

TUGAS AKHIR
ANALISIS PENAMBAHAN BIJI KARET DAN ADMIXTURE PADA
BETON TERHADAP KUAT TARIK
(STUDI PENELITIAN)

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

MHD. RAFIQ TOMI
2107210169



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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama: : Mhd. Rafiq Tomi
NPM: : 2107210169
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Penambahan Biji Karet Dan *Admixture* Pada
Beton Terhadap Kuat Tarik
Bidang Ilmu : Struktur

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

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 24 April 2025

Dosen Pembimbing



Muhammad Husin Gultom, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama: : Mhd. Rafiq Tomi
NPM: : 2107210169
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Penambahan Biji Karet Dan *Admixture* Pada
Beton Terhadap Kuat Tarik
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 24 April 2025

Mengetahui Dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Muhammad Husin Gultom, S.T., M.T.

Dosen Penguji I



Assoc. Prof., Ir., Fahrizal Zulkarnain, S.T., M. Sc., Ph. D.

Dosen Penguji II



Assoc. Prof., Ir., Ade Faisal S.T., M. Sc., Ph. D.

Ketua Program Studi Teknik Sipil



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mhd. Rafiq Tomi

Tempat/Tanggal Lahir : Padangsidempuan, 05 Januari 2003

NPM : 2107210160

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisis Penambahan Biji Karet dan *Admixture* Pada Beton Terhadap Kuat Tarik.”

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

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran diri dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 24 April 2025

Saya yang menyatakan,



Mhd. Rafiq Tomi

ABSTRAK

ANALISIS PENAMBAHAN BIJI KARET DAN ADMIXTURE PADA BETON TERHADAP KUAT TARIK

Mhd. Rafiq Tomi
2107210169

Muhammad Husin Gultom, S.T., M.T.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan biji karet dan *admixture* terhadap kuat tarik beton. Variasi campuran biji karet yang digunakan adalah 0,75%, 1%, dan 1,25% dari volume campuran dengan penambahan *admixture* sebagai bahan pendukung. Pengujian dilakukan pada beton dengan mutu rencana $f'_c = 20$ MPa pada umur 28 hari. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium meliputi pemeriksaan karakteristik agregat, pembuatan benda uji, serta pengujian kuat tarik belah beton sesuai SNI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan biji karet dapat menurunkan kuat tarik beton apabila digunakan dalam jumlah yang berlebihan, namun dengan bantuan *admixture* diperoleh peningkatan kualitas sehingga performa mekanis beton tetap dapat dipertahankan. Persentase optimum diperoleh pada campuran dengan penambahan biji karet dan *admixture* pada kadar tertentu yang mampu menghasilkan kuat tarik mendakati beton normal. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif pemanfaatan limbah biji karet yang ramah lingkungan sekaligus meningkatkan nilai ekonomis pada bidang konstruksi.

Kata Kunci: Beton, Biji Karet, *Admixture*, Kuat Tarik Belah, Material Tambahan.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE ADDITION OF RUBBER SEEDS AND ADMIXTURES TO CONCRETE ON TENSILE STRENGTH

Mhd. Rafiq Tomi
2107210169

Muhammad Husin Gultom, S.T., M.T.

This study aims to analyze the effect of adding rubber seeds and admixture on the tensile strength of concrete. The variations of rubber seed content used were 0,75%, 1%, and 1,25% of the total mix volume with the addition of admixture as a supporting material. The tests were conducted on concrete with a target strength of $f'_c = 20$ MPa at the age of 28 days. The research method applied was experimental, including aggregate characterization, specimen preparation, and splitting tensile strength testing based on SNI standards. The results indicate that excessive use rubber seeds reduces the tensile strength of concrete, yet the presence of admixture improves its mechanical performance, allowing the concrete to achieve strength close to that of normal concrete. The optimum percentage was found at a certain combination of rubber seed and admixture that produced the best tensile strength. This research provides an alternative use of rubber seed waste as an environmentally friendly additive while also offering economic value in construction practices.

Keywords: Concrete, RubberSeeds, Admixture, Tensile Strength, Additional Material.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih Yang Maha Penyayang Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “ANALISIS PENAMBAHAN BIJI KARET DAN *ADMIXTURE* PADA BETON TERHADAP KUAT TARIK“ sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).

Shalawat dan salam tidak lupa pula penulis hanturkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW selaku suri tauladan umat manusia di dunia. Dalam pembuatan laporan ini penulis memperoleh bantuan dari banyak pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Muhammad Husin Gultom, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan ikut andil dalam proses administrasi penelitian.
2. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M. Sc., Ph. D., selaku Dosen penguji I yang ikut andil dalam proses pengujian tugas akhir.
3. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M. Sc., Ph. D., selaku Dosen penguji II yang ikut andil dalam proses pengujian tugas akhir.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M. Sc., Ph. D., selaku Wakil Dekan I Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T., M. Sc., Ph. D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu Teknik Sipil yang sangat bermanfaat.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi Biro Fakultas Teknik, Universitas

Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Kedua orang tua yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
10. Sahabat dan rekan-rekan bimbingan Teknik Sipil stambuk 2021, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan semua teman-teman yang memberi penulis masukan-masukan yang bermanfaat, dukungan, serta semangat pada proses penyelesaian laporan ini.

Tugas akhir ini tentu masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan masukan yang membangun dari para pembaca agar bisa menjadi pembelajaran penelitian yang akan datang. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan juga dunia konstruksi Teknik Sipil.

Wassalamua'alaikum Wr. Wb

Medan, 24 April 2025

Mhd. Rafiq Tomi

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	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	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 Beton Berserat	5
2.3 Bahan Dasar Pembuatan Beton	6
2.3.1 Semen	6
2.3.2 Agregat Kasar	7
2.3.3 Agregat Halus	9
2.3.4 Air	12
2.4 Material Tambahan Beton	13
2.4.1 Biji Karet	13
2.4.2 <i>Admixture</i>	13
2.5 <i>Mix Design</i>	14
2.6 Kuat Tarik Belah Beton	20
2.7 Analisa Saringan	21

2.8 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	22
2.9 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	23
2.10 Berat Isi Agregat	24
2.11 Kadar Air Agregat	25
2.12 Kadar Lumpur	25
2.13 Kelebihan SNI 03-2834-2000	26
2.14 Penelitian Terdahulu	28
BAB 3 METODE PENELITIAN	32
3.1 Metode Penelitian	32
3.2 Tempat dan Waktu	34
3.3 Alat dan Bahan	34
3.3.1 Alat	34
3.3.2 Bahan	35
3.4 Pemeriksaan Bahan	37
3.5 Persiapan Biji Karet	37
3.6 <i>Sikament-NN</i>	37
3.7 Perencanaan Campuran Beton	38
3.8 Pengujian <i>Slump</i>	40
3.9 Pembuatan Benda Uji	41
3.10 Pengujian Kuat Tarik Belah	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Tujuan Umum	43
4.2 Hasil dan Analisis Pemeriksaan Agregat	43
4.3 Pemeriksaan Agregat Halus	43
4.3.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	43
4.3.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	45
4.3.3 Pengujian Berat Isi Agregat Halus	46
4.3.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	46
4.3.5 Pengujian Kadar Air Agregat Halus	47
4.4 Pemeriksaan Agregat Kasar	48
4.4.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	48
4.4.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	49

4.4.3 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	50
4.4.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	51
4.4.5 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	51
4.5 Perencanaan Campuran Beton	52
4.6 Kebutuhan Material Beton	57
4.6.1 Kebutuhan Material Utama Beton	57
4.6.2 Kebutuhan Biji Karet	57
4.6.3 Kebutuhan <i>Sikament-NN</i>	58
4.6.4 Kebutuhan Material Keseluruhan	59
4.7 <i>Slump Test</i>	61
4.8 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	62
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	68
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Persyaratan gradasi agregat kasar	7
Tabel 2.2: Persyaratan gradasi agregat halus	9
Tabel 2.3: Faktor pengali untuk deviasi standar bila data hasil uji yang tersedia kurang dari 30	15
Tabel 2.4: Tabel 3 perkiraan kadar air bebas (kg/m ³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat pengerjaan adukan beton	17
Tabel 2.5: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk pembetonan dalam lingkungan khusus	17
Tabel 2.6: Persamaan berat jenis agregat kasar	22
Tabel 2.7: Persamaan berat jenis agregat halus	24
Tabel 2.8: Kelebihan dari SNI 03-2834-2000	27
Tabel 3.1: Konsistensi beton dengan <i>Sikament-NN</i> sebagai <i>superplasticizer</i>	38
Tabel 3.2: Benda uji dan komposisi campuran benda uji	39
Tabel 4.1: Pengujian analisa agregat halus	44
Tabel 4.2: Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus	45
Tabel 4.3: Pengujian berat isi agregat halus	46
Tabel 4.4: Pengujian kadar lumpur agregat halus	46
Tabel 4.5: Pengujian kadar air agregat halus	47
Tabel 4.6: Pengujian analisa saringan agregat kasar	48
Tabel 4.7: Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	49
Tabel 4.8: Pengujian berat isi agregat kasar	50
Tabel 4.9: Pengujian kadar lumpur agregat kasar	51
Tabel 4.10: Pengujian kadar air agregat kasar	51
Tabel 4.11: Faktor pengali untuk deviasi standar bila data hasil uji yang tersedia kurang dari 30	52
Tabel 4.12: Persyaratan fas dan jumlah semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus	54
Tabel 4.13: Perkiraan kebutuhan air/meter kubik beton	54
Tabel 4.14: Kebutuhan biji karet untuk 1 benda uji	58
Tabel 4.15: Kebutuhan <i>Sikament-NN</i> untuk 1 benda uji	59

Tabel 4.16: Kebutuhan bahan pada setiap jenis campuran	59
Tabel 4.17: Hasil pengujian <i>slump test</i>	61
Tabel 4.18: Nilai kuat tarik belah beton umur 28 hari	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1:	Gradasi agregat kasar maksimum 10 mm	8
Gambar 2.2:	Gradasi agregat kasar maksimum 20 mm	8
Gambar 2.3:	Gradasi agregat kasar maksimum 40 mm	9
Gambar 2.4:	Gradasi agregat halus zona 1	10
Gambar 2.5:	Gradasi agregat halus zona 2	11
Gambar 2.6:	Gradasi agregat halus zona 3	11
Gambar 2.7:	Gradasi agregat halus zona 4	12
Gambar 2.8:	Grafik 1 hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen	16
Gambar 2.9:	Grafik 13 persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan ukuran butir maksimum 20 mm	19
Gambar 2.10:	Grafik 16 perkiraan berat isi beton yang telah selesai didapatkan	19
Gambar 2.11:	Ilustrasi uji kuat tarik belah beton	21
Gambar 3.1:	Bagan alir penelitian	33
Gambar 3.2:	Biji karet	36
Gambar 3.3:	<i>Sikament-NN</i>	37
Gambar 3.4:	Diagram kerucut <i>abrams</i>	40
Gambar 3.5:	Ilustrasi dimensi benda uji	41
Gambar 3.6:	Pengujian kuat tarik belah beton	42
Gambar 4.1:	Grafik agregat halus	45
Gambar 4.2:	Grafik agregat kasar	49
Gambar 4.3:	Hubungan antar kuat tekan dan fas berdasarkan umur benda uji serta jenis semen	53
Gambar 4.4:	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk butir maksimum 20 mm	55
Gambar 4.5:	Perkiraan berat isi beton basah yang selesai dipadatkan	56
Gambar 4.6:	Diagram nilai hasil kuat tarik belah beton	63
Gambar L1:	Proses penyiapan bahan sebelum melakukan <i>mix design</i>	68
Gambar L2:	Proses analisa saringan agregat kasar	68
Gambar L3:	Cangkang biji karet	68

Gambar L4:	Penyaringan biji karet lolos $\frac{3}{4}$ tertahan $\frac{3}{8}$	69
Gambar L5:	Pengecekan oleh dosen pembimbing	69
Gambar L6:	<i>Mix design</i> dengan kode variasi BCK 0,75% + NN 1,8%	69
Gambar L7:	Pembelian material	70
Gambar L8:	Proses <i>curing</i> selama 28 hari	70
Gambar L9:	Alat <i>Universal Testing Machine</i>	70

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan konstruksi yang sering digunakan dalam bidang teknik sipil. Hampir setiap struktur bangunan sipil baik itu gedung, jembatan maupun bangunan air menggunakan material berbahan beton. Peranan berat sendiri beton pada bangunan tinggi sangat dominan karena semakin besar berat struktur maka semakin besar pula gaya gempa yang bekerja pada bangunan tersebut sehingga diperlukan dimensi pondasi atau kuat tekan rencana yang cukup besar agar mampu menahan beban struktur itu sendiri yang mengakibatkan biaya konstruksi yang semakin juga. Beton ringan menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut (Shela Yuhesti, 2014).

Ide dasar beton ringan adalah menciptakan rongga udara di dalam beton, salah satu caranya adalah dengan menambahkan agregat pengganti atau isian ke dalam beton. Penggunaan agregat pengganti dalam beton telah banyak digunakan untuk mendapatkan mutu beton yang lebih baik. Menurut diagram, agregat beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah digunakan dan dirakit, seperti cangkang biji karet.

Admixture merupakan bahan kimia atau material tambahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton saat proses pencampuran. Penambahan *admixture* ini bertujuan untuk memodifikasi sifat-sifat beton baik pada saat masih segar (*fresh concrete*) maupun setelah mengeras (*hardened concrete*). Dengan kata lain, *admixture* berfungsi untuk menyesuaikan karakteristik beton agar sesuai dengan kebutuhan dan kondisi proyek yang spesifik.

Menurut (Shela Yuhesti, 2014), dalam penelitian yang menggunakan variasi penggunaan biji karet sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton yaitu: 25%, 50%, 75% terhadap volume benda uji dengan menggunakan bahan tambah (*additive*) yaitu Complast WP421 dengan kadar $1,5 \text{ l} / \text{m}^3$, dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Pengujian kuat tekan beton yang dilakukan adalah pada saat beton berumur 7 hari, 21 hari, dan 28 hari. Pada penelitian ini, hasil

pengolahan data berat dan kuat tekan beton ringan menggunakan biji karet menunjukkan bahwa semakin banyak biji karet maka beton akan semakin ringan dan kuat tekan beton semakin menurun. Akan tetapi dengan penggunaan bahan tambah Complast WP421 dapat meningkatkan kuat tekan beton hingga 18,94%.

Berdasarkan penjelasan diatas, dengan penggunaan biji karet sebagai penelitian terhadap mutu beton dapat menurunkan kualitas mutu beton itu sendiri apabila digunakan terlalu banyak. Pada penelitian ini penggunaan biji karet dilakukan dengan penjemuran biji karet selama $\pm 5 - 14$ hari berturut-turut guna menurunkan kadar air yang terkandung. Maka pada penelitian ini biji karet digunakan sebagai bahan tambah dan *admixture* sebagai bahan tambah yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas mutu beton, serta dapat dijadikan inovasi dan mempunyai nilai ekonomis yang relatif rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan biji karet sebesar 0,75%, 1,00%, dan 1,25% serta *admixture* pada umur 28 hari terhadap kuat tarik beton?
2. Berapakah persentase yang optimal terkait penambahan biji karet dan *admixture* dalam campuran beton untuk menghasilkan kinerja mekanis yang maksimal?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian bertujuan untuk membatasi terkait masalah yang dibahas dengan tujuan agar penelitian lebih terarah sesuai dengan hal-hal yang sudah ditentukan. Beberapa batasan masalah tersebut antara lain:

1. Mutu beton rencana yang digunakan adalah f'_c 20 MPa.
2. Variasi persentase campuran biji karet dan *admixture* dalam komposisi beton akan dianalisis untuk melihat pengaruhnya terhadap kualitas beton.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari kajian ini diantaranya:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan biji karet sebesar 0,75%, 1,00%, dan 1,25% dengan *admixture* pada umur 28 hari terhadap kuat tarik beton pada tiap variasi persentasenya.
2. Untuk mengetahui persentase yang optimal terkait penambahan biji karet serta *admixture* dalam campuran beton agar menghasilkan kinerja mekanis yang maksimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan, diharapkan mampu memberi manfaat tersendiri bagi pembaca, antara lain:

1. Penelitian ini dapat memberikan alternatif baru yang lebih ramah lingkungan terkait penggunaan material konstruksi dengan memanfaatkan biji karet dan *admixture* sebagai bahan tambahan yang dicampur dengan semen untuk mengubah sifat beton.
2. Meningkatkan kualitas penelitian dan kemampuan penulis dalam bidang kuat tarik beton dengan biji karet dan *admixture* sebagai bahan pengikatnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal skripsi ini, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisi pembahasan dan penguraian bahan bacaan yang relevan terkait dengan pokok bahasan studi, sebagai dasar untuk mengkaji permasalahan yang ada dan menyiapkan landasan teori.

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini menguraikan tentang tahapan penelitian, pelaksanaan

penelitian, teknik pengumpulan data, peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data, serta analisa data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisikan tentang hasil penelitian, permasalahan, dan pemecahan masalah selama penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisikan kesimpulan dari hasil analisa yang telah dilakukan serta saran dari penulis.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton), kita memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen (Mulyono, 2003).

Kekuatan beton diperoleh dari proses hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menghasilkan pasta semen yang dapat mengikat agregat menjadi massa yang padat dan kuat. Nawy (2001: 1) mendefinisikan beton adalah material yang kuat dalam kondisi tekan, tetapi lemah dalam kondisi tarik, kuat tarik bervariasi dari 8 sampai 14 persen dari kuat tekannya. Sedangkan dalam pengertian lain beton adalah suatu komposit yang terbentuk dari berbagai material yang tercampur yaitu beberapa bahan batu-batuan baik alami maupun batuan yang dipecahkan yang disertai oleh semen sebagai bahan pengikat dengan perbandingan tertentu. Perencana (*engineer*) dapat mengembangkan pemilihan material yang layak komposisinya sehingga diperoleh beton yang efisien, memenuhi kekuatan batas yang disyaratkan oleh perencana dan memenuhi persyaratan *serviceability* yang dapat diartikan juga sebagai pelayanan yang handal dengan memenuhi kriteria ekonomi (MZ, 2018).

2.2 Beton Berserat

Beton berserat adalah jenis beton yang diperkuat dengan penambahan serat sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan sifat mekanisnya, terutama dalam hal ketahanan terhadap tarik dan retak. Jenis serat yang digunakan dalam beton berserat memiliki karakteristik yang berbeda – beda. Serat baja misalnya, sangat efektif dalam meningkatkan ketahanan tarik dan kekuatan lentur beton. Sementara itu, serat alami seperti biji karet dapat digunakan sebagai alternatif yang lebih

ramah lingkungan dengan tujuan yang sama. Penambahan serat dalam beton bertujuan untuk meningkatkan ketahanan terhadap gaya tarik dan fleksibilitas material, sehingga beton menjadi lebih tahan terhadap beban dinamis dan retak mikro.

Menurut (SNI 2468:2015), beton berserat dapat mengurangi risiko penyusutan plastis dan meningkatkan ketahanan terhadap benturan. Penggunaan serat dalam beton juga terbukti meningkatkan durabilitas dan umur layan struktur, terutama pada lingkungan yang mengalami perubahan suhu ekstrem atau beban berulang.

2.3 Bahan Dasar Pembuatan Beton

Pada dasarnya bahan utama penyusun beton adalah semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Akan tetapi ada juga bahan tambahan yang digunakan sebagai penguat beton tersebut (*admixture*).

2.3.1 Semen

Semen merupakan bahan perekat atau pengikat bagi material lainnya yang digunakan dalam konstruksi. Secara kimiawi, semen adalah campuran senyawa kalsium silikat dan kalsium aluminat yang mengeras ketika dicampur dengan air melalui proses hidrasi.

Terdapat beberapa jenis semen yang umum digunakan dalam pembuatan beton, seperti semen OPC, PCC, dan PPC. Dalam penelitian ini akan menggunakan semen *Portland Composite Cement* (PCC). Menurut (SNI 15-2049-2004), semen *portland* dibagi menjadi lima jenis, yaitu:

1. Semen *Portland* Tipe I, digunakan untuk konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus terhadap panas hidrasi atau ketahanan sulfat.
2. Semen *Portland* Tipe II, memiliki ketahanan terhadap sulfat sedang, cocok digunakan pada daerah yang mengandung sulfat dalam jumlah sedang.
3. Semen *Portland* Tipe III, memiliki kecepatan pengerasan yang tinggi, sering digunakan untuk proyek yang membutuhkan kekuatan awal yang cepat.
4. Semen *Portland* Tipe IV, digunakan untuk struktur yang membutuhkan panas

hidrasi rendah, seperti bendungan beton masif.

5. Semen *Portland* Tipe V, memiliki ketahanan tinggi terhadap sulfat, cocok pada konstruksi di daerah dengan kadar sulfat tinggi.

Menurut Pedoman Tata Cara Campuran Beton Normal dengan semen *OPC*, *PPC*, dan *PCC*. Semen *PCC* merupakan bahan pengikat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *Portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersamaan dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih kristal senyawa kalsium sulfat serta boleh ditambahkan dengan bahan tambah lain, yang dimaksud dalam juknis ini adalah semen *Portland* tipe I.

2.3.2 Agregat Kasar

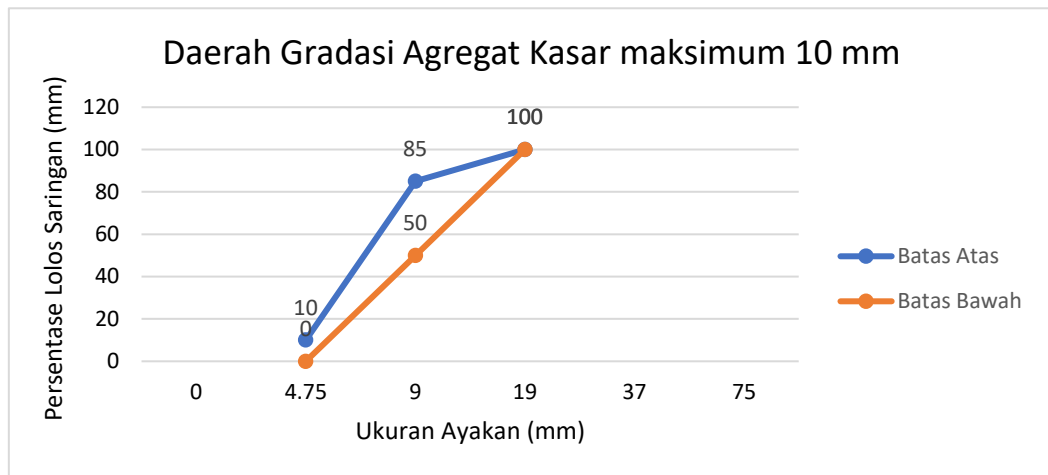
Agregat kasar adalah material yang terdiri dari butiran-butiran padat yang saling rapat (material granular) yang digunakan dalam campuran beton dan konstruksi lainnya, yang memiliki ukuran butir relatif besar. Agregat kasar terbagi menjadi beberapa macam, diantaranya : batu pecah alami, kerikil alami, pelindung nuklir, dan agregat kasar buatan. Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton adalah kerikil yang diperoleh dari hasil disintegrasi alami material yang diperoleh dari alat pemecah (*stone crusher*) atau pemecahan secara manual.

Berikut adalah tabel gradasi yang harus dipenuhi oleh agregat kasar berdasarkan (SNI 03-2834-2000).

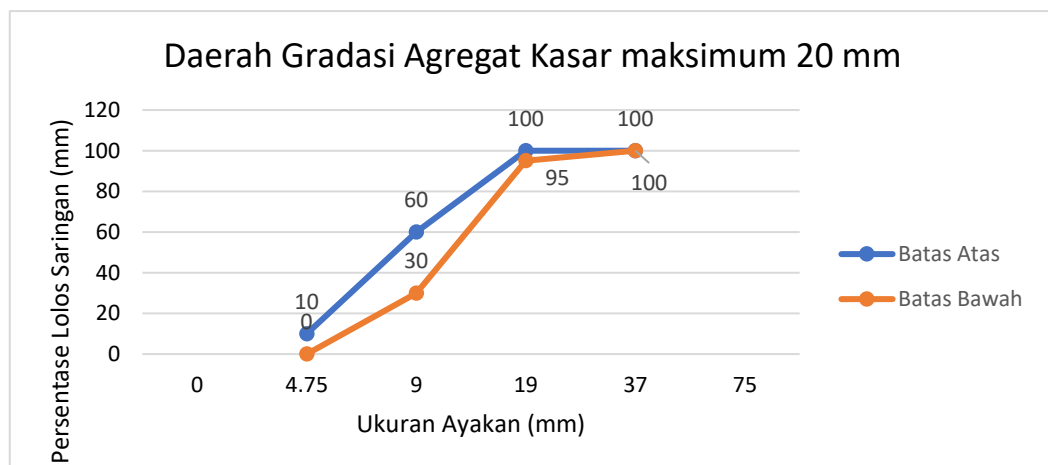
Tabel 2.1: Persyaratan gradasi agregat kasar.

Ayakan BS. 882 (mm)	Persentase Berat Yang Lewat Pada Ayakan		
	Ukuran Nominal Agregat/Krikil (mm)		
	4,8-38	4,8-19	4,8-9,6
38,0	95-100	100	100
19,0	37-70	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

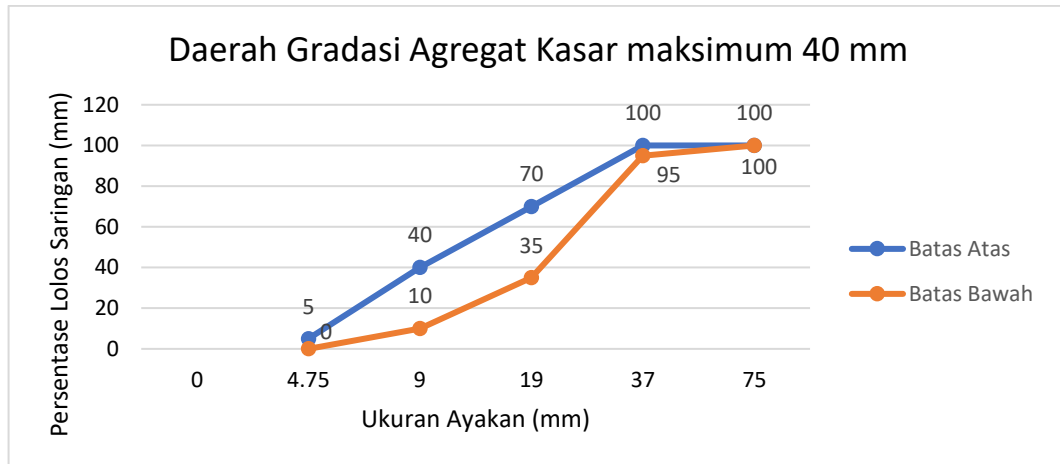
Berikut adalah grafik gradasi yang harus dipenuhi oleh agregat kasar berdasarkan (SNI 03-2834-2000):



Gambar 2.1: Gradasi agregat kasar maksimum 10 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.2: Gradasi agregat kasar maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.3: Gradasi agregat kasar maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000).

2.3.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai material pengisi pada beton agar tidak terjadinya segregasi antara pasta semen dengan agregat kasar. Berdasarkan (SNI 03-2847-2002), agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir sebesar 5,0 mm.

Menurut (SNI 03-2461-2002), agregat halus harus memiliki kadar lumpur kurang dari 5% modulus kehalusan berkisar antara 2,3 hingga 3,1 serta tidak mengandung material yang dapat mengurangi daya rekat dengan semen.

Berikut adalah Tabel 2.2 gradasi yang harus dipenuhi oleh agregat halus berdasarkan (SNI 03-2834-2000).

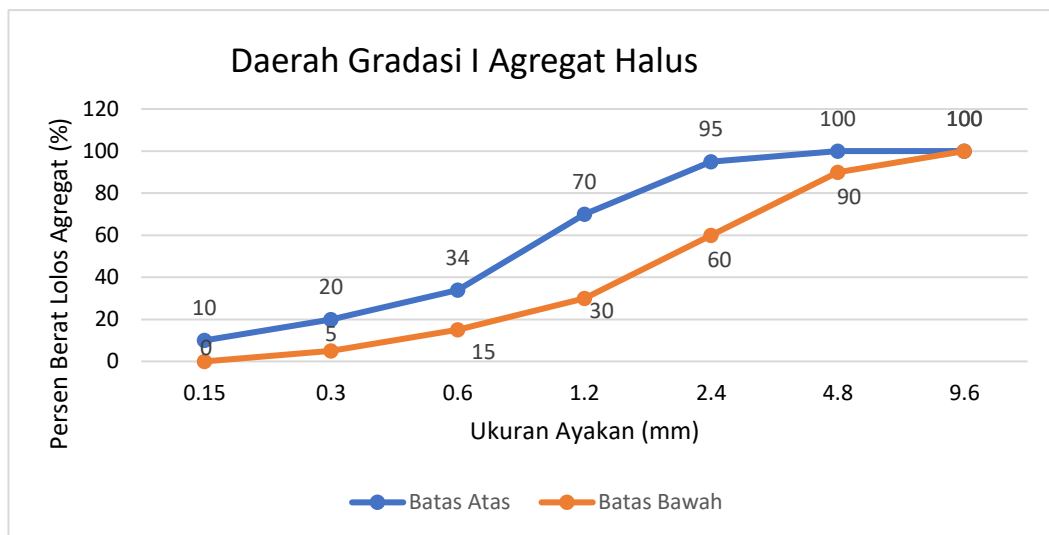
Tabel 2.2: Persyaratan gradasi agregat halus.

Ayakan BS. 882 (MM)	Persentase Berat Yang Lewat Pada Ayakan			
	<i>Grading zone 1</i>	<i>Grading zone 2</i>	<i>Grading zone 3</i>	<i>Grading zone 4</i>
9,6	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	90-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100

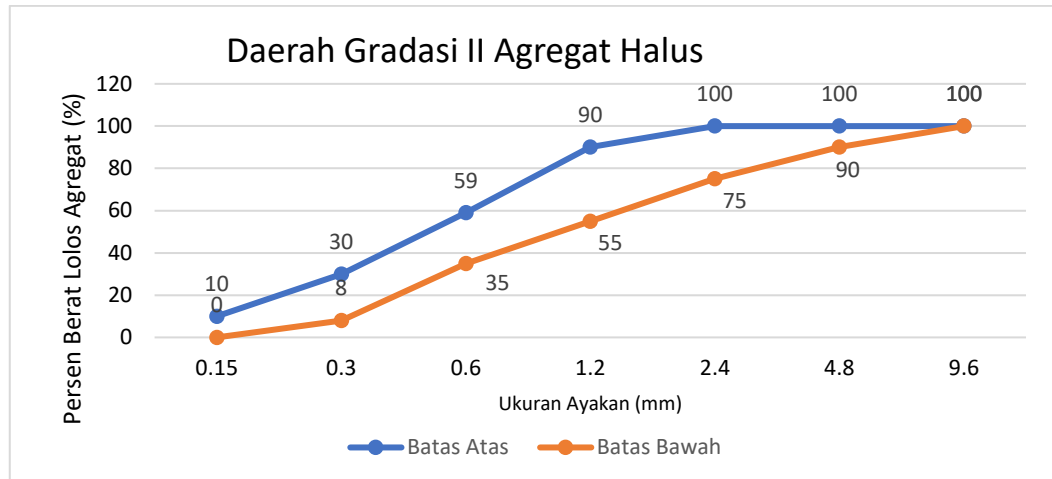
Tabel 2.2: *Lanjutan.*

Ayakan BS. 882 (MM)	Persentase Berat Yang Lewat Pada Ayakan			
	<i>Grading zone 1</i>	<i>Grading zone 2</i>	<i>Grading zone 3</i>	<i>Grading zone 4</i>
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	0-10

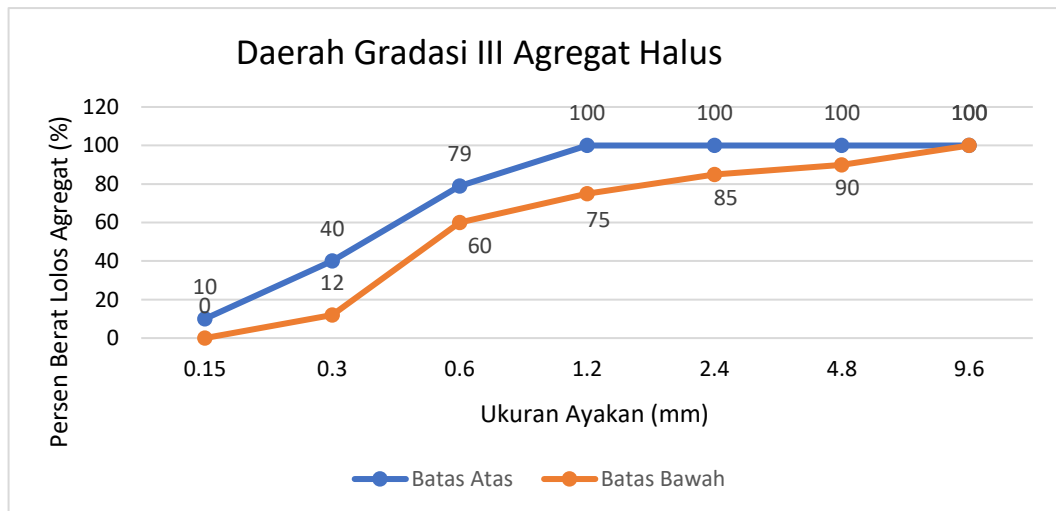
Berikut adalah grafik gradasi yang harus dipenuhi oleh agregat halus berdasarkan (SNI 03-2834-2000).



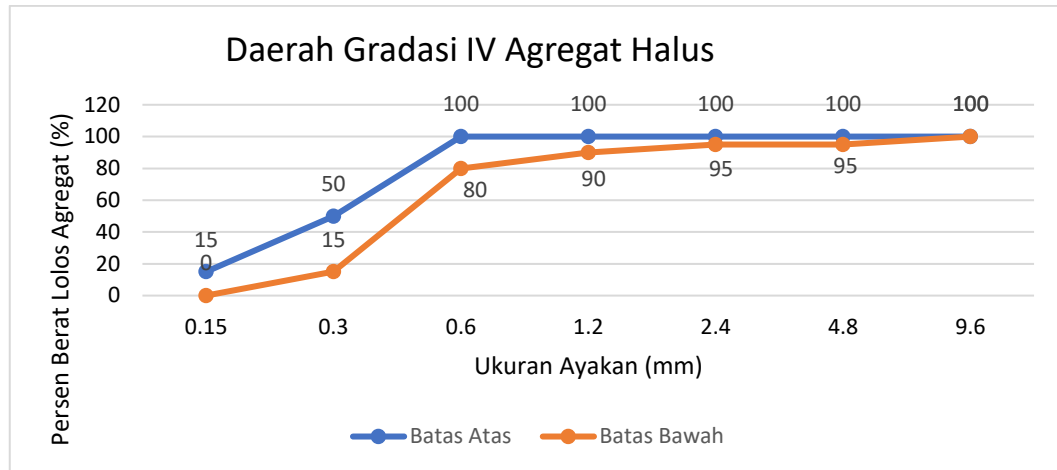
Gambar 2.4: Gradasi agregat halus zona 1 (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.5: Gradasi agregat halus zona 2 (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.6: Gradasi agregat halus zona 3 (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.7: Gradasi agregat halus zona 4 (SNI 03-2834-2000).

2.3.4 Air

Air merupakan salah satu komponen utama dalam campuran beton, air memegang peran krusial dalam proses hidrasi semen yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran beton menjadi keras dan memperoleh kekuatan. Kualitas dan jumlah air yang digunakan dalam campuran beton sangat mempengaruhi sifat-sifat beton, baik dalam keadaan segar (*fresh concrete*) maupun setelah mengeras (*hardened concrete*).

Menurut (Mulyono, 2003), air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut sebagai faktor air semen (*water cement ratio*). Untuk air yang tidak memenuhi syarat mutu, kekuatan beton pada umur 7 hari atau 28 hari tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar atau suling (PB 1989 : 9).

2.4 Material Tambahan Beton

Material tambahan dalam beton ialah bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton yang dapat meningkatkan sifat beton tersebut, seperti *workability*, kekuatan, dan bahkan untuk mengurangi penggunaan air. Material tambahan dapat berupa bahan alami, sintesis, dan juga limbah yang dimanfaatkan kembali.

2.4.1 Biji Karet

Tanaman karet menghasilkan biji karet dalam jumlah besar. Ada biji karet di setiap buah ruang. Jumlah biji tiga kali jumlah ruang. Biji ukuran besar kulit keras. Dengan kata lain, coklat kehitaman bercak-bercak berpola yang khas. Menurut definisi yang diberikan, akar tanaman karet merupakan akar tunggal. Biji karet berbentuk elips, berukuran 2,5 hingga 3 cm, dan berat antara 2 hingga 4 gram per biji. Biji karet terdiri dari 40–50% kulit keras berwarna coklat dan 50–60% inti berwarna putih kekuningan. Kandungan udara pada biji karet cukup besar. Untuk penggunaan biji karet dilakukan dengan penjemuran dibawah sinar matahari langsung selama $\pm 5 - 14$ hari.

Salah satu cara untuk memperbaiki atau meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik terhadap beton adalah dengan menambahkan serat pada adukan beton, untuk menghindari kemungkinan terjadinya retak-retak akibat tegangan tarik pada daerah beton yang dapat ditahan oleh serat-serat. Pada penelitian ini campuran yang digunakan adalah serat cangkang biji karet (*hevea brasiliensis-muell.Arg*), (Program et al., 2020).

2.4.2 Admixture

Admixture (aditif) merupakan bahan selain air, agregat, semen hidrolis dan tulangan serat, yang digunakan sebagai sebuah unsur campuran bahan semen guna mengubah properti adukan, ikatan, atau pengerasan ; dimana *admixture* dimasukkan ke dalam campuran sebelum atau saat pengadukan (ACI 116R-00).

Admixture dari beberapa jenis yaitu :

- Aditif Pencampur (*Mixing Admixture*)

Aditif pencampur merupakan jenis aditif untuk beton yang digunakan sebagai

pengubah sifat-sifat reologi campuran beton, seperti kecernaan, kekentalan, dan waktu pengerasan. Beberapa jenis aditif pencampur yang umum digunakan adalah superplastisizer, retarder, dan accelator.

- Aditif Pengisi (*Filling Admixture*)

Aditif pengisi merupakan jenis aditif beton yang digunakan sebagai pengisi celah-celah antara agregat kasar dan agregat halus dalam campuran beton. Contoh aditif pengisi yang umum digunakan adalah *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*.

- Aditif Pengikat (*Bonding Admixture*)

Aditif pengikat merupakan jenis aditif pada beton yang digunakan untuk meningkatkan daya lekat antara beton dengan material lain, seperti baja, kayu, atau material beton yang sudah keras. Contoh aditif pengikat yang umum digunakan adalah aditif berbasis latex atau polimer.

- Aditif Percepat Pengerasan (*Accelerating Admixture*)

Aditif percepat pengerasan merupakan jenis aditif pada beton yang digunakan untuk mempercepat waktu pengerasan beton. Keuntungan aditif ini diantaranya, mengurangi waktu konstruksi, meningkatkan produktivitas, dan mengurangi risiko kerusakan akibat kondisi cuaca yang buruk.

- Aditif Anti Retak (*Crack Control Admixture*)

Aditif anti retak merupakan jenis aditif pada beton yang digunakan untuk mengurangi risiko retak pada beton. Aditif ini membantu mengontrol dan meminimalkan retak pada beton, sehingga meningkatkan daya tahan dan estetika struktur beton.

2.5 Mix Design

Menurut (SNI 03-2834-2000) *mix design* atau perencanaan campuran beton merupakan proses penentuan proporsi material penyusun beton, yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, untuk mencapai sifat beton yang diinginkan. Proses ini bertujuan agar beton memiliki kekuatan yang sesuai dengan *standard*, mudah dikerjakan (*workability*), dan memiliki ketahanan dan durabilitas yang optimal sesuai kebutuhan.

Dalam (SNI 03-2834-2000) mutu beton ditentukan berdasarkan kuat tekan karakteristik (f'_c), yaitu kuat tekan minimum yang harus dicapai oleh beton setelah berusia 28 hari. Standar ini juga mempertimbangkan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}'), yang dihitung berdasarkan standar deviasi hasil uji beton sebelumnya.

Perencanaan beton adalah untuk menentukan kuat tekan karakteristik (f'_c) yang dibutuhkan dan menghitung kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}'), menentukan proporsi agregat dan faktor air semen, lalu dilakukan uji coba campuran beton dan mengkoreksi jika diperlukan untuk memastikan campuran beton memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Langkah-langkah pembuatan rencana campuran beton normal menurut SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut:

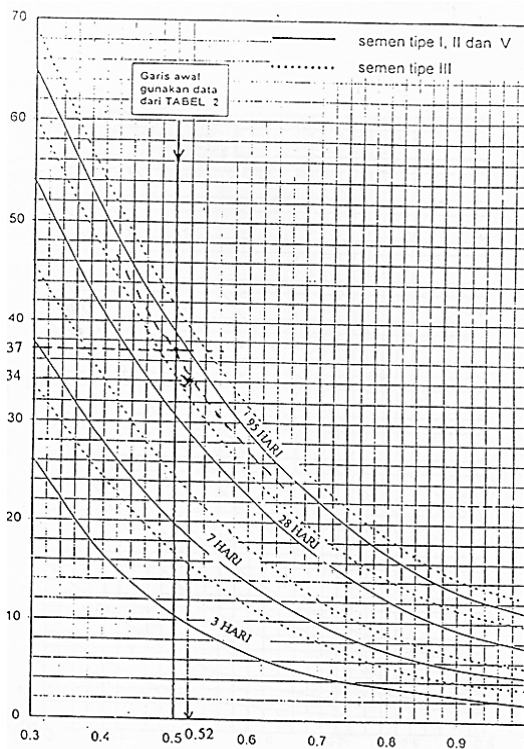
1. Ambil kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c pada umur tertentu.
2. Hitung deviasi standar menurut ketentuan butir 4.2.3.1, bila data tidak memenuhi syarat maka harus diambil tidak kurang dari ($f'_c + 12$ MPa).

Tabel 2.3: Faktor pengali untuk deviasi standar bila data hasil uji yang tersedia kurang dari 30.

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Lihat butir 4.2.3.1 1) (5)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Hitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan f_{cr}' menurut butir.
4. Tetapkan jenis semen.
5. Tentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat ini dapat dalam bentuk tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan.
6. Tentukan factor air semen menurut butir 4.2.3.2 bila dipergunakan grafik 1 atau 2 ikuti langkah-langkah berikut:
 - a. Tentukan factor air semen menurut butir 4.2.3.2 Bila dipergunakan grafik 1 atau 2 ikuti langkah-langkah berikut;
 - b. Tentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 2, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;

- c. Lihat Grafik 1 untuk benda uji berbentuk silinder atau grafik 2 untuk benda uji berbentuk kubus;
- d. Tarik garis tegak lurus ke atas melalui factor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas;
- e. Tarik garis lengkung melalui titik pada sub butir 3 secara proporsional;
- f. Tarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 4 di atas;
- g. Tarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan factor air semen yang diperlukan.



Gambar 2.8: Grafik 1 hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen.

7. Tetapkan factor air semen maksimum menurut butir 4.2.3.2 3) (dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak). Jika nilai factor air semen yang diperoleh dari butir 7 di atas lebih kecil dari yang dikehendaki, maka yang dipakai yang terendah.
8. Tetapkan *slump*.
9. Tetapkan ukuran agregat maksimum jika tidak ditetapkan lihat butir 4.2.3.4.

10. Tentukan nilai kadar air bebas menurut butir 4.2.3.5 dari Tabel 2.7.

Tabel 2.4: Tabel 3 perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat pengerjaan adukan beton.

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

11. Hitung jumlah semen yang besarnya adalah kadar semen adalah kadar air bebas dibagi factor air semen.
12. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
13. Tentukan jumlah semen semimum mungkin. Jika tidak lihat Tabel 2.5 jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.
14. Tentukan factor air semen yang disesuaikan dari Tabel 2.5, jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka factor air semen harus diperhitungkan kembali.

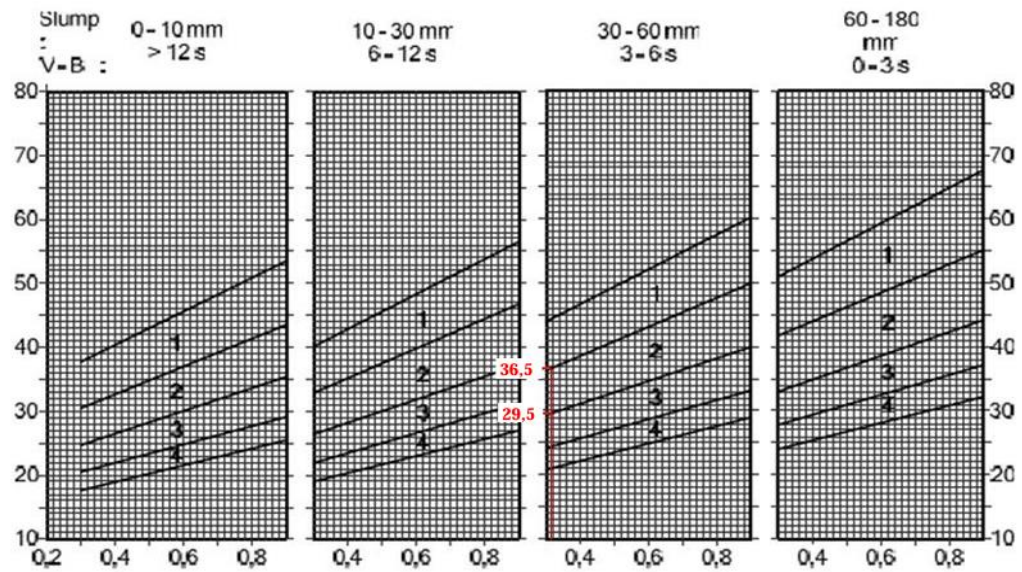
Tabel 2.5: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk pembetonan dalam lingkungan khusus.

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m^3 beton (kg)	Nilai Faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55

Tabel 2.5: *Lanjutan.*

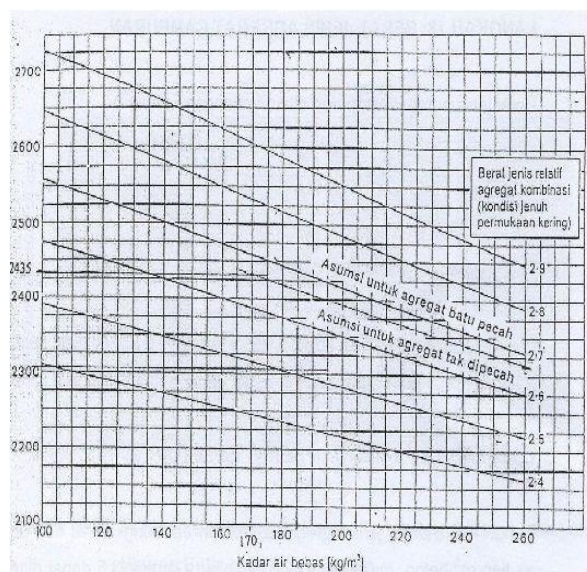
Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m ³ beton (kg)	Nilai Faktor Air-Semen Maksimum
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. air tawar		
b. air laut		Lihat Tabel 6

15. Tentukan susunan butir agregat halus pasir kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayak menurut standar yang berlaku, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva-kurva yang tertera dalam grafik 3 sampai dengan 6 atau gabungkan pasir pasir tersebut seperti pada table 8.
16. Tentukan susunan agregat kasar menurut grafik 7,8, atau 9 bila lebih dari satu macam agregat kasar gabungkan seperti table 9.
17. Tentukan persentase pasir dengan perhitungan atau menggunakan grafik 13 sampai dengan 15; dengan diketahui ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10, *slumps* menurut butir 9, factor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik. Jumlah ini adalah jumlah seluruhnya dari pasir atau fraksi agregat yang lebih halus dari 5 mm. dalam agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia seringkali dijumpai bagian yang lebih halus dari 5 mm dalam jumlah yang lebih dari 5 persen. Dalam hal ini maka jumlah agregat halus yang diperlukan harus dikurangi.



Gambar 2.9: Grafik 13 persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan ukuran butir maksimum 20 mm.

18. Hitung berat jenis *relative* agregat menurut butir 4.2.3.6.
19. Tentukan berat isi beton menurut Grafik 16 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3 dan berat jenis *relative* dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 2.10: Grafik 16 perkiraan berat isi beton yang telah selesai didapatkan.

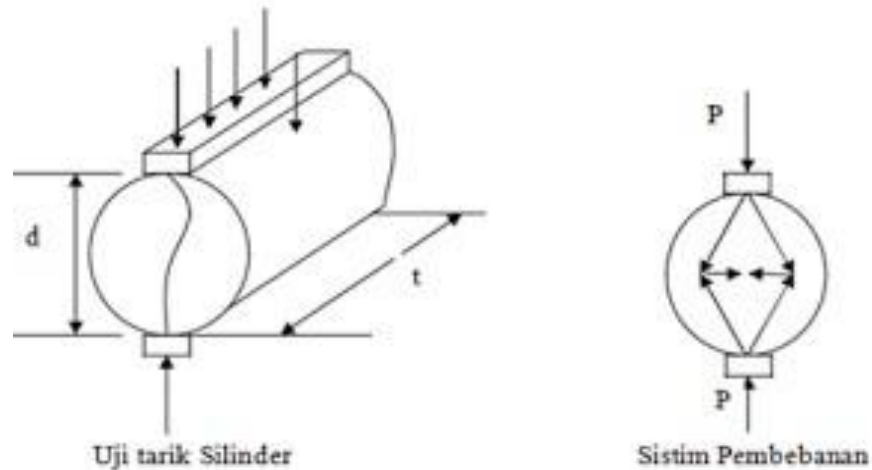
20. Hitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
21. Hitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21.
22. Hitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22; dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1m³ beton.
23. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan;
24. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan pada butir 4.2.3.8.
25. Buatlah campuran uji, ukur dan catatlah besarnya slump serta kekuatan tekan yang sesungguhnya, perhatikan hal berikut:
 - a. Jika harga yang didapat sesuai dengan harga yang diharapkan, maka susunan campuran beton tersebut dikatakan baik. Jika tidak, maka campuran perlu dibetulkan;
 - b. Kalau *slump*-nya ternyata terlalu tinggi atau rendah, maka kadar air perlu dikurangi atau ditambah (demikian juga kadar semennya, karena factor air semen harus dijaga agar tetap tak berubah);
 - c. Jika kekuatan beton dari campuran ini terlalu tinggi atau rendah, maka factor air semen dapat atau harus ditambah atau dikurangi sesuai dengan Grafik 1 atau 2.

2.6 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik merupakan tegangan maksimum suatu material untuk menahan gaya tarik sebelum mencapai batas deformasi permanen (putus). Metode uji kuat tarik belah dilakukan dengan membebani silinder beton secara lateral hingga terjadi retakan yang membujur. Menurut (SNI 2491-2002) kekuatan tarik belah pada umumnya lebih besar dari kekuatan tarik langsung dan lebih rendah dari kekuatan lentur. Kuat tarik merupakan salah satu sifat mekanis beton yang berperan penting dalam menentukan perilaku retak serta mekanisme perambatannya dalam suatu struktur. Dalam praktiknya, hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik beton tidak bersifat linear, dimana peningkatan mutu kuat

tekan beton hanya menghasilkan peningkatan yang relatif kecil terhadap kuat tariknya (Beton et al., 2025).

Hasil diperoleh dari pembebanan benda uji yang diletakkan sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji. Kekuatan tarik belah dari benda uji dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut (SNI 03-2491-2002).



Gambar 2.11: Ilustrasi uji kuat tarik belah beton (SNI 03-2491-2002).

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi L D} \quad (2.1)$$

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

2.7 Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan merupakan suatu metode yang dilakukan untuk menentukan gradasi atau distribusi ukuran butiran agregat. Pengujian ini dilakukan mengikuti cara kerja SNI 03-1968-1990. Alat yang digunakan pada uji ini adalah set alat saringan dengan ukuran $1\frac{1}{2}$ ", 1, $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No. 200 dan pan, prosedur pengujian:

1. Menyusun set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar.

2. Menimbang benda uji hingga mencapai berat yang diinginkan.
3. Meletakkan material ke saringan paling atas serta diayak sehingga butir-butir material jatuh ke ayakan yang ada dibawahnya sesuai dengan ukurannya dan terbagi secara merata sesuai ukurannya.
4. Menimbang berat tiap material yang tertahan di setiap saringan dan kemudian mencatatnya. Untuk menghitung modulus kehalusan, dapat digunakan persamaan seperti berikut:

- Persen berat tertahan (%) = $\frac{\text{Berat Tertahan}}{\text{Berat Total}} \times 100\%$ (3.1)

- FM (Modulus Kehalusan) = $\frac{\text{Jumlah\% Kumulatif Tertahan}}{100}$ (3.2)

2.8 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai berat jenis dan penyerapan pada agregat kasar, prosedur pengujian:

1. Mempersiapkan bahan yang akan diuji, batu pecah yang lolos ayakan ½”.
2. Material lalu direndam didalam air selama 24 jam.
3. Membuang air dan mengeringkan agregat menggunakan serbet.
4. Menimbang material dan mencatat beratnya.
5. Material yang telah dicatat beratnya, dimasukan kedalam oven pada temperatur $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
6. Mengeluarkan sampel dari oven, lalu kemudian didiamkan sampai mencapai suhu ruangan.
7. Menimbang sampel kembali serta mencatatnya.

Untuk menghitung berat jenis agregat kasar, dapat digunakan persamaan seperti Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Persamaan berat jenis agregat kasar.

Perhitungan	Notasi
Berat jenis curah (Sd)	$\frac{A}{(B - C)}$
Berat jenis jenuh kering permukaan (Ss)	$\frac{B}{(B - C)}$

Tabel 2.6: *Lanjutan.*

Perhitungan	Notasi
Berat jenis semu (S_a)	$\frac{A}{(A - C)}$
Penyerapan air (S_w)	$[\frac{B}{B - A}] \times 100\%$

Keterangan:

- A = Berat benda uji kering oven (gr)
- B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gr)
- C = Berat benda uji dalam air (gr)

2.9 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan guna mendapatkan nilai berat jenis dan penyerapan pada agregat halus, prosedur pengujian:

1. Mempersipkan bahan yang akan diuji, pasir yang lolos ayakan No. 4.
2. Menjemur agregat halus hingga mencapai kondisi SSD (kering permukaan).
3. Menimbang dan mencatat berat piknometer.
4. Memasukkan air kedalam piknometer lalu menimbang dan mencatat beratnya.
5. Memasukkan material agregat halus kedalam piknometer berisi air dan memanaskan selama ± 15 menit sambil digoyangkan setiap 5 menit agar gelembung udara keluar.
6. Merendam piknometer selama 24 jam di dalam ember yang telah berisi air.
7. Keluarkan agregat halus dan piknometer setelah 24 jam dan menurukannya ke sebuah wadah agar tidak ada agregat halus yang tertinggal pada piknometer.
8. Memasukkan wadah berisi agregat halus ke dalam oven dan mengeringkannya selama ± 24 jam.
9. Mengeluarkan wadah dari dalam oven dan menimbang dan mencatat kembali beratnya.

Untuk menghitung berat jenis agregat halus, dapat digunakan persamaan

seperti Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Persamaan berat jenis agregat halus.

Perhitungan	Notasi
Berat jenis curah (Sd)	$\frac{A}{(B + S - C)}$
Berat jenis jenuh kering permukaan (Ss)	$\frac{S}{(B + S - C)}$
Berat jenis semu (Sa)	$\frac{A}{(B + A - C)}$
Penyerapan air (Sw)	$\left[\frac{S-A}{A}\right] \times 100\%$

Keterangan:

- A = Berat benda uji kering oven (gr)
- B = Berat piknometer penuh air (gr)
- C = Berat piknometer dengan benda uji dan air (gr)
- S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

2.10 Berat Isi Agregat

Pengujian berat isi agregat dilakukan untuk mengetahui berat isi agregat halus dan agregat kasar. Prosedur pengujian:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Memastikan bahwa agregat dalam kondisi kering oven.
3. Meletakkan agregat halus dan agregat kasar ke wadah masing-masing dan mencari volume wadah masing-masing.
4. Memasukkan benda uji kedalam wadah baja sebanyak $\frac{1}{3}$ tinggi wadah lalu ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali. Lakukan hal yang sama di ketinggian $\frac{2}{3}$ dan ketinggian penuh.
5. Mengembalikan benda uji kembali ke wadah hingga penuh lalu diratakan menggunakan mistar.
6. Menimbang benda uji dengan wadahnya dan mencatatnya.

Setelah dilakukan pengujian, dapat dilakukan analisa menggunakan persamaan dibawah:

$$\begin{aligned} \text{Berat contoh SSD dan berat wadah} &= W1 \\ \text{Berat wadah} &= W2 \\ \text{Volume wadah} &= V \\ \text{Berat agregat (W3)} &= W1 - W2 \end{aligned} \quad (3.3)$$

$$\text{Berat isi} = \frac{W3}{V} \quad (3.4)$$

2.11 Kadar Air Agregat

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang terkandung di dalam agregat, prosedur pengujiannya yaitu:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Menimbang wadah yang akan digunakan.
3. Menimbang agregat sesuai yang direncanakan.
4. Mengeringkan agregat ke dalam oven sampai batas konstan selama ± 24 jam dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
5. Mengeluarkan agregat dari dalam oven dan mendinginkan agregat.
6. Menimbang agregat dan wadah setelah didinginkan serta mencatatnya.

Setelah dilakukan pengujian, dapat dihitung kadar air menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned} \text{Berat contoh SSD dan berat wadah} &= W1 \\ \text{Berat contoh kering oven dan berat wadah} &= W2 \\ \text{Berat wadah} &= W3 \\ \text{Berat air} &= W1 - W2 \end{aligned} \quad (3.5)$$

$$\text{Berat contoh kering} = W2 - W3 \quad (3.6)$$

$$\text{Kadar air} = \left[\frac{W1 - W2}{W2 - W3} \right] \times 100\% \quad (3.7)$$

2.12 Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus dan agregat kasar. Kadar lumpur berlebihan dapat

mengganggu ikatan antar material beton yang dapat mempengaruhi durabilitas dan kekuatan beton itu sendiri. Prosedur pengujiannya yaitu:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Menimbang berat wadah.
3. Memasukkan agregat kedalam wadah dan menimbangnya.
4. Membersihkan sampel hingga bersih dan air cucian sudah tidak keruh lagi.
5. Memasukkan agregat yang telah dicuci ke dalam wadah dan menimbangnya.
6. Memasukkan agregat ke dalam oven selama ± 24 jam dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
7. Mengeluarkan agregat dari dalam oven dan mendinginkan sebelum ditimbang.
8. Menimbang agregat yang telah di dinginkan tadi.

2.13 Kelebihan SNI 03-2834-2000

Karena standar ini didasarkan pada ACI 318-95, kelebihan SNI 03-2834-2000 didasarkan pada praktik yang lebih terkini, sistematis, dan selaras dari pada Standar Internasional (SI). Penggunaan desain kekuatan atau desain berdasarkan kapasitas akhir membuat struktur lebih ekonomis dibandingkan dengan metode kerja tegangan dalam undang-undang lama (PBI 1971). SNI ini juga menguraikan penggunaan faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang berbeda untuk setiap jenis konstruksi seperti lentur, tekan, geser, dan torsi sehingga keandalan struktural dapat lebih terjamin.

Selain itu, SNI 03-2834-2000 memberikan informasi rinci tentang elemen - elemen struktur, termasuk balok, kolom, pelat, dinding, pondasi, dan sambungan, serta kontrol atas lendutan, retak, dan keawetan struktur. Detail tulangan yang lebih presisi, seperti sapsi, penempatan sengkang, dan panjang penyaluran membuat pekerjaan yang dilakukan di lapangan lebih teliti dan teratur. Secara keseluruhan, SNI ini menjadi landasan penting bagi perkembangan standar beton berikutnya di Indonesia, karena berhasil membawa sistem sistem perhitungan beton dari aturan lama menuju regulasi modern yang lebih lengkap. Berikut merupakan Tabel 2.8 kelebihan SNI 03-2834-2000:

Tabel 2.8: Kelebihan dari SNI 03-2834-2000.

No.	Aspek	Kelebihan di SNI 03-2834-2000	Manfaat Praktis
1.	Acuan	Adopsi prinsi ACI 318-95.	Praktik lokal selaras internasional.
2.	Metodologi desain	Strength design (faktor beban dan faktor reduksi (ϕ)).	Desain aman dan efesien material.
3.	Faktor reduksi (ϕ)	Faktor reduksi berbeda untuk lentur, tekan, torsi, dan geser.	Reabilitas kapasitas elemen meningkat.
4.	Cakupan elemen	Balok, kolom, pelat, dinding, pondasi, dan sambungan.	Semua elemen utama terakomodasi satu standar.
5.	Kemudahan servis	Kontrol lendutan, retak, dan selimut beton.	Kinerja jangka panjang dan durabilitas lebih baik.
6.	Detail tulangan	Aturan kekuatan bangunan, spasi, dan sengkang.	Kualitas pelaksanaan dan keselamatan meningkat.
7.	Mutu material	Mendukung beton dan baja mutu lebih tinggi.	Fleksibilitas desain, potensi penghematan dimensi.
8.	Kejelasan rumus	Rumus dan tabel sistematis.	Mempercepat perhitungan dan pengecekan.
9.	Konsistensi nasional	Jadi acuan baku Indonesia.	Koordinasi lintas profesi lebih mudah.
10.	Keberlanjutan standar	Landasan SNI 2847 edisi berikutnya.	Memudahkan transisi ke regulasi modern.

2.14 Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian terkait dampak biji karet dan *admixture* telah dilakukan sebelumnya. Penelitian tersebut menjadi acuan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penyatuan biji karet dan *admixture* terhadap kuat tarik beton. Berikut ringkasan dari beberapa penelitian:

1. Analisis Pengaruh Biji Karet Terhadap Kuat Tekan Beton.

Penulis: Firdausa F., dkk.

Substitusi biji karet ke dalam agregat kasar sebaiknya tidak boleh lebih dari 5% untuk mendapatkan hasil yang maksimal diperlukan penambahan bahan kimia lainnya. Dari hasil penelitian substitusi karet dapat digunakan untuk konstruksi beton non struktural atau konstruksi yang menahan beban yang ringan.

2. Pengaruh Penggunaan Biji Karet (*Hevea Brasiliensis* muell. arg) Sebagai Agregat Kasar Pada Beton Ringan.

Penulis: Muthma Innah dan Prima Yane Putri.

Penggunaan biji karet yang bervariasi 5%, 10%, 15%, 20% dapat mengurangi cepat beton setiap pertambahan biji karet dengan hasil yang berturut-turut yaitu 12310 gram, 11350 gram, 1112 gram, 10417,3 gram. Semakin banyak persentase biji karet yang digunakan maka semakin ringan beton tersebut.

Semakin banyak persentase biji karet yang digunakan maka nilai kuat tekan semakin turun. Kuat tekan tanpa menggunakan biji karet didapatkan hasilnya sebesar 30,96 MPa, pertambahan biji karet dengan variasi 5%, 10%, 15%, 20% didapatkan hasil berturut-turut adalah 11,62 MPa, 9,56 MPa, 4,53 MPa, dan 3,86 MPa. Semakin banyak penggunaan biji karet telah didapatkan nilai kuat tekan semakin menurun. Dengan demikian penggunaan persentase biji karet tidak memenuhi kuat tekan rencana.

Pengujian kuat belah beton didapatkan nilai kuat belah beton tanpa penggunaan biji karet sebesar 10,68 MPa. Pada persentase biji karet 5%, 10%, 15%, 20% didapatkan nilai berturut-turut sebesar 7,32 MPa, 4,29 MPa, 3,28 MPa, 2,04 MPa. Hal tersebut disebabkan permukaan biji karet yang licin dan tidak melekatnya antara semen dan biji karet tersebut.

Oleh karena itu penggunaan biji karet tidak boleh lebih dari 5% karena dapat menurunkan kualitas nilai dari kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Semakin

banyak persentase biji karet yang digunakan maka beton akan semakin ringan. Biji karet tidak dapat dipakai secara global untuk penambahan beton.

3. Perilaku Mekanis *High Strength Self Compacting Concrete* Dengan Penambahan *Admixture* “Beton Mix” Terhadap Kuat Tarik Lentur.

Penulis: Miza S. D. S., Steenie E. Wallah., dan Mielke R. I. A. Mondorigin.

Pada persentase 1,6% beton segar memenuhi syarat SCC, tidak terjadi segregasi maupun bleeding serta memenuhi syarat beton mutu tinggi. Sedangkan pada persentase 1,5% dan 1,7% tidak memenuhi syarat SCC tapi memenuhi syarat beton mutu tinggi.

Nilai kuat tekan terbesar yang dihasilkan adalah pada persentase 0% yaitu 57,62 MPa, sedangkan persentase lainnya yaitu 1,5%; 1,6%; dan 1,7% masing-masing sebesar 47,18 MPa, 51,95 MPa, dan 49,21 MPa. Nilai kuat tarik lentur yang terbesar terdapat pada persentase beton mix 1,7% dengan nilai 7,71 MPa. Pada persentase 0%; 1,5%; dan 1,6% didapatkan nilai sebesar 6,97 MPa, 7,25 MPa, dan 7,64 MPa. Nilai perbandingan kuat tarik lentur (f_r) terhadap akar kuadrat kuat tekan ($\sqrt{f_c}$) yang didapat berkisar pada 0,92 – 1,10.

4. Pengaruh Kadar *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan *Admixture High Range Range Water Reducer*.

Penulis: Agustinus Sungsang Nana Patria dan Fikri Haikal.

Penambahan *fly ash* pada campuran beton, berpengaruh pada nilai *slump* dan kekentalan yang dihasilkan, didapatkan nilai *slump* terendah pada campuran beton dengan kadar *fly ash* 40% yaitu sebesar 90 cm. Berat volume beton tertinggi pada campuran beton dengan kadar *fly ash* 0% sebesar 2471,65 kg/m³ dan berat volume beton terendah pada campuran beton dengan *fly ash* 10% sebesar 2445,23 kg/m³. Hal ini disebabkan karena berat *fly ash* yang lebih ringan daripada berat semen.

Nilai kuat tekan tertinggi pada umur 7 hari terdapat pada kadar *fly ash* 0% sebesar 45,70 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah terdapat pada kadar *fly ash* 40% sebesar 38,20 MPa. Hal ini karena proses pengikatan dan reaksi unsur senyawa pada *fly ash* belum terjadi secara maksimal. Nilai kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari terdapat pada kadar *fly ash* 30% sebesar 63,32 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah terdapat pada kadar *fly ash* 0% sebesar 51,72 MPa. Hal ini karena proses pengikatan reaksi kimia antara senyawa yang mengandung

silika membentuk senyawa bersifat cementitious terus berlanjut. Campuran beton dengan kadar *fly ash* 30% mengalami peningkatan paling optimum sebesar 22,43% dari nilai kuat tekan beton normal.

Campuran beton dengan kadar *fly ash* 40% memiliki harga yang paling murah dibanding dengan campuran beton yang lainnya yaitu Rp 909.729,-. Campuran beton dengan kadar *fly ash* 0% memiliki harga yang paling mahal yaitu Rp 1.142.229,-. Hal ini dikarenakan harga dari material *fly ash* lebih murah dibandingkan dengan harga semen. Campuran beton yang memiliki kuat tekan tertinggi (optimum) dan harga yang murah (ekonomis) terdapat pada campuran beton dengan kadar *fly ash* 30%.

5. Kinerja *High Strength Self Compacting Concrete* Dengan Penambahan *Admixture* “Beton Mix” Terhadap Kuat Tarik Belah.

Penulis: Korua A. M., Servie O. Dapas, dan Handono B. D.

Nilai slump optimum yang diperoleh dengan cara trial mix dengan pengujian slump flow, l – box, dan v - funnel terdapat pada variasi persentase 1,6%. Penambahan superplasticizer yang kurang menyebabkan beton tidak memiliki wokrabilitas yang baik dan penambahan superplasticizer yang berlebihan menyebabkan beton mengalami segregasi dimana beton tidak memenuhi persyaratan dari scc.

Nilai kuat tekan maksimum terdapat pada variasi persentase 0% dengan nilai 57,63 MPa dan nilai kuat tekan dalam variasi persentase 1,5%, 1,6% dan 1,7% berturut-turut adalah 47,18 MPa; 54,68 MPa; 49,21 MPa. Nilai kuat tarik belah pada variasi persentase 0%; 1,5%; 1,6%; 1,7% berturut-turut adalah 4,69 MPa; 4,51 MPa; 4,96 MPa; 4,72 MPa. Perbandingan nilai kuat tarik belah (f_{sp}) terhadap akar kuadrat nilai kuat tekan $\sqrt{f'_c}$ beton memadat sendiri diperoleh 0,6182-0,6729 $\sqrt{f'_c}$.

6. Analisis Pengaruh Penambahan Biji Karet Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton K-175.

Penulis: Lindawati MZ.

Penambahan limbah pecahan biji karet pada campuran beton dapat memberikan peningkatan pada kuat tekan beton, dalam perbandingan atau persentase tertentu, namun limbah pecahan Biji Karet tidak dapat dipakai secara

global untuk penambahan beton, masih dibutuhkan penelitian lebih lanjut perlakuan khusus. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa beton menggunakan bahan tambahan limbah pecahan biji karet 5% menghasilkan nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari meningkat maksimal sebesar 325,33 kg/cm². Pada umur 28 hari untuk campuran 15% pecahan biji karet sebesar 174,80 kg/cm² mengalami penurunan, hal ini disebabkan semakin banyaknya komposisi limbah biji karet dalam beton tersebut semakin menurun kuat tekan beton.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *experiment* atau percobaan penambahan serat biji karet dan *admixture* sebagai bahan tambah, dengan dilakukannya percobaan ini diharapkan agar mendapatkan data-data yang dibutuhkan untuk mencapai sebuah kesimpulan yang diinginkan.

Sebagai dasar dalam penelitian pada tugas akhir ini, diperlukan berbagai data pendukung. Data tersebut diperoleh dari:

1. Data Primer

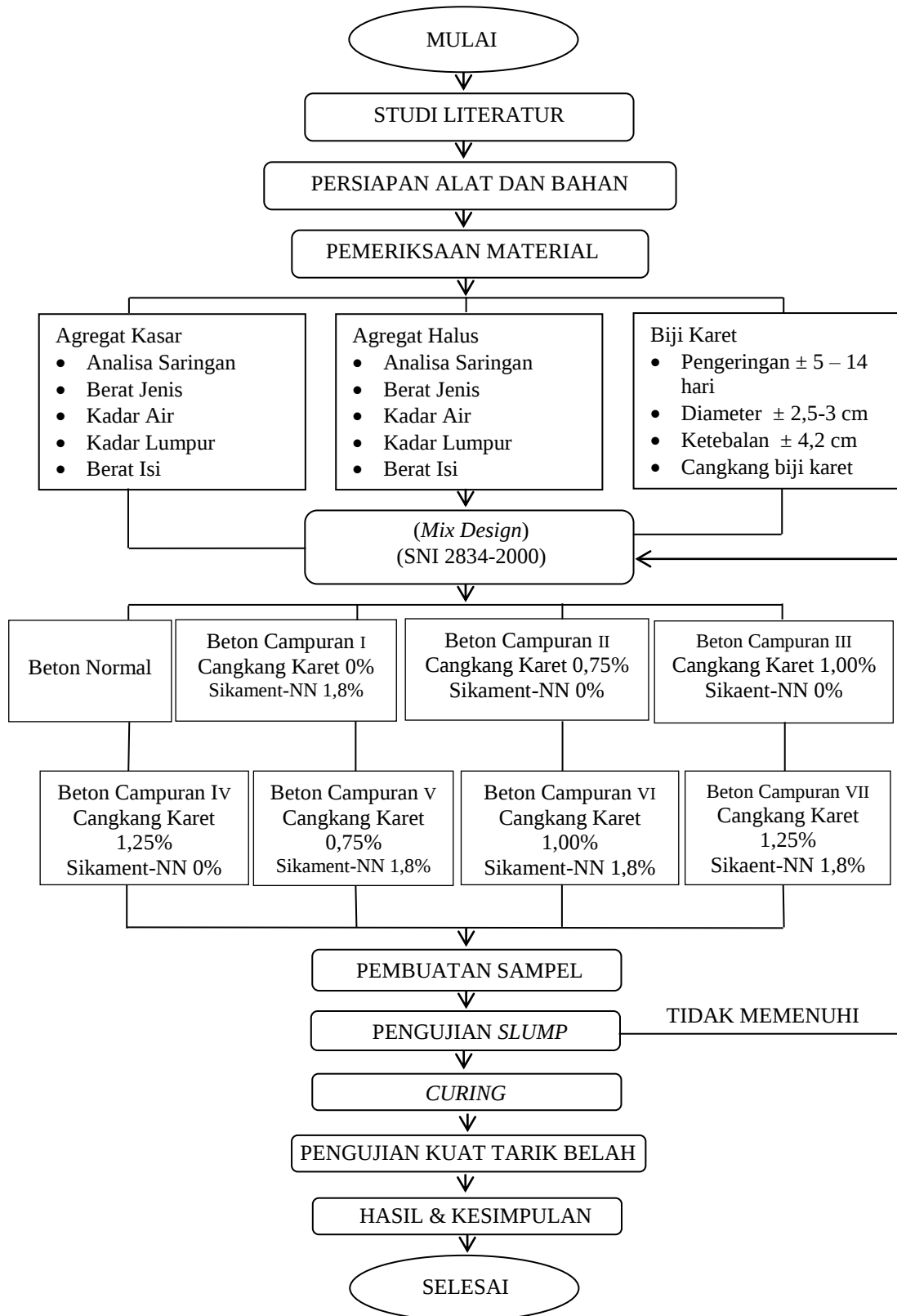
Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium, adalah:

- a. Analisa saringan agregat (SNI ASTM C136: 2012).
- b. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1970-2016).
- c. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970-2016).
- d. Pemeriksaan berat isi agregat kasar (SNI 03-4804-1998).
- e. Pemeriksaan berat isi agregat halus (SNI 03-4804-1998).
- f. Permeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011).
- g. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI S 03-4142-1996).
- h. Perencanaan *mix design* (SNI 2843-2000).
- i. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493: 2011).
- j. Uji kuat tarik belah beton (SNI 03-2491-2002).

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari studi literatur dari buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang memiliki relevansi dengan penelitian yang akan dilakukan. Selain itu, data sekunder dapat diperoleh juga melalui dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan melaksanakan bimbingan.

Langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan seperti berikut.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

3.2 Tempat dan Waktu

Tempat dan waktu penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang berlokasi di Jl. Kapten Muckhtar Basri No.3 Glugur Darat II, Medan.

2. Waktu penelitian

Waktu penelitian ini dilaksanakan pada awal Juli dan akan dilaksanakan selama kurang lebih 2 bulan.

3.3 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini, sangat diperlukan alat dan bahan sebagai pendukung proses pengujian serat pembuatan beton. Alat yang digunakan berguna untuk memastikan hasil yang akurat dalam proses pengujian, pencampuran, dan juga pengolahan data, serta bahan yang akan digunakan merupakan komponen utama dalam pencampuran beton.

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi berbagai peralatan yang telah tersedia di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, diantaranya adalah:

1. Satu set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar.

Agregat halus: No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200, dan pan.

Agregat kasar: $1\frac{1}{2}$ ", $1\frac{3}{4}$ ", $1\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", dan No.4.

Timbangan digital, berfungsi sebagai penimbang material dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.

2. Oven, berfungsi sebagai pengering material yang akan digunakan.

3. Sekop tangan, berfungsi untuk mengambil dan meratakan material.

4. Plastik 5 kg, berfungsi sebagai wadah sementara untuk material yang telah dilakukan pengujiannya.

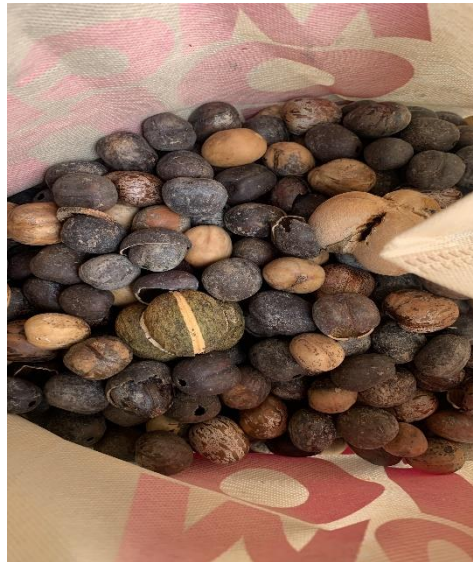
5. *Stopwatch*, berfungsi sebagai pengukur waktu saat percobaan dilakukan.
6. Wadah, berfungsi sebagai penampung material yang akan dipakai.
7. Cetakan silinder, berfungsi sebagai bekisting atau cetakan untuk mencetak sampel beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
8. Gelas ukur, berfungsi sebagai pengukur air yang diperlukan pada saat percobaan.
9. *Mixer* beton, berfungsi sebagai pencampur material campuran beton.
10. *Pan*, berfungsi sebagai alas dan tempat untuk campuran beton yang dikeluarkan dari *mixer* dan tempat mengaduk beton segar.
11. Satu set alat *slump test* yang terdiri atas kerucut *abrams*, penggaris, plat baja, dan tongkat pemadat.
12. Mesin uji kuat tarik belah, berfungsi untuk menguji nilai kuat tarik belah sampel beton.

3.3.2 Bahan

Material yang digunakan dalam penelitian ini merupakan komponen utama campuran beton, serta bahan tambah yang akan digunakan untuk mengubah sifat beton, diantaranya:

1. Semen
Semen yang digunakan dalam penelitian ini merupakan semen jenis tipe I, dengan merk Andalas.
2. Air
Air yang digunakan berasal dari PADM Tirtanadi Medan.
3. Agregat Kasar
Agregat kasar yang akan digunakan adalah kerikil yang terdapat di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Agregat Halus
Agregat halus yang akan digunakan adalah pasir alam yang terdapat di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Biji Karet
Biji karet yang akan digunakan pada penelitian ini adalah biji karet yang diambil dari perkebunan karet di Kota Padangsidempuan, Sumatera Utara.

Biji karet dibersihkan dari daging biji kemudian hanya diambil cangkangnya saja dan dikeringkan selama $\pm$ 5 – 14 hari dengan diameter sekitar 2,53 cm dan berat 2-4 gram / biji dengan ketentuan saringan lolos $\frac{3}{4}$ tertahan di $\frac{3}{8}$.



Gambar 3.2: Biji karet.

6. Bahan Tambah

Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis *superplasticizer Napthalene* dengan merk *Sikament - NN* yang diperoleh dari PT. Sika Indonesia di Medan, Sumatera Utara.



Gambar 3.3: *Sikament – NN*.

3.4 Pemeriksaan Bahan

Pengujian agregat kasar dan agregat halus dilakukan untuk mengetahui kondisi dan kelayakan agregat tersebut. Pengujian dilakukan mengikuti panduan SNI yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.5 Persiapan Biji Karet

Biji karet yang digunakan dalam campuran beton pada penelitian ini didapatkan dari daerah perkebunan di Kec. Padangsidempuan Batunadua, Kota Padangsidempuan, Sumatera Utara. Biji karet lalu dibersihkan dengan menggunakan kain basah lalu dijemur dibawah sinar matahari selama $\pm 5 - 14$ hari. Biji karet yang sudah bersih tadi kemudian dipecahkan kasar dengan cara ditumbuk serta yang akan digunakan pada penelitian ini hanya cangkangnya saja.

3.6 *Sikament-NN*

Sikament-NN yang digunakan sebanyak 1,8% dari berat semen. Dicampurkan dengan air yang akan dituangkan ke dalam *mixer* campuran beton sudah merata

lalu diaduk lagi beberapa saat hingga tercampur merata. *Sikament-NN* memenuhi standar ASTM C494 Tipe F dan BS 5075 bagian 3. Dosis *Sikament-NN* sebesar 0,6% - 3% dari berat semen, tergantung pada kelecakan dan kuat tekan yang ingin dicapai. Bahan ini juga dapat meningkatkan kekuatan beton dengan mengurangi rasio air-semen (Mehta & Monteiro, 2001).

Tabel 3.1: Konsistensi beton dengan *Sikament-NN* sebagai *superplasticizer* (Sika Egypt, 2015).

Mix	Dosage and when added	Slump (cm)
1	Without Sikament® -NN.	5
2	1% Sikament® -NN with gauging water.	12
3	1% Sikament® -NN immediately after making original.	15
4	1% Sikament® -NN ½ hr after making up concrete and further mixing for 1 min.	16

3.7 Perencanaan Campuran Beton

Setelah melakukan pengujian pada agregat halus dan agregat kasar, data yang diperoleh digunakan dalam perencanaan campuran beton (*mix design*) untuk menentukan proporsi material yang sesuai dengan standar SNI 2834-2000 tentang tata cara perencanaan campuran beton normal. *Mix design* ini bertujuan untuk menentukan perbandingan kebutuhan bahan penyusun beton, termasuk campuran cangkang biji karet yang telah ditentukan agar menciptakan campuran beton yang memiliki karakteristik sesuai *standard*. Setelah memperoleh komposisi yang optimal, material dicampurkan menggunakan alat *mixer* hingga homogen. Komposisi campuran seperti Tabel 3.2.

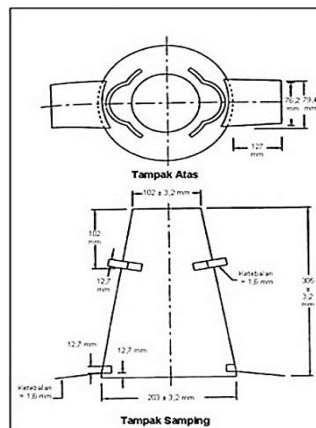
Tabel 3.2: Benda uji dan komposisi campuran benda uji.

Kode Variasi Benda Uji	Semen (%)	Air (%)	Agregat Kasar (%)	Agregat Halus (%)	Cangkang Biji Karet (%)	Sikament- <i>NN</i> (%)	Jumlah Sampel
BN	100	100	100	100	-	-	3
BN+ <i>NN</i> 1,8%	100	100	100	100	-	1,8	3
BCK 0,75%	100	100	100	100	0,75	-	3
BCK 1%	100	100	100	100	1,00	-	3
BCK 1,25%	100	100	100	100	1,25	-	3
BCK 0,75%+ <i>NN</i> 1,8%	100	100	100	100	0,75	1,8	3
BCK 1%+ <i>NN</i> 1,8%	100	100	100	100	1,00	1,8	3
BCK 1,25%+ <i>NN</i> 1,8%	100	100	100	100	1,25	1,8	3
Jumlah							24

Pemilihan persentase campuran biji karet dipilih berdasarkan acuan jurnal terdahulu dengan judul “Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Cangkang Biji Karet Sebagai Agregat Kasar”, menyarankan agar penggunaan variasi biji karet tidak lebih dari 8%.

3.8 Pengujian Slump

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kekentalan agar memudahkan pengerjaan adukan beton segar sebelum dibuat menjadi sampel uji. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan campuran beton memiliki kadar air yang sesuai agar dapat dicetak dan dipadatkan dengan baik tanpa mengalami pemisahan dan *bleeding*.



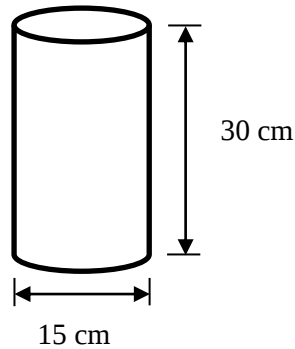
Gambar 3.4: Diagram kerucut *abrams* (SNI 7656:2012, 2012).

Pada penelitian ini mengikuti ketentuan SNI 1972 – 2008, langkah - langkah pengujian slump adalah sebagai berikut:

1. Membasahi kerucut abrams dan plat sebesar 1m x 1m.
2. Meletakkan plat pada bidang yang datar dan meletakkan kerucut *abrams* terbalik di tengah plat.
3. Menuang campuran beton kedalam kerucut abrams hingga penuh, lalu meratakan permukaan menggunakan skrap dan didiamkan selama ± 1 menit. Angkat kerucut abrams secara lurus perlahan lahan sambil dihitung waktu penyebaran campuran menggunakan *stopwatch*.
4. Mencatat waktu sebaran campuran mencapai diameter 500 mm dan hentikan *stopwatch* saat sebaran berhenti.
5. Mengukur lebar sebaran campuran menggunakan penggaris.
6. Besar diameter sebaran menunjukan tingkat kekentalan campuran, semakin besar diameter yang didapat maka semakin encer pula campuran tersebut.

3.9 Pembuatan Benda Uji

Kemudian dicetak dalam cetakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pemeriksaan kekuatan beton, ilustrasi benda uji adalah seperti gambar dibawah.



Gambar 3.5: Ilustrasi dimensi benda uji.

3.10 Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton dalam menahan gaya tarik tidak langsung dan memahami karakteristik retak yang bisa terjadi pada struktur beton. Kuat tarik beton biasanya adalah 8%- 15% dari kuat tekan beton. Pengujian kuat tekan dilakukan berdasarkan standar (SNI 03-2491-2002). Sebelum dilakukan pengujian kuat tarik belah, benda uji ditimbang terlebih dahulu lalu diberikan *capping* di dua bagian permukaannya agar dapat diletakan tegak pada alat penguji, lalu beban akan diberikan merata seluruh panjang silinder benda uji. Untuk mendapatkan nilai kuat tarik masing masing benda uji, digunakan persamaan dibawah:

$$F_{ct} = \frac{2p}{\pi L.D} \quad (3.8)$$

Dimana:

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

Langkah langkah pengujian kuat tarik belah adalah sebagai berikut:

1. Setelah proses *curing* selesai, benda uji yang telah kering bisa diuji.

2. Menimbang berat benda uji sebelum di uji.
3. Meletakkan benda uji didalam pelat penekan tambahan dan meletakkan kedalam mesin *compression testing machine*.
4. Pengujian dilakukan pembebanan hingga benda uji terbelah atau patah menjadi dua.
5. Mencatat nilai beban maksimum setiap benda uji.



Gambar 3.6: Pengujian kuat tarik belah beton.

BAB 4

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Tujuan Umum

Data penelitian perlu dianalisis agar mendapatkan nilai hasil yang akurat. Pada bab ini akan membahas hasil penelitian di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian dimulai dari memeriksa bahan penyusun beton, merencanakan campuran beton, serta menguji kuat tarik belah beton.

4.2 Hasil dan Analisis Pemeriksaan Agregat

Dalam bab ini, hasil dari penelitian yang dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data material pemeriksaan agregat halus maupun agregat kasar, termasuk analisa saringan, kadar air, berat jenis, penyerapan, berat isi, dan kadar lumpur mengacu pada panduan SNI (Standar Nasional Indonesia).

4.3 Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pasir alam yang berasal dari Binjai, Sumatera Utara. Pemeriksaan agregat halus ini mencakup pengujian analisa saringan, berat jenis, penyerapan, berat isi, kadar lumpur, dan kadar air.

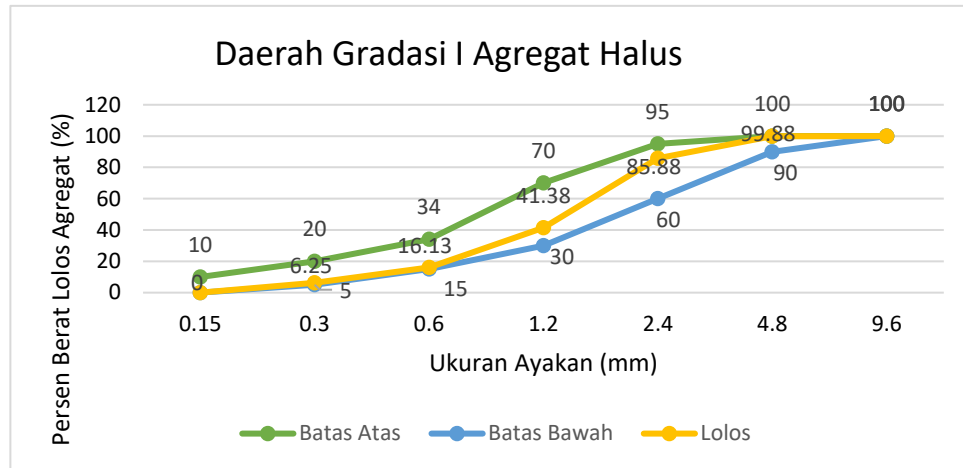
4.3.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan agregat halus dilakukan sesuai dengan SNI ASTM C136:2012 dan juga Panduan Praktikum Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun hasil pengujian yang tertera pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Pengujian analisa saringan agregat halus.

SIEVE SIZE	Retained Fraction				Cumulative	
	Sampel 1	Sampel 2	Total Weight (gr)	Retained (%) (% Berat Tertahan)	Cum Retained (% Kum Berat Tertahan)	Passing (% Berat yang Lolos)
No. 4	0	0	0	0.00	0.00	100.00
No. 8	5	0	5	0,13	0,13	99,88
No. 16	270	290	560	14,00	14,13	85,88
No. 30	885	895	1780	44,50	58,63	41,38
No. 50	515	495	1010	25,25	83,88	16,13
No. 100	195	200	395	9,88	93,75	6,25
PAN	130	120	250	6,25	100,00	0,00
Total	2000	2000	4000	56,338	350,500	
Modulus Halus Butir (MHB)				3,51		
Wt. Of Oven Dry Sampel:				4000		

Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan agregat halus diperoleh nilai Modulus Halus Butir (MHB) sebesar 3,51. Dimana menurut ASTM C136:2012, agregat halus umumnya memiliki nilai sebesar 1,5-3,8. Dari tabel diatas juga tertera bahwa ukuran maksimum agregat halus yang digunakan masuk ke dalam daerah gradasi zona 1, berikut merupakan hasil agregat yang tertera di Tabel 4.1 dalam bentuk grafik.



Gambar 4.1 : Grafik gradasi agregat halus.

4.3.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus dilaksanakan sesuai SNI 1970-2016 serta Panduan Praktikum Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun hasil pengujian yang tertera pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Agregat Halus	I	II	Rata-Rata
Berat Contoh (SSD) Kering Permukaan Jenuh (B)	500,0	500,0	500,0
Berat Contoh Kering Oven (E)	493,0	495,0	494,0
Berat Piknometer Penuh Air (D)	670,0	670,0	670,0
Berat Contoh SSD+Piknometer+Air (C)	963,0	969,0	966,0
Berat Jenis Contoh Kering ($E/(B+D-C)$)	2,382	2,463	2,422
Berat Jenis Contoh SSD ($B/(B+D-C)$)	2,415	2,488	2,452
Berat Jenis Contoh Semu ($E/(E+D-C)$)	2,465	2,526	2,495
Penyerapan $(B-E) \times 100\%$	1,42%	1,01%	1,21%

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus diperoleh nilai berat jenis agregat halus dalam kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD) dengan nilai rata-rata 2,452. Nilainya berada didalam batas yang diizinkan

yaitu antara 2,2 – 2,9. Nilai hasil penyerapan air yang di dapatkan dari pengujian ini adalah sebesar 1,21%.

4.3.3 Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pengujian berat isi agregat halus dilaksanakan sesuai SNI 03-4808-1998 serta Panduan Praktikum Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun hasil pengujian yang tertera pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Pengujian berat isi agregat halus.

Agregat Halus	Satuan	Cara			Rata-rata
		Gembur	Rojok	Ketuk	
Berat Contoh	gr	5030	5555	5870	5485
Berat Wadah	gr	1540	1540	1540	1540
Berat Contoh - Wadah	gr	3490	4015	4330	3945
Volume wadah	cm ³	2461,76	2461,76	2461,76	2461,76
Berat Isi	gr/cm ³	1,42	1,63	1,76	1,60

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat halus diperoleh nilai rata-rata berat isi agregat halus dengan cara lepas 1,42, tusuk 1,63, dan goyang 1,76.

4.3.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur agregat halus dilaksanakan sesuai SNI 03-4142-1996 serta Panduan Praktikum Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun hasil pengujian yang tertera pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Pengujian kadar lumpur agregat halus.

Agregat Halus Lolos Saringan No .4 mm	sampel I	sampel II	Rata-rata
Berat Contoh Kering: A (gr)	500	500	500

Tabel 4.4: *Lanjutan.*

Agregat Halus Lolos Saringan No .4 mm	sampel I	sampel II	Rata-rata
Berat Kering Contoh Setelah dicuci : B (gr)	490	496	493
Berat Kotoran Agregat Lolos Saringan (No.200) Setelah dicuci : C (gr)	10	4	7
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan (No.200) Setelah dicuci (%)	2	0,8	1,4

Berdasarkan hasil pengujian kadar lumpur agregat halus diperoleh nilai rata-rata kadar lumpur sebesar 1,4% yang memenuhi standar kadar lumpur < 5%.

4.3.5 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air agregat halus dilaksanakan sesuai SNI 1971 2011 serta Panduan Praktikum Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun hasil pengujian yang tertera pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Pengujian kadar air agregat halus.

FINE AGREGAT	1	2
<i>Wt Of SSD Sample & Mold</i> (Berat Contoh SSD dan Berat Wadah) gr	1505	1505
<i>Wt Of Oven Dray Sample & Mold</i> (Berat Contoh Kering Oven & Berat Wadah) gr	1475	1465
<i>Wt Of Mold</i> (Berat Wadah) gr	505	505
<i>Wt Of Water</i> (Berat Air) gr	30	40
<i>Wt Of Oven Dray Sample</i> (Berat Contoh Kering) gr	970	960
<i>Water Content</i>	3,09	4,17
Rata-rata	3,63	

Berdasarkan hasil pengujian kadar air agregat halus diperoleh nilai rata-rata kadar air sebesar 3,63%.

4.4 Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kerikil yang diperoleh dari Binjai, Sumatera Utara. Pemeriksaan agregat kasar ini mencakup pengujian analisa saringan, berat jenis, penyerapan, berat isi, kadar lumpur, dan kadar air.

4.4.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

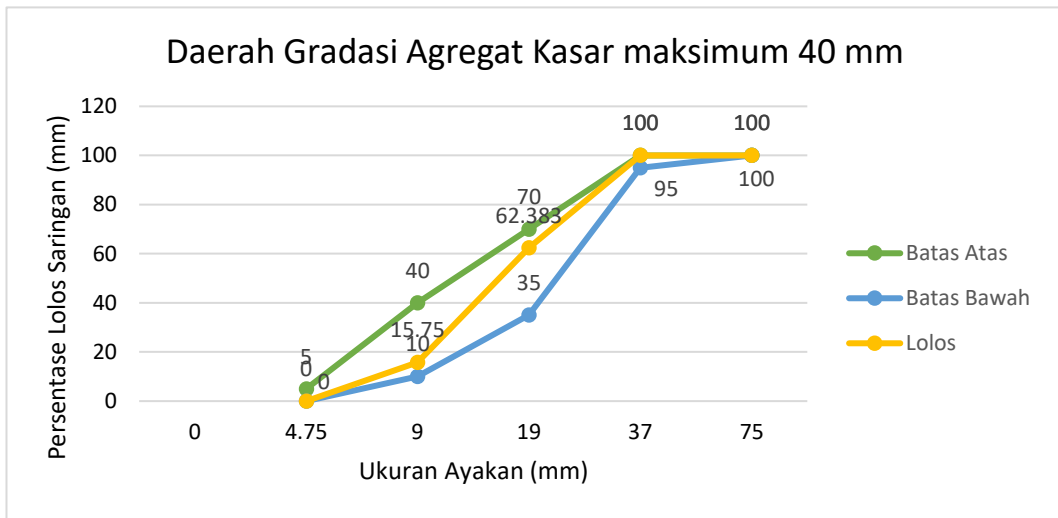
Pengujian analisa saringan agregat kasar dilaksanakan sesuai SNI ASTM C136:2012 serta Panduan Praktikum Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun hasil pengujian yang tertera pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Pengujian analisa saringan agregat kasar.

SIEVE SIZE	Retained Fraction				Cumulative	
	Sampel 1	Sampel 2	Total Weight (gr)	Retained (%) (% Berat Tertahan)	Cum Retained (% Kum Berat Tertahan)	Passing (% Berat yang Lolos)
1.5"	0	0	0	0	0	100
3/4"	1215	1030	2245	37.417	37.417	62.583
3/8"	1470	1340	2810	46.833	84.250	15.750
No. 4	305	530	835	13.917	98.167	1.833
No. 8	0	0	0	0.000	98.167	1.833
No. 16	0	0	0	0.000	98.167	1.833
No. 30	0	0	0	0.000	98.167	1.833
No. 50	0	0	0	0.000	98.167	1.833
No. 100	0	0	0	0.000	98.167	1.833
PAN	10	100	110	1.833	100	0
Total	3000	3000	5890		710.667	
Modulus Halus Butir				7.11		
Wt. Of Oven Dry Sampel:				6000		

Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan agregat kasar diperoleh nilai Modulus Halus Butir (MHB) sebesar 7,11. Dimana menurut ASTM C136:2012, agregat kasar umumnya memiliki nilai sebesar 5 – 8. Dari tabel diatas juga tertera bahwa ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan adalah sebesar 20 mm,

berikut adalah hasil agregat yang tertera di Tabel 4.6 dalam bentuk grafik.



Gambar 4.2: Grafik gradasi agregat kasar.

4.4.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dilaksanakan sesuai SNI 1970-2016 serta Panduan Praktikum Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun hasil pengujian yang tertera pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Agregat Kasar	I	II	Rata-Rata
Berat Contoh (SSD) Kering Permukaan Jenuh (A)	2035,0	2002,0	2018,5
Berat Contoh (SSD) didalam Air (B)	1265,0	1231,0	1248,0
Berat Contoh Kering Oven (C)	2028,0	1996,0	2012,0
Berat Jenis Curah ($C/(A-B)$)	2,634	2,589	2,611
Berat Jenis SSD ($A/(A-B)$)	2,643	2,597	2,620
Berat Jenis Semu ($C/C-B$)	2,658	2,609	2,634

Tabel 4.7: *Lanjutan.*

Agregat Kasar	I	II	Rata-Rata
Penyerapan Air $(A-C)/C \times 100\%$	0,345	0,301	0,323

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar diperoleh nilai berat jenis agregat kasar dalam kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD) dengan nilai rata-rata 2,620. Nilainya berada dalam batas yang diizinkan yaitu antara 2,2 – 2,9. Nilai hasil penyerapan air yang didapatkan dari pengujian ini adalah sebesar 0,323%.

4.4.3 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi agregat kasar dilaksanakan sesuai SNI 03-4808-1998 serta Panduan Praktikum Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun hasil pengujian yang tertera pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Pengujian berat isi agregat kasar.

Agregat Kasar	Satuan	Cara			Rata-Rata
		Gembur	Rojok	Ketuk	
Berat Contoh	gr	6015	6255	6310	6193,3333
Berat Wadah	gr	1540	1540	1540	1540
Berat Contoh-Wadah	gr	4475	4715	4770	4653,3333
Volume Wadah	cm ³	2461,76	2461,76	2461,76	2461,76
Berat Isi	gr/cm ³	1,82	1,92	1,94	1,89

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat kasar diperoleh nilai rata-rata berat isi agregat kasar sebesar 1,89.

4.4.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pengujian kadar lumpur agregat kasar dilaksanakan sesuai SNI 03-4142-1996 serta Panduan Praktikum Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun hasil pengujian yang tertera pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Agregat Kasar Lolos Saringan No .3/8 (mm)	Contoh I	Contoh II	Rata-rata
Berat Contoh Kering: A (gr)	500	500	500
Berat Kering Contoh Setelah dicuci: B (gr)	497	495	496
Berat Kotoran Agregat Lolos Saringan (No.200) Setelah dicuci: C (gr)	3	5	4
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan (No.200) Setelah dicuci (%)	0,6	1	0,8

Berdasarkan hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar diperoleh nilai rata-rata kadar lumpur sebesar 0,8% yang memenuhi standar kadar lumpur < 1%.

4.4.5 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian kadar air agregat kasar dilaksanakan sesuai SNI 1971 2011 serta Panduan Praktikum Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun hasil pengujian yang tertera pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Pengujian kadar air agregat kasar.

COARSE AGREGAT	1	2
Wt Of SSD Sample & Mold (Berat Contoh SSD dan Berat Wadah) gr	2020	2020

Tabel 4.10: *Lanjutan.*

<i>COARSE AGREGAT</i>	1	2
<i>Wt Of Oven Dray Sample & Mold</i> (Berat Contoh Kering Oven & Berat Wadah) gr	2000	2010
<i>Wt Of Mold</i> (Berat Wadah) gr	505	505
<i>Wt Of Water</i> (Berat Air) gr	20	10
<i>Wt Of Oven Dray Sample</i> (Berat Contoh Kering) gr	1495	1505
<i>Water Content</i>	1,34	0,66
<i>Ave</i>	1.00	

Berdasarkan hasil pengujian kadar air agregat kasar diperoleh nilai rata-rata kadar air 1%.

4.5 Perencanaan Campuran Beton

Metode perencanaan campuran beton yang digunakan pada penelitian ini merupakan metode SNI 03-2834-2000. Adapun tahanan yang harus dilakukan dalam perencanaan campuran beton sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari adalah 20 MPa.
2. Nilai deviasi standar yang digunakan dalam perencanaan campuran ini adalah sebesar 12 MPa yang didapatkan nilai faktor pengali untuk deviasi standar bila data hasil uji yang tersedia kurang dari 30, yaitu ($f'c + 12$ MPa).

Tabel 4.11: Faktor pengali untuk deviasi standar bila data hasil uji yang tersedia kurang dari 30 (SNI 03-2834-2000).

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Lihat butir 4.2.3.1 1) (5)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

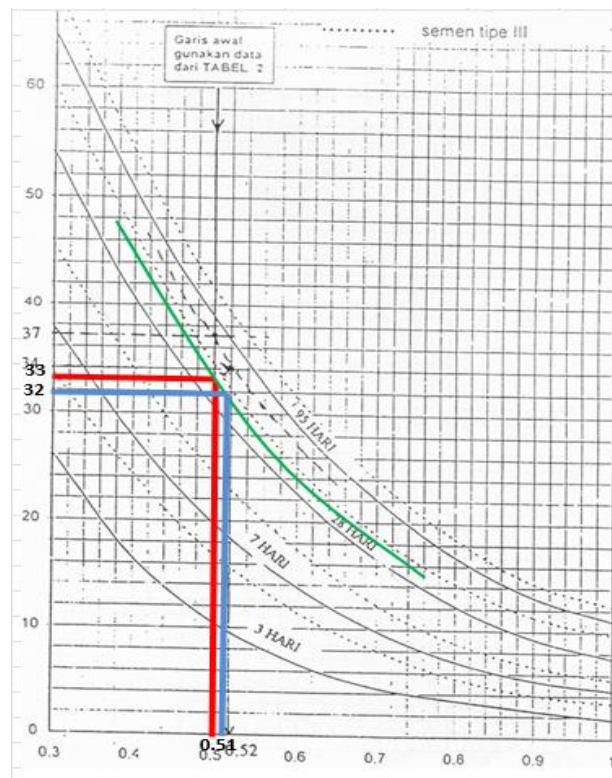
3. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f'_{cr}) adalah:

$$f'_{cr} = f'_{cr} + M$$

$$= 20+12$$

$$f'_{cr} = 32 \text{ MPa}$$

4. Jenis semen yang digunakan adalah semen portland komposit tipe I.
5. Jenis agregat halus yang digunakan adalah pasir alami yang diperoleh dari Binjai, Sumatera Utara yang termasuk kedalam daerah gradasi zona I.
6. Jenis agregat kasar yang digunakan adalah kerikil yang diperoleh dari Binjai, Sumatera Utara dengan ukuran maksimum 20 mm.
7. Nilai faktor air semen (FAS) didapatkan menggunakan grafik hubungan antara kuat tekan rata-rata dengan faktor air semen berdasarkan umur benda uji dan jenis semen seperti berikut.



Gambar 4.3: Hubungan antar kuat tekan dan fas berdasarkan umur benda uji serta jenis semen (SNI 03-2834-2000).

Didapatkan nilai FAS yang akan digunakan untuk rencana umur beton 28 hari dari f'_{cr} 32 MPa adalah 0,51.

8. Nilai faktor air semen (FAS) maksimum untuk kondisi beton dengan keadaan keliling non-korosif adalah 0,6 dan nilai kadar semen minimumnya adalah

sebesar 275 kg/m³ yang didapatkan dari Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12: Persyaratan FAS dan jumlah semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus (SNI 03-2834-2000).

Lokasi ---	Jumlah Semen Minimum Per m ³ Beton (kg)	Nilai Faktor Air- Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
c. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
d. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. air tawar		
b. air laut		Lihat Tabel 6

9. Nilai *slump* yang direncanakan untuk perencanaan beton adalah 80-120 mm.
10. Ukuran agregat maksimum yang digunakan yaitu sebesar 20 mm.
11. Nilai kadar air bebas didapatkan menggunakan data ukuran agregat maksimum jenis agregat kasar dan nilai *slump* rencana, didapatkan dari Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13: Perkiraan kebutuhan air/meter kubik beton (SNI 03-2834-2000).

<i>Slump</i> (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Catatan: Koreksi suhu udara:

Untuk suhu di atas 25°C, setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 liter/m² adukan beton.

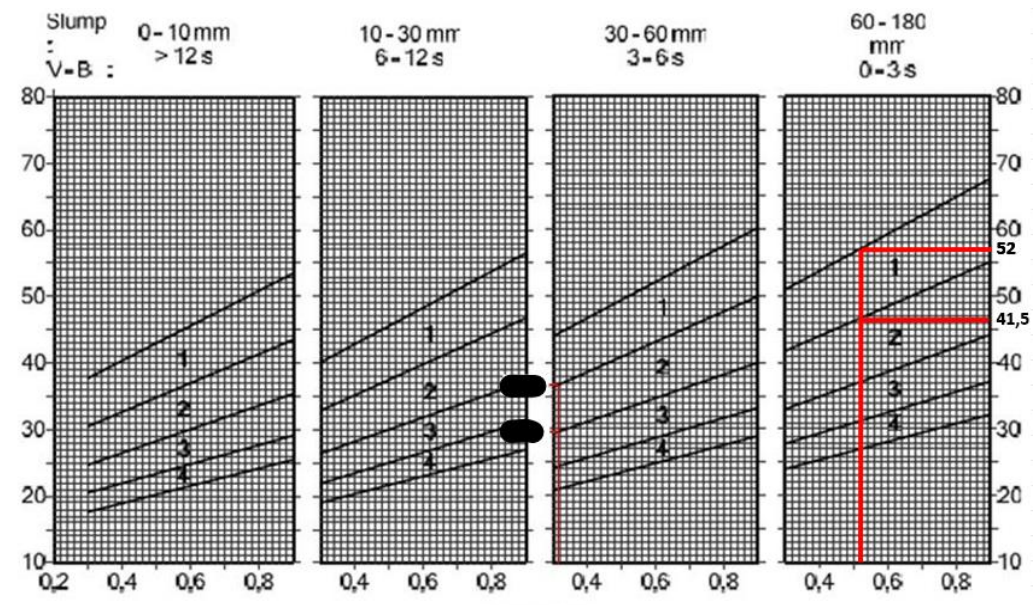
Dari tabel berikut didapatkan nilai kadar air bebas sebesar 195 liter/m² ditambahkan 5 liter/m² dikarenakan koreksi suhu udara yang membuat nilai menjadi 200 liter/m².

12. Nilai kebutuhan semen yang didapatkan adalah:

$$W \text{ semen} = \frac{W \text{ air}}{FAS} \\ = \frac{200}{0,51}$$

$$W \text{ semen} = 392,15 \text{ kg/m}^3$$

13. Nilai persentase agregat halus yang didapatkan adalah: $\%AH = \frac{41,5 + 52}{2} = 46,75\%$



Gambar 4.4: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000).

14. Nilai persentase agregat kasar didapatkan dari persentase agregat gabungan dikurang persentase agregat halus yaitu $100\% - 46,75\% = 53,25\%$.

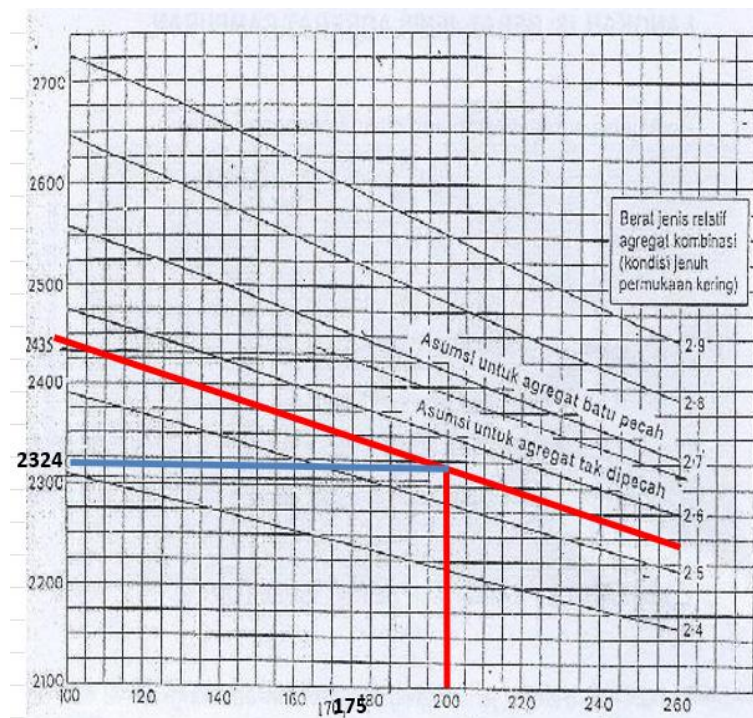
15. Nilai berat jenis agregat halus yang diharapkan dari pengujian yang telah

dilakukan adalah 2,45 dan agregat kasar 2,62.

16. Nilai berat jenis gabungan yang didapatkan adalah:

$$\begin{aligned}\text{Agregat gabungan} &= (\%AH \times BJ. \text{ Halus} + BJ. \text{ Kasar}) \\ &= (46,75\% \times 2,5 + 53,25\% \times 2,62) = 2,54\end{aligned}$$

17. Nilai berat isi beton didapatkan menggunakan nilai kadar air bebas, berat jenis agregat gabungan yang dimasukkan nilainya kedalam grafik berikut.



Gambar 4.5: Perkiraan berat isi beton basah yang selesai dipadatkan (SNI 03-2834-2000).

18. Nilai kadar agregat halus dan kasar yang didapatkan adalah:

$$\begin{aligned}W \text{ agregat gabungan} &= \text{Berat Isi} - \text{Kadar Semen} \\ &= 2324 - 392,15 \\ &= 1931,84 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W \text{ agregat halus} &= \%AH \times 1931,84 \\ &= 46,75\% \times 1931,84 \\ &= 903,13 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W \text{ agregat kasar} &= \%AK \times 1931,84 \\ &= 53,25\% \times 1931,84\end{aligned}$$

$$= 1028,70 \text{ kg/m}^3$$

Dari perhitungan diatas ditemukan nilai berat agregat halus sebesar 883,51 kg/m³ dan berat agregat kasar sebesar 1048,02 kg/m³.

19. Nilai kebutuhan proporsi campuran untuk 1 m³ adalah sebagai berikut:

- a. Air = 200 kg/m³
- b. Semen = 392,15 kg/m³
- c. Agregat halus = 903,137 kg/m³
- d. Agregat kasar = 1028,706 kg/m³

4.6 Kebutuhan Material Beton

4.6.1 Kebutuhan Material Utama Beton

Dari perencanaan beton (*mix design*) yang telah dilakukan, diketahui kebutuhan bahan yang akan dicampurkan untuk membuat sebuah sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Benda uji silinder:

Diameter (D) = 15 cm $\approx$ 0,15 m

Tinggi (t) = 30 cm $\approx$ 0,3 m

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka jumlah material yang dibutuhkan untuk 1 benda uji adalah:

$$\text{Air} = 200 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 1,06 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 392,15 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 2,08 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus} = 903,137 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 4,68 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat Kasar} = 1028,706 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 5,45 \text{ kg}$$

4.6.2 Kebutuhan Biji Karet

Biji karet digunakan sebagai bahan serat tambahan dalam penelitian ini. Biji karet didapatkan dari daerah perkebunan di Kec. Padangsidempuan, Sumatera

Utara. Biji karet dibersihkan menggunakan kain basah lalu dijemur dibawah sinar matahari selama $\pm$ 5–14 hari. Biji karet yang sudah bersih tadi kemudian dipecahkan kasar dengan cara ditumbuk serta yang akan digunakan pada penelitian ini hanya cangkangnya saja. Cangkang biji karet tadi lalu disaring dengan ketentuan diameter sekitar $\pm$ 2,53 cm dan berat 2-4 gram atau dengan syarat saringan lolos $\frac{3}{4}$ dan tertahan di $\frac{3}{8}$. Persentase penggunaan cangkang biji karet adalah sebesar 0,75%, 0,1%, dan 1,25% dari total berat agregat kasar. Kebutuhan total cangkang biji karet untuk 1 benda uji adalah seperti Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Kebutuhan biji karet untuk 1 benda uji.

Jenis	Persentase Cangkang Biji Karet yang Digunakan (% Dari Total Agregat Kasar)	Berat yang Dibutuhkan Untuk 1 Benda Uji (kg)
BCK 0,75%	0,75%	0,04
BCK 0,1%	1%	0,05
BCK 1,25%	1,25%	0,07
BCK 0,75% + NN 1,8%	0,75%	0,04
BCK 1% + NN 1,8%	0,1%	0,05
BCK 1,25% + NN 1,8%	1,25%	0,07
Jumlah Diperlukan		0,32

4.6.3 Kebutuhan Sikament–NN

Sikament-NN digunakan sebagai *superplasticizer* tambahan yang persentase pemakaiannya adalah 1,8% yang dipilih berdasarkan penelitian terdahulu dari (Shanti dan Winayati, 2017) yang menyatakan bahwa penambahan 0,3% dan 0,8% mengalami penurunan kuat tekan dibandingkan tanpa *Sikament-NN* dan menambah kuat tekan pada 1,3% dan kembali mengalami penurunan pada 2,3% namun tetap lebih kuat dibanding kuat tekan rencana. Oleh sebab itu diharapkan pada persentase 1,8% akan mengalami kenaikan dibandingkan 1,3% dan 2,3%. Kebutuhan total *Sikament-NN* untuk 1 benda uji adalah seperti Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Kebutuhan *Sikament-NN* untuk 1 benda uji.

Jenis	Persentase <i>Sikament-NN</i> yang Digunakan (% dari total berat semen)	Berat yang Dibutuhkan untuk 1 benda uji (kg)
<i>NN</i> 1,8%	1,8%	0,04
BCK 0,75% + <i>NN</i> 1,8%	1,8%	0,04
BCK 1% + <i>NN</i> 1,8%	1,8%	0,04
BCK 1,25% + <i>NN</i> 1,8%	1,8%	0,04
Jumlah Diperlukan		0,16

4.6.4 Kebutuhan Material Keseluruhan

Dalam perhitungan kebutuhan material beton setiap kali proses *mixing* dilakukan untuk menghasilkan 3 buah benda uji silinder dengan jenis yang sama. Agar ketersediaan bahan mencukupi dan megantisipasi adanya kehilangan material selama proses pencampuran maka jumlah bahan yang dihitung untuk satu set *mix* dikalikan dengan faktor 3,5. Faktor ini mencakup kebutuhan untuk 3 sampel utama serta tambahan material yang diperlukan untuk memastikan adukan beton memadai dan mutu campuran tetap terjaga sesuai rencana campuran (*mix design*). Kebutuhan material keseluruhan setelah faktor 3,5 yang dibutuhkan untuk campuran beton adalah seperti Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Kebutuhan bahan pada setiap jenis campuran.

No.	Jenis	Komposisi Bahan					
		Semen (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Cangkang Biji Karet (kg)	<i>Sikament NN</i> (kg)	Air (kg)
1	BN	7,28	19,07	16,73	-	-	3,71
2	<i>NN</i> 1,8%	7,28	19,07	16,73	-	0,13	3,71
3	BCK 0,75%	7,28	19,07	16,73	0,143	-	3,71

Tabel 4.16: *Lanjutan.*

No.	Jenis	Komposisi Bahan					
		Semen (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Cangkang Biji Karet (kg)	<i>Sikament</i> <i>NN</i> (kg)	Air (kg)
4	BCK 1%	7,28	19,07	16,73	0,190	-	3,71
5	BCK 1,25%	7,28	19,07	16,73	0,238	-	3,71
6	BCK 0,75% + <i>NN</i> 1,8%	7,28	19,07	16,73	0,143	0,13	3,71
7	BCK 1% + <i>NN</i> 1,8%	7,28	19,07	16,73	0,190	0,13	3,71
8	BCK 1,25% + <i>NN</i> 1,8%	7,28	19,07	16,73	0,238	0,13	3,71
Jumlah		58,24	152,56	133,83	1,14	0,52	29,7

Dimana:

BN = Beton Normal

NN 1,8% = Beton dengan *Sikament*-*NN* 1,8%

BCK 0,75% = Beton dengan cangkang biji karet 0,75%

BCK 1% = Beton dengan cangkang biji karet 1%

BCK 1,25% = Beton dengan cangkang biji karet 1,25%

BCK 0,75% + NN 1,8% = Beton dengan cangkang biji karet 0,75% dan *Sikament*-
NN 1,8%

BCK 1% + NN 1,8% = Beton dengan cangkang biji karet 1% dan *Sikament*-
NN 1,8%

BCK 1,25% + NN 1,8% = Beton dengan cangkang biji karet 1,25% dan *Sikament*-
NN 1,8%

Jumlah keseluruhan material yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah:

1. Semen = 58,24 kg
2. Agregat Kasar = 152,56 kg
3. Agregat Halus = 133,83 kg
4. Cangkang Biji Karet = 1,14 kg
5. Sikament-NN = 0,52 kg
6. Air = 29,7 kg

4.7 Slump Test

Pengujian *slump* dilaksanakan sesuai SNI 1972-2008 serta Panduan Praktikum Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Pada penelitian ini nilai *slump* rencana adalah 80 mm–120 mm, hasil pengujian *slump* yang didapatkan dari semua jenis beton diuji, berikut merupakan Tabel 4.17 hasil pengujian *slump test*.

Tabel 4.17: Hasil pengujian *slump test*.

No.	Persentase	Slump (mm)
1.	Beton Normal (BN)	96
2.	Beton Normal + Sikament NN 1,8%	99
3.	Beton Cangkang Biji Karet 0,75%	89
4.	Beton Cangkang Biji Karet 1%	86
5.	Beton Cangkang Biji Karet 1,25%	84
6.	Beton Cangkang Biji Karet 0,75% + Sikament-NN 1,8%	93
7.	Beton Cangkang Biji Karet 1% + Sikament-NN 1,8%	91
8.	Beton Cangkang Biji Karet 1,25% + Sikament-NN 1,8%	90

Dari hasil yang didapatkan diatas diketahui bahwa nilai *slump* tertinggi berada pada variasi NN 1,8%, BCK 0,75%+NN 1,8%, BCK 1%+NN 1,8%, BCK 1,25%+NN 1,8%, sedangkan beton variasi BCK 0,75%, BCK 1%, dan BCK

1,25% memiliki nilai *slump* terendah. Dapat disimpulkan bahwa pada variasi BCK tanpa *NN* semakin banyak ditambahkan biji karet maka nilai *slump* akan menurun diakibatkan biji karet yang menyerap air yang ditambahkan selama *mixing*, namun *sikament-NN* dapat membantu menurunkan nilai *slump* pada variasi BCK+*NN* dikarenakan *sikament-NN* dapat meningkatkan kelecakan campuran beton.

4.8 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

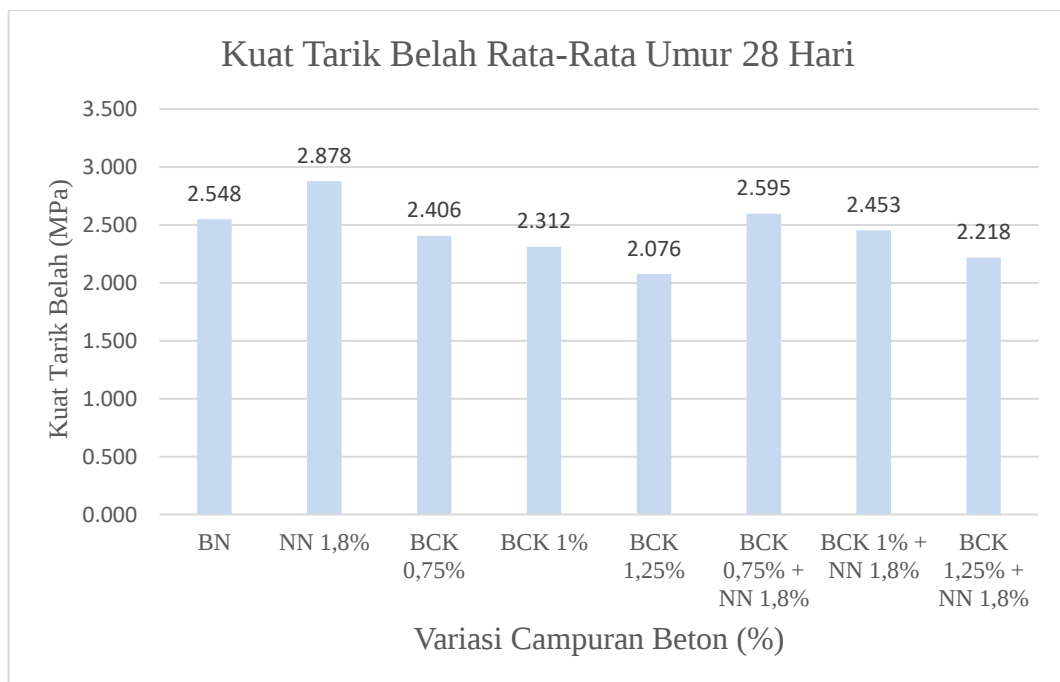
Pengujian kuat tarik belah beton ini dilakukan menggunakan metode SNI 03-2491-2002, pelaksanaan pengujian dilakukan pada saat beton berumur 28 hari, dengan menggunakan mesin kuat tarik belah (*split tensile strength machine*). Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Nilai yang dihasilkan pengujian kuat tarik belah beton tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18: Nilai kuat tarik belah beton umur 28 hari.

Benda Uji	Kode Variasi	π LD (mm)	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Tarik Aktual (KN)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Rata-Rata
1	BN	141.371,55	28	11,96	170	2,406	2,548
2		141.371,55	28	11,94	180	2,548	
3		141.371,55	28	11,80	190	2,689	
1	NN 1,8%	141.371,55	28	11,8	190	2,689	2,878
2		141.371,55	28	11,1	200	2,831	
3		141.371,55	28	10,9	220	3,114	
1	BCK 0,75%	141.371,55	28	11,38	160	2,265	2,406
2		141.371,55	28	11,3	180	2,548	
3		141.371,55	28	11,62	170	2,406	
1	BCK 1%	141.371,55	28	11,2	160	2,265	2,312
2		141.371,55	28	10,86	170	2,406	
3		141.371,55	28	11,12	160	2,265	

Tabel 4.18: *Lanjutan.*

1	BCK 1,25%	141.371,55	28	11,96	140	1,982	2,076
2		141.371,55	28	11,94	150	2,123	
3		141.371,55	28	11,80	150	2,123	
1	BCK 0,75% + NN 1,8%	141.371,55	28	11,96	180	2,548	2,595
2		141.371,55	28	11,14	190	2,689	
3		141.371,55	28	11,46	180	2,548	
1	BCK 1% + NN 1,8%	141.371,55	28	11,4	170	2,406	2,453
2		141.371,55	28	11,2	180	2,548	
3		141.371,55	28	11,28	170	2,406	
1	BCK 1,25% + NN 1,8%	141.371,55	28	11,22	160	2,265	2,218
2		141.371,55	28	11,12	150	2,123	
3		141.371,55	28	11,06	160	2,265	



Gambar 4.6: Diagram nilai hasil kuat tarik belah beton.

Dimana:

BN = Beton Normal

NN 1,8% = Beton dengan *Sikament-NN* 1,8%

BCK 0,75% = Beton dengan cangkang biji karet 0,75%
 BCK 1% = Beton dengan cangkang biji karet 1%
 BCK 1,25% = Beton dengan cangkang biji karet 1,25%
 BCK 0,75% + NN 1,8% = Beton dengan cangkang biji karet 0,75% dan *Sikament-NN* 1,8%
 BCK 1% + NN 1,8% = Beton dengan cangkang biji karet 1% dan *Sikament-NN* 1,8%
 BCK 1,25% + NN 1,8% = Beton dengan cangkang biji karet 1,25% dan *Sikament-NN* 1,8%

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah didapatkan nilai rata-rata kuat tarik belah beton normal yaitu sebesar 2,54 MPa, beton dengan *sikament-NN* sebesar 2,87 MPa, Beton BCK 0,75% sebesar 2,40 MPa, BCK 1% sebesar 2,31 MPa, BCK 1,25% sebesar 2,07 MPa, BCK 0,75%+NN 1,8% sebesar 2,59 MPa, BCK 1%+NN 1,8% sebesar 2,45 MPa, dan BCK 1,25%+NN 1,8% sebesar 2,21 MPa.

Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa beton dengan biji karet mengalami penurunan disebabkan sifat dari biji karet yang menyerap air cukup banyak pada saat proses pencampuran. Dari hasil nilai kuat tarik belah beton terhadap variasi komposisi campuran biji karet maka dapat dilihat bahwa semakin besar komposisi campuran biji karet maka semakin kecil kuat tarik belah beton. Hal ini disebabkan penambahan komposisi biji karet menyebabkan penambahan rongga pada benda uji serta bentuk biji karet yang tidak memiliki ruas seperti agregat kasar yang dapat berfungsi sebagai daya ikat semen. Namun pada penggunaan *sikament-NN* mampu mengurangi sebagian dampak dari biji karet tersebut.

Sifat penyerapan biji karet terutama disebabkan oleh selulosa, hemi-selulosa, dan lignin yang terdapat dalam strukturnya, terutama pada cangkangnya yang memiliki kemampuan menyerap udara karena struktur polisakarida dan aroma hidrofiliknya. Selain itu, biji karet memiliki kandungan protein dan lemak yang tinggi serta kadar air yang tinggi (sekitar 35%) selama proses ekstraksi dari pohonnya yang membantu penyerapan (Sahu & Gupta, 2022).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya, ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan hasil kuat tarik belah beton berumur 28 hari adalah sebesar 2,54 MPa, sedangkan beton dengan penambahan biji karet 0,75% sebesar 2,40 MPa, 1% sebesar 2,31 MPa, dan 1,25% sebesar 2,07 MPa. Diapatkan juga hasil kuat tarik belah beton dengan tambahan *sikament-NN* sebesar 2,87 MPa, sedangkan beton dengan tambahan *sikament-NN* dan biji karet 0,75% sebesar 2,59 MPa, 1% sebesar 2,45 MPa, dan 1,25% sebesar 2,21 MPa.
2. Dari hasil penelitian kuat tarik belah beton dari penambahan biji karet dan *sikament-NN* dengan persentase 0,75% menunjukkan nilai kuat tekan paling optimal yaitu sebesar 2,59 MPa. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar penggunaan biji karet maka kuat tarik belah semakin menurun.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilaksanakan ini, adapun saran yang dapat dikembangkan pada penelitian ini yaitu:

1. Penggunaan penambahan biji karet disarankan karena dapat meningkatkan kuat tarik belah beton, akan tetapi tidak disarankan untuk penggunaan variasi biji karet diatas 1,25%.
2. Disarankan agar melakukan penelitian yang mendalam terkait sifat-sifat fisik dan kimiawi dari biji karet.
3. Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan biji karet sebagai bahan pengganti agregat halus maupun agregat kasar. Karena biji karet sangat baik untuk meningkatkan nilai kalor.

DAFTAR PUSTAKA

- Arg, M., Agregat, S., Pada, K., & Ringan, B. (2021). *Pengaruh penggunaan biji karet (hevea brasiliensis- muell.arg) sebagai agregat kasar pada beton ringan*. 8(3), 163–168.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Sni 2847-2019*, 8, 720.
- Beton, T., Metode, D., & Standard, B. (2025). *No Title*. 19(1978), 5297–5306.
- Bigatti, S. M., & Cronan, T. A. (2002). A comparison of pain measures used with patients with fibromyalgia. *Journal of Nursing Measurement*, 10(1), 5–14. Diakses dari <https://doi.org/10.1891/jnum.10.1.5.52550>
- Cara, T., & Struktur, P. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*.
- Cahyadi, D., Lasino, Amir Husein, A., Santoso, W., & Sudaryanto. (2016). Pedoman Tata Cara Penentuan Campuran Beton Normal Dengan Semen OPC PPC dan PCC. In *Pupr* (pp. 1–36).
- Effect, T. H. E., Concrete, O. F., Strength, C., Rubber, U., Substitution, S., Partial, A. S. A., & Aggregate, O. F. F. (2024). *THE EFFECT OF CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TESTING*. 49–55.
- Firdausa, F., Marpaung, R., Artini, S. R., Diba, A. F., Ria, V. W., & Iryani, A. W. (2020). Analisis Pengaruh Biji Karet Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 4(1), 23. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v4i1.44634>
- Gustari, P. (2017). *Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Cangkang Biji Karet Sebagai Pengganti Agregat Kasar*.
- Korua, A. M., Dapas, S. O., & Handono, B. D. (2019). Kinerja High Strength Self Compacting Concrete Dengan Penambahan Admixture “Beton Mix” Terhadap Kuat Tarik Belah. *Jurnal Sipil*, 7(10), 1353–1364. Diakses dari <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/26062>
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2001). Theoretical concepts of stress wave propagation in solids. In *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*.
- Miza, S. D. S., Wallah, S. E., & ... (2019). Perilaku Mekanis High Strength Self Compacting Concrete Dengan Penambahan Admixture “Beton Mix” Terhadap Kuat Tarik Lentur. *Jurnal Sipil*, 7(10), 1353–1364. Diakses dari <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/26062>
- Mulyono, T. (2003). *Teknologi Beton (Edisi ke-2)*. Andi Yogyakarta.
- Muthusamy, K., Nordin, N., Vesuvapateran, G., Ali, M., Mohd Annual, N. A., Harun, H., & Ullap, H. (2014). Exploratory study of rubber seed shell as

- partial coarse aggregate replacement in concrete. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 7(6), 1013–1016. Diakses dari <https://doi.org/10.19026/rjaset.7.380>
- MZ, L. (2018). Analisis Pagaruh Penambahan Biji Karet Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton K-175. *Jurnal Deformasi*, 3(1), 96. Diakses dari <https://doi.org/10.31851/deformasi.v3i1.1966>
- Program, P., Teknik, S., Fakultas, S., & Palembang, U. T. (2020). *PENGARUH PENAMBAHAN CANGKANG BIJI KARET (HEVEA BRASILIENSIS-MUELL.Arg) TERHADAP BETON FC' 20 MPa*.
- Patria, A. S. N., & Haikal, F. (2022). Pengaruh Kadar Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu. *JURNAL TEKNIK SIPIL Universitas 17 Agustus 1945 Semarang*, 15(2), 12–22.
- Range, H., Reducing, W., & Admixture, C. (2015). *Sikament ® -NN*. 12, 1–2.
- Sahu, P., & Gupta, M. K. (2022). Water absorption behavior of cellulosic fibres polymer composites: A review on its effects and remedies. *Journal of Industrial Textiles*, 51(5_suppl), 7480S - 7512S. <https://doi.org/10.1177/1528083720974424>
- Shela Yuhesti. (2014). Kajian Eksperimental Penggunaan Limbah Biji Karet Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Ringan Kombinasi Pasir Tanjung Raja Dan Conplast Wp421. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(3), 434–444.
- SNI 7656:2012. (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. *Badan Standarisasi Nasional*, 52.
- SNI-03-2834. (2002). *Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal*.
- SNI 15-0302-2004. (2004). SNI 15-0302-2004 Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Semen Portland Pozolan. *Badan Standar Nasional Indonesia*.
- Steele, A., Wealthall, G. P., Harrold, G., Tait, N., Leharne, S. A., & Lerner, D. N. (1999). Groundwater contamination by DNAPLs. *Ground Engineering*, 32(5), 20–21.
- Sumiati, Mahmuda, & Firdausa, F. (2019). Pemanfaatan Biji Karet Sebagai Agregat Kasar Terhadap Workability dan Kuat Tekan Beton Ringan. *Teknika*, 13(x), 129–136.

LAMPIRAN



Gambar L1: Proses penyiapan bahan sebelum melakukan *mix design*.



Gambar L2: Proses analisa saringan agregat kasar.



Gambar L3: Cangkang biji karet.



Gambar L4: Penyaringan biji karet lolos $\frac{3}{4}$ tertahan $\frac{3}{8}$.



Gambar L5: Pengecekan oleh dosen pembimbing.



Gambar L6: *Mix design* dengan kode variasi BCK 0,75%+NN 1,8%.



Gambar L7: Pembelian material.



Gambar L8: Proses *curing* selama 28 hari.



Gambar L9: Alat *Universal Testing Machine* (UTM).

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PENULIS

Nama Lengkap : Mhd. Rafiq Tomi
Panggilan : Tomi / Tom
Tempat, Tanggal Lahir : Padangsidempuan, 05 Januari 2003
Jenis Kelamin : Laki Laki
Alamat : Jl. Kenanga No.41, Kota Padangsidempuan
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Yuswanto, S. H.
Ibu : Sitti Aminah Lubis
No. HP : +62 823 4957 0475
E-Mail : rafiq.tomi@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2107210169
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD N 200110/15 Padangsimpuan	2015
2	SMP	SMP S Nurul 'Ilmi Padangsidempuan	2018
3	SMA	SMA S Nurul 'Ilmi Padangsidempuan	2021
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, tahun ajar 2021 sampai selesai		