

TUGAS AKHIR

PENGARUH BAHAN TAMBAH TETES TEBU (*MOLASSES*) DAN *FLY ASH* TERHADAP *SETTING TIME* SERTA KUAT TEKAN BETON (*Studi Penelitian*)

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD ARDIAN

2107210131



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Ardian

NPM : 2107210131

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Bahan Tambah Tetes Tebu (Molasses) dan Fly Ash
Terhadap Setting Time Serta Kuat Tekan Beton

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, 9 September 2025

Dosen Pembimbing



Dr. Josef Hadipramana, M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Ardian

NPM : 2107210131

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Bahan Tambah Tetes Tebu (*Molasses*) dan *Fly Ash*
Terhadap *Setting Time* Serta Kuat tekan Beton

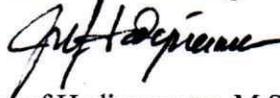
Bidang Ilmu : Struktur

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, 9 September 2025

Mengetahui Dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



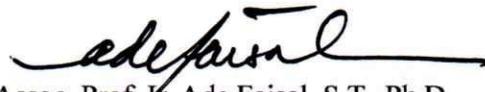
Dr. Josef Hadipramana, M.Sc.

Dosen Pembanding I



Dr. Fahrizal Zulkarnain, M.Sc.

Dosen Pembanding II



Assoc. Prof. Jr. Ade Faisal, S.T., Ph.D

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Josef Hadipramana, M.Sc.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Ardian

NPM : 2107210131

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Bahan Tambah Tetes Tebu (*Molasses*) dan *Fly Ash* Terhadap *Setting Time* serta Kuat Tekan Beton”

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

Bila kemudian hari diduga kuat dan 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 Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 9 September 2025

Yang menyatakan



Muhammad Ardian

ABSTRAK
PENGARUH BAHAN TAMBAH TETES TEBU (*MOLASSES*)
DAN *FLY ASH* TERHADAP *SETTING TIME*
SERTA KUAT TEKAN BETON
(*Studi Penelitian*)

Muhammad Ardian
2107210131
Dr. Josef Hadipramana

Beton adalah material komposit, kualitasnya bergantung pada campuran dan proporsi material penyusunnya. limbah Tetes Tebu (*Molasses*) yang dihasilkan dari limbah pabrik gula ditambahkan kedalam campuran adukan beton dengan dosis tertentu yang berfungsi sebagai *retarder* dan untuk meningkatkan mutu pada beton serta *Fly ash* adalah salah satu produk sampingan dari industri yang bersifat pozzolan dan dapat berfungsi sebagai bahan pengikat dalam pembuatan beton. Penelitian ini menggunakan variasi Tetes Tebu 0.5%, 0.75%, 1% dan *Fly Ash* 12.5% sebagai bahan pengganti semen. Benda uji berupa silinder beton diuji pada umur 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan Tetes Tebu dan *Fly Ash* dapat memperlambat waktu ikat dan meningkatkan kuat tekan beton pada variasi tertentu. Pada campuran Tetes tebu 0.75% dan *Fly Ash* 12.5% menunjukkan nilai waktu ikat awal 244 menit, waktu ikat akhir 300 menit dan memiliki nilai kuat tekan rata-rata 16,58 MPa. Penambahan Tetes Tebu dan *Fly Ash* sebagai bahan pengganti semen menjadikannya alternatif yang ekonomis dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Tetes Tebu, Molase, *Fly Ash*, *Setting time*, Kuat Tekan Beton.

ABSTRACT
THE EFFECT OF MOLASSES AND FLY ASH ADDITIVES
ON SETTING TIME AND CONCRETE
COMPRESSIVE STRENGTH
(RESEARCH STUDY)

Muhammad Ardian
2107210131
Dr. Josef Hadipramana

Concrete is a composite material, its quality depends on the mixture and proportion of its constituent materials. Molasses waste produced from sugar factory waste is added to the concrete mixture with a certain dose which functions as a retarder and to improve the quality of the concrete and Fly ash is one of the by-products of the industry that is pozzolanic and can function as a binding material in making concrete. This study used variations of Molasses 0.5%, 0.75%, 1% and Fly Ash 12.5% as a cement substitute. The test specimen in the form of a concrete cylinder was tested at the age of 28 days. The test results showed that the addition of Molasses and Fly Ash can slow down the setting time and increase the compressive strength of concrete in certain variations. In a mixture of 0.75% Molasses and 12.5% Fly Ash, the initial setting time was 244 minutes, the final setting time was 300 minutes and had an average compressive strength of 16.58 MPa. The addition of Molasses and Fly Ash as a cement substitute makes it an economical and environmentally friendly alternative.

Keywords: *Molasses, Fly Ash, Setting Time, Concrete Compressive Strength.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan InsyaAllah berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad Shallallahu alaihi wasallam yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah “Pengaruh Bahan Tambah Tetes Tebu (*Molasses*) Dan *Fly Ash* Terhadap Setting Time Serta Kuat Tekan Beton”. 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 Dr. Josef Hadipramana, selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan memberi saran kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ade Faisal Selaku Wakil Dekan I, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan sebagai dosen pembanding II yang telah banyak membantu dan memberikan saran demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc, sebagai dosen pembanding I yang telah banyak membantu dan memberikan saran serta masukan demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Rizki Efrida, ST, MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Jajaran Bapak/Ibu Dosen Program Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak/Ibu Pegawai Staf Biro Administrasi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Ayahanda dan ibunda tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
8. Kepada seluruh rekan-rekan kelas C1 pagi dan rekan- rekan stambuk 2021 Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil yang telah menemani serta menjadi pendukung dalam pengerjaan tugas akhir ini.
9. Serta seluruh pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, Agustus 2025
Penulis

Muhammad Ardian
2107210131

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAAN SKRIPSI	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 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Beton	4
2.2 Material Penyusun Beton	4
2.2.1 Agregat Kasar	4
2.2.2 Agregat Halus	6
2.2.3 Semen	9
2.2.4 Air	10
2.3 Bahan Tambah Beton	11
2.3.1 Tetes Tebu (<i>molasses</i>)	11
2.3.2 <i>Fly Ash</i> (Abu Terbang)	11
2.4 <i>Setting Time</i> Beton	13
2.5 <i>Slump test</i>	13
2.6 Kuat Tekan Beton	14
2.7 Penelitian Terdahulu	15

2.7.1 Penelitian Terdahulu Bahan Tambah Tetes Tebu	15
2.7.2 Penelitian Terdahulu Bahan Pengganti <i>Fly Ash</i>	16
BAB 3 METODE PENELITIAN	18
3.1 Metodologi Penelitian	18
3.2 Tahapan Penelitian	18
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.4 Sumber dan Teknik Pengambilan Data	21
3.4.1 Data Primer	21
3.4.2 Data Sekunder	21
3.5 Alat dan Bahan	21
3.5.1 Alat	21
3.5.2 Bahan	22
3.5.3 Jumlah Benda Uji	23
3.6 Pemeriksaan Agregat	23
3.6.1 Analisa Saringan Agregat	23
3.6.2 Kadar Air Agregat	23
3.6.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	24
3.6.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat	25
3.6.5 Pengujian Berat Isi Agregat	25
3.7 Pemeriksaan <i>Fly Ash</i>	26
3.7.1 Analisa Saringan <i>Fly Ash</i>	26
3.7.2 Berat Jenis <i>Fly Ash</i>	26
3.8 Perencanaan Campuran Beton	26
3.9 Pembuatan Benda Uji	27
3.9.1 <i>Trial Mix</i>	27
3.9.2 Pembuatan Benda Uji Beton	28
3.9.3 Pengujian <i>Setting Time</i>	28
3.9.4 Pengujian <i>Slump</i>	28
3.9.5 Perawatan Benda Uji	28
3.9.6 Pengujian Kuat Tekan Beton	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil dan Analisa Pemeriksaan Agregat	29

4.2 Pemeriksaan Agregat Kasar	29
4.2.1 Analisa Saringan Agregat Kasar	29
4.2.2 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	30
4.2.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	31
4.2.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	31
4.2.5 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	32
4.3 Pemeriksaan Agregat Halus	33
4.3.1 Analisa Saringan Agregat Halus	33
4.3.2 Pengujian Kadar Air Agregat Halus	34
4.3.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	34
4.3.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	35
4.3.5 Pengujian Berat Isi Agregat Halus	36
4.4 Pemeriksaan <i>Fly Ash</i>	36
4.4.1 Analisa Saringan <i>Fly Ash</i>	36
4.4.2 Berat jenis <i>Fly ash</i>	37
4.5 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	38
4.6 Kebutuhan Material	43
4.7 Pengujian <i>Slump</i>	45
4.8 <i>Setting Time</i> (waktu ikat campuran)	46
4.9 Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton	47
4.10 Hubungan <i>Setting time</i> dengan Kuat Tekan Beton	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Batas gradasi agregat kasar.	6
Tabel 2.2: Batas gradasi agregat halus.	7
Tabel 2.3: Komposisi semen Portland.	9
Tabel 2.4: Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar batasan waktu yang telah ditoleransikan.	14
Tabel 2.5: Pemeriksaan kuat tekan beton dengan variasi bahan tambah molase.	16
Tabel 2.6: Hasil uji kuat tekan beton rata-rata dengan variasi penggantian sebagian semen terhadap <i>fly ash</i> .	17
Tabel 3.1: Variasi campuran sampel beton.	27
Tabel 4.1: Pengujian analisa saringan agregat kasar.	29
Tabel 4.2: Pengujian kadar air agregat kasar.	30
Tabel 4.3: Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.	31
Tabel 4.4: Pengujian kadar lumpur agregat kasar.	32
Tabel 4.5: Pengujian berat isi agregat kasar.	32
Tabel 4.6: Pengujian analisa saringan agregat halus.	33
Tabel 4.7: Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus.	34
Tabel 4.8: Penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.	34
Tabel 4.9: Hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.	35
Tabel 4.10: Pengujian Berat Isi Agregat Halus.	36
Tabel 4.11: Analisa saringan <i>fly ash</i> .	37
Tabel 4.12: Pengujian berat jenis <i>fly ash</i> .	37
Tabel 4.13: Data hasil tes dasar.	38
Tabel 4.14: Tabel data mix design.	38
Tabel 4.15: Perkiraan kebutuhan air.	39
Tabel 4.16: Rasio air semen.	40
Tabel 4.17: Volume agregat kasar.	40
Tabel 4.18: Berat beton segar.	41
Tabel 4.19: Perbandingan berat bahan.	42
Tabel 4.20: Kebutuhan bahan tiap variasi campuran.	44
Tabel 4.21: Data <i>slump test</i> campuran beton.	45

Tabel 4.22: Data <i>setting time</i> .	46
Tabel 4.23: Data kuat tekan beton.	48
Tabel 4.24: Hubungan <i>setting time</i> dengan kuat tekan beton.	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Batas gradasi agregat kasar.	6
Gambar 2.2: Daerah gradasi pasir kasar.	7
Gambar 2.3: Daerah gradasi pasir agak kasar.	8
Gambar 2.4: Daerah gradasi pasir agak halus.	8
Gambar 2.5: Daerah gradasi pasir halus.	8
Gambar 3.1: Tahapan penelitian yang dilaksanakan	20
Gambar 4.1: Gradasi agregat kasar diameter maksimum 37,5 mm.	30
Gambar 4.2: Gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang).	33
Gambar 4.3: Grafik nilai slump.	45
Gambar 4.4: Hasil pengujian <i>setting time</i> .	47
Gambar 4.5: Kuat tekan beton.	48
Gambar 4.6: Hubungan <i>initial setting time</i> dengan kuat tekan beton.	50
Gambar 4.7: Hubungan <i>final setting time</i> dengan kuat tekan beton.	50

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan kemajuan teknologi di Indonesia, penggunaan beton untuk bangunan semakin meningkat. Beton, Menurut SNI 2847:2013 adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Sebaliknya, beton didefinisikan sebagai campuran yang terdiri dari pengerasan campuran tertentu dari air, semen, agregat kasar (atau batu krikil), dan agregat halus. Bidang teknik sipil sekarang menggunakan material beton. Beton hampir selalu digunakan sebagai struktur pendukung, baik itu jembatan, struktur, maupun jalan.

Beton adalah bahan yang paling umum digunakan untuk membentuk struktur. Jika dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya, sistem konstruksi beton memiliki banyak keunggulan. Beton memiliki banyak keuntungan sebagai bahan konstruksi, seperti kekuatan tekannya yang tinggi, ketahanan terhadap api, dan biaya perawatan yang rendah. Karena beton adalah material komposit, kualitasnya bergantung pada campuran dan proporsi material penyusunnya. Pada keadaan tertentu beton juga dapat digunakan di semua tempat karena waktu pengerasannya. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas dan waktu pengerasan beton dilakukan dengan penambahan limbah tetes tebu (*molasses*) limbah Tetes Tebu (*Molasses*) yang dihasilkan dari limbah pabrik gula kedalam campuran adukan beton dengan dosis tertentu. yang berfungsi sebagai *retarder* dan untuk meningkatkan mutu pada beton. Prof. Ir. H. Djuanda Suraatmadja menegaskan bahwa beton yang diberikan suatu zat kimia cair yang terdiri dari molekul-molekul yang besar dengan karbon dan *hydrogen* sebagai molekul utama adalah beton polimer. Adapun bahan polimer beton yang digunakan adalah tetes tebu hal ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tekan pada beton.

Sebagai material pembentuk beton *fly ash* juga memberikan hasil yang baik pada peningkatan kuat tekan pada beton karena pemanfaatan material *fly ash* sebagai material pembentuk beton didasari pada sifat material yang memiliki kemiripan dengan sifat semen. Menurut *ACI Committee 226*, *fly ash* mempunyai

butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5-27 % dengan *specific gravity* antara 2,15 - 2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat kimia yang dimiliki oleh *fly ash* berupa silika dan alumina dengan presentase mencapai 80%. kemiripan sifat-sifat ini menjadikan *fly ash* sebagai material pengganti untuk mengurangi jumlah semen sebagai material penyusun beton mutu tinggi.

Penelitian mengenai penambahan tetes tebu (*molasses*) pada beton telah dilakukan sebelumnya dengan persentase penambahan tetes tebu yang digunakan yaitu 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan optimum diperoleh dengan prosentase penambahan 0.25%. Penelitian *fly ash* sebagai pengganti semen pada beton dengan variasi 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5% dan 20% dari penelitian yang diperoleh bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada penggunaan 12,5% *fly ash*, yaitu 404,03 Kg/cm² (39,62 MPa) pada umur 28 hari dengan persentase peningkatan sebesar 27,95% terhadap beton normal.

Dari penelitian tersebut maka penelitian ini dapat difokuskan dengan menambahkan tetes tebu (*molasses*) sebagai bahan tambahan sebesar 0,5%, 0,75% dan 1% Serta penambahan *fly ash* 12,5 % untuk *setting time* beton yang akan dibandingkan dengan beton normal dan diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan pada beton yang diuji setelah hari ke 28 hari.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh *setting time* setelah penambahan tetes tebu (*molasses*) pada campuran beton ?
2. Bagaimana pengaruh kuat tekan beton setelah penambahan tetes tebu (*molasses*) dan *fly ash* pada campuran beton?
3. Bagaimana persentase variasi optimal pembuatan beton dengan bahan tambah tetes tebu (*molasses*) dan *fly ash* dengan kualitas mutu yang baik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan tetes tebu (*molasses*) sebagai bahan tambah pada beton terhadap *setting time* beton.
2. Untuk mengetahui pengujian kuat tekan beton dengan bahan tambah tetes tebu (*molasses*) dan *fly ash*.
3. Untuk mengetahui komposisi yang tepat untuk pembuatan beton dengan bahan tambah tetes tebu (*molasses*) dan *fly ash* dengan kualitas mutu yang baik.

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dilakukan bertujuan untuk membatasi ruang lingkup pembahasan agar penelitian ini lebih terarah dimana hanya menggaris besarkan sesuai dengan hal yang sudah ditentukan. Adapun yang menjadi batasan masalah sebagai berikut:

1. Metode untuk perencanaan campuran menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000).
2. Menguji kuat tekan beton rencana (f_c') 25 Mpa.
3. Penambahan tetes tebu (*molasses*) dalam penelitian ini menggunakan variasi 0,5%, 0,75% dan 1%.
4. Menggunakan *fly ash* sebagai zat aditif dengan persentase 12,5% terhadap semen.
5. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari.
6. Penelitian memakai benda uji silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15cm , dengan jumlah uji sebanyak 21 sampel.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan penelitian ini diharapkan khalayak umum dapat mengetahui fungsi dari tetes tebu (*molasses*) sebagai material penyusun beton, apabila penelitian ini berhasil, diharapkan tetes tebu digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton dan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan untuk pelaksanaan di lapangan maupun dilakukan penelitian lebih lanjut.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang dibentuk oleh pengerasan campuran semen portland, air, agregat halus berupa pasir atau abu batu, agregat kasar berupa kerikil atau batu pecah, udara dan bahan campuran tambahan. Campuran yang masih plastis ini selanjutnya dituang ke dalam cetakan dan diberikan perawatan berupa perendaman dalam air atau pembasahan dengan air pada permukaannya. Pada campuran ini akan terjadi reaksi hidrasi antara semen dengan air yang menyebabkan pengerasan beton dan mempunyai kekuatan (Riyanto, 2018).

Beton adalah material komposit. Sebagai material komposit, sifat beton sangat tergantung pada sifat unsur penyusunnya. Beton terdiri dari campuran yang dipilih dari bahan yang mengikat seperti kapur atau semen, agregat halus, agregat kasar, dan air (Hilmi dkk., 2018)

Manfaat menggunakan beton sebagai bahan bangunan adalah daya tahan yang tinggi dan fleksibilitasnya yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan struktur. Selain itu, proses pembentukannya dengan menggunakan bekisting juga sangat mudah. Beton juga tahan terhadap suhu tinggi, memiliki biaya pemeliharaan yang rendah, dan memiliki umur panjang. Bahan bakunya juga mudah di dapatkan dan cukup ekonomis jika dianalogikan terhadap kayu dan baja. (Purba, 2017).

2.2 Material Penyusun Beton

Bahan penyusun beton secara umum terdiri dari beberapa macam bahan meliputi, agregat kasar, agregat halus, semen, air, serta bahan tambah jika diperlukan. Setiap bahan yang digunakan memiliki fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda dan memiliki persyaratan tertentu dalam penyusunannya (Ansori dkk., 2019).

2.2.1 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,75 mm (ASTM C33, 1982), dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu

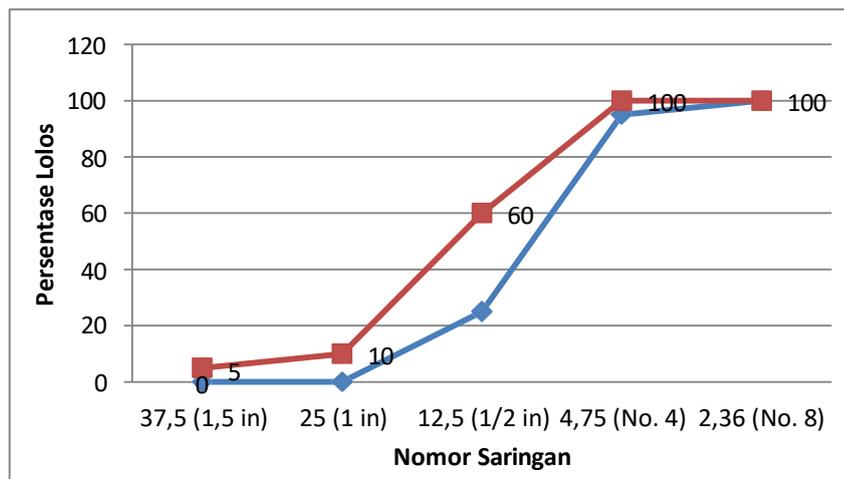
pecah, granit, atau beton semen hidrolis yang dipecah. Agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang akan dipakai untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- a. Kerikil atau batu pecah maupun granit harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori Kadar bagian yang lemah bila diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%. Kekerasan agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji Rudolff dengan beban penguji 20 ton.
- b. Agregat yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.
- c. Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti matahari dan hujan.
- d. Sifat kekal, diuji dengan larutan garamsulfat.
- e. Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian hancur maksimum 12%.
- f. Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian hancur maksimum 10%.
- g. Tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali.
- h. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (terhadap berat kering) dan apabila mengandung lebih dari 1%, agregat kasar tersebut harus dicuci.
- i. Agregat kasar harus terdiri dari butir - butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 6-7,1 dan harus memenuhi syarat - syarat berikut:
 - Sisa diatas ayakan 38 mm harus maksimum 0% berat.
 - Sisa diatas ayakan 4.8 mm harus berkisar antara 90 dan 98 % berat.
 - Selisih antara sisa – sisa kumulatif diatas 2 ayakan berurutan adalah maksimum 60% dan minimum 100%

Batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.1 dan disajikan melalui Gambar 2.1 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.1: Batas gradasi agregat kasar.

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.

2.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah material pembentuk beton berupa butiran pasir alami yang dihasilkan dari pecahan batuan. Agregat halus (pasir) campuran beton adalah lolos ayakan 5 mm. Agregat halus dalam campuran beton adalah agregat yang lolos ayakan 5 mm. Menurut (SNI 03-2834, 2000) Agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya lewat ayakan/saringan berlubang diameter 4,75 mm yang biasanya disebut pasir. Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

- Pasir Halus : 0 - 1 mm
- Pasir Kasar : 0 - 5 mm

Menurut peraturan (SK SNI T-15-1990-03, 1990) kekerasan pasir terdiri dari 4 kelompok berdasarkan gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Pasir yang akan digunakan pada beton harus memenuhi persyaratan yaitu:

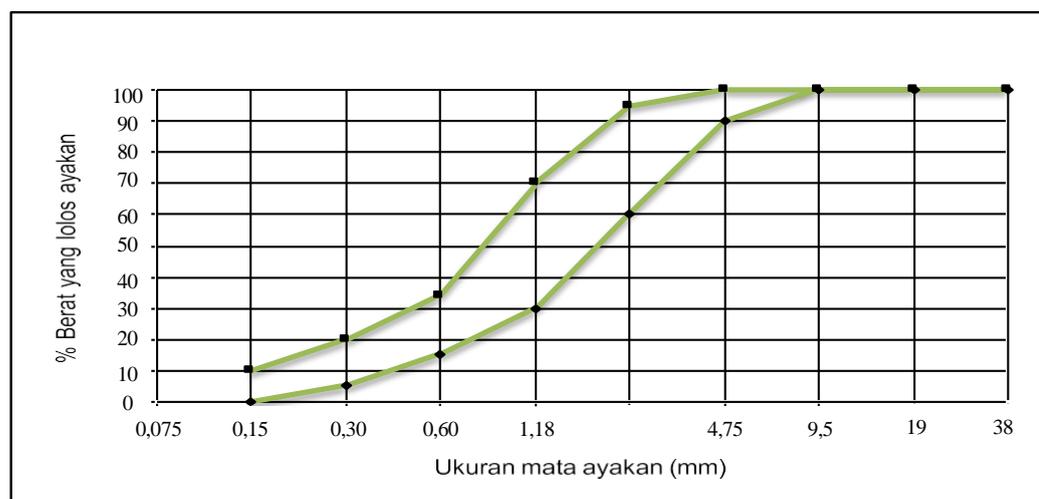
1. Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

Tabel 2.2: Batas gradasi agregat halus.

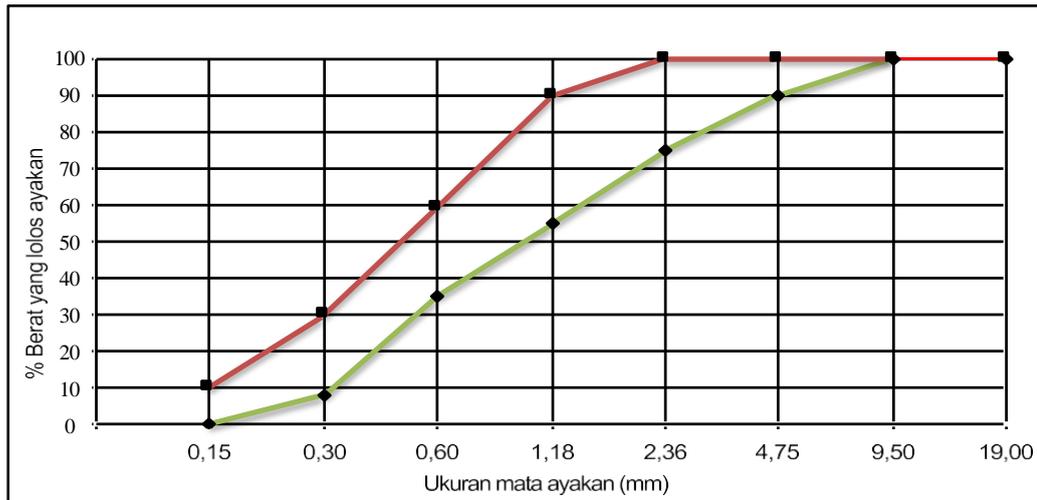
Lubang Ayakan (mm)	No.	Persen Berat butir Yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
2,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

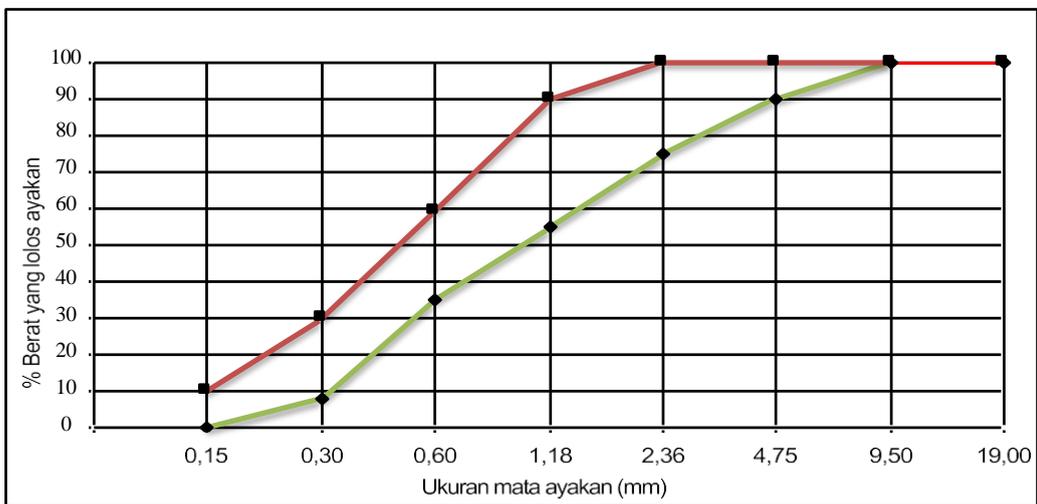
- Daerah gradasi I = Pasir kasar
- Daerah gradasi II = Pasir sedang
- Daerah gradasi III = Pasir agak halus
- Daerah gradasi IV = Pasir halus



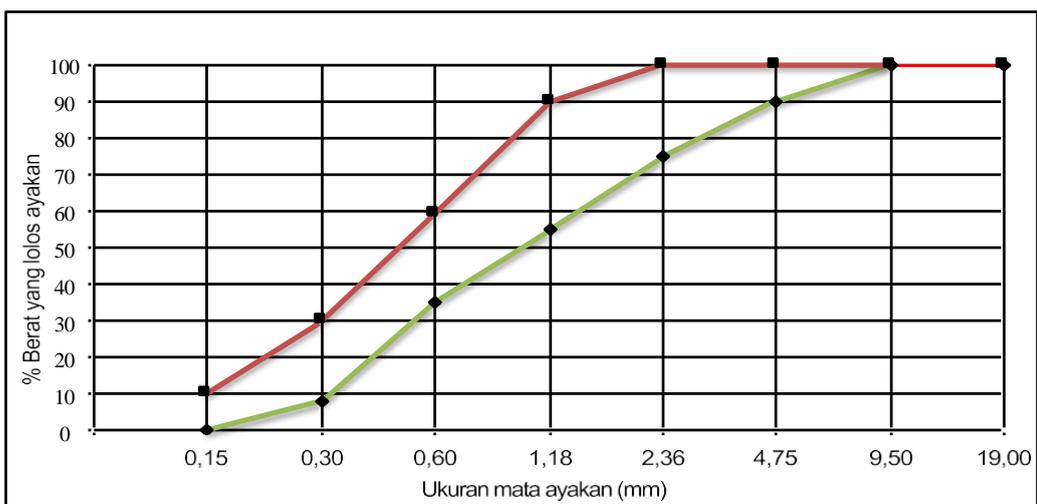
Gambar 2.2: Daerah gradasi pasir kasar.



Gambar 2.3: Daerah gradasi pasir agak kasar.



Gambar 2.4: Daerah gradasi pasir agak halus.



Gambar 2.5: Daerah gradasi pasir halus.

2.2.3 Semen

Semen portland merupakan bubuk halus yang dihasilkan dari penggilingan klinker. Hasil pembakaran campuran yang baik antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oksid besi, dengan batu gips sebagai bahan tambahan dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini akan menjadi keras dan dapat digunakan sebagai bahan ikat hidrolis setelah dicampur dengan air. Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Dalam campuran beton, semen bersama air sebagai kelompok aktif, sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif adalah kelompok yang berfungsi sebagai pengisi (Assa dan Adinata, 2013).

Pada umumnya semen berfungsi untuk :

- Sebagai bahan pengikat antara pasir dan kerikil agar berbentuk beton.
- Mengisi rongga - rongga diantara butir - butir agregat.

Komposisi semen portland dan senyawa yang terkandung didalamnya terlampir pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Komposisi semen Portland.

Oksida	Kandungan (%)
CaO	60-67
SiO ₂	17-25
AL ₂ O ₃	3-8
Fe ₂ O ₃	0,5-0,6
MgO	0,1-4
Alkalis	0,2-1,3
SO ₃	1-3

Berdasarkan persentase kandungan penyusun, semen portland terdiri dari 5 tipe yaitu:

1. Semen Portland Tipe I adalah semen Portland umum (normal Portland cement) yang digunakan dalam konstruksi beton secara umum dan tidak memerlukan sifat-sifat khusus.

2. Semen Portland Tipe II adalah semen Portland yang mempunyai panas hidrasi lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat dari pada semen jenis I. Semen ini digunakan pada bangunan drainase dengan sulfat agak tinggi, dinding penahan tanah tebal yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Semen Portland Tipe III adalah semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi (high early strength Portland cement). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan serta dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen Portland Tipe IV adalah semen Portland dengan panas hidrasi yang rendah (low heat Portland cement). Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya. Pertumbuhan kekuatannya lambat. Jenis ini digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan gravitasi tinggi.
5. Semen Portland Tipe V adalah semen portland yang tahan Sulfat (sulfat resisting portland cement). Jenis ini merupakan jenis khusus yang digunakan hanya untuk bangunan yang terkena Sulfat, seperti di tanah/air yang kadar Alkalinya tinggi.

2.2.4 Air

Dalam proses pembuatan campuran beton, air akan bereaksi dengan semen sehingga membentuk pasta semen dan menjadi perekat antar butiran-butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan. Penggunaan air yang terlalu banyak dapat menurunkan kekuatan beton dan membuat beton menjadi keropos sehingga penambahan air pada campuran beton perlu diperhatikan. Air yang digunakan dapat berupa air tawar, sungai danau, kolam, dan lainnya. Air laut umumnya mengandung larutan garam, larutan garam dalam air laut dapat mengurangi kualitas beton hingga 20%. Penggunaan air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran beton bertulang karena dapat menimbulkan risiko terhadap karat lebih besar (Ahmad, 2018).

2.3 Bahan Tambah Beton

2.3.1 Tetes Tebu (*molasses*)

Tetes tebu (*molasses*) merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan pada pabrik gula yang merupakan hasil kristalisasi gula yang dilakukan berulang-ulang secara terus menerus sehingga tidak memungkinkan diproses kembali. Pada umumnya masyarakat memanfaatkan limbah tetes tebu sebagai campuran pada pakan ternak. Seiring perkembangan jaman, limbah tetes tebu tidak hanya digunakan sebagai bahan campuran pada pakan ternak melainkan sudah digunakan dalam dunia konstruksi. limbah tetes tebu mengandung 32% *sukrosa*, 14% *glukosa*, dan 16% *fruktosa* sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan tambah campuran beton. Penggunaan limbah tetes tebu (*molasses*) sebagai bahan tambah pada campuran beton mampu meningkatkan kelecakan (*workability*) pada beton sehingga beton mudah untuk dikerjakan (Al-hasan dan Hartantyo, 2020).

2.3.2 Fly Ash (Abu Terbang)

Fly ash (abu terbang) merupakan abu hasil sisa pembakaran batubara berbutir halus dan bersifat pozzolanik. *Fly ash* bersifat tidak mampu mengikat beton seperti semen, tetapi dengan campuran air dan partikel berukuran halus, ditambah oksida silica yang ada di dalam *fly ash* dan melalui proses kimiawi dengan kalsium hidroksida akibat proses hidrasi semen, akan menghasilkan zat dengan kemampuan sebagai pengikat (Firda dkk., 2021).

Penggunaan *fly ash* sebagai komposisi beton akan memberi ruang pada keberlanjutan konstruksi, sehingga peran sebagai substitusi hasil buangan industri sangat memungkinkan digunakan mengingat unsur kimia *fly ash* bersifat pozzolan dan sebagai material pengikat tambahan tentu akan berpengaruh pada beton segar, *workabilitas* dan mekanik bata beton (Syahrul dan Amir, 2024).

Pemanfaatan material *fly ash* sebagai material pembentuk beton didasari pada sifat material yang memiliki kemiripan dengan sifat semen. Kemiripan sifat ini dapat dilihat dari dua sifat utama, yaitu sifat fisik dan kimiawi. Adanya kemiripan sifat-sifat ini menjadikan *fly ash* sebagai material pengganti untuk mengurangi

jumlah semen sebagai material penyusun beton mutu tinggi (Putra Pradana dkk., 2023).

Berikut ini merupakan sifat fisik dan sifat kimiawi dari *fly ash*:

A. Sifat Fisik

Menurut ACI Committee 226, dijelaskan bahwa abu terbang (*fly ash*) mempunyai butiran yang halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5-27%. *Fly Ash* umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Abu terbang memiliki densitas 2,23 gr/cm³, dengan kadar air sekitar 4%. *Fly ash* memiliki specific gravity antara 2,15-2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm. *Fly ash* memiliki luas area spesifiknya 170- 1000 m²/kg. Ukuran partikel rata-rata abu terbang batu bara jenis sub bituminous 0,01 mm – 0,015 mm, luas permukaannya 1-2 m²/g, bentuk partikel *mostly spherical*, yaitu sebagian besar berbentuk bola, sehingga menghasilkan kelecakan yang lebih baik

B. Sifat Kimiawi

Sifat kimia dari *fly ash* dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar, teknik penyimpanan, dan penanganannya. Pembakaran batu bara lignit dan sub-bituminous menghasilkan abu terbang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada jenis bituminous. Komponen utama *fly ash* batu bara adalah silica (SiO₂), alumina (Al₂O₃), besi oksida (Fe₂O₃), kalsium (CaO); dan magnesium, potasium, sodium, titanium, dan belerang dalam jumlah yang sedikit.

C. Jenis jenis *Fly Ash*

Berdasarkan *Canadian Standard CSA A-23.5 fly ash* diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut:

1) *Fly ash* tipe F (*low calcium*)

Fly ash tipe F mengandung kalsium oksida, CaO < 8% diperoleh dari hasil pembakaran bitumen batu bara. *Fly ash* tipe F hanya bersifat *pozzolanik*. Kandungan bahan *fly ash* tipe F diuraikan sebagai berikut:

- SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ > 70%
- CaO < 8%

- Karbon, C antara 5% - 10%
- 2) *Fly ash* tipe C (*high calcium*)
- Fly ash* tipe C mengandung kalsium oksida, CaO 8% - 20% diperoleh dari hasil pembakaran sub bitumen batu bara. *Fly ash* tipe C bersifat *pozzolanik* dan *cementitious*. Kandungan bahan *fly ash* tipe C diuraikan sebagai berikut:
- $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > 50\%$
 - CaO 8% - 20%
 - Karbon, C $\pm 2\%$
- 3) *Fly ash* tipe N
- Fly ash* tipe N mempunyai kandungan yang berkadar rendah, sehingga *fly ash* tipe N jarang digunakan dalam pemanfaatan bahan pembentuk beton.

2.4 Setting Time Beton

Menurut SNI 03-6827-2002, waktu pengikatan beton merupakan suatu proses yang bertahap, maka setiap definisi dari waktu pengikatan beton harus diperlakukan secara tidak tetap. Pada metode uji dengan ketahanan penetrasi ini waktu yang dibutuhkan mortar untuk mencapai nilai-nilai ketahanan penetrasi yang telah ditentukan untuk menetapkan dari waktu pengikatan beton. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan waktu ikat awal dan waktu ikat akhir dari binder beton geopolimer. Standar pengujian setting time adalah SNI-03 6825-2002 tentang Metode pengujian waktu ikat menggunakan alat vicat untuk pekerjaan sipil. Waktu ikat awal akan ditentukan dari grafik penetrasi waktu, yaitu dimana penetrasi jarum vicat mencapai nilai 25 mm.

2.5 Slump test

Pengujian *slump* dilakukan pada beton segar yang dimasukkan ke dalam wadah kerucut, *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran, baik beton standar maupun beton yang menggunakan additive dan bahan penambah (*admixture*). Pengisian kerucut dilakukan dengan 1/3 dari setiap pengisian tiga

lapisan. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan menggunakan tongkat besi anti karat sebanyak 25 kali. Setelah penuh, ratakan permukaan atasnya dengan sendok semen. Setelah itu, kerucut diangkat secara vertikal. Setelah wadah diangkat, slump dapat dihitung dengan perbedaan tinggi antara wadah.

Proses uji *slump* test telah di jelaskan pada (SNI 1972-2008). Pengujian *slump* bertujuan untuk mengetahui nilai viscosity pada beton dengan mengukur penurunan benda uji terhadap tinggi kerucut.

2.6 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin tekan ketika benda uji beton dibebani dengan gaya tekan tertentu. Kekuatan beton terutama ditentukan oleh perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air semen adalah faktor utama dalam menentukan kekuatan beton. Tujuan dari tes uji kuat tekan adalah untuk mengetahui kekuatan tekan spesifik beton. Kekuatan tekan maksimum yang dapat diterima oleh beton sampai akhirnya pecah adalah tujuan dari tes ini.

Menurut ASTM C 39-86 tentang standar tes untuk kuat tekan sampel kubus dihitung dengan cara membagi beban maksimum yang dicapai selama pengujian dengan luas permukaan sampel beton, secara sistematis dapat ditulis sebagai berikut :

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

Dengan :

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

P = Besar beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Tabel 2.4: Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar batasan waktu yang telah ditoleransikan.

Umur Pengujian	Toleransi Waktu yang Diizinkan
24 jam	0,5 jam atau 2,1%
3 hari	2 jam atau 2,8%
7 hari	6 jam atau 3,6%
28 hari	20 jam atau 3,0%
90 hari	48 jam atau 2,2%

Pengujian kekuatan tekan beton pada umumnya dilakukan selama 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Untuk mengetahui berapa banyak hari pengujian yang dilakukan, hasilnya dibagi dengan koefisien kekuatan tekan sesuai jumlah hari pengujian.

Estimasi kuat tekan dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari:

$$f(\text{estimasi 28 hari}) = \frac{f(\text{saat pengujian})}{\text{koefisien}}$$

Dimana:

$$f(\text{estimasi 28 hari}) = \text{kuat tekan estimasi 28 hari (kg/cm}^2\text{)}$$

$$f(\text{saat pengujian}) = \text{kuat tekan saat pengujian (kg/cm}^2\text{)}$$

koefisien = koefisien dari umur beton

Koefisien dari umur beton diperoleh dari jumlah hari beton selesai dicetak hingga beton di tes kuat tekannya.

2.7 Penelitian Terdahulu

Pada subbab ini akan dijelaskan tentang penelitian terdahulu dengan bahan tambah *fly ash* dan kapur sebagai bahan substitusi sebagian semen terhadap kuat tekan beton.

2.7.1 Penelitian Terdahulu Bahan Tambah Tetes Tebu

Berdasarkan jurnal penelitian oleh (Riyanto, 2020) yang berjudul “Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Variasi Umur Uji Dengan Bahan Retarder Tetes Gula/*Molasses*” pelaksanaan pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada benda uji yang berumur 1, 2, 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dengan adanya perbedaan variasi bahan tambah molase. Sedangkan hasil uji kuat tekan beton rata-rata dengan variasi bahan tambah molase sebesar 0.00%, 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00%, 1.25% dan 1.50% dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Pemeriksaan kuat tekan beton dengan variasi bahan tambah molase.

Kadar tetes gula (cm ³ /kg semen)	Kuat tekan beton rerata sesuai umur uji (MPa)						
	1	2	3	7	14	21	28
0.00	2.82	5.88	8.04	12.29	14.18	16.81	18.49
0.25	3.70	6.90	9.20	12.34	15.45	17.18	20.20
0.50	4.36	8.54	9.95	13.09	17.45	20.21	23.91
0.75	6.38	9.26	11.95	15.06	19.67	21.52	26.21
1.00	5.41	8.83	11.58	14.03	18.05	20.21	22.66
1.25	4.60	8.07	11.02	13.05	16.97	19.04	22.29
1.50	2.87	6.37	9.18	11.97	15.43	17.77	20.93

Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus sebanyak 245 benda uji dimana untuk setiap variasi sebanyak 5 benda uji. Dari penelitian ini diperoleh bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada penggunaan 0.75% tetes gula, yaitu 26,21 MPa pada umur 28 hari. Pada awal umur beton nilai kuat tertinggi pada penggunaan tetes gula 0.75%, sebesar 6.38 MPa. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar tetes gula yang ditambahkan ke dalam campuran beton semakin besar pula nilai slump, berarti campuran beton yang diperoleh semakin encer. Kadar tetes gula optimum sebesar 0.75% dan akan mengalami penurunan semakin besar kadar tetes gula yang ditambahkan.

2.7.2 Penelitian Terdahulu Bahan Pengganti *Fly Ash*

Berdasarkan jurnal penelitian oleh (Setiawati, 2018) yang berjudul “Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton” pelaksanaan pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada benda uji yang berumur 3, 7, 14 dan 28 hari. Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dengan adanya perbedaan variasi penggantian sebagian semen terhadap fly ash. Sedangkan hasil uji kuat tekan beton rata-rata dengan variasi penggantian sebagian semen terhadap fly ash sebesar 5%, 7%, 10% dan 12,5% dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Hasil uji kuat tekan beton rata-rata dengan variasi penggantian sebagian semen terhadap *fly ash*.

Variasi Benda Uji (% <i>Fly ash</i>)	Umur (hari)			
	3 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0%	144,32	189,18	260,86	316,33
5%	148,93	201,00	275,96	320,72
7,5%	205,67	213,49	285,05	347,58
10%	215,84	236,57	302,45	377,30
12,5%	231,04	234,93	332,86	404,73

Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus sebanyak 96 benda uji dimana untuk setiap variasi sebanyak 12 benda uji. Dari penelitian ini diperoleh bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada penggunaan 12,5% *fly ash*, yaitu 404,03 Kg/cm² (39,62 MPa) pada umur 28 hari. Pada awal umur beton nilai kuat tertinggi pada penggunaan *fly ash* 12,5%, sebesar 231,04 Kg/cm² (22,65 MPa). Dapat disimpulkan bahwa pada awal umur beton, penggunaan *fly ash* mempengaruhi kekuatan beton. Persentase penggunaan *fly ash* 12,5% pada beton, akan menghasilkan beton dengan kuat tekan maksimum.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembuatan beton dengan menambahkan tetes tebu (*Molasses*) dengan variasi campuran 0,5%, 0,75% dan 1% dan *Fly Ash* 12,5% menggunakan metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data dari hasil penelitian.

3.2 Tahapan Penelitian

Adapun langkah langkah dalam penelitian ini adalah:

1. **Persiapan Material**

Mempersiapkan material yang digunakan dalam melakukan penelitian seperti agregat kasar, agregat halus, semen, air, tetes tebu, dan *fly ash*.

2. **Pemeriksaan Material**

Pemeriksaan dasar ini dilakukan untuk memastikan kadar lumpur, kadar air, berat jenis, berat isi, dan analisa saringan telah memenuhi persyaratan bahan penyusun beton.

3. **Mix Design**

Mix design atau perencanaan campuran dilakukan berdasarkan peraturan SNI. Perencanaan yang dilakukan mengacu pada hasil pemeriksaan dari masing-masing bahan sebelumnya untuk merencanakan pencampuran beton, mulai dari semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Campuran yang dihasilkan menciptakan perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton yang akan digunakan sebagai dasar untuk pembuatan benda uji berikutnya.

4. **Pembuatan benda uji**

Pada tahapan ini dilakukan pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

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

5. Pengujian *Setting Time*

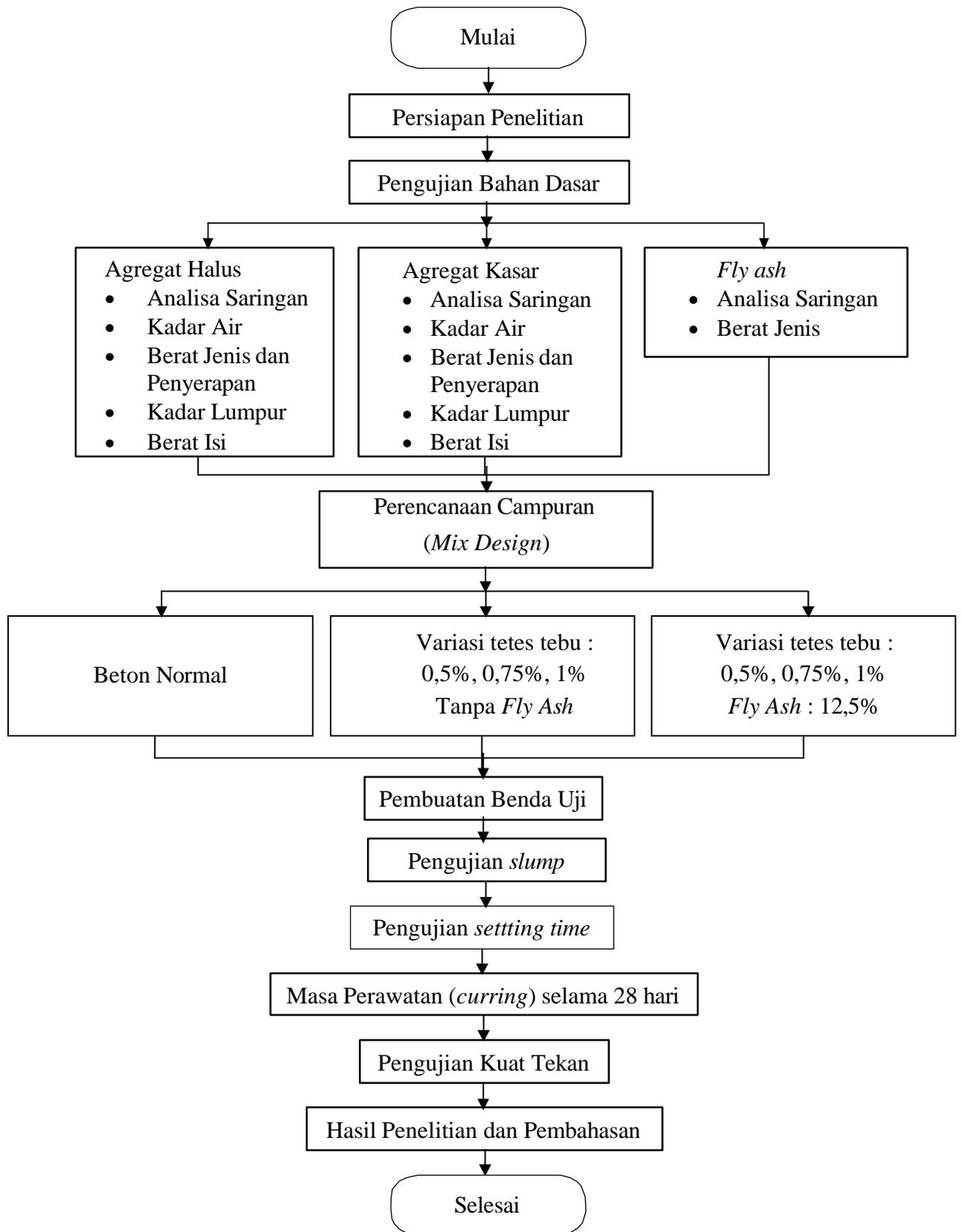
Pengujian setting time dilakukan untuk mengetahui waktu ikat awal dan waktu ikat akhir dari pasta semen campuran beton. Standar pengujian setting time adalah SNI-03-6825-2002 tentang Metode pengujian waktu ikat menggunakan alat vicat untuk pekerjaan sipil.

6. Perawatan benda uji

Beton yang sudah mengering setelah di cetak selama 24 jam dilakukan perawatan beton (*curing*). Perawatan tersebut dilakukan dengan perendaman beton pada bak perendam berisi air sesuai umur rencana beton yaitu 28 hari. Kemudian beton diangkat dari bak perendam sesuai umur beton dan akan di keringkan.

7. Pengujian kuat tekan

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.



Gambar 3.1: Tahapan penelitian yang dilaksanakan.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan. Waktu penelitian dilakukan selama ± 2 bulan.

3.4 Sumber dan Teknik Pengambilan Data

3.4.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu :

- 1) Analisa Saringan Agregat (SNI ASTM C136 2012)
- 2) Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969:2016)
- 3) Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970:2016)
- 4) Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 1973:2008)
- 5) Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971:2011)
- 6) Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4142:1996)
- 7) Perencanaan campuran beton (*Mix Design*) (SNI 7656:2012)
- 8) Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011)
- 9) Pengujian *slump* (SNI 1972:2008).
- 10) Pengujian *setting time* (SNI 03-6827:2002)
- 11) Pengujian kuat tekan beton (SNI 1974:2011)

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur) ditambahkan dengan referensi pembuatan beton berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia), dan konsultasi langsung dengan Dosen Pembimbing. serta jurnal-jurnal penelitian sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.5 Alat dan Bahan

3.5.1 Alat

- 1) Saringan untuk agregat halus dan agregat kasar.
- 2) Timbangan digital, berfungsi sebagai alat untuk menimbang berat pada bahan yang digunakan secara akurat.

- 3) Piknometer, berfungsi sebagai alat melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan pada pasir.
- 4) Oven, berfungsi sebagai alat mengeringkan sampel bahan.
- 5) Skop tangan dan alat cetok, berfungsi sebagai alat pencampur beton, dan meratakan permukaan beton dalam cetakan.
- 6) Cetakan (bekisting) beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- 7) Vaseline dan kuas, berfungsi untuk melapisi cetakan beton agar tidak menempel dalam cetakan.
- 8) Satu set alat slump flow test, yang terdiri dari tadi: kerucut abrams, penggaris, dan plat.
- 9) Mesin pengaduk (mixer), berfungsi sebagai alat pencampur semua bahan hingga membentuk adonan beton.
- 10) Vicat test, berfungsi sebagai alat mengukur waktu pengikatan pasta semen sampel pengujian.
- 11) Bak perendaman, berfungsi untuk merendam beton yang telah dilepaskan dari cetakan.
- 12) Mesin uji tekan beton (compression test machine), berfungsi untuk mengukur kuat tekan beton.

3.5.2 Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Merdeka tipe 1 PPC (*Portland Pozolan Cement*).

b. Agregat Halus

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

c. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang diperoleh dari daerah Medan.

d. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

e. Tetes tebu (*Molasses*)

Tetes tebu yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari pedagang tetes tebu, dengan persentase 0,5%, 0,75%, dan 1% terhadap berat semen yang digunakan.

f. Abu Terbang (*Fly ash*)

Fly ash yang digunakan adalah *fly ash* kelas C didapat pembelian di toko online.

3.5.3 Jumlah Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, yang berjumlah 21 buah. Untuk pengujian kuat tekan.

3.6 Pemeriksaan Agregat

3.6.1 Analisa Saringan Agregat

Analisa saringan adalah cara yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Untuk satu set ayakan agregat halus memiliki ukuran: no. 4 (4.75 mm); no. 8 (2.36 mm); no. 16 (1,18 mm); no. 30 (0.60 mm); no. 50 (0.30 mm) & no. 100 (0.15 mm). Umumnya Agregat Halus mempunyai MHB (Modulus Halus Butir) 1,5 - 3,8 (ASTM C-136 dibagi menjadi: Halus = 2,2-2,6; Medium 2,6-2,9; Kasar = 2,9-3,2). Untuk satu set ayakan agregat kasar memiliki ukuran: 38,1 (1.5 inch); 19,0 (3/4 inch); 9,52 (3/8 inch); no. 4 (4.75 mm); no. 8 (2.36 mm); no. 16 (1,18 mm); no. 30 (0.60 mm); no. 50 (0.30 mm) & no. 100 (0.15 mm). Umumnya Agregat Kasar mempunyai nilai MHB 5-8 (ASTM C136: 5,5-7,5) untuk campuran nilai MHB sekitar 5,0 - 7,0

$$\bullet \text{ Persamaan: MHB AG Kasar} = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Berat Tertahan}}{100\%} \quad (3.1)$$

$$\bullet \text{ Persamaan: MHB AG Halus} = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Berat Tertahan}}{100\%} \quad (3.2)$$

3.6.2 Kadar Air Agregat

Menentukan kadar air agregat dengan cara pengeringan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan

berat agregat dalam keadaan kering. Nilai kadar air ini digunakan untuk koreksi takaran air untuk adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat lapangan.

- a) Berat sampel SSD + berat wadah. (W1)
- b) Berat kering oven + berat wadah. (W2)
- c) Berat wadah. (W3)
- d) Berat air. (W1 + W2)
- e) Persamaan: Kadar Air = $\frac{\text{berat SSD} - \text{berat kering oven}}{\text{berat kering oven}} \times 100\%$ (3.3)

3.6.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pengujian ini adalah untuk mendapatkan angka untuk berat jenis kering, berat jenis SSD jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan air pada agregat.

1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Rumus:

$$\text{a) Berat Jenis Kering (Bulk Grafity Dry)} = \frac{A}{(B-C)} \quad (3.4)$$

$$\text{b) Berat Jenis SSD (Bulk Grafity SSD).} = \frac{B}{(B-C)} \quad (3.5)$$

$$\text{c) Berat jenis semu} = \frac{A}{(A-C)} \quad (3.6)$$

$$\text{d) Penyerapan (Absorbtion).} = \left[\frac{B-A}{A} \right] \times 100\% \quad (3.7)$$

Keterangan:

A = Berat jenis SSD kering permukaan jenuh.

B = Berat jenis SSD jenuh.

C = Berat Jenis kering oven.

2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Rumus:

$$\text{a) Berat Jenis Kering (Bulk Grafity Dry)} = \frac{A}{(B+S-C)} \quad (3.8)$$

$$\text{b) Berat Jenis SSD (Bulk Grafity SSD).} = \frac{S}{(B+S-C)} \quad (3.9)$$

$$\text{c) Berat jenis semu} = \frac{A}{(B+A-C)} \quad (3.10)$$

$$\text{d) Penyerapan (Absorbtion).} = \left[\frac{S-A}{A} \right] \times 100\% \quad (3.11)$$

Keterangan:

- B = Berat jenis SSD kering permukaan jenuh.
- C = Berat jenis SSD di dalam piknometer penuh air.
- D = Berat piknometer penuh air.
- E = Berat sampel SSD kering oven.

3.6.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat

Menentukan persentase kadar lumpur dalam agregat. Kandungan lumpur <5% merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

- a) Berat kering. (A)
- b) Berat kering setelah di cuci. (B)
- c) Berat kotor agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci. (C) = A-B
- d) Persentase agregat lolos saringan No 200. Setelah dicuci.

$$(D) = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3.12)$$

3.6.5 Pengujian Berat Isi Agregat

Metode pengujian ini mencakup penentuan kepadatan massal agregat dalam kondisi dipadatkan atau longgar dan dihitung kekosongan antara partikel (rongga) dalam agregat kasar, halus atau campuran keduanya. Tujuannya ialah untuk menentukan berat isi agregat kasar dan halus.

1. Berat Isi Agregat Kasar

Rumus

- a) Berat agregat + wadah (W1)
- b) Berat wadah (W2)
- c) Berat agregat (W3) = (W1 - W2)
- d) Volume wadah (W4)
- e) Berat isi = $\left(\frac{W3}{W4}\right)$ (3.13)

2. Berat Isi Agregat Halus

Rumus

- a) Berat agregat + wadah (W1)
- b) Berat wadah (W2)
- c) Berat agregat (W3) = (W1 - W2)

- d) Volume wadah (W4)
- e) Berat isi = $\left(\frac{W3}{W4}\right)$ (3.14)

3.7 Pemeriksaan *Fly Ash*

3.7.1 Analisa Saringan *Fly Ash*

Untuk melihat gradasi butiran dilakukan uji saringan *fly ash*, mulai dari saringan nomor 4 s/d dengan nomor 100. Dari hasil uji saringan ini ternyata semua butiran *fly ash* lolos saringan nomor 100. Maka dapat dikategorikan bahwa *fly ash* termasuk butiran berbutir halus.

3.7.2 Berat Jenis *Fly Ash*

Rumus Berat Jenis *Fly Ash*:

- a) Berat wadah (W1).
- b) Berat wadah _*fly ash* (W2)
- c) Berat *fly ash* (W2-W1)
- d) Berat piknometer + air (W3)
- e) Berat jenis *fly ash* = $\frac{(W2-W1)}{[(W4-W1)-(W3-W2)]}$ (3.15)

3.8 Perencanaan Campuran Beton

Tahap awal sebelum melakukan perencanaan campuran beton, dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen dasar pembentuk beton sesuai dengan ASTM (American Society for Testing and Materials), yaitu pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar serta air. Selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia). kemudian dilakukan metode eksperimen dengan menggunakan campuran Tetes Tebu dan *Fly Ash* dalam proses pembuatan benda uji kuat tekan beton yang akan di tampilkan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1: Variasi campuran sampel beton.

No.	Kode Benda Uji	Tetes Tebu (<i>molasses</i>)(%)	<i>Fly Ash</i> (%)	Jumlah sampel	Sumber rujukan
1.	BN	0	0	3	
2.	BTT _{0,5}	0,5	0	3	
3.	BTT _{0,75}	0,75	0	3	
4.	BTT ₁	1	0	3	
5.	BTTFA _{0,5}	0,5	12,5	3	(Setiawati, 2018)
6.	BTTFA _{0,75}	0,75	12,5	3	
7.	BTTFA ₁	1	12,5	3	
Jumlah Total				21	

Keterangan:

- BN = Beton normal
- BTT_{0,5} = Beton dengan campuran 0,5% tetes tebu (*molasses*) terhadap berat semen.
- BTT_{0,75} = Beton dengan campuran 0,75% tetes tebu (*molasses*) terhadap berat semen.
- BTT₁ = Beton dengan campuran 1% tetes tebu (*molasses*) terhadap berat semen.
- BTTFA_{0,5} = Beton dengan campuran 0,5% tetes tebu (*molasses*) dan 12,5% *fly ash* terhadap berat semen.
- BTTFA_{0,75} = Beton dengan campuran 0,75% tetes tebu (*molasses*) dan 12,5% *fly ash* terhadap berat semen.
- BTTFA₁ = Beton dengan campuran 1% tetes tebu (*molasses*) dan 12,5% *fly ash* terhadap berat semen.

3.9 Pembuatan Benda Uji

3.9.1 Trial Mix

Menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang ekonomis, memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan, serta memiliki kelecakan yang sesuai sehingga mempermudah proses pengerjaan.

3.9.2 Pembuatan Benda Uji Beton

Benda uji dibuat dengan menggunakan cetakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Yang berjumlah 21 buah, untuk pengujian kuat tekan.

3.9.3 Pengujian *Setting Time*

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan waktu ikat awal dan waktu ikat akhir dari campuran beton. Standar pengujian setting time adalah SNI-036825-2002 tentang Metode pengujian waktu ikat menggunakan alat vicat untuk pekerjaan sipil.

3.9.4 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standard. *Slump* ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, dipadatkan dan diratakan (SNI 03-2834, 1993).

3.9.5 Perawatan Benda Uji

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 28 hari.

3.9.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

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.

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

Dengan :

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

P = Besar beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisa Pemeriksaan Agregat

Pada saat memeriksa agregat kasar dan agregat halus, peneliti memperoleh data material seperti berat jenis, kadar air, kadar lumpur, berat isi, dan analisis gradasi agregat. Pemeriksaan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, sesuai dengan pedoman SNI dan Buku Teknologi Beton.

4.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

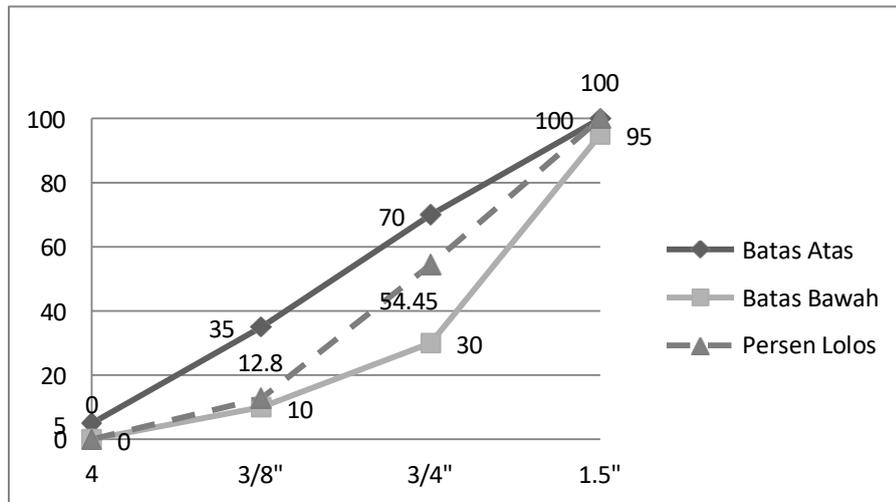
Pada penelitian ini digunakan batu kerikil sebagai agregat kasar yang diperoleh dari Medan Karya. Dilakukan pengujian dasar pada agregat kasar tersebut meliputi pemeriksaan analisa saringan, kadar air, berat jenis, kadar lumpur dan berat isi.

4.2.1 Analisa Saringan Agregat Kasar

Pada pemeriksaan analisa saringan, merujuk kepada SNI ASTM C 136 : 2012 sebagai langkah pelaksanaan dan juga merujuk kepada buku teknologi beton. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat di lihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Pengujian analisa saringan agregat kasar.

Saringan	Massa Tertahan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	Persentase Kumulatif (%)	
			Tertahan	Lolos
mm (in)	(b)	(c)	(d)	(e)
38,1 mm (1.5 in)	0	0	0	100
19.0 mm (3/4 in)	1065	1065	42,6	57,4
9.52 mm (3/8 in)	1115	2180	87,2	12,8
4.75 mm (No. 4)	320	2500	100	0
2.36 mm (No. 8)	0	0	100	0
1.18 mm (No.16)	0	0	100	0
0.60 mm (No. 30)	0	0	100	0
0.30 mm (No. 50)	0	0	100	0
0.15 mm (No. 100)	0	0	100	0
Pan	0	0	100	0
Modulus Kehalusan			729,8	7,3



Gambar 4.1: Gradasi agregat kasar diameter maksimum 37,5 mm.

Untuk mendapatkan nilai modulus kehalusan, jumlah % kumulatif tertahan sampai saringan No 100 dibagi dengan nilai 100. Pada penelitian kali ini didapat nilai modulus kehalusan butiran sebesar 7,3 dan dari grafik hasil pengujian menunjukkan nilai tersebut memenuhi ketentuan batas minimum dan maksimum untuk gradasi agregat kasar.

4.2.2 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Pemeriksaan kadar air merujuk kepada SNI 1971-2011, dengan hasil pengujian sebagaimana tertera pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Pengujian kadar air agregat kasar.

Pengujian	Benda Uji ke 1 (gr)	Benda Uji ke 2 (gr)
Massa wadah + benda uji	1175	1495
Massa wadah	175	495
Massa benda uji (W_1)	1000	1000
Massa wadah + benda uji kering oven	1165	1490
Massa benda uji kering oven (W_2)	990	995
Kadar air total (P) $\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$	1,01 %	0,50 %
Kadar air total (P) rata-rata	0,75 %	

Dari hasil pengujian kadar air agregat kasar benda uji 1 dan benda uji 2 maka didapat nilai kadar air sebesar 1,01% dan 0,5%. Sehingga rerata nilai kadar air agregat kasar adalah 0,75%.

4.2.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar mengacu berdasarkan SNI 1970:2016 dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kering oven	A	1985	1980	gr
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	B	2000	2000	gr
Berat benda uji di dalam air	C	1260	1255	gr

Perhitungan	Notasi	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (S_d)	$\frac{A}{(B - C)}$	2.68	2.66	2.67
Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s)	$\frac{B}{(B - C)}$	2.70	2.68	2.69
Berat jenis semu (S_a)	$\frac{A}{(A - C)}$	2.75	2.68	2.72
Penyerapan air (A_w)	$[\frac{B-A}{A}] \times 100\%$	0.76	1.01	0.88

Didapat hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar adalah nilai berat jenis contoh SSD rata-rata sebesar 2,69 dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu Dry < SSD < Semu dengan nilai 2,67 < 2,69 < 2,72. Sedangkan penyerapan rata-rata sebesar 0,88% nilai ini berada dibawah nilai absorsi agregat kasar maksimum yaitu sebesar 4%.

4.2.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar mengacu pada SNI 4142:1996 dapat di lihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Agregat Kasar Diameter Maksimum 40 mm	Persamaan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh kering: W1 (gr)		1000	1000
Berat contoh setelah dicuci: W2 (gr)		992	993
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci W3 (gr)	$W1 - W2$	8	7
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	$(W3 - W1) \times 100$	0.8	0.7
Rata - rata		0.75%	

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kadar lumpur sampel 1 sebesar 0.8% dan sampel 2 sebesar 0.7%, sehingga nilai kadar lumpur rata-rata untuk kedua sampel adalah 0.75%. Hasil pengujian tersebut telah memenuhi ketentuan nilai kadar lumpur dalam agregat kasa dengan nilai maksimalnya sebesar 1%.

4.2.5 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian dikakukan dengan menggunakan pedoman SNI 1973:2008 tentang Berat isi agregat kasar. Dari hasil penyelidikan di dapat data berat isi agregat kasar pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Pengujian berat isi agregat kasar.

Pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat sampel + wadah (W1) gr	32060	32210	32135
Berat wadah (W2) gr	5605	6505	6505
Berat sampel (W3) (W1-W2)gr	25555	25705	25630
Volume wadah (W4) cm ³	15465,21	15465,21	15465,21
Berat isi (W3/W4) gr/cm ³	1,65	1,66	1,66

Pengujian berat isi agregat kasar diperoleh dengan cara membandingkan nilai berat contoh sampel dengan volume wadah sehingga diperoleh nilai berat isi pada pengujian diatas didapat nilai berat isi rata-rata sebesar 1,659 gr/cm³.

4.3 Pemeriksaan Agregat Halus

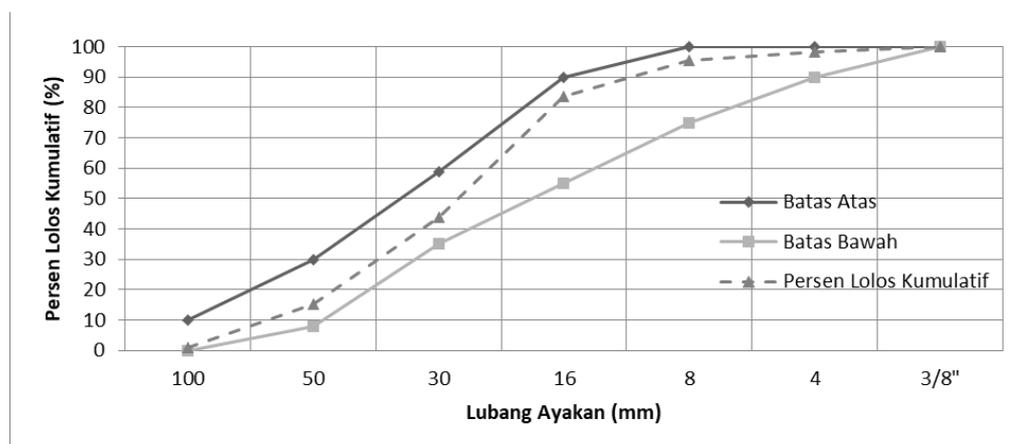
Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus meliputi pengujian analisa saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan air, kadar lumpur dan berat isi densitas.

4.3.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan analisa saringan yang mengacu pada SNI ASTM C136:2012. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Pengujian analisa saringan agregat halus.

Saringan	Massa Tertahan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	Persentase Kumulatif (%)	
			Tertahan (d)	Lolos (e)
mm (in)	(b)	(c)	(d)	(e)
9.52 mm (3/8 in)	0	0	0	100
4.75 mm (No. 4)	40	40	1.60	98.40
2.36 mm (No. 8)	70	110	4.40	95.60
1.18 mm (No.16)	300	410	16.40	83.60
0.60 mm (No. 30)	995	1405	56.20	43.80
0.30 mm (No. 50)	710	2115	84.60	15.40
0.15 mm (No. 100)	360	2475	99.00	1.00
Pan	25	2500	100	0
Modulus Kehalusan			262.20	2.6



Gambar 4.2: Gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang).

Dari hasil pengujian analisa saringan agregat halus diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 2,6 dan dari grafik hasil pengujian diketahui bahwa agregat halus yang diuji termasuk di zona 2 pasir sedang seperti pada Gambar 4.2.

4.3.2 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air merujuk kepada SNI 1971-2011, dengan hasil pengujian sebagaimana tertera pada tabel 4.7.

Tabel 4.7: Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus.

Pengujian	Benda Uji ke 1 (gr)	Benda Uji ke 2 (gr)
Massa wadah + benda uji	960	675
Massa wadah	460	175
Massa benda uji (W_1)	500	500
Massa wadah + benda uji kering oven	935	660
Massa benda uji kering oven (W_2)	475	485
Kadar air total (P) $\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$	5,26 %	3,09 %
Kadar air total (P) rata-rata	4,17 %	

Dari hasil pengujian kadar air agregat halus didapatkan nilai sampel 1 dan sampel 2 sebesar 5.26% dan 3.09% dengan didapatkan nilai rata-rata 4.17%.

4.3.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus mengacu berdasarkan SNI 1970:2016 dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	Gr
Berat benda uji kering oven	A	485	490	Gr
Berat piknometer yang berisi air	B	675	675	Gr
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	950	955	gr

Tabel 4.8: *Lanjutan.*

Perhitungan	Notasi	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (S_d)	$\frac{A}{(B + S - C)}$	2,16	2,23	2,19
Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s)	$\frac{S}{(B + S - C)}$		2,27	2,24
Berat jenis semu (S_a)	$\frac{A}{(B + A - C)}$	2,31	2,33	2,32
Penyerapan air (A_w)	$\frac{S-A}{A} \times 100\%$		2,04	2,56

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis diperoleh Berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 2,24 gr/cm³ dan diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diizinkan yaitu antara 2,2 – 2,9. Penyerapan air (*absorption*) dari hasil pengujian yaitu sebesar 2,56%.

4.3.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus yang mengacu pada SNI 03 4142-1996 dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.

Agregat halus lolos saringan No.4	Persamaan	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering: W1 (gr)		1000	1000
Berat agregat setelah dicuci: W2 (gr)		990	985
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci W3 (gr)	$W1 - W2$	10	15
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	$(W3 \div W1) \times 100$	1	1,5
Rata - rata			1,25

Pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan sebanyak 2 kali percobaan. Untuk percobaan pertama didapat nilai kadar lumpur sebesar 1%, sedangkan percobaan kedua diperoleh nilai kadar lumpur sebesar 1.5%. Maka nilai rata kadar lumpur dari pengujian diatas adalah sebesar 1.25%. Sesuai dengan SNI 03 4142-

1996 kadar lumpur agregat halus yang diijinkan maksimal 5%, maka pasir yang digunakan sesuai dengan yang disyaratkan.

4.3.5 Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pengujian berat isi agregat halus dilakukan berdasarkan pedoman yang tercantum dalam SNI 1973:2008 dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.10: Pengujian Berat Isi Agregat Halus.

Pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat sampel + wadah (W1) gr	21205	21960	21582.5
Berat wadah (W2) gr	5330	5330	5330
Berat sampel (W3) (W1-W2)gr	15875	16630	16252.5
Volume wadah (W4) cm ³	10952,23	10952,23	10952,23
Berat isi (W3/W4) gr/cm ³	1,45	1,52	1,49

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat isi agregat halus rata-rata 1,49gr/cm³. Berat isi yang diperlukan untuk beton biasa berkisar antara 1.4gr/cm³ s/d 1.9 gr/cm³. Dengan demikian, berat agregat halus yang digunakan memenuhi persyaratan.

4.4 Pemeriksaan *Fly Ash*

Fly Ash yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fly ash* tipe c yang berasal dari abu sisa pembakaran batu bara. Pengujian pada *fly ash* meliputi analisa saringan, berat jenis dan penyerapan.

4.4.1 Analisa Saringan *Fly Ash*

Pada *fly ash* dilakukan pemeriksaan analisa saringan seperti agregat halus yang mengacu pada SNI ASTM C136:2012. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat di lihat pada Tabel 4.11 berikut

Tabel 4.11: Analisa saringan *fly ash*.

Saringan	Massa Tertahan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	Persentase Kumulatif (%)	
			Tertahan (d)	Lolos (e)
mm (in)	(b)	(c)	(d)	(e)
9.52 mm (3/8 in)	0	0	0	100
4.75 mm (No. 4)	0	0	0	100
2.36 mm (No. 8)	0	0	0	100
1.18 mm (No.16)	2	2	0,2	99,80
0.60 mm (No. 30)	3	5	0,5	99,50
0.30 mm (No. 50)	5	10	1	99,00
0.15 mm (No. 100)	25	35	3,5	96,50
Pan		1000	100	0
Modulus Kehalusan			5,2	0,05

Dari hasil pengujian analisa saringan *fly ash* diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 0,05%.

4.4.2 Berat jenis *Fly ash*

Tabel 4.12: Pengujian berat jenis *fly ash*.

Pengujian	Notasi	I	II
Berat Wadah	(W1) gr	108	108
Berat wadah + <i>fly ash</i>	(W2) gr	173	173
Berat <i>fly ash</i>	(W2-W1) gr	65	65
Berat wadah + <i>fly ash</i> + air	(W3) gr	396	394
Berat wadah + air	(W4) gr	358	358
Berat jenis <i>fly ash</i>	$(W2-W1)/[(W4-W1)-(W3-W2)]$	2,41	2,24
Berat jenis rata - rata		2,33	

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis, diketahui bahwa berat jenis rata-rata *fly ash* adalah 2,33 gr/cm³.

4.5 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Data-data dasar hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Data hasil tes dasar.

Keterangan	Nilai			Satuan
	Agregat Halus	Agregat Kasar	<i>Fly Ash</i>	
Modulus Kehausan	2.6	7,3	0,05	%
Berat Jenis	2,24	2,69	2,33	gr/cm ³
Kadar Air	4.17	0,75	-	%
Berat isi	1,49	1,66	-	gr/cm ³
Kadar Lumpur	1,25	0.75	-	%

Setelah pengujian dasar selesai, nilai-nilai yang diperoleh digunakan untuk menyusun perencanaan campuran beton yang diinginkan. Perencanaan tersebut dilakukan berdasarkan metode uji yang terdapat dalam SNI 7656:2012. Tabel 4.14 menampilkan data yang diperoleh.

Tabel 4.14: Tabel data mix design.

Keterangan	Nilai	Satuan
Mutu Beton	25	MPa
Slump	75-100	mm
Ukuran Agregat Maksimum	37,5	mm
Berat Kering Oven Agregat Kasar	1800	kg/m ³
Berat Jenis Semen Tanpa Tambahan Udara	3.15	gr/cm ³
Modulus Kehalusan Agregat Halus	2.6	%
Berat Jenis Agregat Kasar	2,69	gr/cm ³
Berat Jenis Agregat Halus	2,24	gr/cm ³
Penyerapan Air Agregat Kasar	0.88	%
Penyerapan Air Agregat Halus	2,56	%

Perencanaan campuran beton dilakukan berdasarkan SNI 7656:2012 sebagai berikut.

1. Banyak Air Campuran

Tabel 4.15: Perkiraan kebutuhan air.

Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9.5 (mm)	12,7 (mm)	19 (mm)	25 (mm)	37,5 (mm)	50 (mm)	75 (mm)	150 (mm)
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	90	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
>175*								
Banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
<175*								
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan sebagai berikut:								
ringan (%)	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5**	1,0**
Sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5**	3,0**
Berat	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5**	4,0**

Berdasarkan tabel data diatas maka banyaknya air diperlukan adalah 181 kg/m³.

2. Rasio Air Semen

Menurut SNI 7656:2012, dalam melakukan uji campuran untuk membuktikan kuatnya beton atau mengevaluasi kembali kuat campuran tersebut, sebaiknya menggunakan air pencampur dan kadar udara yang minimal. Jika beton memiliki tingkat kelembapan atau kadar udara yang terlalu rendah, maka komposisi bahan-bahan dalam campuran beton harus diubah agar dapat menghasilkan beton sesuai yang diinginkan.

Tabel 4.16: Rasio air semen.

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

Berdasarkan Tabel 4.14, diambil nilai rasio air-semen sebesar 0,61% sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan yaitu 25 MPa.

3. Perhitungan kadar semen:

Banyaknya semen diporeleh dari ketentuan pada kadar air air pencampur dibagi dengan rasio air semen.

$$\frac{\text{Kadar air pencampur}}{\text{rasio air semen}} = \frac{181}{0,61} = 296,72 \text{ kg/m}^3 \quad (4.1)$$

4. Berat kering agregat kasar

Banyak agregat kasar diperkirakan dari tabel 4.15, untuk agregat halus memiliki modulus kehalusan 2,6 dan agregat kasar dengan ukuran nominal maksimum 37,5mm, memberikan angka sebesar 0,73 m³ untuk setiap m³ beton. Agregat dengan ukuran maksimum dan gradasi yang sama digunakan untuk setiap volume beton, maka akan dihasilkan beton yang memiliki sifat pengerjaan yang baik.

Tabel 4.17: Volume agregat kasar.

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* persatuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Berdasarkan data diatas maka diambil : 0,73

Sehingga Volume agregat kasar : $0,73 \times 1800 = 1314$ kg

5. Perkiraan Awal Berat Beton Segar

Untuk perkiraan awal berat beton, baik yang tidak menggunakan tambahan udara maupun yang menggunakan tambahan udara sesuai dengan SNI 7656:2012, berat agregat halus yang diperlukan dapat dihitung dengan mengurangkan berat beton segar terhadap berat total dari bahan-bahan lainnya.

Tabel 4.18: Berat beton segar.

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Berdasarkan data diatas, 1m³ beton tanpa tambahan udara yang dibuat dengan agregat berukuran normal maksimum 37,5 mm, diperkirakan sebesar 2410 kg/m³.

Berat (massa) yang sudah diketahui adalah:

Air (berat bersih)	181	kg
Semen	296,72	kg
Agregat kasar	<u>1314</u>	kg +
Jumlah	1791,72	kg

Jadi, massa agregat halus = $2410 - 1791,72 = 618,28$ kg

6. Volume absolute

Agregat halus yang dibutuhkan harus ditentukan berdasarkan volume absolut. Dengan mengetahui jumlah semen, air udara, dan agregat kasar, kadar agregat halus dapat dihitung sebagai berikut:

- Volume air = $\frac{181}{1000} = 0,181$ m³

- Volume padat semen = $\frac{296,72}{3,15 \times 1000} = 0,094 \text{ m}^3$
- Volume absolute agregat kasar = $\frac{1314}{2,69 \times 1000} = 0,49 \text{ m}^3$
- Volume udara terperangkap = $0,01 \times 1\text{m}^3 = 0,01\text{m}^3$
- Jumlah volume padat bahan selain agregat halus :
= $0,181 + 0,094 + 0,49 + 0,01 = 0,77 \text{ m}^3$
- Volume agregat halus dibutuhkan:
= $1 - 0,77 = 0,23 \text{ m}^3$
- Berat agregat halus kering yang dibutuhkan:
= $0,23 \times 2,24 \times 1000 = 515,2 \text{ kg}$

7. Perbandingan Berat

Berdasarkan SNI 7656:2012 Didapat nilai perbandingan berat Air (berat bersih), Semen, Agregat Kasar (kering), dan Agregat Halus (kering) pada Tabel 4.18.

Tabel 4.19: Perbandingan berat bahan.

Keterangan	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
Air (berat bersih)	181	181
Semen	296,72	296,72
Agregat Kasar	1314	1314
Agregat Halus	618,28	515,2

8. Koreksi Terhadap Kandungan Air

Di bawah ini adalah kadar air yang ditunjukkan hasil pengujian. Jika rasio campuran eksperimen dibandingkan dengan asumsi berat (massa) yang digunakan, maka berat (massa) penyesuaian agregat menjadi:

Agregat Kasar : 0.88%

Agregat Halus : 2.56%

Agregat Kasar (Basah) : $1314 \times (1 + 0.0088) = 1326 \text{ kg}$

Agregat Halus (Basah) : $618,28 \times (1 + 0.0256) = 634,1 \text{ kg}$

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan, sehingga:

$$\text{Air yang diberikan agregat kasar} : 0.88\% - 0.5\% = 0.38\%$$

$$\text{Air yang diberikan agregat halus} : 2.56\% - 0.7\% = 1.86\%$$

$$\text{Agregat Kasar (Basah)} : 1314 \times (0,0038) = 4,99$$

$$\text{Agregat Halus (Basah)} : 618,28 \times (0.0186) = 11,5$$

Dengan demikian kebutuhan air untuk proporsi campuran beton adalah sebagai berikut:

$$181 - (1314 \times 0.38\%) - (618.28 \times 1.86\%) = 164.51 \text{ kg}$$

Maka perkiraan 1 m³ beton adalah sebagai berikut :

Air (yang ditambahkan)	= 164,51	kg
Semen	= 296,72	kg
Ag. Kasar (Basah)	= 1326	kg
Ag. Halus (Basah)	= 634,1	kg
Jumlah	= 2421,33	kg

4.6 Kebutuhan Material

Didasarkan pada hasil dari desain campuran yang telah dilakukan di atas, jumlah bahan yang diperlukan untuk benda uji dihitung sebagai berikut:

1. Benda uji yang dibuat adalah silinder sebanyak 21 buah.

- Diameter = 15 cm
- Tinggi = 30 cm
- Volume Silinder = $\frac{1}{4} \pi \times d^2 \times t$
= 5298.75 cm³ = 0,0053 m³

2. Total bahan material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji yaitu:

Banyak semen dalam 1 m³ x Volume benda uji

$$= 296,72 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$$

$$= 1,572616 \text{ kg}$$

- Agregat halus yang dibutuhkan untuk 1 benda uji, yaitu:

Banyak pasir dalam 1m³ x Volume 1benda uji

$$= 634,1 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$$

$$= 3,36073 \text{ kg}$$

- Agregat Kasar yang dibutuhkan untuk 1 benda uji, yaitu:

Banyak kerikil dalam $1 \text{ m}^3 \times \text{Volume 1 benda uji}$

$$= 1326 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$$

$$= 7,0278 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji yaitu:

Banyak air x volume 1 benda uji

$$= 164,51 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$$

$$= 0,8719 \text{ kg}$$

Dengan mengingat bahwa kebutuhan bahan untuk satu campuran dikali 3, maka total campuran bahan yang diperlukan untuk setiap variasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.20: Kebutuhan bahan tiap variasi campuran.

No.	Kode Benda Uji	Volume Silinder (m^3)	Komposisi Bahan					
			Air	Ag. Halus	Ag. Kasar	Semen	Molase	<i>Fly ash</i>
1.	BN	0,0053	2,6157	10,0821	21,0818	4,7178	-	-
2.	BTT _{0,5%}	0,0053	2,6157	10,0821	21,0818	4,7178	0,0236	-
3.	BTT _{0,75%}	0,0053	2,6157	10,0821	21,0818	4,7178	0,0354	-
4.	BTT _{1%}	0,0053	2,6157	10,0821	21,0818	4,7178	0,0472	-
5.	BTTFA _{0,5%}	0,0053	2,6157	10,0821	21,0818	4,1281	0,0236	0,5897
6.	BTTFA _{0,75%}	0,0053	2,6157	10,0821	21,0818	4,1281	0,0354	0,5897
7.	BTTFA _{1%}	0,0053	2,6157	10,0821	21,0818	4,1281	0,0472	0,5897
Total			18,3099	70,5747	147,573	31,25	0,2124	1,7691

Keterangan

BN = Beton normal

BTT_{0,5%} = Beton dengan campuran 0,5% molase terhadap berat semen.

BTT_{0,75%} = Beton dengan campuran 0,75% molase terhadap berat semen.

BTT_{1%} = Beton dengan campuran 1% molase terhadap berat semen.

BTTFA_{0,5%} = Beton dengan campuran 0,5% molase dan 12,5% *fly ash*

terhadap berat semen.

BTTFA_{0,75%} = Beton dengan campuran 0,75% molase dan 12,5% *fly ash* terhadap berat semen.

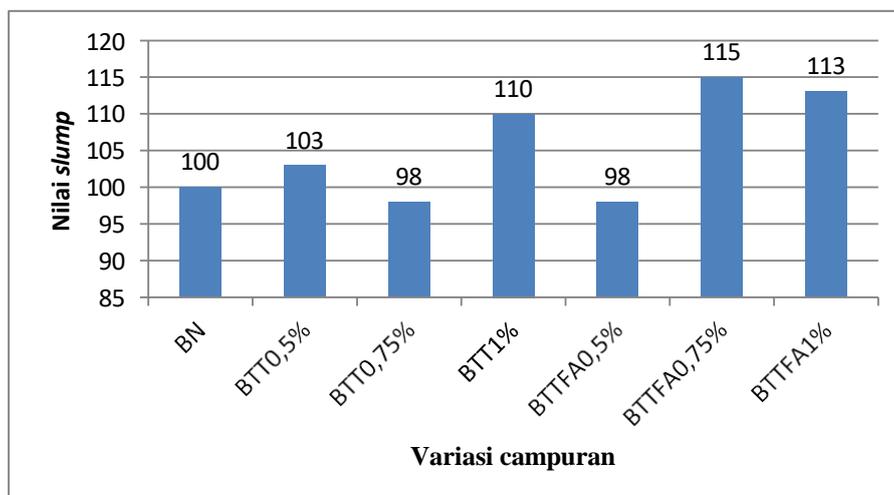
BTTFA_{1%} = Beton dengan campuran 1% molase dan 12,5% *fly ash* terhadap berat semen.

4.7 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* pada penelitian ini dilakukan sesuai SNI 1972:2008 tentang cara uji *slump* beton, dengan *slump* rencana 75 mm sampai dengan 100 mm. Pengujian *slump* adalah salah satu metode untuk mengevaluasi kemudahan pengerjaan campuran beton segar, yang disebut sebagai *workability*. Nilai *slump* yang umum digunakan berkisar antara 7,5 hingga 15 cm, sesuai dengan PBBI 1971. Jika hasil *slump* beton berada di bawah 0 cm, maka dapat dipastikan bahwa kualitas *workability* beton tidak baik.

Tabel 4.21: Data *slump test* campuran beton.

No.	Kode variasi campuran	<i>Slump test</i> (mm)
1.	BN	100
2.	BTT _{0,5%}	103
3.	BTT _{0,75%}	98
4.	BTT _{1%}	110
5.	BTTFA _{0,5%}	98
6.	BTTFA _{0,75%}	115
7.	BTTFA _{1%}	113



Gambar 4.3: Grafik nilai *slump*.

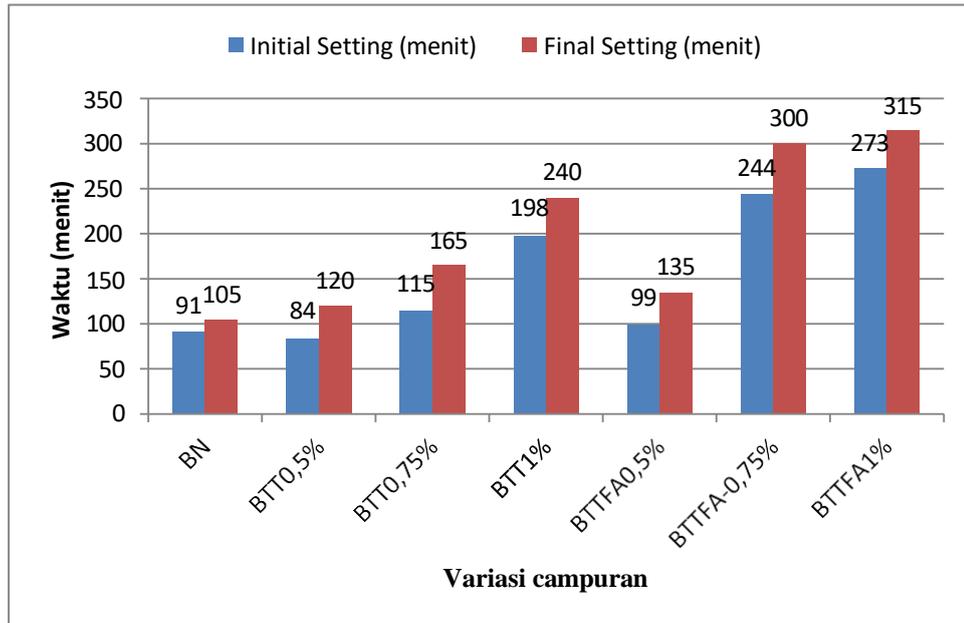
Pada variasi tanpa fly ash, pada BTT0,5 efek dispersi masih dominan dan pada BTT1 plastisitas campuran kembali meningkat, namun pada BTT0,75 nilai slump mengalami penurunan akibat peningkatan kohesi dan viskositas pasta semen oleh dosis molase menengah, Pada variasi dengan fly ash 12,5%, slump BTTFA0,5 setara dengan BTT0,75 karena partikel halus fly ash menyerap sebagian air bebas, kemudian meningkat pada BTTFA0,75 akibat sinergi antara molase dan efek pelumasan partikel fly ash, namun kembali menurun pada BTTFA1 karena kelebihan molase berpotensi menimbulkan bleeding dan segregasi.

4.8 *Setting Time* (waktu ikat campuran)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan waktu ikat awal dan waktu ikat akhir dari campuran semen penyusun beton. Standar pengujian setting time adalah SNI-036825-2002 tentang Metode pengujian waktu ikat menggunakan alat vikat untuk pekerjaan sipil.

Tabel 4.22: Data *setting time*.

No.	Kode Campuran	<i>Initial Setting</i> (menit)	<i>Final Setting</i> (menit)
1.	BN	91	105
2.	BTT _{0,5%}	84	120
3.	BTT _{0,75%}	115	165
4.	BTT _{1%}	198	240
5	BTTFA _{0,5%}	99	135
6	BTTFA _{0,75%}	244	300
7.	BTTFA _{1%}	273	315



Gambar 4.4: Hasil pengujian *setting time*.

Dari gambar grafik diatas diketahui BN tanpa bahan tambah, memiliki waktu ikat awal 91menit dan waktu ikat akhir 105menit. Campuran dengan 1% tetes tebu memiliki waktu ikat awal 198menit dengan waktu ikat akhir 240menit. Sedangkan untuk campuran 1% molase dan 12,5% *fly ash*, waktu ikat awal mencapai 273 menit dan waktu ikat akhir 315 menit.

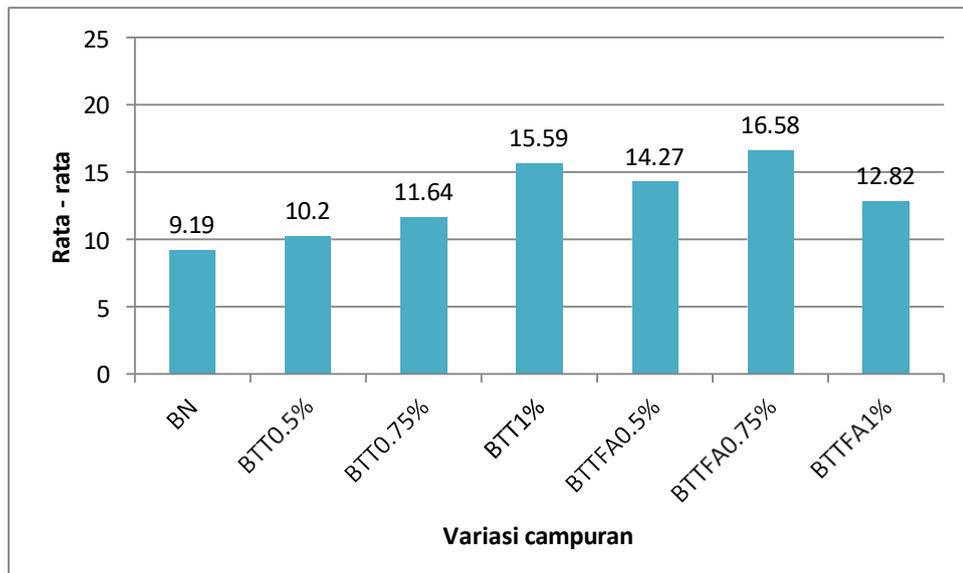
Penambahan tetes tebu dan *fly ash* juga dapat meningkatkan waktu ikat semen penyusun beton, dengan demikian proses pencampuran material penyusun beton menjadi lebih mudah tanpa ada penambahan air yang dapat mempengaruhi faktor air semen (FAS).

4.9 Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan metode sesuai dengan SNI-1974-2011. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Tabel 4.23: Data kuat tekan beton.

Kode campuran	luas penampang	berat benda uji (Kg)	kuat tekan (kN)	Kuat tekan (Mpa)	Rata-rata
BN	17671.46	12.04	178.1	10.08	9.19
	17671.46	12.14	147.2	8.33	
	17671.46	12.04	161.9	9.16	
BTT _{0,5%}	17671.46	12.2	202.2	11.44	10.20
	17671.46	12.22	147.2	8.33	
	17671.46	12.07	191.3	10.83	
BTT _{0,75%}	17671.46	12.32	175.8	9.95	11.64
	17671.46	12.23	245.3	13.88	
	17671.46	12.19	196.2	11.10	
BTT _{1%}	17671.46	12.46	257.5	14.57	15.59
	17671.46	12.27	304.1	17.21	
	17671.46	12.37	264.9	14.99	
BTTFA _{0,5%}	17671.46	12.26	239.4	13.55	14.27
	17671.46	12.17	264.9	14.99	
	17671.46	12.18	176.6	9.99	
BTTFA _{0,75%}	17671.46	12.44	300	16.98	16.58
	17671.46	12.27	323.7	18.32	
	17671.46	12.26	255.1	14.43	
BTTFA _{1%}	17671.46	13.32	208.9	11.82	12.82
	17671.46	12.08	206.0	11.66	
	17671.46	12.2	264.9	14.99	



Gambar 4.5: Kuat tekan beton.

Berdasarkan Gambar 4.5 nilai kuat tekan rata-rata paling tinggi adalah varian BTTFa_{0,75%} dengan penambahan tetes tebu (molase) 0,75% dan *fly ash* 12,5% sebesar 16,58 MPa, atau meningkat sebesar 80,41% dari beton normal. Ini menunjukkan bahwa tetes tebu membantu meningkatkan kuat tekan beton tanpa penambahan air dan *fly ash* memberikan peran penting dalam mengisi pori-pori beton, yang meningkatkan ikatannya dalam struktur sehingga mampu meningkatkan kekuatan beton dan menambah kedap air terhadap air serta mempunyai keunggulan dapat mencegah keretakan halus (crack) pada permukaan beton (Syahrul dan Amir, 2024).

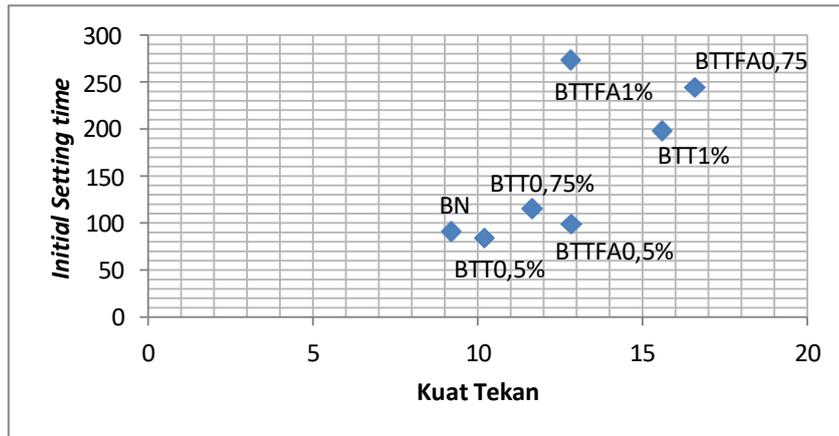
Penambahan tetes tebu dan *fly ash* pada beton dapat meningkatkan kekuatan beton dengan titik optimum pada varian BTTFa_{0,75%} namun mengalami penurunan pada variasi BTTFa_{1%} hal ini terjadi karena pemakaian campuran tetes tebu dan *fly ash* melebihi batas pemakaian zat aditif yang seharusnya optimal pada campuran tetes tebu 0,75% dan *fly ash* 12,5%.

4.10 Hubungan *Setting time* dengan Kuat Tekan Beton

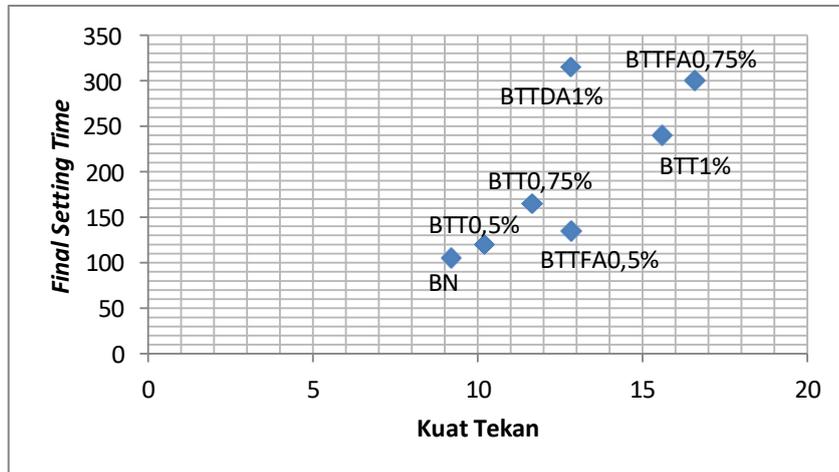
Setting time dan kuat tekan merupakan parameter penting yang menentukan mutu beton. *Setting time* menunjukkan durasi pengerasan pasta semen, sedangkan kuat tekan menunjukkan kemampuan beton menahan beban pada umur tertentu. Variasi campuran dan bahan tambah dapat memengaruhi keduanya, sehingga analisis hubungan keduanya diperlukan untuk memahami pengaruh waktu pengerasan terhadap kekuatan beton. Berikut grafik hubungan *setting time* dengan kuat tekan beton.

Tabel 4.24: Hubungan *setting time* dengan kuat tekan beton.

Variasi	Kuat Tekan (MPa)	<i>Initial Setting Time</i> (menit)	<i>Final Setting Time</i> (menit)
BN	9.19	91	105
BTT0,5%	10.2	84	120
BTT0,75%	11.64	115	165
BTT1%	15.59	198	240
BTTFa0,5%	12.84	99	135
BTTFa0,75 %	16.58	244	300
BTTFa1%	12.82	273	315



Gambar 4.6: Hubungan *initial setting time* dengan kuat tekan beton.



Gambar 4.7: Hubungan *final setting time* dengan kuat tekan beton.

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara setting time dengan kuat tekan beton. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa waktu ikat mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Variasi campuran beton dengan bahan tambah Tetes Tebu 0,75% dan Fly ash 12,5% terhadap berat semen dengan nilai waktu ikat awal 244 menit, waktu ikat akhir 300 menit dan memiliki nilai kuat tekan rata-rata 16,58 MPa. Dari hasil tersebut membuktikan nilai Setting time mempengaruhi nilai kuat tekan beton.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dengan penggunaan bahan tambah tetes tebu (molase) dan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan tetes tebu (molase) dan *fly ash* sangat berpengaruh pada nilai *setting time* beton. Terbukti pada variasi campuran 1% molase + 12,5% *fly ash* menghasilkan waktu *setting time* yang paling lama dibandingkan dengan beton normal yaitu dengan waktu ikat awal 273 menit dan waktu ikat akhir 315 menit.
2. Hasil kuat tekan beton normal sebesar 9.19 Mpa. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada variasi campuran 0,75% molase + 12,5% *fly ash* yaitu 16.58 MPa, meningkat 80,4% dari beton normal. Namun hasil dari pengujian kuat tekan beton diatas tidak memenuhi syarat kuat tekan beton yang direncanakan sebesar 25 MPa.
3. Komposisi yang tepat dapat menghasilkan beton dengan mutu yang baik berdasarkan penelitian ini adalah dengan molase 0,75% dan *fly ash* 12,5% dari berat semen cocok untuk kuat tekan optimum pada penambahan campuran beton.

5.2 Saran

1. Penelitian perlu dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan bahan retarder yang sudah umum dipakai pada pekerjaan konstruksi. Sehingga hasil yang diperoleh dari tetes tebu sebagai bahan tambah dapat dibandingkan terhadap bahan retarder yang sudah umum sebagai perbandingan pengaruh terhadap *setting time* dan kuat tekan beton.
2. Dalam penelitian ini, pengujian beton dilakukan setelah umur 28 hari, perlu dilakukan variasi pengujian dengan umur beton 7 hari, dan 14 hari untuk mengetahui pengaruh penggunaan tetes tebu & *fly ash* pada campuran beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S. B. (2018). Investigasi Pengaruh Air Laut Sebagai Air Pencampuran Dan Perawatan Terhadap Sifat Beton. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 5(1), 48–52. <https://doi.org/10.31963/intek.v5i1.200>
- Al-hasan, S. A., dan Hartantyo, S. D. (2020). Pengaruh Limbah Pabrik Gula Molase Sebagai Bahan Tambah (Admixture) Kuat Tekan Beton K-175 Dengan Menggunakan Pasir Lokal Pasir Jombang. *UKARsT*, 4(1), 14. <https://doi.org/10.30737/ukarst.v4i1.701>
- Ansori, M. A., Ridwan, A., dan Cahyo, Y. (2019). Penelitian Uji Kuat Tekan Beton Dengan Memanfaatkan Air Limbah Tetes Tebu Dan Zat Additive Concrete. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 2(1), 16. <https://doi.org/10.30737/jurmateks.v2i1.388>
- Assa, A., dan Adinata, E. (2013). Karakteristik kimia dan fisika semen pozolan kapur yang diperkaya silika abu sekam padi. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 24(1). <http://202.47.80.55/dpi/article/view/651>
- Firda, A., Permatasari, R., dan Fuad, I. S. (2021). Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Sebagai Material Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Ringan. *Jurnal Deformasi*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.31851/deformasi.v6i1.5423>
- Hilmi, R. Z., Hurriyati, R., dan Lisnawati. (2018). ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN SUPERPLASTICIZER (SIKAMENT® LN) PADA CAMPURAN BETON $f'c$ 35 MPa TERHADAP KUAT TEKAN BETON. 3(2), 91–102.
- Purba, I. N. S. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat pada Campuran Beton K175 Terhadap Kuat Tekan Beton Campuran. 9.
- Putra Pradana, R., Nur Arini, R., dan Andreas, A. (2023). Analisa Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton Fly Ash Dengan Penambahan Serat Polypropylene. *Jurnal ARTESIS*, 3(1), 103–108. <https://doi.org/10.35814/artesis.v3i1.5029>
- Riyanto, S. (2020). Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Variasi Umur Uji Dengan Bahan Retarder Tetes Gula/ Molasses. *PROKONS Jurusan Teknik Sipil*, 8(1), 85. <https://doi.org/10.33795/prokons.v8i1.61>
- Setiawati, M. (2018). Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2018*, 1–8.
- Syahrul, S., dan Amir, A. (2024). Efektifitas Pemanfaatan Material Terbuang Fly Ash Komposisi Bahan Tambah Pengikat Bata Beton. *Sebatik*, 28(1), 57–65. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v28i1.2440>
- SNI 1969-2016 Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

- SNI 1969-2016 Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus* Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-1972-2008 Metode Pengujian Slump Beton* Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-1974-2011 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.* 2011. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-4142-1996 Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm).* Pustran Balitbang Pekerjaan Umum. Jakarta.
- SNI 03-627-2002 Metode Pengujian Waktu Ikat Menggunakan Alat Vicat Untuk Pekerjaan Sipil.* Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 1973-2008 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat.* Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 7656-2012 Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal.* Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 15-2049-2004 Semen Portland.* 2004. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.* 2013. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

LAMPIRAN

DOKUMENTASI PADA SAAT PENELITIAN
BERLANGSUNG DI LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA



Gambar L 1. Semen



Gambar L 2. Tetes Tebu (molase)



Gambar L 3. *Fly Ash* Tipe C



Gambar L 4. Pengujian Berat Jenis *Fly Ash*



Gambar L 5. Analisa Saringan *Fly Ash*



Gambar L 6. Pengujian Material Beton



Gambar L 7. Proses *Mix design*



Gambar L 8. Pengujian *Slump*



Gambar L 9. Proses Perendaman Beton



Gambar L 10. Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar L 11. Pengujian *Setting Time*

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap : Muhammad Ardian
Nama Panggilan : Ardian
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 29 Oktober 2002
Alamat : Jl. Madiosantoso Gg. Setia No. 138c
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Agus Riadi
Ibu : Sri Susanti
No. HP : 081262474515
Email : ardimuhammad2917@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 2107210131
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

No.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1.	SD	SD Negeri 106161 Laut Dendang	2015
2.	SMP	SMP Negeri 27 Medan	2018
3.	SMK	SMK Negeri 1 Percut Sei Tuan	2021