan Pembuatan Benda Uji



Gambar L. 5 Memasukan Bahan Pada Pembuatan Benda Uji



Gambar L. 6 Mix Design



Gambar L. 7 Pengerjaan Rojok Pada Benda Uji



Gambar L. 8 Pengujian Slump



Gambar L. 9 Variasi Benda Uji



Gambar L. 10 Perendaman Pada Benda Uji



Gambar L. 11 Pemasangan Capping Pada Benda Uji



Gambar L. 12 Pemasangan Capping Pada Benda Uji



Gambar L. 13 Pengujian Kuat Tekan



Gambar L. 14 Retakan Pada Benda Uji



PT. RAPI ARJASA

Jalan PTPN IX/Megawati, Dusun VIII, Cepuh Nauli, Desa Tandem Hulu II, Kec. Hamparan Petak, Kab. Deli Serdang 20374

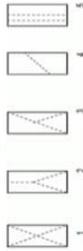
LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SNI 1974-2011

Nomor Laporan :
 Pemohon Pengujian : Anis Yuni Wardani
 Proyek : Penelitian
 Lokasi : Laboratorium PT. RAPI ARJASA
 Jenis Benda Uji : Silinder ($d=15; t=30$)
 Mutu Benda Uji : FC'20
 Jumlah Benda Uji : 4 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		Unsur Beton (hari)	Bahan Tekan Aktual (kN)	Bahan Tekan Kalibrasi (kN)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Bentuk Kehancuran / Keterangan
							Cetak	Uji					
1	BETON NORMAL	30	15	2	176,625	12,51	04 Juni 2024	11 Juni 2024	7	297,22	294,81	16,83	1
2	3 + 5%	30	15	2	176,625	12,27	04 Juni 2024	11 Juni 2024	7	289,60	286,89	16,40	1
3	5 + 5%	30	15	2	176,625	12,53	04 Juni 2024	11 Juni 2024	7	268,87	266,11	15,22	1
4	7 + 5%	30	15	2	176,625	12,30	04 Juni 2024	11 Juni 2024	7	241,43	0,00	13,67	1

Bentuk Kehancuran (pilih di antara satu)



NB - Keaslian sampel telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium
 - Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji
 - Laboratorium tidak memberikan pernyataan penyelesaian spesifikasi (*decision rule*) terhadap hasil uji

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

Dikarang mengantar/mempertahamuk sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin Laboratorium PT. RAPI ARJASA.

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

(Syahru Amri, ST)



PT. RAPI ARJASA

Jalan PTPN IX.Megawati, Dusun VIII, Kpoh Njauli, Desa Tandem Hulu II, Kec. Hamparan Perak, Kab. Deli Serdang 20374

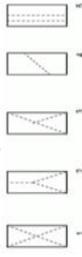
LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SNI 1974:2011

Nomor Laporan :
Pemohon Pengujian : Anis Yuni Wardani
Proyek : Penelitian
Lokasi : Laboratorium PT. RAPI ARJASA
Jenis Benda Uji : Silinder ($d=15; l=30$)
Metu Benda Uji : FC'20
Jumlah Benda Uji : 4 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		Umur 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	12.43	05 Juni 2024	19 Juni 2024	14	436.84	432.61	24.73	1
2	3 + 5%	30	15	2	176.625	12.37	05 Juni 2024	19 Juni 2024	14	404.83	400.73	22.92	1
3	5 + 5%	30	15	2	176.625	12.57	05 Juni 2024	19 Juni 2024	14	323.95	320.54	18.34	1
4	7 + 5%	30	15	2	176.625	12.65	05 Juni 2024	19 Juni 2024	14	326.13	323.51	18.46	1

Bentuk Kehancuran (pilih di antara satu)



NB - Keastian 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 penjelasan spesifikasi (*decision make*) terhadap hasil uji

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

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

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

(Syahru Amri, ST)



PT. RAPI ARJASA

Jalan PTPN IX, Megawati, Dusun VIII, Kpoh Njauli, Desa Tandem Hulu II, Kec. Hamparan Perak, Kab. Deli Serdang 20374

LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SNI 1974:2011

Nomor Laporan :
Pemohon Pengujian : Anis Yuni Wardani
Proyek : Penelitian
Lokasi : Laboratorium PT. RAPI ARJASA
Jenis Benda Uji : Silinder ($d=15; l=30$)
Metu Benda Uji : FC'20
Jumlah Benda Uji : 4 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 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	30	15	2	176,625	12,29	24 Juni 2024	22 Juli 2024	28	426,79	422,65	24,16	1
2	3 + 5%	30	15	2	176,625	12,80	24 Juni 2024	22 Juli 2024	28	409,22	405,71	23,17	1
3	5 + 5%	30	15	2	176,625	12,40	24 Juni 2024	22 Juli 2024	28	390,37	386,84	22,10	1
4	7 + 5%	30	15	2	176,625	12,27	24 Juni 2024	22 Juli 2024	28	366,58	363,09	20,75	1

Bentuk Kehancuran (pilih di antara satu)



NB - Keastian 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 penjelasan spesifikasi (*decision make*) terhadap hasil uji

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

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

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

(Syahru Amri, ST)



PT. RAPI ARJASA

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

LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SNI 1974:2011

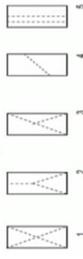
Nomor Laporan
Pemohon Pengujian
Proyek
Lokasi
Jenis Benda Uji
Mutu Benda Uji
Jumlah Benda Uji

: Anis Yuni Wardani
: Pendidikan
: Laboratorium PT. RAPI ARJASA
: Silinder ($d=15; l=30$)
: FC'20
: 4 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		Umur 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	12,51	04 Juni 2024	11 Juni 2024	7	297,22	294,81	16,83	1
2	3 + 5%	30	15	2	176,625	12,27	04 Juni 2024	11 Juni 2024	7	299,37	296,79	16,95	1
3	5 + 5%	30	15	2	176,625	12,53	04 Juni 2024	11 Juni 2024	7	270,24	268,09	15,30	1
4	7 + 5%	30	15	2	176,625	12,30	04 Juni 2024	11 Juni 2024	7	257,70	255,22	14,59	1

Bentuk Kehancuran (pilih di antara satu)



NB - Kestian 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 spesifikas (*decision rate*) terhadap hasil uji

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

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

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

(Syafru Amri, ST)



PT. RAPI ARJASA

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

LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SNI 1974:2011

Nomor Laporan : Anis Yuni Wardani
Pemohon Pengujian : Pendidikan
Proyek : Laboratorium PT. RAPI ARJASA
Lokasi : Silinder ($d=15$; $l=30$)
Jenis Benda Uji : FC'20
Mutu Benda Uji : 4 Unit
Jumlah Benda Uji : 4 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		Umur 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	12,43	05 Juni 2024	19 Juni 2024	14	436,84	432,61	24,73	1
2	3 + 5%	30	15	2	176,625	12,37	05 Juni 2024	19 Juni 2024	14	399,24	395,75	22,60	1
3	5 + 5%	30	15	2	176,625	12,57	05 Juni 2024	19 Juni 2024	14	317,63	314,60	17,98	1
4	7 + 5%	30	15	2	176,625	12,65	05 Juni 2024	19 Juni 2024	14	330,09	327,46	18,69	1

Bentuk Kehancuran (pilih di antara satu)



NB - Kestian 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 penjadwalan spesifikasi (*decision rate*) terhadap hasil uji

Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji. Tidak untuk diumumkan 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

(Soehru Amri, ST)



PT. RAPI ARJASA

Jalan PTPN IX, Megawati, Dusun VIII, Kepala Nauli, Desa Tandem Hulu II, Kec. Hamparan Pemak, Kab. Deli Serdang 20374

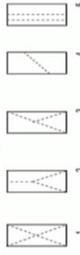
LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON SNI 1974:2011

Nomor Laporan : Anis Yuni Wardani
Pemohon Pengujian : Pendidikan
Proyek : Laboratorium PT. RAPI ARJASA
Lokasi : Silinder ($d=15$; $l=30$)
Jenis Benda Uji : FC'20
Mutu Benda Uji : 4 Unit
Jumlah Benda Uji : 4 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		Umur 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	12,29	24 Juni 2024	22 Juli 2024	28	426,79	422,65	24,16	1
2	3 + 5%	30	15	2	176,625	12,80	24 Juni 2024	22 Juli 2024	28	404,34	400,73	22,89	1
3	5 + 5%	30	15	2	176,625	12,40	24 Juni 2024	22 Juli 2024	28	388,65	0,00	22,00	1
4	7 + 5%	30	15	2	176,625	12,27	24 Juni 2024	22 Juli 2024	28	358,11	355,17	20,28	1

Bentuk Kehancuran (pilih di antara satu)



NB - Kestian 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 penjadwalan spesifikasi (*decision rate*) terhadap hasil uji

Laporan ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji. Tidak untuk diumumkan 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

(Syahru Amri, ST)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap : Anis Yuni Wardani
Nama Panggilan : Manis
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 17 Juni 2002
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Jl. Setia Makmur Gg. Persatuan, Sunggal Kanan
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Alm. Safriadi
Ibu : Nova Aryani
No. HP : 0818 0844 6395
Email : Anisyuniwardani@Gmail.Com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 2007210116
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3, Medan

PENDIDIKAN FORMAL

No	Tingkat Pendidikan	Nama Dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD MUHAJIRIN, SARI REJO	2014
2	SMP	SMP MUHAMMADIYAH 03, TANJUNG SARI	2017
3	SMA	SMA DHARMA PANCASILA, MEDAN SELAYANG	2020

