

PROPOSAL TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN ADITIF SERBUK KACA PADA BETON NORMAL TERHADAP KUAT TEKAN BETON (Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

M.ALIF RIZKIANSYAH HASIBUAN
1907210168



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : M Alif Rizkiansyah Hasibuan

NPM : 1907210168

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Aditif Serbuk Kaca Pada Beton Normal
Terhadap Kuat Tekan Beton (Studi Penelitian)

Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 28 April 2026

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Sri Frapanti, S.T., M.T

Dosen Pembanding I



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

Dosen Pembanding II



Rizki Efrida, S.T., M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : M Alif Rizkiansyah Hasibuan
NPM : 1907210168
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Aditif Serbuk Kaca Pada Beton Normal
Terhadap Kuat Tekan Beton (Studi Penelitian)
Bidang Ilmu : Struktur

**DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI**

Medan, 28 April 2026

Dosen Pembimbing



Sri Frapanti, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : M. Alif Rizkiansyah Hasibuan
Tempat / Tanggal Lahir : Pengkolan, 11 Juli 2002
Maret 2001 Npm : 1907210168
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Penggunaan Aditif Serbuk Kaca Pada Beton Normal Terhadap Kuat Tekan Beton (Studi Penelitian)”

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

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

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

Medan, 28 April 2026

Saya Yang Menyatakan



M. Alif Rizkiansyah Hasibuan

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN ADITIF SERBUK KACA PADA BETON NORMAL TERHADAP KUAT TEKAN BETON

M.Alif Rizkiansyah Hasibuan

1907210168

Sri Frapanti, S.T., M.T.,

Serbuk kaca memiliki kelebihan sebagai pengisi pori yang lainnya : memiliki sifat tidak menyerap air, kekerasan dari gelas menjadikan beton tahan terhadap abrasi yang hanya dapat dicapai oleh sedikit agregat alami. Serbuk kaca memperbaiki kandungan dari beton segar sehingga kekuatan yang tinggi dapat dicapai tanpa penggunaan superplasticizer. Serbuk kaca yang baik mempunyai sifat pozzoland sehingga dapat berfungsi sebagai pengganti semen dan filler. Untuk itu penulis mengadakan pengujian mempergunakan serbuk kaca sebagai filler dengan variasi sebesar 2,5% , 5% , 7,5% dan 10% dari berat semen dan beton yang digunakan yaitu umur 28 hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton normal dengan beton campuran serbuk kaca, serta dengan tambahan serbuk kaca diharapkan dapat menjadi material alternatif campuran beton, juga mengurangi limbah yang dapat merusak lingkungan, serta untuk dapat mengetahui kuat tekan yang dihasilkan dengan bahan tersebut. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan metode SNI 03-1974-2011.dan mutu beton rencana 20 MPa. Dalam penelitian ini membuat sampel sebanyak 16 buah beton dengan mutu rencana adalah $f'c$ 20 dan benda uji berupa silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil penelitian ini menunjukan pada saat pengujian kuat tekan beton normal dengan beton campuran, maka didapat kuat tekan beton normal pada umur 28 hari yaitu 20,76 MPa, sedangkan untuk beton campuran variasi 2,5% 15,17 MPa, 5% 20,58 MPa, 7,5% 21,55 MPa dan 10% 22,60 MPa. Hal ini membuktikan bahwa pemanfaatan serbuk kaca dapat menjadi bahan alternatif tambahan untuk meningkatkan mutu beton dan juga dapat mengurangi limbah kaca yang sulit terurai.

Kata Kunci : Kuat tekan, Serbuk kaca, Beton

ABSTRACT

THE EFFECT OF GLASS POWDER ADDITIVE USE IN NORMAL CONCRETE ON CONCRETE'S COMPRESSIVE STRENGTH

M.Alif Rizkiansyah Hasibuan

1907210168

Sri Frapanti, S.T., M.T.,

Glass powder has advantages as a filler of other pores: it has the property of not absorbing water, the hardness of the glass makes the concrete resistant to abrasion that can only be achieved by a few natural aggregates. Glass powder improves the content of fresh concrete so that high strength can be achieved without the use of superplasticizers. Good glass powder has pozzolanic properties so that it can function as a substitute for cement and filler. For this reason, the author conducted a test using glass powder as a filler with variations of 2.5%, 5%, 7.5% and 10% of the weight of cement and concrete used, namely the age of 28 days. This study aims to determine the compressive strength of normal concrete with concrete mixed with glass powder, and with the addition of glass powder is expected to be an alternative material for concrete mixtures, also reduce waste that can damage the environment, and to be able to determine the compressive strength produced with these materials. This study was conducted at the Civil Engineering Laboratory of the University of Muhammadiyah North Sumatra with the SNI 03-1974-2011 method and the quality of the planned concrete is 20 MPa. This study produced 16 concrete samples with a design quality of $f'c$ 20, using cylindrical specimens measuring 15 cm in diameter and 30 cm in height. The results showed that the compressive strength of normal concrete and mixed concrete at 28 days was 20.76 MPa, while the compressive strength of mixed concrete with variations of 2.5% concrete was 15.17 MPa, 5% concrete was 20.58 MPa, 7.5% concrete was 21.55 MPa, and 10% concrete was 22.60 MPa. This demonstrates that the use of glass powder can be an alternative material to improve concrete quality and reduce difficult-to-decompose glass waste.

Keywords: Compressive Strength, Glass Powder, Concrete

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF SERBUK KACA PADA BETON NORMAL TERHADAP KUAT TEKAN BETON” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Sri Frapanti, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Program Studi Teknik Sipil yang ikut andil dalam proses administrasi penelitian.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Sipil kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Teristimewa sekali penulis ucapkan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta, yang sangat berjasa dalam membesarkan dan memberikan kasih sayang, serta selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.

8. Dan penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman GRAGAS dan semua saudara/i Teknik UMSU yang nama nya tidak bisa saya sebut satu persatu yang selalu membantu dan memberi dukungan kepada penulis.
9. Dan tidak lupa juga bersyukur atas kehadiran sang mastur yang selalu menemani dan menyemangati penulis.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 27 Oktober 2025

Penulis

M.Alif Rizkiansyah Hasibuan

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR NOTASI	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematis Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.1.1 Kelebihan Beton	5
2.1.2 Kekurangan Beton	6
2.2 Material Penyusun Beton	6
2.2.1 Agregat Kasar	7
2.2.2 Agregat Halus	9
2.3 Serbuk Kaca	10
2.4 <i>Slump Test</i>	11
2.5 Kuat Tekan Beton	11
2.6 Penelitian Terdahulu	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	14
3.1 Metode Penelitian	14
3.2 Tahapan penelitian	14
3.3 Lokasi Dan Waktu Penelitian	18
3.4 Sumber Dan Teknik Pengambilan Data	18
3.4.1 Data Primer	18
3.4.2 Data Skunder	18
3.5 Desain dan Jumlah Benda Uji	18

3.6	Bahan Dan Alat	19
3.6.1	Bahan	19
3.6.2	Alat	20
3.7	Pemeriksaan Material	21
3.7.1	Pemeriksaan Agregat Halus	21
3.7.2	Pemeriksaan Agregat Kasar	22
3.8	Mix Design	22
3.9	Pembuatan Benda Uji	23
3.10	Pemeriksaan Slump Test	23
3.11	Perawatan (Curing) Benda Uji	24
3.12	Kuat Tekan Beton	24
BAB 4 PEMBAHASAN DAN HASIL		26
4.1	Tinjauan Umum	26
4.2	Hasil dan Data Analisa Pemeriksaan Material Agregat	26
4.3	Agregat Halus	27
4.3.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air	27
4.3.2	Analisa Gradasi Agregat Halus	28
4.3.3	Kadar Lumpur Agregat Halus	30
4.3.4	Berat Isi Agregat Halus	30
4.3.5	Kadar Air Agregat Halus	31
4.4	Pemeriksaan Agregat Kasar	31
4.4.1	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	31
4.4.2	Analisa Gradasi Agregat Kasar	32
4.4.3	Kadar Lumpur Agregat Kasar	33
4.4.4	Berat Isi Agregat Kasar	34
4.4.5	Kadar Air Agregat Kasar	34
4.5	Perencanaan Campuran Beton	35
4.6	Kebutuhan Bahan	38
4.7	Pengujian <i>Slump Test</i> (<i>Slump</i> Rencana 75-150 mm)	40
4.8	Hasil Dan Analisa Penyerapan Air	43
4.9	Pengujian Kuat Tekan Beton	44
BAB 5		47
KESIMPULAN DAN SARAN		47
DAFTAR PUSTAKA		48
LAMPIRAN		50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834,2000)	8
Tabel 2.2 Kandungan kimia serbuk kaca	10
Tabel 3.1 Komposisi campuran Benda Uji	19
Tabel 4. 1 Data-data dasar dari hasil pengujian agregat.	26
Tabel 4. 2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	27
Tabel 4. 3 Data pengujian analisa gradasi agregat halus dengan batas Zona 2.	28
Tabel 4. 4 Data pengujian kadar lumpur pada agregat halus.	30
Tabel 4. 5 Data pengujian berat isi agregat halus dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.	30
Tabel 4. 6 Data pengujian kadar air agregat halus.	31
Tabel 4. 7 Hasil data pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.	31
Tabel 4. 8 Data pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 19 mm.	32
Tabel 4. 9 Data pengujian kadar lumpur agregat kasar.	33
Tabel 4. 10 Data pengujian berat isi agregat kasar dengan cara lepas, cara tusuk,	34
Tabel 4. 11 Data pengujian kadar air agregat kasar.	34
Tabel 4. 12 Data-data dasar dari hasil pengujian agregat.	35
Tabel 4. 13 Perencanaan Campuran Beton dengan Metode ACI	36
Tabel 4. 14 Banyaknya serbuk kaca yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder.	40
Tabel 4. 15 Hasil nilai dari pengujian <i>Slump Test</i>	41
Tabel 4. 16 Analisa Penyerapan Air	43
Tabel 4. 17 Hasil nilai pengujian kuat tekan beton umur 28 hari	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834,2000)	9
Gambar 2. 2 Sample beton	13
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian	17
Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Agregat Halus (Zona 2).	29
Gambar 4. 2 Grafik Gradasi Agregat Kasar.	33
Gambar 4. 3 Faktor Air Semen (ltr/kg semen) untuk berbagai jenis konstruksi.	37
Gambar 4. 4 Grafik <i>Slump Test</i>	41
Gambar 4. 5 Grafik Analisa Penyerapan Air	44
Gambar 4. 6 Grafik nilai pengujian kuat tekan beton umur 28 hari	46
Gambar.L. 1 Agregat Halus	50
Gambar.L. 2 Agregat Kasar	50
Gambar.L. 3 Serbuk Kaca	51
Gambar.L. 4 Saringan agregat	51
Gambar.L. 5 Penyaringan serbuk kaca dengan saringan No.200	51
Gambar.L. 6 <i>Mix design</i>	52
Gambar.L. 7 <i>Slump test</i>	52
Gambar.L. 8 Beton dalam wadah cetakan silinder 15x30cm	52
Gambar.L. 9 Pemeriksaan benda uji sebelum perendaman	53
Gambar.L. 10 Pemeriksaan beton setelah perendaman umur 28 hari	53
Gambar.L. 11 Pemeriksaan beton sebelum pengujian	53
Gambar.L. 12 Pengujian kuat tekan beton	54
Gambar.L. 13 Sampel beton setelah pengujian	54

DAFTAR NOTASI

$f'c$	= Kuat tekan beton (MPa)
f'_{cr}	= Kuat tekan beton rata-rata yang di targetkan
P	= Beban maksimum (N)
FM	= Modulus Kehausan
A	= Luas penampang beton tertekan (mm^2)
PL	= Passing Ability ratio beton segar
PF	= Faktor kerapatan
$\frac{w}{c}$	= Faktor air semen rencana
A	= Luas penampang benda uji (mm^2)
Wg	= Jumlah agregat kasar (kg/m^3)
Wgl	= Berat isi agregat kasar (kg/m^3)
Ws	= Jumlah agregat halus (kg/m^3)
Wsl	= Berat isi agregat halus (kg/m^3)
C	= Jumlah semen (kg/m^3)
Wf	= Jumlah serbuk kaca dibutuhkan (kg/m^3)
Wwc	= Jumlah air yang dibutuhkan untuk semen (kg/m^3)
$\frac{a}{s}$	= Perbandingan agregat kasar dan agregat halus (%)
A%	= Persentase serbuk kaca yang digunakan (%)
SK	= Serbuk kaca

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan fasilitas infrastruktur di Indonesia saat ini telah berkembang sangat pesat. Perkembangan infrastruktur yang terjadi ditandai dengan pembangunan infrastruktur di berbagai bidang sehingga perlu inovasi pada material beton sebagai material utama konstruksi. Beberapa tahun terakhir penelitian tentang limbah sangat diminati dengan tujuan untuk mengubah limbah menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat khususnya dibidang konstruksi.

Beton merupakan bahan konstruksi yang sering digunakan pada proyek konstruksi, karna memiliki beberapa keunggulan salah satunya seperti biayanya yang relatif murah dan bahan penyusunnya yang mudah didapatkan. Bahan pengganti merupakan merupakan bahan yang digantikan pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari material pengganti campuran beton adalah merubah sifat beton agar menjadi sesuai dengan pekerjaan tertentu atau menghemat biaya. Beberapa material pengganti secara efektif mampu meningkatkan mutu beton. Material tersebut berasal dari berbagai sumber diantaranya limbah industri dan rumah tangga (Ode et al., 2024).

Beton normal pada umumnya terbuat dari campuran semen (portland/hidrolik), agregat halus, agregat kasar dan air serta bahan campuran tambahan lainnya. Namun dengan melihat bahwa dimasa mendatang akan terjadi kemungkinan keterbatasan sumber daya alam maka diperlukannya inovasi-inovasi baru, salah satu inovasi yang dicoba untuk dilakukan yaitu menggunakan limbah pecahan kaca yang digunakan sebagai agregat kasar. Kaca terbuat dari campuran pasir (silika), soda abu (natrium karbonat), dan batu kapur (kalsium karbonat) yang dipanaskan hingga meleleh pada suhu sangat tinggi, kemudian didinginkan dengan cepat untuk membentuk struktur kaca yang padat (Purnamasari & Alfatari, 2023).

Serbuk kaca memiliki kelebihan sebagai pengisi pori yang lainnya : memiliki sifat tidak menyerap air, kekerasan dari gelas menjadikan beton tahan terhadap abrasi yang hanya dapat dicapai oleh sedikit agregat alami, serbuk kaca memperbaiki kandungan dari beton segar sehingga kekuatan yang tinggi dapat

dicapai tanpa penggunaan superplasticizer, serbuk kaca yang baik mempunyai sifat pozzoland sehingga dapat berfungsi sebagai pengganti semen dan filler. Kandungan silika yang ada pada kaca menjadikan kaca sebagai material pozzolan, yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas (kalsium hidroksida) yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dan adanya air (Khoiriyah et al., 2022).

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas, Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Alat untuk pengujian kuat tekan yang digunakan adalah Compression Machine. Kuat tekan beton harus mencapai kuat tekan yang direncanakan, kuat tekan beton mengalami kenaikan seiring bertambahnya umur sampai umur 28 hari (Sopa N.R et al., 2023).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk kaca terhadap mutu beton?
2. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk kaca terhadap kuat tekan beton?

1.3 Ruang Lingkup

1. Karakteristik yang diteliti adalah kuat tekan beton.
2. Persentase serbuk kaca yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dari berat semen sebagai substitusi agregat halus dengan umur 28 hari.
3. Melakukan pengujian kuat tekan beton dari beton normal dan beton dengan penggunaan agregat kaca, kemudian membandingkan hasilnya.
4. Penelitian dilakukan di Laboratorium beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca 2,5%, 5%, 7,5%,10% terhadap kuat tekan beton pada umur 28 hari.

2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kaca dapat menaikkan kuat tekan beton atau menurunkan kualitas beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberi manfaat antara lain

1. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi yang jelas bagi pengembangan ilmu teknologi beton dan pengaruh yang terjadi akibat penambahan serbuk kaca terhadap campuran beton.
2. Untuk mengurangi dan memanfaatkan serbuk kaca menjadi bahan pembuatan beton normal.
3. Penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan dalam dunia konstruksi.
4. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan khususnya dalam bidang inovasi pada beton.

1.6 Sistematis Penelitian

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

Bab 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3 METODE PENELITIAN

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

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan berdasarkan hasil dan pembahasan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Perkembangan teknologi dalam kehidupan beberapa dekade terakhir semakin maju dan modern. Dalam dunia konstruksi juga mengalami perkembangan salah satunya dalam teknologi pembuatan beton. Pembangunan infrastruktur didukung dengan adanya perkembangan teknologi pada beton sebagai bentuk upaya memperbaiki indeks logistic, peningkatan konektivitas antar daerah dan mendorong pemerataan Pembangunan. Dalam dunia konstruksi beton yang digunakan mengutamakan aspek kekuatan yang tinggi, kekakuan, dan durabilitas yang tinggi untuk mendapatkan konstruksi dengan kualitas yang baik dan memiliki daya tahan yang baik (Wijaya et al. 2024).

Beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar (Pasir, kerikil, batu pecah, atau jenis agregat lain) dengan semen, yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu. Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih. Bahan-bahan pilihan itu adalah semen, air, dan agregat. Proses pengerasan beton terjadi setelah melalui peristiwa reaksi kimia antara air dan semen, berlangsung pada waktu yang panjang seiring dengan penambahan umur beton (Novi & Angjaya.2013).

Adapun kelebihan dan kekurangan beton menurut Kardiyono Tjokrodinuljo 2021 di dalam kutipan artikel milik (Lumbangaol & Panjaitan, 2021) merumuskan beberapa kelebihan dan kekurangan beton dibandingkan bahan bangunan lain antara lain:

2.1.1 Kelebihan Beton

1. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya tersedia di dekat lokasi pembangunan, kecuali semen Portland. Hanya untuk daerah tertentu yang sulit mendapatkan pasir atau kerikil mungkin harga beton agak mahal.

2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan kebakaran, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan murah.
3. Kuat tekannya cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tarik tinggi) dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat. Beton dan baja tulangan dikatakan mempunyai koefisien muai yang hampir sama. Saat ini beton bertulang banyak dipakai untuk fondasi, kolom, balok, dinding, jalan raya, landasan pesawat udara, gedung, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya.
4. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan dapat pula dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi murah.

2.1.2 Kekurangan Beton

1. Bahan dasar penyusun beton (agregat halus maupun agregat kasar) bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam pula.
2. Beton keras mempunyai beberapa kelas kekuatan sehingga harus disesuaikan dengan bagian bangunan yang dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaannya bermacam-macam pula.
3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas/rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu, perlu diberikan cara-cara mengatasinya misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat dan sebagainya.

Beton juga memiliki sifat-sifat di antaranya adalah keawetan (*durability*), kuat tekan beton, kuat tarik beton, modulus elastisitas, rangkakan (*creep*), susut (*shrinkage*) dan kecelakan (*workability*).

2.2 Material Penyusun Beton

Pada umumnya campuran beton terdiri dari komponen utama yaitu semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Apabila ingin melakukan penelitian dengan tujuan mengubah sifat-sifat dari beton, maka bisa ditambahkan dengan bahan tambah (*admixture*). Beton dengan campuran serbuk kaca merupakan salah satu beton ramah lingkungan yang menggunakan limbah kaca sebagai bahan tambah

yang sudah dihaluskan secara merata. Salah satu limbah yang sulit terurai dan bertahan hingga ribuan tahun. Sehingga pemanfaatan serbuk kaca sebagai bahan tambahan dapat mengurangi jumlah limbah kaca. Beton dengan tambahan serbuk kaca ini disusun oleh material pembentuk sebagai berikut.

2.2.1 Agregat Kasar

Menurut (ASTM C 33-93) pengertian agregat kasar adalah batuan berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau kombinasi diantaranya sesuai dengan spesifikasi yang diijinkan. Ukuran-ukuran agregat kasar adalah semua butiran yang tertahan pada saringan di atas 4,76 mm. Agregat yang digunakan harus memenuhi ketentuan SII 0052-80 dan dalam hal-hal yang tercakup dalam peraturan tersebut juga harus memenuhi ketentuan ASTM. Sifat kekerasan agregat sangat diperlukan, karena pada waktu pembuatan beton akan mengalami gerakan-gerakan yang keras dalam *mixer* dan juga akan menerima gesekan pada saat pengecoran dan pemadatan. Agregat harus dapat menahan pengausan, pemecahan degradasi (penurunan mutu) serta disintegrasi (penguraian). Agregat kasar merupakan bahan pengisi dalam beton yang memiliki ukuran butir lebih dari 4,75 mm atau tertahan pada saringan No.4 (Prasanti & P. Saelan, 2019).

Dalam kuat tarik Agregat kasar berfungsi sebagai pengisi volume rongga yang berkurang. Agregat kasar sangat penting dalam pencampuran beton karena menghasilkan beton yang padat sehingga membuat beton kuat terhadap pembebanan. Pemilihan batas gradasi kerikil atau koral diameter maksimum 37,5 mm sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,75 mm (SNI 03-2834 2000), yang biasanya disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau hasil dari industri pemecah batu. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah maupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan. Besar ukuran maksimum agregat mempengaruhi kuat tekan betonnya.

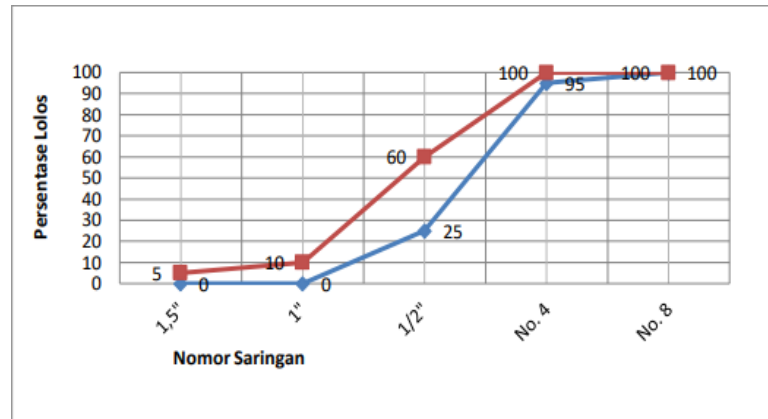
Menurut (SNI 03-2834 2000) agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 - a) Sisa di atas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total
 - b) Sisa di atas ayakan 4 mm lebih kurang 90% - 98% berat total.
 - c) Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang beruntun adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.

Menurut (SNI 03-2834 2000) batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.1 dan dijelaskan melalui Gambar 2.1.

Tabel 2.1: Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834,2000)

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (1/2 in)	25	60
4,75 (No.4)	95	100
2,36 (No.8)	100	100



Gambar 2.1: Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834,2000)

Pemeriksaan material agregat kasar ini sesuai dengan standar (SNI 03-2834-2000), agregat kasar diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan.
2. Berat jenis.
3. Penyerapan (Absorpsi)
4. Kadar air.
5. Kadar lumpur.
6. Berat isi.
7. Keausan agregat

2.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang memiliki ukuran butir lebih kecil dari 4,80 mm. Agregat halus disebut juga dengan pasir, pasir bisa diperoleh dari sungai, tanah galian atau dari hasil pemecahan batu. Syarat-syarat agregat halus yang baik digunakan untuk bahan campuran beton antara lain, sebagai berikut:

1. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%,
2. Agregat halus tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan diatas endapan tidak boleh gelap dari warna standar atau pembanding,
3. Agregat halus memiliki modulus butir halus antara 1,50-3,80,
4. Agregat halus tidak boleh reaktif terhadap alkali,

5. Kekelakan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika di pakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 15%.

2.3 Serbuk Kaca

Serbuk Kaca merupakan salah satu jenis bahan limbah yang dapat digunakan dalam campuran beton. Peningkatan kekuatan tekan beton dengan mengganti agregat halus dengan serbuk kaca sebesar 20%. (Dan & Kaca, 2025).

Tabel 2.2: kandungan kimia serbuk kaca.

Unsur	Serbuk Kaca
SiO_2	61,72 %
Al_2O_3	3,45 %
Fe_2O_3	0,18 %
CaO	2,59 %

Selain memiliki fungsi dan keunggulan, penggunaan serbuk kaca pada beton juga memiliki kelemahan yang perlu mendapat perhatian. Unsur pokok dari kaca adalah silika. Terdapat indikasi bahwa terjadi pengembangan (expansion) pada volume beton, meskipun menggunakan low alkali cement. Salah satu dampak dari penggunaan agregat kaca pada beton adalah terjadinya alkali silica reaction (ASR) antara pasta semen dan agregat kaca. ASR adalah reaksi yang terjadi antara ion hidroksil dalam air pori beton dengan silika yang mungkin terdapat dalam beberapa agregat. Produk dari reaksi ini adalah gel yang akan menyerap air atau menyebabkan pengembangan beton. Jika hal ini terjadi, tekanan yang dihasilkan akan menyebabkan microcracking, pengembangan, dan pada akhirnya menimbulkan penurunan kekuatan beton setelah jangka waktu yang lama. (Bernardinus Herbudiman, 2011).

Menurut (Ayu Suhartini, 2014) Banyak hal yang berpotensi menguntungkan dari penggunaan kaca sebagai agregat beton, antara lain memiliki tingkat durabilitas

yang tinggi, mengingat kaca adalah material yang tidak menyerap air, memiliki ketahanan yang tinggi terhadap abrasi dan karakteristik ini adalah karakteristik yang langka terdapat dalam agregat alami lainnya, adapun penggunaan aditif untuk agregat alami agar bisa mencapai kekuatan yang sama harganya mahal.

2.4 Slump Test

Slump test adalah pengujian paling sederhana dan yang paling sering digunakan. Karenanya kelecakan beton segar sering diidentikkan dengan slumpnya. Berkurangnya kelecakan akibat cuaca panas, misalnya, disebut sebagai slump loss. Uji slump berguna untuk mengecek adanya perubahan dari kadar air, bila material dan gradasi agregat adalah seragam. Bila jumlah air adalah konstan maka slump berguna untuk menunjukkan adanya perbedaan pada gradasi atau adanya perbandingan berat yang salah. Kelemahan uji slump test adalah tidak dapat mengukur kelecakan campuran beton yang kaku (M. Humaidi dan M. Hafizh, 2017).

Slump merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. Slump merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaannya (nilai workability tinggi) (Fadli M. Van Gobel, 2017).

Bila tidak terjadi crumbling atau collapse maka slump adalah indikasi kelembutan (softness) sebagai lawan kekakuan (stiffness) dari campuran. Runtuh (collapse) sering terjadi pada beton yang kurang pasir (lean), menandakan rendahnya kohesi dan rendahnya kemampuan beton segar untuk berdeformasi plastis. Uji slump berguna untuk mengecek adanya perubahan dari kadar air, bila material dan gradasi agregat adalah seragam. Bila jumlah air adalah konstan maka slump test berguna untuk menunjukkan adanya perbedaan pada gradasi atau adanya perbandingan berat yang salah.

2.5 Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 1974-2011, pengujian kuat tekan merupakan pemberian beban monoton secara terus menerus dengan laju yang konstan pada benda uji di antara

dua batang pembebanan yang akan menciptakan tegangan tekan. Pada pengujian kuat tekan posisi benda uji yang berbentuk silinder pada saat dibebani yaitu dalam keadaan berdiri/tegak. Tegangan tekan yang dialami benda uji lama kelamaan akan menyebabkan benda uji runtuh/hancur. Sehingga, kuat tekan adalah tegangan tekan pada pembebanan maksimum yang menyebabkan benda uji mengalami keruntuhan.

Nilai kuat tekan beton didapatkan dari hasil pengujian sampel beton. Sampel ini diuji dengan menggunakan mesin kuat tekan beton dengan cara memberikan beban secara bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu. Selanjutnya benda uji tersebut ditekan hingga menghasilkan retakan (*crack*), standar pengujian kuat tekan beton menggunakan metode SNI 03-1974-2011.

Adapun langkah langkah pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian.
2. Melapisi permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.
3. Jalankan mesin press dengan kecepatan dan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing masing benda uji.

Acuan yang dipakai untuk pengujian kuat tekan adalah SNI 1974-2011 tentang “Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder”. Pemberian beban tekan dilakukan bertahap dengan kecepatan beban tertentu atas uji beton.

Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Dengan :

$f'c$ = Kuat Tekan benda uji beton (MPa)

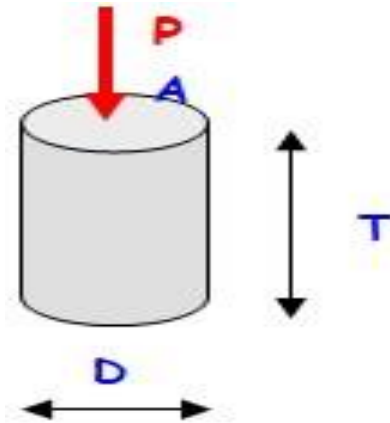
P = Besar beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

1 KN = 101,9716 kg

1 MPa = 9,807966 kg/cm^2

1 kg/cm^2 = 0,0980665 MPa



Gambar 2. 2: Sample beton

2.6 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian mengenai penggunaan serbuk kaca, silica fume, superplasticizer, dan bahan-tambah lain pada campuran beton pernah dilakukan seperti berikut.

(Aliabdo, 2016) *Utilization of Waste Glass powder in The Production of Cement and Concrete*

1. Mix design beton dilakukan dengan kekuatan 33 MPa dan 45 MPa.
2. Variasi penambahan serbuk kaca adalah 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat semen.
3. Serbuk kaca yang digunakan adalah sisa-sisa potongan kaca yang lolos saringan no. 200 dan memiliki berat jenis 2,62.
4. Pengujian dilakukan pada umur 7, 28, dan 56 hari.

Nilai kuat tekan beton untuk mix design 33MPa optimum pada kadar 15% dengan kekuatan 34,20 MPa, 37,90 MPa, dan 41MPa untuk umur 7, 28, dan 56 hari. Untuk mix design 45 MPa optimum pada kadar 20% dengan kekuatan 41,80 MPa, 49,21MPa, dan 54,84 MPa untuk umur 7,28, dan 56 hari. Nilai slump menurun seiring dengan penambahan serbuk kaca. Nilai kuat tarik belah beton untuk mix design 33 MPa optimum pada kadar 15% dengan kekuatan 3,26 MPa untuk umur 7hari dan kadar 10% dengan kekuatan 3,91MPa dan 4,44 MPa untuk umur 28 dan 56hari. Untuk mix design 45 MPa optimum pada kadar 20% dengan kekuatan 4,22MPa, 4,66 MPa, dan 5,16 MPa untuk umur 7, 28 dan 56 hari.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian.

Setelah mencari informasi tentang penelitian yang akan dilakukan, selanjutnya dilakukan pemeriksaan dasar seperti kadar lumpur, analisa saringan, kadar air, berat jenis, berat isi dan penyerapan yang bertujuan untuk mendapatkan data-data pendukung yang diperoleh di laboratorium.

Selanjutnya mencari *mix design* untuk mengetahui proporsi campuran untuk setiap benda uji yang akan dibuat. Setelah memperoleh proporsi campuran beton, kemudian dilakukan penyaringan serbuk kaca. Pada penelitian ini digunakan serbuk kaca yang lolos dari saringan no.200. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan sesuai kebutuhan masing-asing variasi campuran bahan tambah yaitu beton normal terhadap volume campuran, beton menggunakan *filler* serbuk kaca 2,5%, 5%, 7,5%, 10% terhadap berat campuran beton.

Langkah selanjutnya yaitu membuat campuran beton dan mengecek nilai *slump* beton, setelah melakukan pengujian *slump*, kemudian memasukkan campuran beton ke dalam cetakan silinder yang telah diberi vaselin. Kemudian benda uji didiamkan dan dilepaskan dari cetakan setelah ± 24 jam. Selanjutnya dilakukan perendaman benda uji selama dan 28 hari.

3.2 Tahapan penelitian

Bagan alir penelitian ini adalah suatu cara pembuatan campuran beton yang memiliki beberapa proses untuk mendapatkan setiap hasil penelitian yang dimana hal ini dilakukan sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

1. Persiapan.

Dalam hal ini menyiapkan material yang digunakan seperti (Agregat Kasar, Agregat Halus, Semen, Serbuk kaca, dan Air). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

2. Pemeriksaan Bahan Material Penyusun Beton.

Pemeriksaan bahan material ini ditujukan untuk memastikan apakah bahan penyusun beton telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan, apabila digunakan dalam pencampuran (*mix design*).

3. Pengujian Dasar Material

Pengujian dasar dilakukan pada sampel agregat kasar, agregat halus, dan serbuk kaca. Pengujian ini berupa pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, kadar air, kadar lumpur, dan berat isi.

4. Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran (*mix design*) dilakukan mengacu pada metode *American Concrete Institute* (ACI). Perencanaan yang dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan dari masing-masing bahan sebelumnya untuk merencanakan pencampuran beton, mulai dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Hasil dari *mix design* ini berupa perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pembuatan benda uji.

5. Pembuatan Benda Uji

Pada tahapan ini dilakukan pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

- a. Pembuatan adukan beton.
- b. Pengujian slump test yang mengacu pada SNI 1972:2008.
- c. Pengecoran ke dalam cetakan silinder.
- d. Pelepasan benda uji dari cetakan silinder.

6. Perawatan Benda Uji

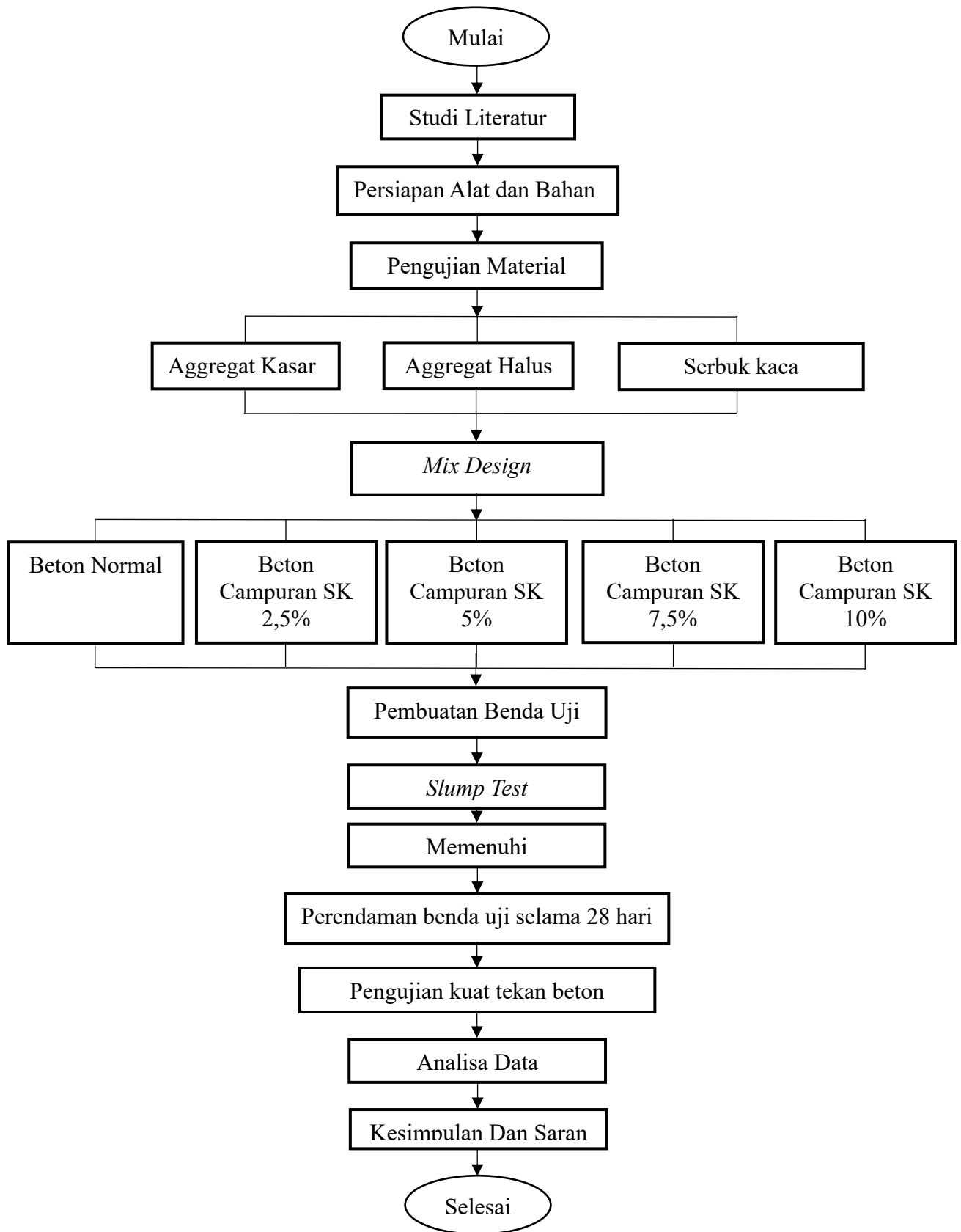
Pada bagian ini beton yang sudah didiamkan di cetakan dan sudah mengering, beton tersebut diangkat dari cetakan lalu dilakukan perawatan beton (*curing*). Perawatan tersebut dilakukan dengan perendaman beton pada bak perendam yang memiliki estimasi waktu 28 hari. Setelah selesai perawatan tersebut, beton dikeluarkan dari bak dan dikeringkan.

7. Pengujian Kuat Tekan Beton

Setelah semua prosedur pembuatan beton, kemudian dilakukan uji kuat tekan beton yang berfungsi untuk mengetahui berapa besar ketahanan beton setelah diberi beban-beban tertentu. Analisis Data dan Pembahasan

8. Pembahasan dan Laporan Akhir

Dengan diketahuinya nilai kuat tekan beton, maka telah selesai semua rangkaian dalam proses pembuatan beton. Hal yang dilakukan pada tahap akhir adalah mencatat, mengolah, dan mengevaluasi data yang telah didapatkan. Lalu selanjutnya melakukan penulisan dan bimbingan untuk laporan akhir tersebut.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian

3.3 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Muchtar Basri . Waktu penelitian yang dilakukan direncanakan kurang lebih selama 1 bulan dan dimulai pada akhir bulan Oktober 2025.

3.4 Sumber Dan Teknik Pengambilan Data

3.4.1 Data Primer

Data ini adalah data yang telah berhasil diperoleh dari data laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara seperti:

1. Analisa saringan agregat (SNI 03-1968-1990)
2. Berat jenis dan penyerapan air:
 - a. (SNI 1969-2008) Agregat kasar.
 - b. (SNI 1970, 2008) Agregat halus.
3. Pemeriksaan kadar lumpur (SK SNI S – 04 – 1989 – F)
4. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 03-4804-1998)
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971-2011)
6. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*) (SNI 03-2834-2000)
7. Kekentalan adukan beton segar (*Slump*) (SNI 1972:2008)
8. Uji kuat tekan beton (SNI 1974:2011).

3.4.2 Data Skunder

Data sekunder ini adalah data yang diperoleh dari buku-buku, jurnal-jurnal yang berhubungan penelitian ini, dimasukan juga referensi pembuatan beton berdasarkan :

1. Peraturan ACI 211.1-91 tentang tata cara pembuatan rencana beton normal.
2. Peraturan SNI 1974:2011 tentang metode uji kuat tekan beton silinder.

3.5 Desain dan Jumlah Benda Uji

Desain benda uji adalah sebagai berikut:

1. Jenis benda uji:

Silinder ukuran 15 cm x 30 cm.
2. Variasi persentase kadar serbuk kaca terhadap semen: 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%.
3. Serbuk kaca yang digunakan lolos dari saringan no.200.

Tabel 3.1: Komposisi campuran benda uji

NO	KODE BENDA UJI	AGREGAT KASAR	AGREGAT HALUS	SERBUK KACA	JUMLAH SAMPEL
1	BETON NORMAL	100%	100%	0%	3
2	SK 2,5%	100%	100%	2,5%	3
3	SK 5%	100%	100%	5%	3
4	SK 7,5%	100%	100%	7,5%	3
5	SK 10%	100%	100%	10%	3
JUMLAH					15

Keterangan:

BETON NORMAL : beton dengan campuran 0% serbuk kaca

SK 2,5% : beton dengan campuran 2,5% serbuk kaca

SK 5% : beton dengan campuran 5% serbuk kaca

SK 7,5% : beton dengan campuran 7,5% serbuk kaca

SK 10% : beton dengan campuran 10% serbuk kaca

3.6 Bahan Dan Alat

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang maksimal, maka diperlukan peralatan dan bahan yang sudah tersedia di laboratorium teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Alat-alat yang digunakan sebagai berikut:

3.6.1 Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

1. Semen

Semen yang digunakan, dalam penelitian ini adalah semen tipe 1.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari daerah medan sekitar.

3. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang diperoleh dari daerah medan berukuran maksimum 20 mm.

4. Serbuk Kaca

Serbuk Kaca yang digunakan adalah dari botol-botol kaca bekas lalu dihaluskan. Pada penelitian ini, untuk mendapatkan serbuk kaca yang ukuran butirannya halus dan lolos ayakan No. 200.

5. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

3.6.2 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Saringan agregat

Saringan agregat yang digunakan antara lain saringan No 4, No 8, No 16, No 30, No 50, No 100 dan No 200 Untuk agregat halus dan serbuk kaca, sedangkan untuk agregat kasar yang digunakan antara lain saringan 1,1/2", 3/4", 3/8", dan No 4.

2. Wadah

Digunakan untuk menampung air atau agregat dalam pembuatan benda uji.

3. Timbangan digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang massa pada bahan material pada penelitian.

4. Kuas

Kuas digunakan untuk mengoleskan vaseline pada cetakan benda uji saat akan dituangkan.

5. Sekop

Sekop digunakan untuk meratakan atau mengambil bahan material pada penelitian.

6. Terpal

Terpal digunakan untuk meletakkan bahan saat akan dijemur.

7. Pan

Digunakan untuk meletakkan bahan atau agregat yang akan dicuci.

8. Piknometer

Piknometer digunakan untuk mengukur banyak campuran air yang digunakan pada campuran pembuatan beton.

9. Sarung tangan

Digunakan untuk melindungi tangan pada saat pekerjaan

10. Masker

Digunakan untuk melindungi mulut atau muka dari debu dan kotoran.

11. Vaseline

vaselin digunakan untuk dioleskan pada cetakan agar beton tidak lengket pada cetakan pada saat akan dibuka.

12. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyak air yang digunakan dalam pencampuran beton

13. Cetakan benda uji silinder

Digunakan untuk mencetak benda uji.

14. Satu set alat slump test

Slump test digunakan untuk melihat seberapa kental adukan beton yang akan dibuat.

15. Bak perendaman

Digunakan untuk merendam benda uji selama waktu yang direncanakan.

16. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan sampel atau bahan.

17. Mesin pengaduk semen

Digunakan untuk mengaduk semen agar pengadukan tercampur merata.

18. Mesin penguji kuat tarik belah beton

Digunakan untuk mengetahui nilai kuat tarik belah pada beton uji

3.7 Pemeriksaan Material

3.7.1 Pemeriksaan Agregat Halus

Prosedur Pengujian

- a. Pertama-tama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan- bahan lain yang merekat pada permukaan.
- b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap.
- c. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
- d. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.

- e. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
- f. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJssd).
- g. Benda uji diletakan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (Ba). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C

3.7.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

Prosedur pengujian benda uji dPertama-tama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan- bahan lain yang melekat pada permukaan.

- a. Keringkaalam oven pada suhu 105 °C sampai berat tetap.
- b. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
- c. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
- d. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
- e. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJssd).
Benda uji diletakan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (Ba). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C

3.8 Mix Design

Hal ini menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan. Tahapan mix design beton menurut *American Concrete Institutemen* (ACI) adalah sebagai berikut :

1. Rencanakan kuat tekan yang dikehendaki.

2. Tetapkan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan).
3. Berdasarkan jenis strukturnya, tetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregatnya. Slump yang dianjurkan pada jenis pekerjaan berkisar antara 75 mm - 150 mm.
4. Tetapkan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan.
5. Hitungan semen yang diperlukan, berdasarkan langkah (2) dan (4) di atas.
6. Tetapkan volume agregat kasar yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus kehalusan agregat halus.
7. Hitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap dalam adukan (metode volume). Bisa juga dengan menggunakan metode berat.

3.9 Pembuatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam bak perendaman. Benda uji diangkat dari bak 1 hari sebelum sampel di uji. Hal ini dimaksudkan agar pada waktu di uji, sampel dalam keadaan tidak basah. Pengujian dilakukan pada saat sampel berumur 28 hari. Hal ini berarti benda uji diangkat dari bak pada saat berumur 27 hari. Adapun kondisi perendaman harus seluruh bagian dari benda uji terendam dengan baik. Pada penelitian ini langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pembongkaran benda uji dilakukan \pm 24 jam setelah pembuatan.
2. Perendaman didalam bak rendaman Laboratorium Teknik Sipil UMSU.

Untuk pengujian kuat lentur, benda uji direndam selama 28 hari. Benda uji diangkat dari bak perendaman sehari sebelum hari pengujian.

3.10 Pemeriksaan Slump Test

Tahapan pengujian *slump test*:

1. Membasahi kerucut Abrams dan plat sebesar 1m x 1m.
2. Angkat dan letakan plat pada bidang yang datar dan letakkan kerucut Abrams secara terbalik tepat di tengah plat.

3. Tuangkan campuran beton kedalam kerucut Abrams hingga penuh lalu ratakan menggunakan skrap dan diamkan selama 1 menit. Angkat kerucut Abrams secara tegak lurus secara perlahan-lahan sambil menghitung waktu persebaran adukan menggunakan *stopwatch*.
4. Mencatat waktu saat sebaran adukan mencapai ukuran diameter 50 cm dan hentikan *stopwatch* saat sebaran adukan berhenti serta mencatat waktunya.
5. Kemudian ukur lebar sebaran adukan beton menggunakan penggaris secara *vertikal* dan *horizontal*.
6. Besar diameter sebaran adukan menunjukkan tingkat kekentalan adukan tersebut, semakin besar diameter yang didapat maka semakin encer pula adukan tersebut.

3.11 Perawatan (Curing) Benda Uji

Proses perawatan (*curing*) untuk benda uji pada penelitian ini berdasarkan ketentuan (*Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*, 2019). Proses ini dilakukan dengan tahapan cara perendaman benda uji kedalam bak perendam berisi air. Benda uji direndam setelah mencapai umur rencana (28 hari). Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses perendaman benda uji ini adalah sebagai berikut:

1. Mengeluarkan benda uji dari cetakan.
2. Pastikan benda uji tersebut sudah kering dengan sempurna.
3. Isi bak perendam dengan air bersih dari kran air Laboratorium Teknik
4. Masukkan benda uji secara hati-hati ke dalam bak perendam.
5. Diamkan rendaman benda uji tersebut pada umur 27 hari, lalu angkat pada umur 28 hari.
6. Tunggu benda uji mengering dan timbang benda uji tersebut.

3.12 Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 1974-2011, pengujian kuat tekan merupakan pemberian beban monoton secara terus menerus dengan laju yang konstan pada benda uji di antara dua batang pembebanan yang akan menciptakan tegangan tekan. Pada pengujian kuat tekan posisi benda uji yang berbentuk silinder pada saat dibebani yaitu dalam keadaan berdiri/tegak. Tegangan tekan yang dialami benda uji lama kelamaan akan menyebabkan benda uji runtuh/hancur. Sehingga, kuat tekan adalah tegangan tekan pada pembebanan maksimum yang menyebabkan benda uji mengalami keruntuhan.

Nilai kuat tekan beton didapatkan dari hasil pengujian sampel beton. Sampel ini diuji dengan menggunakan mesin kuat tekan beton dengan cara memberikan beban secara bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu. Selanjutnya benda uji tersebut ditekan hingga menghasilkan retakan (*crack*), standar pengujian kuat tekan beton menggunakan metode SNI 03-1974-2011.

Adapun langkah langkah pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian.
2. Melapisi permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.
3. Jalankan mesin press dengan kecepatan dan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing masing benda uji.

Acuan yang dipakai untuk pengujian kuat tekan adalah SNI 1974-2011 tentang “Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder”. Pemberian beban tekan dilakukan bertahap dengan kecepatan beban tertentu atas uji beton.

BAB 4

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini menggunakan material tambahan yang berasal dari limbah kaca, dimana limbah kaca dihaluskan sampai lolos saringan No.200 lalu ditimbang sesuai dengan kebutuhan benda uji.

Prosedur pengujian yang dilakukan terdiri dari tahap persiapan material, pembuatan benda uji dan pengujian benda uji. Pemeriksaan dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat dan buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.2 Hasil dan Data Analisa Pemeriksaan Material Agregat

Lampiran hasil data-data pengujian bahan agregat, sehingga diperoleh untuk campuran material dalam pembuatan beton yang direncanakan. Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai dari data yang dihasilkan dilampirkan di Tabel 4.1, sebagai berikut:

Tabel 4. 1: Data-data dasar dari hasil pengujian agregat.

No	Data Tes Dasar	Nilai
1	Berat jenis agregat kasar	2,461 gr/cm^3
2	Berat jenis agregat halus	2,630 gr/cm^3
3	Kadar lumpur agregat kasar	0,4 %
4	Kadar lumpur agregat halus	2,8 %
5	Berat isi agregat kasar	1,77 gr/cm^3
6	Berat isi agregat halus	1,63 gr/cm^3
7	FM agregat kasar	2,68
8	FM agregat halus	2,88
9	Kadar air agregat kasar	0,7 %

10	Kadar air agregat halus	1,46 %
11	Penyerapan agregat kasar	0,30 %
12	Penyerapan agregat halus	2,67 %
13	Nilai slump rencana	75-150 mm
14	Ukuran agregat maksimum	19 mm

4.3 Agregat Halus

Pemeriksaan sifat fisik agregat halus untuk mengetahui karakteristik agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton. Agregat halus mempunyai peran yang sangat penting dalam mempengaruhi kekuatan beton, agar mendapatkan kualitas yang baik maka perlu dilakukan pemeriksaan agregat. Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus meliputi pengujian analisa saringan, berat jenis dan penyerapan air, kadar air, kadar lumpur dan berat isi.

4.3.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Tabel 4. 2: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

<i>FINE AGGREGATE</i> (Agregat Halus) Passing No.4 (Lolos Ayakan No.4)	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata-rata (gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500
<i>Wt. Of Flask + Water</i> (Berat Piknometer penuh air) (D)	672	673	672,5
<i>Wt. Of Flask + Water + Sample</i> (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) C	980,8	967,2	974
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh kering oven (110o C) Sampai Konstan) E	486	488	487
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$	2,62	2,43	2,52
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$	2,54	2,37	2,46

<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$	2,74	2,52	2,63
<i>Absorption</i> $[(B - E) / E] \times 100\%$ (%)	2,88	2,46	2,67

Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis kering rata-rata sebesar 2,46 dan diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 2,67%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 2,67% dari berat kering agregat tersebut.

4.3.2 Analisa Gradiasi Agregat Halus

Tabel 4. 3: Data pengujian analisa gradiasi agregat halus dengan batas Zona 2.

Ukuran Ayakan	Retained Fraction			Berat Tertahan (%)	Cumulative		Batas Zona	
	Sampel 1 (Gram)	Sampel 2 (Gram)	Total Weight (Gram)		Kumulatif Berat Tertahan (%)	Berat yang Lolos (%)		
(mm)	(Gram)	(Gram)	(Gram)	(%)	(%)	(%)	Min	Max
9,50	0,00	0,00	0	0	0	100	100	100
4,75	0,00	0,00	0	0	0	100	95	100
2,36	146,6	126,60	273,2	15,77	15,77	84,23	80	100
1,18	199,2	184	383,2	22,13	37,9	62,10	50	85
0,60	186,9	165,4	352,3	20,34	58,24	41,76	25	60
0,30	192,4	180,4	372,8	21,53	79,77	20,23	5	30
0,15	152,8	141,6	294,4	17	96,77	3,23	0	10
0,075	30,37	25,6	55,97	3,23	100	0,00	0	0
Jumlah	908,27	823,6	1731,87					
FM				2,88				

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4 (4,75)} = \frac{0}{1731,87} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{No.8 (2,36)} = \frac{273,2}{1731,87} \times 100\% = 15,77\%$$

$$\text{No.16 (1,18)} = \frac{383,2}{1731,87} \times 100\% = 22,13\%$$

$$\text{No.30 (0,60)} = \frac{352,3}{1731,87} \times 100\% = 20,34\%$$

$$\text{No.50 (0,30)} = \frac{372,8}{1731,87} \times 100\% = 21,53\%$$

$$\text{No.100 (0,15)} = \frac{294,4}{1731,87} \times 100\% = 17\%$$

$$\text{No.200 (0,075)} = \frac{55,97}{1731,87} \times 100\% = 3,23\%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\text{No.4 (4,75)} = 0 + 0 = 0\%$$

$$\text{No.8 (2,36)} = 0 + 15,77 = 15,77\%$$

$$\text{No.16 (1,18)} = 15,77 + 22,13 = 37,9\%$$

$$\text{No.30 (0,60)} = 37,9 + 20,34 = 58,24\%$$

$$\text{No.50 (0,30)} = 58,24 + 21,53 = 79,77\%$$

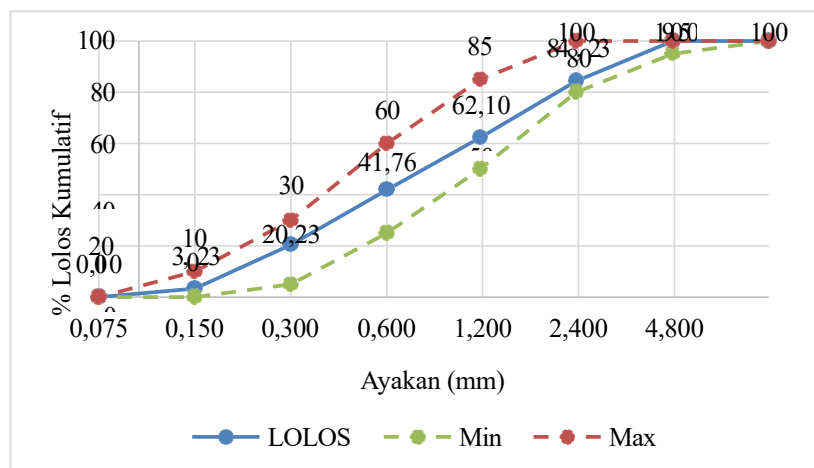
$$\text{No.100 (0,15)} = 79,77 + 17 = 96,77\%$$

$$\text{No.200 (0,075)} = 96,77 + 3,23 = 100\%$$

$$\text{Jumlah persentase kumulatif tertahan} = 288,45\%$$

$$\text{FM (Modulus Kehausan)} = \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100} = \frac{288,45}{100}$$

$$= 2,88$$



Gambar 4. 1: Grafik Gradasi Agregat Halus (Zona 2).

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat FM sebesar 2,88%. Nilai tersebut masih diijinkan untuk termasuk sebagai agregat

halus, dimana nilai yang diijinkan adalah 1,5% - 3,8% berada di zona 2.

4.3.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Tabel 4. 4: Data pengujian kadar lumpur pada agregat halus.

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat SSD	gr	962,6	981,8	972,2
Berat SSD setelah dicuci	gr	936	947,8	941,9
Berat Kotoran	gr	27,4	28,1	27,75
Persentase Kotoran	%	2,77	2,78	2,78

Data yang didapat dari pengujian Kadar Lumpur maka persentase kadar lumpur rata-rata 2,78%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SNI 4, 1989/ F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum digunakan.

4.3.4 Berat Isi Agregat Halus

Tabel 4. 5: Data pengujian berat isi agregat halus dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.

Nomor Contoh		Lepas	Tusuk	Penggoyangan
Berat Cetakan + Agregat, dipadatkan (gram)	W_{cac}	22900,5	23698,1	23785,4
Berat Cetakan (gram)	W_c	5336	5336	5336
Berat Agregat (gram)	$W_{cac} - W_c$		18362,1	18449,4
Volume Cetakan (cm ³)	V_c	11125,4	11125,4	11125,4
Berat Isi Padat Agregat (gram/cm ³)	$\frac{W_{cac} - W_c}{V_c}$		1,65	1,66
		1,63		

Maka diperoleh Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian yaitu 1,63 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No.52 – 1980).

4.3.5 Kadar Air Agregat Halus

Tabel 4. 6: Data pengujian kadar air agregat halus.

Nomor Contoh		Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)
Berat benda uji sebelum dioven (gram)	W1	987,5	981,3
Berat benda uji setelah dioven (gram)	W2	971,5	968,9
Kadar Air Benda Uji (%)	$\frac{W1 - W2}{W2} \times 100\%$	1,65	1,28
		1,46	

Berdasarkan pengujian kadar air pada agregat halus maka diperoleh rata-rata kadar air sebesar 1,46%. Pengujian ini dilakukan dengan dua sampel yang digunakan, dengan sampel pertama didapat hasil kadar air sebesar 1,65% dan sampel kedua didapat hasil kadar air sebesar 1,28%.

4.4 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah, secara umum batu pecah memiliki bentuk ukuran yang bervariasi dengan ukuran maksimal 40 mm. Pada agregat kasar dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan, analisa gradasi, kadar lumpur, berat isi dan kadar air.

4.4.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Tabel 4. 7: Hasil data pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Nama Contoh		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	A	3102,2	3098,4	3100,3
<i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	B	1836,8	1833,6	1835,2
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) keringoven (110° C) Sampai Konstan) C	C	3092,6	3089,4	3091
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD)	$\frac{A}{A - B}$	2,452	2,450	2,451
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering)	$\frac{C}{A - B}$	2,444	2,443	2,443

<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu)	$\frac{C}{C - B}$	2,463	2,460	2,461
Penyerapan air (%)	$\frac{A - C}{C} \times 100\%$	0,310	0,291	0,301

Data yang di dapat dari pengujian berat jenis maka Berat jenis kering rata-rata sebesar 2,44 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 0,30%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 0,30% dari berat kering agregat tersebut.

4.4.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Tabel 4. 8: Data pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 19 mm.

Ukuran Ayakan	Retained Fraction			Berat Tertahan	Cumulative		Batas Zona	
	Sampel 1	Sampel 2	Total Weight		Kumulatif Berat Tertahan	Berat Lolos		
(mm)	(Gram)	(Gram)	(Gram)	(%)	(%)	(%)	Min	Max
37,50	0	0	0	0	0	0	100	100
25,00	0	0	0	0	0	0	100	100
19,00	0	0	0	0	0	100	90	100
12,50	2264,5	2615,8	4880,3	68,41	68,41	31,59	20	50
9,50	1011,3	1196,8	2208,1	30,95	99,36	0,64	0	15
4,00	23,4	22,4	45,8	0,64	100,00	0,00	0	5
Jumlah	3299,2	3835	7134,2					
FM	2,68							

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.3/4'' (19,00)} = \frac{0}{7134,2} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{No.1/2'' (12,50)} = \frac{4880,3}{7134,2} \times 100\% = 68,41\%$$

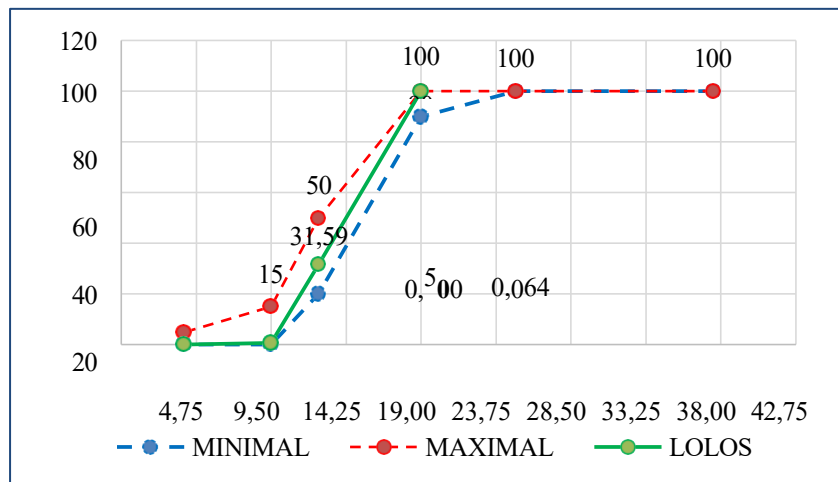
$$\text{No.3/8'' (9,50)} = \frac{2208,1}{7134,2} \times 100\% = 30,95\%$$

$$\text{No.4 (4,75)} = \frac{45,8}{7134,2} \times 100\% = 0,64\%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned}
 \text{No.3/4"} (19,00) &= 0 + 0 = 0\% \\
 \text{No.1/2"} (12,50) &= 0 + 68,41 = 68,41\% \\
 \text{No.3/8"} (9,50) &= 68,41 + 30,95 = 99,36\% \\
 \text{No.4 (4,75)} &= 99,36 + 0,64 = 100\% \\
 \text{Jumlah persentase kumulatif tertahan} &= 267,8\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus Kehausan)} &= \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100} \\
 &= \frac{267,8}{100} \\
 &= 2,68
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 2: Grafik Gradasi Agregat Kasar.

Data hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar pada percobaan ini didapat FM sebesar 2,68%. Nilai tersebut masih diijinkan untuk termasuk sebagai agregat kasar, dimana nilai yang diijinkan dibawah 6 - 7% (ASTM C33 – 93).

4.4.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Tabel 4. 9: Data pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat SSD	gr	1500	1500	1500
Berat SSD setelah dicuci	gr	1493	1495	1494
Berat Kotoran	gr	7	5	6

Persentase Kotoran	%	0,5	0,3	0,4
--------------------	---	-----	-----	-----

Data hasil pengujian kadar lumpur, maka didapat persentase kadar lumpur rata-rata 0,4%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 1% (SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum digunakan.

4.4.4 Berat Isi Agregat Kasar

Tabel 4. 10: Data pengujian berat isi agregat kasar dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.

Nomor Contoh		Lepas	Tusuk	Goyang	Rata-Rata
Berat bejana + Agregat, dipadatkan (gram)	W_{cac}	24186	25182	25856	25074,7
Berat bejana (gram)	W_c	5336	5336	5336	5336
Berat Agregat (gram)	$W_{cac} - W_c$	18850	19846	20520	19738,7
Volume Bejana (cm^3)	V_c	11125,4	11125,4	11125,4	11125,4
Berat Isi Padat Agregat ($gram/cm^3$)	$\frac{W_{cac} - W_c}{V_c}$	1,694	1,784	1,844	1,77

Didapat Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas ialah $1,77 \text{ gr}/cm^3$, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal $1,2 \text{ gr}/cm^3$ (SII No.52 – 1980).

4.4.5 Kadar Air Agregat Kasar

Tabel 4. 11: Data pengujian kadar air agregat kasar.

Nomor Contoh		Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)
Berat benda uji sebelum dioven (gram)	W_1	1500	1500
Berat benda uji setelah dioven (gram)	W_2	1489,3	1490,2
Kadar Air Benda Uji (%)	$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$	0,71	0,65
		0,7	

Berdasarkan data yang diperoleh dalam pengujian Kadar Air, maka didapatkan rata-rata kadar air sebesar 0,7%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 0,71%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 0,65%.

4.5 Perencanaan Campuran Beton

4.5.1 *Mix Design* Beton Normal Mutu Sedang

Pada hal ini penulis menggunakan data-data dari penelitian yang sudah dilakukan pada pengujian dasar pada tabel 4.1. Data-data dibawah ini digunakan untuk dalam perencanaan beton atau *mix design* dengan kekuatan yang direncanakan sebesar 20 MPa.

Tabel 4. 12: Data-data dasar dari hasil pengujian agregat.

No	Data Tes Dasar	Nilai
1	Berat jenis agregat kasar	2,461 gr/cm^3
2	Berat jenis agregat halus	2,630 gr/cm^3
3	Kadar lumpur agregat kasar	0,4 %
4	Kadar lumpur agregat halus	2,8 %
5	Berat isi agregat kasar	1,77 gr/cm^3
6	Berat isi agregat halus	1,63 gr/cm^3
7	FM agregat kasar	2,68
8	FM agregat halus	2,88
9	Kadar air agregat kasar	0,7 %
10	Kadar air agregat halus	1,46 %
11	Penyerapan agregat kasar	0,30 %
12	Penyerapan agregat halus	2,67 %
13	Nilai slump rencana	75-150 mm

14	Ukuran agregat maksimum	19 mm
----	-------------------------	-------

Maka, dari data-data tabel 4.12 diatas perencanaan campuran beton (*Mix Design*) yang berdasarkan *American Concrete Institute* (ACI) 211.1-91 dapat dibuat seperti pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13: Perencanaan Campuran Beton dengan Metode ACI

PERENCANAAN CAMPURAN BETON					
ACI 211.1-91					
No	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
1.	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan		20 MPa	
2.	Deviasi Standar	-		5,5 MPa	
3.	Nilai tambah (margin)	-		9 Mpa	
4.	Kekuatan rata-rata yang Ditargetkan	1+2+3		34,5 MPa	
5.	Jenis semen	Ditetapkan		Tipe 1	
6.	Agregat Kasar	Ditetapkan		Batu pecah	
7.	Agregat Halus	Ditetapkan		Pasir alam	
8.	Faktor air-semen bebas	-		0,545	
9.	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan		0,63	
10.	Slump	Ditetapkan		75-150 mm	
11.	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan		19 mm	
12.	Kadar air bebas	Ditetapkan		209,5 kg/m ³	
13.	Jumlah semen	Ditetapkan		384,03 kg/m ³	
14.	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		384,03 kg/m ³	
15.	Faktor air semen yang disesuaikan	Ditetapkan		0,545	
16.	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 4.1		Daerah gradasi zona 2	
17.	Susunan besar butir agregat kasar atau gabungan	Gambar 4.2		Gradasi maksimum 19 mm	
18.	Berat isi beton	Ditetapkan		2270,92 Kg/m ³	
19.	Proporsi Campuran	Semen (kg)	Air (liter)	Agregat kondisi jenuh kering (kg)	
				Halus	Kasar
	Tiap m ³	384,03	209,5	561,65	1116
	Tiap campuran uji m ³	1	0,545	1,463	2,91
	Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 Silinder)	2,035	1,2204	3,2753	6,508

1. Kuat tekan rencana ($f'c$) = 20 MPa dan benda uji akan dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari.
2. Deviasi standar, karena benda uji yang direncanakan lebih dari 55 dan kurang

dari 65, maka nilai standar deviasi yang digunakan sebesar 55 atau 5,5 MPa.

3. Nilai tambah margin (M) adalah $M=1,64 \times sd$ atau $M = (1,64 \times 55) = 90,2 \text{ kg/m}^3$.
4. Kuat tekan beton rata-rata yang di targetkan (f'_{cr}):

$$f'_{cr} = f'_c + \text{Deviasi standar} + M$$

$$= 20 + 5,5 + 9,02$$

$$= 34,52 \text{ MPa}$$
5. Semen yang digunakan harus semen Portland tipe 1.
6. Agregat yang digunakan berupa agregat halus pasir alami.
7. Agregat kasar batu pecah dengan ukuran maksimum 19 mm.
8. faktor air semen (FAS), semen yang digunakan semen Portland tipe I, beton dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari, benda uji silinder dan agregat kasar berupa batu pecah maka digunakan nilai FAS sebesar 0,545.

Jenis Konstruksi	Keadaan Cuaca luar					
	Perubahan suhu yang berbahaya berkali-kali dari air beku dan cair (hanya untuk beton air-entrained)			Bersuhu Sedang		
	Di udara	Di permukaan air atau di daerah naik turunnya / pancaran air		Di udara	Di permukaan air atau di daerah naik turunnya / pancaran air	
		Air Sejuk	Air Es		Air Sejuk	Air Es
Tampang tipis seperti: beton untuk tepi jalan, strip-strip, tiang bertulang, pipa beton hiasan dan semua beton yang selinutnya < 2 cm	0,500	0,445	0,408	0,545	0,500	0,408
Tampang sedang seperti: dinding penahan tanah, pilar, balok, kolom	0,545	0,500	0,455		0,545	0,455
Bagian luar dari beton massa yang berat	0,590	0,500	0,455		0,545	0,455
Beton yang di tuang di dalam air		0,455	0,455		0,455	0,455
Pelat yang ditempatkan di permukaan tanah	0,545					

Gambar 4. 3: Faktor Air Semen (ltr/kg semen) untuk berbagai jenis konstruksi.

9. Faktor air semen maksimum, berdasarkan gambar 4.3 mengenai persyaratan faktor air maksimum karena beton berada dilokasi terlindung dari hujan dan terik matahari langsung, maka faktor air semen maksimum ditetapkan sebesar 0,63.

10. Nilai *slump* yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan slump rencana sebesar 75-150 mm.
11. Ukuran maksimum yang digunakan sebesar 19 mm.
12. Kadar air bebas 209,3 liter.
13. Kadar semen dapat dicari perhitungannya dengan cara, nilai kadar air bebas dibagi faktor air semen, maka jumlah semen yang digunakan akan didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar air semen} &= \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{Faktor air semen}} \\ &= \frac{209,3}{0,545} \\ &= 384,03 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

14. Nilai kadar semen maksimum sebesar 384,03 kg/m
15. Faktor air semen yang digunakan dalam *mix design* disesuaikan dengan nilai 0,545.
16. Susunan butir agregat halus ditentukan dari gradasi pasir no 2.
17. Susunan butir agregat kasar ditentukan dari batas gradasi agregat kasar ukuran maksimum 19 mm.
18. Berat isi beton diperoleh sebesar 2270,92 kg/m³.
19. Proporsi Campuran

Kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar dihitung dalam per m³ adukan.

- Semen $= \frac{384,03}{384,03} = 1$
- Air $= \frac{209,5}{384,03} = 0,545$
- Pasir $= \frac{561,65}{384,03} = 1,463$
- Batu pecah $= \frac{1116}{384,03} = 2,91$

4.6 Kebutuhan Bahan

Berdasarkan hasil perhitungan *mix design* beton normal mutu sedang, maka kebutuhan bahan untuk 1 m³ sebagai berikut:

1. Semen $= 384,03 \text{ kg/m}^3$
2. Agregat halus $= 561,65 \text{ kg/m}^3$
3. Agregat kasar $= 1116 \text{ kg/m}^3$

4. Air = 209,5 kg/m³

a Untuk satu benda uji silinder (kg)

Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder sebagai berikut:

1. Tinggi cetakan = 30 cm = 0,3 m
2. Lebar cetakan = 15 cm = 0,15 m
3. Volume cetakan = $\pi r^2 t$
 $= \frac{22}{7} \times \frac{(0,15)^2}{2} \times 0,30$
 $= 0,0053 \text{ m}^3$

Maka, untuk setiap perhitungan campuran bahan pembuatan beton dilampirkan data sebagai berikut:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak semen x Volume 1 benda uji
 = 384.03 kg/m³ x 0,0053 m³
 = 2,035 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak pasir x Volume 1 benda uji
 = 561,65 kg/m³ x 0,0053 m³
 = 2,98 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak batu pecah x Volume 1 benda uji
 = 1116 kg/m³ x 0,0053 m³
 = 5,91 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak air x Volume 1 benda uji
 = 209,5 kg/m³ x 0,0053 m³
 = 1,11 kg

Proporsi campuran untuk 1 benda uji dengan volume 0,0053 m³ dalam satuan kg adalah :

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
2,035	:	2,98	:	5,91	:	1,11

Berdasarkan dari perhitungan analisa saringan, maka yang diperoleh berat untuk masing-masing proporsi material yang digunakan untuk 1 benda uji silinder.

b Serbuk Kaca

Penggunaan bahan tambah dalam penelitian ini, yaitu menggunakan serbuk kaca sebesar 2,5%, 5% ,7,5% dan 10% dari berat semen. Berat masing-masing variasi diuraikan sebagai berikut:

Tabel 4. 14: Banyaknya serbuk kaca yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder.

Persentase variasi campuran serbuk kaca (%)	Jumlah serbuk kaca dari berat semen (gr)
2,5	303,7
5	608,6
7,5	918,75
10	1.227,6

4.7 Pengujian *Slump Test* (*Slump Rencana 75-150 mm*)

Pengujian *slump test* bertujuan untuk meningkatkan (*workability*) pada pekerjaan konstruksi. Dimana nilai slump yang sesuai dengan perencanaan akan mengetahui suatu mutu beton yang akan digunakan. *Slump test* dilakukan untuk mengetahui *workability* beton campuran yang menggunakan serbuk kaca.

Hal-hal yang mempengaruhi *slump Test*, yaitu:

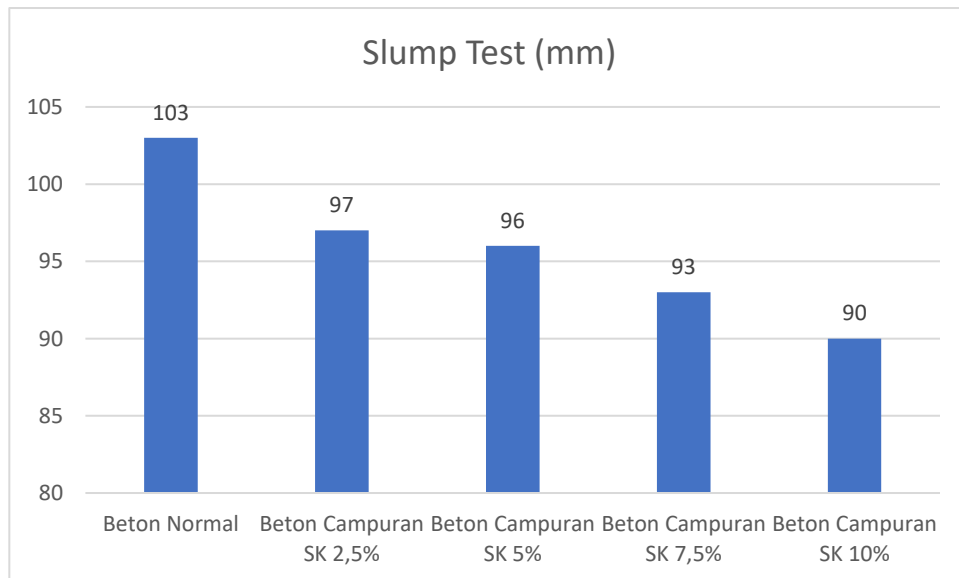
- a. Kadar air agregat.
- b. Kadar lumpur agregat.
- c. Faktor air semen.
- d. Gradasi agregat.
- e. Bahan tambah yang digunakan.

Dalam pengujian ini maka didapatkan hasil data *slump test* dengan melihat beton yang dimasukan kedalam kerucut *abrams*. Penelitian ini memiliki nilai *slump test* direncanakan sebesar 75 mm sampai 150 mm. Berikut hasil dari pengujian *slump test* beton normal dan beton variasi campuran serbuk kaca dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut ini:

Tabel 4. 15: Hasil nilai dari pengujian *Slump Test*

No.	Variasi Beton	<i>Slump Test</i> (mm)
1.	Beton Normal	103
2.	Beton Campuran SK 2,5%	97
3.	Beton Campuran SK 5%	96
4.	Beton Campuran SK 7,5%	93
5.	Beton Campuran SK 10%	90

Hasil dari Tabel 4.15: terdapat perubahan diameter *slump test* pada setiap campuran serbuk kaca, berikut grafik *slump test*.



Gambar 4. 4: Grafik *Slump Test*

Hasil dari Gambar 4.4 terdapat perubahan diameter pada setiap campuran serbuk kaca pada benda uji beton tersebut, campuran serbuk kaca 2,5% terdapat nilai *slump* yang tinggi yaitu 97 mm dan sedangkan beton dengan campuran serbuk kaca 5% mendapatkan nilai slump 96 mm beton dengan campuran serbuk kaca 7,5% terdapat nilai slump sebesar 93 mm dan beton dengan campuran serbuk kaca 10% terdapat nilai *slump* 90 mm.

Dari variasi campuran serbuk kaca diatas menunjukkan, semakin banyak tambahan serbuk kaca semakin sedikit pula nilai slump yang didapat. Hal ini disebabkan karena serbuk kaca dapat menyerap air, dimana pengurangan air akan

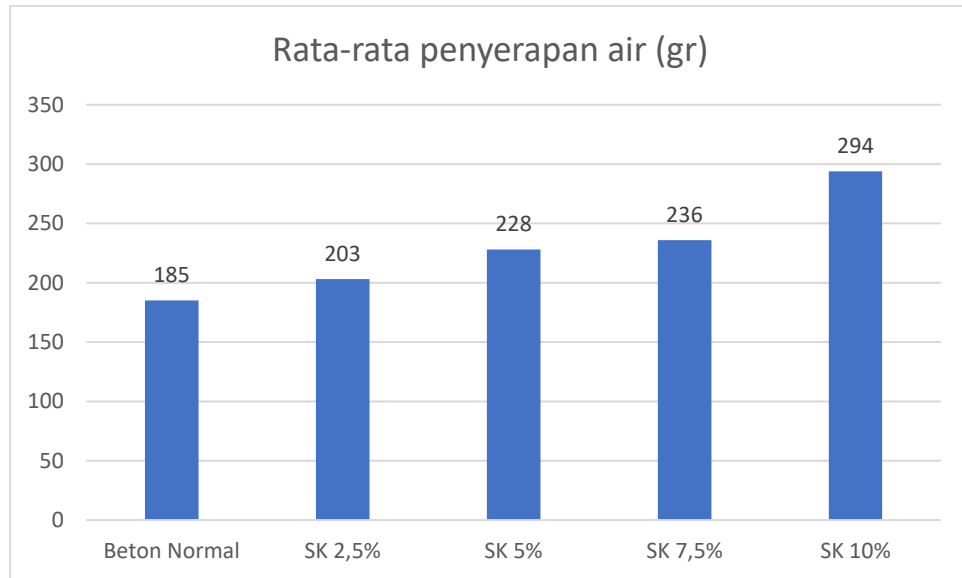
menurunkan nilai *slump* namun dapat meningkatkan nilai tekan karena rasio air yang rendah.

4.8 Hasil Dan Analisa Penyerapan Air

Tabel 4. 16: Analisa Penyerapan Air

Sample Umur Beton 28 Hari	Berat Beton Pada Penyerapan		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata - Rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)	
	Sebelum (gr)	Sesudah (gr)			
Beton Normal	1	12755	12924	169	185
	2	12926	13117	191	
	3	12575	12770	195	
Beton SK 2,5%	1	12040	12250	210	203
	2	11930	12145	215	
	3	12245	12430	185	
Beton SK 5%	1	11660	11889	229	228
	2	11810	12035	225	
	3	11895	12125	230	
Beton SK 7,5%	1	11499	11742	243	236
	2	11620	11850	230	
	3	11560	11795	235	
Beton SK 10%	1	11279	11627	348	294
	2	11475	11756	281	
	3	11389	11642	253	

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah di lakukan, maka di dapat penyerapan air pada beton normal umur 28 hari sebanyak 185 gr, beton SK 2,5% sebanyak 203,3 gr, beton SK 5% sebanyak 228 gr, dan beton SK 7,5% sebanyak 236 gr dan sebanyak 294 gr beton SK 10%. Untuk penyerapan air tertinggi beton terjadi pada benda uji yang menggunakan bahan tambah serbuk kaca 10%, Hal ini disebabkan karena serbuk kaca memiliki penyerapan air yang tinggi, dan untuk beton dengan penyerapan air terendah terdapat pada sample yang menggunakan bahan tambah serbuk kaca 2,5%. Dan hasil perbedaan nilai penyerapan air pada beton tersebut, yang mengakibatkan nilai uji kuat tekan beton menurun.



Gambar 4. 5: Grafik Analisa Penyerapan Air

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah dilakukan, maka didapat penyerapan air beton normal umur 28 hari sebanyak 185 gr SK 2,5% sebanyak 203 gr, SK 5% sebanyak 228 gr, SK 7,5% sebanyak 236 gr, dan SK 10% sebanyak 294 gr. Dari hasil yang didapat nilai penyerapan air pada beton yang terus meningkat secara signifikan menurunkan kuat tekan beton karena meningkatkan rasio air semen, menciptakan pori-pori yang dapat membuat keropos, dan mengurangi kepadatan campuran.

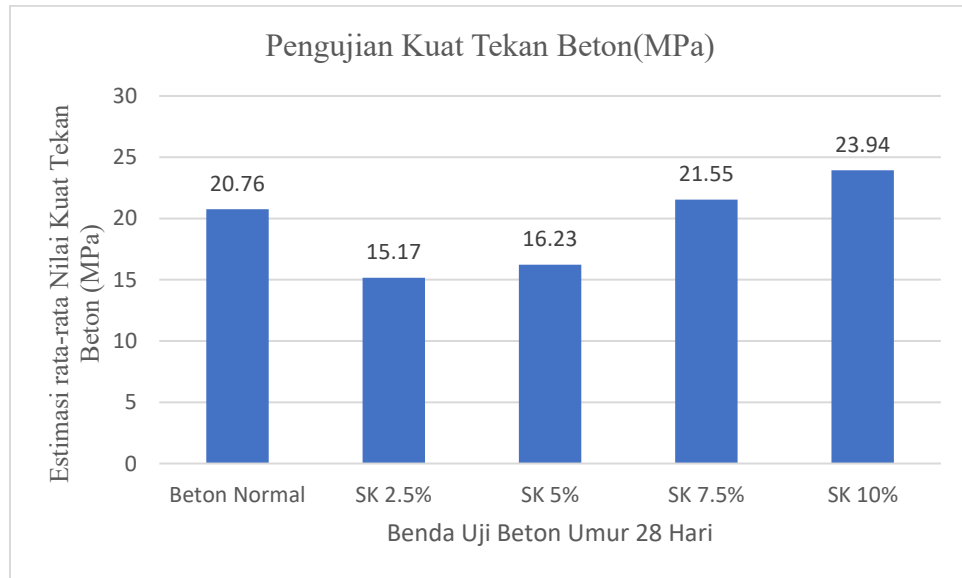
4.9 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan metode SNI 03-1974-2011, pelaksanaan pengujian dilakukan pada saat beton berumur 28 hari, dengan menggunakan mesin kuat tekan (compressive strength test) yang kapasitas mesin kuat tekan mencapai 150 ton. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Nilai yang dihasilkan pengujian kuat tekan beton tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 17: Hasil nilai pengujian kuat tekan beton umur 28 hari

No	Benda uji	Umur	Beban maksimum	Dimensi		Kuat tekan beton	Nilai rata-rata kuat tekan beton
				Panjang (T)	Diameter (D)		
		Hari	kN	mm	mm	MPa	Mpa
1	Beton normal	28	365,16	300	150	20,66	20,76
			368,30			20,84	
			367,48			20,79	
2	Beton campuran SK 2,5 %	28	268,7	300	150	15,13	15,17
			268,8			15,21	
			268,6			15,19	
3	Beton campuran SK 5%	28	285,5	300	150	16,15	16,23
			288,6			16,33	
			287,3			16,21	
4	Beton campuran SK 7,5 %	28	391,3	300	150	22,14	21,55
			371,9			21,04	
			379,1			21,45	
5	Beton campuran SK 10 %	28	420,7	300	150	23,80	23,94
			423,3			23,95	
			425,4			24,07	

Tabel diatas menunjukkan hasil rata – rata pengujian kuat tekan beton umur beton 28 hari dengan variasi serbuk kaca 2,5% mutu yang dicapai adalah 15,17 MPa, serbuk kaca 5% 16,23 MPa, serbuk kaca 7,5% 21,55 dan serbuk kaca 10% 23,94 MPa. Dari hasil pengujian menunjukkan semakin banyak penambahan serbuk kaca dapat meningkatkan nilai kuat tekan.



Gambar 4. 6: Grafik nilai pengujian kuat tekan beton umur 28 hari

Dari Tabel 4. 17 dan Gambar 4. 6 menunjukkan hasil rata-rata pengujian kuat tekan beton umur beton 28 hari dengan variasi serbuk kaca 2,5% mutu yang dicapai adalah 15,17 MPa, serbuk kaca 5% 16,23 MPa, serbuk kaca 7,5% 21,55 dan serbuk kaca 10% 23,94 MPa. Dalam pengujian ini nilai kuat tekan terus meningkat , sempat menurun drastis dengan variasi 2,5% dengan jumlah mutu 15.17 MPa. Sedangkan penggunaan bahan tambah serbuk kaca dengan variasi 10% mendapat mutu 23,94 MPa. Hasil pengujian terus meningkat mencapai mutu beton rencana, Hal ini membuktikan penggunaan bahan tambah serbuk kaca dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton. Ini disebabkan karena beton memiliki sifat pozzolanik yang mengisi pori-pori.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan serbuk kaca dapat di pergunakan kembali dalam campuran pembuatan beton, berikut adalah hasil kuat tekan beton variasi yang di dapat dari beton umur 28 hari.
 - a. Serbuk kaca 2,5% = 15,17 MPa
 - b. Serbuk kaca 5% = 16,23 MPa
 - c. Serbuk kaca 7,5% = 21,55 MPa
 - d. Serbuk kaca 10% = 23,94 MPa
2. Nilai kuat tekan beton yang diperoleh dari seluruh pengujian sampel yang berjumlah 15 sampel untuk beton normal dan campuran serbuk kaca tercapai mutu rencana pada umur 28 hari berjumlah dengan variasi 7,5% dengan mutu 21,55 dan variasi 10% dengan mutu 23,94 sedangkan yang tidak tercapai dari mutu rencana yaitu pada beton yang menggunakan campuran serbuk kaca dengan variasi 2,5% dan 5% dimana nilai tersebut mencapai mutu terendah yaitu 16,23 MPa dan 15,17 MPa. Tetapi hasil kuat tekan beton yang dicapai dari masing-masing sampel masih bisa di pergunakan dalam bidang struktur mutu rendah. Dengan nilai kuat tekan beton yang didapat pemanfaatan beton dengan campran serbuk kaca dapat digunakan dalam konstruksi jalan (trotoar/paving blok), pondasi kolom, dan lantai dasar.

5.2 Saran

1. Komposisi campuran serbuk kaca dapat mempengaruhi perolehan nilai kuat tekan dan nilai pengujian lainnya. Sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap variasi penggunaan serbuk kaca untuk menentukan produk beton campuran yang lebih baik.
2. Dari penelitian yang sudah dilaksanakan semoga memberikan dan mampu membantu dalam perkembangan proses teknologi beton ataupun penerapan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisarida, A. A., & Janizar, S. (2025). *Pengaruh Kebersihan Agregat terhadap Kuat Tekan Beton dan Implikasinya pada Konstruksi Struktural Sederhana*. 6(2), 1441–1453. <https://doi.org/10.51988/jtsc.v6i2.350>
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Dan, K., & Kaca, S. (2025). *Sifat mekanik beton dengan pemanfaatan serbuk cangkang kerang dan serbuk kaca*. 8(2), 507–516.
- Dery, R. (2019). Letter of acceptance. *Business Welsh: A User's Manual*, 33–34. <https://doi.org/10.4324/9780203134566-13>
- Dini. (2024). *Universitas 17 Agustus 1945 Semarang Quick Submit Quick Submit*. 04(01), 1–9.
- Fadli M. Van Gobel, (2017). Nilai Kuat Tekan Beton Pada Slump Beton Tertentu. *Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) Bina Taruna Grontalo*. 4.
- Firdausy, M. A., Syauro, M. S., Natanegara, N. D., Lingkungan, S. T., Teknik, F., Lambung, U., Jl, M., Indocement, P. T., Prakarsa, T., Kotabaru, T. K., Kelumpang, K., & Tarjun, H. D. (n.d.). *ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN INDUSTRI SEMEN DENGAN PENDEKATAN LIFE CYCLE ASSESSMENT PADA RUANG LINGKUP CRADLE TO GATE ENVIRONMENTAL IMPACT ANALYSIS OF CEMENT INDUSTRY WITH LIFE CYCLE ASSESSMENT APPROACH AT*.
- Fly, P., Terhadap, A. S. H., & So, K. (2025). *Pengaruh fly ash terhadap kadar so 3 dan waktu ikat semen 1,2*. 4(1), 48–56.
- Khoiriyah, N., Habsya, C., & Agustin, R. S. (2022). Pengaruh Penggunaan Variasi Limbah Kaca Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Segmen Kolom Praktis Modular Ramah Lingkungan. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v7i1.60708>
- Kuat, T., & Beton, T. (2025). *Pengaruh Penambahan Bestmittel Sebanyak 0,4% dan Pengurangan Air 10% Terhadap Kuat Tekan Beton*. 1.
- M. Humaidi dan M. Hafizh, (2017) *Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banjarmasin*. PENGARUH NILAI SLUMP TERHADAP KUAT TEKAN. 3.
- Nugroho, G. (2025). Uji Eksperimen Kuat Tekan Beton Ramah Lingkungan Dengan Limbah Serbuk Karet Ban Bekas Sebagai Substitusi Agregat Halus. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 25(1), 160–167. <https://doi.org/10.35965/eco.v25i1.5800>

- Ode, T., Sahusilawane, T., & Marantika, M. (2024). Penggunaan Pengaruh Kaca Serbuk Bahan Sebagai Agregat Sebagian Terhadap Halus Tekan Kuat. *Journal Agregat*, 3(1), 1–6.
- Prasanti & P. Saelan (2019). Tinjauan Kembali Mengenai Batasan Gradasi Agregat Kasar dalam Campuran Beton. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i3.118>
- Purnamasari, E., & Alfatari, F. (2023). *Pengaruh Variasi Penambahan Limbah Pecah*. 11(1).
- SNI 1974:2011 tentang Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder
- Sopa N.R, Y. M., Nisumanti, S., & Chandra, D. (2023). Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Fc'25. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p1-6>
- Terhadap, C., Konversi, F., Tekan, K., Mutu, B., Faktor, T., Kuat, K., Beton, T., & Normal, M. (2025). *Pengaruh Jenis Semen Portland Composite Cement dan Pozzolan Portland Jurnal Teknik Sipil Pengaruh Jenis Semen Portland Composite Cement dan Pozzolan Portland Cement*. *June*. <https://doi.org/10.24815/jts.v14i1.44003>
- Yulian, H., Carlo, N., & Khaidir, I. (2023). Pengaruh Serbuk kaca Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(2), 322–334. <https://doi.org/10.28932/jts.v19i2.6176>

LAMPIRAN



Gambar.L. 1 Agregat Halus



Gambar.L. 2 Agregat Kasar



Gambar.L. 3 Serbuk Kaca



Gambar.L. 4 Saringan agregat



Gambar.L. 5 Penyaringan serbuk kaca dengan saringan No.200



Gambar.L. 6 *Mix design*



Gambar.L. 7 *Slump test*



Gambar.L. 8 Beton dalam wadah cetakan silinder 15x30cm



Gambar.L. 9 Pemeriksaan benda uji sebelum perendaman



Gambar.L. 10 Pemeriksaan beton setelah perendaman umur 28 hari



Gambar.L. 11 Pemeriksaan beton sebelum pengujian



Gambar.L. 12 Pengujian kuat tekan beton



Gambar.L. 13 Sampel beton setelah pengujian

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap : M. Alif Rizkiansyah Hasibuan
Tempat Tanggal Lahir : Pengkolan, 11 Juli 2002
Alamat : Desa Pengkolan, Kec. Sipirok. Kab. Tapsel.
Jenis Kelamin : Laki laki
Agama : Islam
No.HP/Telp : 081269930935
Nama Orang Tua
Ayah : Ir.Sahlan Hasibuan
Ibu : Dewi Syahyuni, S.Pd

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1907210168
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jalan Kapten Muchtar Basri BA No.3 Medan
20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama Dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	TK	TK Nurul Fitriah	
2	SD	SDN 1 Sipirok	2013
3	SMP	SMP N 1 Sipirok	2016
4	SMA	SMA N 1 Sipirok	2019
5	Melanjutkan Kuliah Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2019 Sampai Selesai		