

TUGAS AKHIR

UJI KUAT TEKAN BETON DENGAN CAMPURAN ABU AMPAS TEBU DAN LIMBAH GYPSUM (Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh :
IBNU TAQWIN
1907210083



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ibnu Taqwin

NPM : 1907210083

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Uji Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Abu Ampas Tebu dan Limbah Gypsum (Studi Penelitian)

Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 04 Maret 2024

Dosen Pembimbing



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ibnu Taqwin
NPM : 1907210083
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Uji Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Abu Ampas Tebu dan Limbah Gypsum (Studi Penelitian)
Bidang Ilmu : Struktur

Medan, 04 Maret 2024

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Penguji I



Rizki Efrida, S.T., M.T.

Dosen Penguji II



Sri Prafanti, S.T., M.T.

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ibnu Taqwin
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/11 Mei 2001
NPM : 1907210083
Fakultas : Fakultas Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Uji Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Abu Ampas Tebu Dan Limbah Gypsum (Studi Penelitian)”.

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

Bila kemudian hari diduga 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 perbuat 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, 04 Maret 2024

Saya yang



Ibnu Taqwin

ABSTRAK

UJI KUAT TEKAN BETON DENGAN CAMPURAN ABU AMPAS TEBU DAN LIMBAH GYPSUM

Ibnu Taqwin

1907210083

Assoc Prof Dr Fahrizal Zulkarnain

Sumber daya alam yang terus menipis mengakibatkan banyaknya penelitian-penelitian berinovasi tentang bahan tambahan (admixture) pada campuran beton. Salah satunya menggunakan limbah-limbah industri yang tidak terpakai seperti ampas tebu. Dari beberapa penelitian didapat kesimpulan bahwa campuran limbah gypsum pada beton tidak memberikan tambahan kekuatan pada beton tetapi memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (workability). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh yang di berikan oleh abu ampas tebu dan gypsum terhadap kuat tekan beton dan Untuk mengetahui bagaimana perbedaan kuat tekan beton normal dan beton abu ampas tebu di tambah gypsum. Pengujian menggunakan benda uji silinder berjumlah 21 buah yang berumur 28 hari. Nilai kuat tekan rata-rata setiap variasi yaitu BTN 25,88 MPa, BAAT 3% 24,05 MPa, BAAT 5% 22,93 MPa, BAAT 7% 20,13 Mpa. Setiap Variasi mengalami penurunan kuat tekan, BAAT 3% penurunan sebesar 1,83 MPa (7,07%), BAAAT 5% penurunan sebesar 2,95 MPa (11,39%), dan BAAT 7% Penurunan sebesar 5,57% (22,21%). Hal ini disebabkan karena abu ampas tebu yang ditambahkan mengalami reaksi pozzolan dengan karbon hidroksida tidak dapat tercampur secara sempurna. Penurunan kuat tekan juga terjadi pada variasi BAATG 3%, 5% dan 7% dengan nilai rata rata BAATG 3% 23,05 MPa penurunan sebesar 2,83 MPa (10,92%), BAATG 5% 21,46 MPa penurunan sebesar 4,42 MPa (17,08%) dan BAATG 7% 10,49 penurunan sebesar 6,39 MPa (24,68%) dengan kuat tekan BTN sebesar 25,88 MPa. Hal ini terjadi karena siat dari gypsum tidak dapat menyatu dengan bahan penyusun beton, yang berakibat terbentuknya pori pori pada cetakan beton.

Kata kunci: Ampas Tebu, *Gypsum*, *Workability*, *Admixture*.

ABSTRACT

COMPRESSIVE STRENGTH TEST OF CONCRETE WITH A MIXTURE OF CANE BAGGAGE ASH AND GYPSUM WASTE

Ibnu Taqwin

1907210083

Assoc Prof Dr Fahrizal Zulkarnain

Natural resources that continue to decline have resulted in many innovative researches on admixtures in concrete mixtures. One of them uses unused industrial wastes such as bagasse. From several studies it was concluded that the mixture of gypsum waste in concrete does not provide additional strength to the concrete but provides ease of implementation (workability). The purpose of this research is to find out how the effect given by bagasse ash and gypsum on the compressive strength of concrete and to find out how the difference in compressive strength of normal concrete and bagasse ash concrete added with gypsum. The test used 21 cylinder specimens that were 28 days old. The average compressive strength value of each variation is BTN 25.88 MPa, 3% BAAT 24.05 MPa, 5% BAAT 22.93 MPa, 7% BAAT 20.13 Mpa. Each variation experienced a decrease in compressive strength, BAAT 3% decreased by 1.83 MPa (7.07%), BAAAT 5% decreased by 2.95 MPa (11.39%), and BAAT 7% decreased by 5.57% (22.21%). This is because the added bagasse ash experienced a pozzolanic reaction with carbon hydroxide that could not be mixed completely. The decrease in compressive strength also happens in 3%, 5% and 7% BAATG variations with the average value of 3% BAATG 23.05 MPa a decrease of 2.83 MPa (10.92%), 5% BAATG 21.46 MPa a decrease of 4.42 MPa (17.08%) and 7% BAATG 10.49 a decrease of 6.39 MPa (24.68%) with BTN compressive strength of 25.88 MPa. This happened because the gypsum could not blend with the concrete ingredients, which resulted in the formation of pores in the concrete molding.

Keywords: Sugarcane Bagasse, Gypsum, Workability, Admixture.

KATA PENGANTAR

Assalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT. Yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Uji Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Abu Ampas Tebu Dan Limbah Gypsum" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain. Selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembanding I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Sri Prafanti, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembanding II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T. selaku Sekertaris Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Terimakasih yang istimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Fery Azmi S.T dan Ibunda tercinta Endang Rismawati S.T yang telah susah payah mendidik dan membiayai saya serta menjadi penyemangat saya dan senantiasa mendoakan saya sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya.
10. Terimakasih juga kepada keluarga besar saya yang telah terus mendukung saya dalam mengerjakan tugas akhir saya ini.
11. Sahabat-sahabat penulis yaitu Fakhri Dzul Ikram Putra, dan Khairul Fahmi, Cut Khairuni Ananda, yang satu kelompok dengan saya dan juga seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini asih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan.

Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bias memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Amiin.
Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabararakatuh.

Medan, 04 Maret 2024



Ibnu Taqwin

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Ruang lingkup penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat penlitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Bahan Dasar Beton Normal	5
2.2.1 Semen	6
2.2.2 Agregat Halus	6
2.2.3 Agregat kasar	11
2.2.4 Air	13
2.2.5 Bahan Tambahan	14
2.3 Beton Normal	14
2.4 Abu Ampas Tebu	14
2.5 Gypsum	15
2.6 Kuat Tekan Beton	15
2.7 Penelitian Terdahulu	18
BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.2 Metode Penelitian	22
3.2.1 Data Sekunder	22
3.2.2 Tahapan Penelitian	23

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.3.1 Rencana Penelitian	24
3.4 Teknik Pengumpulan Data	25
3.5 Bahan dan Peralatan	25
3.5.1 Peralatan	26
3.6 Persiapan Penelitian	27
3.7 Pemeriksaan Agregat	27
3.8 Pelaksanaan penelitian	28
3.8.1 Perencanaan Pembuatan Campuran (Mix Desain) SNI 7656-2012	28
3.9 Pemeriksaan Agregat	34
3.9.1 Analisa Pemeriksaan Agregat Halus	34
3.9.2 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	34
3.9.3 Pemeriksaan Berat isi Agregat halus	35
3.9.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	35
3.9.5. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	36
3.9.6 Pemeriksaan Analisa saringan Agregat Halus	37
3.9.7 Analisa pemeriksaan Agregat Kasar	38
3.9.8 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	39
3.9.9 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	39
3.9.10 Pemerksaan Kadar Lumpur Agregat kasar	40
3.9.11 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerpan Agregat Kasar	40
3.9.12 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	40
3.10 Abu Ampas Tebu	42
3.11 Abu Gypsum	42
3.12 Perencanaan Campuran Beton	42
3.13 Pelaksanaan Penelitian	42
3.13.1 Trial mix	42
3.13.2 Pembuatan Benda Uji	43
3.13.3 Pengujian Slump	44
3.13.4 Perawatan Benda Uji (<i>curing</i>)	45
3.13.5 Pengujian Kuat Tekan	45
BAB 4_HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Hasil dan Analisa Pemeriksaan Agregat	47

4.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus	47
4.1.2 Pemeriksaan Agregat Kasar	51
4.2 Perencanaan Campuran Beton	54
4.2.1 Langkah Perhitungan	55
4.2.2 Kebutuhan Bahan	61
4.3 Pengujian <i>Slump</i>	63
4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton	64
BAB 5_KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	72
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Batas Gradasi Pasir Nomor I (Pasir Kasar)	9
Gambar 2.2 Batas Gradasi Pasir Nomor II (Pasir Agak Kasar)	9
Gambar 2.3 Batas Gradasi No III (Pasir Agak Halus)	10
Gambar 2.4 Batas Gradasi No IV (Pasir Halus)	10
Gambar 2.5 Batas gradasi agregat kasar	12
Gambar 3.1 Bagan Alir	21
Gambar 3.2 Benda Uji Silinder	43
Gambar 4.1 Grafik Nilai <i>Slump</i>	64
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834, 2000)	8
Tabel 2.2 Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834-2000)	12
Tabel 2.3 Komposisi Kimia Gypsum	15
Tabel 2.4 Toleransi Waktu Pengujian Kuat Tekan Beton (ASTM C-39, 2003)	17
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu	18
Tabel 3.1 Variabel campuran beton	25
Tabel 3.2 Slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi (SNI 7656-2012)	28
Tabel 3.3 Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah.	29
Tabel 3.4 Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen $\{w/(c + p)\}$ dan kekuatan beton.	30
Tabel 3.5 Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen $\{w/(c + p)\}$ dan kekuatan beton.	31
Tabel 3.6 Perkiraan awal berat beton segar	32
Tabel 3.7 Jumlah variasi sampel yang direndam selama 28 hari	45
Tabel 4.1 Analisa Saringan Agregat Halus	47
Tabel 4.2 Pengujian Kadar Air Agregat Halus	48
Tabel 4.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	49
Tabel 4.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	49
Tabel 4.5 Pengujian Berat jenis Agregat Halus	50
Tabel 4.6 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	51
Tabel 4.7 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	52
Tabel 4.8 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	52
Tabel 4.9 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	53

Tabel 4.10 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	54
Tabel 4.11 Data-data hasil tes dasar	54
Tabel 4.12 Data kebutuhan <i>Mix Design</i>	55
Tabel 4.13 Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur dan Kadar Udara Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah	56
Tabel 4.14 Hubungan Antara Rasio Air-Semen atau Rasio Air-Bahan Bersifat Semen dan Kekuatan Beton	57
Tabel 4.15 Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton	58
Tabel 4.16 Perkiraan Awal Beton Segar	58
Tabel 4.17 Perbandingan Berat Bahan	60
Tabel 4.18 Kebutuhan bahan penyusun beton untuk setiap variasi benda uji	62
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Nilai <i>Slump</i> Setiap Variasi Benda Uji	63
Tabel 4.20 Hasil pengujian kuat tekan beton setiap variasi campuran	65

DAFTAR NOTASI

A	= Luas Penampang
B _j	= Berat Jenis
FM	= Modulus Kehalusan
f _c	= Kuat Tekan
n	= Jumlah Benda Uji
P	= Beban Tekan
t	= Tinggi Benda Uji
V	= Volume
W	= Berat
Ø	= Diameter
M	= Nilai Tambah
S _r	= Standar Rencana
W _h	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Halus
W _k	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Kasar
B	= Jumlah Air
C	= Agregat Halus
D	= Agregat Kasar
Ca	= Absorpsi Air Pada Agregat Halus
Da	= Absorpsi Air Pada Agregat Kasar
C _k	= Kandungan Air Dalam Agregat Halus
D _k	= Kandungan Air Dalam Agregat Kasar
BN	= Beton Normal

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L.1 Pengangkutan Material Menuju Laboratorium Teknik Sipil UMSU	71
Gambar L.2 Pengujian Agregat Halus & Agregat Kasar	71
Gambar L.3 Menimbang Agregat setelah pengujian sesuai dengan kebutuhan bahan pada <i>mix design</i>	72
Gambar L.4 Proses Mengumpulkan Ampas Tebu	72
Gambar L.5 Ampas Tebu yang sudah dikeringkan	72
Gambar L.6 Proses Pembakaran Ampas Tebu	73
Gambar L.7 Abu Ampas Tebu Yang Dihasilkan dari proses pembakaran	73
Gambar L.8 Persiapan Pembuatan Benda Uji	73
Gambar L.9 Proses <i>Mixer</i> campuran beton	74
Gambar L.10 Campuran Beton Setelah Proses <i>Mixer</i>	74
Gambar L.11 Proses Pembuatan Benda Uji	74
Gambar L.12 Proses Uji <i>Slump Test</i>	75
Gambar L.13 Perendaman Benda Uji	75
Gambar L.14 Usia Perendaman Setelah 28 Hari	75
Gambar L.15 Pengangkatan Benda Uji Setelah Perendaman 28 Hari	76
Gambar L.16 Membawa Benda uji setelah perendaman menuju tempat pengujian	76
Gambar L.17 Lokasi Pengujian Lab.Beton USU	76
Gambar L.18 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi BAAT 3%, 5%, dan 7%	77
Gambar L.19 Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi BAATG 3%, 5%, dan 7%	77
Gambar L.20 Pengujian Selesai	77
Gambar L.21: Laporan Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi BTN, BAAT 3%, dan BAAT 5%	78

Gambar L.22: Laporan Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi BAAT 7%	79
Gambar L.23: Laporan Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi BAATG 3%, BAATG 5% dan BAATG 7%	80

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya pembangunan berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan akan beton sebagai bahan bangunan yang banyak digunakan. Pembangunan akan terus berkembang begitu juga dengan kebutuhan akan beton selanjutnya dimasa yang akan datang. banyak digunakan pada pembangunan karena mudah dibentuk sesuai dengan keperluan terlebih lagi bahan pembentuk beton yaitu pasir, batu pecah, semen dan air merupakan bahan yang tidak sulit untuk didapatkan, perawatannya tidak memerlukan banyak biaya dan memiliki kuat tekan yang tinggi.

Beton adalah campuran dari beberapa material yang diikat dengan dengan semen. Material-material penyusun beton terdiri dari agregat kasar dan halus, dimana material-material tersebut memiliki porsi sebesar 75% dari campuran beton secara terus-menerus mengakibatkan sumber daya alam semakin meurun. Hal itu di sebabkan karena, hampir semua material penyusun beton merupakan hasil dari sumber daya alam.

Sumber daya alam yang terus menipis mengakibatkan banyaknya penelitian-penelitian berinovasi tentang bahan tambahan (admixture) pada campuran beton. Salah satunya menggunakan limbah-limbah industri yang tidak terpakai seperti ampas tebu. Tanaman tebu merupakan tanaman endemik yang ada di Indonesia. Karena, di Indonesia gula merupakan salah satu kebutuhan pokok yang tidak bisa terlepaskan. Salah satu daerah penghasil tebu terbanyak di Indonesia yaitu daerah Kabupaten Ogsn Ilir Provinsi Sumatera Selatan. Di daerah Kabupaten Ogan Ilir terdapat pabrik pengolahan tebu yang cukup besar yaitu pabrik PTPN 7 Cinta Manis.

Ampas tebu (baggase ash) adalah campuran dari serat yang kuat, yang mempunyai tingkat higroskopis yang tinggi, dihasilkan melalui pengilingan tebu.

Ampas tebu sendiri merupakan hasil limbah buangan yang berlimpah dari proses pembuatan gula kurang lebih 30% dari kapasitas giling.

Berkembangnya pembangunan berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan akan beton sebagai bahan bangunan yang banyak digunakan dan Indonesia menjadi salah satu negara berkembang yang terus melakukan pembangunan di segala bidang sehingga kebutuhan akan beton dimasa yang akan datang terus meningkat.

Saat ini berbagai cara, serta penelitian dilakukan dan terus berkembang dengan tujuan meningkatkan kekuatan beton, salah satunya pada material pembentuk beton itu sendiri. Berbagai macam limbah di teliti, diantaranya limbah marmer yang berasal dari sisa potongan pada pembangunan dengan bahan marmer dan limbah ampas tebu yang berasal dari limbah tebu.

Penggunaan limbah gypsum adalah sebagai bahan pengganti semen dan di harapkan limbah gypsum agar lebih bermanfaat baik dari segi biaya dan kekuatan beton itu sendiri. Banyak para peneliti dan para ahli yang sudah berusaha mengembangkan material ini baik dari sisi kekuatan, kemudahan pelaksanaan, nilai ekonomis. Material limbah gypsum akan dicampur sebagai substitusi semen dengan komposisi 10%, 200%, 30% dari prosentase semen itu sendiri. Kesimpulan: Campuran limbah gypsum pada beton tidak memberikan tambahan kekuatan pada beton tetapi memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (workability).

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan 10% limbah gypsum dengan substitusi abu ampas tebu pada agregat halus terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana pengaruh abu ampas tebu tanpa penambahan gypsum dalam campuran beton terhadap nilai kuat tekan beton?
3. Pada Variasi berapakah nilai kuat tekan paling berpengaruh?

1.3 Ruang lingkup penelitian

Pada penelitian ini permasalahan ini di batasi pada:

1. Metode untuk perencanaan campuran menggunakan Metode Standar Nasional Indonesia (SNI 2000).
2. Persentase abu ampas tebu yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 3%, 5%, dan 7% terhadap berat semen yang digunakan pada umur 28 hari.
3. Persentase gypsum yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 10% terhadap berat semen sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton.
4. Melakukan pengujian kuat tekan beton normal dan beton bahan tambah abu ampas tebu dan gypsum.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh yang di berikan oleh abu ampas tebu dan gypsum terhadap kuat tekan beton
2. Untuk mengetahui perbedaan kuat tekan beton normal dan beton abu ampas tebu di tambah gypsum.

1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kualitas kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan abu ampas tebu dan gypsum dengan persentase yang telah di tentukan sehingga nantinya dapat membantu mendapatkan campuran beton yang kuat namun dengan menggunakan bahan yang lebih ekonomis.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini disesuaikan dengan sistematika yang telah ditetapkan sebelumnya, agar lebih mudah memahami isinya. Sistematika penulisan ini memuat hal sebagai berikut,

BAB. 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan pendahuluan yang menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB. 2 TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan bab yang menguraikan uraian beberapa teori yang diambil dari beberapa literatur yang relevan dari berbagai sumber bacaan. Yang mendukung analisa permasalahan yang berkaitan dengan Tugas Akhir Ini.

BAB. 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan lebih lanjut tentang metode yang dipakai dalam penelitian. Termasuk di dalamnya pengambilan data, langkah penelitian, analisa data, pengolahan data, dan bahan uji.

BAB. 4 ANALISA DATA

Berisikan pembahasan mengenai data data yang didapat dari pengujian, kemudian di analisis, sehingga diperoleh hasil perhitungan dan kesimpulan hasil mendasar.

BAB. 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan penutup yang berisikan tentang kesimpulan yang telah diperoleh dari pembahasan pada bab sebelumnya dan saran mengenai hasil penelitian yang dapat dijadikan masukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang paling utama digunakan pada struktur konstruksi. Dimana memiliki beberapa campuran yaitu agregat kasar, agregat halus, air, dan semen, dengan mengikuti perkembangan zaman era globalisasi ini maka diperlukan peningkatan kualitas konstruksi seperti kuat tekan dan belah beton, ada salah satu cara adalah dengan menambahkan bahan tambah dan mensubstitusikan bahan tambah dengan campuran beton (Vivin Wagio et al., 2023)

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Koidah & Setiawan, 2022)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi sifat beton adalah sebagai berikut:

1. Kualitas semen (apabila digunakan untuk konstruksi beton bertulang pada umumnya dipakai jenis semen yang memenuhi syarat
2. Proporsi semen terhadap campuran dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
3. Mampu memikul beban yang berat
4. Biaya pemeliharaan yang kecil.

2.2 Bahan Dasar Beton Normal

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambahan lainnya dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan Komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing–masing material pembentuk Komposit, maka kualitas beton sangat

tergantung dari kualitas masing–masing material pembentuk Komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing–masing material pembentuk (Lumintang et al., 2019)

2.2.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif (adhesive) dan kohesif (cohesive) yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Semen merupakan bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan semen hidraulis (hydraulic cements) (Sutrisno & Widodo, 2017)

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mencampurkan dengan mencampurkan batu kapur yang mengandung kapur (CaO) dan lempung yang mengandung silica (SiO₂), oksida alumina (Al₂O₃) dan oksida besi (Fe₂O₃) dalam oven dengan suhu kira kira 145°C sampai menjadi clinker. Clinker ini di pindahkan, digiling sampai halus disertai penambahan 3-5% gips untuk mengendalikan waktu pengikut semen agar tidak berlangsung cepat (Gazali & Adawiyah, 2018)

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland dibagi dalam 5 jenis, yaitu:

1. Semen Portland jenis 1 (Ordinary Portland Cement-OPC);
2. Semen Portland jenis II;
3. Semen portland jenis III;
4. Semen Portland jenis IV; dan
5. Semen Portland jenis V

2.2.2 Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil deintegrasi alami dari batuan atau berupa pasir batuan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Ukuran butiran pasir umumnya berkisar antara 0,15 mm dan 4,8 mm. Pasir yang baik adalah apabila butir-butirnya tajam dan kasar, tidak mengandung lumpur lebih 5 %, serta bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

Pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam :

1. Pasir galian, dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut berpori, dan bebas dari kandungan garam.
2. Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus bulat-bulat akibat proses gesekan, sehingga daya lekat antar butir-butir berkurang. Pasir ini paling baik dipakai untuk memplester tembok.
3. Pasir laut diambil dari pantai, butir-butirnya halus dan bulat akibat gesekan. Banyak mengandung garam yang dapat menyerap kandungan air dari udara. Pasir laut tidak baik digunakan sebagai bahan bangunan.

Menurut (SNI 03-2834-2000, 2000) agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,75 mm yang biasanya disebut pasir.

Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

- a. Pasir halus: \emptyset 0-1 mm
- b. Pasir kasar: \emptyset 1-5 mm

Agregat halus (pasir) mempengaruhi proses reaksi pada hidrasi semen dalam beton. Fungsi agregat halus dalam mix design beton adalah sebagai pengisi. Dilihat dari berat jenis agregat halus maka tujuan penggunaan agregat halus pada sebuah adalah:

1. Menambah kekuatan beton
2. Menghemat pemakaian semen
3. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton.

Ukuran yang sesuai dengan SNI 03-2834- 2000 memberi syarat-syarat untuk agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam table 2.5 dan dijelaskan melalui Gambar 2.1 hingga Gambar 2.4 Untuk mempermudah pemahaman

Gradasi agregat halus memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Memiliki butiran yang keras dan tajam, karena bentuk pasir yang tajam akan mempererat antar agregat dan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras.

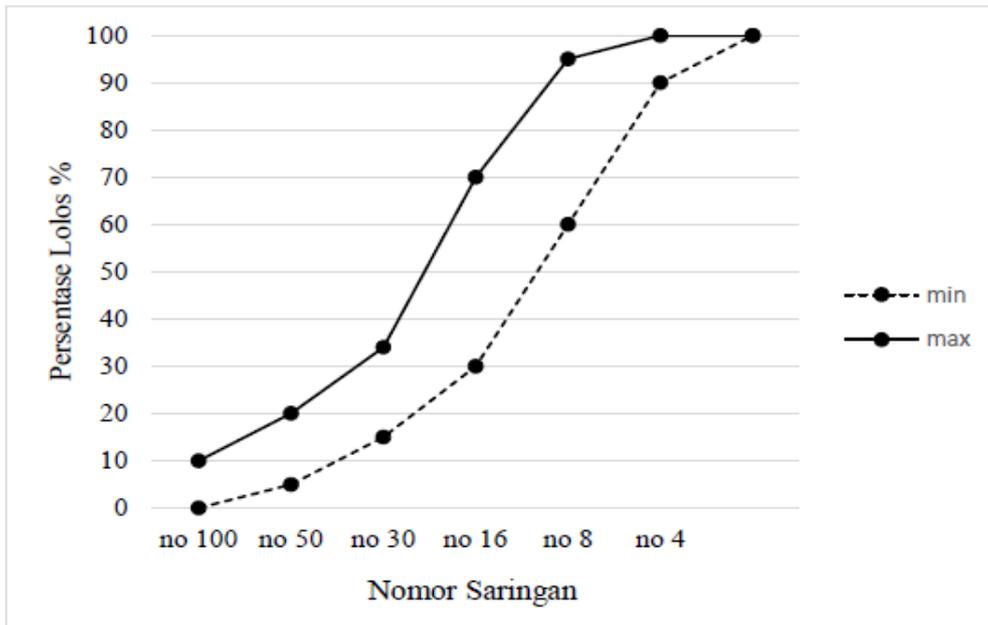
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir
3. Tidak mengandung zat organik lebih dari 0,5%. Untuk beton mutu tinggi dianjurkan dengan modulus kehalusan 3,0 atau lebih
4. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama)

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

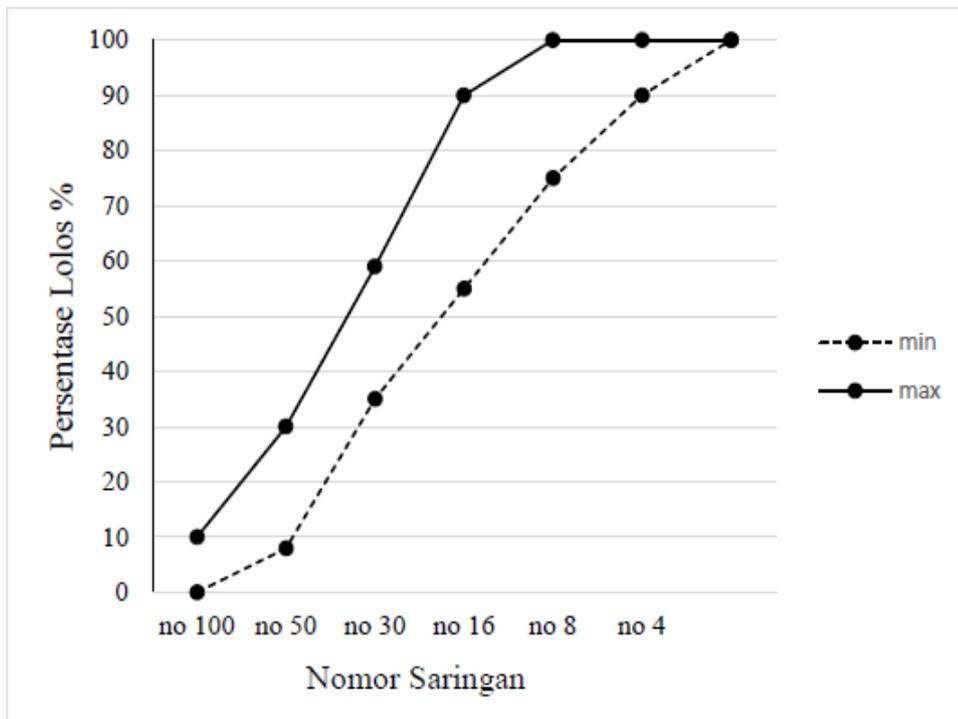
Lubang Ayakan (mm)	No.	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

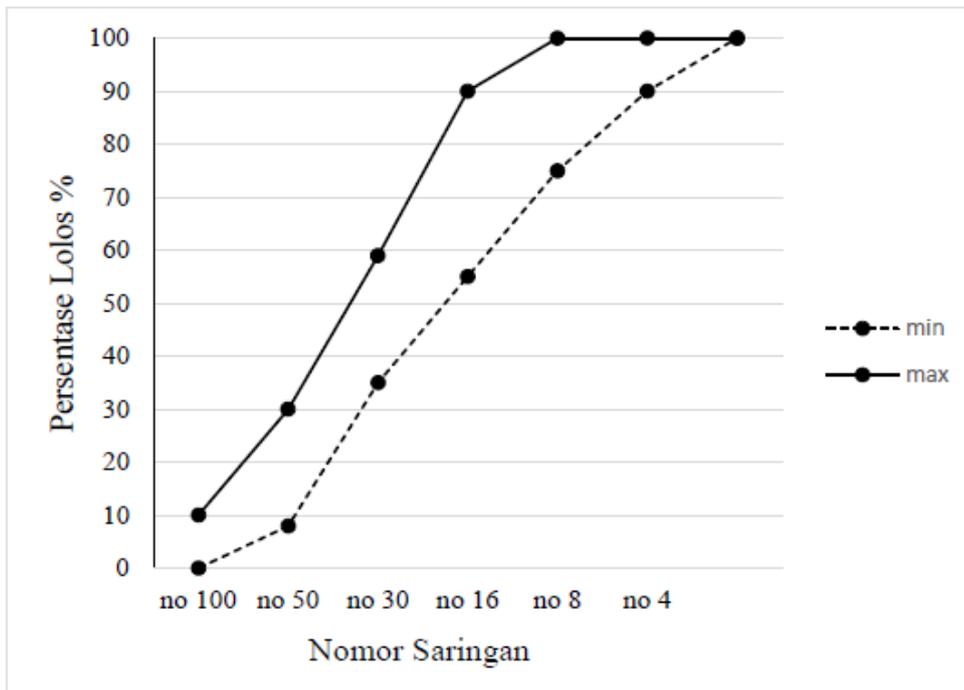
- Daerah gradasi I = Pasir kasar
- Daerah gradasi II = Pasir agak kasar
- Daerah gradasi III = Pasir agak halus
- Daerah gradasi IV = Pasir halus



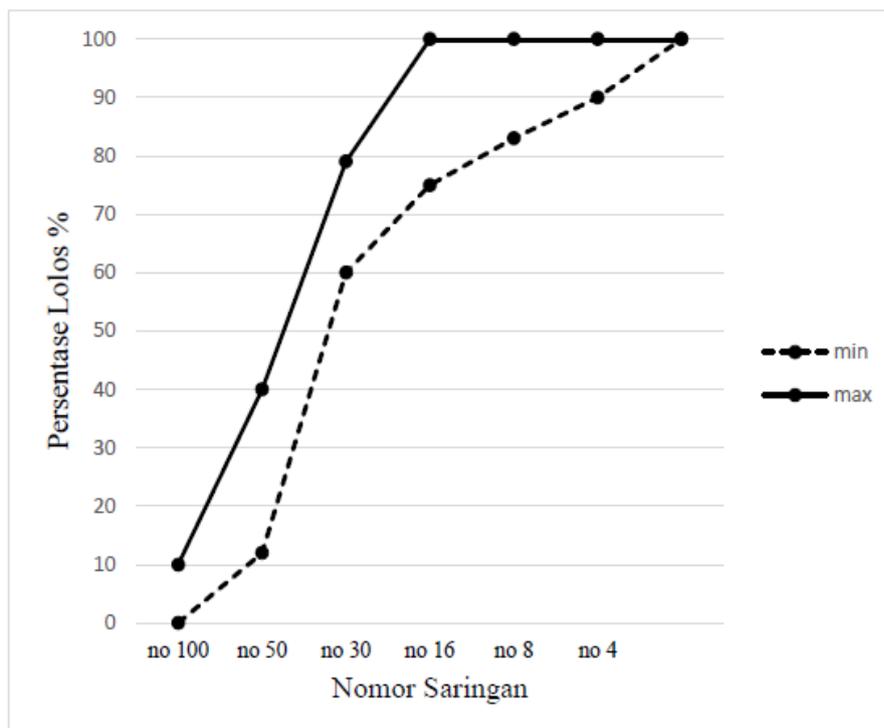
Gambar 2.1: Batas Gradasi Pasir Nomor I (Pasir Kasar) (SNI 03-2834, 2000)



Gambar 2.2: Batas Gradasi Pasir Nomor II (Pasir Agak Kasar) (SNI 03-2834, 2000)



Gambar 2.3: Batas Gradasi No III (Pasir Agak Halus) (SNI 03-2834, 2000)



Gambar 2.4: Batas Gradasi No IV (Pasir Halus) (SNI 03-2834, 2000)

2.2.3 Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat yang butirannya lebih besar dari 5 mm atau agregat yang semua butirannya dapat tertahan diayakan 4,75 mm. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari sintegrasi dari batu-batuan atau batu pecah yang di peroleh dari pemecahan manual atau mesin.

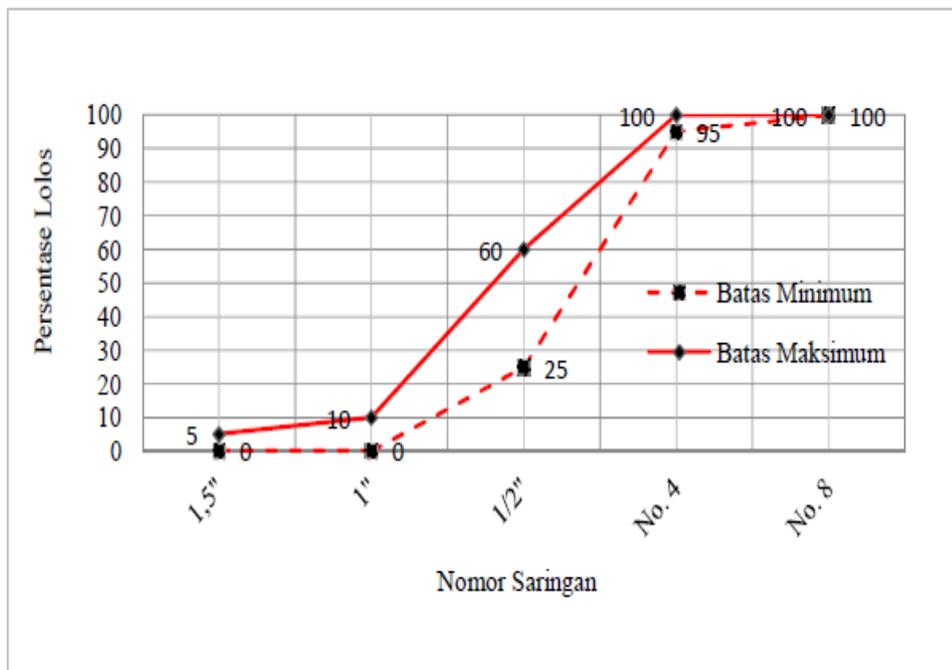
Menurut (SNI 03-2834, 2000), agregat kasar adalah kerikil yang dihasilkan dari pecahan batuan yang dilakukan secara manual atau dengan mesin yang memiliki ukuran 5 mm – 40 mm, yang tertahan diatas ayakan no. 4,75 mm. Kekerasan agregat kasar dapat di uji dengan mesin pengaus Los Angeles dimana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%. Dalam hal ini agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton memiliki karakteristik tersendiri. 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 di cuci.
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 apa bila di ayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 - a. Sisa diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total.
 - b. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90%-98% berat total.
 - c. Selisih antara sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 10%
4. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1/5 dari terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 dari tebal plat atau 3/4 dari jarak besi minimum antara tulang tulangan

Menurut SNI 03-2834-2000 batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam table 2.6 dan jelaskan melalui Gambar 2.5 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.2: Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834-2000)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (½ in)	25	60
4,75 (No. 4)	95	100
2,36 (No. 8)	100	100



Gambar 2.5: Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834, 2000)

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

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

2.2.4 Air

Air adalah bahan dasar pembuatan beton yang paling murah. Fungsi air dalam beton adalah untuk membuat semen bereaksi dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat. Untuk membuat semen bereaksi hanya dibutuhkan air sekitar 25-30 persen dari berat semen. Tetapi pada kenyataan dilapangan apabila faktor air semen (berat air dibagi berat semen) kurang dari 0,35 maka adukan sulit dikerjakan, sehingga umumnya faktor air semen lebih dari 0,40 yang mana terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Kelebihan air inilah yang berfungsi sebagai pelumas agregat, sehingga membuat adukan mudah dikerjakan. Tetapi seiring dengan semakin mudahnya pengerjaan, maka akan menyebabkan beton menjadi porous atau terdapat banyak rongga, maka kuat tekan beton itu sendiri akan menurun (Sutrisno & Widodo, 2017)

Dalam pembuatan beton, air menjadi sangat penting karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton karena kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi bleeding, yaitu air Bersama-sama semen akan naik keatas permukaan beton segar yang baru saja dituangkan. Hal ini menyebabkan kurangnya lekat antara lapisan-lapisan beton dan membuat menjadi lemah.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap:

- a) Sifat workability adukan beton
- b) Besar kecilnya nilai susut beton
- c) Kelangsungan reaksi dengan semen Portland sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu
- d) Perawatan kertas adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2gram/liter.
- b) Tidak mengandung garam-garam yang merusak beton (asam dan zat organik) lebih dari 15 gram/liter
- c) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 5 gram/liter
- d) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter

2.2.5 Bahan Tambahan

Gypsum adalah satu bahan baku beton yang di tambahkan kedalam campuran beton sebelum atau selam pencampuran beton sebelum atau selama pencampuran mengubah sifat-sifat beton segar maupun beton yang telah mengeras untuk mencapai tujuan yang di inginkan atau tujuan dari campuran beton. Dan juga untuk tujuan ekonomi yang dapat kemungkinan pengurangan semen.

Pengujian beton dengan limbah gypsum ini dilakukan pada item slump dan kuat tekan sehingga hasil campuran ini menjadi satu dengan beton (Lalita et al., 2023)

2.3 Beton Normal

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m³ yang menggunakan agregat alam yang pecah atau tanpa di pecah yang tidak menggunakan bahan (SNI 03-2847-2002). Kuat tekan beton normal berkisar antara 28-60 MPa pada umur beton 28 hari. Beton terdiri dari $\pm 15\%$ semen, $\pm 8\%$ air, $\pm 3\%$ udara, selebihnya pasir kerikil. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya. Perbandingan campuran, cara pencampuran, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat sifat beton (Bachtiar et al., 2021)

2.4 Abu Ampas Tebu

Ampas tebu adalah limbah yang dihasilkan dari proses penggilingan tebu setelah di ambil niranya. Pada proses penggilingan tebu, terdapat 5 kali proses penggilingan dari batang tebu sampai menjadi ampas tebu. Setelah gilingan terakhir menghasilkan ampas tebu kering. Ampas tebu yang berlimpah tersebut telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar ketel uap (pesawat untuk memproduksi uap pada suatu jumlah tertentu setiap jamnya dengan suatu tekanan dan suhu tertentu) dimana energi yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga uap.

Abu ampas tebu memiliki kandungan yang sama dengan bahan utama pembentuk semen *portland* yaitu silika (SiO_2) dan Ferrit (Fe_2O_3) sehingga dapat dijadikan sebagai pozolan yang selain menggantikan sebagian semen juga dapat meningkatkan kuat tekan beton (Saputra et al., 2019)

2.5 Gypsum

Gypsum adalah material yang umum dijumpai dan sering dimanfaatkan sebagai hiasan interior rumah, gedung dan bangunan lainnya karena gypsum mudah dibentuk dan diaplikasikan dari pada bahan lainnya. Dalam bentuk murni, gypsum berupa kristal yang memiliki warna abu-abu, putih, kuning, jingga maupun berwarna hitam apabila tidak murni. Gypsum memiliki dua macam yakni *dehydrate* (CaSO_4 dan $2\text{H}_2\text{O}$ seta air) dan *andhirid* (gypsum disuling dari 29,4% dari zat kapur dan 23,5% dari belerang). Gypsum akan berubah menjadi *Basanit* ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dan akan menjadi *andhirid* (CASO_4) jika air panas ataupun air yang memiliki kadar garam yang sangat tinggi. Pada suhu 108°F atau 42°C dalam air murni menjadi *andhirid* (Hidayah & Sugeng Dwi Hartantyo, 2021)

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Gypsum

Komposisi Kimia Gypsum	Jumlah
Kalsium Oksida (CaO)	32,57
Kalsium (Ca)	23,28
Air (H_2O)	20,93
Hidrogen (H)	2,34
Sulfur (S)	18,62

2.6 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban persatu luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan kuat beton (Pardomuan et al., 2015).

Setelah beton mengalami masa perendaman atau pemeliharaan, jika sudah mencapai umur yang direncanakan maka beton tersebut harus di angkat dari perendaman. Setelah itu silinder beton dikeringkan dari air kemudian ditimbang untuk mengetahui berat dari beton keras, kemudian setelah itu dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan mesin uji kuat tekan.

Pengujian kuat tekan dilakukan pada beton yang mencapai umur yang direncanakan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan yang dicapai beton tersebut pada umur tertentu apakah hasilnya sesuai yang direncanakan sesuai dengan proporsi yang dicampurkan. Pengujian kuat tekan dilakukan sampai beton tersebut tidak mampu lagi memikul beban yang diberikan oleh mesin penguji kuat tekan. Jika sudah didapat dari hasil pengujian kuat tekan maka langkah selanjutnya tinggal menganalisis beberapa kuat tekan yang didapat dari proporsi yang direncanakan (Mulyadi et al., 2021).

Menurut peraturan Beton Indonesia (PBI- 1971), diperbaiki dengan SK SNIT-15-1991-03 dan SNI 03-2847-2000), Kuat tekan beton dinotasikan dengan f_c' , yaitu kuat tekan silinder beton yang di syaratkan pada waktu berumur 28 hari.

Mutu beton dibedakan atas 3 macam menurut kuat tekannya, yaitu:

- a. Mutu beton dengan f_c' kurang dari 10 Mpa, digunakan untuk beton struktur (misalnya: kolo praktis, balok praktis)
- b. Mutu beton dengan f_c' antara 10 Mpa sampai 20 Mpa, digunakan untuk beton struktural (misalnya: balok, kolom, pelat, maupun pondasi)
- c. Mutu beton dengan f_c' sebesar 20 Mpa keatas, digunakan untuk struktur beton yang direncanakan tahan gempa

Kuat tekan sangat di pengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Pengaruh mutu semen Portland
2. Pengaruh dari perbandingan adukan beton
3. Pengaruh air untuk membuat adukan
4. Pengaruh umur beton
5. Pengaruh waktu pencampuran
6. Pengaruh perawatan

7. Pengaruh bahan campuran tambahan

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$F_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

F_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (kN)

A = Luas penampang benda uji (cm²).

Berdasarkan (ASTM C39/C39M, 2003), pengujian kuat tekan beton tidak keluar dari batas waktu yang telah ditentukan. Batas waktu tersebut dijelaskan pada Tabel 2.4 di bawah ini (Calosa et al., 2022)

Tabel 2.4: Toleransi Waktu Pengujian Kuat Tekan Beton (ASTM C-39, 2003)

Umur Pengujian	Toleransi Waktu
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%

Salah satu faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah umur beton. Kekuatan tekan beton akan bertambah seiring dengan bertambahnya umur beton, kenaikan kekuatan beton naik secara cepat sampai umur 28 hari. Tetapi setelah 28 hari kenaikan kekuatan tekan beton menjadi kecil. Untuk struktur tertentu yang mengkehendaki kekuatan awal tinggi, maka campuran beton dikombinasikan dengan semen khusus atau bahan tambahan kimia (Rhobani, 2018).

Pengujian kuat tekan beton dapat dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Dari umur beton tersebut dapat diestimasi dengan cara membagi

hasil kuat tekan pada umur tertentu dengan koefisien kuat tekan beton yang sesuai dengan jumlah umur beton

2.7 Penelitian Terdahulu

Dalam sub ini penulis ingin menyampaikan beberapa penelitian terdahulu sebagai acuan atau refrensi untuk memudahkan penulis membuat penelitian yang akan penulis lakukan dengan penelitian lain yang telah ada sebelumnya serta memperkuat atau mendukung kekuatan penelitian penulis dengan bahan campuran abu ampas tebu.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No	Judul Jurnal	Tahun	Nama Penulis	Pembahasan
1	PENGARUH ABU AMPAS TEBU TERHADAP KUAT TEKAN BETON SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM PEMBUATAN BETON NORMAL	2019	Eko Bagus Saputra, Lucky Indra Gunawan, Hendramawat Aski Safarizki	Dari data hasil pengujian, analisi data, dan pembahasan Beton Normal dengan tambahan Abu Ampas Tebu sebesar 0%, 2,5%, 5%, 10%, dapat ditarik kesimpulan bahwa kuat tekan beton normal. Hal ini terjadi dikarenakan beton yang di tambahkan Abu ampas tebu mengalami penurunan kuat tekan disebabkan reaksi pozzolan dengan Ca (OH ₂) belum terjadi secara sempurna pada umur 28 hari, sehingga kontribusinya terhadap kekuatan beton membutuhkan waktu yang lebih Panjang.
2	EFEK SERBUK KULIT KERANG DAN ABU AMPAS TEBU	2020	Yasir Abdullah Sinaga	Bedasarkan data pengujian kuat tekan beton yang di peroleh dari tugas akhir ini, variasi kuat tekan maksimm terjadi pada

Tabel 2.5 Lanjutan

No	Judul Jurnal	Tahun	Nama Penulis	Pembahasan
	SEBAGAI FILLER PADA KUAT TEKAN BETON			bahan pengisi abu ampas tebu 4% untuk variasi 28 hari sebesar 39,41 Mpa.
3	PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU DAN BUBUR KERTAS KORAN TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU K-225	2021	Shandy Febriyanto, Amiwarti, Syahrial Alzahri	Dari hasil uji pembakaran ampas tebu pada temperatur 230°C didapatkan kandungan silika sebesar 58,35%, dari hasil pengujian untuk penambahan beton mengalami penurunan kuat tekan pada saat umur 28 hari lebih kecil dari pada campuran beton normal K-225, hasil dari penambahan abu ampas tebu dan bubur kertas koran didapatkan nilai kuat beton antara lain AAT 5% + BK 3% = K-200, AAT 5% = K-175, AAT 5% _ BK 7% = K-137, AAT 5% + Bk 9% = K-113, Semakin banyak penambahan abu ampas tebu dan bubur koran pada adukan beton semakin rendah nilai kuat tekan beton, Semakin banyak kadar abu ampas tebu dan bubur kertas koran yang digunakan pada campuran beton membuat warna benda uji berwarna kehitaman dan berat benda uji menjadi semakin menurun.
4	PENGARUH SANDBLASTING DAN LIMBAH GYPSUM SEBAGAI BAHAN CAMPURAN BETON	2022	Daniel surgawi, Frans Phengkarsa, Suryanti Rapang Tonapa	Pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari dengan menggunakan sandblasting 10% untuk beton dengan variasi limbah gypsum 0%, 2%, 4%, dan 6% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 2,9%, 7,7%, dan 3,3%. Untuk pengujian kuat tarik belah beton mengalami penurunan

Tabel 2.5 Lanjutan

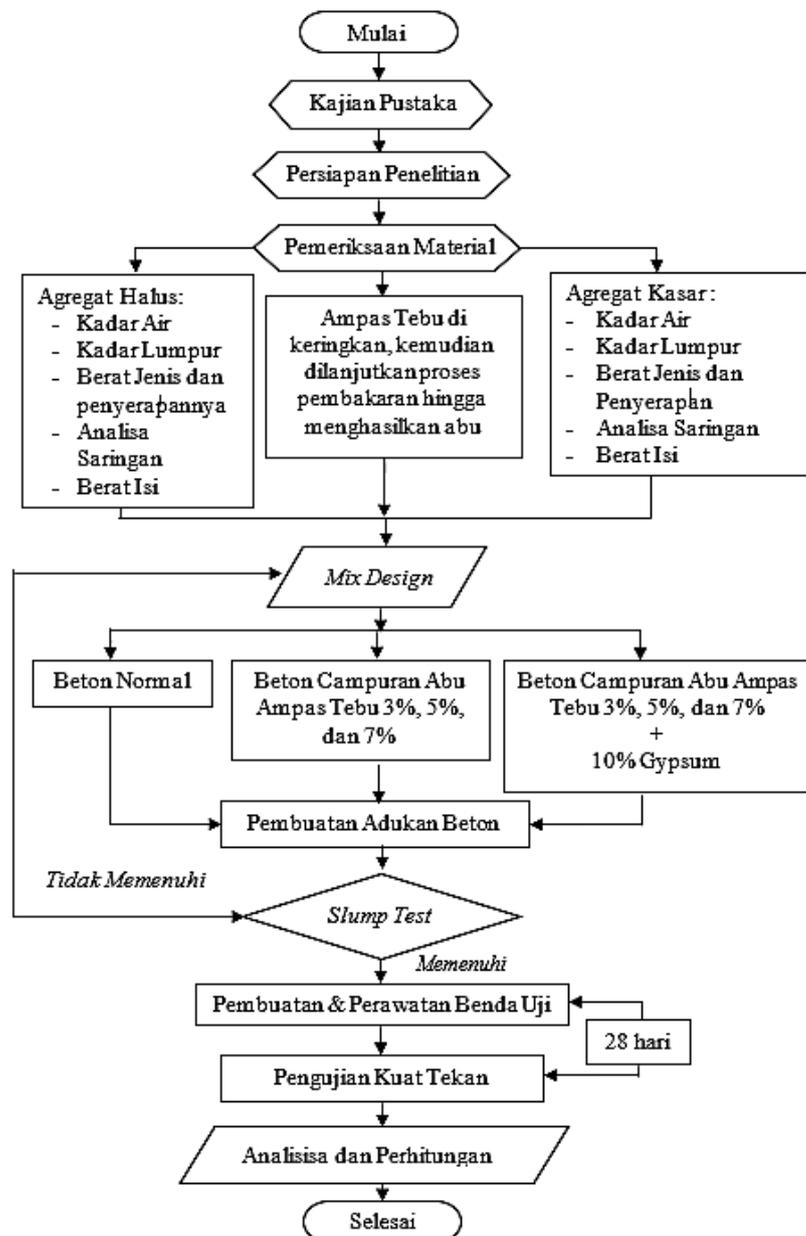
No	Judul Jurnal	Tahun	Nama Penulis	Pembahasan
				beruntun sebesar 23%, 17%, dan 16%. Untuk pengujian modulus elastisitas beton mengalami penurunan beruntun sebesar 8%, 6%, dan 10%. Untuk pengujian modulus elastisitas beton mengalami penurunan beruntun sebesar 7%, 2% dan 4%. Campuran beton menggunakan sandblasting substitusi agregat halus dan limbah gypsum sebagai bahan substitusi semen menunjukkan penurunan kuat tekan beton.
5	ANALIS PENGGUNAAN LIMBAH GYPSUM SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP PERFOTMA BETON NORMAL	2023	I Gede Raditya Lalita, Akmad Suryadi, Utami Retno	Pada penelitian ini mengenai pemakaian limbah gypsum terhadap pengujian kuat tekan, penggunaan limbah gypsum yang menggantikan sebagai semen dalam campuran beton berpengaruh terhadap penurunan <i>workability</i> beton segar yang ditandai oleh menurunnya nilai slump, harus ditambahkan air pada saat pengadukan agar adukan tidak cepat kering. Komposisi limbah gypsum 20% menghasilkan kuat tekan yang relatif lebih tinggi, karena limbah gypsum pada prosentase ini mengisi celah agregat kasar dari halus, sehingga satu sama lainnya saling mengikat sehingga lebih padat dan menghasilkan kuat tekan optimum dan nilai ekonomis dari campuran beton dengan limbah gypsum dilihat dari hasil test kuat tekan mulai dari hari ke-7, 14, 28.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Tahapan penyusunan tugas akhir sebagai berikut:



Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian Beton Abu Ampas Tebu + Gypsum

3.2 Metode Penelitian

Metode ialah suatu cara atau langkah yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari dan menganalisa data yang diperoleh. Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh:

1. Analisa saringan agregat (ASTM C 136, 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 03-4141, 1996).
7. Perencanaan campuran beton (mix design) (SNI 7656-2012).
8. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493-2011).
9. Uji kuat tekan beton (SNI 1974-2011).

3.2.1 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang di peroleh dari beberapa buku atau artikel yang berhubungan dengan teknik beton. Beberapa refrensi dalam pembuatan beton yaitu berdasarkan:

1. SNI (Standart Nasional Indonesia) 7656-2012, tentang tata cara pembuatan beton normal.
2. ASTM (*American Society For Testing and Materials*), ASTM-C39 (1993). Tentang standarisasi untuk tekan pada beton silinder.
3. Jurnal-jurnal ilmiah serta buku-buku, sebagai pendukung dalam acuan penelitian ini.
4. PBI (Peraturan Beton Indonesia), peraturan tata cara pembuatan beton yang di tetapkan secara tertulis.
5. Laporan pratikum beton, sebagai refrensi untuk menunjang dalam penelitian ini. Serta peneliti juga berkonsultasi langsung degan kepala laboratorium beton di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.2.2 Tahapan Penelitian

Berikut penjelasan tentang langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Material

Mempersiapkan material yang akan digunakan dalam penelitian beton seperti agregat kasar, agregat halus, semen, air, serta bahan tambahan abu ampas tebu dan gypsum.

2. Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material dilakukan untuk mengetahui apakah material telah memenuhi syarat yang sudah ditentukan dalam pencampuran beton.

3. Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu yang digunakan pada penelitian ini sebagai agregat halus di dapat dari sisa-sisa industry dan rumah tangga sekitar lingkungan.

4. Gypsum

Pada penelitian ini, gypsum digunakan sebagai bahan tambah pada campuran mortar beton. Gypsum yang didapat secara komersial di toko material.

5. Mix Design

Setelah melakukan pemeriksaan material dan mendapatkan hasil data Analisa material yang memenuhi syarat pada campuran beton, kemudian melakukan proporsi campuran beton. Perhitungan campuran beton meliputi beton normal dan beton dengan tambahan abu ampas tebu dan gypsum.

6. Pembuatan Benda Uji

Setelah melakukan pemeriksaan material dan melakukan perencanaan proporsi campuran beton, kemudian melakukan pencampuran semua material beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, air dan bahan tambah abu ampas tebu dan gypsum. Semua material dicampur kedalam mesin *mixer* (mesin molen).

7. Slump Test (Pengujian Slump)

Adukan beton dimasukan kerucut abrams untuk melakukan pengujian slimp pada beton guna mengetahui nilai kekentalan dan plastisitas beton. Adukan beton

dimasukkan kedalam kerucut abrams dan dirojok sebanyak 25 kali rojokan pada setiap 1/3 pengisian kedalam kerucut sebanyak 3 tahap pengisian.

8. Pencetakan Benda Uji

Dalam proses pencetakan, beton segar akan dimasukkan kedalam cetakan silinder untuk melakukan pengujian kuat tekan.

9. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam beton di dalam bak perendam selama 28 hari. Setelah selesai perawatan selama 28 hari, beton diangkat dari bak dan dikeringkan.

10. Pengujian Kuat Tekan

Benda uji yang direndam, diangkat dari bak perendam dan dikeringkan Kembali selama 24 jam. Lalu pengujian kuat tekan dapat dilakukan.

11. Pembahasan Dan Konsultasi Laporan Akhir

Setelah pengujian selesai dilakukan kemudian dilakukan pengolahan dan mengevaluasi data dari hasil pengujian, Kemudian melakukan penulisan dan bimbingan unruk laporan akhir tersebut. Secara keseluruhan tahapan penelitian ini disusun dalam bentuk diagram alir.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian ini dilakukan pada bulan maret 2023 hingga juli 2023.

3.3.1 Rencana Penelitian

Rencana Penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan campuran abu ampas tebu dengan presentase 3%, 5%, dan 7% dan bahan gypsum dengan presentase 10%. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan ukuran 15cm x 30cm untuk pengujian kuat tekan beton. Jumlah benda uji yang dibuat yaitu 21 buah benda uji dengan umur beton 28 hari dengan penjelasan sebagai berikut:

Tabel 3.1: Variabel campuran beton

No	Kode Benda Uji	Agregat Kasar	Agregat Halus	Abu Ampas Tebu	Gypsum	Jumlah Sampel
1.	BTN	100%	100%	0%	0%	3
2.	BAAT 3%	100%	97%	3%	0%	3
3.	BAAT 5%	100%	95%	5%	0%	3
4.	BAAT 7%	100%	93%	7%	0%	3
5.	BAATG 3%	100%	97%	3%	10%	3
6.	BAATG 5%	100%	95%	5%	10%	3
7.	BAATG 7%	100%	93%	7%	10%	3
JUMLAH						21

Keterangan:

BTN = Beton Normal

BAAT = Beton Abu Ampas Tebu

BAATG = Beton Abu Ampas Tebu dan Gypsum

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik Pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Untuk beberapa hal pada data, digunakan data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur), konsultasi langsung dengan Dosen pembimbing dan Asisten Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.5 Bahan dan Peralatan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a. Semen

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

b. Agregat Halus

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

c. Agregat Kasar

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

d. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

e. Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu yang dipakai dalam penelitian ini berdiameter dibakar sampai halus dalam kondisi jenuh kering muka atau SSD (*Saturated Surface Dry*) dan dengan persentase 3%, 6%, dan 9% terhadap berat semen yang digunakan. Abu ampas tebu dibeli di pabrik.

f. Bahan Admixture

Bahan admixture yang digunakan dalam penelitian ini adalah *gypsum* dengan persentase 10% dari berat semen, *gypsum* dapat dibeli di toko bangunan.

3.5.1 Peralatan

Alat-alat yang diunkan di dalam penelitian ini antara lain:

Peralatan material:

- a. Saringan agregat kasar: Saringan 1,5", 1/2", 3/4", 3/8" dan no.4
- b. Saringan agregat halus: Saringan no.4, no.8, no.16, no.30, no.50, dan no.100
- c. Timbangan digital
- d. Plastik ukuran 10 kg peralatan pembuatan beton:
- e. Pan
- f. Ember
- g. Satu set alat *slump test*: Kerucut *abram*, tongkat pemadat, mistar, dan plat baja.
- h. Skop tangan
- i. Skrap
- j. Tabung ukur
- k. Sarung tangan
- l. Cetakan silinder ukuran 15 x 30
- m. Vaseline

- n. Kuas
- o. Mesin pengaduk beton (*mixer*)
- p. Bak perendam

Alat pengujian kuat tekan beton:

- a. Mesin kuat tekan (*compression test*)

3.6 Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material yang diperoleh telah sampai lokasi, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material. Material dibersihkan dari lumpur dan melakukan penjemuran pada material yang basah.

3.7 Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat.

1. Kadar Lumpur

Menurut SNI-03-4141-1996, metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat.

2. Analisa Saringan

Menurut SNI-1971-2011, cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan ini mencakup penentuan persentase air yang dapat menguap dari dalam contoh agregat dengan cara pengeringan.

3. Kadar Air Agregat

Menurut SNI-1971-2011, cara uji kadar air total agregat dengan cara pengeringan ini mencakup penentuan persentase air yang dapat menguap dari contoh agregat dengan cara pengeringan.

4. Berat Jenis Agregat Kasar

Menurut SNI-1969-2008, Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Saringan No.4). Berat jenis dapat dinyatakan dengan berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan atau berat jenis semu. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dan penyerapan air berdasarkan pada kondisi setelah (24+4) jam di rendam di dalam air.

5. Berat Jenis Agregat Halus

Menurut SNI-1970-2008, agregat halus adalah agregat yang ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm dan (No. 4). Cara uji ini digunakan untuk menentukan setelah (24+4) jam di dalam air berat jenis curah kering dan berat jenis semu, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, serta cara penyerapan air.

6. Berat Isi Agregat

Menurut SNI-1973-2008, penentuan berat isi dari campuran beton segar dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen, dan kadar udara dalam beton.

3.8 Pelaksanaan penelitian

3.8.1 Perencanaan Pembuatan Campuran (Mix Desain) SNI 7656-2012

1. Pemilihan slump

Tabel 3.2: slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi (SNI 7656-2012)

Tipe Konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	75
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah.	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom Bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

2. Pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum

Secara umum ukuran agregat maksimum harus yang terbesar dapat diperoleh secara ekonomi dan tetap menurut dimensi komponen struktur/konstruksinya.

Ukuran nominal agregat memiliki maksimum dan tidak boleh melebihi dari:

- a) $\frac{1}{5}$ dari ukuran terkecil dimensi antara dinding-dinding cetakan/bekisting.
- b) $\frac{1}{3}$ dari pelat lantai.
- c) $\frac{3}{4}$ jarak minimum antar masing-masing tulangan, berkas-berkas tulangan, atau tendon tulangan pra-tegang (*pretensioning strands*).

3. Perkiraan air pencampur dan kandungan udara

Banyak air untuk setiap satuan isi beton yang di butuhkan agar menghasilkan slump tertentu tergantung pada:

- a) Ukuran nominal maksimum, bentuk partikel dan gradasi agregat.
- b) Temperatur beton;
- c) Perkiraan kadar udara, dan;
- d) Penggunaan bahan tambah kimia

Tabel 3.3: Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah.

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	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	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	152	142	122	107

Tabel 3.3: *Lanjutan*

75-1000	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175*	-	-	-	-	-	-	-	-

Beberapa hal yang diperlukan dalam menentukan perkiraan kebutuhan air, diantaranya:

Bahan tambah kimia, dipakai untuk mengubah sifat-sifat beton, membuat beton lebih mudah dikerjakan; awet; lebih ekonomis; menambah atau mengurangi waktu pengikat; mempercepat kekuatan dan atau mengontrol panas hidrasi. Bahan tambah kimia yang digunakan setelah dilakukan evaluasi secara cermat.

Bahan tambahan/aditif untuk mengurangi kadar air pencampuran dan atau mengatur waktu pengikatan yang memenuhi syarat ASTM C 494. Penggunaan sedikit bahan tambahan kimia, untuk slump yang sama, akan memperbaiki sifat beton seperti sifat pengerjaan, penyelesaian akhir (finishing, pemompaan, keawetan, dan kuat tekannya.

4. Pemilihan rasio air-semen atau rasio air-bahan bersifat semen.

Tabel 3.4: Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen $\{w/(c + p)\}$ dan kekuatan beton.

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

5. Perhitungan kadar semen

Banyaknya semen untuk setiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam perkiraan kadar air pencampuran (langkah 3) dibagi rasio air-semen (langkah 4). Apabila persyaratannya memasukkan pembatasan pemakaian semen minimum secara terpisah selain dari persyaratan kekuatan dan keawetan, campuran harus didasarkan pada kriteria apapun yang mempengaruhi pemakaian semen yang lebih banyak dan lebih meningkatkan daya kuatnya.

6. Perkiraan Kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran yang maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat yang pekerjaan sangat memuaskan bila sejumlah volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk setiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per-satuan volume beton dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.5: Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen $\{w / (c + p)\}$ dan kekuatan beton.

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

7. Perkiraan kadar air agregat halus

Seluruh komponen dari beton sudah dapat diperkirakan, kecuali agregat halus. Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metoda berdasarkan berat per satuan volume beton atau metoda berdasarkan volume absolut.

a) Metode berdasarkan berat persatuan volume beton

Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaann dari berat beton segar dan berat total dari bahan bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama. Bila diinginkan perhitungan berat beton per m³, secara teoritis rumus berikut ini dapat digunakan.

$$U = 10 Ga (100 - A) + c (1 - Ga/Gc) - w (Ga - 1)$$

Keterangan:

U = adalah berat beton segar, kg/m³

Ga = adalah berat jenis rata-rata gabungan agregat halus dan kasar, kering permukaan jenuh (SSD adalah saturated surface dry)

Gc = adalah berat jenis semen (umumnya = 3,15)

A = adalah kadar udara (%)

W = adalah syarat banyaknya air pencampur, kg/m³

C = adalah syarat banyaknya semen, kg/m³

Tabel 3.6: Perkiraan awal berat beton segar

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³ *	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

b. Metode berdasarkan volume absolut

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah dengan berat beton dibagi densitas bahan yang digunakan.

8. Penyesuaian terhadap kelembaban agregat

Umumnya, agregat ada dalam keadaan lembab, sehingga berat keringnya harus ditambah sebanyak persentase air yang dikandungannya baik yang terserap maupun yang ada dipermukaan. Banyaknya air pencampuran yang harus ditambahkan keadaan campuran haruslah dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

Dalam beberapa hal mungkin diperlukan untuk mencampur agregat dalam keadaan kering. Jika penyerapan air (biasanya setelah direndam selama satu hari) lebih besar dari 1% dan bila struktur pori-pori dalam butiran agregat sedemikian rupa hingga bagian yang cukup berarti dari penyerapan berlangsung dalam waktu sebelum terjadinya peningkatan awal, ada kemungkinan terjadi kehilangan slump yang lebih besar sebagai akibat berkurangnya air pencampur. Juga rasio air-semen akan berkurang akibat adanya air yang terserap sebelum terjadinya pengikatan, dengan anggapan bahwa partikel semen tidak terbawa masuk kedalam agregat.

Menurut SNI 03-2493-1991, prosedur pembuatan campuran percobaan di laboratorium mengizinkan mencampur agregat dalam kondisi kering udara, bila penyerapan kurang dari 1,0% dengan kemungkinan diserapnya air beton yang belum menjalani proses pengikatan (unset concrete).

9. Pengaturan campuran percobaan

Proporsi hasil perhitungan harus diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang di persiapkan dan diuji menurut SNI 03-2493-1991 atau sebanyak campuran di lapangan. Pemakaian air harus cukup untuk menghasilkan slump yang disyaratkan sewaktu memilih proporsi percobaan. Pengaturan yang sesuai harus pula dilakukan untuk campuran-campuran sebagai berikut:

Kebutuhan air pencampuran percobaan adalah setara dengan jumlah bersih air pencampuran dibagi dengan jumlah beton yang dihasilkan dari campuran percobaan dalam m^3 . Jika nilai slump campuran percobaan tidak sesuai, tambahkan atau kurangi jumlah kandungan air sebanyak $2kg/m^3$ untuk setiap penambahan atau pengurangan nilai slump sebesar 10 mm.

Langkah penyesuaian karena jumlah kandungan udara yang tidak tepat pada beton adalah dengan penambahan atau pengurangan jumlah kandungan air pencampuran dari sub pasal 5.3.1.9.1 sebanyak $3 kg/m^3$ untuk setiap 1% penambahan atau pengurangan kandungan udara.

Perkiraan kembali berat beton segar untuk penyesuaian serta dengan berat beton segar dalam kg/m^3 dari campuran percobaannya, dikurangi atau ditambahkan oleh persentase perubahan kadar air campuran percobaan yang telah disesuaikan. Hitunglah campuran percobaan yang baru ini dimulai dengan langkah 4, jika perlu diubah volume agregat kasar dari Tabel 2, Untuk menghasilkan sifat pengerjaan yang cocok.

3.9 Pemeriksaan Agregat

Dalam pemeriksaan agegat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium dengan mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti buku pratikum Beton program studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.9.1 Analisa Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Binjai secara umum pasir Binjai telah memenuhi syarat yang telah digunakan sebagai bahan bangunan.

3.9.2 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air agregat halus sesuai dengan SNI 1971-2011. Kadar air ini berfungsi sebagai koreksi pemakaian air ini untuk campuran beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat dilapangan. Kadar air di dalam agregat dapat

mempengaruhi faktor air semen (FAS) untuk campuran beton yang dapat mempengaruhi mutu kuat tekan beton. Pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Perhitungan kadar air dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

Keterangan:

- P = adalah kadar air benda uji dalam satuan persen
W₁ = adalah kadar air benda uji dalam satuan g
W₂ = adalah massa benda uji kering oven dalam satuan g.

3.9.3 Pemeriksaan Berat isi Agregat halus

Pada pemeriksaan berat isi agregat halus ini menggunakan panduan SNI 1973-2008 untuk rumus yang digunakan dalam pemeriksaan berat isi agregat halus sebagai berikut :

$$\text{Berat isi (D)} = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Keterangan :

- D = Berat isi beton, kg/m³
M_c = Berat wadah ukur yang diisi beton, kg
M_m = Berat wadah ukur, kg
V_m = Volume wadah ukur, m³

3.9.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pada pemeriksaan kadar lumpur untuk agregat halus ini menggunakan panduan dari SNI 03-4141-1996 untuk rumus yang digunakan dalam pemeriksaan kadar lumpur agregat halus adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{(W-R)}{W} \times 100\%$$

Keterangan :

- P = Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat

W = Berat benda uji (gram).

R = berat benda uji kering oven yang tertahan pada masing-masing ukuran saringan setelah dilakukan penyaringan basah (gram).

3.9.5. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat dengan menggunakan panduan SNI 03-1970-2016 untuk cara kerja pemeriksaan agregat halus sebagai berikut:

1. Lakukan perhitungan berat jenis curah kering dengan rumus:

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B+S-C)}$$

Dengan:

A = adalah benda uji kering oven (gram);

B = adalah berat piknometer yang berisi air (gram);

C = adalah berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram);

S = adalah berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram).

2. Lakukan perhitungan berat jenis kondisi kering permukaan (SSD) dengan rumus:

$$\text{Berat jenis kering permukaan (SSD)} = \frac{A}{(B+S-C)}$$

Dengan:

A = adalah benda uji kering oven (gram);

B = adalah berat piknometer yang berisi air (gram);

C = adalah berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram);

S = adalah berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram).

3. Lakukan perhitungan berat jenis semu dengan rumus:

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

Dengan:

A = adalah benda uji kering oven (gram);

B = adalah berat piknometer yang berisi air (gram);

C = adalah berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram);

S = adalah berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram).

4. Lakukan perhitungan penyerapan air dengan rumus:

$$\text{Penyerapan air} = \left[\frac{S-A}{A} \right] \times 100\%$$

Dengan:

A = adalah benda uji kering oven (gram);

S = adalah berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram).

3.9.6 Pemeriksaan Analisa saringan Agregat Halus

Dari pemeriksaan analisa saringan akan dapat data-data batas gradasi agregat halus sehingga diketahui modulus kehalusannya. Ukuran saringan yang digunakan dalam pemeriksaan analisa saringan yaitu nomor 9,6 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, 0,75 mm dan pan. Untuk pemeriksaan analisa saringan ini menggunakan panduan ASTM C 136-06: 2012 dan untuk cara kerja pemeriksaan analisa saringan agregat halus sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan
2. Keringkan contoh uji sampai massa tetap pada temperatur $110 \pm 5^\circ\text{C}$
3. Mengambil pasir yang sebelumnya disaring dahulu menggunakan saringan 3/8 untuk memastikan bahan tidak ada kerikil yang terikat dalam percobaan
4. Menyusun saringan yang akan digunakan untuk mengayak, susunan No. 4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, PAN yang disusun dimulai dari yang paling besar diatas
5. Setelah itu menuangkan pasir sedikit demi sedikit kedalam ayakan
6. Menggoyang ayakan sampai pasir tersaring

7. Setelah semua pasir tersaring lalu menimbang penomor saringan dan mencatat setelah dimasukkan kedalam plastik

Untuk campuran agregat kasar dan agregat halus, bagian contoh uji yang lebih halus dari saringan 4,75 mm (No.4) dapat dikurangi dengan menggunakan pemisahan contoh uji mekanis menurut metode ASTM C 702. Jika langkah kerja ini diikuti, massa setiap ukuran dari contoh uji awal dapat dihitung sebagai berikut:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B$$

Keterangan:

A = adalah massa setiap ukuran pada jumlah contoh uji total;

W_1 = adalah massa setiap fraksi yang lolos saringan 4,75 mm (No.4);

W_2 = adalah massa bagian yang berkurang pada contoh uji lolos saringan 4,75 mm (No.4) yang disaring, dan

B = adalah jumlah massa agregat halus dari agregat gabungan

3.9.7 Analisa pemeriksaan Agregat Kasar

Dari hasil pengujian analisis gradasi agregat kasar (batu pecah) dari Binjai ini menunjukkan bahwa mempunyai bentuk ukuran yang bervariasi dengan ukuran. Pada penelitian ini pemeriksaan agregat agregat kasar menggunakan panduan SNI tentang pemeriksaan agregat, meliputi beberapa tahap pemeriksaan yaitu:

1. Pemeriksaan kadar air
2. Pemeriksaan berat isi
3. Pemeriksaan kadar lumpur
4. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan
5. Pemeriksaan analisa saringan

3.9.8 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Dalam pengujian kadar air ini berfungsi sebagai koreksi terhadap pemakaian air untuk campuran beton yang sudah disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan. Pada pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Untuk cara kerja pemeriksaan kadar air ini dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Kadar air benda uji dalam satuan persen

W1 = Massa benda uji + berat wadah dalam satuan g (gram)

W2 = Massa benda uji kering oven + berat wadah dalam satuan g (gram).

3.9.9 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Pada pemeriksaan berat isi ini menggunakan panduan dari SNI 1973-2008 untuk cara kerja pemeriksaan agregat halus sebagai berikut:

$$\text{Berat isi (D)} = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Keterangan:

D = Berat isi beton, kg/m³

M_c = Berat wadah ukur yang diisi beton, kg

M_m = Berat wadah ukur, kg

V_m = Volume wadah ukur, m³.

3.9.10 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat kasar

Pemeriksaan kadar lumpur ini menggunakan dari panduan SNI 03-4141-1996 untuk cara kerja pemeriksaan agregat halus sebagai berikut:

$$P = \frac{(W-R)}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

- P = Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat
W = Berat benda uji (gram)
R = Berat benda uji kering oven yang tertahan pada masing-masing dalam saringan setelah dilakukan penyaringan basah (gram).

3.9.11 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerpan Agregat Kasar

Pada pemeriksaan ini menggunakan panduan SNI 1969-2016 untuk cara kerja pemeriksaan agregat halus sebagai berikut:

1. Berat jenis kering $= \frac{A}{(B-C)}$
2. Berat jenis kondisi kering permukaan (SSD) $= \frac{B}{B-c}$
3. Berat jenis semu $= \frac{A}{(A-C)}$
4. Penyerapan air $= \left[\frac{B-A}{A} \right] \times 100\%$

Keterangan

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

3.9.12 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan akan dapat data-data batas gradasi agregat kasar sehingga diketahui modulus kehalusan. Ukuran saringan yang

digunakan dalam pemeriksaan ini yaitu nomor 37,50 mm, 19,10 mm, 9,50 mm, 4,76 mm. Pada pemeriksaan analisa saringan ini menggunakan panduan ASTM C136-06: 2012 untuk cara kerja pemeriksaan analisa saringan agregat kasar sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan
2. Keringkan contoh uji sampai massa tetap pada temperatur $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
3. Mengambil agregat yang sebelumnya disaring dahulu menggunakan saringan 3/8 untuk memastikan bahan tidak ada kerikil yang terikat dalam percobaan
4. Menyusun saringan yang akan digunakan untuk mengayak, susunan No. 1,5'', 3/4'', 3/8'', dan No.4 yang disusun dimulai dari paling besar diatas
5. Setelah itu menuangkan kerikil sedikit demi sedikit kedalam ayakan
6. Menggoyang ayakan sampai pasir tersaring
7. Setelah tersaring lalu menimbang penomor saringan dan mencatatnya setelah dimasukkan ke dalam plastik.

Untuk campuran agregat kasar dan agregat halus, bagian contoh uji yang lebih halus dari saringan 4,75 mm (No.4) dapat dikurangi dengan menggunakan pemisah contoh uji mekanis menurut metode ASTM C 702. Jika langkah kerja ini diikuti, massa setiap ukuran dari contoh uji awal dapat dihitung sebagai berikut:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B$$

Keterangan:

- A = massa setiap ukuran pada jumlah contoh uji total,
W1 = massa setiap fraksi yang lolos saringan 4,75 mm (No.4),
W2 = massa bagian yang berkurang pada contoh uji lolos saringan 4,75 mm (No.4) yang disaring,
B = jumlah massa agregat halus dari agregat gabungan.

Hitung presentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing ayakan terhadap berat total benda uji.

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

3.10 Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu diperoleh dari tanaman tebu yang sudah melalui proses penggilingan setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya pada industri pembuatan gula dan pedang es tebu sehingga diperoleh hasil samping sejumlah besar produk limbah berserat yang dikenal sebagai ampas tebu (*baggase*). Terdapat lima kali proses penggilingan dari batang tebu sampai dihasilkan ampas tebu.

Abu ampas tebu memiliki kandungan yang sama dengan bahan utama pembentuk semen portland yaitu silika (SiO_2) dan ferrit (Fe_2O_3) sehingga dapat dijadikan sebagai pozolan yang selain menggantikan sebagian semen juga juga dapat meningkatkan kekuatan tekan beton.

3.11 Abu Gypsum

Gypsum merupakan sebagai bahan campuran tambahan dalam pembuatan beton, abu gypsum yang dipakai 10% dari berat semen, penambahan limbah gypsum tidak mengurangi nilai slump, karena limbah gypsum sebagai bahan tambah yang tidak mengandung air.

3.12 Perencanaan Campuran Beton

Tahap awal sebelum melakukan perencanaan campuran beton, dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen dasar pembentuk beton sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia), yaitu pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar serta air. Selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton berdasarkan SNI (Standart Nasional Indonsia).

3.13 Pelaksanaan Penelitian

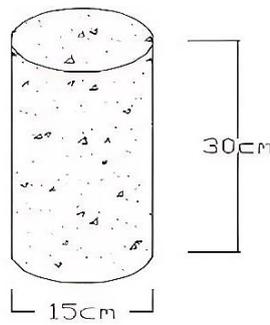
3.13.1 Trial mix

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.

3.13.2 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan sisi berukuran 15 cm x 30 cm yang berjumlah 21 buah untuk pengujian kuat tekan. Langkah langkah pembuatan beton campuran abu ampas tebu dan gypsum adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2: Benda Uji Silinder

- a. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil mix design.
- b. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
- c. Kemudian tuangkan agregat kasar kedalam molen.
- d. Kemudian masukkan agregat halus dan abu ampas tebu.
- e. Kemudian masukkan semen kedalam molen.
- f. Setelah keempat bahan tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
- g. Kemudian masukkan gypsum sedikit demi sedikit, dengan takaran yang telah ditentukan.
- h. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump untuk mengukur tingkat workability adukan.
- i. Apabila nilai slump telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton

- dituangkan kedalam silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
- j. Diamkan selama 24 jam.
 - k. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

3.13.3 Pengujian Slump

Pengukuran tinggi slump dilakukan untuk menentukan kondisi kekentalan dan plastisitas pada campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability*. Kekentalan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Pengujian slump dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan pada (SNI 19721-2008).

Berikut langkah-langkah pengujian slump:

1. Basahi cetakan dan letakkan di atas permukaan datar, lembab, tidak menyerap air dan kaku. Cetakan haru ditahan secara kokoh di tempat selama pengisian, oleh operator yang berdiri di atas bagian injakan. Dari contoh beton yang diperoleh menurut butir 6, segera isi cetakan dalam tiga lapis, setiap lapis sekira sepertiga dari volume cetakan.
2. Padatkan setiap lapisan dengan 25 tusukan menggunakan batang pemadat. Sebarkan penusukan secara merata diatas permukaan setiap lapisan. Untuk lapisan bawah akan membutuhkan penusukan secara miring dan membuat sekira setengah dari jumlah tusukan dekat kebatas pinggir cetakan, dan kemudian lanjutkan penusukan vertikal secara spiral pada seputar pusat permukaan. Padatkan lapisan bawah seluruhnya hingga kedalamannya. Hindari batang penusuk mengenai pelat dasar cetakan. Padatkan lapisan atas seluruhnya hingga kedalamannya, sehingga penusukan menembus batas lapisan di bawahnya.
3. Dalam pengisian dan pemadatan lapisan atas, lebihkan adukan beton diatas cetakan sebelum pemadatan dimulai. Bila pemadatan menghasilkan beton turun dibawah ujung atas cetakan, tambahkan adukan beton untuk tetap menjaga adanya kelebihan beton pada bagian atas dari cetakan. Setelah lapisan atas selesai dipadatkan, ratakan permukaan beton pada bagian atas cetakan dengan cara menggelindingkan batang penusuk diatasnya. Lepaskan segera cetakan dari beton dengan cara mengangkat dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral

atau torsial. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan, dalam waktu tidak lebih dari 2 ½ menit.

4. Setelah beton menunjukkan penurunan pada permukaan, ukur segera slump dengan menentukan perbedaan vertikal antara bagian atas cetakan dan bagian pusat permukaan atas beton. Bila dua pengujian berurutan pada satu contoh beton menunjukkan keruntuhan geser beton pada satu sisi atau sebagian massa beton, kemungkinan adukan beton kurang plastis atau kurang kohesif untuk dilakukan pengujian slump.

3.13.4 Perawatan Benda Uji (*curing*)

Perawatan beton dilakukan setelah beton dikeluarkan dari cetakan, kemudian dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 28 hari. Jumlah sampel perendaman direncanakan sebanyak 21 buah dengan 3 variasi rendaman dapat pada tabel 3.7

Tabel 3.7: Jumlah variasi sampel yang direndam selama 28 hari

No.	Variasi Campuran Beton	Umur beton 28 hari
		Kuat Lentur
1	Beton normal	3 Sampel
2	Abu Ampas Tebu 3%	3 Sampel
3	Abu Ampas Tebu 5%	3 Sampel
4	Abu Ampas Tebu 7%	3 Sampel
5	Abu Ampas Tebu 3% + Gypsum 10%	3 Sampel
6	Abu Ampas Tebu 5% + Gypsum 10%	3 Sampel
7	Abu Ampas Tebu 7% + Gypsum 10%	3 Sampel
Total		21 Sampel

3.13.5 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 1974-2011. Pengujian ini dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan

kapasitas 1500 KN. Benda uji diletakkan pada arah berdiri diatas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada silinder. Sebelum di tekan benda uji ditimbang terdahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian direncanakan sebanyak 21 buah.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

f_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (kN)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisa Pemeriksaan Agregat

Pada pemeriksaan agregat peneliti memperoleh data material meliputi berat jenis, kadar air, kadar lumpur, berat isi dan analisa gradasi agregat. Pemeriksaan tersebut dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan mengikuti panduan SNI dan Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berupa pasir alam yang diperoleh dari Binjai, Sumatera Utara. Pemeriksaan agregat halus meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan, pengujian kadar air, pengujian kadar lumpur dan pengujian berat isi.

4.1.1.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan analisa saringan yang mengacu pada SNI ASTM C136:2012 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat di lihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Analisa Saringan Agregat Halus

Saringan	Massa tertahan Gram (a)	Jumlah tertahan Gram (b)	Persentase kumulatif (%)	
			Tertahan (c)	Lolos (d)
9.52 mm (3/8 inci)			0,00	100,00
4.75 mm (No. 4)	10	10	1,64	98,36
2.36 mm (No. 8)	54	64	10,49	89,51
1.18 mm (No. 16)	118	182	29,84	70,16
0.6 mm (No. 30)	142	324	53,11	46,89
0.3 mm (No. 50)	136	460	75,41	24,59

Tabel 4.1: *Lanjutan*

0.15 mm (No. 100)	86	546	89,51	10,49
0.075 mm (No. 200)	58	604	99,02	0,98
Pan	6	610	100,00	0,00
Modulus Kehalusan:	260			2,60

$$\begin{aligned}
 FM &= \frac{\Sigma \text{Berat tertahan kumulatif mulai dari saringan 0,15 mm}}{100} \\
 &= \frac{89,51 + 75,41 + 53,11 + 29,84 + 10,49 + 1,64}{100} \\
 &= 2,60
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai FM sebesar 2,60%, Menurut Tjokrodinuljo (2007) pada umumnya modulus agregat halus mempunyai nilai antara 1,5 sampai 3,8 yang berarti nilai memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

4.1.1.2 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Hasil dari pengujian kadar air agregat halus yang mengacu pada SNI 03-1971-2011 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pengujian	Benda uji ke 1	Benda uji ke 2
Massa wadah + benda uji	1026	1100
Massa wadah	526	526
Massa benda uji (W1)	500	574
Massa wadah + benda uji	1014	1091
Massa wadah	526	526
Massa benda uji kering oven (W2)	488	565
Kadar air total (P) ((W1-W2)/W2)*100%	2,46	1,59
Kadar air total (P) rata-rata	2,03	

Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai rata-rata kadar air sebesar 2,03%. Dimana percobaan dilakukan sebanyak dua kali dengan percobaan

pertama diperoleh hasil kadar air sebesar 2,46% dan percobaan kedua sebesar 1,59%.

4.1.1.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

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

Tabel 4.3: Pengujian 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	493,00	491,00	gr
Berat piknometer yang berisi air	B	672,00	672,00	gr
berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	1003,00	1011,00	gr

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (Sd)	$A/(B+S-C)$	2,92	3,05	2,98
Berat jenis jenuh kering permukaan (Ss)	$S/(B+S-C)$	2,96	3,11	3,03
Berat jenis semu (Sa)	$A/(B+A-C)$	3,04	3,23	3,14
Penyerapan air (Aw)	$((S-A)/A)*100\%$	1,42	1,83	1,63

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis diperoleh Berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 2,98 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 1,63%.

4.1.1.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus yang mengacu pada SNI 4142:1996 dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Agregat Halus Lolos Saringan No.4	Notasi	I	II	Satuan
Berat wadah + isi	W1	1093	1081	gram
Berat wadah	W2	504	536	gram

Tabel 4.4: *Lanjutan*

Berat contoh kering + Wadah	W4	1078	1071	gram
	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat kering contoh awal (W3)	W1-W2	589	545	567,00
Berat kering contoh setelah dicuci (W5)	W4-W2	574	535	554,50
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 (W6)	W3-W5	15	10	12,50
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200	$(W6/W3)*100$	2,55	1,83	2,19

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kadar lumpur pada sampel 1 sebesar 2,55% dan pada sampel 2 sebesar 1,83%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur pada kedua sampel adalah sebesar 2,19%.

4.1.1.5 Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Hasil pengujian berat isi agregat halus yang mengacu pada SNI 4804:1998 dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Pengujian Berat jenis Agregat Halus

Agregat Halus	Notasi	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat wadah + isi	1	6238	6628	6814	gr
Berat wadah	2	1763	1763	1763	gr
volume wadah	3	3315,84	3315,84	3315,84	cm ³
	Persamaan	I	II	III	Satuan
Berat contoh (4)	(1-2)	4475	4865	5051	gr
Berat isi	(3/4)	1,35	1,47	1,52	gr/cm ³
Rata-rata		1,45			gr/cm ³
Kg		1446,69			kg/m ³

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat halus diperoleh rata-rata berat isi yaitu sebesar 1,45 gr/cm³. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,3 – 1,8 gr/cm³ sehingga berat pada agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

4.1.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berupa batu pecah yang diperoleh dari Binjai, Sumatera Utara. Pemeriksaan agregat kasar meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan, pengujian kadar air, pengujian kadar lumpur dan pengujian berat isi.

4.1.2.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan analisa saringan yang mengacu pada SNI ASTM C136:2012 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Saringan mm (inci)	Massa tertahan	Jumlah tertahan	Persentase kumulatif (%)	
	Gram (a)	Gram (b)	Tertahan (c)	Lolos (d)
25.4 mm (1 inci)			0,00	100,00
19.1 mm (3/4 inci)	3301	3301	63,91	36,09
12.7 mm (1/2 inci)	1356	4657	90,16	9,84
9.52 mm (3/8 inci)	112	4769	92,33	7,67
4.75 mm (No. 4)	76	4845	100,00	0,00
2.36 mm (No. 8)	-		100,00	0,00
1.18 mm (No. 16)	-		100,00	0,00
0.6 mm (No. 30)	-		100,00	0,00
0.3 mm (No. 50)	-		100,00	0,00
0.15 mm (No. 100)	-		100,00	0,00
0.075 mm (No. 200)	-		100,00	0,00
Pan	320	5165	100,00	0,00
Modulus Kehalusan :			846	8,46

$$FM = \frac{\Sigma \% \text{Berat tertahan kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100}$$
$$= \frac{100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 92,33 + 90,16 + 63,91}{100}$$

= 8,46

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai FM sebesar 8,46%.

4.1.2.2 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Hasil dari pengujian kadar air agregat kasar yang mengacu pada SNI 03-1971-2011 dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Hasil Pengujian	Benda uji 1	Benda uji 2
Massa wadah + benda uji	3617	3608
Massa wadah	526	526
Massa benda uji (W1)	3091	3082
Massa wadah + benda uji	3600	3547
Massa wadah	526	526
Massa benda uji kering oven (W2)	3074	3021
Kadar air total (P) $((W1-W2)/W2)*100\%$	0,6	2,0
Kadar air total (P) rata-rata	1,29	

Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai rata-rata kadar air sebesar 1,29%. Dimana percobaan dilakukan sebanyak dua kali dengan percobaan pertama diperoleh hasil kadar air sebesar 0,6% dan percobaan kedua sebesar 2,0%.

4.1.2.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

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

Tabel 4.8: Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kering oven	A	3098,00	3076,00	gr
berat benda uji jenuh kering permukaan di udara	B	3109,00	3082,00	gr
berat benda uji di dalam air	C	1986,00	1967,00	gr

Tabel 4.8: Lanjutan

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (Sd)	$A/(B-C)$	2,76	2,76	2,76
Berat jenis jenuh kering permukaan (Ss)	$B/(B-C)$	2,77	2,76	2,77
Berat jenis semu (Sa)	$A/(A-C)$	2,79	2,77	2,78
Penyerapan air (Sw)	$((B-A)/A)*100\%$	0,36	0,20	0,28

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis diperoleh Berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 2,76 dan diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diizinkan yaitu antara 2,2 – 2,8. Penyerapan air (*absorption*) dari hasil pengujian yaitu sebesar 0,28%.

4.1.2.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar yang mengacu pada SNI 4142:1996 dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Agregat Halus Lolos Saringan No.4	Notasi	I	II	Satuan
Berat wadah + isi	W1	3053	3063	gr
Berat wadah	W2	531	502	gr
Berat contoh kering + Wadah	W4	3034	3045	gr

	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat kering contoh awal (W3)	$W1-W2$	2522	2561	2541,50
Berat kering contoh setelah dicuci (W5)	$W4-W2$	2503	2543	2523,00
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 (W6)	$W3-W5$	19	18	18,50
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200	$(W6/W3)*100$	0,75	0,70	0,73

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kadar lumpur pada sampel 1 sebesar 0,75% dan pada sampel 2 sebesar 0,70%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur pada kedua sampel adalah sebesar 0,73%.

4.1.2.5 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Hasil pengujian berat isi agregat kasar yang mengacu pada SNI 4804:1998 dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Agregat Kasar	Notasi	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat wadah + isi	1	6233	6437	6663	gr
Berat wadah	2	1763	1763	1763	gr
volume wadah	3	3315,84	3315,84	3315,84	cm ³
	Persamaan	I	II	III	Satuan
Berat contoh (4)	(1-2)	4470	4674	4900	gr
Berat isi	(3/4)	1,35	1,41	1,48	gr/cm ³
Rata-rata		1,41			gr/cm ³
Kg		1411,81			kg/m ³

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat kasar diperoleh rata-rata berat isi yaitu sebesar 1,41 gr/cm³. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,4 – 1,8 gr/cm³ sehingga berat pada agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

4.2 Perencanaan Campuran Beton

Dalam hal ini peneliti akan menganalisis data-data yang diperoleh pada saat penelitian sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Data-data dasar hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Data-data hasil tes dasar

No.	Data Tes Dasar	Nilai
1.	FM Agregat Halus	2,60%
2.	FM Agregat Kasar	8,46%
3.	Kadar Air Agregat Halus	2,03%
4.	Kadar Air Agregat Kasar	1,29%

Tabel 4.11: *Lanjutan*

5.	Berat Jenis Agregat Halus	2,98 gr/cm ³
6.	Berat Jenis Agregat Kasar	2,76 gr/cm ³
7.	Penyerapan Agregat Halus	1,63%
8.	Penyerapan Agregat Kasar	0,28%
9.	Kadar Lumpur Agregat Halus	2,19%
10.	Kadar Lumpur Agregat Kasar	0,73%
11.	Berat Isi Agregat Halus	1,55 gr/cm ³
12.	Berat Isi Agregat Kasar	1,41 gr/cm ³

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*mix design*) yang diinginkan. Perencanaan campuran beton (*mix design*) dilaksanakan sesuai dengan metode uji SNI 7656:2012.

Tabel 4.12: Data kebutuhan *Mix Design*

1	Mutu beton	25	Mpa
2	Slump	75-100	mm
3	Ukuran agregat maksimum	19,1	mm
4	Berat kering oven agregat kasar	1231	kg/m ³
5	Berat jenis semen tanpa tambahan udara	3,15	gr
6	Modulus Kehalusan Agregat halus	2,60	mm
7	Berat jenis (SSD) agregat halus	3,03	gr
8	Berat jenis (SSD) agregat kasar	2,77	gr
9	Penyerapan air agregat halus	1,63	%
10	Penyerapan air agregat Kasar	0,28	%

4.2.1 Langkah Perhitungan

1. Banyaknya Air Pencampuran

Tabel 4.13: Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur dan Kadar Udara Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah

Air (kg/m³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 (mm)	12,7 (mm)	19 (mm)	25 (mm)	37,5 (mm)	50 (mm)	75 (mm)	150 (mm)
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
<u>≥175*</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
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	-
<u>≥175*</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat paparan 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 4.13 diatas maka didapat nilai banyaknya air adalah 205 kg/m³.

2. Rasio Air Semen

Berdasarkan SNI 7656:2012, apabila dilakukan campuran percobaan untuk membuktikan hubungan-hubungan kekuatan atau menilai kembali kekuatan dari sebuah campuran, harus digunakan air pencampur dan kadar udara yang terkecil. Kadar udara harus yang maksimum yang diijinkan dan beton harus diukur untuk mencapai slump tertinggi yang diijinkan. Bila beton memiliki kadar air dan atau kadar udara yang lebih rendah, maka proporsi bahan-bahan beton harus disesuaikan untuk menghasilkan beton yang diinginkan.

Tabel 4.14: Hubungan Antara Rasio Air-Semen atau Rasio Air-Bahan Bersifat Semen dan Kekuatan Beton

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

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

3. Perhitungan Kadar Semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari ketentuan pada Table 4.13 dan Tabel 4.14 diatas. Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampur (Tabel 4.12) dibagi rasio Air-semen (Tabel 4.13).

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Kadar air pencampur}}{\text{rasio Air-semen}} \\
 &= \frac{205}{0,61} \\
 &= 336,07 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4. Berat Kering Agregat Kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang mameuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada tabel 4.15 dibawah ini, atau dilakukan perhitungan secara analitis.

Tabel 4.15: Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton

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

Berdasarkan Tabel 4.15 diatas maka diambil nilai 0,64. sehingga berat keringnya didapat :

= (Volume agregat kasar kering oven x Berat kering oven agregat kasar)

= (0,64 x 1231)

= 788,04 kg

5. Perkiraan Awal Berat Beton Segar

Menurut SNI 7656:2012, Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari ketetapan, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya.

Tabel 4.16: Perkiraan Awal Beton Segar

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Berdasarkan data pada Tabel 4.16 diatas maka didapat nilai perkiraan berat beton adalah 2345 kg. Maka untuk mendapatkan volume agregat halus yang di isyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Sehingga :

$$\begin{array}{rcl}
 = \text{Air} & : & 205 \text{ kg} \\
 = \text{Semen} & : & 336,07 \text{ kg} \\
 = \text{Agregat Kasar} & : & 788,04 \text{ kg} + \\
 \hline
 \text{Jumlah} & : & 1329,11 \text{ kg}
 \end{array}$$

Maka Berat Agregat Halus adalah

$$\begin{aligned}
 &= (\text{satuan volume beton} - \text{jumlah seluruh volume bahan}) \\
 &= (2345 \text{ kg} - 1329,11 \text{ kg}) \\
 &= 1015,89 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6. Volume Absolute

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

$$\begin{aligned}
 - \text{Volume air} &= \frac{205}{1000} \\
 &= 0,205 \text{ m}^3 \\
 - \text{Volume padat semen} &= \frac{336,07}{(3,15 \times 1000)} \\
 &= 0,107 \text{ m}^3 \\
 - \text{Volume absolute agregat kasar} &= \frac{788,04}{(2,77 \times 1000)} \\
 &= 0,285 \text{ m}^3 \\
 - \text{Volume udara terperangkap} &= 1\% \times 1 \\
 &= 0,010 \text{ m}^3 \\
 - \text{Jumlah volume padat selain agregat halus} &= 0,205 + 0,107 + 0,285 + 0,010 \\
 &= 0,607 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Volume agregat halus yang dibutuhkan

$$= 1 - 0,607$$

$$= 0,393 \text{ m}^3$$

- Berat agregat halus kering yang dibutuhkan

$$= 0,393 \times 3,03 \times 1000$$

$$= 1192,95 \text{ kg}$$

7. Perbandingan Berat

Berdasarkan SNI 7656:2012 Didapat nilai perbandingan berat Air (berat bersih), Semen, Agregat Kasar (kering), dan Agregat Halus (kering) pada tabel 4.17 dibawah ini.

Tabel 4.17: Perbandingan Berat Bahan

	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
Air (berat bersih)	205	205
Semen	336,07	336,07
Ag. Kasar (kering)	788,04	788,04
Ag. Halus (kering)	1015,89	1192,95

8. Koreksi Terhadap Kandungan Air

Pengujian menunjukkan kadar air seperti dibawah ini. Jika proporsi campuran percobaan dengan anggapan berat (massa) yang digunakan, maka berat (massa) penyesuaian dari agregat sebagai berikut.

Kadar air didapat:

$$\text{Ag. Kasar} = 1,29 \%$$

$$\text{Ag. Halus} = 2,03 \%$$

$$\text{Ag. Kasar (Basah)} = 788,04 \times (1 + 0,0129)$$

$$= 798,18 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Halus (Basah)} = 1015,89 \times (1 + 0,0203)$$

$$= 1036,48 \text{ kg}$$

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

Air yang diberikan Ag. Kasar

adalah

$$= (1,29 - 0,28)$$

$$= 1,01 \%$$

Air yang diberikan Ag. Halus

adalah

$$= (2,03 - 1,63)$$

$$= 0,40 \%$$

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut:

$$= 205 - (788,04 \times 1,01\%) - (1015,89 \times 0,40\%)$$

$$= 192,97$$

Maka perkiraan 1 m³ beton adalah sebagai berikut :

Air (Yang ditambahkan)	=	192,97	kg
Semen	=	336,07	kg
Ag. Kasar (Basah)	=	798,18	kg
Ag. Halus (Basah)	=	1036,48	kg
Jumlah	=	2369,69	kg

4.2.2 Kebutuhan Bahan

Berdasarkan hasil mix design maka kebutuhan bahan untuk per satu benda uji sebagai berikut :

- Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder sebagai berikut:

$$\text{Tinggi} = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Diameter} = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Volume silinder} = \frac{1}{4} \pi d^2 t$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,15^2 \times 30$$

$$= 0,0053 \text{ m}^3$$

Maka perhitungan untuk 1 benda uji sebagai berikut :

Air	=	1,0225 kg
Semen	=	1,7807 kg
Ag.Kasar	=	4,2293 kg
Ag.Halus	=	5,4920 kg
Total	=	12,525 kg

Didapat seluruh kebutuhan bahan pada setiap variasi per benda uji adalah sebagai berikut:

Tabel 4.18: Kebutuhan bahan penyusun beton untuk setiap variasi benda uji

No	Kode Benda Uji	Bahan Penyusun					
		Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Semen (kg)	Air (kg)	Abu Ampas Tebu	<i>Gypsum</i>
1	BTN	(100%) 5,4920	(100%) 4,2293	(100%) 1,7807	(100%) 1,0225	-	-
2	BAAT 3%	(97%) 5,3273	(100%) 4,2293	(100%) 1,7807	(100%) 1,0225	(3%) 0,1648	-
3	BAAT 5%	(95%) 5,2174	(100%) 4,2293	(100%) 1,7807	(100%) 1,0225	(5%) 0,2746	-
4	BAAT 7%	(93%) 5,1076	(100%) 4,2293	(100%) 1,7807	(100%) 1,0225	(7%) 0,3844	-
5	BAATG 3%	(97%) 5,3273	(100%) 4,2293	(100%) 1,7807	(100%) 1,0225	(3%) 0,1648	(10%) 0,1781
6	BAATG 5%	(95%) 5,2174	(100%) 4,2293	(100%) 1,7807	(100%) 1,0225	(5%) 0,2746	(10%) 0,1781
7	BAATG 7%	(93%) 5,1076	(100%) 4,2293	(100%) 1,7807	(100%) 1,0225	(7%) 0,3844	(10%) 0,1781
Total Bahan Untuk 21 Benda Uji		110,39	88,82	37,39	21,47	4,94	1,60

Keterangan:

BTN : Beton Normal

BAAT 3% : Beton Silinder dengan campuran 3% Abu Ampas Tebu dan 0% *Gypsum*

BAAT 5% : Beton Silinder dengan campuran 5% Abu Ampas Tebu dan 0% *Gypsum*

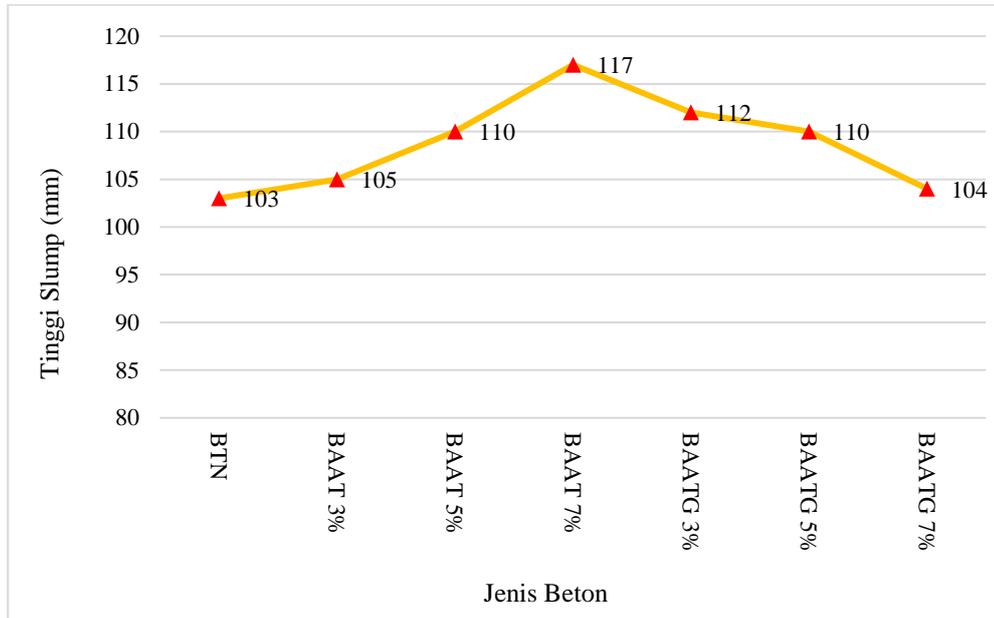
- BAAT 7% : Beton Silinder dengan campuran 7% Abu Ampas Tebu dan 0% *Gypsum*
- BAATG 3% : Beton Silinder dengan campuran 3% Abu Ampas Tebu dan 10% *Gypsum*
- BAATG 5% : Beton Silinder dengan campuran 5% Abu Ampas Tebu dan 10% *Gypsum*
- BAATG 7% : Beton Silinder dengan campuran 7% Abu Ampas Tebu dan 10% *Gypsum*

4.3 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan untuk menentukan *workability* (tingkat kemudahan pengerjaan) dari campuran beton segar normal maupun beton yang menggunakan bahan tambah serat. Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan Kerucut *Abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar (setiap pengambilan bahan harus dapat mewakili adukan tersebut) sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan. Setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu diamkan selama 10 detik. Setelah itu angkat kerucut dengan cara tegak lurus sampai adukan beton terlepas semua dari cetakan, lalu ukur tinggi adukan. Selisih tinggi kerucut dengan adukan merupakan nilai *slump*. Pada Tabel 4.19 dijelaskan nilai *slump* pada masing-masing pencetakan beton. Seperti perencanaan *slump* pada *mix design* adalah 60-180mm.

Tabel 4.19: Hasil Pengujian Nilai *Slump* Setiap Variasi Benda Uji

Variasi Beton	Nilai <i>Slump</i> (mm)
Beton Normal (BTN)	103
Beton Abu Ampas Tebu (BAAT 3%)	105
Beton Abu Ampas Tebu (BAAT 5%)	110
Beton Abu Ampas Tebu (BAAT 7%)	117
Beton Abu Ampas Tebu + <i>Gypsum</i> (BAATG 3%)	112
Beton Abu Ampas Tebu + <i>Gypsum</i> (BAATG 5%)	110
Beton Abu Ampas Tebu + <i>Gypsum</i> (BAATG 7%)	104



Gambar 4.1: Grafik Nilai *Slump*

4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan *Compression Testing Machine* dengan benda uji berbentuk silinder sebanyak 21 benda uji dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Rumus kuat tekan beton adalah:

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Dimana:

f_c' = Kuat tekan beton (N/mm² atau MPa)

P = Gaya Tekan Maksimum (N)

A = Luas Penampang benda uji (mm²)

Hasil pengujian kuat tekan beton setiap variasi campuran berumur 28 hari dengan benda uji silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm sebanyak 21 benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.20 dibawah ini.

Tabel 4.20: Hasil pengujian kuat tekan beton setiap variasi campuran

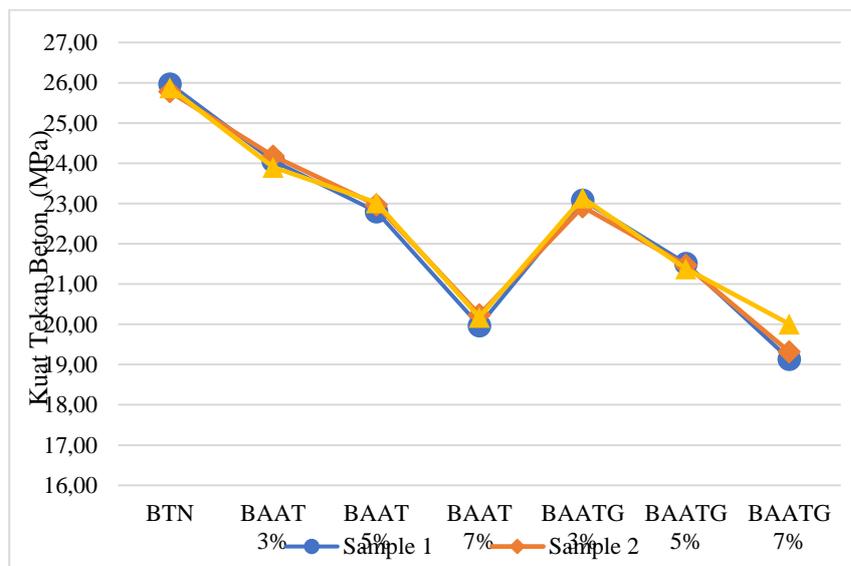
No	Kode	Ukuran Benda Uji		Berat Benda Uji	Beban (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata
		Diameter	Tinggi				
1.	BTN	150	300	12,189	459000	25,97	25,88
2.	BTN	150	300	12,214	455000	25,78	
3.	BTN	150	300	12,162	457000	25,88	
4.	BAAT 3% (1)	150	300	12,231	425000	24,06	24,05
5.	BAAT 3% (2)	150	300	12,288	427000	24,18	
6.	BAAT 3% (3)	150	300	12,322	422000	23,90	
7.	BAAT 5% (1)	150	300	12,454	403000	22,80	22,93
8.	BAAT 5% (2)	150	300	12,384	406000	22,97	
9.	BAAT 5% (3)	150	300	12,385	407000	23,02	
10.	BAAT 7% (1)	150	300	12,572	353000	19,97	20,13
11.	BAAT 7% (2)	150	300	12,618	357000	20,24	
12.	BAAT 7% (3)	150	300	12,598	356000	20,18	
13.	BAATG 3% (1)	150	300	12,72	408000	23,09	23,05
14.	BAATG 3% (2)	150	300	12,717	405000	22,92	
15.	BAATG 3% (3)	150	300	12,727	409000	23,14	
16.	BAATG 5% (1)	150	300	12,811	380000	21,52	21,46
17.	BAATG 5% (2)	150	300	12,794	379000	21,47	
18.	BAATG 5% (3)	150	300	12,785	377000	21,38	

Tabel 4.20: Lanjutan

19.	BAATG 7% (1)	150	300	12,901	338000	19,14	19,14
20.	BAATG 7% (2)	150	300	12,889	341000	19,32	19,32
21.	BAATG 7% (3)	150	300	12,951	353000	20,01	20,01
19.	BAATG 7% (1)	150	300	12,901	338000	19,14	19,14
20.	BAATG 7% (2)	150	300	12,889	341000	19,32	19,32
21.	BAATG 7% (3)	150	300	12,951	353000	20,01	20,01

Berdasarkan Tabel 4.20 menjelaskan hasil kuat tekan Variasi BTN, BAAT 3%, BAAT 5%, BAAT 7%, BAATG 3%, BAATG 5% dan BAATG 7% yang masing masing variasi berjumlah 3 sampel berbentuk silinder. Diperoleh kuat tekan rata rata pada BN (Beton Normal) sebesar 25,88 MPa, kuat tekan rata rata BAAT 3% sebesar 24,05 MPa, kuat tekan rata rata BAAT 5% sebesar 22,93 MPa, sedangkan kuat tekan rata rata beton BAAT 7% sebesar 20,13 MPa.

Diperoleh nilai kuat tekan rata rata pada variasi BAATG 3% sebesar 23,05 MPa, kemudian nilai kuat tekan rata rata BAATG 5% sebesar 21,46 MPa, dan nilai kuat tekan rata rata pada variasi BAATG 7% sebesar 19,49 MPa.



Gambar 4.2: Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan data dan hasil pengujian kuat tekan beton yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa untuk sample beton BAAT 3%, 5%, dan 7% dan sample BAATG 3%, 5% dan 7% mengalami penurunan nilai kuat tekan beton yang signifikan dari beton normal seperti yang tertampil pada gambar 4.1.

Hal ini selaras dengan penelitian (Amiwati, 2023), bahwa didapat kesimpulan bahwa semakin tinggi penambahan dari abu ampas tebu pada komposisi beton maka semakin rendah hasil dari kuat tekan beton. Hal ini disebabkan karena semakin banyak substitusi abu ampas tebu yang ditambahkan dapat mengurangi kekuatan beton disebabkan lebih sedikit air yang digunakan untuk reaksi hidrasi. Dan abu ampas tebu yang ditambahkan mengalami reaksi pozzolan dengan karbon hidroksida tidak dapat tercampur secara sempurna.

Dan untuk variasi Beton Abu Ampas Tebu + 10% Gypsum (BAATG) 3%, 5% dan 7% juga mengalami penurunan kuat tekan beton. Hal ini selaras dengan penelitian (Rafki, 2020), bahwa penambahan campuran gypsum pada beton normal dapat menurunkan nilai kuat tekan beton, disebabkan karena gypsum tidak dapat menyatu dengan bahan penyusun beton, yang berakibat terbentuknya pori-pori pada cetakan beton.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari penelitian ini pengaruh yang diberikan oleh abu ampas tebu dan gypsum terhadap kuat tekan beton, dengan hasil penambahan abu ampas tebu 3%, 5%, 7% dan 10% gypsum dalam campuran beton mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan beton yang signifikan, hal ini dapat dilihat pada variasi beton abu ampas tebu (BAATG) 3% dengan hasil nilai kuat tekan sebesar 23,05 MPa, mengalami penurunan kuat tekan sebesar 2,83 MPa (10,92%) dari beton normal, kemudian untuk variasi BAATG 5% dengan hasil kuat tekan sebesar 21,46 MPa mengalami penurunan kuat tekan sebesar 4,42 MPa (17,08%) dari beton normal, dan untuk variasi BAATG 7% dengan hasil kuat tekan sebesar 19,49 MPa, mengalami penurunan kuat tekan sebesar 6,39 MPa (24,68%). Hal ini dapat terjadi karena khasiat dari gypsum tidak dapat menyatu dengan bahan penyusun beton, yang berakibat terbentuknya pori-pori pada cetakan beton.
2. Dari penelitian ini perbedaan kuat tekan beton normal dan beton abu ampas tebu terjadi penurunan kuat tekan, pada Variasi Beton Abu Ampas Tebu (BAAT) 3%, 5%, dan 7% mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal, variasi BAAT 3% dengan hasil kuat tekan sebesar 24,05 MPa, dengan penurunan kuat tekan sebesar 1,83 MPa (7,07%), variasi BAAT 5% dengan hasil kuat tekan sebesar 22,93 MPa, dengan penurunan kuat tekan sebesar 2,95 MPa (11,39%), dan variasi BAAT 7% dengan hasil kuat tekan sebesar 20,13 MPa, dengan penurunan kuat tekan sebesar 5,75 MPa (22,21%). Hal ini disebabkan karena abu ampas tebu pada campuran beton mengalami reaksi hidrasi terhadap beton.
3. Pada variasi Beton Abu Ampas Tebu Tambah Gypsum (BAATG) 7% (Beton Abu Ampas Tebu + Gypsum) yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan beton dengan nilai sebesar 19,49 MPa dari kuat tekan beton normal sebesar 25,88 MPa.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran yang bertujuan untuk mengembangkan penelitian ini lebih lanjut. Adapun saran yang perlu dikembangkan dari penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan abu ampas tebu dan gypsum yang optimal.
2. Untuk penelitian lebih lanjut bisa menambahkan zat aditif untuk memperkuat ikatan antara gypsum dan abu ampas tebu dengan campuran beton.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang standar-standar dalam pengembangan abu ampas tebu dan gypsum sehingga dapat memenuhi nilai kuat tekan rencana pada beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar, E., Muzakkir, M. A., Takwin, Gusti, S., & Khaerat, N. (2021). Kuat Tekan Dan Tarik Belah Pada Beton Yang Menggunakan Agregat Kasar Limbah Plastik. *Rekayasa Sipil*, 15(1), 22–28. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2021.015.01.4>
- Calosa, E., Putra, S., Noorhidana, V. A., & Karami, M. (2022). *Pemanfaatan Limbah Plastik Bekas Gelas Kemasan Untuk Meningkatkan Kekuatan Campuran Beton Sebagai Bahan Rigid Pavement. ASTM C39/C39M, 2003. 10(2).*
- Gazali, A., & Adawiyah, R. (2018). Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Tanah Lunak Gambut Kalimantan Selatan Distabilisasi Menggunakan Semen Portland. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 7(1), 9–17. <https://doi.org/10.33084/mits.v7i1.680>
- Hidayah, A., & Sugeng Dwi Hartantyo. (2021). Pengaruh penambahan limbah serbuk gipsum sebagai bahan pengganti. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 4(3), 545–556.
- Koidah, N., & Setiawan, A. (2022). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Paciran Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *DEARSIP : Journal of Architecture and Civil*, 2(1), 8–17. <https://doi.org/10.52166/dearsip.v2i1.3352>
- Lalita, I. G. R., Suryadi, A., & Retno, U. (2023). Analisa penggunaan limbah gypsum sebagai substitusi semen terhadap peforma beton normal. *Maret*, 4(1), 147–153. <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>
- Lumintang, V. S., Imoen, E. Da, Sarajar, C., Sumajouw, H., & Supit, S. W. (2019). Kuat tekan beton dengan kerikil plastik untuk pembuatan bak kontrol limbah rumah tangga. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 1(1), 38–46.
- Mulyadi, A., Suanto, P., & Ferdinan, F. (2021). Analisis Kuat Tekan Mutu Beton K.200 Memakai Limbah Pecahan Genteng Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.36546/tekniksipil.v11i1.466>
- Pardomuan, F., Tanudjaja, P. H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian kuat tarik lentur

- beton dengan variasi kuat tekan beton. *Jurnal sipil statik*, 3(5), 313–321.
- Rhobani, m. B. (2018). *Uji eksperimental kekuatan tekan beton muda (early age concrete) dengan metode hammer test*.
<http://journal.student.uny.ac.id/ojs/ojs/index.php/sipil/article/view/8534/8139>
- Saputra, E., Gunawan, L. I., & Safarizki, H. A. (2019). Pengaruh Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton Sebagai Bahan Tambah dalam Pembuatan Beton Normal. *Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (MoDuluS)*, 1.
- SNI 03-2834-2000. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Sni 03-2834-2000*, 1–34.
- Sutrisno, A., & Widodo, S. (2017). *Analisis variasi kandungan semen terhadap kuat tekan beton ringan struktural agregat pumice*.
- Vivin Wagio, T., Tanijaya, J., & Sandy, D. (2023). Paulus Civil Engineering Journal (PCEJ) Penggunaan Limbah Gypsum dan Limbah Karbit Sebagai Substitusi Semen Terhadap Campuran Beton 2023. *Penggunaan Limbah Gypsum Dan Limbah Karbit Sebagai Substitusi Semen Terhadap Campuran Beton*, 5(1), 1–13.

LAMPIRAN



Gambar L.1: Pengangkutan Material Menuju Laboratorium Teknik Sipil UMSU



Gambar L.2: Pengujian Agregat Halus & Agregat Kasar



Gambar L.3: Menimbang Agregat setelah pengujian sesuai dengan kebutuhan bahan pada *mix design*



Gambar L.4: Proses Mengumpulkan Ampas Tebu



Gambar L.5: Ampas Tebu yang sudah dikeringkan



Gambar L.6: Proses Pembakaran Ampas Tebu



Gambar L.7: Abu Ampas Tebu Yang Dihasilkan dari proses pembakaran



Gambar L.8: Persiapan Pembuatan Benda Uji



Gambar L.9: Proses *Mixer* campuran beton



Gambar L.10: Campuran Beton Setelah Proses *Mixer*



Gambar L.11: Proses Pembuatan Benda Uji



Gambar L.12: Proses Uji *Slump Test*



Gambar L.13: Perendaman Benda Uji



Gambar L.14: Usia Perendaman Setelah 28 Hari



Gambar L.15: Pengangkatan Benda Uji Setelah Perendaman 28 Hari



Gambar L.16: Membawa Benda uji setelah perendaman menuju tempat pengujian.



Gambar L.17: Lokasi Pengujian Lab.Beton USU



Gambar L.18: Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi BAAT 3%, 5%, dan 7%



Gambar L.19: Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi BAATG 3%, 5%, dan 7%



Gambar L.20: Pengujian Selesai

**LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON
SNI 1974-2011**

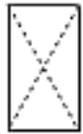
Penguji : *IBNU TAQWIN*
Jenis Benda Uji : Silinder (d=15,l=30)
Mutu Benda Uji : FC 25 MPa
 Machine
Jumlah Benda Uji : 9

Lembar : 1 Dari 3
 Mesin : Digital Compression Test

No	Identits Benda Uji	L (mm)	D (mm)	Luas Penampang Melintang (mm ²)	Berat Benda Uji (Kg)	Tanggal		Umur Beton (Hari)	Beban Tekan (N)	Beban Tekan Kalibrasi (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Bentuk Kehancuran/ Keterangan
						Cetak	Uji					
1	SAMPEL 1 (NORMAL)	300,00	150,00	17678,57	12,189	23-Okt-23	21-Nov-23	28	459000,0	459000,9	25,97	1
2	SAMPEL 2 (NORMAL)	300,00	150,00	17678,57	12,214	23-Okt-23	21-Nov-23	28	455000,0	455000,5	25,78	1
3	SAMPEL 3 (NORMAL)	300,00	150,00	17678,57	12,162	23-Okt-23	21-Nov-23	28	457000,0	457000,7	25,88	1
1	SAMPEL 1 (VARIASI 3)	300,00	150,00	17678,57	12,231	23-Okt-23	21-Nov-23	28	425000,0	425000,5	24,06	1
2	SAMPEL 2 (VARIASI 3)	300,00	150,00	17678,57	12,288	23-Okt-23	21-Nov-23	28	427000,0	427000,7	24,18	1
3	SAMPEL 3 (VARIASI 3)	300,00	150,00	17678,57	12,322	23-Okt-23	21-Nov-23	28	422000,0	422000,2	23,90	1
1	SAMPEL 1 (VARIASI 5)	300,00	150,00	17678,57	12,454	23-Okt-23	21-Nov-23	28	403000,0	403000,3	22,80	1

2	SAMPEL 2 (VARIASI 5)	300,00	150,00	17678,57	12,384	23-Okt-23	21-Nov-23	28	406000,0	406000,6	22,97	1
3	SAMPEL 3 (VARIASI 5)	300,00	150,00	17678,57	12,385	23-Okt-23	21-Nov-23	28	407000,0	407000,7	23,02	1

Bentuk Keancuran (pilih diantara satu)



1



2



3



4



5

Gambar L.21: Laporan Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi BTN, BAAT 3%, dan BAAT 5%

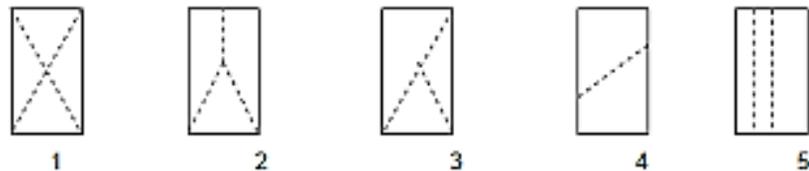
**LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON
SNI 1974-2011**

Penguji : *IBNU TAQWIN*
Jenis Benda Uji : Silinder (d=15, l=30)
Mutu Benda Uji : FC 25 MPa
 Machine
Jumlah Benda Uji : 3

Lembar : 2 Dari 3
 Mesin : Digital Compression Test

No	Identits Benda Uji	L (mm)	D (mm)	Luas Penampang Melintang (mm ²)	Berat Benda Uji (Kg)	Tanggal		Umur Beton (Hari)	Beban Tekan (N)	Beban Tekan Kalibrasi (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Bentuk Kehancuran/ Keterangan
						Cetak	Uji					
1	SAMPEL 1 (VARIASI 7)	300,00	150,00	17678,57	12,572	23-Okt-23	21-Nov-23	28	353000,0	353000,3	19,97	1
2	SAMPEL 2 (VARIASI 7)	300,00	150,00	17678,57	12,618	23-Okt-23	21-Nov-23	28	357000,0	357000,7	20,24	1
3	SAMPEL 3 (VARIASI 7)	300,00	150,00	17678,57	12,598	23-Okt-23	21-Nov-23	28	356000,0	356000,6	20,18	1

Bentuk Keancuran (pilih diantara satu)



Gambar L.22: Laporan Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi BAAT 7%

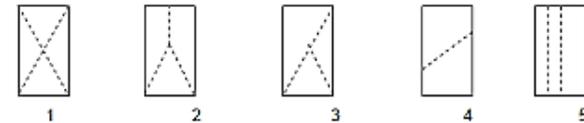
**LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON
SNI 1974-2011**

Penguji : *IBNU TAQWIN*
Jenis Benda Uji : *Silinder (d=15, l=30)*
Mutu Benda Uji : *FC' 25MPa*
 Machine
Jumlah Benda Uji : *9*

Lembar : 3 Dari 3
 Mesin : Digital Compression Test

No	Identits Benda Uji	L (mm)	D (mm)	Luas Penampang Melintang (mm ²)	Berat Benda Uji (Kg)	Tanggal		Umur Beton (Hari)	Beban Tekan (N)	Beban Tekan Kalibrasi (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Bentuk Kehancuran/ Keterangan
						Cetak	Uji					
1	SAMPEL 1 (VARIASI 3 + GYPSUM)	300,00	150,00	17678,57	12,720	23-Okt-23	21-Nov-23	28	408000,0	408000,8	23,09	1
2	SAMPEL 2 (VARIASI 3 + GYPSUM)	300,00	150,00	17678,57	12,717	23-Okt-23	21-Nov-23	28	405000,0	405000,5	22,92	1
3	SAMPEL 3 (VARIASI 3 + GYPSUM)	300,00	150,00	17678,57	12,727	23-Okt-23	21-Nov-23	28	409000,0	409000,9	23,14	1
1	SAMPEL 1 (VARIASI 5 + GYPSUM)	300,00	150,00	17678,57	12,811	23-Okt-23	21-Nov-23	28	380000,0	380000,8	21,52	1
2	SAMPEL 2 (VARIASI 5 + GYPSUM)	300,00	150,00	17678,57	12,794	23-Okt-23	21-Nov-23	28	379000,0	379000,9	21,47	1
3	SAMPEL 3 (VARIASI 5 + GYPSUM)	300,00	150,00	17678,57	12,785	23-Okt-23	21-Nov-23	28	377000,0	377000,7	21,38	1
1	SAMPEL 1 (VARIASI 7 + GYPSUM)	300,00	150,00	17678,57	12,901	23-Okt-23	21-Nov-23	28	338000,0	338000,8	19,14	1
2	SAMPEL 2 (VARIASI 7 + GYPSUM)	300,00	150,00	17678,57	12,889	23-Okt-23	21-Nov-23	28	341000,0	341000,1	19,32	1
3	SAMPEL 3 (VARIASI 7 + GYPSUM)	300,00	150,00	17678,57	12,951	23-Okt-23	21-Nov-23	28	353000,0	353000,3	20,01	1

Bentuk Keancuran (pilih diantara satu)



Gambar L.23: Laporan Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi BAATG 3%, BAATG 5% dan BAATG 7%

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap : IBNU TAQWIN
Nama Panggilan : Ibnu
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 11 Mei 2001
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Selambo V No.01, Medan
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Fery Azmi S.T
Ibu : Endang Rismawati S.T
No. HP : 0857 6775 1140
Email : ibnutaqwin01@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1907210083
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3, Medan

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan Kelulusan	Nama dan Tempat	Tahun
Sekolah Dasar	SDN 101741 DISKI	2009
Sekolah Menengah Pertama	SMPN 03 BINJAI	2016
Sekolah Menengah Atas	SMAN 21 MEDAN	2019
Sedang Menempuh Pendidikan Sarjana.	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	-