

TUGAS AKHIR

**ANALISIS UJI KUAT TEKAN PADA BETON DENGAN
MENGUNAKAN CANGKANG KEMIRI SEBAGAI
SUBSTITUSI AGREGAT KASAR DAN
SUPERPLASTICIZER SEBAGAI BAHAN TAMBAH
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

SETO WALUYO
2007210013



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Seto Waluyo

NPM : 2007210013

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Uji Kuat Tekan Pada Beton Dengan Menggunakan
Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dan
Superplasticizer Sebagai Bahan Tambah

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan di terima 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 :

Dosen Pembimbing



Rizki Efrida, S.T., M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Seto Waluyo

NPM : 2007210013

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Uji Kuat Tekan Pada Beton Dengan Menggunakan Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dan *Superplasticizer* Sebagai Bahan Tambah

Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, Februari 2025

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing



Rizki Efrida,S.T.,M.T

Dosen Pembanding I



Dr. Ade Faisal

Dosen Pembanding II



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Seto Waluyo

Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 01 Maret 2001

NPM : 2007210013

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisis Uji Kuat Tekan Pada Beton Dengan Menggunakan Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dan *Superplasticizer* Sebagai Bahan Tambah (Studi Penelitian).”

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

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

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

Medan, Februari 2025

Saya yang menyatakan:

A 10,000 Indonesian postage stamp (Meter Tempel) with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '10000', 'METER TEMPEL', and 'CS187AMX324473977'. The signature is written in black ink over the stamp.

Seto Waluyo

ABSTRAK

Analisis Uji Kuat Tekan Pada Beton Dengan Menggunakan Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dan *Superplasticizer* Sebagai Bahan Tambah

Seto Waluyo

2007210013

Rizki Efrida,S.T.,M.T

Penggunaan material alternatif dalam campuran beton telah menjadi topik penelitian yang berkembang, terutama dalam rangka meningkatkan keberlanjutan di sektor konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Analisis Uji Kuat Tekan Pada Beton Dengan Menggunakan Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dan *Superplasticizer* Sebagai Bahan Tambah. Cangkang kemiri dipilih sebagai agregat alternatif karena ketersediaannya yang melimpah serta potensi untuk mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan agregat alam. Dalam penelitian ini, beton diuji dengan variasi persentase substitusi cangkang kemiri sebesar 5%, 10%, dan 15% dari total berat agregat kasar, dengan penambahan *Superplasticizer* untuk meningkatkan workability dan kekuatan beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan cangkang kemiri tanpa bahan tambah menyebabkan penurunan kuat tekan beton karena sifat mekanis cangkang yang lebih lemah dibandingkan agregat konvensional. Namun, penambahan *Superplasticizer* terbukti mampu meningkatkan kuat tekan beton dengan cangkang kemiri, terutama pada variasi substitusi 5% dan 10%. Pada variasi 15%, penurunan kekuatan kembali terjadi karena peningkatan jumlah cangkang kemiri yang berdampak negatif pada struktur internal beton. Kesimpulannya, cangkang kemiri dapat digunakan sebagai substitusi agregat kasar pada beton dengan bahan tambah *Superplasticizer*, namun persentase substitusi perlu dioptimalkan agar tidak mengurangi performa mekanis beton. Penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam penggunaan material limbah organik sebagai bagian dari inovasi beton ramah lingkungan.

Kata Kunci: cangkang kemiri, agregat kasar, *Superplasticizer*, kuat tekan

ABSTRACT

Analysis of Compressive Strength Test on Concrete by Using Candlenut Shells as a Substitution of Coarse Aggregates and Superplasticizer as an Additive

Seto Waluyo
2007210013
Rizki Efrida,S.T.,M.T

The use of alternative materials in concrete mixtures has become a growing research topic, especially in order to improve sustainability in the construction sector. This study aims to determine the compressive strength test analysis of concrete using candlenut shells as a substitute for coarse aggregate and Superplasticizer as an additive. Candlenut shells were chosen as an alternative aggregate due to their abundant availability as well as the potential to reduce the environmental impact of using natural aggregates. In this study, concrete was tested by varying the percentage of hazelnut shell substitution by 5%, 10%, and 15% of the total weight of coarse aggregate, with the addition of Superplasticizer as Superplasticizer to improve the workability and strength of concrete. The results showed that the use of candlenut shells without additives caused a decrease in the compressive strength of concrete due to the weaker mechanical properties of the shells compared to conventional aggregates. However, the addition of Superplasticizer proved to be able to increase the compressive strength of concrete with candlenut shells, especially in the 5% and 10% substitution variations. At the 15% variation, a decrease in strength again occurred due to the increased amount of hazelnut shells which negatively affected the internal structure of the concrete. In conclusion, candlenut shells can be used as a substitute for coarse aggregate in concrete with Superplasticizer additive, but the percentage of substitution needs to be optimized so as not to reduce the mechanical performance of the concrete. This research opens up opportunities for further development in the use of organic waste materials as part of environmentally friendly concrete innovations.

Keywords: hazelnut shell, coarse aggregate, Superplasticizer , compressive strength

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

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 “Analisis Uji Kuat Tekan Pada Beton Dengan Menggunakan Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dan *Superplasticizer* Sebagai Bahan Tambah” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Ibu Rizki Efrida,S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, dan juga sebagai Sekretaris Prodi Teknik Sipil.
2. Bapak Dr. Ade Faisal selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, dan juga sebagai Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, dan juga sebagai Ketua Prodi Teknik Sipil
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Imam Waluyo Sejati dan Ibunda tercinta Ratnawati yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
8. Rekan-rekan seperjuangan dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang membangun untuk menjadi Bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi Dunia Konstruksi Teknik Sipil.

Medan, September 2024

Saya yang menyatakan:

Seto Waluyo

DAFTAR ISI

LEMBAR 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	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Material Penyusun Beton	6
2.2.1 Semen Portland	6
2.2.2 Agregat	7
2.2.3 Air	9
2.3 Bahan Tambah	9
2.4 Cangkang Kemiri	10
2.5 Uji Slump	11
2.6 Pengujian Kuat Tekan	12
2.7 Penelitian Terdahulu	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	15
3.1 Metode Penelitian	15
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	17

3.3 Bahan dan Peralatan	17
3.3.1 Bahan	17
3.3.2 Peralatan	18
3.4 Pemeriksaan Bahan	18
3.4.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	19
3.4.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	19
3.4.3 Berat Isi Agregat	20
3.4.4 Analisa Saringan	20
3.4.5 Kadar Lumpur	21
3.4.6 Kadar Air	21
3.5 <i>Superplasticizer</i>	22
3.6 Pengolahan Cangkang Kemiri	22
3.7 Perencanaan Campuran Beton Menurut SNI 7656:2012	22
3.8 <i>Slump Test</i>	23
3.9 Pembuatan Benda Uji	23
3.10 Perawatan Beton	24
3.11 Pengujian Kuat Tekan	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Tinjauan Umum	25
4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat	25
4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	25
4.3.1 Pengujian Analisa Saringan	25
4.3.2 Kadar Air	26
4.3.3 Berat Jenis dan Penyerapan Air	27
4.3.4 Berat Isi Agregat	28
4.3.5 Kadar Lumpur	29
4.4 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	29
4.4.1 Pengujian Analisa Saringan	30
4.4.2 Kadar Air	31
4.4.3 Berat Jenis dan Penyerapan	32
4.4.4 Berat Isi	32
4.4.5 Kadar Lumpur	33

4.5 Perencanaan Campuran Beton	34
4.6 Kebutuhan Bahan	38
4.7 <i>Slump Test</i>	39
4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan	40
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	48
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batas gradasi agregat halus (Beton,1994).	8
Tabel 2.2 Batas gradasi agregat kasar (Beton,1994).	9
Tabel 3.1 Kode benda uji dan komposisi campuran benda uji.	22
Tabel 4.1 Hasil pengujian analisa agregat halus.	26
Tabel 4.2 Hasil pengujian kadar air agregat halus.	27
Tabel 4.3 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.	27
Tabel 4.4 Hasil perhitungan berat isi agregat halus.	28
Tabel 4.5 Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.	29
Tabel 4.6 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.	30
Tabel 4.7 Hasil pengujian kadar air agregat kasar.	31
Tabel 4.8 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.	32
Tabel 4.9 Hasil pengujian berat isi agregat kasar.	33
Tabel 4.10 Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.	33
Tabel 4.11 Data yang akan digunakan.	34
Tabel 4.12 Perkiraan kebutuhan air pencampuran dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah.	35
Tabel 4.13 Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen $\{w/(c+p)\}$ dan kekuatan beton.	35
Tabel 4.14 Volume agregat kasar per satuan volume beton.	36
Tabel 4.15 Perkiraan awal berat beton segar.	36
Tabel 4.16 Perbandingan campuran beton dengan dua cara.	37
Tabel 4.17 Tabel kebutuhan bahan	39
Tabel 4.18 Hasil pengujian slump	39
Tabel 4.19 Hasil pengujian kuat tekan	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Cetakan uji slump (Kerucut abrams)	12
Gambar 2.2 Skema pengujian kuat tekan.	13
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian	16
Gambar 3.2 Benda uji silinder	23
Gambar 4.1 Grafik kuat tekan secara keseluruhan	41
Gambar 4.2 Grafik perbandingan kuat tekan rata-rata	41
Gambar 4.3 Perbandingan hasil kuat tekan dalam persentase	43

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia karena memiliki kekuatan tekan yang tinggi, daya tahan yang baik, serta fleksibilitas dalam pembentukan. Namun, bahan baku utama beton, terutama agregat kasar, berasal dari sumber daya alam yang semakin berkurang akibat eksploitasi yang berlebihan. Hal ini mendorong para peneliti dan praktisi untuk mencari bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai substitusi agregat kasar dalam beton.

Salah satu alternatif yang potensial adalah penggunaan cangkang kemiri. Cangkang kemiri adalah limbah pertanian yang melimpah di Indonesia dan sering kali tidak dimanfaatkan secara optimal. Penggunaan cangkang kemiri sebagai substitusi agregat kasar dalam beton dapat mengurangi limbah pertanian dan membantu mengurangi ketergantungan pada agregat alam. Cangkang kemiri memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan konstruksi karena sifat fisiknya yang mendukung (Sitorus dkk., 2022).

Dinas Perkebunan Sumatera Utara mencatat produksi kemiri di Sumatera Utara Tahun 2019 mencapai 13.529,40 ton. Dimana berat cangkang kemiri adalah 70% dari berat total kemiri sehingga total limbah cangkang kemiri yang dihasilkan pertahun adalah sebesar 8.795,122 ton (Simanjuntak dkk., 2021).

Adapun komposisi cangkang kemiri yaitu CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , H_2O , Fe_2O_3 . Saat semua bereaksi, akan ada sisa SiO_2 yang belum bereaksi akan membentuk reaksi silika turunan dengan gel CSH-2 menghasilkan gel CSH-3 yang lebih padat, sehingga akan meningkatkan pasta semen dan agregat (Haris, 2023).

Untuk meningkatkan performa beton dengan cangkang kemiri sebagai substitusi agregat kasar, diperlukan bahan tambah yang dapat memperbaiki sifat mekanis beton. *Superplasticizer*, produk dari Sika, dirancang untuk meningkatkan workability dan kekuatan beton. Penggunaan *Superplasticizer* dalam campuran

beton terbukti meningkatkan kekuatan tekan dan durabilitas beton secara signifikan . (Jamal dkk., 2017).

Dengan memahami pengaruh penggunaan cangkang kemiri dan *Superplasticizer* terhadap kekuatan tekan beton, diharapkan dapat ditemukan formulasi beton yang ramah lingkungan, ekonomis, dan memiliki performa mekanis yang baik.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini ialah:

1. Bagaimana pengaruh cangkang kemiri terhadap kekuatan tekan beton yang menggunakan bahan tambah *superplasticizer*?
2. Pada persentase berapa cangkang kemiri yang memiliki pengaruh paling besar terhadap kuat beton dengan bahan tambah *superplasticizer*?
3. Bagaimana perbandingan antara kuat tekan beton cangkang kemiri dan *Superplasticizer* dengan beton normal?

1.3 Ruang Lingkup

Mengingat luasnya ruang lingkup permasalahan yang ada pada penelitian ini, maka penulis membatasi permasalahan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Metode untuk perencanaan campuran beton menggunakan standar nasional Indonesia (SNI 7656:2012).
3. Persentase cangkang kemiri yang digunakan pada penelitian ini adalah 5%, 10%, dan 15% dari berat agregat kasar yang digunakan.
4. Persentase *Superplasticizer* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1% dari berat semen sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton.
5. Umur beton yang diuji adalah 28 hari.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh cangkang kemiri terhadap kekuatan tekan beton yang menggunakan bahan tambah *superplasticizer*.
2. Untuk mengetahui persentase berapa cangkang kemiri yang memiliki pengaruh paling besar terhadap kuat beton dengan bahan tambah *superplasticizer*.
3. Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton cangkang kemiri dan *Superplasticizer* dengan kuat tekan beton normal.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan berbagai manfaat yang signifikan, baik dari segi ilmiah, praktis, ekonomis, lingkungan, maupun sosial. Secara ilmiah, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dan inovasi teknologi beton melalui eksplorasi penggunaan cangkang kemiri sebagai substitusi agregat kasar dan *Superplasticizer* sebagai bahan tambah. Dari segi praktis, penelitian ini membantu mengurangi limbah pertanian dan mengembangkan beton yang lebih ramah lingkungan serta memiliki kinerja mekanis yang lebih baik. Secara ekonomis, penggunaan cangkang kemiri yang merupakan limbah dapat mengurangi biaya material konstruksi dan meningkatkan nilai tambah produk sampingan industri pertanian. Manfaat lingkungan meliputi pengurangan limbah dan polusi serta konservasi sumber daya alam, sementara manfaat sosial mencakup pemberdayaan masyarakat pertanian dan peningkatan kesadaran akan pentingnya penggunaan bahan ramah lingkungan dalam konstruksi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mendukung pembangunan berkelanjutan tetapi juga memberikan solusi praktis dan ekonomis bagi industri konstruksi.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini diuraikan menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menuangkan teori-teori yang menjadi landasan teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang akan digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menerangkan tempat dan waktu penelitian, sumber data, metode pengumpulan data dan metode analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan data-data hasil penelitian yang telah diperoleh dan dibuatkan pembahasan yang digunakan untuk memecahkan masalah.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan berdasarkan hasil dan pembahasan dan memberikan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir sebagai suatu usulan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton dalam pengertian umum berarti campuran bahan bangunan berupa pasir dan kerikil atau koral. Kemudian diikat semen bercampur air. Sifat beton berubah karena sifat semen, agregat dan air, maupun perbandingan pencampurannya. Untuk mendapatkan beton optimum pada penggunaan yang khas, perlu dipilih bahan yang sesuai dan dicampur secara tepat. Ada banyak tipe beton yang telah dikenal, salah satunya beton semen. Beton semen adalah beton yang terdiri dari pasta semen sebagai matriks dan agregat sebagai inklusi. Agregat terdiri dari material anorganik yang biasanya berupa mineral alami seperti 6 batu/kerikil dan pasir. Perbedaan penggunaan bahan matriks akan memberikan karakteristik yang berbeda untuk tiap beton. Hal ini akan berpengaruh pada sifat sifatnya, seperti kuat tekan, kuat tarik, waktu ikat, suhu ikat, workabilitas, modulus elastisitas dan lain-lainnya (Rante dkk., 2018).

Beton adalah salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia karena keunggulannya dalam hal kekuatan tekan, daya tahan terhadap api dan air, serta fleksibilitasnya dalam pembentukan struktur. Beton dapat digunakan untuk berbagai aplikasi konstruksi, termasuk fondasi bangunan, jalan raya, jembatan, terowongan, dan berbagai elemen struktur lainnya.

Beton dapat diklasifikasikan berdasarkan berat jenisnya (SNI 03-2847-2002), yaitu:

a. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton dengan berat 1440-1850 kg/m³, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

b. Beton normal

Beton normal adalah beton dengan berat 2200-2400 kg/m³, dengan kuat tekan sekitar 15-40 Mpa.

c. Beton berat

Beton berat adalah beton dengan berat lebih dari 2400 kg/m³.

2.2 Material Penyusun Beton

Beton adalah suatu elemen struktur yang memiliki karakteristik yang terdiri dari beberapa bahan penyusun seperti berikut:

2.2.1 Semen Portland

Semen Portland adalah jenis semen hidraulis yang paling umum digunakan dalam pembuatan beton dan mortar. Disebut "*Portland*" karena warnanya menyerupai batu dari Pulau *Portland* di Inggris. Semen *Portland* dibuat dari bahan baku utama batu kapur dan tanah liat yang dipanaskan pada suhu tinggi dalam kiln untuk menghasilkan klinker. Klinker kemudian digiling halus bersama dengan sedikit gipsum untuk mengatur waktu pengerasan. Komposisi utama semen *Portland* meliputi *kalsium oksida* (CaO), *silikon dioksida* (SiO₂), *aluminium oksida* (Al₂O₃), dan *ferrum oksida* (Fe₂O₃), yang memberikan karakteristik kekuatan dan daya tahan pada beton.

Menurut ASTM C150, semen *Portland* dibagi menjadi lima tipe, yaitu:

- Tipe I : Jenis semen biasa yang dapat digunakan pada pekerjaan konstruksi umum.
- Tipe II : Modifikasi dari semen tipe I, yang memiliki panas hidrasi lebih rendah dan dapat tahan dari beberapa jenis serangan sulfat.
- Tipe III : Semen yang dapat menghasilkan kuat tekan beton awal yang tinggi, namun panas hidrasi yang dihasilkan semen jenis ini lebih tinggi daripada panas hidrasi semen tipe I.
- Tipe IV : Semen yang mampu menghasilkan panas hidrasi yang rendah, sehingga cocok digunakan pada proses pengecoran struktur beton yang masif.
- Tipe V : Digunakan untuk struktur-struktur beton yang memerlukan ketahanan yang tinggi dari serangan sulfat.

Semen ini digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi konstruksi termasuk beton untuk bangunan, jembatan, jalan raya, mortar untuk pekerjaan batu dan plesteran, serta produk pra-cetak seperti blok beton dan pipa beton. Keberagaman jenis dan aplikasinya membuat semen *Portland* menjadi pilihan utama dalam

industri konstruksi karena kemampuannya untuk memberikan struktur yang kuat dan tahan lama.

2.2.2 Agregat

Agregat adalah suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa yang berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75% – 85% agregat berdasarkan persentase volume. Fungsi agregat adalah sebagai material pengisi dan biasanya menempatisekitar 75% dari isi total beton, karena itu pengaruhnya besar terhadap sifat dan daya tahan beton. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus (Kwan dan Nursyamsi, 2018).

a. Agregat Halus

Berdasarkan (SNI 1970:2016) agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,75 mm (No.4).

Persyaratan agregat halus secara umum menurut SNI 03-6821-2002 adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus berbentuk butir-butir tajam dan keras.
2. Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat di uji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus di cuci (Mulia dan Zulkarnain, 2021).

Pada buku Perencanaan campuran dan Pengendalian Mutu Beton (Beton, 1994), agregat halus dapat dibagi menjadi 4 jenis berdasarkan gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar yang batas gradasinya bisa di lihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Batas gradasi agregat halus (Beton, 1994).

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

b. Agregat Kasar

Berdasarkan (SNI 1969:2016) agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No.1½inci).

Berdasarkan ASTM C33 (1986), agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- b. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
- c. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 1. Sisa diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total
 2. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90% - 98% berat total
 3. Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.
 4. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 dari tebal plat atau 3/4 dari jarak besi minimum antara tulang-tulangan (Rahman dan Zulkarnain, 2020).

Untuk mendapatkan ukuran butir maksimum agregat kasar yang digunakan pada campuran beton dapat dilihat pada Tabel 2.2, sehingga akan memberikan tingkat yang optimal pada campuran beton.

Tabel 2.2: Batas gradasi agregat kasar (Beton, 1994).

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan		
	40 mm	20 mm	10 mm
40	95-100	100	-
20	30-70	95-100	100
10	10-35	25-55	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

2.2.3 Air

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air hanya diperlukan 25 % dari berat semen saja. Selain itu, air juga digunakan untuk perawatan beton dengan cara pembasahan setelah dicor, (Tjokrodinuljo, 1996).

Menurut Dipohusodo (1994) nilai banding berat air dan semen untuk suatu adukan beton dinamakan *water cement ratio* (w/c). Agar terjadi proses hidrasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai nilai w/c 0,40-0,65 tergantung mutu beton yang hendak dicapai umumnya menggunakan nilai w/c yang rendah, sedangkan dilain pihak untuk menambah daya *workability* (kemudahan pengerjaan) diperlukan nilai w/c yang lebih tinggi.

2.3 Bahan Tambah

Bahan tambah, atau admixtures, adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton selain air, agregat, dan semen untuk mengubah sifat-sifat

beton agar memenuhi kebutuhan tertentu selama proses pengerjaan atau setelah pengerasan. Bahan tambah dapat meningkatkan kinerja beton dalam berbagai kondisi dan aplikasi, seperti meningkatkan kemudahan pengerjaan, mengatur waktu pengikatan, meningkatkan kekuatan, dan meningkatkan daya tahan terhadap kondisi lingkungan yang keras. Ada berbagai jenis bahan tambah yang dapat digunakan, termasuk *plasticizers*, *superplasticizers*, *retarders*, *accelerators*, *air-entraining agents*, dan *pozzolans*, masing-masing dengan fungsi spesifik yang dapat mengoptimalkan sifat beton sesuai kebutuhan proyek.

Plasticizers dan *superplasticizers*, misalnya, mengurangi jumlah air yang dibutuhkan dalam campuran beton tanpa mengurangi kemudahan pengerjaan, sehingga meningkatkan kekuatan dan mengurangi porositas. *Retarders* memperlambat waktu pengikatan beton, memungkinkan waktu pengerjaan yang lebih lama, terutama dalam cuaca panas, sementara *accelerators* mempercepat waktu pengikatan dan pengerasan beton, yang bermanfaat dalam kondisi cuaca dingin atau ketika kecepatan konstruksi sangat penting. *Air-entraining agents* menghasilkan mikroskopik gelembung udara dalam beton, meningkatkan ketahanan terhadap siklus beku-cair dan mengurangi risiko keretakan. Selain itu, *pozzolans* seperti *silica fume*, *fly ash*, dan *slag* bereaksi dengan kalsium hidroksida yang terbentuk selama hidrasi semen untuk membentuk senyawa yang meningkatkan kekuatan dan daya tahan beton. Dengan demikian, penggunaan bahan tambah memungkinkan inovasi dan efisiensi dalam berbagai aplikasi konstruksi, membantu menciptakan beton yang lebih tahan lama dan berkinerja tinggi.

2.4 Cangkang Kemiri

Kemiri (*Aleurites moluccana*) adalah tumbuhan yang bijinya dimanfaatkan sebagai sumber minyak dan rempah-rempah. Tumbuhan ini masih sekerabat dengan singkong dan termasuk dalam suku *Euphorbiaceae*. Dalam perdagangan antar negara dikenal sebagai *candleberry*, *Indian walnut*, serta *candlenut*, sekarang sudah tersebar luas di daerah-daerah tropis.

Adapun komposisi cangkang kemiri yaitu CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , H_2O , Fe_2O_3 . Saat semua bereaksi, akan ada sisa SiO_2 yang belum bereaksi akan

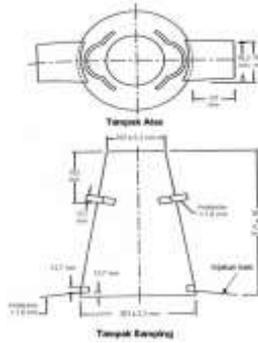
membentuk reaksi silika turunan dengan gel CSH-2 menghasilkan gel CSH-3 yang lebih padat, sehingga akan meningkatkan pasta semen dan agregat (Haris, 2023).

Berdasarkan penjelasan di atas, sangat cocok apabila cangkang kemiri yang selama ini sebagai limbah yang tidak terpakai dapat digunakan sebagai bahan substitusi pada campuran beton. Penggunaan cangkang kemiri ini dapat diperlakukan sebagai pengganti agregat kasar ataupun halus tergantung pada besar butiran cangkang kemiri yang digunakan, cangkang kemiri memiliki tekstur yang keras dan jika dipecah berbentuk menyudut, kemungkinan dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran beton, karena dapat mengisi rongga-rongga pada beton, sehingga akan membuat beton menjadi lebih padat.

2.5 Uji *Slump*

Uji *slump* adalah metode yang digunakan untuk mengukur kelecakan (*workability*) beton segar sebelum mengeras. Uji ini memastikan bahwa campuran beton memiliki konsistensi yang tepat untuk memenuhi persyaratan teknis proyek konstruksi. Dalam uji *slump*, kerucut *slump* diisi dengan beton segar dalam tiga lapisan yang dipadatkan menggunakan batang pemadat. Setelah kerucut penuh, permukaan beton diratakan dan kerucut diangkat secara perlahan. Penurunan (*slump*) dari puncak kerucut asli ke titik tertinggi beton yang runtuh diukur untuk menentukan kelecakan beton.

Hasil uji *slump* memberikan indikasi penting tentang kelecakan beton. *Slump* tinggi (lebih dari 15 cm) menunjukkan beton yang sangat cair, sedangkan *slump* sedang (5-15 cm) menunjukkan beton dengan kelecakan yang cukup untuk kebanyakan aplikasi konstruksi. *Slump* rendah (kurang dari 5 cm) menunjukkan beton yang sangat kaku dan mungkin sulit untuk dikerjakan. Uji *slump* membantu dalam mengontrol kualitas beton, mendeteksi masalah kelecakan, dan menyediakan data lapangan yang dapat digunakan untuk penyesuaian campuran beton di lokasi. Dengan demikian, uji *slump* merupakan alat penting untuk memastikan beton dapat ditempatkan dan dipadatkan dengan baik untuk mencapai kualitas dan kekuatan yang diinginkan. Bentuk cetakan dapat dilihat pada Gambar 2.1.

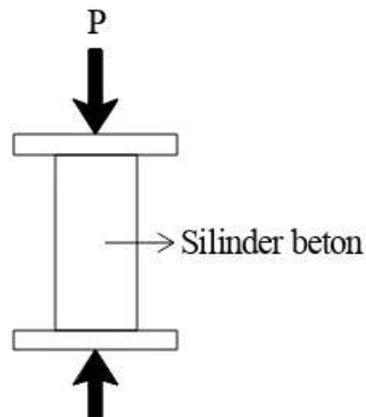


Gambar 2.1: Cetakan uji slump (Kerucut Abrams).

2.6 Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan melalui pemeriksaan menggunakan alat uji kuat tekan dan benda uji (kubus atau silinder) pada umur 28 hari.

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas atau parameter yang menunjukkan besarnya beban yang dapat ditahan persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan, kuat tekan beton merupakan Gambaran dari mutu beton yang berkaitan dengan struktur beton. Kuat tekan beton merupakan parameter terpenting adalah lebih tahan terhadap tekan daripada tarik. Kuat tekan beton merupakan salah satu sifat penting untuk menentukan mutu beton, sedangkan kualitas beton itu sendiri yang ditentukan oleh perbandingan semen, agregat halus, agregat kasar, air dan berbagai jenis bahan tambahan (Haris, 2023). Skema pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Skema pengujian kuat tekan.

Rumus – rumus yang digunakan untuk menghitung kekuatan tekan beton dapat dilihat pada pers 2.1 :

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

dimana:

f_c' : kuat tekan beton.

P : beban maksimum (N).

A : luas penampang benda uji mm^2 (πr^2).

2.7 Penelitian Terdahulu

Untuk mendukung penelitian ini, ada beberapa jurnal-jurnal pendukung, antara lain:

1. (Siregar, 2015)

Penelitian yang dilakukan oleh Siregar dengan judul pengaruh penambahan cangkang kemiri terhadap kuat tekan dan retakan beton pasca bakar pada tahun 2015. Pada penelitian ini dibuat variasi komposisi cangkang kemiri terhadap kerikil sebesar 10%, 20%, dan 30%. Hasil uji karakteristik yang ditunjukkan bahwa cangkang kemiri sebagai substitusi kerikil pada pembuatan beton berpengaruh dalam menentukan sifat mekanik beton dan dipengaruhi oleh suhu pembakaran yang dapat mengakibatkan kerusakan struktur pada beton tersebut.

2. (Amri dan Irwan, 2019)

Amri dan Irwan melakukan penelitian dengan judul pengaruh penambahan pecahan kulit kemiri sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada beton terhadap massa dan kuat tekan beton. Penambahan kulit kemiri pada campuran beton mengakibatkan penurunan kuat tekan beton normal disetiap variasi persentasenya. Hal ini di sebabkan campuran kulit kemiri tidak cukup kuat untuk menjadi pengganti agregat kasar, sehingga mengakibatkan penurunan kuat tekan beton

3. (Minanulloh dkk., 2020)

Minanullah, dkk pada tahun 2020 melakukan penelitian dengan judul pengaruh penambahan abu cangkang kemiri terhadap kuat tekan beton K-300. Hasil penelitian menunjukkan bahwa presentase optimum dari penambahan abu cangkang Kemiri adalah sebesar 15% dari berat semen dengan kuat tekan maksimum sebesar 428,210 kg/cm².

4. (Simanjuntak dkk., 2021)

Simanjuntak, dkk melakukan penelitian dengan judul pengujian kuat tekan beton terhadap penggunaan cangkang kemiri pada beton ramah lingkungan pada tahun 2020. Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan bahwa terjadi penurunan nilai kuat tekan beton pada benda uji beton dengan tambahan cangkang kemiri. Penurunan tersebut diakibatkan karena cangkang kemiri memiliki nilai penyerapan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan kerikil.

5. (Rahmad dkk., 2022)

Rahmad, dkk melakukan penelitian pada tahun 2022 dengan judul studi substitusi pemanfaatan abu cangkang kemiri sebagai penambahan agregat halus terhadap kuat tekan beton f_c' 14,53 MPa. Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan Campuran beton dengan abu cangkang kemiri f_c' 14,53 terjadi pada persentase penambahan 10% pada umur beton 28 hari yaitu 8,87 MPa, persentase 15% pada umur beton 28 hari yaitu 14,53 MPa, sedangkan pada persentase 20% pada umur beton 28 hari yaitu 12,46 MPa.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan merupakan metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Tahapan awal penelitian yang dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara adalah pengambilan data primer pengujian agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran beton.

Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

1. Data primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu :

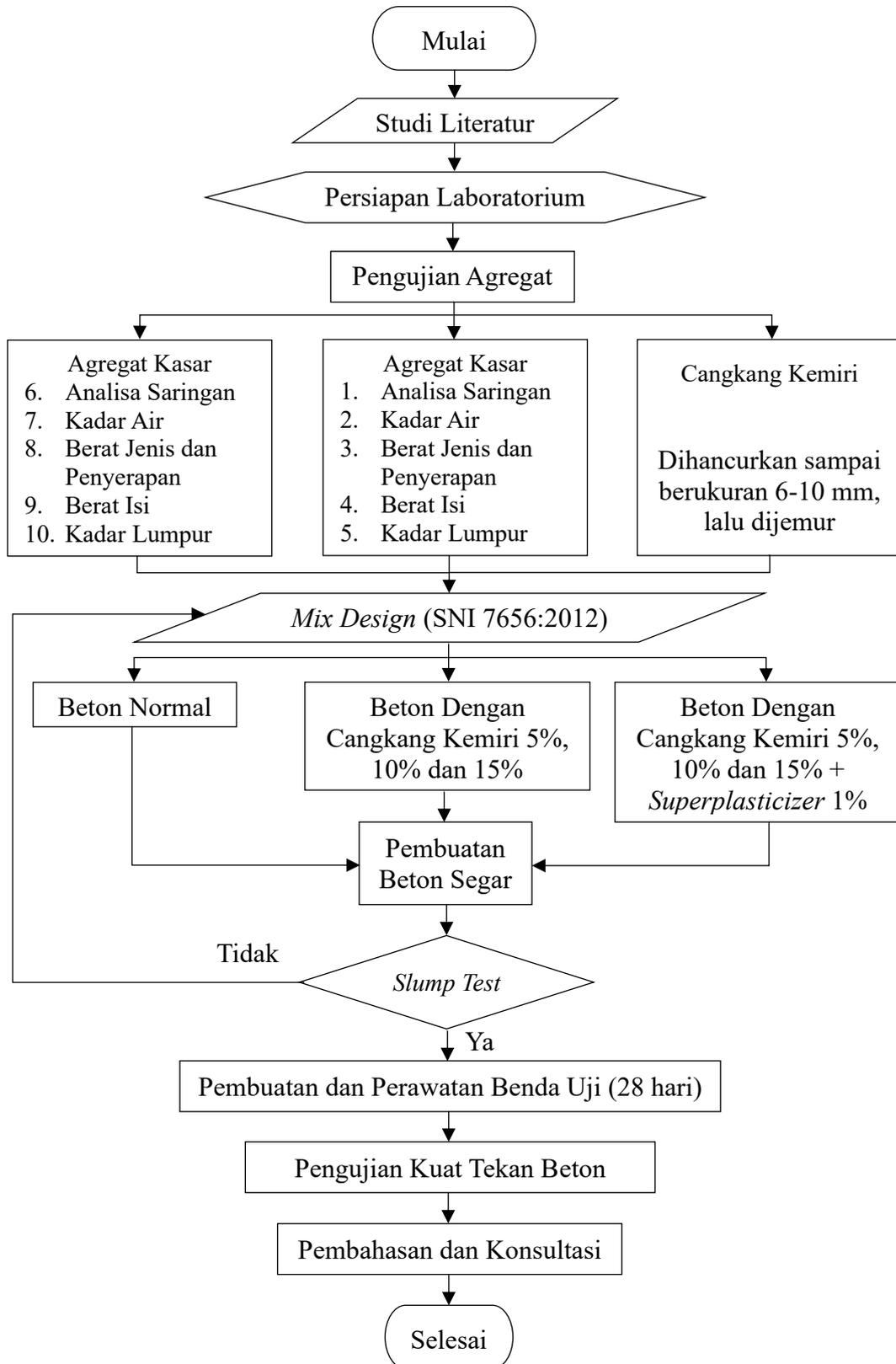
- a. Analisa saringan agregat.
- b. Berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan berat isi agregat.
- d. Pemeriksaan kadar air agregat.
- e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat.
- f. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- g. Kekentalan adukan beton segar (*Slump*).
- h. Uji kuat tarik belah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

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku atau jurnal yang berhubungan dengan teknik beton (literatur) serta konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis yang digunakan yaitu :

- a. Peraturan (SNI 7656:2012) tentang tata cara pemilihan campuran untuk beton normal (*Mix design*).
- b. Peraturan (SNI 1974:2011) tentang cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder.

Langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tempat Penelitian

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

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2024 hingga Agustus 2024.

3.3 Bahan dan Peralatan

Adapun bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

3.3.1 Bahan

Komponen bahan penyusun beton yang digunakan yaitu:

1. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *portland* type 1 dengan merk Tiga Roda.

2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir.

3. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah dengan ukuran maksimal 12,5 mm.

4. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

5. Cangkang kemiri

Cangkang kemiri yang digunakan dengan ukuran 10-6 mm (lolos saringan 3/8" dan tertahan di saringan No.4).

3.3.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Peralatan material
 - a. Satu set saringan agregat halus dan agregat kasar.
Agregat halus : No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, Pan.
Agregat kasar : 1,5", 3/4", 1/2", 3/8", No.4.
 - b. Timbangan digital.
 - c. Plastik ukuran 10 kg.
2. 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. Minyak gemuk.
 - j. Kuas.
 - k. Mesin pengaduk beton (*Mixer*).
 - l. Bak perendam.
3. Alat pengujian kuat tekan beton
 - a. Mesin kuat tekan (*compression test*).

3.4 Pemeriksaan Bahan

Didalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan dilaboratorium mengikuti pedoman dari SNI tentang pemeriksaan agregat:

3.4.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (SNI 1969:2016), standar metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar ini dimaksudkan untuk memberi tuntunan dan arahan bagi para pelaksana di laboratorium dalam melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

Pengujian dilakukan dengan cara contoh agregat direndam dalam air sehingga air masuk ke dalam pori-pori agregat. Setelah itu dikeluarkan agregat dari dalam air, keringkan permukaan lalu timbang. Kemudian timbang kembali agregat dalam keadaan terendam. Terakhir keringkan agregat dalam oven lalu timbanglah untuk ketiga kalinya. Gunakan hasil pengukuran massa dan berat yang diperoleh dan rumus pada metode ini untuk dapat menghitung 3 (tiga) tipe berat jenis dan penyerapan air.

Berat jenis dapat dihitung menggunakan rumus Pers 3.1 :

$$S_w = \frac{B}{B-C} \quad (3.1)$$

Penyerapan air dapat dihitung menggunakan rumus Pers 3.2 :

$$S_w = \frac{B-A}{A} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dimana :

- A : Berat benda uji kering oven.
- B : Berat benda uji Kering permukaan di udara.
- C : Berat benda uji di dalam air.

3.4.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (SNI 1970:2008), standar ini menetapkan cara uji berat jenis curah kering dan berat jenis semu serta penyerapan air agregat halus.

Pengujian dilakukan dengan cara isi piknometer dengan sebagian air lalu masukan agregat halus, tambahkan kembali air. Putar dan gincangkan piknometer dengan tangan untuk menghilangkan gelembung udara. Keluarkan agregat halus lalu keringkan dan timbang beratnya.

Berat jenis dapat dihitung menggunakan rumus Pers 3.3 :

$$S_s = \frac{S}{B+S-C} \quad (3.3)$$

Penyerapan air dapat dihitung menggunakan rumus Pers 3.4 :

$$A_w = \frac{S-A}{A} \times 100\% \quad (3.4)$$

Dimana :

- S : Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan.
- A : Berat benda uji kering oven.
- B : Berat piknometer yang berisi air.
- C : Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas bacaan.

3.4.3 Berat Isi Agregat

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (SNI 03-4804, 1998), Standar ini digunakan untuk menentukan berat isi dari agregat.

Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan agregat ke dalam wadah, lalu meratakan permukaan atas, setelah diratakan bersihkan semua kelebihan agregat yang terdapat pada bagian luar wadah ukur, lalu timbang.

Berat isi dapat dihitung menggunakan rumus pada Pers 3. :

$$\text{Berat isi} = \frac{\text{Berat contoh}}{\text{Volume wadah}} \quad (3.5)$$

3.4.4 Analisa Saringan

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (SNI ASTM C136:2012), Standar ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pengujian analisis saringan agregat halus dan agregat kasar, adapun tujuannya adalah untuk mengetahui gradasi butiran dari agregat halus dan agregat kasar termasuk agregat campuran.

Pengujian dilakukan dengan cara penyiapan contoh uji, penimbangan, pengeringan, dan penyaringan. Hasil pengujian dinyatakan dalam persentase material yang tertahan pada setiap saringan, persentase total dari material yang lolos setiap saringan, dan persentase total dari material yang tertahan pada setiap saringan, serta indeks modulus kehalusan.

Modulus kehalusan dapat dihitung menggunakan rumus pada Pers 3.6 :

$$FM = \frac{\sum \text{Berat tertahan kumulatif}}{100} \quad (3.6)$$

3.4.5 Kadar Lumpur

Alat, bahan dan cara kerja sesuai, (SNI 30-4142-1996) metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat.

Pengujian dilakukan dengan cara benda uji ditimbang kemudian dicuci hingga bersih, setelah dicuci benda uji dikeringka dengan oven dan di timbang kembali.

Kadar lumpur dapat dihitung dengan menggunakan rumus Pers 3.7 :

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W_6}{W_3} \times 100\% \quad (3.7)$$

Dimana :

W_3 : Berat contoh kering + wadah.

W_6 : Berat kotoran agregat lolos saringan No.200.

3.4.6 Kadar Air

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (SNI 1971:2011), standar ini dimaksudkan sebagai acuan para penanggung jawab dan teknis laboratorium untuk menentukan kadar air total agregat dengan cara seragam dan dengan hasil yang akurat. Hasil dari pengujian ini dapat digunakan untuk keperluan pengendalian kadar air agregat pada pekerjaan beton semen dan beton aspal.

Pengujian dilakukan dengan cara contoh agregat ditimbang, dikeringkan dengan cara di oven dan ditimbang kembali kemudian kandungan air agregat dihitung sebagai persen penurunan massa terhadap massa agregat kering oven.

Kadar air dapat dihitung menggunakan rumus Pers 3.8:

$$P = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \quad (3.8)$$

Dimana :

W_1 : Massa benda uji.

W_2 : Massa benda uji Kering Oven.

3.5 Superplasticizer

Superplasticizer yang digunakan sebanyak 1% dari berat semen. Ditambahkan pada saat adukan beton sudah merata dan diaduk selama beberapa saat sehingga tercampur dengan merata.

3.6 Pengolahan Cangkang Kemiri

Cangkang kemiri di hancurkan dengan palu sehingga berukuran 10-6 mm (lolos saringan 3/8" dan tertahan di saringan No.4), kemudian cangkang kemiri dikeringkan di bawah sinar matahari.

3.7 Perencanaan Campuran Beton Menurut SNI 7656:2012

Perencanaan komposisi campuran adukan beton normal menurut SNI 7656:2012. Metode ini memberikan perkiraan awal pemilihan campuran yang diperiksa lebih lanjut dengan percobaan dilaboratorium.

Perencanaan dilakukan dengan cara pemilihan slump kemudian pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum yang akan digunakan dalam campuran beton, perkiraan air pencampur dan kandungan udara, pemilihan rasio air-semen atau rasio air-bahan bersifat semen, selanjutnya perhitungan kadar semen, agregat kasar dan agregat halus. Selanjutnya penyesuaian terhadap kelembaban agregat dan yang terakhir pengaturan campuran percobaan. Komposisi bahan campuran dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Kode benda uji dan komposisi campuran benda uji.

No	Kode Benda Uji	Agregat Kasar	Agregat Halus	Semen	Cangkang Kemiri	<i>Superplasticizer</i>	Jumlah Sampel
1	BN	100%	100%	100%	0%	0%	3
2	BK 1	95%	100%	100%	5%	0%	3
3	BK 2	90%	100%	100%	10%	0%	3
4	BK 3	85%	100%	100%	15%	0%	3
5	BKS 1	95%	100%	100%	5%	1%	3
6	BKS 2	90%	100%	100%	10%	1%	3
7	BKS 3	85%	100%	100%	15%	1%	3
Jumlah							21

Keterangan:

BN : Beton Normal.

BK 1 : Beton dengan cangkang kemiri 5%.

BK 2 : Beton dengan cangkang kemiri 10%.

BK 3 : Beton dengan cangkang kemiri 15%.

BKS 1 : Beton dengan cangkang kemiri 5% dan *Superplasticizer* 1%.

BKS 2 : Beton dengan cangkang kemiri 10% dan *Superplasticizer* 1%.

BKS 3 : Beton dengan cangkang kemiri 15% dan *Superplasticizer* 1%.

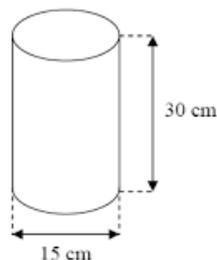
3.8 Slump Test

Pengukuran tinggi *slump* dilakukan untuk menentukan kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability* nya. Pengujian slump dilakukan berdasarkan (SNI 1972:2008) yang telah ditetapkan.

Pengujian dilakukan dengan cara campuran beton segar dimasukkan kedalam kerucut abram dan dipadatkan dengan batang penusuk, kemudia cetakan diangkat dan beton dibiarkan sampai terjadi penurunan pada permukaan bagian atas beton. Jarak antara posisi permukaan semula dan posisi setelah peneurunan pada pusat permukaan atas beton diukur dan dilaporkan sebagai nilai slump beton.

3.9 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm, ilustrasi benda uji yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Benda uji silinder.

3.10 Perawatan Beton

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan basah sesuai (SNI 2493:2011) dengan cara melakukan perendaman dalam air sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 28 hari.

3.11 Pengujian Kuat Tekan

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (SNI 1974:2011), standar ini meliputi penetapan kuat tekan beton benda uji berbentuk silinder yang dicetak baik di laboratorium maupun di lapangan. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan pembebanan pada benda uji hingga benda uji hancur, dan catat beban maksimum yang diterima benda uji selama pembebanan dan catat tipe kehancuran dan kondisi visual benda uji beton.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

Sebuah data dari penelitian perlu dilakukan sebuah analisis dan pembahasan untuk memperoleh tujuan yang direncanakan. Pada bab ini akan dijabarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan peneliti di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang diawali dengan pemeriksaan bahan penyusun beton, perencanaan campuran beton, pencampuran bahan penyusun beton, dan pengujian beton yang telah dibuat.

4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat

Pada pemeriksaan agregat, baik agregat halus maupun kasar dilakukan di laboratorium teknik sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat.

4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang berasal dari Binjai. Secara umum mutu pasir Binjai sudah memenuhi kondisi untuk dapat dipergunakan menjadi bahan bangunan, adapun pemeriksaan yang dilakukan meliputi analisa saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, berat isi, dan kadar lumpur.

4.3.1 Pengujian Analisa Saringan

Pelaksanaan pengujian analisa saringan berpedoman pada (SNI ASTM C136:2012). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil pengujian analisa agregat halus.

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif (%)		Spesifikasi
			Tertahan (c)	Lolos (d)	
mm(inci)	Gram (a)	Gram (b)			
76,2 mm (3 inci)					
3,5 mm (2 1/2inci)					
50,8 mm (2 inci)					
36,1 mm (1 1/2 inci)					
25,4 mm (1 inci)					
19,1 mm (3/4 inci)					
12,7 mm (1/2 inci)					
9,52 mm (3/8 inci)			0	100,00	
4,75 mm (No, 4)	11	11	3,67	96,33	
2,36 mm (No, 8)	23	34	11,33	88,67	
1,18 mm (No, 16)	32	66	22,00	78,00	
0,6 mm (No, 30)	42	108	36,00	64,00	
0,3 mm (No, 50)	169	277	92,33	7,67	
0,15 mm (No, 100)	8	285	95,00	5,00	
0,075 mm (No, 200)	9	294	98,00	2,00	
Pan	6	300	100,00	0,00	
Total	300	-	260,33	-	

Berdasarkan Tabel 4.1 maka diperoleh nilai modulus kehalusan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Kehalusan} &= \frac{\sum \text{Berat tertahan kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{260,33}{100} \\
 &= 2,60
 \end{aligned}$$

Pada umumnya modulus kehalusan agregat halus mempunyai interval antara 1,5 sampai 3,8. Dari hasil pengujian didapat hasil modulus kehalusan sebesar 2,60 yang berarti nilai ini juga sudah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan pada Tabel 4.14 untuk menjadi campuran beton.

4.3.2 Kadar Air

Pelaksanaan pengujian kadar air berpedoman pada (SNI 1971:2011). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

	Benda Uji ke 1	Benda Uji ke 2
Massa wadah + benda uji	2026 gr	2059 gr
Massa wadah	506 gr	493 gr
Massa benda uji (W_1)	1520 gr	1566 gr
Massa wadah + benda uji	1976 gr	2002 gr
Massa wadah	506 gr	493 gr
Massa benda uji Kering Oven (W_2)	1470 gr	1509 gr
Kadar air total (P) $\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$	3,40%	3,78%
Kadar air total (P) rata-rata	3,59%	

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 3,40% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 3,78%. Maka hasil kadar air rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar 3,59%. Hasil pengujian tersebut memenuhi batas interval kadar air agregat halus yaitu 3% sampai 5%.

4.3.3 Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air berpedoman pada (SNI 1970:2008). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	Gram
Berat benda uji kering oven	A	493	491	Gram
Berat piknometer yang berisi air	B	672	672	Gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas bacaan	C	1009	1011	Gram
Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (S_d)	$\frac{A}{B+S-C}$	3,02	3,05	3,04
Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s)	$\frac{S}{B+S-C}$	3,07	3,11	3,09

Tabel 4.3: Lanjutan.

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat jenis semu (S_a)	$\frac{A}{B+A-C}$	3,16	3,23	3,20
Penyerapan air (S_w)	$\frac{S-A}{A} \times 100\%$	1,42	1,83	1,63

Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali dengan pengujian pertama didapatkan sebesar 3,07 gr/cm³ sedangkan pengujian kedua didapatkan sebesar 3,11 gr/cm³, maka rata-rata berat jenis jenuh kering permukaan (S_s) sebesar 3,09 gr/cm³, hasil pengujian tersebut sudah memenuhi interval batas berat jenis yaitu 1,6 sampai 3,2. Penyerapan air untuk pengujian pertama didapatkan sebesar 1,42% sedangkan pengujian kedua sebesar 1,83%, sehingga rata-rata penyerapan air (S_w) rata-rata 1,63%, Hasil tersebut juga sudah memenuhi interval penyerapan air yaitu 0,2 sampai 2%. Sehingga agregat halus tersebut dapat digunakan sebagai campuran beton.

4.3.4 Berat Isi Agregat

Pelaksanaan pengujian berat isi agregat berpedoman pada (SNI 03-4804, 1998). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Hasil perhitungan berat isi agregat halus.

Agregat Halus	Notasi	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat wadah + isi	1	5036	5226	5465	Gram
Berat wadah	2	1540	1540	1540	Gram
Volume wadah	3	2461,76	2461,76	2461,76	Cm ³

Perhitungan	Persamaan	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat contoh (4)	1-2	3496	3686	3925	Gram
Berat isi	4/3	1,42	1,50	1,59	Gram/cm ³
Rata-rata berat isi		1,50			Gram/cm ³
		1503,94			Kg/m ³

Pengujian dilakukan dengan tiga cara, cara lepas didapatkan berat isi sebesar 1,42 gr/cm³, cara rojok sebesar 1,50 gr/cm³, dan cara goyang sebesar 1,59 gr/cm³. Maka rata-rata berat isi agregat halus sebesar 1,50 gr/cm³.

4.3.5 Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur berpedoman pada (SNI 30-4142-1996). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

Agregat halus lolos saringan No.4	Notasi	I	II	Satuan
Berat wadah + isi	W_1	2058	2175	Gram
Berat wadah	W_2	493	506	Gram
Berat contoh kering + wadah	W_3	2011	2122	Gram

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat kering contoh awal (W_3)	$W_1 - W_2$	1565	1669	1617,00
Berat kering contoh setelah di cuci (W_5)	$W_4 - W_2$	1518	1616	1567,00
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 (W_6)	$W_3 - W_5$	47	53	50,00
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200	$\frac{W_6}{W_3} \times 100\%$	3,00	3,18	3,09

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 3,00% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 3,18%. Maka hasil kadar lumpur rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar 3,09%. Agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran beton karena memenuhi batas interval kadar lumpur agregat halus yaitu 0,2% sampai 6%.

4.4 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah yang berasal dari Binjai. Secara umum mutu batu pecah Binjai sudah memenuhi kondisi untuk dapat dipergunakan menjadi bahan bangunan, adapun pemeriksaan yang dilakukan meliputi analisa saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, berat isi, dan kadar lumpur.

4.4.1 Pengujian Analisa Saringan

Pelaksanaan pengujian analisa saringan berpedoman pada (SNI ASTM C136:2012). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.6: Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif (%)		Spesifikasi
			Tertahan (c)	Lolos (d)	
mm(inci)	Gram (a)	Gram (a)			
76,2 mm (3 inci)					
63,5 mm (2 1/2 inci)					
50,8 mm (2 inci)					
36,1 mm(1 1/2 inci)					
25,4 mm (1 inci)					
19,1 mm (3/4 inci)			0	100,00	
12,7 mm (1/2 inci)	1765	1765	70,60	29,40	
9,52 mm (3/8 inci)	540	2305	92,20	7,80	
4,75 mm (No.4)	181	2486	99,44	0,56	
2,36 mm (No.8)	-	-	100,00	0,00	
1,18 mm (No.16)	-	-	100,00	0,00	
0,6 mm (No.30)	-	-	100,00	0,00	
0,3 mm (No.50)	-	-	100,00	0,00	
0,15 mm (No.100)	-	-	100,00	0,00	
0,075 mm (No.200)	-	-	100,00	0,00	
Pan	360	2500	100,00	0,00	
Total	2500	-	762	-	

Berdasarkan Tabel 4.6 maka diperoleh nilai modulus kehalusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Kehalusan} &= \frac{\sum \text{Berat tertahan kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{762}{100} \\
 &= 7,62
 \end{aligned}$$

Nilai ini sudah sudah memenuhi interval untuk modulus kehalusan agregat kasar yaitu antara 5,50 sampai 8,50. Jadi nilai modulus kehalusan yang diperoleh dari pengujian yaitu 7,62 telah sesuai spesifikasi, sehingga agregat kasar ini dapat digunakan untuk campuran beton.

4.4.2 Kadar Air

Pelaksanaan pengujian kadar air berpedoman pada (SNI 1971:2011). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Hasil pengujian kadar air agregat kasar.

	Benda Uji ke 1	Benda Uji ke 2
Massa wadah + benda uji	4153 gr	3988 gr
Massa wadah	565 gr	494 gr
Massa benda uji (W_1)	3588 gr	3494 gr
Massa wadah + benda uji	4112 gr	3944 gr
Massa wadah	565 gr	494 gr
Massa benda uji Kering Oven (W_2)	3547 gr	3450 gr
Kadar air total (P) $\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$	1,16%	1,28%
Kadar air total (P) rata-rata	1,22%	

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 1,16% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 1,28%. Maka hasil kadar air rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar 1,22%. Hasil pengujian tersebut memenuhi batas interval kadar air agregat kasar yaitu 0,5% sampai 2%.

4.4.3 Berat Jenis dan Penyerapan

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air berpedoman pada (SNI 1969:2016). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kering oven	A	3985	3821	Gram
Berat benda uji Kering permukaan di udara	B	4012	3845	Gram
Berat benda uji di dalam air	C	2245	2146	Gram

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (S_d)	$\frac{A}{B-C}$	2,26	2,25	2,25
Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s)	$\frac{B}{B-C}$	2,27	2,26	2,27
Berat jenis semu (S_a)	$\frac{A}{A-C}$	2,29	2,28	2,29
Penyerapan air (S_w)	$\frac{B-A}{A} \times 100\%$	0,68	0,63	0,65

Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali dengan pengujian pertama didapatkan sebesar 2,27 gr/cm³ sedangkan pengujian kedua didapatkan sebesar 2,26 gr/cm³, maka rata-rata berat jenis jenuh kering permukaan (S_s) sebesar 2,27 gr/cm³, hasil pengujian tersebut sudah memenuhi interval batas berat jenis yaitu 1,6 sampai 3,2. Penyerapan air untuk pengujian pertama didapatkan sebesar 0,68% sedangkan pengujian kedua sebesar 0,63%, sehingga rata-rata penyerapan air (S_w) rata-rata 0,65%. Hasil tersebut juga sudah memenuhi interval penyerapan air yaitu 0,2 sampai 4%. Sehingga agregat halus tersebut dapat digunakan sebagai campuran beton.

4.4.4 Berat Isi

Pelaksanaan pengujian berat isi agregat berpedoman pada (SNI 03-4804, 1998). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Hasil pengujian berat isi agregat kasar.

Agregat Kasar	Notasi	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat wadah + isi	1	6212	6358	6598	Gram
Berat wadah	2	1540	1540	1540	Gram
Volume wadah	3	2461,76	2461,76	2461,76	Cm ³

Perhitungan	Persamaan	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat contoh (4)	1-2	4672	4818	5058	Gram
Berat isi	4/3	1,90	1,96	2,05	Gram/cm ³
Rata-rata berat isi		1,97			Gram/cm ³
		1969,86			Kg/m ³

Pengujian dilakukan dengan tiga cara, cara lepas didapatkan berat isi sebesar 1,90 gr/cm³, cara rojok sebesar 1,96 gr/cm³, dan cara goyang sebesar 2,05 gr/cm³. Maka rata-rata berat isi agregat halus sebesar 1,97 gr/cm³.

4.4.5 Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur berpedoman pada (SNI 30-4142-1996). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Agregat kasar lolos saringan $\frac{3}{4}$ inci	Notasi	I	II	Satuan
Berat wadah + isi	W ₁	2495	2570	Gram
Berat wadah	W ₂	493	565	Gram
Berat contoh kering + wadah	W ₃	2479	2549	Gram

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat kering contoh awal (W ₃)	W ₁ -W ₂	2002	2005	2003,50
Berat kering contoh setelah di cuci (W ₅)	W ₄ -W ₂	1986	1984	1985,00
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 (W ₆)	W ₃ -W ₅	16	21	18,50
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200	$\frac{W_6}{W_3} \times 100\%$	0,80	1,05	0,92

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 0,80% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 1,05%. Maka hasil kadar lumpur rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar

0,92%. Agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran beton karena memenuhi batas interval kadar lumpur agregat kasar yaitu 0,2% sampai 1%.

4.5 Perencanaan Campuran Beton

Setelah pengujian agregat halus dan kasar selesai dilakukan, selanjutnya penulis akan menggunakan data-data tersebut untuk perencanaan campuran beton berdasarkan SNI 7656:2012. Adapun data-data yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Data yang akan digunakan.

Data pengujian	Nilai
Mutu beton rencana	25 Mpa
Berat kering oven agregat kasar	1709 kg/m ³
Berat jenis semen tanpa tambahan udara	3,15
Modulus kehalusan agregat halus	2,60
Berat jenis (ssd) agregat halus	3,09 gr/cm ³
Berat jenis (ssd) agregat kasar	2,27 gr/cm ³
Penyerapan air agregat halus	1,63%
Penyerapan air agregat kasar	0,65%

Banyaknya masing-masing bahan per m³ beton dihitung sebagai berikut

1. Slump yang disyaratkan 75 mm sampai dengan 100 mm.
2. Agregat yang digunakan memiliki ukuran nominal maksimum 12,5 mm.
3. Beton yang dibuat adalah beton tanpa tambahan udara, karena beton tidak akan terkena pemaparan tingkat berat. Dari Tabel 4.12, banyaknya air pencampuran untuk beton tanpa tambahan udara dengan slump 75 mm sampai dengan 100 mm dan besar butir agregat maksimum yang dipakai 12,7 mm adalah 216 kg/m³.

Tabel 4.12: Perkiraan kebutuhan air pencampuran dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah.

Air (kg/m³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 (mm)	12,7 (mm)	19 (mm)	25 (mm)	37,5 (mm)	50 (mm)	75 (mm)	150 (mm)
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
>175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Banyaknya udara Dakan beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan sebagai berikut								
Ringan(%)	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Berat (%)	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

4. Rasio air-semen untuk beton berkekuatan 25 MPa adalah 0,61 berdasarkan Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen $\{w/(c+p)\}$ dan kekuatan beton.

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

5. Dari data yang diperoleh di langkah 3 dan langkah 4, banyaknya kadar semen adalah $216 / 0,61 = 354,10$ kg
6. Banyaknya agregat kasar diperkirakan dari Tabel 4.14, untuk agregat halus dengan modulus kehalusan 2,60 dan agregat kasar dengan ukuran nominal maksimum 12,7 mm, memberikan angka sebesar $0,57 \text{ m}^3$ untuk setiap m^3 beton.

Tabel 4.14: Volume agregat kasar per satuan volume beton.

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* persatuan 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

Dengan demikian, berat keringnya $0,57 \times 1709 = 974,18$ kg

7. Dengan sudah diketahuinya jumlah air, semen, dan agregat kasar, maka bahan lain yang akan digunakan untuk membuat 1 m^3 beton adalah agregat halus dan udara yang akan terperangkap, banyaknya agregat halus dapat ditentukan berdasarkan berat atau volume absolut sebagai berikut :

7.1 Atas dasar massa (berat)

Tabel 4.15: 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

Dari Tabel 4.15, massa 1 m³ beton tanpa tambahan udara yang dibuat dengan agregat berukuran nominal maksimum 12,5 mm, diperkirakan sebesar 2310 kg, untuk campuran percobaan pertama, pengaturan pasti nilai ini akibat adanya perbedaan slump, faktor semen, dan berat jenis agregat tidaklah begitu penting, berat (massa) yang sudah diketahui adalah :

Air (berat bersih)	216 kg
Semen	354,10 kg
<u>Agregat kasar</u>	<u>974,18 kg</u>
Jumlah	1544,28 kg

Maka, berat (massa) agregat halus $2310 - 1544,28 = 765,72$ kg

7.2 Atas dasar volume absolut

Dengan jumlah air, semen dan agregat kasar yang ada, dan perkiraan adanya udara terperangkap sebesar 1 persen diberikan dalam Tabel 4.12 (berlawanan dengan udara yang ditambahkan), maka agregat halus dapat dihitung sebagai berikut :

Volume air	$= 216 / 1000 = 0,216 \text{ m}^3$
Volume padat semen	$= 354,10 / (3,15 \times 1000) = 0,112 \text{ m}^3$
Volume absolut agregat kasar	$= 974,18 / (2,27 \times 1000) = 0,430 \text{ m}^3$
Volume udara terperangkap	$= 1\% \times 1 = 0,010 \text{ m}^3$
Jumlah volume padat bahan selain agregat halus	$= 0,768 \text{ m}^3$

Volume agregat halus dibutuhkan $= 1 - 0,768 = 0,232 \text{ m}^3$

Berat agregat halus kering yang dibutuhkan $= 0,232 \times 3,09 \times 1000$
 $= 715,55$ kg

7.3 Perbandingan berat campuran satu meter kubik beton yang dihitung dengan dua cara perhitungan di atas dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Perbandingan campuran beton dengan dua cara.

	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
Air (berat bersih)	216	216
Semen	354,10	354,10
Agregat kasar (kering)	974,18	974,18
Agregat halus (kering)	765,72	715,55

8. Koreksi terhadap kandungan air

Pengujian menunjukkan kadar air sebesar 0,80% pada agregat kasar dan 3,11% pada agregat halus, jika proporsi campuran percobaan dengan anggapan berat (massa) yang digunakan, maka berat (massa) penyesuaian dari agregat menjadi

$$\begin{aligned} \text{Agregat kasar (basah)} &= 974,18 \times (1 \times 0,0122) &= 986,02 \text{ kg} \\ \text{Agregat halus (basah)} &= 765,72 \times (1 \times 0,0359) &= 793,20 \text{ kg} \end{aligned}$$

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan, dengan demikian, air pada permukaan diberikan dari agregat kasar $(1,22 - 0,65) = 0,56\%$; dari agregat halus $(3,59 - 1,63) = 1,96\%$, dengan demikian, kebutuhan perkiraan air yang ditambahkan

$$219 - (974,18 \times 0,56\%) - (765,72 \times 1,96\%) = 195,49 \text{ kg}$$

Perkiraan berat campuran untuk 1 m^3 beton didapatkan sebagai berikut :

- Semen = 354,10 Kg
- Agregat Halus = 793,20 Kg
- Agregat Kasar = 986,02 Kg
- Air = 195,49 Kg

4.6 Kebutuhan Bahan

Berdasarkan hasil perencanaan campuran beton, maka kebutuhan bahan untuk benda uji silinder sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi silinder} &= 30 \text{ cm} = 0,30 \text{ m} \\ \text{Diameter silinder} &= 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m} \\ \text{Volume silinder} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,15^2 \times 0,30 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kebutuhan bahan pada setiap variasi dapat dilihat pada Tabel 4.17 untuk 1 benda uji.

Tabel 4.17 : Tabel kebutuhan bahan.

No	Kode Benda Uji	Semen + <i>Superplasticizer</i>		Agregat Kasar		Agregat Halus (kg)	Air (kg)
		Semen (kg)	<i>Superplasticizer</i> (kg)	Batu Pecah (kg)	Cangkang Kemiri (kg)		
1	BN	100% 1,88	-	100% 5,22	-	100% 4,20	100% 1,04
2	BK 1	100% 1,88	-	95% 4,96	5% 0,26	100% 4,20	100% 1,04
3	BK 2	100% 1,88	-	90% 4,70	10% 0,52	100% 4,20	100% 1,04
4	BK 3	100% 1,88	-	85% 4,44	15% 0,78	100% 4,20	100% 1,04
5	BKS 1	100% 1,88	1% 0,02	95% 4,96	5% 0,26	100% 4,20	100% 1,04
6	BKS 2	100% 1,88	1% 0,02	90% 4,70	10% 0,52	100% 4,20	100% 1,04
7	BKS 3	100% 1,88	1% 0,02	85% 4,44	15% 0,78	100% 4,20	100% 1,04

4.7 Slump Test

Pelaksanaan *slump test* berpedoman pada (SNI 1972:2008). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 : Hasil pengujian slump.

No	Variasi	Nilai Slump (mm)
1	BN	92
2	BK 1	96
3	BK 2	100
4	BK 3	110
5	BKS 1	113
6	BKS 2	117
7	BKS 3	121

Hasil *slump test* pada beton yang menggunakan cangkang kemiri sebagai substitusi agregat kasar dan *Superplasticizer* sebagai bahan tambah dapat meningkat karena kombinasi sifat fisik cangkang kemiri yang ringan dan halus dengan efek *Superplasticizer* yang meningkatkan *workability* beton. Cangkang kemiri yang memiliki penyerapan air lebih rendah memungkinkan lebih banyak air bebas dalam campuran, sementara *Superplasticizer*, sebagai *superplasticizer*,

mengurangi gesekan antar partikel beton dan meningkatkan fluiditas. Efek sinergis antara keduanya membuat campuran beton lebih mudah mengalir, sehingga nilai slump test menjadi lebih tinggi (Jamal dkk., 2017).

Nilai slump 120 mm masih aman digunakan untuk kebanyakan aplikasi beton, seperti pengecoran pada pelat lantai atau dinding, karena memberikan kemudahan aliran beton. Meskipun lebih cair, selama komposisi campuran beton terkontrol dengan baik, beton ini tetap dapat memiliki kekuatan tarik yang memadai.

4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan

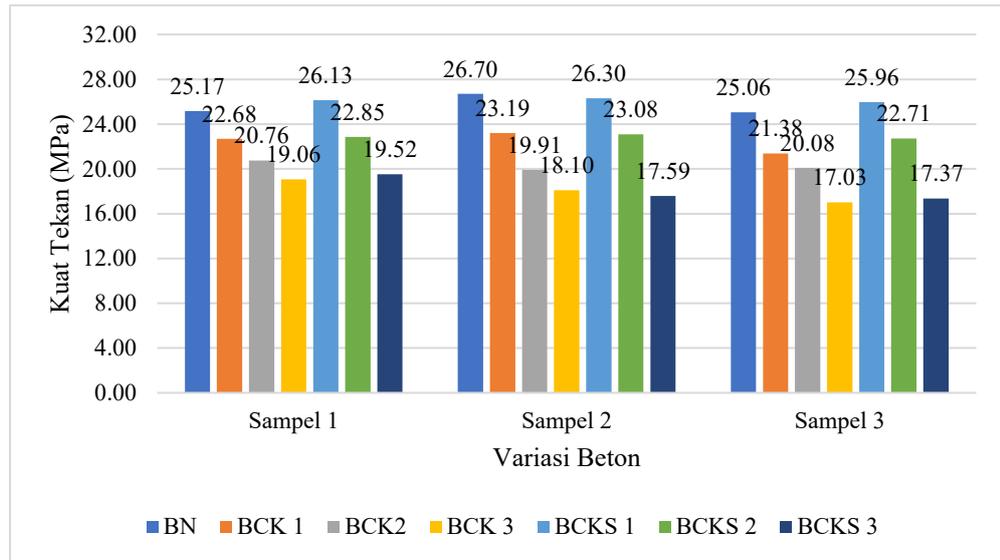
Pengujian kuat tekan dilaksanakan pada saat umur beton sudah mencapai 28 hari. Pengujian ini dilakukan berpedoman (SNI 1974:2011).

Hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Tabel 4.20.

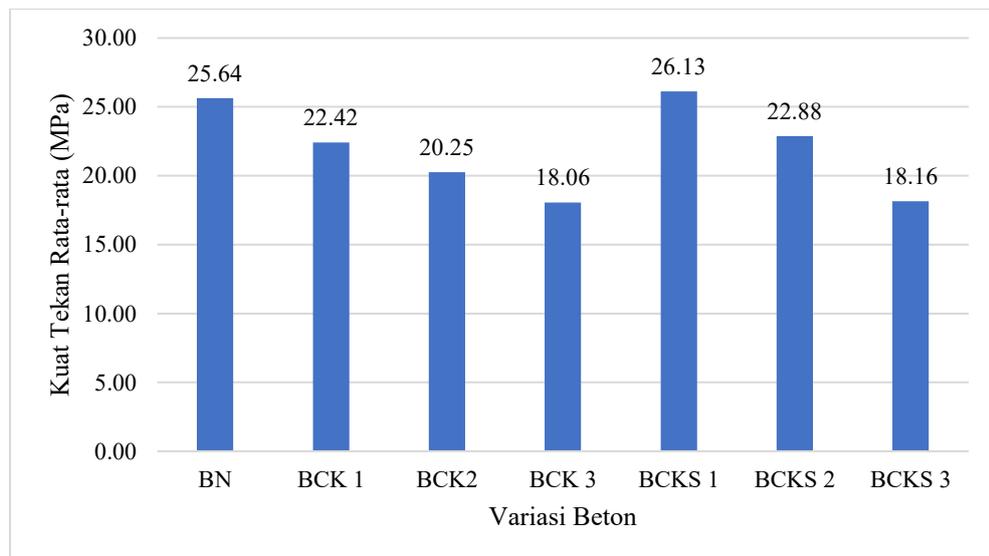
Tabel 4.19: Hasil pengujian kuat tekan.

Variasi Beton	A (mm ²)	Gaya Tekan (P) (N)			Kuat Tekan (P/A) (Mpa)			Kuat Tekan Rata-rata
		1	2	3	1	2	3	
BN	17678,46	445000	472000	443000	25,17	26,70	25,06	25,64
BK 1	17678,46	401000	410000	378000	22,68	23,19	21,38	22,42
BK 2	17678,46	367000	352000	355000	20,76	19,91	20,08	20,25
BK 3	17678,46	337000	320000	301000	19,06	18,10	17,03	18,06
BKS 1	17678,46	462000	465000	459000	26,13	26,30	25,96	26,13
BKS 2	17678,46	404000	408000	401500	22,85	23,08	22,71	22,88
BKS 3	17678,46	345000	311000	307000	19,52	17,59	17,37	18,16

Berikut pada Gambar 4.2 dapat dilihat naik dan turunnya nilai kuat tarik belah beton secara keseluruhan dan pada Gambar 4.3 untuk nilai rata-ratanya.



Gambar 4.1: Grafik kuat tekan secara keseluruhan.



Gambar 4.2: Grafik perbandingan kuat tekan rata-rata.

Kuat tekan beton yang menggunakan cangkang kemiri sebagai agregat kasar cenderung menurun karena sifat mekanis cangkang kemiri yang lebih lemah dan permukaan yang kurang optimal untuk ikatan dengan pasta semen, sehingga beton menjadi kurang mampu menahan beban. Namun, ketika *Superplasticizer* ditambahkan, bahan ini meningkatkan *workability* dan *homogenitas* campuran, serta memperbaiki proses hidrasi semen, yang secara keseluruhan membantu mengatasi kelemahan cangkang kemiri dan meningkatkan kuat tekan beton.

Superplasticizer memungkinkan pembentukan ikatan yang lebih kuat dan struktur yang lebih padat, sehingga beton dengan cangkang kemiri dan *Superplasticizer* menunjukkan peningkatan kuat tekan dibandingkan dengan tanpa *Superplasticizer* (Siregar, 2015).

Perhitungan perbandingan hasil kuat tarik beton normal terhadap beton cangkang kemiri dengan *superplasticizer* dapat dilihat di bawah ini.

- a. Variasi BK 1 (cangkang kemiri 5%)

$$= \frac{\text{BK 1} - \text{BN}}{\text{BN}} \times 100\%$$

$$\frac{22,42 - 25,64}{25,64} \times 100\% = -12,57\%$$

- b. Variasi BK 2 (cangkang kemiri 10%)

$$= \frac{\text{BK 2} - \text{BN}}{\text{BN}} \times 100\%$$

$$\frac{20,25 - 25,64}{25,64} \times 100\% = -21,03\%$$

- c. Variasi BK 3 (cangkang kemiri 15%)

$$= \frac{\text{BK 3} - \text{BN}}{\text{BN}} \times 100\%$$

$$\frac{18,06 - 25,64}{25,64} \times 100\% = -29,56\%$$

- d. Variasi BKS 1 (cangkang kemiri 5% + *superplasticizer* 1%)

$$= \frac{\text{BKS 1} - \text{BN}}{\text{BN}} \times 100\%$$

$$\frac{26,13 - 25,64}{25,64} \times 100\% = 1,91\%$$

- e. Variasi BKS 2 (cangkang kemiri 10% + *superplasticizer* 1%)

$$= \frac{\text{BKS 2} - \text{BN}}{\text{BN}} \times 100\%$$

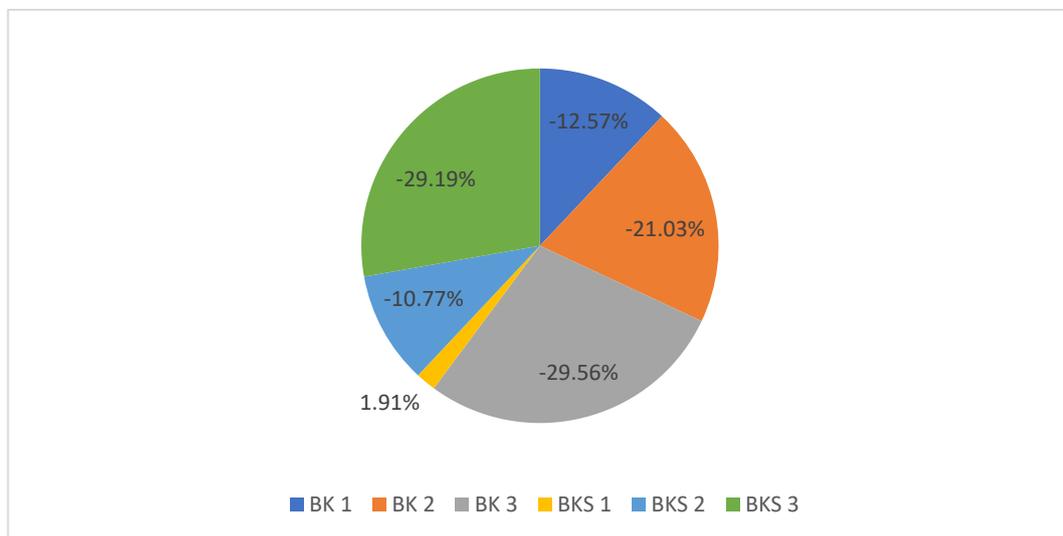
$$\frac{22,88 - 25,64}{25,64} \times 100\% = -10,77\%$$

- f. Variasi BKS 3 (cangkang kemiri 15% + *superplasticizer* 1%)

$$= \frac{\text{BKS 3} - \text{BN}}{\text{BN}} \times 100\%$$

$$= \frac{18,16 - 25,64}{25,64} \times 100\% = -29,19\%$$

Penambahan cangkang kemiri pada beton menyebabkan kuat tarik belah beton mengalami penurunan sebesar 12,57% untuk variasi BK 1, 21,03% untuk variasi BK 2 dan 29,56% untuk variasi BK 3 dari beton normal. Tetapi saat ditambahkan dengan *Superplasticizer* menyebabkan kuat tekan mengalami kenaikan sebesar 1,91% untuk variasi BKS 1, tetapi pada variasi BKS 2 dan BKS 3 mengalami penurunan masing-masing sebesar 10,77% dan 29,19%. Grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3: Perbandingan hasil kuat tekan dalam persentase.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian beton cangkang kemiri dengan *Superplasticizer*, maka didapatkanlah beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Cangkang kemiri tidak cocok untuk kuat tekan beton karena memiliki porositas tinggi, modulus elastisitas rendah, dan permukaan halus yang mengurangi ikatan dengan pasta semen, sehingga mengurangi kepadatan dan kekuatan beton., namun penambahan *Superplasticizer* meningkatkan *workability* dan distribusi material, sehingga kekuatan tekan membaik.
2. Persentase cangkang kemiri yang menghasilkan kekuatan tekan beton tertinggi adalah 5%. Pada substitusi lebih dari 5%, kekuatan tekan menurun karena sifat mekanis cangkang kemiri yang lebih lemah dibandingkan dengan agregat alami, sehingga memengaruhi struktur internal beton.
3. Pengaruh cangkang kemiri yang terendah terjadi pada variasi BK 3 yang memiliki kuat tekan 18,06 MPa, 29,56% lebih rendah dari beton normal 25,64 MPa , dan yang tertinggi terjadi pada variasi BKS 1 yang memiliki kuat tekan 26,13 MPa, 1,91% lebih tinggi dari beton normal.

5.2 Saran

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

1. Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi penggunaan berbagai jenis bahan tambah lain selain *Superplasticizer*, seperti *fly ash*, *silica fume*, atau nano-materials, untuk melihat bagaimana kombinasi ini dapat mempengaruhi kekuatan dan durabilitas beton dengan substitusi cangkang kemiri.
2. Penelitian ini sebaiknya juga mencakup studi durabilitas beton jangka panjang, seperti ketahanan terhadap siklus pembekuan-pencairan, ketahanan terhadap serangan kimia, atau permeabilitas air. Ini penting untuk memahami sejauh

mana penggunaan cangkang kemiri mempengaruhi kinerja beton dalam kondisi lingkungan yang lebih ekstrem.

3. Selain uji laboratorium, disarankan untuk melakukan uji coba dalam skala lapangan untuk melihat performa beton dengan cangkang kemiri dalam kondisi aplikasi nyata, misalnya pada konstruksi jalan, dinding, atau pondasi bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- 1974-2011, S. (2011). SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 20.
- Amri, D., & Irwan, I. (2019). Pengaruh Penambahan Pecahan Kulit Kemiri Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Beton Terhadap Massa Dan Kuat Tekan Beton. *Journal Of Civil Engineering, Building And Transportation*, 3(2), 88. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v3i2.2778>
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. *Bandung: Badan Standardisasi Nasional*, 251.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2008). SNI 1972 : 2008 Cara Uji Slump Beton. *Badan Standar Nasional*, 1–5.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2016). SNI 1969-2016 : Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. In *Standar Nasional Indonesia*.
- Beton, P. M. (1994). *Perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton ~ •*.
- BSN. (1996). Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No 200 (0,075 mm). *Badan Standar Nasional Indonesia*, 200(200), 1–6.
- BSN. (2011). SNI 1971-2011 Cara Uji Kadar Air Total dengan Pengeringan. In *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.
- BSN. (2012). SNI ASTM C 136-2012 Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. In *Badan Standardisasi Nasional*. <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/9112-sniastmc1362012>
- Haris, Z. A. (2023). *Penggunaan Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Berbagai Zat Tambah*.
- Jamal, M., Widiastuti, M., & Anugrah, A. T. (2017). Pengaruh Penggunaan Sikacim Concrete Additive Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Agregat Kasar Bengalon Dan Agregat Halus Pasir Mahakam. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV, November*, 28–36.
- Kwan, T., & Nursyamsi. (2018). *Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Substitusi Agregat Kasar Beton*. 1, 1–9. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/9974>
- Minanulloh, M. A. B., Cahyo, Y., & Ridwan, A. (2020). Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kemiri Terhadap Kuat Tekan Beton K-300. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 3(1), 12.

<https://doi.org/10.30737/jurmateks.v3i1.875>

- Mulia, R. T., & Zulkarnain, F. (2021). *Analisa Pengarus Penambahan Serat Bambu Dan Sika Viscocrete - 8670 MN Terhadap Kuat Tarik Belah Beton*.
- Rahmad, I., Masril, & Yusman, A. S. (2022). *Studi Substitusi Pemanfaatan Abu Cangkang Kemiri Sebagai Penambahan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton F_c' 14,53 MPa*. 1(3), 129–133.
- Rante, D., Marthin, P., Sumajow, D. J., & Dapas, S. O. (2018). Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolymer Pada Perawatan Temperatur Ruangan. *Jurnal Sipil Statik*, 6(10), 743–750.
- Simanjuntak, J. O., Saragi, T. E., Simanjuntak, N. I., & Hulu, I. (2021). Pengujian Kuat Tekan Beton Terhadap Penggunaan Cangkang Kemiri Pada Beton Ramah Lingkungan. *Jurnal Darma Agung*, 29(2), 146. <https://doi.org/10.46930/ojsuda.v29i2.942>
- Siregar, N. B. A. M. (2015). *Pengaruh Penambahan Cangkang Kemiri Terhadap Kuat Tekan dan Retakan Beton Pasca Bakar*. 3(1), 1–5.
- Sitorus, A. R., Sipayung, S. W., Ginting, R., & Endayanti, M. (2022). Substitusi Cangkang Kemiri Sebagai Campuran Agregat Kasar Pada Beton $F'C = 25$ Mpa. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 11(2), 373. <https://doi.org/10.46930/tekniksipil.v11i2.2754>
- SNI 03-4804, 1998. (1998). Sni 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat ICS 91.100.20. *Badan Standar Nasional*, 1–6.
- SNI 1970-2008. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. In *Badan Standar Nasional Indonesia*. <http://sni.litbang.pu.go.id/index.php?r=/sni/new/sni/detail/id/195>
- SNI 2493-2011. (2011). Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. In *Badan Standar Nasional Indonesia*. www.bsn.go.id
- SNI 7656:2012. (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. *Badan Standarisasi Nasional*, 52.
- Togu Rahman, & Zulkarnain, F. (2020). *Pemanfaatan Serat Ijuk Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah Viscocrete 3115N Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah*.

LAMPIRAN



Gambar Lampiran- 1: Penyaringan cangkang kemiri



Gambar Lampiran- 2: Perakitan cetakan beton



Gambar Lampiran- 3: Pembuatan benda uji



Gambar Lampiran- 4: Pengantaran benda uji ke lab beton USU



Gambar Lampiran- 5: Penimbangan benda uji



Gambar Lampiran- 6: Pengujian kuat tekan

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap : Seto Waluyo
Nama Panggilan : Seto
TeMPat, Tanggal Lahir : Medan, 15 Maret 2001
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Durung I link. 19
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Imam Waluyo Sejati
Ibu : Ratna Wati
No. HP : 081928673682
E-mail : setowaluyo45@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1907210013
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muctar Basri No.3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
Sekolah Dasar	064996 Medan	2014
Sekolah Menengah Pertama	SMP Swasta PGRI 3 Medan	2017
Sekolah Menengah Atas	SMK Negeri 5 Medan	2020