

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH CANGKANG KEMIRI  
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR  
DENGAN BAHAN TAMBAH *SUPERPLASTICIZER*  
TERHADAP KUAT TARIK BELAH BETON  
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:  
**DERI JUHANA**  
**2007210007**



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

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Deri Juhana

NPM : 2007210007

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Cangkang Kemiri Sebagai Pengganti Agregat Kasar  
Dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* Terhadap Kuat Tarik  
Belah Beton

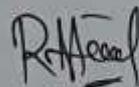
Bidang Ilmu : Struktur

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 : Deri Juhana

NPM : 2007210007

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Cangkang Kemiri Sebagai Pengganti Agregat Kasar  
Dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* Terhadap Kuat Tarik  
Belah Beton

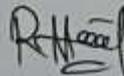
Bidang Ilmu : Struktur

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



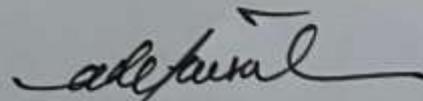
Rizki Efrida, S.T., M.T

Dosen Pembanding I



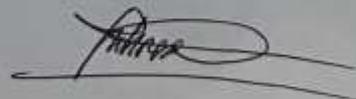
Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembanding II



Dr. Ade Faisal

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Deri Juhana

Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 15 Februari 2001

NPM : 2007210007

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Cangkang Kemiri Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* Terhadap Kuat Tarik Belah Beton (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 orisinal 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:

  
Deri Juhana

## ABSTRAK

### **Pengaruh Cangkang Kemiri Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* Terhadap Kuat Tarik Belah Beton**

Deri Juhana  
2007210007  
Rizki Efrida,S.T.,M.T

Peningkatan kebutuhan beton dalam industri konstruksi telah menyebabkan penurunan sumber daya alam untuk agregat kasar. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi potensi cangkang kemiri sebagai material alternatif pengganti sebagian agregat kasar dalam beton, yang dikombinasikan dengan *superplasticizer* untuk meningkatkan sifat mekanis beton. Penelitian ini mengukur pengaruh penggunaan cangkang kemiri terhadap kuat tarik belah beton dan menganalisis efektivitas *superplasticizer* dalam meningkatkan performa beton. Pengujian dilakukan pada beton berbentuk silinder berumur 28 hari dengan uji kuat tarik belah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan cangkang kemiri cenderung menurunkan kuat tarik belah beton, disebabkan oleh sifat mekanis cangkang kemiri yang lebih rapuh dibandingkan agregat konvensional. Nilai kuat tarik belah tertinggi yang dicapai adalah 4,60 MPa, sedangkan nilai terendah adalah 2,42 MPa. Penambahan *superplasticizer* mampu meningkatkan kualitas beton dengan kandungan cangkang kemiri, terutama pada campuran dengan kandungan cangkang kemiri lebih rendah. Meskipun demikian, kekuatan tarik belah beton dengan cangkang kemiri tetap lebih rendah dibandingkan beton normal. Penelitian ini menyimpulkan bahwa cangkang kemiri dapat dimanfaatkan sebagai material alternatif agregat kasar yang ramah lingkungan dengan bantuan *superplasticizer*. Temuan ini memberikan solusi untuk mendukung pembangunan berkelanjutan melalui pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan konstruksi. Penelitian ini berkontribusi pada pengurangan dampak lingkungan dan eksplorasi inovasi material dalam industri konstruksi.

Kata Kunci: cangkang kemiri, *superplasticizer*, kuat tarik belah beton, material alternatif, limbah pertanian

## **ABSTRACT**

### ***The Effect of Candlenut Shells as a Substitute for Coarse Aggregates with Superplasticizer Additives on the Tensile Strength of Concrete***

Deri Juhana  
2007210007  
Rizki Efrida,S.T.,M.T

*The increasing demand for concrete in the construction industry has led to a decline in natural resources for coarse aggregate. This study aims to evaluate the potential of candlenut shells as an alternative material to partially replace coarse aggregate in concrete, combined with superplasticizer to improve the mechanical properties of concrete. This study measured the effect of candlenut shell on the split tensile strength of concrete and analyzed the effectiveness of superplasticizer in improving concrete performance. Tests were conducted on 28-day-old cylindrical concrete with split tensile strength test. The results showed that the utilization of candlenut shells tended to decrease the split tensile strength of concrete, due to the mechanical properties of candlenut shells which are more brittle than conventional aggregates. The highest split tensile strength value achieved was 4.60 MPa, while the lowest value was 2.42 MPa. The addition of superplasticizer was able to improve the quality of concrete with hazelnut shell content, especially in mixes with lower hazelnut shell content. However, the split tensile strength of concrete with candlenut shell remains lower than that of normal concrete. This study concludes that candlenut shell can be used as an environmentally friendly alternative coarse aggregate material with the help of superplasticizer. This finding provides a solution to support sustainable development through the utilization of agricultural waste as construction material. This research contributes to the reduction of environmental impact and exploration of material innovation in the construction industry.*

*Keywords: hazelnut shell, superplasticizer, concrete split tensile strength, alternative material, agricultural waste*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran 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 Cangkang Kemiri Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* Terhadap Kuat Tarik Belah Beton” 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. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, dan juga sebagai Ketua Prodi Teknik Sipil
3. Bapak Dr. Ade Faisal selaku selaku Dosen Pembimbing II 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.
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 Dadan dan Ibunda tercinta Mulyati 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, 22 Juli 2024  
Saya yang menyatakan:

Deri Juhana

## 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	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengertian Beton	4
2.2 Cangkang Kemiri	5
2.3 Material Penyusun Beton	6
2.3.1 Semen Portland	6
2.3.2 Air	7
2.3.3 Agregat	8
2.4 <i>Superplasticizer</i>	12
2.5 Uji Slump	13
2.6 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	14
2.7 Penelitian Terdahulu	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	17
3.1 Metode Penelitian	17
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	20

3.3 Bahan dan Peralatan	20
3.3.1 Bahan	20
3.3.2 Peralatan	21
3.4 Pemeriksaan Bahan	21
3.4.1 Analisa Saringan	22
3.4.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	22
3.4.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	23
3.4.4 Berat Isi Agregat	23
3.4.5 Kadar Air	24
3.4.6 Kadar Lumpur	24
3.5 Pengolahan Cangkang Kemiri	25
3.6 <i>Superplasticize</i>	25
3.7 Perencanaan Campuran Beton Menurut SNI 7656:2012	25
3.8 <i>Slump Test</i>	26
3.9 Pembuatan Benda Uji	26
3.10 Perawatan Beton	27
3.11 Pengujian Kuat Tarik Belah	27
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>28</b>
4.1 Tinjauan Umum	28
4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat	28
4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	28
4.3.1 Pengujian Analisa Saringan	28
4.3.2 Kadar Air	29
4.3.3 Berat Jenis dan Penyerapan Air	30
4.3.4 Berat Isi Agregat	31
4.3.5 Kadar Lumpur	32
4.4 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	32
4.4.1 Pengujian Analisa Saringan	33
4.4.2 Kadar Air	34
4.4.3 Berat Jenis dan Penyerapan	35
4.4.4 Berat Isi	35
4.4.5 Kadar Lumpur	36

4.5 Perencanaan Campuran Beton	37
4.6 Kebutuhan Bahan	41
4.7 <i>Slump Test</i>	42
4.8 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	51
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	56

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batas gradasi agregat halus (Beton,1994).	10
Tabel 2.2 Batas gradasi agregat kasar (Beton,1994).	11
Tabel 3.1 Kode benda uji dan komposisi campuran benda uji.	25
Tabel 4.1 Hasil pengujian analisa agregat halus.	29
Tabel 4.2 Hasil pengujian kadar air agregat halus.	30
Tabel 4.3 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.	30
Tabel 4.4 Hasil perhitungan berat isi agregat halus.	31
Tabel 4.5 Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.	32
Tabel 4.6 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.	33
Tabel 4.7 Hasil pengujian kadar air agregat kasar.	34
Tabel 4.8 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.	35
Tabel 4.9 Hasil pengujian berat isi agregat kasar.	36
Tabel 4.10 Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.	36
Tabel 4.11 Data yang akan digunakan.	37
Tabel 4.12 Perkiraan kebutuhan air pencampuran dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah.	38
Tabel 4.13 Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen $\{w/(c+p)\}$ dan kekuatan beton.	38
Tabel 4.14 Volume agregat kasar per satuan volume beton.	39
Tabel 4.15 Perkiraan awal berat beton segar.	39
Tabel 4.16 Perbandingan campuran beton dengan dua cara.	40
Tabel 4.17 Tabel kebutuhan bahan	42
Tabel 4.18 Hasil pengujian <i>slump</i>	42
Tabel 4.19 Hasil pengujian kuat tarik belah beton	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Cetakan uji <i>slump</i> (Kerucut abrams)	14
Gambar 2.2 Skema pengujian kuat tarik belah beton.	14
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian	19
Gambar 3.2 Benda uji silinder	26
Gambar 4.2 Grafik pengujian kuat tekan	44
Gambar 4.3 Grafik kuat tarik rata-rata	44
Gambar 4.4 Perbandingan hasil kuat tarik dalam persentase	46

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Desain bangunan kebanyakan menggunakan beton dalam komposisi strukturalnya karena beton memiliki keunggulan dibandingkan material lainnya, seperti mudah dibentuk, harganya relatif murah, dan perawatannya mudah. Namun, meningkatnya kebutuhan beton menyebabkan penipisan signifikan sumber daya alam dan penurunan kualitas ekosistem. Sebagai solusi, bahan limbah industri dan konstruksi yang tidak memiliki nilai ekonomis dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku dalam campuran beton untuk mengurangi dampak lingkungan dan memenuhi kebutuhan konstruksi yang meningkat, (Zuraidah dkk., 2022).

Dalam hal ini perlunya menciptakan beton berkualitas dengan sumber daya alam ataupun limbah yang kurang dalam pemanfaatannya, salah satu adalah cangkang kemiri. 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).

Cangkang kemiri memiliki struktur yang keras dan tebal karena tersusun atas jaringan sklerenkim berupa sklereida yang dinding sel sekundernya mengandung lignin yang tebal dan keras sehingga tahan terhadap tekanan dan benturan. Kandungan ligninnya jauh lebih besar dari tempurung kelapa. Cangkang kemiri mengandung berbagai zat kimia seperti *saponin* ( $C_{27}H_{44}O_9$ ), asam lemak termasuk asam *oleat* ( $C_{18}H_{34}O_2$ ), *linoleat* ( $C_{18}H_{32}O_2$ ), *palmitat* ( $C_{16}H_{32}O_2$ ), dan *stearat* ( $C_{18}H_{36}O_2$ ), vitamin E ( $C_{29}H_{50}O_2$ ), serta protein (Sitorus dkk., 2022).

Pemanfaatan cangkang kemiri menjadi alternatif baru untuk memperoleh beton yang diperoleh dari limbah. Hasil limbah cangkang kemiri diharapkan dapat meningkatkan dan memperbaiki sifat mekanik dan sifat fisis beton yang jauh lebih baik dari beton yang tanpa bahan tambah tetapi tidak mengurangi mutu.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini ialah:

1. Bagaimana pengaruh cangkang kemiri dan *superplasticize* terhadap kuat tarik belah beton pada benda uji silinder?
2. Pada persentase berapa cangkang kemiri dan *superplasticize* yang memiliki pengaruh paling besar terhadap kuat tarik belah beton?
3. Bagaimana perbandingan antara kuat tarik belah beton cangkang kemiri dan *superplasticize* 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 *superplasticize* 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 dengan kuat tekan rencana 25 MPa.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh cangkang kemiri dan *superplasticize* terhadap kuat tarik belah beton pada benda uji silinder.
2. Untuk mengetahui pada persentase berapa cangkang kemiri dan *superplasticize* yang memiliki pengaruh paling besar terhadap kuat tarik belah beton.
3. Untuk mengetahui perbandingan kuat tarik belah beton cangkang kemiri dan *superplasticize* dengan kuat tekan beton normal.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam beberapa hal. Pertama, dari segi teknologi konstruksi, penelitian ini mengembangkan metode produksi beton yang lebih efisien dan ramah lingkungan dengan menggunakan cangkang kemiri sebagai pengganti agregat kasar dan shikasim sebagai bahan tambahan. Dari sudut pandang lingkungan, pemanfaatan limbah pertanian seperti cangkang kemiri dapat mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan. Dari sudut pandang ekonomi, pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan konstruksi dapat meningkatkan nilai tambah produk samping agribisnis. Dari penelitian ini juga dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya pembangunan berkelanjutan dan penggunaan material alternatif dalam 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 adalah material komposit yang terbuat dari campuran agregat kasar (seperti kerikil atau batu pecah), agregat halus (seperti pasir), semen, dan air. Dalam beberapa kasus, bahan tambah (*aditif*) juga digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari beton. Namun struktur beton masih dinilai kurang efisien mengingat beratnya bekisting beton yang biasa digunakan di bidang konstruksi (Candra dan Siswanto, 2018). Beton sering digunakan dalam konstruksi karena memiliki sifat-sifat berikut:

1. Kekuatan yang tinggi

Beton memiliki kemampuan untuk menahan beban tekan yang besar, sehingga sangat cocok untuk digunakan pada struktur-struktur yang harus menahan beban berat, seperti pondasi, kolom, dan balok.

2. Durabilitas

Beton tahan terhadap cuaca, korosi, dan keausan, yang membuatnya sangat awet dan tahan lama. Ini menjadikannya pilihan yang baik untuk berbagai aplikasi konstruksi.

3. Fleksibilitas bentuk

Beton dapat dicetak dalam berbagai bentuk dan ukuran sesuai dengan kebutuhan desain, karena dalam keadaan basah (plastis) mudah dibentuk dan ketika mengeras (mengeras) mempertahankan bentuknya.

4. Ekonomis

Bahan baku beton relatif murah dan mudah didapatkan, sehingga membuatnya menjadi material konstruksi yang ekonomis .

Menurut (SNI 2847:2019), beton didefinisikan sebagai campuran bahan-bahan penyusunnya, yang terdiri dari bahan hidrolis (semen Portland), agregat kasar, agregat halus dan air, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan (*admixture* atau bahan tambahan). Beton berangsur-angsur mengeras seiring bertambahnya usia dan mencapai kuat rencana ( $f_c$ ) pada umur 28 hari. Beton

mempunyai kuat tekan yang baik, sehingga beton banyak digunakan atau digunakan pada jenis struktur tertentu khususnya struktur bangunan, jembatan dan jalan. DPU-LPMB mendefinisikan beton sebagai campuran semen Portland II-1 atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan lain sehingga membentuk suatu massa padat.

Beton tersusun dari  $\pm 15\%$  semen,  $\pm 8\%$  air,  $\pm 3\%$  udara, dan sisanya Pasir dan kerikil. Campuran yang mengeras memiliki sifat-sifat berikut Berbeda-beda, tergantung cara pembuatannya. Membandingkan campuran, metode pencampuran, metode pengangkutan, metode pencetakan, metode Tingkat pemadatan, dll., akan mempengaruhi kinerja beton.

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

1. Beton Ringan Berat jenis  $< 1900 \text{ kg/m}^3$
2. Beton normal Berat jenis  $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$
3. Beton Berat Berat jenis  $> 2500 \text{ kg/m}^3$

## 2.2 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 antarnegara dikenal sebagai *candleberry*, *Indian walnut*, serta *candlenut*, sekarang sudah tersebar luas di daerah-daerah tropis.

Adapun komposisi cangkang kemiri yaitu  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Saat semua bereaksi, akan ada sisa  $\text{SiO}_2$  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, 2020).

Menurut (Jaya dkk., 2018) cangkang kemiri berpotensi digunakan sebagai pengganti agregat kasar dalam beton karena sifat mekanisnya yang cukup baik dan ketersediaannya yang melimpah sebagai limbah agroindustri. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan cangkang kemiri dapat mengurangi berat beton dan meningkatkan sifat termal serta akustik beton.

Penggunaan cangkang kemiri sebagai agregat kasar dalam beton telah diteliti oleh Pratama (2019), yang menguji variasi persentase penggantian agregat kasar dengan cangkang kemiri. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun ada penurunan kekuatan tekan pada persentase substitusi yang tinggi, beton dengan cangkang kemiri menunjukkan sifat isolasi termal dan akustik yang lebih baik dibandingkan beton konvensional. Selain itu, (Suryani dkk., 2020) menggaris bawahi pentingnya pemanfaatan limbah agroindustri untuk mendukung pembangunan berkelanjutan.

## **2.3 Material Penyusun Beton**

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

### **2.3.1 Semen Portland**

*Portland Cement* (PC) atau semen merupakan bahan yang bertindak sebagai bahan pengikat agregat, bila dicampur dengan air semen menjadi pasta. Dengan proses waktu dan panas, reaksi kimia akibat campuran air serta semen menghasilkan sifat perkerasan pasta semen. Penemu semen (*Portland Cement*) adalah Joseph Aspdin pada tahun 1824, seorang tukang batu kebangsaan Inggris. Dinamakan semen portland, karena awalnya semen dihasilkan mempunyai warna serupa dengan tanah liat alam di Pulau Portland (Wahyu, 2019).

Semen Portland diproduksi melalui proses pemanasan campuran bahan baku seperti batu kapur (*kalsium karbonat*), tanah liat, dan pasir pada suhu tinggi di dalam kiln hingga membentuk klinker. Klinker kemudian digiling halus dengan menambahkan sedikit gypsum untuk menghasilkan semen yang siap pakai. Komposisi kimia utama dari semen Portland mencakup *kalsium silikat* ( $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$  dan  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ), kalsium aluminat ( $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ ), dan *kalsium aluminoforit* ( $\text{Ca}_4\text{AlFeO}_5$ ).

Semen Portland memiliki beberapa sifat utama yang menjadikannya material penting dalam konstruksi. Ini termasuk kekuatan tekan yang tinggi, daya tahan yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan, dan kemampuan untuk membentuk campuran beton yang homogen dan kuat. Semen Portland digunakan dalam

berbagai aplikasi konstruksi seperti beton struktural, mortar, plesteran, dan bahan penutup lantai. Keunggulan ini menjadikannya pilihan utama dalam pembuatan beton untuk bangunan, jembatan, jalan, dan struktur lainnya.

Berdasarkan (SNI 15-2049-2004), semen portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis serta digiling bersama-sama menggunakan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat serta boleh ditambah dengan tambahan lain. Pemakaian semen portland yang ditimbulkan oleh kondisi tertentu yang dibutuhkan di aplikasi konstruksi dilapangan, membuat para ahli menciptakan aneka macam jenis semen portland, antara lain menjadi berikut :

- a. Semen portland tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
- b. Semen portland tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidras dengan tingkat sedang.
- c. Semen portland tipe III, semen portland yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi, kekuatan 28 hari umumnya dapat dicapai dalam 1 minggu.
- d. Semen portland tipe IV, semen portland yang penggunaannya diperlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan bangunan seperti bendungan.
- e. Semen portland tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut.

### **2.3.2 Air**

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan mengurangi mutu beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Untuk

bereaksi dengan semen Portland, air yang diperlukan hanya kurang lebih 25 - 30% dari berat semen.

Menurut SNI-03-2847-2002 bahwa air yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan-bahan lainnya yang merugikan beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut :
  - Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama (Amri, 2019).

### 2.3.3 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Agregat sendiri berfungsi untuk menghasilkan kekuatan pada beton, kepadatan pada beton, dan mengontrol *workability* pada beton. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dibedakan menjadi dua jenis yaitu agregat halus dan agregat kasar. Berdasarkan berat jenisnya, agregat dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu :

#### 1. Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 – 2,7 gr/cm<sup>3</sup>. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 2. Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm<sup>3</sup>, misalnya magnetik (FeO<sub>4</sub>) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan

mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gr/cm<sup>3</sup>. Penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radias.

### 3. Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gr/cm<sup>3</sup> yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

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).

- a. Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI '71), bahwa agregat halus yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah: Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan–batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan alat–alat pemecah batu.
- b. Agregat halus yang digunakan harus terdiri dari butir–butiran yang tajam, keras serta bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh–pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian–bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan–bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abram–Harder (dengan larutan NaOH)
- e. Agregat halus harus terdiri dari butir–butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat–syarat berikut :
  - Sisa diatas ayakan 4 mm harus minimum 2% berat. Sisa diatas ayakan 1 mm harus minimum 10% berat. Sisa diatas ayakan 0.25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat (Amri, 2019).

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 dilihat 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

Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu:

1. Pasir galian

Pasir ini diperoleh langsung dari bagian atas tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini umumnya tajam, bersudut, berpori serta bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara dicuci terlebih dahulu.

2. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bundar-bulat akibat proses tabrakan. Daya lekatan antar butiran relatif kurang karena bentuk butiran yang bulat.

3. Pasir laut

Pasir laut ialah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat sebab tabrakan. Pasir ini adalah pasir yang buruk karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan menyebabkan pasir selalu agak basah dan menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain dari garam ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton, oleh sebab itu pasir laut usahakan tidak digunakan.

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).

Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI ’71) bahwa agregat kasar yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

- a. Agregat kasar dalam beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan–batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
- b. Agregat kasar harus terdiri dari butir–butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir–butir yang pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir–butir yang pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir–butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh–pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian–bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat–zat yang dapat merusak beton, seperti zat–zat yang reaktif alkali (Togu Rahman dan Zulkarnain, 2020).

Untuk mendapatkan ukuran butir maksimum agregat kasar yang digunakan pada campuran beton dapat lihat 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

## 2.4 Superplasticizer

*Superplasticizer* atau bahan tambah ialah bahan selain unsur utama beton yang ditambahkan di adukan beton. Tujuannya merupakan untuk mengganti satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau sesudah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya bermanfaat kalau sudah ada evaluasi yang teliti perihal pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi di mana beton diharapkan akan dipergunakan. Bahan tambah ini umumnya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat wajib diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi atau saat pengikatan, kemudahan pengerjaan, dan kedekatan terhadap air.

*SikaCim Concrete Additive* merupakan bahan kimia berbentuk cairan dengan jenis superplasticizer yang berfungsi untuk mempercepat pengerasan pada beton, dengan pengurangan air hingga 20% bertujuan untuk mempermudah pengecoran dan meningkatkan kuat tekan beton pada umur 28 hari (PT.SIKA, 2022).

Pemakaian bahan tambah yang berlebihan juga akan mengakibatkan beton tidak ekonomis, mengingat harga dari suatu bahan tambah sangat mahal. *Sikacim* memberikan keuntungan sebagai berikut :

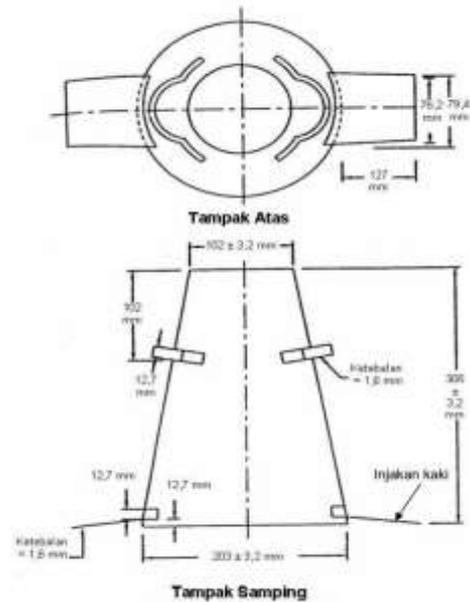
1. Sebagai *superplasticizer*
  - a) Kelecekan (*workability*) meningkat tajam, memudahkan pengecoran untuk struktur ramping dengan penulangan yang rapat.
  - b) Mengurangi jumlah getaran yang dibutuhkan, waktu pengerasan normal tanpa perlambatan (*retardation*).
  - c) Mengurangi resiko pemisahan (*segregation*) secara signifikan.
2. Sebagai bahan pengurang air
  - a) Pengurangan air hingga 20% akan memberikan peningkatan 40% kuat tekan dalam 28 hari.
  - b) Kekuatan tinggi selama 12 jam *Sikacim* dapat digunakan dengan dosis 0,30% - 2,30% dari berat semen tergantung pada kelecekan dan kuat tekan beton yang diperlukan. *Sikacim* dapat ditambahkan ke air adukan sebelum air tersebut dicampurkan dengan agregat atau dalam sebagian kasus ditambahkan langsung ke dalam beton yang baru di aduk. Ketika

ditambahkan ke beton yang baru saja diaduk, efek *plastizing*-nya lebih terlihat. Untuk beton *ready mix*, *Sikacim* ditambahkan ke beton segera sebelum dituang (*discharge*) dan setelah pengadukan lebih lanjut selama tiga sampai lima menit.

## 2.5 Uji *Slump*

Uji *slump* dipergunakan untuk pengukuran terhadap taraf kelecakan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton. Semakin besar nilai *slump* maka beton semakin encer serta semakin praktis untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai *slump*, maka beton akan semakin kental serta semakin sulit untuk dikerjakan. Nilai *slump* diperoleh dari selisih antara tinggi alat uji dengan penurunan kerucut benda uji. Semakin besar penurunan semakin besar nilai *slump* yang diperoleh.

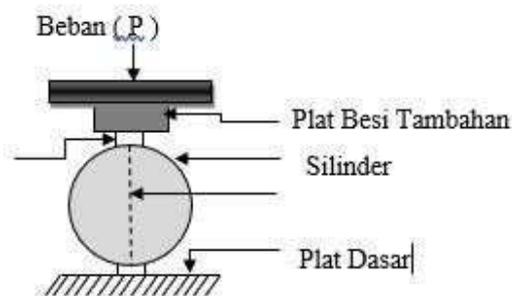
Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan alat berbentuk kerucut terpancung yang memiliki diameter lubang atas 10 cm, diameter lubang bawah 20 cm, tinggi 30 cm serta dilengkapi dengan kuping untuk mengangkat beton segar dan tongkat pemadat berdiameter 1,6 cm sepanjang 60 cm. Dengan cara beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat. Bentuk cetakan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Cetakan uji *slump* (Kerucut abrams).

## 2.6 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton benda uji silinder beton ialah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji. Kuat tarik belah seperti inilah yang diperoleh melalui metode pengujian kuat tarik belah dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM).



Gambar 2.2: Skema pengujian kuat tarik belah beton.

Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai tegangan tarik belah, diperhitungkan dengan Pers. 2.1 sebagai berikut (SNI 03-2491-2014) :

$$T = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2.1)$$

- Dengan
- T : Kuat tarik belah (MPa).
  - P : Beban maksimum beban belah (N).
  - L : Panjang benda uji silinder (mm).
  - D : Diameter benda uji silinder (mm).

## 2.7 Penelitian Terdahulu

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

### 1. (Simanjuntak dkk., 2021)

Dalam penelitian Simanjuntak, ddk pada tahun 2021 yang berjudul pengujian kuat tekan beton terhadap penggunaan cangkang kemiri pada beton ramah lingkungan. 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.

### 2. (Zuraidah dkk., 2022)

Dalam penelitian Zuraidah, dkk pada tahun 2022 yang berjudul pemanfaatan limbah cangkang kemiri sebagai substitusi agregat kasar pada beton. Berdasarkan hasil penelitian maka didapat nilai optimum pada komposisi cangkang kemiri 10% dengan kuat tekan rata-rata 22.54 MPa, dan berat volume 1,74 Kg/cm<sup>3</sup> dan Kuat Tarik Belah 2,71 MPa., dapat dikategorikan beton ringan (*lightweight concrete*). Yang termasuk Beton agregat ringan struktural dengan *density* kering udara 1440 – 1850 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan lebih besar dari 17,24 MPa. (American Concrete Institute - ACI, 2004), Direkomendasikan komposisi Limbah cangkang kemiri 10% dapat digunakan untuk pembuatan campuran beton ringan rumah sederhana, Paving..

### 3. (Sitorus dkk., 2022)

Dalam penelitian Sitorus, dkk pada tahun 2022 dengan judul substitusi cangkang kemiri sebagai campuran agregat kasar pada beton  $f'c = 25$  MPa. Hasil pengujian

bahwa dengan bahan tambah limbah pecahan cangkang kemiri 0%, 10%, 20% akan mengakitbatkan kuat tekan dan kuat tarik akan semakin berkurang.

4. (Dahlan dan Yogaswara, 2023)

Penelitian dengan judul studi efektivitas penambahan cangkang kemiri dan superlasticizer pada sifat mekanik beton, yang dilakukan oleh Dahlan dan Yogaswara pada tahun 2023. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lendutan beton didapat nilai rata-rata pada setiap variasi. Campuran 1 (0%) nilai kuat tekan rata-rata sebesar 25.68 MPa, kuat tarik belah rata-rata 2.11 MPa, kuat lendutan 2.85 MPa. Campuran 2 (15%) nilai kuat tekan sebesar 20.28 MPa, kuat tarik belah 1.55 MPa, kuat lendutan 1.49 MPa. Campuran 3 (30%) nilai kuat tekan sebesar 16.64 MPa, kuat tarik belah 1.41 MPa, kuat lendutan 1.24 MPa dan untuk Campuran 4 (45%) nilai kuat tekan sebesar 12.96 MPa, kuat tarik belah 1.25 MPa, kuat lendutan 1.00 MPa.

5. (Haris dkk., 2024)

Penelitian yang dilakukan oleh Haris pada tahun 2020 yang berjudul studi kelayakan penggunaan cangkang kemiri sebagai pengganti sebagian agregat kasar terhadap mutu beton. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa beton campuran cangkang kemiri mengalami penurunan nilai kuat tekan dan tarik belah dibanding beton normal, sedangkan pada beton campuran kemiri variasi berbagai zat tambah mengalami nilai kuat tekan dan tarik belah lebih tinggi dibandingkan beton campuran kemiri.

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu dilakukan dengan melakukan kegiatan eksperimen untuk memperoleh data. Penelitian pendahuluan yang dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara adalah mengambil data pengujian agregat primer yang akan digunakan untuk pengujian 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.

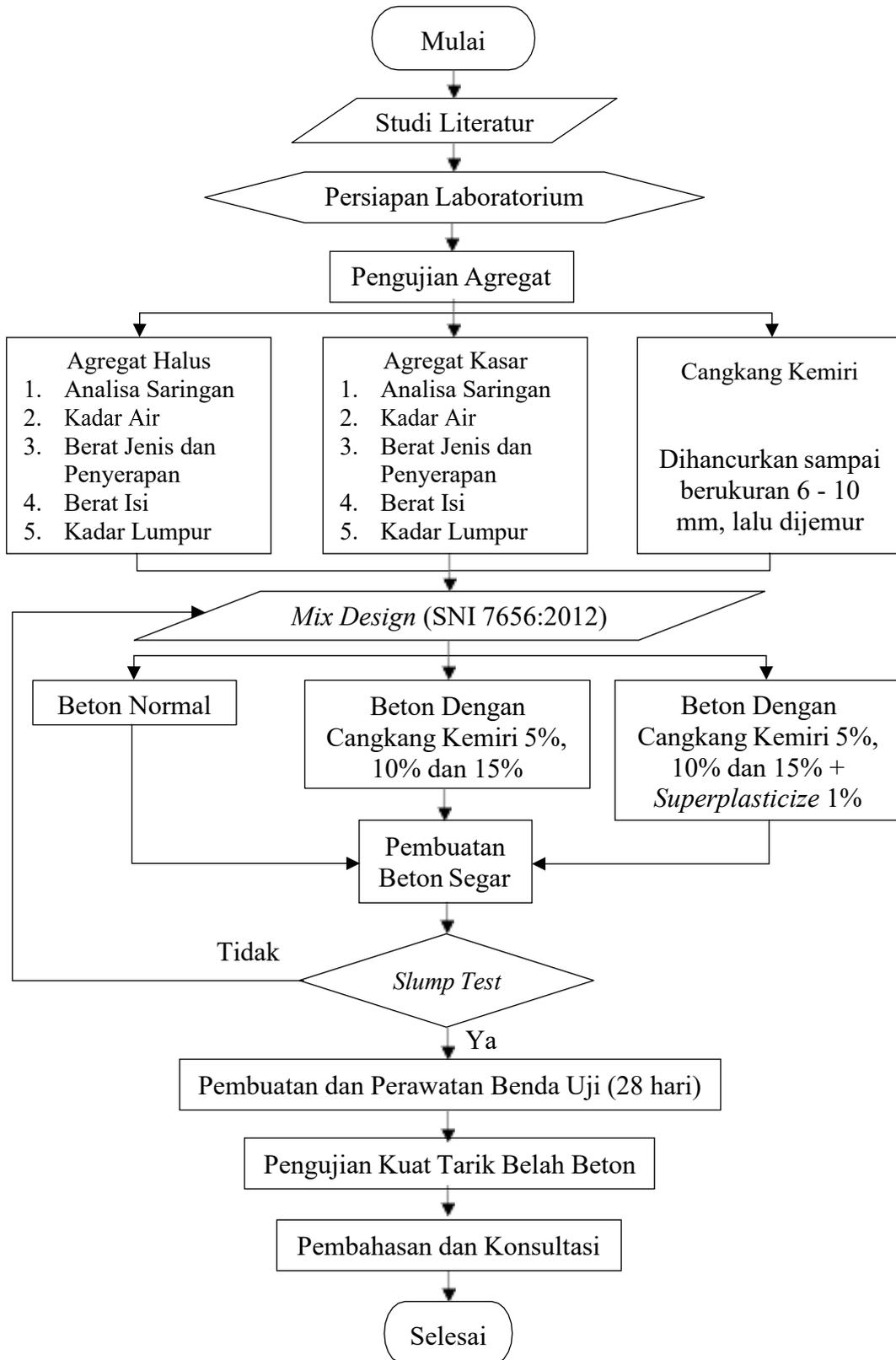
##### 2. Data *sekunder*

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

- a. Peraturan (SNI ASTM C136:2012) tentang metode uji untuk analisa saringan agregat halus dan agregat kasar.
- b. Peraturan (SNI 1969:2016) tentang metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dan peraturan (SNI 1970:2016) tentang cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

- c. Peraturan (SNI 4804:1998) tentang cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton.
- d. Peraturan (SNI 1971:2011) tentang cara uji kadar air total agregat.
- e. Peraturan (SNI 4142:1996) tentang metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no.200.
- f. Peraturan (SNI 7656:2012) tentang tata cara pemilihan campuran untuk beton normal (*Mix design*).
- g. Peraturan (SNI 1972:2008) tentang cara uji *slamp* beton.
- h. Peraturan (SNI 03-2491-2014) tentang metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton 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 12.7 mm.

##### **4. Air**

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

##### **5. Cangkang kemiri**

Cangkang kemiri yang digunakan dengan ukuran 6 - 10 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",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", 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 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 3.1 :

$$FM = \frac{\sum \text{Berat tertahan kumulatif}}{100} \quad (3.1)$$

### 3.4.2 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 3.2 :

$$S_w = \frac{B}{B-C} \quad (3.2)$$

Penyerapan air dapat dihitung menggunakan rumus Pers 3.3 :

$$S_w = \frac{B-A}{A} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dimana :

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

### 3.4.3 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 mengilangkan gelembung udara. Keluarkan agregat halus lalu keringkan dan timbang beratnya.

Berat jenis dapat dihitung menggunakan rumus Pers 3.4 :

$$S_s = \frac{S}{B+S-C} \quad (3.4)$$

Penyerapan air dapat dihitung menggunakan rumus Pers 3.5 :

$$A_w = \frac{S-A}{A} \times 100\% \quad (3.5)$$

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.

### 3.4.4 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 3.6 :

$$\text{Berat isi} = \frac{\text{Berat contoh}}{\text{Volume wadah}} \quad (3.6)$$

### 3.4.5 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 3.7:

$$P = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \quad (3.7)$$

Dimana :

$W_1$  : Massa benda uji.

$W_2$  : Massa benda uji Kering Oven.

### 3.4.6 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 3.8 :

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W_6}{W_3} \times 100\% \quad (3.8)$$

Dimana :

$W_3$  : Berat contoh kering + wadah.

$W_6$  : Berat kotoran agregat lolos saringan No.200.

### 3.5 Pengolahan Cangkang Kemiri

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

### 3.6 Superplasticize

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

### 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 Halus	Agregat Kasar	Semen	Cangkang Kemiri	<i>Superplasticizer</i>	Jumlah Sample
1	BN	100%	100%	100%	0%	0%	3
2	BK 1	100%	95%	100%	5%	0%	3
3	BK 2	100%	90%	100%	10%	0%	3
4	BK 3	100%	85%	100%	15%	0%	3
5	BKS 1	100%	95%	100%	5%	1%	3
6	BKS 2	100%	90%	100%	10%	1%	3
7	BKS 3	100%	85%	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 *Superplasticize* 1%.
- BKS 2 : Beton dengan cangkang kemiri 10% dan *Superplasticize* 1%.
- BKS 3 : Beton dengan cangkang kemiri 15% dan *Superplasticize* 1%.

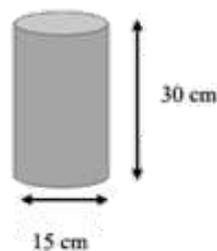
### 3.8 Slump Test

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 tarik belah dilakukan, yaitu pada umur 28 hari.

### **3.11 Pengujian Kuat Tarik Belah**

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (SNI 03-2491-2014), dengan adanya standar ini, maka kekuatan tarik belah digunakan dalam mendesain elemen struktur beton untuk mengevaluasi ketahanan geser beton dan untuk menentukan panjang penyaluran tulangan.

Metode uji ini terdiri dari pemberian gaya tekan sepanjang diameter spesimen beton silinder pada kisaran laju yang ditentukan sampai batas keruntuhan. Pembebanan ini menimbulkan tegangan tarik pada bidang datar yang diberi beban dan gaya tekan relatif tinggi di daerah sekitar beban kerja.

## **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 Gram (a)	Jumlah Tertahan Gram (b)	Persentase Kumulatif (%)		Spesifikasi
			Tertahan (c)	Lolos (d)	
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

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

Umumnya modulus kehalusan agregat halus berkisar antara 1,5 hingga 3,8. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh modulus kehalusan sebesar 2,60. Artinya nilai tersebut juga memenuhi persyaratan campuran beton yang tercantum pada Tabel 4.14.

#### 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, pengujian pertama memberikan hasil sebesar 3,40%, dan pengujian kedua memberikan hasil sebesar 3,78%. Oleh karena itu, rata-rata kadar air yang ditentukan dari analisis data adalah 3,59%. Hasil pengujian sesuai dengan nilai kritis 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/cm<sup>3</sup> sedangkan pengujian kedua didapatkan sebesar 3,11 gr/cm<sup>3</sup>, maka rata-rata berat jenis jenuh kering permukaan ( $S_s$ ) sebesar 3,09 gr/cm<sup>3</sup>, 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 <sup>3</sup>

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 <sup>3</sup>
Rata-rata berat isi		1,50			Gram/cm <sup>3</sup>
		1503,94			Kg/m <sup>3</sup>

Pengujian dilakukan dengan tiga cara, cara lepas didapatkan berat isi sebesar 1,42 gr/cm<sup>3</sup>, cara rojok sebesar 1,50 gr/cm<sup>3</sup>, dan cara goyang sebesar 1,59 gr/cm<sup>3</sup>. Maka rata-rata berat isi agregat halus sebesar 1,50 gr/cm<sup>3</sup>.

### 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

Peengujian dilakukan sebanyak dua kali, pengujian pertama memperoleh hasil sebesar 3,00% sedangkan pengujian kedua memperoleh hasil sebesar 3,18%. Dengan demikian, rata-rata kadar lumpur yang diperoleh dari analisis data adalah 3,09%. Agregat ini dapat digunakan sebagai campuran beton karena memenuhi batas kisaran kadar lumpur agregat halus yaitu 0,2% hingga 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 4.6.

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/cm<sup>3</sup> sedangkan pengujian kedua didapatkan sebesar 2,26 gr/cm<sup>3</sup>, maka rata-rata berat jenis jenuh kering permukaan ( $S_s$ ) sebesar 2,27 gr/cm<sup>3</sup>, 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 <sup>3</sup>

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 <sup>3</sup>
Rata-rata berat isi		1,97			Gram/cm <sup>3</sup>
		1969,86			Kg/m <sup>3</sup>

Pengujian dilakukan dengan tiga cara, cara lepas didapatkan berat isi sebesar 1,90 gr/cm<sup>3</sup>, cara rojok sebesar 1,96 gr/cm<sup>3</sup>, dan cara goyang sebesar 2,05 gr/cm<sup>3</sup>. Maka rata-rata berat isi agregat halus sebesar 1,97 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 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 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> inci	Notasi	I	II	Satuan
Berat wadah + isi	W <sub>1</sub>	2495	2570	Gram
Berat wadah	W <sub>2</sub>	493	565	Gram
Berat contoh kering + wadah	W <sub>3</sub>	2479	2549	Gram

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat kering contoh awal (W <sub>3</sub> )	W <sub>1</sub> -W <sub>2</sub>	2002	2005	2003,50
Berat kering contoh setelah di cuci (W <sub>5</sub> )	W <sub>4</sub> -W <sub>2</sub>	1986	1984	1985,00
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 (W <sub>6</sub> )	W <sub>3</sub> -W <sub>5</sub>	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 <sup>3</sup>
Berat jenis semen tanpa tambahan udara	3,15
Modulus kehalusan agregat halus	2,60
Berat jenis (ssd) agregat halus	3,09 gr/cm <sup>3</sup>
Berat jenis (ssd) agregat kasar	2,27 gr/cm <sup>3</sup>
Penyerapan air agregat halus	1,63%
Penyerapan air agregat kasar	0,65%

Banyaknya masing-masing bahan per m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup>.

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

Air (kg/m <sup>3</sup> ) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
<i>Slump</i> (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	-
<u>&gt;175*</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
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	-
<u>&gt;175*</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
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  $\text{m}^3$  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  $1 \text{ m}^3$  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, $\text{kg}/\text{m}^3$	
	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 m<sup>3</sup> 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  $1 \text{ m}^3$  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 <i>Slump</i> (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* yang meningkat saat menggunakan cangkang kemiri dan juga saat ditambahkan *Superplasticizer* disebabkan oleh sifat fisik dan kimia dari kedua bahan tersebut. Cangkang kemiri yang lebih ringan dan mungkin lebih halus dibandingkan agregat kasar konvensional, serta sifatnya yang lebih porous, memungkinkan campuran beton menjadi lebih cair dan mudah mengalir,

menghasilkan nilai slump yang lebih tinggi. Sementara itu, *Superplasticizer* , sebagai *plasticizer*, meningkatkan *workability* beton dengan membantu partikel semen dan agregat untuk bergerak lebih bebas tanpa penambahan air yang signifikan. Kombinasi dari kedua bahan ini memperkuat fluiditas campuran beton, sehingga meningkatkan hasil slump test secara signifikan (Dahlan dan Yogaswara, 2023).

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 Tarik Belah Beton

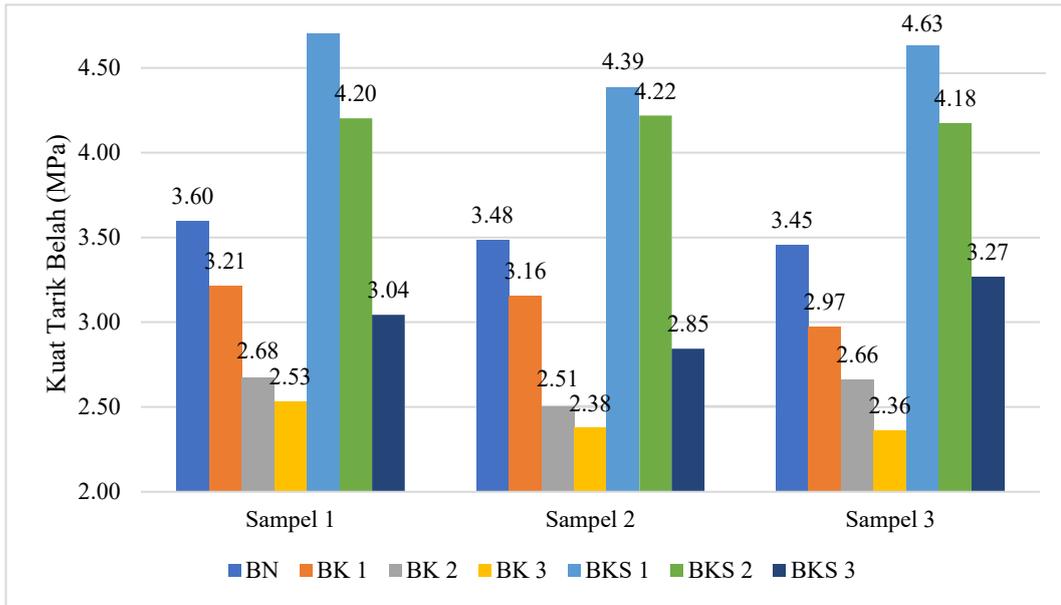
Pengujian kuat tarik belah beton dilaksanakan pada saat umur beton sudah mencapai 28 hari. Pengujian ini dilakukan berpedoman pada (SNI 03-2491-2014).

Hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Tabel 4.19.

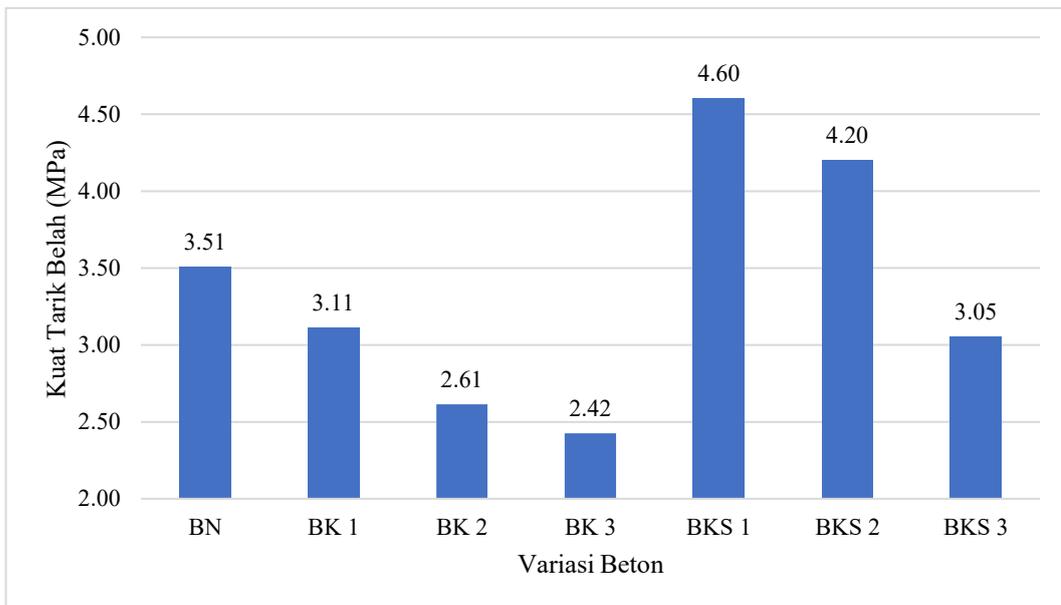
Tabel 4.19: Hasil pengujian kuat tarik belah beton.

Variasi Beton	$\pi$ LD (mm)	Beban (P) (N)			Kuat Tarik Belah $= \frac{2P}{\pi LD}$ (Mpa)			Kuat Tarik Belah Rata-rata
		1	2	3	1	2	3	
BN	141300	254000	246000	244000	3,60	3,48	3,45	3,51
BK 1	141300	227000	223000	210000	3,21	3,16	2,97	3,11
BK 2	141300	189000	177000	187900	2,68	2,51	2,66	2,61
BK 3	141300	178900	168000	166900	2,53	2,38	2,36	2,42
BKS 1	141300	339000	310000	327000	4,80	4,39	4,63	4,60
BKS 2	141300	296900	298000	295000	4,20	4,22	4,18	4,20
BKS 3	141300	215000	201000	231000	3,04	2,85	3,27	3,05

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



Gambar 4.1: Grafik pengujian kuat tarik.



Gambar 4.2: Grafik kuat tarik rata-rata.

Penurunan kuat tarik belah beton dengan cangkang kemiri terjadi karena cangkang kemiri memiliki modulus elastisitas yang lebih rendah dan porositas yang lebih tinggi dibandingkan agregat kasar konvensional, yang menyebabkan

distribusi tegangan tidak merata serta terbentuknya zona transisi antar muka (ITZ) yang lemah dan berpori. Selain itu, agregat yang lebih ringan ini cenderung menyerap lebih banyak air, meningkatkan rasio air-semen di sekitar zona agregat. Namun, penambahan *Superplasticizer* memperbaiki distribusi partikel semen, mengurangi porositas, dan meningkatkan kepadatan mikrostruktur, sehingga memperkuat ITZ dan meningkatkan homogenitas beton. Hal ini mengurangi keretakan mikro dan meningkatkan kuat tarik belah, karena *Superplasticizer* berfungsi sebagai *plasticizer* yang membantu mengoptimalkan ikatan antar partikel dan mengurangi segregasi dalam campuran beton (Haris dkk., 2024).

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%)

$$\begin{aligned} & \text{BK 1 - BN} \\ &= \frac{\text{BK 1} - \text{BN}}{\text{BN}} \times 100\% \\ &= \frac{3,11 - 3,51}{3,51} \times 100\% = -11,29\% \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} & \text{BK 2 - BN} \\ &= \frac{\text{BK 2} - \text{BN}}{\text{BN}} \times 100\% \\ &= \frac{2,61 - 3,51}{3,51} \times 100\% = -25,55\% \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} & \text{BK 3 - BN} \\ &= \frac{\text{BK 3} - \text{BN}}{\text{BN}} \times 100\% \\ &= \frac{2,42 - 3,51}{3,51} \times 100\% = -30,94\% \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} & \text{BKS 1 - BN} \\ &= \frac{\text{BKS 1} - \text{BN}}{\text{BN}} \times 100\% \\ &= \frac{4,60 - 3,51}{3,51} \times 100\% = 31,18\% \end{aligned}$$

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

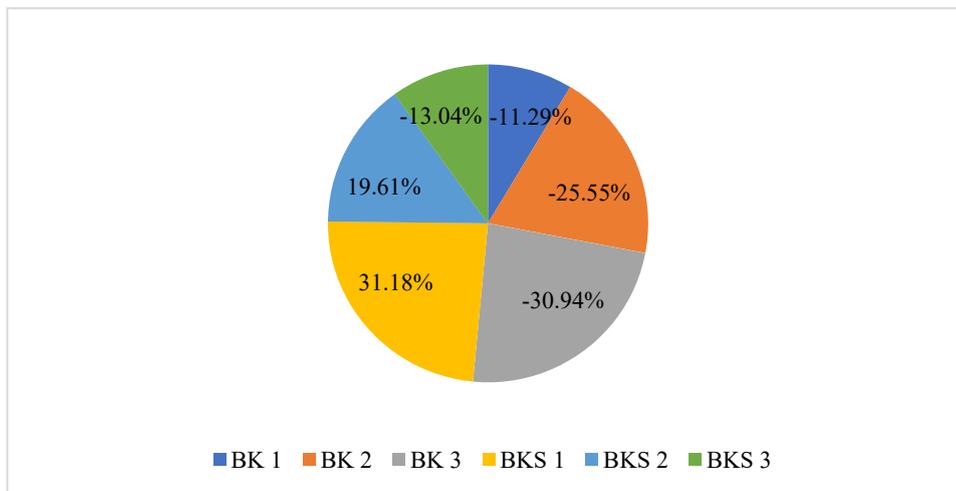
$$\begin{aligned} & \text{BKS 2 - BN} \\ &= \frac{\text{BKS 2} - \text{BN}}{\text{BN}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= \frac{4,20 - 3,51}{3,51} \times 100\% = 19,61\%$$

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

$$\begin{aligned} & \frac{\text{BKS 3} - \text{BN}}{\text{BN}} \times 100\% \\ &= \frac{3,05 - 3,51}{3,51} \times 100\% = -13,04\% \end{aligned}$$

Penambahan cangkang kemiri pada beton menyebabkan kuat tarik belah beton mengalami penurunan sebesar 11,29% untuk variasi BK 1, 25,55% untuk variasi BK 2 dan 30,94% untuk variasi BK 3 dari beton normal. Tetapi saat ditambahkan dengan *Superplasticizer* menyebabkan kuat tarik belah beton mengalami kenaikan sebesar 31,18% untuk variasi BKS 1, 19,61% untuk variasi BKS 2, tetapi pada variasi BKS 3 mengalami penurunan sebesar 13,04%. Grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3: Perbandingan hasil kuat tarik dalam persentase.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan cangkang kemiri menurunkan kuat tarik belah beton hal ini karena sifat fisiknya yang rapuh dan modulus elastisitas yang rendah membuatnya kurang mampu menahan tegangan, tetapi penambahan *superplasticizer* meningkatkan ikatan agregat-pasta semen dan mengurangi porositas, sehingga memperbaiki kuat tarik belah beton.
2. Persentase cangkang kemiri dan *superplasticizer* yang menghasilkan kekuatan tarik 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 dan *superplasticizer* yang terendah terjadi pada variasi BK 3 yang memiliki kuat tarik 2,42 MPa, 30,94% lebih rendah dari beton normal 3,51 MPa , dan yang tertinggi terjadi pada variasi BKS 1 yang memiliki kuat tarik 4,60 MPa, 31,18% 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 bahan limbah lain sebagai pengganti agregat kasar, seperti serat alami atau material daur ulang, yang memiliki karakteristik fisik lebih mendekati agregat konvensional untuk meningkatkan kekuatan tarik belah beton.
2. Studi lebih lanjut perlu difokuskan pada pengujian durabilitas beton dengan cangkang kemiri terhadap kondisi lingkungan agresif (serangan sulfat, karbonasi.) serta analisis mikrostruktur menggunakan teknik seperti *Scanning*

*Electron Microscopy* (SEM) untuk memahami zona transisi antar muka (ITZ) secara mendalam.

3. Disarankan untuk melakukan studi variasi dosis superplasticizer guna menemukan keseimbangan optimal antara *workability* dan kekuatan beton, serta melakukan uji lapangan pada skala proyek nyata untuk menguji kinerja beton dengan cangkang kemiri dalam aplikasi praktis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amri, D. (2019). *Pengaruh Penambahan Pecahan Kulit Kemiri Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Beton Terhadap Massa Dan Kuat Tekan Beton*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Sni 2847-2019*, 8, 720.
- 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>
- Candra, A. I., & Siswanto, E. (2018). Rekayasa Job Mix Beton Ringan Menggunakan Hydroton Dan Master Ease 5010. *Jurnal CIVILA*, 3(2), 162. <https://doi.org/10.30736/cvl.v3i2.258>
- Dahlan, A., & Yogaswara, D. (2023). Studi Efektivitas Penambahan Cangkang Kemiri dan Superlasticizer pada Sifat Mekanik Beton. *Jurnal Konstruksi*, 21(2), 257–264. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.21-2.1415>
- Haris. (2020). Studi Kelayakan Penggunaan Cangkang Kemiri Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Terhadap Mutu Beton. *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 41–46. <https://doi.org/10.22487/renstra.v1i2.29>
- Haris, Z. A., Setiawan, A., & Yuniarto, E. (2024). Penggunaan Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dan Zat Tambah Terhadap Sifat Mekanis Beton. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 2(1), 01–07. <https://doi.org/10.56326/jptsk.v2i1.3282>
- PT.SIKA, P. D. (2022). *SikaCim® Concrete Additive HIGH RANGE WATER REDUCING DESKRIPSI*. 2–4.
- 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>
- 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 03-2491-2014. (2014). Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of. In *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.
- 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 1970. (2016). SNI 1970-2016 Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Jakarta, Indonesia : Author*.
- SNI 2493-2011. (2011). Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. In *Badan Standar Nasional Indonesia*. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- SNI 7656:2012. (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. *Badan Standardisasi Nasional*, 52.
- Togu Rahman, & Zulkarnain, F. (2020). *Pemanfaatan Serat Ijuk Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah Viscocrete 3115N Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah*.
- Wahyu, R. L. M. (2019). Pengaruh Penggunaan Batok Kelapa Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Kasar Terhadap Sifat Mekanik Beton Diajukan. *Skripsi*, 1–10.
- Zuraidah, S., Hastono, B., & Jehabut, M. A. (2022). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Beton. *Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 5(2), 93–98.  
<https://doi.org/10.25139/jprs.v5i2.4701>

# LAMPIRAN



L1: Penyaringan cangkang kemiri.



L 2: Penimbangan bahan.



L 3: Perakitan cetakan benda uji.



L 4: Pembuatan benda uji.



L5: Membawa benda uji ke lab beton USU.



L 6: Pengujian kuat tarik belah beton.



L7: Alat bantu pengujian.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap : Deri Juhana  
Nama Panggilan : Deri  
TeMPat, Tanggal Lahir : Medan, 15 Ferbuari 2001  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Alamat : jln kapten rahmad buddin gg.randu  
Agama : Islam  
Nama Orang Tua  
Ayah : Dadan  
Ibu : Mulyati  
No. HP : 081270394899  
E-mail : deryjuhana1502@gmail.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 2007210007  
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	Yaspenhan MEDAN	2013
Sekolah Menengah Pertama	SMP N 20 MEDAN	2016
Sekolah Menengah Atas	SMK N 5 MEDAN	2019