

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU CANGKANG KELAPA SAWIT
TERHADAP KUAT TEKAN BETON YANG
RAMAH LINGKUNGAN
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

KAMAL HUSIN SARAAN
2107210066



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Kamal Husin Saraan
NPM : 2107210066
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa
Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton yang Ramah
Lingkungan
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk mempejfeh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah

Disetujui Untuk Disampaikan
Kepada Panitia Ujian

Medan, 8 September 2025

Dosen Pembimbing



Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Kamal Husin Saraan

NPM : 2107210066

Prodi Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Terhadap Kuat Tekan Beton Yang Ramah Lingkungan

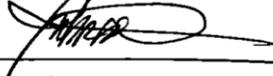
Bidang ilmu : Struktur

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

Medan 8 September 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



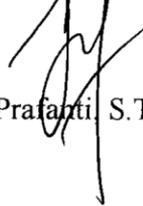
Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

Dosen Penguji I



Rizki Efrida, S.T., M.T.

Dosen Penguji II



Sri Prafanti, S.T., M.T.

Ketua Prodi Teknik Sipil



Josef Hadiptamana, S.T., M.Sc., Ph.D

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Kamal Husin Saraan

Tempat/Tanggal Lahir : Rambah Serit / 9 Februari 2001

NPM : 2107210066

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

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

“Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton Yang Ramah Lingkungan”,

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

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

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 8 september 2025

 a yang menyatakan,
Kamal Husin Saraan

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN ABU CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP KUAT TEKAN BETON YANG RAMAH LINGKUNGAN (Studi Penelitian)

Kamal Husin Saraan

2107210066

Fahrizal Zulkarnain, S.T.,M.Sc., Ph.D

Industri kelapa sawit di Indonesia menghasilkan limbah seperti abu cangkang sawit yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan beton ramah lingkungan. Abu ini merupakan hasil dari pembakaran abu cangkang kelapa sawit pada suhu 500-700°C dalam tungku boiler. Abu cangkang sawit bersifat pozzolan dan mengandung silika tinggi sebesar 31,45 %, sehingga dapat meningkatkan kuat tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit dari berat semen terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan diameter 15 cm, dan tinggi 30 cm. Variasi penambahan abu cangkang kelapa sawit yang digunakan yaitu 0%, 20%, 25%, dan 30% dari berat semen. Pengujian dilakukan pada umur beton 14 dan 28 hari dengan metode uji tekan silinder. Dari hasil penelitian didapat nilai kuat tekan Beton Normal ialah nilai kuat tertinggi dari beton Abu Cangkang Kelapa Sawit persentase 20%, 25%, 30% diumur 28 hari memiliki nilai 29,06 Mpa Sedangkan Nilai Kuat tekan Abu Cangkang Kelapa Sawit Persentase 20% dengan nilai 16,4 Mpa, persentase 25% dengan nilai 16,4 Mpa dan persentase 30% dengan nilai 13,98 Mpa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan persentase abu cangkang kelapa sawit dari berat semen beton dapat menyebabkan penurunan kekuatan beton.

Kata kunci: beton, abu cangkang kelapa sawit, kuat tekan, bahan pozzolan

ABSTRACT

THE EFFECT OF PALM KERNEL SHELL ASH ADDITION ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY CONCRETE

(Research Study)

Kamal Husin Saraan

2107210066

Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D

The palm oil industry in Indonesia generates waste such as palm shell ash, which can be utilized as an additive for environmentally friendly concrete. This ash is produced from the combustion of palm shell waste at a temperature of 500–700°C in a boiler furnace. Palm shell ash has pozzolanic properties and contains a high silica content of 31.45%, which can enhance the compressive strength of concrete. This study aims to determine the effect of palm kernel shell ash addition, as a percentage of cement weight, on the compressive strength of concrete. The research was conducted at the Civil Engineering Laboratory, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. The test specimens were cylindrical with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. The variations of palm kernel shell ash addition used were 0%, 20%, 25%, and 30% of the cement weight. Compressive strength tests were carried out at the ages of 14 and 28 days using the cylinder compression test method. The results showed that the normal concrete achieved the highest compressive strength, with a value of 29.06 MPa at 28 days. In comparison, concrete with palm kernel shell ash substitution achieved compressive strengths of 16.4 MPa at 20%, 16.4 MPa at 25%, and 13.98 MPa at 30%. It can be concluded that increasing the percentage of palm kernel shell ash as a partial replacement of cement leads to a decrease in the compressive strength of concrete.

Keywords: concrete, palm kernel shell ash, compressive strength, pozzolanic material

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton Yang Ramah Lingkungan” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Ir. Fahrizal Zulkarnain, P.hd, IPM selaku dosen pembimbing I dan penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Rizki Efrida, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Sri Frapanti, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D Selaku Kepala Prodi Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Rizki Efrida S.T, M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, sekaligus sebagai Dosen Pengasuh Penulis.
6. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu teknik sipil kepada penulis.

8. Orang Tua penulis : Makmur Saraan dan Jarni Kabeakan, S.Pd, yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis selama menimba ilmu di Fakultas Teknik UMSU.
9. Abangku Syukri Rizki Saraan, Abangku Muhammad Iqbal Yayang Saraan, Abangku Iskandar Jalil Saraan dan Adikku Zahra Khumairah Saraan dan Adikku Zahro Khumairoh Saraan yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
10. Bapak/Ibu Staf Aministrasi di biro Fakultas Teknik, Universitas Muammadiyah Sumatera Utara.
11. Sahabat-sahabat seperjuangan Leonaldi Nasution, Yogi Firanda Marpaung, Fadly Rambe, Ranto Pakpahan, Muhammad Gempar Almandili, Ryan Desky, Faisal Ahmad dan Keluarga Besar Teknik Sipil B1 Pagi yang tidal mungkin disebut satu-persatu.

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

Medan, 8 september 2025

Kamal Husin Saraan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Defenisi beton	5
2.2 Komposisi beton	7
2.2.1 Semen Portland	7
2.2.2 Agregat	8
2.2.3 Air	9
2.3 Sifat mekanik beton	9
2.4 Faktor yang mempengaruhi kekuatan beton	11
2.4.1 Faktor Air-Semen (FAS)	11
2.4.2 Porositas	13
2.5 Abu cangkang kelapa sawit (<i>Palm kernel shell Ash</i>)	13
2.5.1 Kandungan kimia pada abu cangkang kelapa sawit	14
	x

2.5.2 Penelitian terdahulu a sawit	15
2.6 Beton ramah lingkungan	17
2.7 Slump test	18
2.8 Perawatan beton	19
2.9 Kuat tekan beton	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1 Metode Penelitian	21
3.2 Perencanaan Pembuatan Beton	24
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.4 Bahan dan peralatan	32
3.4.1 Bahan	32
3.4.2 Peralatan	34
3.5 Pemeriksaan Kadar Air	34
3.6 Pengujian Kadar Lumpur	35
3.7 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat dan penyerapan air	36
3.8 Pemeriksaan Berat Isi	36
3.9 Pemeriksaan Analisa Saringan	37
3.10 Perawatan Beton	37
3.11 Pengujian Kuat Tekan Beton	37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Analisa Pemeriksaan Agregat	39
4.1.1 Analisa Pemeriksaan Agregat Halus	39
4.1.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	39
4.1.1.2 Analisa Gradasi Agregat Halus	40
4.1.1.3 Kadar Lumpur Agregat Halus	42
4.1.1.4 Berat Isi Agregat Halus	43
4.1.1.5 Kadar Air Agregat Halus	44
4.1.2 Analisa Pemeriksaan Agregat Kasar	45
4.1.2.1 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	45
4.1.2.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar	46
4.1.2.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar	48

4.1.2.4 Berat Isi Agregat Kasar	49
4.1.2.5 Kadar Air Agregat Kasar	50
4.1.3 Pemeriksaan Berat Jenis Abu sawit	50
4.2 Perencanaan Campuran Dan Kebutuhan Bahan	51
4.2.1 Perencanaan campuran (<i>Mix Design</i>) Beton	51
4.2.2 Kebutuhan Bahan	59
4.3 Hasil Dan Analisa Pengujian Beton Segar	61
4.3.1 Pengujian Slump (slump rencana 60-180 mm)	61
4.3.2 Berat Isi Beton	63
4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	67
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	73
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Bahan Utama semen	7
Tabel 2. 2 Komposisi hasil pembakaran Abu cangkang kelapa sawit	14
Tabel 3. 1 Faktor pengali untuk Standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji	25
Tabel 3. 2 Perkiraan kekuatan tekan (Mpa) beton dengan faktor air semen	26
Tabel 3. 3 Perkiraan kadar air bebas (kg/cm ³) yang dibutuhkan	28
Tabel 3. 4 Syarat jumlah semen minimum dan fas maksimum	29
Tabel 3. 5 Jumlah Benda Uji	33
Tabel 3. 6 Komposisi bahan campuran	33
Tabel 3. 7 Standar Nilai Kuat Tekan Beton	38
Tabel 4. 1 Hasil Berat jenis dan penyerapan	39
Tabel 4. 2 Hasil Analisa Gradasi Agregat Halus	40
Tabel 4. 3 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	42
Tabel 4. 4 Pemeriksaan berat isi Agregat Halus	43
Tabel 4. 5 Pemeriksan kadar air	44
Tabel 4. 6 Pemeriksaan berat jenis	45
Tabel 4. 7 Pemeriksaan Gradasi agregat kasar	46
Tabel 4. 8 Pemeriksaan kadar lumpur	48
Tabel 4. 9 Pemeriksaan berat isi	49
Tabel 4. 10 Pemeriksaan kadar air	50
Tabel 4. 11 Pemeriksaan berat jenis abu cangkang sawit	50
Tabel 4. 12 Data hasil pengujian dasar	51
Tabel 4. 13 Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).	57
Tabel 4. 14 Kebutuhan bahan berbagai variasi campuran	60
Tabel 4. 15 Hasil pengujian slump.	61
Tabel 4. 16 hasil pengujian berat isi beton	66
Tabel 4. 17 Tabel Kuat Tekan Beton	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hubungan kuat tekan beton dengan faktor air-semen	12
Gambar 2. 2 Abu Cangkang Kelapa Sawit	14
Gambar 2. 3 Slump Test	18
Gambar 2. 4 Sketsa gambar Kuat Tekan Beton	20
Gambar 3. 1 Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan	22
Gambar 3. 2 Grafik hubungan kuat tekan beton dan faktor air semen	27
Gambar 3. 3 Batas gradasi pasir No. 2	30
Gambar 3. 4 Gradasi agregat kasar ukuran maksimum 40 mm	30
Gambar 3. 5 Persentase pasir pada jumlah total agregat	31
Gambar 3. 6 Hubungan kadar air, berat jenis agregat dan berat isi beton	32
Gambar 4. 1 Grafik gradasi agregat halus	42
Gambar 4. 2 Grafik gradasi agregat kasar	47
Gambar 4. 3 Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Beton	53
Gambar 4. 4 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan	55
Gambar 4. 5 Hubungan kadar air, berat jenis agregat dan berat isi beton	56
Gambar 4. 6 Diagram hasil slump test	62
Gambar 4. 7 Nilai Kuat Tekan	68

DAFTAR NOTASI

$f'c$	= Kuat Tekan Beton
P	= Gaya Tekan Aksial (N)
A	= Luas Penampang Benda Uji (mm^2)
σ	= Kuat Tekan Beton (Mpa)
V	= Volume
t	= Tinggi Benda Uji
S	= Standar Deviasi
M	= Nilai Tambah
Fcr	= Perbandingan Berat Air Dan Berat Semen
FM	= Modulus Kehalusan
W_h	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Halus
W_k	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Kasar
B	= Jumlah Air
C	= Agregat Halus
D	= Agregat Kasar
Ca	= Absorpsi Air Pada Agregat Halus
Da	= Absorpsi Agregat Kasar
Ck	= Kandungan Air Dalam Agregat Halus
Dk	= Kandungan Air Dalam Agregat Kasar
BN	= Beton Normal
ACS-20	= Beton Dengan Tambahan Abu Cangkang Sawit 20%
ACS-25	= Beton Dengan Tambahan Abu Cangkang Sawit 25%
ACS-30	= Beton Dengan Tambahan Abu Cangkang Sawit 30%

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L- 1 <i>Compressing Test Machine</i>	73
Gambar L- 2 cetakan silinder	73
Gambar L- 3 Mixer Beton	74
Gambar L- 4 Abu cangkang sawit	74
Gambar L- 5 Semen Portland	75
Gambar L- 6 Agregat Halus	75
Gambar L- 7 Agregat kasar	76
Gambar L- 8 Kerucut abrams	76
Gambar L- 9 Pengujian slump	77
Gambar L- 10 Menghitung nilai slump	77
Gambar L- 11 Beton Campuran Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit	78
Gambar L- 12 Penimbangan Benda Uji	79
Gambar L- 13 Pengujian Kuat Tekan Beton	79

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Industri kelapa sawit di Indonesia saat mengalami pertumbuhan yang signifikan. Indonesia merupakan salah satu produsen minyak sawit terbesar di dunia, dengan luas perkebunan kelapa sawit yang terus berkembang. Peningkatan minyak kelapa sawit berbanding lurus dengan peningkatan jumlah limbah kelapa sawit. Limbah kelapa sawit merupakan hasil dari pengolahan minyak kelapa sawit yang belum banyak dimanfaatkan oleh kalangan umum masyarakat Indonesia. Abu cangkang kelapa sawit adalah abu yang dihasilkan dari pembakaran cangkang kelapa sawit pada suhu 500-700°C dalam tungku boiler (Mardiah & Setiawan, 2022).

Mulia (2007) seperti yang dikutip oleh Stevens and Firdaus, (2024) menyebutkan bahwa hasil pembakaran limbah kelapa sawit menyisakan produk samping seperti abu layang sebesar kurang lebih 100 kg/minggu dan abu kerak boiler sekitar lebih 3 sampai dengan 5 ton/minggu. Abu sawit memiliki sifat pozzolan dan mengandung silika sebesar 31,45 %, sehingga unsur ini dapat dicampurkan dengan semen sehingga menghasilkan kuat tekan beton yang lebih tinggi (Stevens & Firdaus, 2024).

Beton merupakan bahan yang paling banyak digunakan dalam bidang konstruksi bangunan. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan alternatif yang lebih ramah lingkungan, salah satunya dengan memanfaatkan material seperti abu cangkang kelapa sawit. Penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan tambahan pada beton juga sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular, dimana limbah diolah menjadi produk yang berguna, sehingga mengurangi dampak lingkungan.

Melihat potensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh penambahan Abu cangkang kelapa sawit pada beton terhadap kuat tekan beton yang ramah lingkungan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi beton yang lebih berkelanjutan dan

efisien. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi para praktisi dan akademisi dalam bidang rekayasa sipil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dari uraian diatas maka dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh kuat tekan beton pada persentase penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 20% , 25% dan 30 %?
2. Bagaimana pengaruh kuat tekan beton dengan variasi tambahan abu cangkang kelapa sawit 20%, 25%, 30% terhadap beton normal?

1.3 Batasan Masalah

Peneliti membatasi penelitian ini agar fokus penelitian tidak terlalu melebar, adapun batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Penelitian ini menggunakan alat-alat yang tersedia di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Pembuatan benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
4. Penambahan Abu cangkang kelapa sawit dengan persentase tambahan sebesar 20%, 25% dan 30% dari berat semen.
5. Pengujian kuat tekan beton normal dan beton dengan campuran abu cangkang kelapa sawit pada umur setelah perendaman 14 dan 28 hari.
6. Kuat tekan beton yang direncanakan sebesar 25 Mpa.
7. Metode komposisi campuran beton menggunakan standart berdasarkan SNI 08-2834-2000.
8. Metode untuk perencanaan campuran menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2348-2000) tentang Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal dan (SNI 1974-2011) tentang Cara Uji Kuat Tekan Beton.

9. Penelitian ini hanya melihat seberapa besar nilai kuat tekan beton dan pengujian dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menganalisis pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap kuat tekan beton dengan variasi yang berbeda.
2. Untuk membandingkan pengaruh kuat tekan beton yang menggunakan abu cangkang kelapa sawit variasi tambahan 20%, 25% dan 30% dengan beton normal.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan penting penggunaan material ramah lingkungan.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi beton ramah lingkungan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam penyusunan tugas akhir ini, maka sistematika penulisan disusun oleh lima bab, Adapun sistematika penulisan sebagai berikut.

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini akan diawali dengan penulisan latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori-teori dan metode yang digunakan untuk menyelesaikan analisis dan permasalahan penelitian.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai langkah-langkah atau prosedur pengambilan dan pengolahan data hasil penelitian meliputi bagan alir penelitian, tempat dan waktu

pelaksanaan survey, data penelitian, variabel penelitian, dan metode analisa data.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data hasil penelitian di lapangan, analisis data, hasil analisis, serta pembahasannya.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian di lapangan serta saran terkait perkembangan dari hasil penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Defenisi beton

Beton merupakan material konstruksi yang terdiri dari campuran semen, agregat (pasir, kerikil dan batu pecah) dan bahan tambahan lain seperti bahan kimia jika diperlukan (Zulkarnain & Kamil, 2021). Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan karena kekuatan, daya dukung serta kemampuannya untuk dibentuk. “Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah” (Mardiah & Setiawan, 2022).

Beton juga menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan sejak zaman dahulu. Keuntungan menggunakan beton sebagai bahan bangunan adalah kekuatannya yang tinggi, kemampuan beradaptasi dengan persyaratan struktural, kemudahan pencetakan menggunakan bekisting, ketahanan suhu tinggi, biaya perawatan yang rendah, daya tahan, bahan baku yang tersedia, dan biaya dan efektivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan komponen lainnya (Sulianti et al., 2022).

Beton memiliki kuat tekan yang besar dan kuat tarik yang rendah. Oleh karena itu dalam dunia konstruksi bangunan mengatasinya dengan mengkombinasikan dengan tulangan baja untuk memperoleh kinerja yang tinggi. Jika beton ditambah dengan tulangan baja akan menjadi (*reinforced concrete*) dan apabila ditambah lagi dengan dengan baja prategang akan menjadi beton pratekan (*prestressed concrete*). Beton unggul dibandingkan bahan bangunan lainnya, namun beton juga mempunyai kelemahan yaitu bobotnya yang sangat berat. Berat jenis beton standar berkisar antara 2200 sampai 2600 kg/m³ (Zulkarnain & Maulidza, 2024).

Sebagai material yang komposit, sifat beton sangat bergantung pada sifat unsur masing-masing serta interaksi mereka. Ada tiga material yang melibatkan semen, yaitu pasta semen, mortar dan beton. Kadangkala beton juga ditambah dengan zat kimia (*admixture*) baik dalam keadaan segar (*fresh concrete*) maupun dalam pengerasan. Penambahan admixture dapat meningkatkan kualitas

beton, mempercepat proses pengerasan, meningkatkan daya tahan atau memberikan sifat khusus lainnya.

Tri (2015) seperti yang dikutip oleh Ainul Mardiah et al., (2022) menyebutkan bahwa ada beberapa klasifikasi beton berdasarkan dari cara pembuatannya yaitu beton konvensional dan beton modern. Klasifikasi beton berdasarkan dari cara pengecorannya ada dua macam, yaitu beton yang dicor ditempat (*cast in-situ concrete or cast-in-place-concrete*), dan beton pracetak (*pre-cast*), yaitu beton yang dicor di lokasi pabrik, kemudian diangkut dan dirangkai untuk dipasang di lokasi elemen struktur bangunan atau gedung atau infrastruktur.

Klasifikasi beton berdasarkan berat jenisnya mencakup beberapa kategori karakteristik yang berbeda-beda. Berikut klasifikasi beton berdasarkan jenisnya yaitu;

1. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang menggunakan agregat polystyrene atau agregat alami yang lebih ringan. Beton ini memiliki berat jenis $< 1900 \text{ kg/cm}^3$. Umumnya beton ini digunakan untuk elemen non-struktur seperti dinding, plafond dan sebagainya.

2. Beton normal

Beton normal merupakan beton yang menggunakan agregat biasa seperti batu pecah dan pasir. Beton ini memiliki berat jenis antara 2200 kg/cm^3 hingga 2600 kg/cm^3 . Beton ini juga memiliki kekuatan yang cukup baik dan daya tahan yang memadai. Beton ini juga merupakan jenis beton yang paling banyak digunakan umum dalam konstruksi bangunan seperti pembuatan kolom, balok, pondasi dan pelat lantai.

3. Beton berat

Beton berat adalah beton yang menggunakan agregat berat seperti barit dan magnetit yang memberikan kepadatan tinggi. Beton berat memiliki berat jenis lebih dari 2500 kg/cm^3 . Beton ini sering digunakan untuk struktur bangunan yang mempunyai perlindungan terhadap radiasi seperti fasilitas nuklir serta untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan yang terhadap beban yang tinggi.

4. Beton super ringan

Beton yang memiliki berat jenis 1000 kg/cm^3 hingga 1800 kg/cm^3 . Beton ini biasa digunakan untuk pembuatan struktur atap atau dinding.

2.2 Komposisi beton

2.2.1 Semen Portland

Semen merupakan bahan pengikat untuk mengikat agregat (pasir dan kerikil) dan membentuk beton dan mortar. Menurut Anggoro Y (2008) yang dikutip oleh Hamdi Fauzan et al., (2021) semen merupakan pengikat *Hidrolis* berbentuk *slinker* yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang dihaluskan dan ditambah dengan *gips*.

Berdasarkan sifatnya semen dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu: (Zulkarnain & Pasaribu, 2021).

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

Semen berfungsi sebagai bahan pengikat butir-butir agregat dalam beton, menjadikan massa yang kuat dan padat. Selain itu semen juga membantu mengisi rongga-rongga udara diantara agregat, meningkatkan kekuatan dan daya tahan beton. Material-material utama dari semen adalah batu kapur yang mengandung senyawa kimia yaitu SiO_2 (*Silica*), Al_2O_3 (*Alumina*), Fe_2O_3 (*Oksida besi*), MgO (*Magnesium*), SO_3 (*Sulfur*), dan $\text{Na} + \text{K}_2\text{O}$ (*Soda/Potash*) (Simanjuntak, Saragih, Lumbangaol, & Panjaitan, 2020). Komposisi bahan utama semen dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1: Komposisi Bahan Utama semen Kardiyono Tjokrodimulyo (1996) dalam Simanjuntak J (2020).

No	Komposisi	Persentase (%)
1	Kapur (CaO)	60-65
2	Silica (SiO_2)	17-25
3	Alumina (Al_2O_3)	3-8
4	Oksida Besi (Fe_2O_3)	0,5-6
5	Magnesium (MgO)	0,5-4
6	Sulfur (SO_3)	1-2
7	Soda ($\text{Na}+\text{K}_2\text{O}$)	0,5-1

Menurut Standar Nasional Indonesia 15-2049-2004, ada 5 jenis dan penggunaan semen antara lain :

1. Semen Tipe I : Semen yang digunakan umum dan tidak memerlukan syarat khusus seperti yang telah di isyaratkan pada jenis lain.
2. Semen Tipe II : Semen yang digunakan untuk keperluan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Semen Tipe III : Semen yang digunakan untuk keperluan kekuatan tinggi pada permulaan pada tahap pengikatan.
4. Semen Tipe IV : Semen yang digunakan untuk kalor hidrasi rendah.
5. Semen Tipe V : Semen yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.2.2 Agregat

Agregat merupakan bahan pengisi yang digunakan untuk adukan beton atau mortar. Adapun fungsi dari agregat adalah sebagai pengisi dalam campuran, memberikan kekuatan pada material tersebut. Campuran agregat pada beton sangat berpengaruh pada kualitas mutu beton, oleh karena itu komposisi agregat yang digunakan pada beton adalah sekitar 70-75% dari total beton (Rahman, Novan, & Morena, 2022)

Agregat dapat dibedakan sesuai dengan ukurannya,yaitu:

1. Agregat halus

Agregat halus agregat yang terdiri dari pasir,abu batu yang dicampurkan dalam mortar dan beton. Agregat halus berfungsi sebagai bahan campuran beton,meningkatkan workability (memudahkan dalam pengecoran). Besar ukuran agregat halus adalah sekitar 0,15 mm - 5 mm (Hamdi Fauzan et al., 2021)

2. Agregat kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang terdiri dari batu pecah, kerikil yang diguankan untuk camporan beton. Agregat kasar memiliki ukuran sekitar 5 mm hingga 40 mm, atau ukuran butiran yang tertahan pada ayakan 4,75 mm. Agregat kasar berfungsi sebagai pengisi campuran beton, meningkatkan kekuatan dan mengisi volume beton.

2.2.3 Air

Air memiliki peran utama dalam pembuatan beton. Tanpa adanya air semen tidak akan bisa menjadi pasta. Air berfungsi untuk mengaktifkan proses hidrasi semen dan mengikat agregat dalam campuran. Air juga dapat menjadikan beton suatu pasta sehingga beton tersebut lecah (*workable*). Jumlah air yang terikat dalam campuran beton dengan faktor air-semen 0,65 adalah 20% dari berat semen pada umur 4 minggu. Jumlah air yang diperlukan untuk campuran beton adalah sekitar 35-37% dari berat semen (Antoni, 2007).

Air yang dapat digunakan dalam campuran beton adalah air tawar atau air bersih yang tidak mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, bila dipakai dalam campuran mortar akan menurunkan kualitas mortar, bahkan dapat mengubah sifat mortar yang dihasilkan.

2.3 Sifat mekanik beton

Sifat mekanik beton merupakan sifat yang menggambarkan karakteristik beton untuk menahan beban dan deformasi yang ada. Sifat-sifat ini adalah hal yang paling penting dalam menentukan kinerja pada beton dalam dunia konstruksi. Berikut ini beberapa sifat mekanik beton :

1. Kuat tekan

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton dalam menahan beban tanpa adanya kerusakan. Sifat mekanik ini merupakan hal yang paling penting, karena pada umumnya beton digunakan dalam aplikasi menahan beban. Sehingga pada perencanaan struktur beton sangat memperhatikan kekuatan beton karena kuat tekan beton dianggap sifat yang paling diperhatikan dalam banyak kasus. Kuat tekan beton juga sering digunakan dalam aplikasi yang mengalami tekan seperti kolom, balok dan pelat. Kekuatan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti komposisi, proses pembuatan dan kondisi lingkungan. Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara 10 – 65 Mpa. Sedangkan beton bertulang umumnya memiliki kuat tekan beton 17-30 Mpa (Hasibuan, 2023).

2. Kuat tarik

Kuat tarik merupakan kemampuan beton dalam menahan beban tarik. Beton lemah akan gaya tarik dibandingkan dengan gaya tekan, oleh karena itu sering sekali digunakan dengan baja besi (seperti dalam beton bertulang) untuk meningkatkan daya tahan terhadap gaya tarik.

3. Kuat geser

Kuat geser merupakan kemampuan beton dalam menahan gaya geser tanpa adanya kerusakan. Kuat geser sangat penting dalam desain struktur, terutama untuk elemen yang mengalami beban dinamis dan beban lateral seperti gempa bumi dan angin. Beton juga lemah dalam menahan gaya geser sehingga perlu digunakan baja tulangan untuk meningkatkan dalam menahan beban geser.

4. Modulus elastisitas

Modulus elastisitas beton merupakan kemampuan beton untuk kembali semula setelah mengalami deformasi elastis akibat beban. Modulus elastisitas pada beton biasanya dinyatakan dalam bentuk satuan Megapascal (MPa). Nilai Modulus elastisitas bervariasi sesuai dengan komposisi campuran beton, umur dan kondisi lingkungan.

5. Ketahanan retak

Ketahanan retak merupakan kemampuan beton untuk menahan atau pembentukan retakan akibat berbagai faktor dan pengaruh lingkungan lainnya. Beberapa alasan mengapa beton bisa terjadi retakan antara lain:

- Pengeringan

Proses pengeringan yang cepat dapat menyusutkan beton sehingga menghasilkan retakan.

- Perubahan suhu

Perubahan suhu juga dapat menyebabkan ekspansi dan kontraksi beton sehingga memicu adanya retakan.

- Beban yang berlebihan

Jika suatu beton yang dikenakan beban yang melebihi dari kapasitasnya maka akan menyebabkan deformasi dan retakan.

Beban yang berlebih berasal dari beban dinamis dan beban statis (struktur yang ada di atasnya).

- Curing yang tidak memadai

Curing adalah proses menjaga kelembapan dan suhu beton setelah pengecoran. Jika curing tidak dilakukan dengan baik, beton dapat mengering terlalu cepat, yang meningkatkan risiko retakan.

6. Daya serap air

Daya serap air merupakan kemampuan suatu material untuk menyerap dan menahan air. Daya serap air sering kali diukur sebagai persentase dari berat material yang terendam dalam air pada waktu tertentu. Daya serap beton dapat diuji dengan dengan berbagai metode antara lain:

- Uji penyerapan air

Sampel beton ditimbang, kemudian direndam dalam air pada waktu tertentu kemudian ditimbang kembali setelah ditimbang.

- Uji permeabilitas

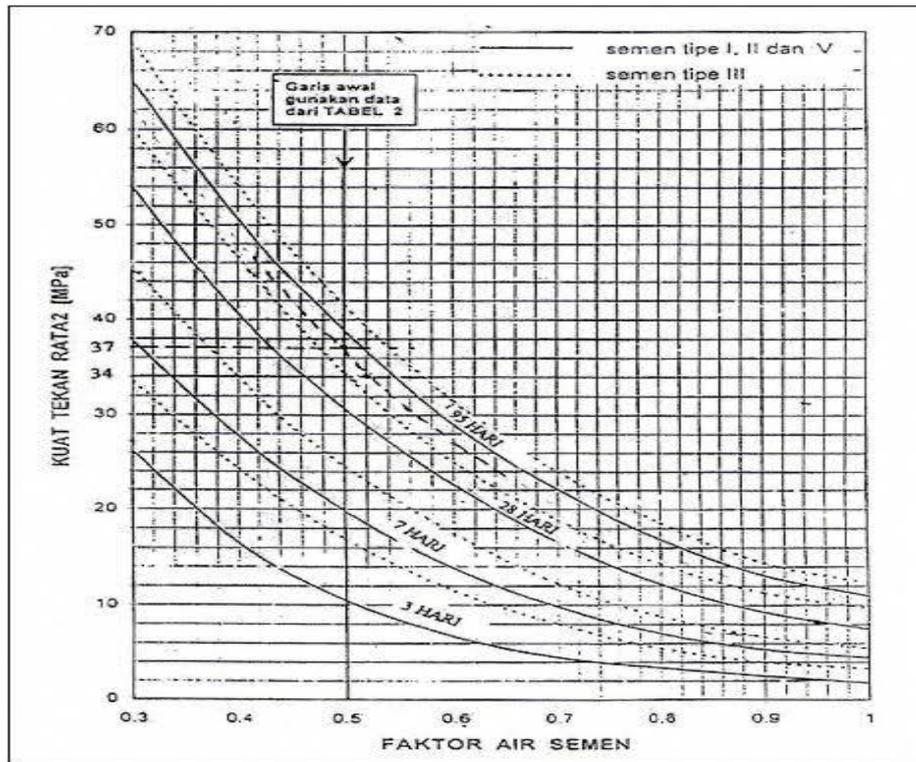
Menilai seberapa cepat air dapat mengalir melalui beton, yang juga memberikan indikasi tentang daya serap air.

2.4 Faktor yang mempengaruhi kekuatan beton

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton ialah material beton, cara pembuatan beton, cara perawatan dan kondisi tes. Faktor yang mempengaruhi kekuatan beton dari materialnya ditentukan oleh faktor air-semen, porositas dan faktor intristik.

2.4.1 Faktor Air-Semen (FAS)

Faktor air-semen merupakan rasio jumlah air yang digunakan dan jumlah semen yang digunakan pada campuran beton. FAS merupakan hal yang sangat penting dalam desain campuran beton, karena memiliki pengaruh yang signifikan pada mekanik dan fisik beton diantaranya ialah daya tahan, kuat tekan dan workability. Air yang terlalu banyak digunakan pada campuran beton akan menempati ruang pada saat beton sudah mengeras dan akan terjadi penguapan sehingga ruang tersebut akan menjadi pori.



Gambar 2.1: Hubungan kuat tekan beton dengan faktor air-semen (FAS)

<http://library.binus.ac.id/eColls/eThesiscoll/Bab2HTML/2012201541SPBab2001/page12.html>

D A Abrams (1989) yang dikutip oleh Paul Nugraha & Antoni (2007) menyatakan bahwa “untuk material yang diberikan, kekuatan beton hanya tergantung pada satu faktor saja, yaitu faktor air-semen dari pasta” ini dinyatakan dalam rumus :

$$f_c' = \frac{A}{B(w/c)} \quad (2.1)$$

Dengan :

f_c' = Kuat tekan pada umur tertentu

A = Konstanta empiris

B = Konstanta tergantung sifat semen

w/c = Faktor air semen

Semakin kecil faktor air semen, semakin besar daya tekan beton. Ini disebabkan oleh jumlah air yang lebih sedikit dalam adukan yang menghasilkan ikatan lebih kuat antara butir semen dan bahan agregat. Di sisi lain, faktor air semen yang besar dapat membuat beton menjadi berpori, yang mengurangi ketahanan dan kekuatan. Faktor air semen yang meningkat menjadikan campuran beton lebih gampang diolah dan lebih fleksibel, namun bisa mengorbankan daya tahannya. Campuran yang memiliki faktor air semen yang tinggi biasanya mengalir dengan lebih lancar dan lebih mudah untuk dicetak, tetapi ini mungkin menimbulkan masalah seperti segregasi dan bleeding.

2.4.2 Porositas

Faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton dari material adalah porositas. Porositas merupakan ukuran ruang pori dalam suatu material. Adapun rumus yang umum digunakan adalah persamaan eksponensial, yaitu:

$$S = S_0 e^{-1.p} \quad (2.2)$$

Dengan :

S = Kekuatan

S_0 = Kekuatan porositas pada nol

P = Porositas farksional

e = Bilangan natural

Porositas dapat memengaruhi kualitas beton seperti kuat tekan, daya tahan dan permeabilitas.

2.5 Abu cangkang kelapa sawit (*Palm kernel shell Ash*)

Cangkang kelapa sawit atau sering juga disebut dengan tempurung kelapa sawit adalah bagian keras yang ada pada bagian kelapa sawit yang berfungsi untuk melindungi isi dari buah sawit. Abu cangkang kelapa sawit merupakan hasil limbah dari pembakaran cangkang kelapa sawit, yang merupakan bagian keras dari buah kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit sendiri merupakan bagian keras dan luar dari buah kelapa sawit yang melindungi daging buah dan biji di dalamnya. Cangkang

kelapa sawit merupakan limbah padat yang dihasilkan selama proses pengolahan kelapa sawit.



Gambar 2. 2 Abu Cangkang Kelapa Sawit

<https://www.katakabar.com/berita/baca/wow-petani-sawit-mukomuko-manfaatkan-abu-boiler-pabrik-cpo-buat-pupuk>.

Abu cangkang kelapa sawit mengandung unsur silika berkisar 31,45% . Unsur ini dicampurkan pada semen sehingga menghasilkan beton dengan mutu tinggi (Stevens & Firdaus, 2024). Abu cangkang kelapa sawit juga mengandung unsur hara seperti kalium, kalsium silikat hidrat (CSH) dan *Calsium Aluminat Hydrat* (CAH) (Kelin, Mara, & Sandy, 2023).

2.5.1 Kandungan kimia pada abu cangkang kelapa sawit

Abu cangkang kelapa sawit merupakan bahan pozzolanic, yaitu bahan yang mengandung silika dan alumina yang dapat bereaksi dngan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan air akan membentuk material seperti semen yaitu kalsium Silikat Hidrat (Ramadhani, Shinta, & Sitanggung, 2023). Kandungan kimia dalam abu cangkang kelapa sawit bervariasi tergantung pada proses metode pembakaran dan lingkungannya. Kandungan bahan kimia pada abu cangkang kelapa sawit memiliki potensi untuk penggunaan dalam berbagai aplikasi, salah satunya adalah untuk campuran beton.

Tabel 2.2: Komposisi hasil pembakaran Abu cangkang kelapa sawit Epi Prianti et al (2015) & fadli eka (2020)

Unsur kimia	Kandungan (%)
SiO_2 (Silika)	31,45

Tabel 2.2: *lanjutan*

CaO (Calcium)	15,2
Al ₂ O ₃ (Aluminium)	1,6
Besi Oksidasi (CaO)	0,10

2.5.2 Penelitian terdahulu terkait penggunaan abu cangkang kelapa sawit

Dalam upaya memahami pengaruh abu cangkang kelapa sawit terhadap kuat tekan beton yang ramah lingkungan, beberapa penelitian terdahulu telah memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan ilmu dalam bidang ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Stevens & Firdaus (2024) menunjukkan bahwa Penggunaan Abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan substitusi untuk semen PCC, yang merupakan pendekatan inovatif dalam upaya mengurangi penggunaan semen konvensional dan memanfaatkan limbah pertanian. Penelitian ini mengeksplorasi variasi penambahan abu cangkang kelapa sawit (5%, 10% dan 15%) dalam campuran beton, memberikan wawasan baru bagaimana setiap tingkat substitusi mempengaruhi kuat tekan beton. Hasil menunjukkan bahwa meskipun ada penurunan kuat tekan beton dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit, nilai kuat tekan beton dengan persentase 5% masih mendekati beton normal, yang menunjukkan potensi penggunaan abu cangkang kelapa sawit dalam campuran beton tanpa mengorbankan kualitas secara signifikan. Dengan memanfaatkan limbah dari industri kelapa sawit penelitian ini berkontribusi pada upaya keberlanjutan dalam konstruksi, mengurangi limbah dan dampak lingkungan dari industri tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh (Randi Bastika et al., 2024) menyatakan bahwa Nilai kuat tekan beton normal pada umur 28 hari sebesar 212.39 kg/cm², sedangkan beton yang menggunakan penambahan limbah cangkang kelapa sawit variasi 5% dengan nilai kuat tekan sebesar 221.01 kg/cm², variasi 10% sebesar 193.06 kg/cm², dan variasi 15% sebesar 183.54 kg/cm². Variasi campuran limbah kelapa sawit yang menghasilkan kuat tekan beton yang paling maksimal pada variasi 5% dengan nilai kuat tekan beton 221.01 kg/cm². Adapun pengaruh limbah cangkang kelapa sawit, dimana semakin banyak persentase campuran variasi limbah cangkang kelapa sawit maka nilai kuat tekan beton semakin menurun.

Limbah cangkang kelapa sawit sebaiknya diproses sampai halus agar memperoleh hasil yang maksimal. Untuk penelitian selanjutnya mengenai penambahan limbah cangkang kelapa sawit sebaiknya menggunakan mutu K-175.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Mardiah & Setiawan, n.d.) dan pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi penambahan sebesar 0 %, 1,5 %, 3 %, dan 7 % yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Hasil dari pengujian berat jenis beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi sebesar 0 %, 1,5 %, 3 %, dan 7 % tidak mempengaruhi berat jenis pada beton normal dan telah memenuhi standar berat jenis beton normal yang telah ditetapkan sesuai SNI 03-2834-2000 yaitu memiliki berat satuan 2200 – 2500 kg/m³. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian berat jenis yang memiliki nilai dari masing-masing variasi penambahan abu cangkang kelapa sawit berkisaran antara 2265 Kg/m³ – 2306 Kg/m³ pada setiap umur beton.

2. Hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit mempunyai pengaruh yang baik bagi nilai kuat tekan beton normal dengan kadar penambahan abu cangkang kelapa sawit yang tidak banyak, ini dibuktikan dengan hasil penelitian terhadap kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 1,5 % memiliki nilai kuat tekan sebesar 161 Kg/cm² pada umur 28 hari, sedangkan penambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 3 % dan 7 % memiliki nilai kuat tekan dibawah penambahan variasi abu cangkang kelapa sawit sebesar 1,5 %.

3. Hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan variasi abu cangkang kelapa sawit sebesar 0 % pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari didapatkan nilai kuat tekan sebesar 106 Kg/cm², 119 Kg/cm², 134 Kg/cm², dan 138 Kg/cm². Pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi 1,5 % pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari didapatkan nilai kuat tekan sebesar 112 Kg/cm², 133 Kg/cm², 153 Kg/cm², dan 161 Kg/cm². Pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi 3 % pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari mempunyai kuat tekan beton sebesar 106 Kg/cm², 144 Kg/cm², 146 Kg/cm², dan 157 Kg/cm². Pengujian kuat tekan beton normal dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi 7 % pada

umur 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki nilai kuat tekan sebesar 98 Kg/cm², 118 Kg/cm², 130 Kg/cm², dan 146 Kg/cm².

Berdasarkan analisis dari penelitian-penelitian tersebut, terlihat bahwa meskipun memiliki kesamaan dalam beberapa temuan, namun ada beberapa perbedaan yang signifikan yang perlu diperhatikan. Penelitian yang dilakukan oleh Stevens & Firdaus (2024) menggunakan abu cangkang kelapa sawit sebagai substitusi semen PCC terhadap kuat tekan beton. Sementara Randi Bastika et al., (2024) memanfaatkan limbah abu cangkang kelapa sawit untuk menjaga sumber daya alam yang ada. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi yang berbeda.

2.6. Beton ramah lingkungan

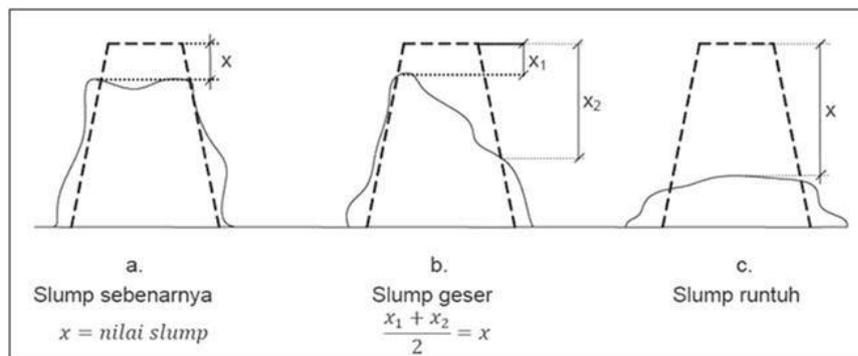
Beton merupakan material utama yang sering digunakan dalam dunia konstruksi bangunan struktur maupun non struktur. Seiring berjalannya waktu perkembangan kebutuhan pada beton terus meningkat. Seiring bertambahnya pemahaman tentang pentingnya keberlanjutan, banyak proyek konstruksi bangunan yang menggunakan beton ramah lingkungan.

Pada bidang industri Indonesia termasuk pertambangan, pertanian dan manufaktur menghasilkan limbah dengan skala yang cukup besar. Limbah yang dihasilkan berupa bahan kimia, limbah padat bahkan limbah cair yang dapat merusak lingkungan jika tidak dikelola dengan baik.

Beton ramah lingkungan merupakan beton yang memanfaatkan bahan mineral untuk campuran beton dari hasil limbah industri. Beton ramah lingkungan sering disebut "*green concrete*", yang direncanakan untuk mempertimbangkan dampak negatif pada lingkungan. Komponen utama yang ada pada beton ramah lingkungan adalah bahan *pozzolanik*, seperti abu terbang (*flay ash*), uap silika (*silika fume*), Abu cangkang kelapa sawit, abu kulit gabah (*Rice husk ask*). Penambahan bahan mineral tersebut digunakan sebagai pengganti semen portland dan ada juga sebagai tambahan untuk meningkatkan kualitas terhadap beton. Beton ramah lingkungan berfungsi sebagai bahan material yang cukup tahan lama dan juga sebagai solusi untuk perkembangan limbah industri.

2.7 Slump test

Slump test merupakan metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan pada beton yang berpengaruh untuk kemudahan pengerjaan (*workability*). *Slump test* merupakan pengujian yang banyak dilakukan oleh proyek konstruksi untuk memastikan kelayakan beton sesuai standar yang diinginkan. Slump merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. Slump test merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat kekentalan maka semakin mudah pengerjaannya (nilai *workability* tinggi).



Gambar 2.3: Slump Test

Tujuan dari pengujian slump merupakan untuk mengevaluasi seberapa mudah campuran beton yang baru, yang sesuai dengan standar dan mengandung semua aditif yang diperlukan, dapat diproses. Pengujian slump dilakukan dengan mengisi kerucut Abrams menggunakan tiga lapisan beton yang baru saja dituangkan. Mengingat setiap lapisan terdiri dari lebih dari sepertiga total volume kerucut, keseluruhan bahan yang dihasilkan seharusnya mencerminkan campuran ini. Karena setiap lapisan mencakup lebih dari sepertiga dari total volume kerucut, semua bahan yang diproduksi harus mewakili campuran ini. Untuk menyelesaikan proses, penusuk harus ditusuk 25 kali, satu untuk setiap lapisan. Setelah penambahan berakhir, menyetarakan limas dan istirahatkan dalam 10 detik. Kemudian, jaga limas tetap berdiri sampai seluruh campuran beton telah diperas keluar dari cetakan, dan kemudian mengukur hasil campuran (Zulkarnain & Putri, 2023).

2.8 Perawatan beton

Perawatan beton dapat dilakukan setelah beton mengeras yang bertujuan untuk menghindari keretakan pada beton akibat hidrasi pada semen. Secara umum perawatan beton dilakukan selama 7 hari mulai dari pengecoran dilakukan. Proses pengikatan dan pengerasan beton akan sempurna pada umur 28 hari.

Mardiah Ainul, (2022) menyebutkan bahwa ada beberapa tindakan yang dapat dilakukan untuk perawatan beton :

1. *Water (standart curing)*

Perawatan ini digunakan dengan air. Beton direndam dalam air selama waktu yang diperlukan untuk menggunakan beton.

2. *Exposed Atmosfer*

Beton dibiarkan terbuka dari cetakan pada ruangan menurut temperatur yang ada.

3. *Sealed atau wropping*

Perawatan ini dilakukan dengan cara menutupi beton dengan karung basah agar suhu pada beton tidak berkurang.

4. *Stem curing*

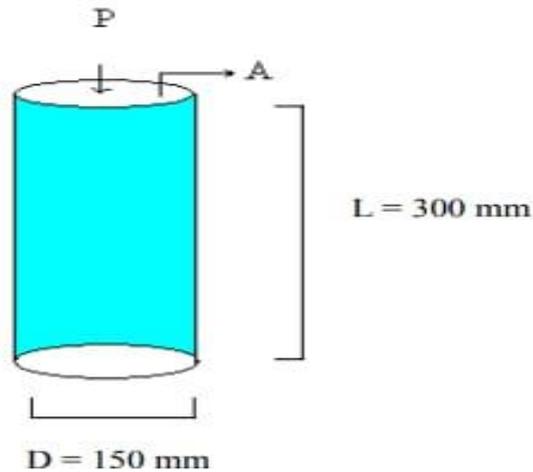
Perawatan beton dengan cara ini sering digunakan di pabrikasi beton. Perawatan ini bertujuan untuk menjaga kelembapan pada beton dengan temperatur uap sekitar 80 °C - 150°C dan biasanya lama perawatan adalah 1 hari.

5. *Autoclave*

Perawatan beton yang dilakukan dengan memberikan tekanan pada beton pada ruangan tertutup, sehingga mutu beton sesuai dengan standar yang diinginkan.

2.9 Kuat tekan beton

Kuat tekan beton merupakan suatu parameter yang sangat penting dalam merancang dan menganalisis struktur beton. Kuat tekan beton sering digunakan sebagai bahan acuan dalam menentukan kualitas dan mutu beton.



Gambar 2.4: Sketsa gambar Kuat Tekan Beton.

<https://share.google/6dJD4UQJQWjQa87BT>

Pada umumnya benda uji beton yang digunakan dalam bentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

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

Dimana

σ = kuat tekan beton (Mpa atau N/mm²)

P = Gaya tekan aksial (N)

A = Luas penampang (mm²)

Kuat tekan beton juga dapat diartikan besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan menggunakan alat compression testing machine (M & Gobel, n.d.). Sebelum dilakukan pengujian, sifat kekuatan tekan beton ditentukan oleh rasio semen, agregat kasar dan halus, serta air dan berbagai macam campuran. Rasio air dengan semen adalah elemen penting dalam menentukan kekuatan tekan beton (Zulkarnain & Batubara, 2024).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Sebagai bahan acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung, adapun data pendukung dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

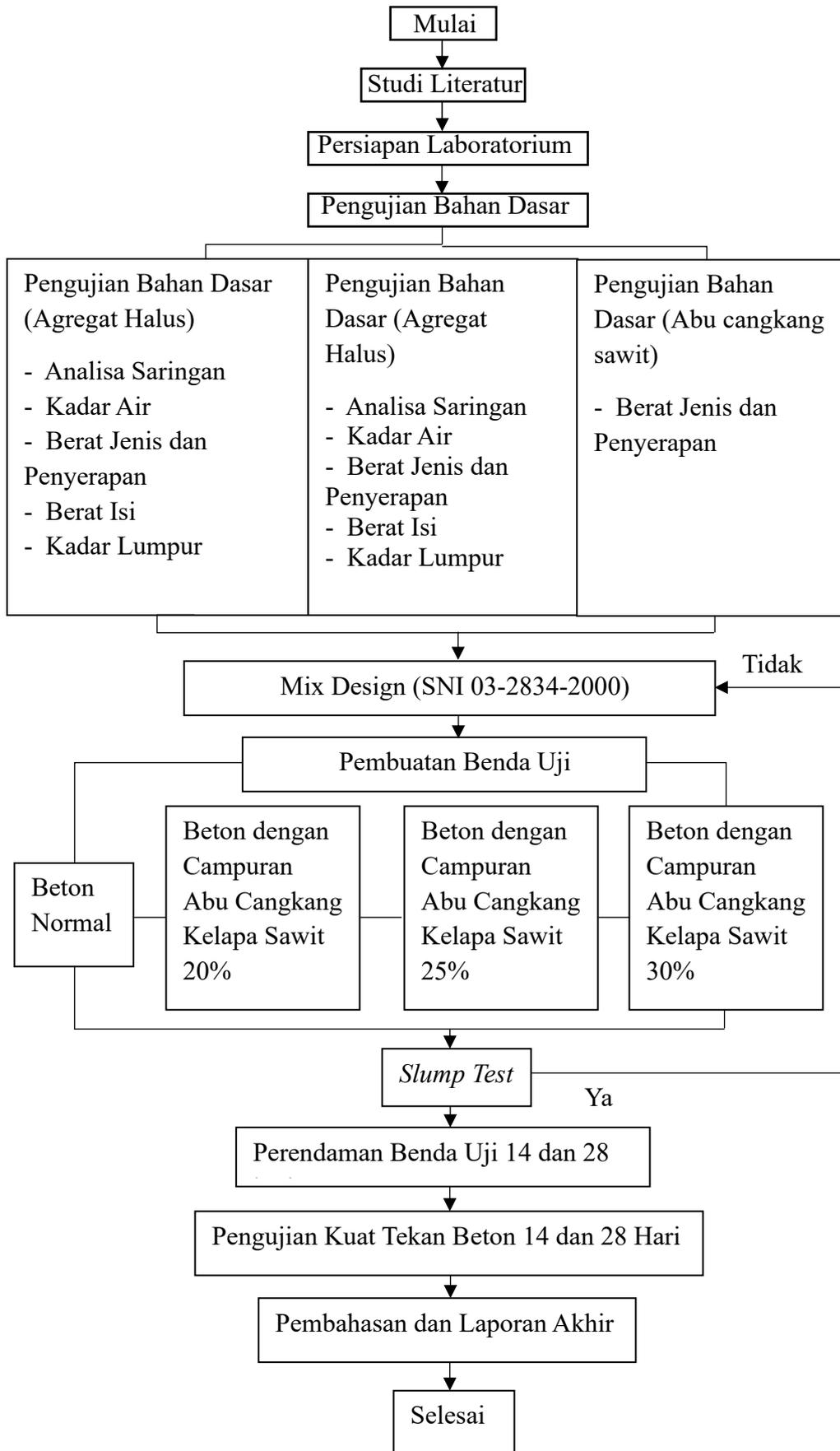
1. Data primer

Data primer dapat diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium, yaitu:

- a. Pengambilan Bahan Uji (SNI 03-6889-2014)
- b. Analisa saringan agregat (SNI ASTM C136:2012)
- c. Pemeriksaan kadar air (SNI 1971-2011)
- d. Pengukuran kepadatan dan penyerapan (SNI 1969:2016)
- e. Pemeriksaan berat isi (SNI 03-4428-1997)
- f. Pemeriksaan berat jenis (SNI 1969:2016)
- g. Pengujian kadar lumpur (ASTM C-33)
- h. Perbandingan campuran beton (*Mix Desain*) (SNI 03-2834-2000)
- i. Kekentalan adukan beton segar (*slump*) (SNI 1972:2022)
- j. Spesifikasi bahan tambah untuk beton (SNI 2495:2008)
- k. Uji kuat tekan beton (SNI 1974-2011)

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari buku yang berkaitan langsung dengan struktur beton (literatur) dan konsultasi langsung dengan Kepala Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data ini juga diperoleh dari sumber-sumber yang sudah ada, seperti penelitian terdahulu, publikasi, statistik dan lain sebagainya. Adapun data teknis lain seperti Standart Nasional Indonesia (SNI) serta jurnal-jurnal yang mendukung. Adapun langkah-langkah penelitian dapat dilihat di bagan alir pada gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian

Penelitian tugas akhir ini berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Penelitian tugas akhir ini yang berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit terhadap Kuat Tekan Beton yang Ramah Lingkungan” dimulai setelah mendapatkan persetujuan dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Kemudian langkah selanjutnya adalah dengan mencari berbagai referensi terkait penelitian yang akan dilakukan baik dari buku maupun dari jurnal. Referensi ini berfungsi sebagai bahan acuan dalam penelitian dan sebagai sumber informasi terkait bahan tambahan yang digunakan serta persentase variasi bahan yang dicampurkan pada beton.

Kemudian menggunakan SNI 03-2834-2000 sebagai bahan acuan dalam perencanaan pembuatan campuran beton normal, selanjutnya dilakukan pemeriksaan agregat yang bertujuan untuk mendapatkan data pendukung yang diperoleh dari perhitungan di laboratorium seperti analisa saringan, pemeriksaan kadar air, berat jenis berat isi dan kadar lumpur. Selanjutnya mencari proporsi beton (*Mix Desain*) berdasarkan dengan SNI 03-2834-2000, hal ini bertujuan untuk mengetahui proporsi campuran untuk setiap 1 benda uji silinder sesuai dengan syarat ketentuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton yang diinginkan.

Setelah diperoleh proporsi campuran beton kemudian dilakukan penyaringan bahan agregat kasar dan agregat halus. Penyaringan ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan agregat kasar dan agregat halus yang telah direncanakan dalam *mix desain* serta mengecek pada data-data analisa saringan pada pemeriksaan dasar yang telah dilakukan terlebih dahulu.

Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan untuk campuran beton telah diperoleh, maka tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Proses pembuatan benda uji dibagi menjadi 4 bagian, sesuai dengan variasi bahan tambahan yang digunakan yaitu beton normal (tanpa bahan campuran), beton dengan bahan tambahan abu cangkang kelapa sawit sebesar 20%, 25% dan 30%. Dalam proses pembuatan beton, setiap campuran yang akan dimasukkan pada beton terlebih dahulu untuk melakukan test *slump*. Nilai *slump* yang dihasilkan adalah harus memenuhi sebagaimana yang telah ditetapkan dalam *mix desain* yaitu 60-180 mm.

Apabila pengujian slump telah dilakukan, maka selanjutnya campuran beton dituangkan ke dalam cetakan berbentuk silinder yang berukuran 15 x 30 cm. Benda uji dapat dibuka dari cetakan setelah 24 ± 4 jam dan tidak boleh lebih dari 48 jam. Kemudian dilakukan perendaman beton sesuai dengan waktu yang telah ditentukan yaitu 14 dan 28 hari. Setelah mencapai 14 dan 28 hari maka benda uji diangkat dari perendaman dan dilakukan untuk pengujian kuat tekan beton. Dari hasil pengujian ini akan didapat nilai kuat tekan sesuai dengan tujuan penelitian.

Dari kegiatan-kegiatan penelitian yang telah dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah mengambil kesimpulan dari uji kuat tekan beton yang menggunakan bahan tambahan abu cangkang kelapa sawit dengan variasi yang berbeda.

3.2 Perencanaan Pembuatan Beton Sesuai dengan SNI 03-2834-2000

Pada penelitian ini metode perencanaan pembuatan beton berdasarkan dengan SNI 03-2834-2000. Adapun langkah-langkah utama dalam perencanaan menurut standar ini adalah sebagai berikut: (Badan Standarisasi Nasional, 2000)

1. Menentukan nilai kuat tekan beton (f_c') yang telah di isyaratkan pada umur tertentu.
2. Menghitung nilai standar deviasi (S)

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

Dengan:

S adalah Deviasi Standar

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

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

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

Dengan:

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

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

Tabel 3.1: Faktor pengali untuk Standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia (SNI 03-2834-2000)

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

3. Perhitungan nilai tambah/margin ditentukan dengan menggunakan rumus berikut:

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

Dengan :

M = nilai tambah (margin)

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

S_r = Standar deviasi rencana

4. Menentukan kuat tekan rata-rata yang direncanakan dapat digunakan dengan rumus:

$$F_{c_r} = f'_c + M$$

$$F_{c_r} = f'_c + 1,64 S_r \quad (3.4)$$

5. Menentukan jenis tipe semen yang digunakan.
 6. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus.
 7. Penetapan nilai faktor semen bebas

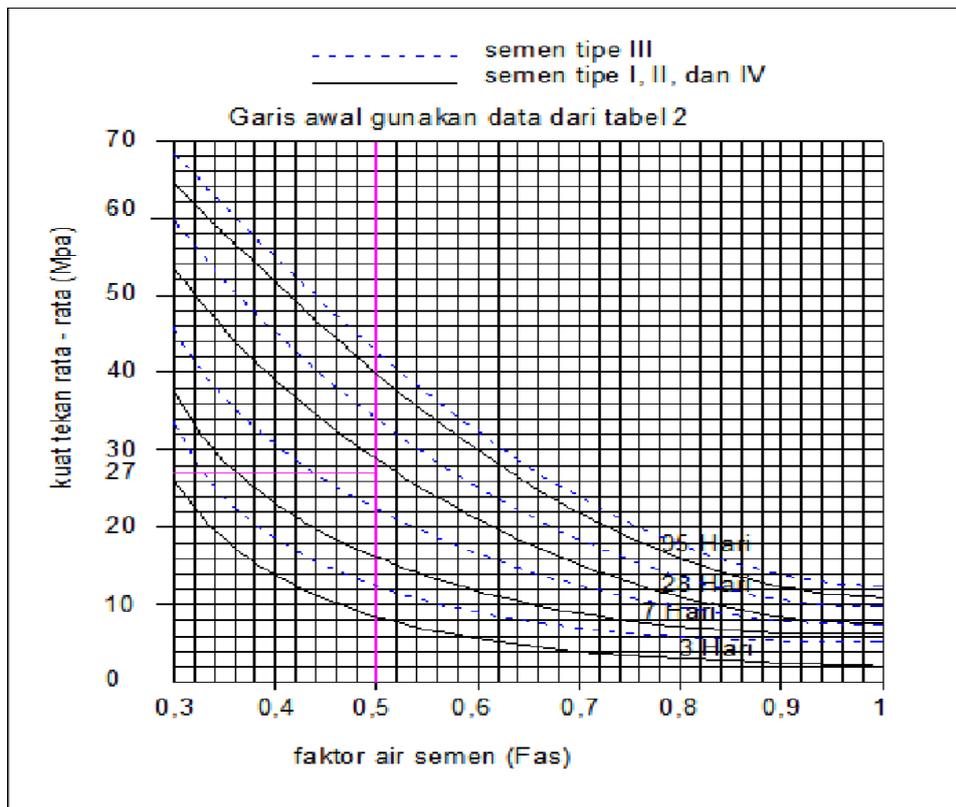
Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan berdasarkan hubungan kuat tekan dan faktor air semen dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia bahan penelitian sebagai pedoman maka dapat digunakan tabel 3.2 dan grafik pada gambar 3.2.

Tabel 3.2: Perkiraan kekuatan tekan (Mpa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia (SNI 03-2834-2000)

Jenis semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II dan V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	

Tabel 3.2: lanjutan

	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 3.2: Grafik hubungan kuat tekan beton dan faktor air semen (SNI 03-2834-2000)

8. Menetapkan faktor air semen maksimum dapat ditetapkan pada sebelumnya atau tidak. Jika faktor air semen yang digunakan dari 7 butir diatas lebih kecil dari yang diinginkan, maka yang digunakan adalah yang palng terendah.
9. Menentukan nilai slump.
10. Tentukan ukuran agregat maskimum.
11. Tentukan kadar air bebas.

Kadar air bebas dapat ditetapkan sebagai berikut:

- 1) Agregat yang dipecah dan agregat yang tak dipecah dapat digunakan nilai-nilai pada tabel 3.3.

2) Agregat campuran dapat dihitung dengan rumus:

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

Dengan:

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus.

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.

Tabel 3.3: Perkiraan kadar air bebas (kg/cm^3) yang dibutuhkan untuk kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834-2000)

Slump (mm)		0-10	10-0	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak terpecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak terpecahkan	125	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak terpecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

12. Hitung jumlah semen yang besarnya adalah kadar air dibagi faktor air semen dengan persamaan berikut:

$$W_{\text{semen}} = \frac{W_{\text{air}}}{f_{\text{as}}} \quad (3.6)$$

Dengan :

W_{semen} = adalah Jumlah semen (kg/cm^3)

W_{air} = adalah Kadar air

f_{as} = faktor air semen

13. Jumlah semen maksimum dapat diabaikan jika tidak ditentukan.

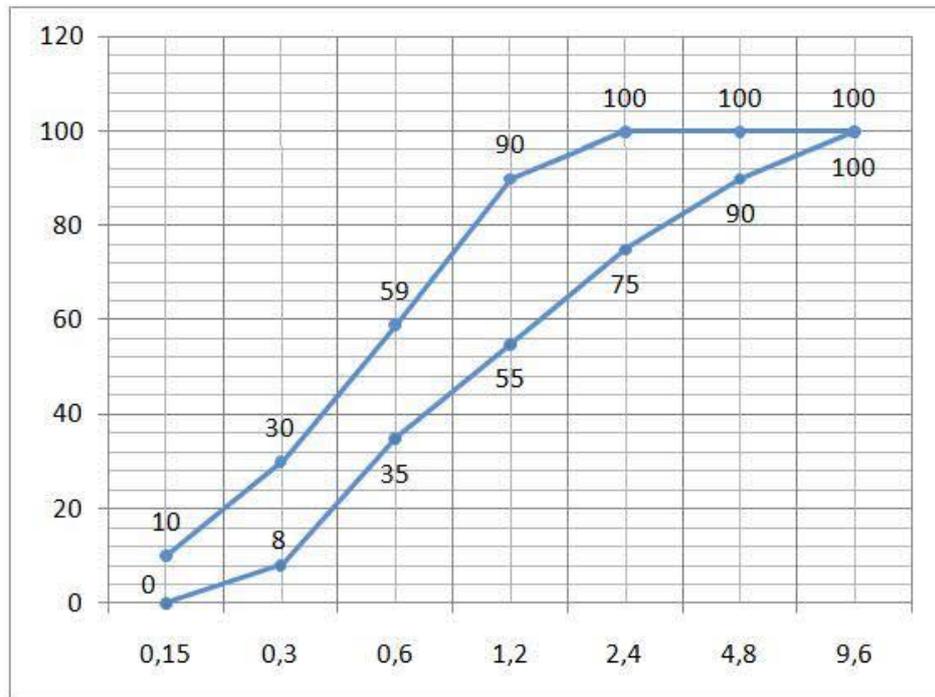
14. Menentukan jumlah semen seminim mungkin berdasarkan tabel 3.4, jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan

Tabel 3.4: Syarat jumlah semen minimum dan fas maksimum (SNI 03-2834-2000)

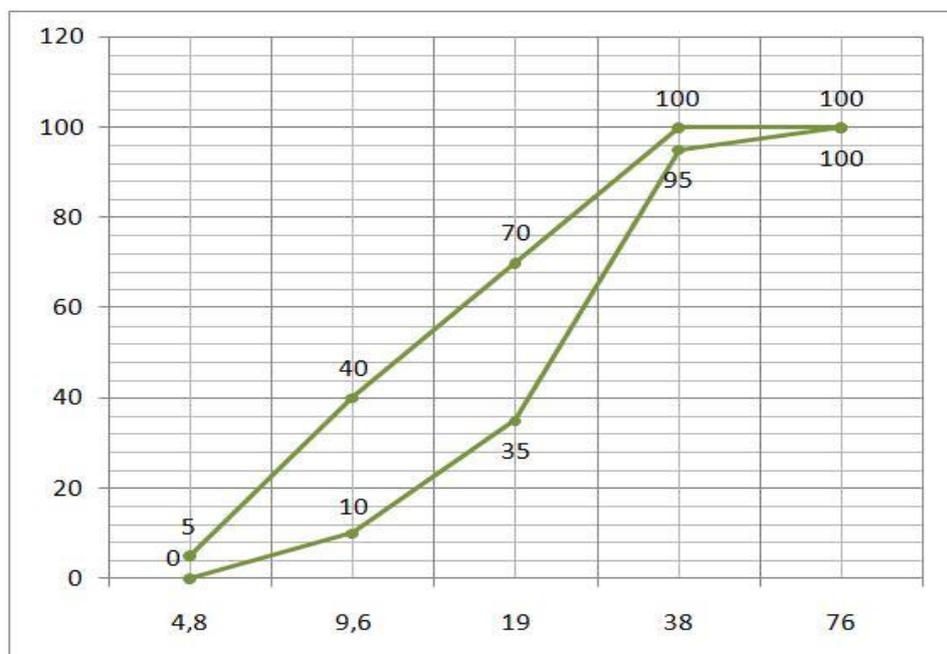
Lokasi	Jumlah semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton didalam ruang bangunan: a.Keadaan keliling non-korosif	275	0,62
b.Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar bangunan: a.Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari secara langsung	325	0,66
b.terlindung dari hujan dan terik matahari	275	0,60
Beto masuk ke dalam tanah : a.Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b.Mendapat pengaruh sulfat dan alkali tanah Beton yang kontinyu berhubungan: a.Air tawar b.Air laut	325	0,55

15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan,jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen yang telah ditetapkan, maka faktor air semen dapat dihitung kembali.
16. Menetapkan urutan butir agregat halus (jika agregat halus telah dikenal dan analisis ayak sesuai dengan standar yang diterima telah dilakukan, maka grafik dari pasir ini dapat dibandingkan dengan grafik-grafik yang terdapat dalam gambar 3.3.

17. Menetapkan butir agregat kasar sesuai dengan gambar 3.4.



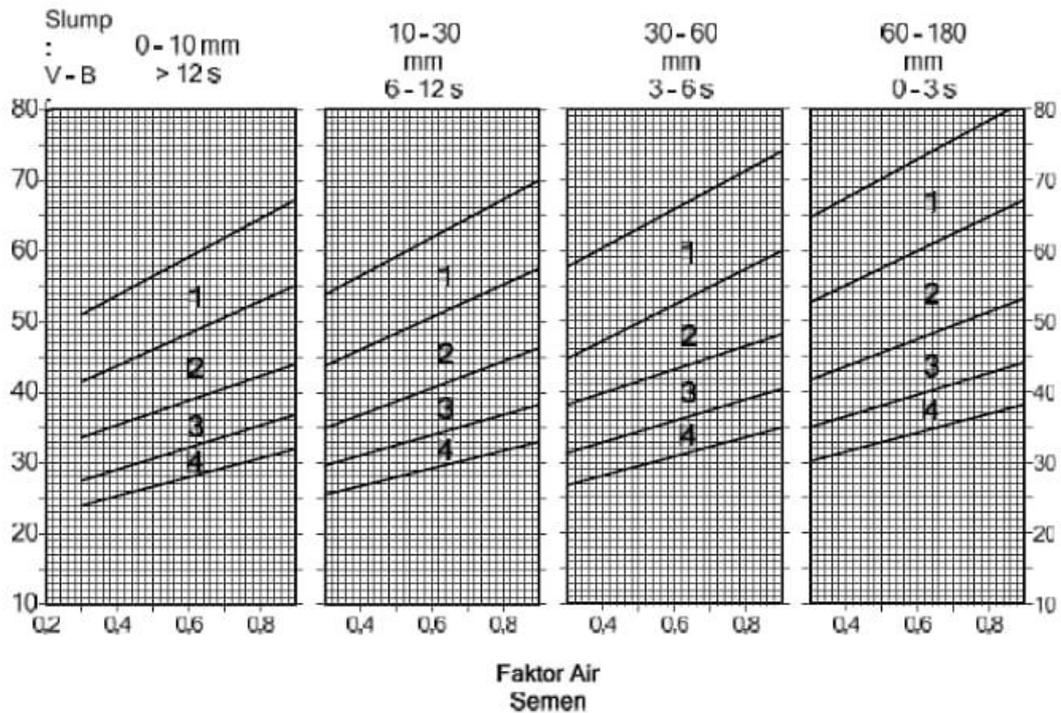
Gambar 3.3: Batas gradasi pasir No. 2



Gambar 3.4: Gradasi agregat kasar ukuran maksimum 40 mm

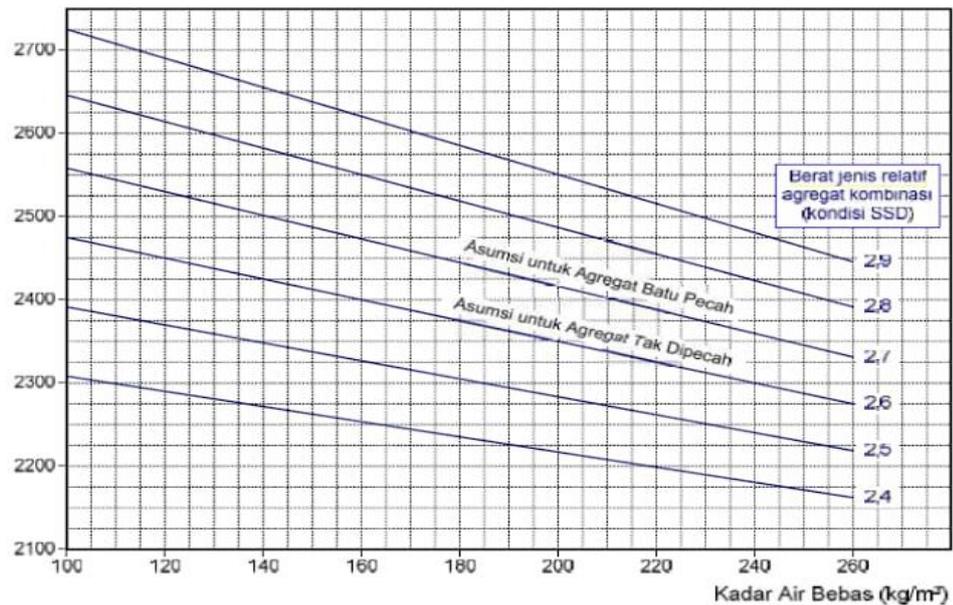
18. Menetapkan proporsi pasir dapat dilakukan melalui perhitungan ukuran butir agregat maksimum berdasarkan butir 10, pengukuran slump menurut

butir 9, faktor air semen merujuk pada butir 15 dan daerah susunan butir menurut butir 16, sehingga jumlah persentase pasir yang dibutuhkan dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5: Persentase pasir pada jumlah total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 millimeter.

19. Menghitung berat jenis realtive agregat dari data analisis di laboratorium. Menentukan berat isi beton menurut Gambar 3.6 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3.4 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.
20. Menghitung kadar agregat berdasarkan berat jenis beton yang dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air.
21. Menghitung kadar agregrat yang merupakan hasil kali persen pasir.
22. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya kadar agregat gabungan dikurangi kadar agregat halus.
23. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
24. Mengoreksi proporsi campuran berdasarkan volume benda uji.



Gambar 3.6: Hubungan kadar air, berat jenis agregat dan berat isi beton

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dimulai pada Juni 2025 yang bertempat di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.4 Bahan dan peralatan

3.4.1 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen

Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen portland tipe I dengan merek Padang Cement 50 Kg.

2. Agregat

Agregat yang digunakan (Agregat kasar dan agregat halus) pada penelitian ini diperoleh dari binjai.

3. Air

Air yang digunakan dari penelitian ini adalah PDAM Tirtanadi

4. Abu cangkang kelapa Sawit

Abu yang digunakan dalam penelitian ini adalah Abu Cangkang Kelapa Sawit yang diperoleh dari toko limbah Kabupaten Serdang Berdagai.

Tabel 3.5: Jumlah Benda Uji

No	Kode Benda Uji	Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit	Jumlah Sampel Pada Umur 14 Hari	Jumlah Sampel Pada Umur 28 Hari
1	BN	0 %	3	3
2	ACS-20	20 %	3	3
3	ACS-25	25 %	3	3
4	ACS-30	30 %	3	3
Jumlah			12	12
Total			24 Sampel	

Keterangan :

BN = Beton normal

ACS-20 = Abu cangkang sawit variasi 20%

ACS-25 = Abu cangkang sawit variasi 25%

ACS-30 = Abu cangkang sawit variasi 30%

Tabel 3.6: Komposisi bahan campuran

Kode	Komposisi Bahan				
	Semen + Abu Cangkang Sawit		Agregat halus (Kg)	Agregat kasar (Kg)	Air (Kg)
	PCC (Kg)	ACS (Kg)			
BN	100%	-	100%	100%	100%
ACS - 20	80%	20%	100%	100%	100%
ACS - 25	75%	25%	100%	100%	100%

Tabel 3.6: *lanjutan*

ACS - 30	70%	30%	100%	100%	100%
----------	-----	-----	------	------	------

3.4.2 Peralatan

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Satu set saringan untuk agregat kasar dan agregat halus
2. Timbangan digital
3. Alat pengaduk beton (*mixer*)
4. Cetakan benda uji berbentuk silinder
5. Mesin Kompres (*Compression test*)
6. Alat Kuat Tekan
7. Kerucut Abrams
8. Tongkat Penumbuk
9. Sekop
10. Gelas Ukur
11. Sendok Semen
12. Pan
13. Oven
14. Kain Lap

3.5 Pemeriksaan Kadar Air

Pemeriksaan kadar air merupakan proses yang dilakukan untuk menentukan jumlah air yang terkandung pada suatu bahan seperti agregat halus dan agregat kasar. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung dalam suatu agregat. Pemeriksaan ini dilakukan sesuai dengan SNI 03-1971-1990, yaitu tentang pengujian kadar agregat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W3 - W5}{W5} \times 100\% \quad (3.4)$$

Dengan :

W_3 = Berat benda uji semula (gr)

W_5 = Berat benda uji kering (gr)

Adapun urutan prosedur pemeriksaannya adalah

1. Menimbang dan dan mencatat talem (W_1)
2. Memasukkan benda uji kedalam talem kemudian menimbang dan catat beratnya (W_2)
3. Hitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$)
4. Mengeringkan sampel benda uji bersama talem dlaam oven dengan suhu (110 ± 5 °C)
5. Setelah kering, benda uji ditimbang kembali dan mencatat berat benda uji dan talem (W_4)
6. Hitung berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$)

3.6 Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan pasir yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Adapun prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengeringkan pasir yang akan diuji
2. Timbang bejana yang akan dipakai untuk wadah pasir
3. Timbang pasir sebanyak 100 gram kemudian masukkan kedlam gelas ukur 250 cc
4. Kemudian masukkan air ke dalam gelas ukur hingga ketinggian mencapai 12 cm dari permukaan pasir
5. Kocok gelas ukur ± 15 kali, kemudian diamkan selama 1 menit, kemudian buang air yang keruh perlahan-lahan agar pasir tidak terbuang
6. Percobaan dilakukan sebanyak 5 kali hingga kemudian air menjadi jernih
7. Selanjutnya pisahkan air dan pasir, Kemudian pindahkan pasir ke bejana yang sudah ditimbang tadi

8. Masukkan pasir tersebut kedalam oven dengan suhu 105 °C - 110 °C selama \pm 36 jam
9. Keluarkan pasir dari oven kemudian timbang
10. Rumus yang digunakan untuk menghitung kadar lumpur adalah

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{B_0 - B}{B_0} \times 100\% \quad (3.5)$$

Dengan :

B_0 = berat agregat sebelum pengujian

B = berat agregat setelah pengujian

11. Persentase kandungan lumpur tidak boleh lebih 5%, jika kandungan lumpur lebih dari itu maka harus dicuci terlebih dahulu.

3.7 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat dan penyerapan air

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis pada agregat yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat curah kering} = \frac{a}{(b-c)} \quad (3.6)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{b-a}{a} \times 100\% \quad (3.7)$$

Dengan :

a = Berat benda uji kering oven (gr)

b = Berat benda uji kondisi jenuh kering di permukaan udara

c = Berat benda uji dalam air (gr)

3.8 Pemeriksaan Berat Isi

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui volume produksi campuran beton, kadar semen yang digunakan dan kadar udara dalam beton pada campuran beton segar. Adapun persamaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat isi} = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (3.8)$$

Dengan :

M_c = berat wadah ukur yang diisi agregat (kg)

M_m = Berat wadah ukur (kg)

V_m = Volume wadah ukur (m^3)

3.9 Pemeriksaan Analisa Saringan

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur distribusi ukuran agregat atau menentukan pembagian butir. Analisa saringan merupakan proses untuk menentukan pembagian butir dan persentase berat butir yang lolos saringan, kemudian hasil persentase digambarkan pada grafik pembagian butir pada praktikum yang mengacu pada SNI ASTM C136:2012 tentang metode yang digunakan dalam menentukan pembagian butir agregat dengan menggunakan saringan yang telah ditetapkan.

3.10 Perawatan Beton

Perawatan benda uji beton dilakukan setelah mengeluarkan beton dari cetakan silinder, kemudian merendamnya kedalam air sampai umur 28 hari. Perawatan benda uji beton merupakan hal yang sangat penting untuk memastikan bahwa beton mencapai pada kekuatan dan durabilitas yang telah ditargetkan.

3.11 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian beton dilakukan untuk menguji kekuatan beton dengan menggunakan mesin uji tekan (*Compression test machine*) dengan kapasitas 1500 KN. Sebelum dilakukan pengujian benda uji terlebih dahulu ditimbang dan diberi *capping* pada kedua permukaannya agar dapat diletakkan dalam keadaan berdiri tegak. Pengujian kuat tekan beton dilakukan berdasarkan SNI 1974:2011. Pengujian kuat tekan beton pada umumnya dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Semakin lama umur beton maka kekuatan beton akan semakin

bertambah, kekuatan beton akan naik dengan cepat pada umur 28 hari, namun setelah 28 hari kekuatan beton akan menjadi kecil (SNI 03-1974-1990). Pengujian ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa beton yang digunakan memenuhi standar kekuatan yang diperlukan untuk struktur bangunan.



Gambar 3.5: Pengujian Kuat Tekan Beton.

<https://images.app.goo.gl/Z1x1r>

Hasil pengujian memberikan data yang valid bagi pengawas sebelum melanjutkan ke tahap pengecoran.

Tabel 3.7: Standar Nilai Kuat Tekan Beton Habibi et al., (2016) dikutip oleh Mardiah A (2022)

No	Jenis Beton	Nilai Kuat Tekan Beton (f'c/Mpa)
1	Beton sederhana (<i>Plain concrete</i>)	Sampai 10 Mpa
2	Beton normal	15-30 Mpa
3	Beton Prategang	30-40 Mpa
4	Beton Kuat Tekan Tinggi	40-80 Mpa
5	Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	>80 Mpa

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari struktur, jika kekuatan struktur yang dikehendaki semakin tinggi, maka akan menghasilkan kekuatan beton yang semakin tinggi pula.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Penambahan abu cangkang kelapa sawit (ACS) ke dalam campuran beton memberikan pengaruh negatif terhadap kuat tekan beton. Semakin besar persentase ACS yang ditambahkan (20%, 25%, dan 30%), semakin rendah nilai kuat tekan yang dihasilkan, baik pada umur 14 hari maupun 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa ACS memiliki dampak menurunkan kekuatan beton, terutama karena gangguan terhadap ikatan dalam matriks semen.
2. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa beton normal (tanpa ACS) memiliki kuat tekan paling tinggi pada kedua umur pengujian (21,138 MPa di hari ke-14 dan 26,090 MPa di hari ke-28). Beton dengan penambahan ACS 20% memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan ACS 25% dan 30%, namun tetap jauh di bawah beton normal. Dengan demikian, penggunaan ACS sebagai bahan tambahan dalam proporsi tinggi tidak direkomendasikan apabila kekuatan tekan merupakan prioritas utama. Peningkatan kuat tekan beton penambahan bahan pengganti berupa abu cangkang kelapa sawit masing-masing 20%, 25%, 30% mengalami penurunan kuat tekan beton dengan beton normal.

5.2 Saran

1. Penulis mengajurkan jika ingin memakai abu cangkang kelapa sawit agar memperhatikan persentase campuran karena mempengaruhi kekuatan beton.
2. Perlu dilakukan pengujian lanjutan dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dan bahan kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2000). *SNI-03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.
- Hamdi Fauzan, Lapijan Edwin Franky, Tumpu Miswar, Mansyur, Irianto, Mabui S Surya Miharja Didik, ... Hamkah. (2021). *Teknologi Beton* (Irianto, Miswar Tumpu, Mansyur, & Mahyuddin, Eds.). Makassar: CV. Tohar Media. Retrieved from <https://toharmedia.co.id>
- Hasibuan, S. R. A. S. (2023). *Buku Ajar Struktur Beton 1* (Y. Anisa, Ed.). Jalan Kolam Nomor 1, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan, Deliserdang, Sumatera Utara: Universitas Medan Area Press. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/369198409_Struktur_Beton_1
- Kelin, E., Mara, J., & Sandy, D. (2023). Pengaruh Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Substitusi Semen dan Agregat Sungai Pada Beton. *Paulus Civil Engineering*, 5(1), 76–84.
- M, F., & Gobel, V. (2019). *Nilai Kuat Tekan Beton Pada Slump Beton Tertentu*. Gorontalo. Retrieved from 10.37971/radial.v5i1.140
- Mardiah, A., & Setiawan, B. (2022). *Analisis Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit (Palm Kernel Shell) Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. Retrieved from <https://orcid.org/0000-0002-7735-0637>
- Rahman, E. B., Novan, A., & Morena, Y. (2022). Pengaruh Penambahan Fly Ash Cangkang Sawit dan Kapur Dolomit Sebagai Bahan Substitusi Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar. *Saintek E-Journal STT Pekanbaru*, 10(2). <https://doi.org/10.35583/js.v10i2.149>
- Ramadhani, R. S., Shinta, E., & Sitanggang, Y. (2023). *Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tekan, Kuat Lentur Dan Absorpsi Pada Beton*. Medan. Retrieved from <https://doi.org/10.51510/polimedia.v25i03>
- Samson, O. O., Abdulkareem Adisa, M., Dotun Atoyebi, O., & George Adeniyi, A. (2024). Mechanical Properties, Durability and Microstructure of Palm Kernel Shell Concrete Produced from Different Grades of Portland Limestone Cement. *Nigerian Research Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 9(1), p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12599723>
- Setiawan, A. (2007). *Perencanaan Struktur Beton bertulang* (S. F. Suyantoro, Ed.). Yogyakarta: CV. Andi Offset.

- Simanjuntak, J., Saragih, T., Lumbangaol, P., & Panjaitan, S. (2020). Beton Bermutu Dan Ramah Lingkungan Dengan Memanfaatkan Limbah Abu Cangkang Sawit. *Jurnal Darma Agung*, 28(3), 387–401. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.46930/ojsuda.v28i3.803>
- Stevens, L., & Firdaus. (2024). *Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Substitusi Semen Pcc Terhadap Kuat Tekan Beton*. 7. Retrieved from <http://jurnal.ensiklopediaku.org>
- Sulianti, I., Subrianto, A., Indrayani, Fuady, B. H., Z, A. F., Dwinto, R. N., & Satrio, S. (2022). *Upaya Peningkatan Nilai Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Admixtures Superplastizer Dan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Agregat Kasar*. Retrieved from <https://doi.org/10.33322/forummekanika.v11i2.1837>
- Zulkarnain, F., & Batubara, A. A. (2024). The Effect of Using Zeolite and Agave Sisalana Fiber on Compressive Strength Using the Self Compacting Concrete (SCC) Method. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 30(1), 135–143. <https://doi.org/10.14710/mkts.v30i1.57981>
- Zulkarnain, F., & Kamil, B. (2021). *Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai sebagai Agregat Halus Dengan Variasi Bahan Tambah Sica Fume Pada Perendaman Air Laut*. Medan. Retrieved from <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>
- Zulkarnain, F., & Maulidza, L. (2024). Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Journal of Community Service*, 6(3), 337–345. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30587/dedikasimu.v6i3.8287>
- Zulkarnain, F., & Pasaribu, E. (2021). *Pengembangan Campuran Beton K-300 Untuk Infrastruktur Perumahan Tahan Gempa Di Indonesia* (A. Faisal, Ed.). Medan: Umsu Press. Retrieved from <http://umsupress.umsu.ac.id/>
- Zulkarnain, F., & Putri, F. (2023). *Pengaruh Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Substitusi Pengganti Semen Sikafume Terhadap Pengujian Kuat Tekan Beton Normal*. Retrieved from <https://doi.org/10.62603/konteks.v2i1.240>

LAMPIRAN



Gambar L- 1 *Compressing Test Machine*



Gambar L- 2 cetakan silinder



Gambar L- 3 Mixer Beton



Gambar L- 4 Abu cangkang sawit



Gambar L- 5 Semen Portland



Gambar L- 6 Agregat Halus



Gambar L- 7 Agregat kasar



Gambar L- 8 Kerucut abrams



Gambar L- 9 Pengujian slump



Gambar L- 10 Menghitung nilai slump



Gambar L- 11 Beton Campuran Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit



Gambar L- 12 Perendaman beton



Gambar L- 13 Penimbangan Benda Uji



Gambar L- 14 Pengujian Kuat Tekan Beton

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Kamal Husin Saraan
Nama Panggilan : Kamal
Tempat, tanggal lahir : Rambah serit, 09 febi
Alamat : Desa Kendet Liang, Kecamatan Gunung Sitember
Agama : Islam

Nama Orang Tua

Ayah : Makmur Saraan
Ibu : Jarni Kabeakan
No.HP : 082277907861
Email : sraankamal044@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2107210066
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jalan Kapten Muchtar Basri BA. No.3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SDN Kendet Liang	2013
2	SMP	Pondok pesantren Dairi	2016
3	SMA	Pondok pesantren Mawaridussalam	2020