

SKRIPSI

**PEMANFAATAN ABU BONGGOL JAGUNG SEBAGAI
SUBSTITUSI PASIR PADA CAMPURAN BETON
DENGAN BAHAN TAMBAH *SUPERPLASTICIZER*
DITINJAU DARI KEKUATAN TARIK BELAH BETON
(*Studi Penelitian*)**

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

Disusun Oleh:

HANDRIAN WIJAYA
1607210230



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020



FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 – EXT. 12
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> Email : fatek@umsu.ac.id

jawab surat ini agar disebutkan
dan tanggalnya



LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

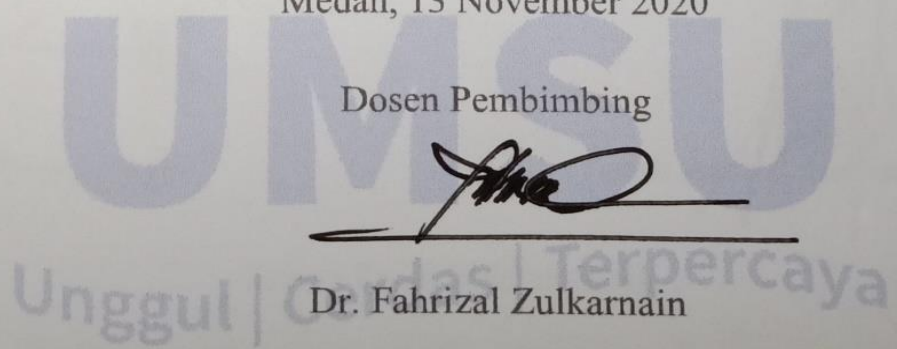
- Nama : Handrian Wijaya
- NPM : 1607210230
- Program Studi : Teknik Sipil
- Judul Skripsi : Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* Di Tinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton (Studi Penelitian)
- Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 13 November 2020

Dosen Pembimbing

Dr. Fahrizal Zulkarnain



HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Handrian Wijaya

NPM : 1607210230

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* Di Tinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton (Studi Penelitian)

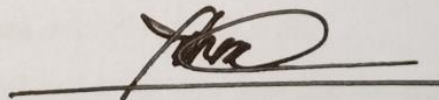
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 13 November 2020

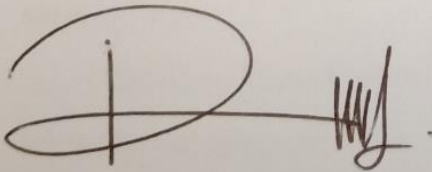
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



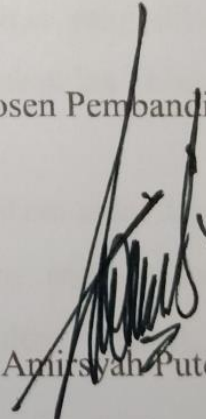
Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembimbing I



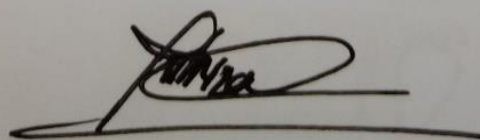
Dr. Fetra Venny Riza

Dosen Pembimbing II



Tondi Amirsyah Putera, ST., M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Handrian Wijaya
Tempat, Tanggal Lahir : Tanjung Morawa, 27 Juli 1998
NPM : 1607210230
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* Di Tinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton (Studi Penelitian)”

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

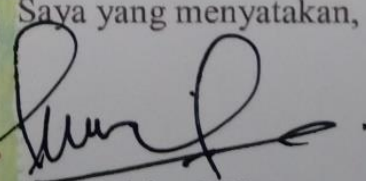
Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau ke sarjana saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 November 2020

Saya yang menyatakan,




Handrian Wijaya

ABSTRAK

PEMANFAATAN ABU BONGGOL JAGUNG SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR PADA CAMPURAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH *SUPERPLASTICIZER* DI TINJAU DARI KEKUATAN TARIK BELAH BETON (STUDI PENELITIAN)

Handrian Wijaya
1607210230
Dr. Fahrizal Zulkarnain

Pada era globalisasi sekarang, pembangunan di Indonesia sudah sangat berkembang, sehingga mempengaruhi kemajuan bahan bangunan seperti beton. Limbah bonggol jagung memiliki unsur yang bermanfaat untuk peningkatan mutu beton, karena mempunyai kandungan silika yang cukup tinggi yaitu 66,38%. Sika *Viscocrete 3115N* adalah generasi terbaru dari *superplasticizer* untuk beton dan mortar yang mampu memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh dari penambahan abu bonggol jagung sebagai substitusi pasir dan sika *viscocrete 3115N* terhadap nilai kuat tarik belah beton dan *slump flow*. Dengan variasi penambahan abu bonggol jagung 0%, 5%, 10%, 15% dari berat pasir dan sika *viscocrete 3115N* sebesar 0,8% dari berat semen. Sampel pengujian beton yang digunakan adalah silinder dengan ukuran 15 x 30 cm³ sebanyak 12 benda uji. Pengujian dilakukan dengan menguji tentang pengaruh penambahan abu bonggol jagung terhadap nilai *slump flow* serta menguji kuat tarik belah beton pada umur 28 hari. Nilai *slump flow* yang diperoleh mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase abu bonggol jagung terhadap campuran beton dengan masing-masing variasi memperoleh nilai *slump flow* sebesar 0% (710 mm), 5% (595 mm), 10% (575 mm), 15% (555 mm). Nilai kuat tarik belah yang diperoleh sesuai dengan variasi adalah 0% (4,60 MPa), 5% (5,02 MPa), 10% (3,94 MPa), 15% (2,95 MPa). Nilai kuat tarik belah optimum diperoleh pada variasi abu bonggol jagung 5%.

Kata Kunci: Abu Bonggol Jagung, *Viscocrete 3115N*, *Slump Flow*, Kuat Tarik Belah

ABSTRACT

UTILIZATION OF CORN COB ASH AS SAND SUBSTITUTION IN CONCRETE MIXTURES WITH SUPERPLASTICIZER ADDITION IN TERMS OF SPLIT TENSILE STRENGTH (RESEARCH STUDY)

Handrian Wijaya
1607210230
Dr. Fahrizal Zulkarnain

In the current era of globalization, development in Indonesia has been very developed, thus affecting the progress of building materials such as concrete. Corn cob waste has elements that are useful for improving the quality of concrete, because it has a high enough silica content, namely 66.38%. Sika Viscocrete 3115N is the latest generation of superplasticizer for concrete and mortar which is capable of providing substantial water reduction, excellent flowability at the same time with optimal cohesion and self-compacting properties of concrete. This study aims to determine the effect of adding corncob ash as a substitute for sand and sika viscocrete 3115N on the split tensile strength of concrete and slump flow. With variations in the addition of 0%, 5%, 10%, 15% corncob ash by weight of sand and sika viscocrete 3115N by 0.8% of the weight of cement. The concrete test sample used was a cylinder with a size of 15 x 30 cm³ as many as 12 specimens. Tests carried out by testing the effect of adding corn cobs ash on the slump flow value and testing the tensile strength of the concrete at the age of 28 days. The slump flow value obtained decreased along with the increasing percentage of corn cobs ash against the concrete mixture with each variation obtaining a slump flow value of 0% (710 mm), 5% (595 mm), 10% (575 mm), 15% (555 mm). The split tensile strength values obtained according to the variation were 0% (4.60 MPa), 5% (5.02 MPa), 10% (3.94 MPa), 15% (2.95 MPa). The optimum split tensile strength value was obtained at 5% variation of corncob ash.

Keywords: Corn Cob Ash, Viscocrete 3115N, Slump Flow, Tensile Strength

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT berkat dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Judul dari skripsi ini adalah **“Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton (Studi Penelitian)”**.

Didalam penulisan skripsi ini penulis telah berusaha dan berupaya dengan segala kemampuan yang ada, namun penulis menyadari masih terdapat kekurangan didalamnya, untuk itu penulis dengan rasa rendah hati bersedia menerima saran dan kritik yang sifatnya membangun dalam perbaikan skripsi penelitian ini kedepannya. Dalam mempersiapkan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan berupa bimbingan dan petunjuk. Untuk itu pada kesempatan ini izinkanlah penulis untuk mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini:

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ibu Dr. Fetra Venny Riza, Selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T, Selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Irma Dewi S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Sopian dan Ibunda tercinta Heriawati yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
9. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama Muhammad Azizi Surbakti, Muhammad Fakhri, Muhammad Indra, Muhammad Reja Palepy, Fajar Riski, Arif Agustiono, Wahyu Fajar Handoko, Rio Prabowo dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 13 November 2020

Penulis

Handrian Wijaya
NPM.1607210230

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Beton	6
2.2 Abu Bonggol Jagung	6
2.3 Sika Viscocrete – 3115N	9
2.4 Kuat Tarik Belah	11
BAB 3 METODE PENELITIAN	13
3.1 Tinjauan Umum	13
3.1.1 Tahapan Penelitian	13
3.2 Sumber Data dan Teknik Pengambilan Data	16
3.2.1 Data Primer	16
3.2.2 Data Sekunder	16
3.2.3 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.3 Instrumen Penelitian	17
3.3.1 Desain Benda Uji	17
3.3.2 Bahan Pembuatan Benda Uji	18
3.3.3 Alat Pembuatan Benda Uji	21

3.3.4 Alat Pendukung	21
3.4 Langkah – Langkah Pemeriksaan Bahan	22
3.4.1 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)	22
3.4.2 Analisa Gradasi Agregat Halus (Pasir)	23
3.4.3 Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)	23
3.4.4 Berat Isi Agregat Halus (Pasir)	24
3.4.5 Kadar Air Agregat Halus (Pasir)	25
3.4.6 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar (Batu Pecah)	26
3.4.7 Analisa Gradasi Agregat Kasar (Batu Pecah)	27
3.4.8 Berat Isi Agregat Kasar (Batu Pecah)	27
3.4.9 Kadar Air Agregat Kasar (Batu Pecah)	28
3.4.10 Kadar Lumpur Agregat Kasar (Batu Pecah)	29
3.5 Pembuatan Abu Bonggol Jagung	29
3.6 Perencanaan Campuran Beton	30
3.7 Pembuatan Benda Uji	39
3.8 Pemeriksaan <i>Slump Flow</i>	40
3.9 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Tinjauan Umum	42
4.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton	42
4.2.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	42
4.2.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	47
4.3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Abu Bonggol Jagung	51
4.4 Perencanaan Campuran Beton	52
4.5 Kebutuhan Bahan	57
4.6 Pengujian Slump	58
4.7 Berat Isi Beton	59
4.8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	70

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1: Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji.	3
Tabel 2.1: Persentase Kandungan Kimia Abu Bonggol Jagung	7
Tabel 2.2: Daftar Hasil Penelitian Abu Bonggol Jagung yang Telah Dilakukan	7
Tabel 2.3: Daftar Hasil Penelitian Terdahulu Menggunakan Sika <i>Viscocrete</i> – <i>3115N</i>	11
Tabel 3.1: Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji	17
Tabel 3.2: Peralatan pembuatan benda uji	21
Tabel 3.3: Alat pendukung pembuatan benda uji	22
Tabel 3.4: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.	31
Tabel 3.5: Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.	32
Tabel 3.6: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m ³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.	34
Tabel 3.7: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.	35
Tabel 4.1: Hasil Pengujian Analisa Agregat Halus	42
Tabel 4.2: Daerah Gradasi Agregat Halus	43
Tabel 4.3: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	44
Tabel 4.4: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	45
Tabel 4.5: Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus	46
Tabel 4.6: Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	46
Tabel 4.7: Hasil Pengujian Analisa Agregat Kasar	47
Tabel 4.8: Batas Gradasi Agregat Kasar	48
Tabel 4.9: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	49
Tabel 4.10: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	50
Tabel 4.11: Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	50
Tabel 4.12: Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	51
Tabel 4.13: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Abu Bonggol Jagung	51
Tabel 4.14: Rekapitulasi Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	56

Tabel 4.15: Kebutuhan Bahan Berbagai Variasi Campuran	57
Tabel 4.16: Hasil Pengujian Slump	58
Tabel 4.17: Hasil Pengujian Berat Isi Beton	59
Tabel 4.18: Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Pembakaran Bonggol Jagung	6
Gambar 2.2: Sika <i>Viscocrete</i> – 3115N	10
Gambar 3.1: <i>Flowchart</i> tahapan penelitian	16
Gambar 3.2: Semen	18
Gambar 3.3: Agregat Kasar	19
Gambar 3.4: Agregat Halus	19
Gambar 3.5: Air	20
Gambar 3.6: Abu Bonggol Jagung	20
Gambar 3.7: Sika <i>Viscocrete</i> 3115N	21
Gambar 3.8: Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)	33
Gambar 3.9: Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2	36
Gambar 3.10: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 20 mm	36
Gambar 3.11: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm	37
Gambar 3.12: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.	38
Gambar 4.1: Grafik Analisa Agregat Halus	44
Gambar 4.2: Grafik Analisa Agregat Kasar	48
Gambar 4.3: Grafik Slump Rata – Rata	58
Gambar 4.4: Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Semua Variasi	64
Gambar 4.5: Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Rata – Rata	64

DAFTAR NOTASI

F_{ct}	= Kuat tarik belah	(MPa)
π	= Phi	(22/7)
P	= Beban maksimum beban belah	(N)
L	= Panjang benda uji silinder	(mm)
D	= Diameter benda uji silinder	(mm)
Bk	= Berat benda uji kering oven	(gr)
Bssd	= Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh	(gr)
Ba	= Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air	(gr)
FM	= Modulus Kehalusan	(gr)
W1	= Berat Agregat	(gr)
W4	= Berat Agregat di atas saringan no. 200 dan no. 16	(gr)
W_3	= Berat Benda Uji dalam kondisi lepas	(kg)
W_5	= Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan	(kg)
S	= <i>Bulk Specific Gravity</i> (Berat Jenis Agregat)	(Gr)
M	= Berat Isi Agregat	(kg/l)
B	= Berat SSD agregat halus	(Gr)
E	= Berat SSD kering oven agregat halus	(Gr)
D	= Berat Pic + air	(Gr)
C	= Berat SSD + berat pic + air	(Gr)
A	= Berat SSD agregat kasar	(Gr)
B	= Berat SSD di dalam air	(Gr)
C	= Berat SSD kering oven agregat kasar	(Gr)
Ca	= Penyerapan agregat halus	(%)
Da	= Penyerapan agregat kasar	(%)
Ck	= Kadar air agregat halus	(%)
Dk	= Kadar air agregat kasar	(%)

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L-1: <i>Compressing Test Machine</i>	71
Gambar L-2: Saringan Agregat Kasar	71
Gambar L-3: Saringan Agregat Halus	72
Gambar L-4: Cetakan Silinder	72
Gambar L-5: Oven	73
Gambar L-6: Gelas Ukur	73
Gambar L-7: Kerucut Abrams	74
Gambar L-8: <i>Mixer</i> Beton	74
Gambar L-9: Timbangan	75
Gambar L-10: Tongkat Penumbuk	75
Gambar L-11: Triplek 1m x 1m	76
Gambar L-12: Bak Perendaman	76
Gambar L-13: Ember	77
Gambar L-14: Sendok semen dan sekop tangan	77
Gambar L-15: Penggaris	78
Gambar L-16: Skrap	78
Gambar L-17: Persiapan Pembuatan Benda Uji	79
Gambar L-18: Proses Pembuatan Adukan Beton	79
Gambar L-19: Proses Pengujian <i>Slump Flow</i>	80
Gambar L-20: Pengukuran Diameter <i>Slump Flow</i>	80
Gambar L-21: Perojokan Adukan Beton di Cetakan	81
Gambar L-22: Perendaman Benda Uji	81
Gambar L-23: BB0	82
Gambar L-24: BB5	82
Gambar L-25: BB10	83
Gambar L-26: BB15	83
Gambar L-27: Pengujian Kuat Tarik Belah BB0	84
Gambar L-28: Pengujian Kuat Tarik Belah BB5	84
Gambar L-29: Pengujian Kuat Tarik Belah BB10	84
Gambar L-30: Pengujian Kuat Tarik Belah BB15	84

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada era globalisasi sekarang, pembangunan di Indonesia sudah sangat berkembang, sehingga mempengaruhi kemajuan bahan bangunan seperti beton. Dalam pelaksanaannya, perkembangan bahan bangunan beton diperlukan suatu inovasi baru agar pembangunan dapat dilaksanakan dengan baik dan cepat

Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya yang murah, mempunyai kekuatan yang baik, bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis.

Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisi (*filler*) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strength*) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan yang mudah untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya.

Dalam hal ini perlunya menciptakan beton berkualitas dengan memanfaatkan sumber daya alam yang pemanfaatannya masih kurang maksimal. Selain itu dapat menggunakan limbah yang sudah tidak terpakai dan dapat diolah kembali menjadi bahan tambah atau *filler* pada campuran beton. Untuk mencapai kualitas beton yang baik, beton segar harus mengisi ruang dengan cepat agar tidak ada udara didalamnya, jika beton memiliki rongga pada permukaannya maka beton tersebut akan mengalami penurunan mutu.

Salah satu limbah yang belum termanfaatkan dengan baik adalah abu bonggol jagung. Limbah bonggol jagung memiliki kandungan unsur silika yang cukup tinggi yakni 66,38%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, kandungan senyawa silika (SiO_2) yang terdapat pada bonggol jagung memungkinkan digunakannya

sebagai material tambahan pada beton. Namun sebelum dijadikan sebagai campuran pada beton, bonggol jagung terlebih dahulu dibakar pada suhu 650°C – 800°C selama lebih dari 8 jam untuk mendapatkan abu bonggol jagung yang disyaratkan (Fakhrunisa, Djatmika, & Karjanto, 2018).

Dalam penelitian ini juga digunakan bahan tambah *Superplasticizer* jenis Sika *Viscocrete – 3115 N*, yaitu bahan tambah yang dapat mempermudah pengerjaan campuran beton (*workability*) untuk diaduk, dituang, diangkut dan dipadatkan. Dengan menambahkan bahan tambah ini ke dalam adukan beton diharapkan dapat mempermudah pekerjaan pengadukan beton. Hal ini karena *Superplasticizer* (Sika *Viscocrete – 3115 N*) adalah bahan campuran untuk beton yang berfungsi ganda yang apabila dicampurkan dengan dosis tertentu dapat mengurangi jumlah pemakaian air dan mempercepat waktu pengerasan, meningkatkan *workability* dan dapat mereduksi kandungan air dalam campuran beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penambahan *Superplasticizer* (Sika *Viscocrete – 3115 N*) bersamaan dengan penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung terhadap nilai *slump flow*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *Superplasticizer* (Sika *Viscocrete – 3115 N*) bersamaan dengan penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung terhadap kuat tarik belah beton?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari tujuannya, maka diberi ruang lingkup antara lain:

1. Metode perhitungan menggunakan (SNI 2491:2014, 2014) “Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder”
2. Metode perencanaan campuran adukan beton menggunakan (SNI 03-2834-2000, 2000) “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”
3. Penelitian ini membandingkan kuat tarik belah beton yang menggunakan bahan tambah *Superplasticizer* (Sika *Viscocrete – 3115 N*) dan abu bonggol

jagung sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan kuat tarik belah beton yang tidak menggunakan abu bonggol jagung.

4. Abu bonggol jagung sebagai bahan tambah berasal dari sisa limbah pertanian dan persentase variasi sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dengan penambahan *Superplasticizer* (*Sika Viscocrete – 3115 N*) sebesar 0,8%.
5. Penelitian menggunakan benda uji yang berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 12 buah beton dan 4 (empat) variasi yang masing-masing variasi berjumlah 3 sampel.
6. Pengujian dilaksanakan pada umur 28 hari setelah perendaman beton.
7. Bahan pembuat beton : *Portland Cement* type I, agregat halus dari Binjai, agregat kasar yang digunakan dari Binjai, air yang digunakan dari laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji

Tabel 1.1: Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji.

NO	KODE BENDA UJI	AGREGAT HALUS	ABU BONGGOL JAGUNG	<i>SUPERPLASTICIZER VISCOCRETE - 3115N</i>	JUMLAH SAMPEL
1	BB0	100%	0%	0,8%	3
2	BB5	95%	5%	0,8%	3
3	BB10	90%	10%	0,8%	3
4	BB15	85%	15%	0,8%	3
Jumlah					12

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan *Superplasticizer* (Sika *Viscocrete – 3115 N*) bersamaan dengan penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung terhadap nilai *slump flow*.
2. Mengetahui pengaruh penambahan *Superplasticizer* (Sika *Viscocrete – 3115 N*) bersamaan penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung terhadap kuat tarik belah beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan dari penelitian ini dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi yang jelas bagi pengembangan ilmu teknologi beton dan pengaruh yang terjadi akibat penambahan zat adiktif jenis *Superplasticizer* (Sika *Viscocrete – 3115 N*) dan penggantian agregat halus dengan abu bonggol jagung terhadap campuran beton.
2. Memberikan informasi dengan perbandingan mutu beton dari variasi sampel beton dengan penambahan *Superplasticizer* (Sika *Viscocrete – 3115 N*).

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis membagi materi yang akan disampaikan dalam beberapa bab yaitu:

BAB 1 Pendahuluan

Membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Membahas hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 Metodologi Penelitian

Bagian ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data dan metode analisis data.

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

Merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Menurut (SNI 03-2834-2000, 2000) beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*).

2.2 Abu Bonggol Jagung

Produksi jagung di Indonesia setiap tahunnya menunjukkan peningkatan. Menurut Biro Pusat Statistik (BPS) Indonesia, angka produksi jagung tahun 2004 mencapai 11,2 juta ton. Tahun 2005 meningkat menjadi 12,5 juta ton, tahun 2006 mencapai 12,13 juta ton. Tahun 2007 produksinya mencapai 14 juta ton. Disamping itu, tingkat konsumsi jagung pada tahun 2006 sekitar 3,5 juta ton, sedangkan tahun 2007 diperkirakan mencapai 4,1 juta ton (Hidayati, Masturi, & Yulianti, 2016).

Limbah bonggol jagung memiliki unsur yang bermanfaat untuk peningkatan mutu beton, karena mempunyai kandungan silika yang cukup tinggi yaitu 66,38. Kandungan senyawa silika (SiO_2) yang terdapat pada bonggol jagung memungkinkan digunakannya sebagai material tambahan pada beton. Namun sebelum dijadikan sebagai campuran pada beton, bonggol jagung terlebih dahulu dibakar pada suhu 650°C - 800°C selama lebih dari 8 jam untuk mendapatkan abu bonggol jagung yang disyaratkan (Fakhrunisa et al., 2018).



Gambar 2.1: Pembakaran Bonggol Jagung

Tabel 2.1: Persentase Kandungan Kimia Abu Bonggol Jagung

Kandungan Kimia	Persentase Kandungan			
	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Rata – Rata
SiO ₂	67,33%	65,39%	66,41%	66,38%
Al ₂ O ₃	7,34%	9,14%	5,97%	7,48%
Fe ₂ O ₃	3,74%	5,61%	3,97%	4,44%
CaO	10,29%	12,89%	11,53%	11,57%
MgO	1,82%	2,33%	2,02%	2,06%
SO ₃	1,11%	1,10%	1,01%	1,07%

Sumber: (Fakhrunisa et al., 2018)

Hasil penelitian (Fakhrunisa et al., 2018), melakukan penelitian dengan variasi abu bonggol jagung 0%, 4%, 8%, 12% dari berat semen dengan campuran *superplasticizer* 0,8% umur 7, 14, 28 hari. Lalu (Harmaji, Permata, Hendriyanto, & Soepriyanto, 2019), melakukan penelitian dengan variasi abu bonggol jagung 0%, 25%, 50% dari berat semen umur 7, 14, 28 hari. Selanjutnya (Hepiyanto & Firdaus, 2019), melakukan penelitian dengan variasi abu bonggol jagung 0%, 4%, 8%, 12% dari berat semen umur 7, 14, 28 hari. Kemudian (Almachzuuni & Noerhayati, n.d.), melakukan penelitian abu bonggol jagung sebagai substitusi parsial semen dan serat bambu sebagai substitusi parsial agregat kasar dengan perbandingan variasi 0%:0%, 0:5%, 0:10%, 5:0%, 5:5%, 5:10%, 10:0%, 10:5%, 10:10% umur 14, 21, dan 28 hari. Lalu (Simanjuntak, Saragi, & Lumbangaol, 2020), melakukan penelitian dengan variasi abu bonggol jagung 0%, 3%, 6%, 9% dari berat semen. Dan (Memon, Javed, & Khushnood, 2019), melakukan penelitian dengan variasi abu bonggol jagung 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dari berat agregat halus. Hasil kuat tekan dan kuat tarik belah dari para peneliti dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2: Daftar Hasil Penelitian Abu Bonggol Jagung yang Telah Dilakukan

No	Nama, Tahun	Bahan/Cara	Persentase	Kuat Tekan	Kuat Tarik Belah	Umur
1	Fakhrunisa et al., 2018	Abu Bonggol Jagung	0% dari berat semen	25,253 MPa	-	7
				31,432 MPa	-	14
				32,226 MPa	-	28
			4% dari berat semen	26,769 MPa	-	7
				29,261 MPa	-	14
				36,251 MPa	-	28
			8% dari berat semen	25,180 MPa	-	7
				26,916 MPa	-	14
				32,849 MPa	-	28
			12% dari berat semen	19,536 MPa	-	7
				22,383 MPa	-	14
				26,184 MPa	-	28

2	(Harmaji et al., 2019)	Abu Bonggol Jagung	0% dari berat semen	0,10 MPa	-	7
				0,31 MPa	-	14
				0,59 MPa	-	28
			25% dari berat semen	8,03 MPa	-	7
				8,62 MPa	-	14
				8,82 MPa	-	28
			50% dari berat semen	1,17 MPa	-	7
				1,37 MPa	-	14
				2,94 MPa	-	28
3	(Hepiyanto & Firdaus, 2019)	Abu Bonggol Jagung	0% dari berat semen	19,96 MPa	-	28
			4% dari berat semen	33,04 MPa	-	28
			8% dari berat semen	30,79 MPa	-	28
			12% dari berat semen	28,20 MPa	-	28
4	(Almachzuuni & Noerhayati, n.d.)	Abu bonggol jagung sebagai parsial semen : Serat bambu sebagai parsial agregat kasar	0%:0%	-	25,6 MPa	14
				-	27,0 MPa	21
				-	29,0 MPa	28
			0%:5%	-	25,9 MPa	14
				-	28,1 MPa	21
				-	29,5 MPa	28
			0%:10%	-	20,5 MPa	14
				-	22,4 MPa	21
				-	22,8 MPa	28
			5%:0%	-	28,1 MPa	14
				-	28,8 MPa	21
				-	31,2 MPa	28
			5%:5%	-	27,6 MPa	14
				-	30,1 MPa	21
				-	32,1 MPa	28
			5%:10%	-	18,4 MPa	14
				-	21,1 MPa	21
				-	21,7 MPa	28
			10%:0%	-	19,9 MPa	14
				-	21,4 MPa	21
				-	25,3 MPa	28
			10%:5%	-	21,3 MPa	14
				-	22,9 MPa	21
				-	24,9 MPa	28
10%:10%	-	17,7 MPa	14			
	-	18,4 MPa	21			
	-	19,1 MPa	28			
5	(Simanjuntak et al., 2020)	Abu Bonggol Jagung	0% dari berat semen	25,45 MPa	-	28
			3% dari berat semen	21,96 MPa	-	28
			6% dari berat semen	18,56 MPa	-	28
			9% dari berat semen	16,45 MPa	-	28
6	(Memon et al., 2019)	Abu Bonggol Jagung		24 MPa	-	7
				32 MPa	-	28

0% dari berat agregat halus	43 MPa	-	56
	44 MPa	-	90
5% dari berat agregat halus	23 MPa	-	7
	26 MPa	-	28
	30 MPa	-	56
	32 MPa	-	90
10% dari berat agregat halus	18 MPa	-	7
	22 MPa	-	28
	26 MPa	-	56
	27 MPa	-	90
15% dari berat agregat halus	15 MPa	-	7
	19 MPa	-	28
	20 MPa	-	56
	22 MPa	-	90
20% dari berat agregat halus	14 MPa	-	7
	16 MPa	-	28
	18 MPa	-	56
	19 MPa	-	90

2.3 Sika Viscocrete – 3115N

Sika *Viscocrete-3115 N* adalah generasi terbaru dari *superplasticizer* untuk beton dan mortar. Secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemampuan mengalir yang tinggi dengan sifat daya alir yang tahan lama. Sika *Viscocrete-3115 N* memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya. Sika *Viscocrete-3115 N* digunakan untuk tipe-tipe beton sebagai berikut:

1. Beton dengan kemampuan mengalir yang tinggi.
2. Beton yang memadat dengan sendirinya (*Self Compaction Concrete/ SCC*).
3. Beton dengan kebutuhan pengurangan air yang sangat tinggi (hingga 30 %).
4. Beton mutu tinggi.
5. Beton kedap air.
6. Beton pracetak

Kombinasi pengurangan air dalam jumlah besar, kemampuan mengalir yang tinggi dan kuat awal yang tinggi menghasilkan keuntungan-keuntungan yang jelas seperti tersebut dalam aplikasi diatas.

Keuntungan Sika *Viscocrete-3115 N* bekerja melalui penyerapan permukaan partikel-partikel semen yang menghasilkan suatu efek-efek separasi sterikal. Sika

Viscocrete-3115 N tidak mengandung klorin atau bahan-bahan lain yang dapat menyebabkan karat atau bersifat korosif pada tulangan baja. Sehingga cocok digunakan untuk beton dengan tulangan atau pratekan.

Sika *Viscocrete-3115 N* memberikan beton dengan kelecakan yang panjang dan tergantung pada desain pencampuran dan kualitas material yang digunakan, partikel-partikel *self-compacting* dapat dipertahankan lebih dari 1 jam pada suhu 30°C. Pencampuran Sika *Viscocrete-3115 N* ditambahkan ke air yang sudah ditakar atau ditambahkan ke dalam *mixer* atau pengaduk. Untuk memperoleh manfaat optimal dari pengurangan air dalam jumlah besar, disarankan pengadukan dalam kondisi basah minimal 60 detik. Penambahan air takaran yang tersisa atau untuk memperoleh konsistensi beton yang baik hanya dapat dimulai setelah 2/3 waktu pengadukan dalam kondisi basah, untuk menghindari jumlah air yang berlebihan dalam beton (Sitorus, 2018).



Gambar 2.2: Sika *Viscocrete – 3115N*

Hasil penelitian (Heldita, 2019), melakukan penelitian dengan variasi Sika *Viscocrete - 3115N* sebesar 0% dan 0,4% dari berat air. Lalu (Sitorus, 2018), melakukan penelitian dengan variasi Sika *Viscocrete – 3115N* sebesar 1%, 1,5%, 2% dari berat semen. Hasil kuat tekan dari penelitian yang telah dilakukan terdapat pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3: Daftar Hasil Penelitian Terdahulu Menggunakan Sika *Viscocrete* – 3115N

No	Nama, Tahun	Bahan/Cara	Persentase	Kuat Tekan	Kuat Tarik	Umur
1	Heldita, 2019	Viscocrete 3115 N	0%	19.5 Mpa	-	28
			0.4% dari berat air	13.79 Mpa	-	28
2	Sitorus, 2018	Viscocrete 3115 N	1% dari berat semen	29,725 MPa	-	7
				34,673 MPa	-	14
				37,927 MPa	-	21
				46,600 MPa	-	28
			1,5% dari berat semen	32,125 MPa	-	7
				37,126 MPa	-	14
				40,286 MPa	-	21
				48,966 MPa	-	28
			2% dari berat semen	34,834 MPa	-	7
				39,835 MPa	-	14
				42,488 MPa	-	21
				51,566 MPa	-	28

2.4 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah adalah salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara lateral sampai pada kekuatan maksimumnya. Pengujian dapat dilakukan pada skala tertentu dengan berbagai kondisi, jenis, beban maupun ukuran benda uji (Regar, Sumajouw, & Dapas, 2014).

Kekuatan tarik beton relatif rendah, kirakira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (Rahamudin, Manalip, & Mondoringin, 2016).

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tarik belah berdasarkan (SNI 2491:2014, 2014), adalah:

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

Dimana:

F_{ct} = Kekuatan Tarik Belah (MPa)

P = Beban maksimum yang ditunjukkan oleh mesin uji (N)

L = Panjang benda uji silinder (mm)
D = Diameter benda uji silinder (mm)
 π = Phi (22/7)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tinjauan Umum

Metodologi penelitian merupakan langkah-langkah umum atau metode yang dilakukan dalam penelitian sebuah masalah, kasus, fenomena, atau yang lain secara eksperimen. Pada penelitian ini akan dilakukan sebuah penelitian dengan metode eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Metode eksperimen yang dilakukan dengan memanipulasi terhadap satu variabel atau lebih sehingga berpengaruh pada satu atau lebih variabel yang diukur.

3.1.1 Tahapan Penelitian

1. Persiapan

Persiapan yang dilakukan meliputi persiapan studi pustaka, persiapan literatur, pengadaan alat dan bahan termasuk pembakaran bonggol jagung untuk mendapatkan abunya, serta persiapan laboratorium.

2. Pemeriksaan Bahan Susun Beton

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui sifat serta karakteristik bahan susun beton apakah telah memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan atau belum apabila digunakan dalam pencampuran beton (*mix design*).

3. Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran (*mix design*) dilakukan mengacu pada SNI 03-2834-2000. Perencanaan yang dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan dari masing-masing bahan sebelumnya untuk merencanakan pencampuran beton, mulai dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Hasil dari *mix design* ini berupa perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan benda uji.

4. Pembuatan Benda Uji

Pada tahapan ini dilakukan pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

- a. Pembuatan adonan beton.
- b. Pengujian *slump flow* yang mengacu pada ASTM C 1611.
- c. Pengecoran ke dalam cetakan silinder.
- d. Pelepasan benda uji dari cetakan silinder.

5. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam beton didalam bak selama 28 hari.

6. Pengujian Beton

Pada tahapan ini dilakukan pengujian beton yang mengacu pada SNI 2491-2014.

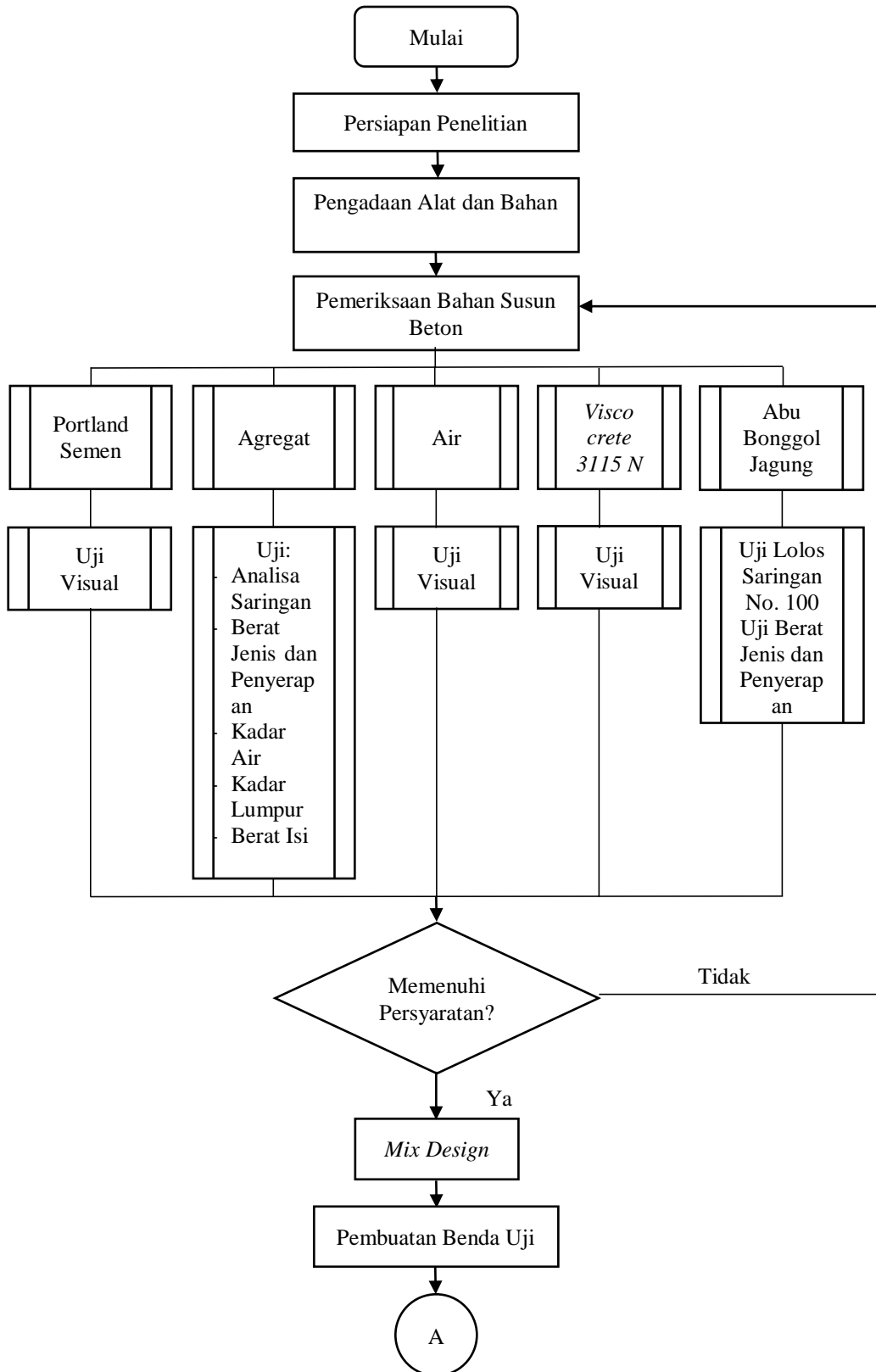
7. Analisis Data dan Pembahasan

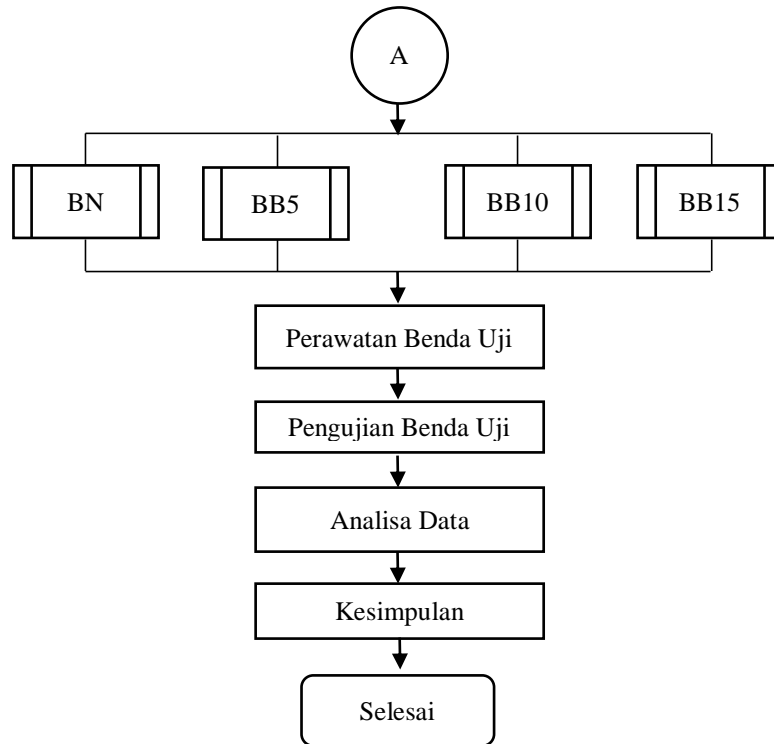
Pada tahap ini dilakukan pengolahan data dari pengujian yang telah dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Excel*, kemudian dilakukan pembahasan terkait hasil pengujian yang diperoleh.

8. Penarikan Kesimpulan

Tahapan ini merupakan tahapan terakhir dari penelitian ini. Dalam tahapan ini data yang sudah dianalisis dibuat suatu kesimpulan penelitian yang berhubungan dengan tujuan penelitian, selain itu di buat juga saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

Secara keseluruhan tahapan penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar 3.1 berikut:





Gambar 3.1: *Flowchart* tahapan penelitian

3.2 Sumber Data dan Teknik Pengambilan Data

3.2.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

1. Analisa saringan agregat (SNI 03-1968, 1990)
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2008)
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2008)
4. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 03-4804, 1998)
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011)
6. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4141, 1996)
7. Perencanaan campuran beton (*Mix Design*) (SNI 03-2834-2000, 2000)
8. Kekentalan adukan beton segar (*Slump flow*) (ASTM C 1611, 2005)
9. Uji kuat tarik belah beton (SNI 2491:2014, 2014)

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku dan jurnal yang berhubungan dengan teknik beton dan konsultasi langsung dengan dosen

pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis yang dipergunakan yaitu:

1. Peraturan SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana beton normal.
2. Peraturan SNI 2491:2014 tentang metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder

3.2.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Waktu penelitian yang direncanakan kurang lebih selama 3 bulan.

3.3 Instrumen Penelitian

3.3.1 Desain Benda Uji

Penelitian menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 12 buah beton dengan 4 (empat) variasi yang masing-masing variasi berjumlah 3 sampel. Pengujian akan dilaksanakan pada umur 28 hari setelah perendaman beton. Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1: Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji

NO	KODE BENDA UJI	AGREGAT HALUS	ABU BONGGOL JAGUNG	<i>SUPERPLASTICIZER VISCOCRETE - 3115N</i>	JUMLAH SAMPEL
1	BB0	100%	0%	0,8%	3
2	BB5	95%	5%	0,8%	3
3	BB10	90%	10%	0,8%	3
4	BB15	85%	15%	0,8%	3
Jumlah					12

Keterangan:

BB0 = Beton dengan campuran 0% abu bonggol jagung dari berat agregat halus dan campuran 0,8% *superplasticizer* dari berat semen.

BB5 = Beton dengan campuran 5% abu bonggol jagung dari berat agregat halus dan campuran 0,8% *superplasticizer* dari berat semen.

BB10 = Beton dengan campuran 10% abu bonggol jagung dari berat agregat halus dan campuran 0,8% *superplasticizer* dari berat semen.

BB15 = Beton dengan campuran 15% abu bonggol jagung dari berat agregat halus dan campuran 0,8% *superplasticizer* dari berat semen.

3.3.2 Bahan Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan bahan dan material untuk pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Semen *Portland*

Semen *Portland* yang digunakan pada penelitian ini merupakan semen *Portland* tipe I. Pengamatan yang dilakukan terhadap semen berupa kondisi fisik keutuhan kemasan semen dan kehalusan butiran semen atau butiran berwarna abu-abu, halus, dan tidak terdapat yang menggumpal.



Gambar 3.2: Semen

2. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini merupakan batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm. Agregat yang digunakan berasal dari Binjai, Sumatera Utara.



Gambar 3.3: Agregat Kasar

3. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini merupakan agregat yang lolos saringan no. 4. Agregat yang digunakan berasal dari Binjai, Sumatera Utara.



Gambar 3.4: Agregat Halus

4. Air

Pada pembuatan benda uji digunakan air yang berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air yang digunakan pada penelitian ini untuk membantu reaksi semen menjadi pasta semen sehingga dapat mengikat agregat dan perawatan pada beton setelah di cor.



Gambar 3.5: Air

5. Abu Bonggol Jagung

Abu bonggol jagung yang digunakan merupakan hasil dari pembakaran limbah bonggol jagung yang sudah dikeringkan. Abu bonggol jagung yang digunakan dalam penelitian ini merupakan abu yang lolos saringan no. 100.



Gambar 3.6: Abu Bonggol Jagung

6. *Superplasticizer Sika Viscocrete 3115 N*

Bahan tambah kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Superplasticizer* jenis *Sika Viscocrete 3115 N* yang diperoleh langsung dari PT. Sika Indonesia di Medan, Sumatera Utara.



Gambar 3.7: Sika Viscocrete 3115N

3.3.3 Alat Pembuatan Benda Uji

Alat yang digunakan dalam pembuatan benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2: Peralatan pembuatan benda uji

No	Nama Alat	Kegunaan
1	<i>Compressing Test Machine (CTM)</i>	Menguji kuat tarik belah beton
2	Saringan Agregat Kasar	Memisahkan agregat kasar sesuai ukuran
3	Saringan Agregat Halus	Memisahkan agregat halus sesuai ukuran
4	Cetakan Silinder	Mencetak benda uji
5	Oven	Mengeringkan agregat kasar dan halus
6	Gelas Ukur	Mengukur takaran air dan <i>superplasticizer</i>
7	Kerucut Abrams	Untuk menguji slump
8	<i>Mixer</i> Beton	Untuk membuat campuran atau adonan beton
9	Timbangan	Menimbang benda uji
10	Tongkat Penumbuk	Memadatkan benda uji
11	Triplek 1m x 1m	Sebagai alas saat melakukan <i>Slump Flow</i>
12	Bak Perendaman	Untuk merendam benda uji

3.3.4 Alat Pendukung

Pada penelitian ini digunakan alat-alat pendukung untuk pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3: Alat pendukung pembuatan benda uji

No	Nama Alat	Kegunaan
1	Alat Tulis	Menulis atau menandai benda uji
2	Ember	Wadah agregat
3	Plastik	Wadah agregat dan abu bonggol jagung yang sudah selesai uji saringan
4	Sendok Semen	Meratakan campuran beton saat dimasukkan kedalam cetakan
5	Penggaris	Mengukur slump
6	Sekop	Mengaduk dan memasukkan agregat kedalam cetakan
7	Skrap	Meratakan campuran beton
8	Masker	Melindungi pernapasan dari debu
9	Sarung Tangan	Melindungi kulit

3.4 Langkah – Langkah Pemeriksaan Bahan

3.4.1 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)

Prosedur Pengujian:

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

Perhitungan :

- a. Berat Jenis (*Bulk Specific Gravity*) = $\frac{Bk}{Bssd - Ba}$
- b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*SSD*) = $\frac{Bssd}{Bssd - Ba}$

$$c. \text{ Berat Jenis Semu (Apparent Surface Dry)} = \frac{Bk}{Bk - Ba}$$

$$d. \text{ Penyerapan Air (Absorption)} = \frac{Bssd - bk}{Bk} \times 100\%$$

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

Bssd = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)

3.4.2 Analisa Gradasi Agregat Halus (Pasir)

Prosedur Pengujian:

1. Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
2. Timbang benda uji sesuai dengan berat yang disyaratkan. Lalu susun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas. Lalu pan diletakan pada bagian bawah. Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan mesin pengayak selama 15 menit agar hasil ayakan terpisah merata.
3. Kemudian berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang.

Perhitungan

Hitung Persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing – masing ayakan terhadap berat total benda uji

$$FM = \frac{\sum \text{persen tertahan komulatif mulai dari saringan } 150 \mu\text{m (0,15 mm)}}{100}$$

3.4.3 Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)

Prosedur Pengujian:

1. Benda uji dimasukkan dengan berat 500 gram Kemudian ditimbang (W1).
2. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.

3. Wadah diguncang – guncangkan hingga kotoran – kotoran pada benda uji hilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
4. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W2).
5. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
6. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W3).
7. Kemudian dihitung berat bahan kering ($W4 = W3 - W2$).

Perhitungan:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan :

W1 = Berat Agregat

W4 = Berat Agregat di atas saringan no. 200 dan no. 16

3.4.4 Berat Isi Agregat Halus (Pasir)

Prosedur Pengujian:

1. Berat Isi Lepas :
 - a. Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W1).
 - b. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati – hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
 - c. Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
 - d. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W2).
 - e. Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).
2. Berat Isi Padat :
 - a. Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W1).
 - b. Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal 1/3 dari tinggi silinder.

- c. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
- d. Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang berat silinder serta benda uji dan dicatat (W4). Kemudian dihitung berat benda uji ($W5 = W4 - W1$).

Perhitungan:

- a. Berat Isi Agregat Lepas $= \frac{W_3}{V}$
- b. Berat Isi Agregat Padat $= \frac{W_5}{V}$
- c. Voids $= \frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)}$

Keterangan :

W_3 = Berat Benda Uji dalam kondisi lepas (Kg)

W_5 = Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (Kg)

V = Volume Tabung Silinder

S = *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis Agregat)

M = Berat Isi Agregat (Kg/l)

W = Density (Kerapatan) air = 998 Kg/l = 0,998 gr/l

3.4.5 Kadar Air Agregat Halus (Pasir)

Prosedur Pengujian:

1. Timbang berat talam kosong dan catat (W1).
2. Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya (W2).
3. Lalu dihitung berat benda ujinya ($W3 = W2 - W1$).
4. Setelah itu benda uji dikeringkan beserta talam didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
5. Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W4).
6. Lalu dihitung berat benda uji kering ($W5 = W4 - W1$)

Perhitungan:

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

3.4.6 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar (Batu Pecah)

Prosedur Pengujian:

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

Perhitungan:

a. Berat Jenis (Bulk Specific Gravity) $= \frac{Bk}{Bssd - Ba}$

b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD) $= \frac{Bssd}{Bssd - Ba}$

c. Berat Jenis Semu (*Apparent Surface Dry*) $= \frac{Bk}{Bk - Ba}$

d. Penyerapan Air (*Absorption*) $= \frac{Bssd - bk}{Bk} \times 100\%$

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

Bssd = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)

3.4.7 Analisa Gradasi Agregat Kasar (Batu Pecah)

Prosedur Pengujian:

1. Langkah pertama benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
2. Kemudian benda uji ditimbang sesuai dengan berat yang disyaratkan.
3. Lalu susun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas. Lalu pan diletakan pada bagian bawah. Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan.
4. Selanjutnya susunan saringan diletakan dalam mesin penggetar saringan (sieve shaker). Lalu mesin penggetar saringan dijalankan selama ± 15 menit.
5. Kemudian menimbang berat agregat yang terdapat pada masing- masing saringan.

Perhitungan:

Hitung Persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing – masing ayakan terhadap berat total benda uji.

$$FM = \frac{\sum \text{persen tertahan komulatif mulai dari saringan } 150 \mu\text{m (0,15 mm)}}{100}$$

3.4.8 Berat Isi Agregat Kasar (Batu Pecah)

Prosedur Pengujian:

1. Berat Isi Lepas :
 - a. Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W1).
 - b. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati – hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
 - c. Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W2). Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).

2. Berat Isi Padat :

- a. Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W1).
- b. Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal 1/3 dari tinggi silinder.
- c. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
- d. Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang berat silinder serta benda uji dan dicatat (W4). Kemudian dihitung berat benda uji ($W5 = W4 - W1$).

Perhitungan:

- a. Berat Isi Agregat Lepas $= \frac{W_3}{V}$
- b. Berat Isi Agregat Padat $= \frac{W_5}{V}$
- c. Voids $= \frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)}$

Keterangan :

- W_3 = Berat Benda Uji dalam kondisi lepas (Kg)
 W_5 = Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (Kg)
V = Volume Tabung Silinder
S = *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis Agregat)
M = Berat Isi Agregat (Kg/lt)
W = Density (Kerapatan) air = 998 Kg/lt = 0,998 gr/lt

3.4.9 Kadar Air Agregat Kasar (Batu Pecah)

Prosedur Pengujian:

1. Timbang berat talam kosong dan catat (W1). Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya (W2).
2. Lalu dihitung berat benda ujinya ($W3 = W2 - W1$). Setelah itu benda uji dikeringkan beserta talam didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.

3. Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W4).
4. Lalu dihitung berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$)

Perhitungan

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

3.4.10 Kadar Lumpur Agregat Kasar (Batu Pecah)

Prosedur Pengujian:

1. Benda uji dimasukkan dengan berat 2500 gram Kemudian ditimbang (W1).
2. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
3. Wadah diguncang – guncangkan hingga kotoran – kotoran pada benda uji hilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
4. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W2).
5. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
6. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W3).
7. Kemudian dihitung berat bahan kering ($W_4 = W_3 - W_2$).

Perhitungan:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\%$$

3.5 Pembuatan Abu Bonggol Jagung

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan abu bonggol jagung adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan limbah bonggol jagung dari daerah Lubuk Pakam.
2. Siapkan tong besi sebagai media pembakaran dan siapkan juga blender untuk menghancurkan bonggol jagung yang sudah dibakar tadi.
3. Masukkan bonggol jagung yang sudah dibakar tadi kedalam blender hingga hancur menjadi serbuk.
4. Abu bonggol jagung yg telah jadi lalu di ayak atau di saring terlebih dahulu sehingga di dapat tekstur serbuk atau abu yang lolos saringan No. 100 untuk penelitian.



Gambar 3.7: Proses Pembakaran Bonggol Jagung

3.6 Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Salah satu tujuan penelitian digunakan perencanaan campuran beton dengan standar SNI-03-2834-2000 adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan dan sesuai dengan standar pengerjaan yang ada di Indonesia. Tingkat derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat saat pengujian slump. Perencanaan campuran adukan beton menurut SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut.

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan f_c' pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar.

$$s = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n-1} \quad (3.1)$$

Dengan :

s adalah deviasi standar

x_i adalah kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

\bar{x} adalah kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.2)$$

Dengan:

n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji) dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut:

- 1) Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- 2) Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai f_{cr} yang ditentukan.
- 3) Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.
- 4) Bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi deviasi standar, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari Tabel 3.4.

Tabel 3.4: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f'_c + 12 \text{ Mpa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Menghitung nilai tambah.

$$M = 1,64 \times S_r \quad (3.3)$$

Dengan

M adalah nilai tambah

1,64 adalah ketetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%

S_r adalah deviasi standar rencana

4. Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}).

$$f_{cr} = f'_c + M$$

$$f_{cr} = f'c + 1,64 Sr \quad (3.4)$$

5. Menetapkan jenis semen.
6. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat ini dapat dalam bentuk tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan.
7. Menentukan faktor air semen

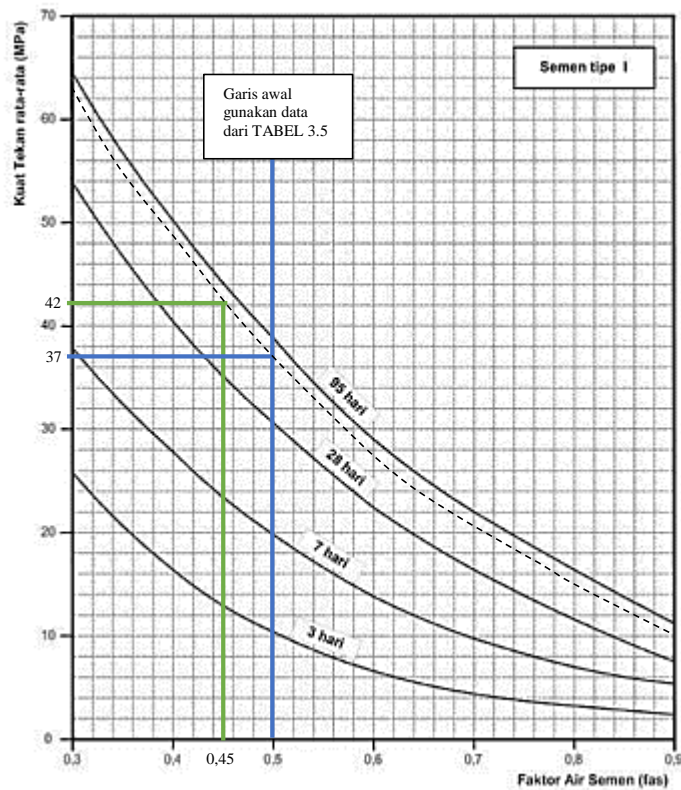
Menghubungkan kuat tekan dan factor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 3.5. Bila dipergunakan gambar 3.8 ikuti langkah-langkah berikut :

- 1) Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 3.5, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;
- 2) Melihat gambar 3.2 untuk benda uji berbentuk silinder;
- 3) Menarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas;
- 4) Menarik garis lengkung melalui titik pada sub butir 3 secara proporsional;
- 5) Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 4 di atas;
- 6) Menarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan factor air semen yang diperlukan;

Tabel 3.5: Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	29	Bentuk uji
Semen <i>portland</i> Tipe 1	Batu tak dipecah	17	23	33	40	silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
	Batu tak dipecah	20	28	40	48	kubus

Semen tahan sulfat Tipe I,II,V	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 3.8: Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

8. Menentukan faktor air semen maksimum atau dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak.

Jika nilai faktor air semen yang diperoleh dari butir 7 di atas lebih kecil dari yang dikehendaki, maka yang dipakai yang terendah.

9. Menentukan slump.

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, didapatkan dan diratakan.

10. Menentukan ukuran agregat maksimum jika tidak ditetapkan.

Besar butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:

- 1) Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
- 2) Sepertiga dari tebal pelat.
- 3) Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

11. Menentukan nilai kadar air bebas.

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

- 1) Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada tabel 3.5 dan gambar 3.2.
- 2) Agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (3.5)$$

Dengan:

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak di pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	137	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225

40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

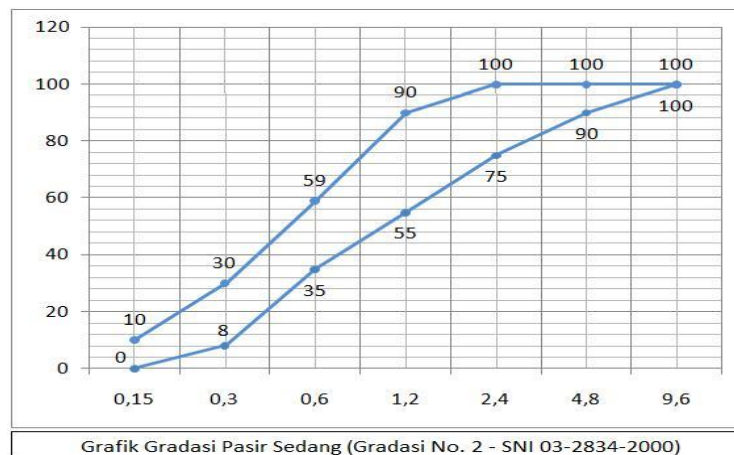
Catatan : Koreksi suhu udara untuk suhu di atas 25 °C, setiap kenaikan 5 °C harus ditambah air 5 liter per m² adukan beton.

12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen.
13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Menentukan jumlah semen semimum mungkin, Jika tidak lihat Tabel 3.7, jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

Tabel 3.7: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.

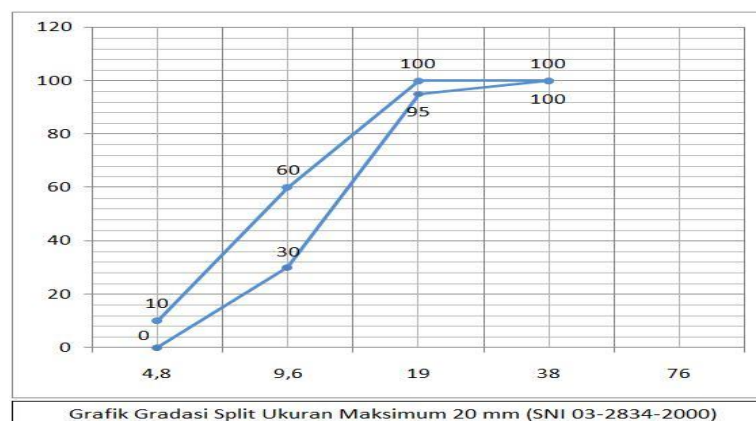
Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: a. Keadaan keliling non-korosif b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275 325	0,60 0,52
Beton di luar ruangan bangunan; a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung. b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275	0,60 0,60
Beton masuk ke dalam tanah: b. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti c. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	0,55 Lihat Tabel 2.10
Beton yang kontinyu berhubungan: a. Air tawar b. Air laut		Lihat Tabel 2.11

15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka factor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Menentukan susunan butir agregat halus (pasir kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayak menurut standar yang berlaku, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva-kurva yang tertera dalam gambar 3.9. (ukuran mata ayakan (mm))



Gambar 3.9: Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2

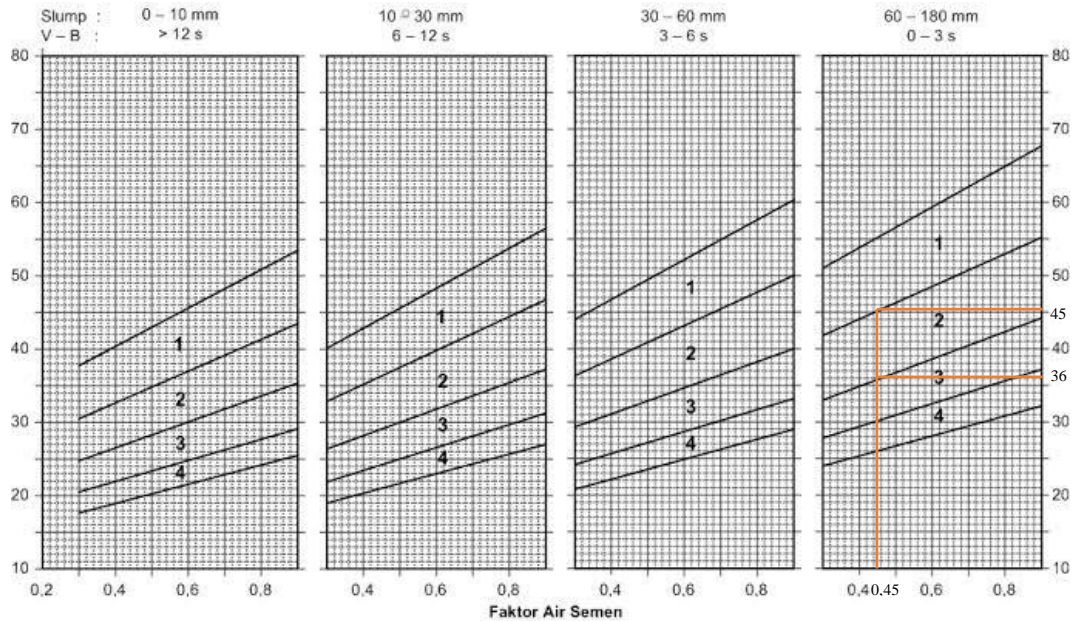
17. Menentukan susunan agregat kasar menurut gambar 3.10.



Gambar 3.10: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 20 mm

18. Menentukan persentase pasir dengan perhitungan ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, faktor air semen menurut

butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik.



Gambar 3.11: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm

19. Menghitung berat jenis relative agregat.

Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

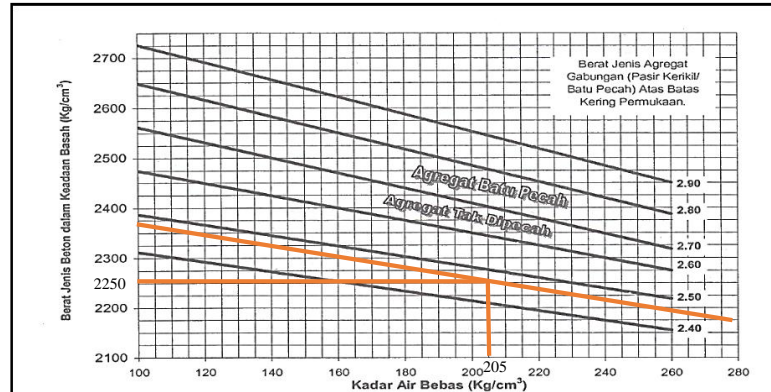
1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:

- agregat tak dipecah : 2,5
- agregat dipecah : 2,6 atau 2,7

2) Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:

berat jenis agregat gabungan = persentase agregat halus x berat jenis agregat halus + persentase agregat kasar x berat jenis agregat kasar

20. Menentukan berat isi beton menurut Gambar 3.11 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3.6 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 3.12: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.

21. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas;
22. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21;
23. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22; dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1 m³ beton;
24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
25. Mengkoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran halus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$a. \text{ Air} = B - (C_k - C_a)x \frac{C}{100} - (D_k - D_a)x \frac{D}{100} \quad (3.6)$$

$$b. \text{ Agregat halus} = C - (C_k - C_a)x \frac{C}{100} \quad (3.7)$$

$$c. \text{ Agregat kasar} = D + (D_k - D_a)x \frac{D}{100} \quad (3.8)$$

Dengan:

B = jumlah air (kg/m³).

C = agregat halus (kg/m³).

D = agregat kasar (kg/m³).

Ca = absorpsi air pada agregat halus (%).

Da = absorpsi agregat kasar (%).

Ck = kandungan air dalam agregat halus (%).

Dk = kandungan air dalam agregat kasar (%).

3.7 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dibedakan menjadi 2 yaitu beton normal dan beton abu bonggol jagung.

1. Langkah-langkah pembuatan benda uji beton normal adalah sebagai berikut:
 - 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 pertama-tama tuangkan agregat halus, agregat kasar, dan semen. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata menggunakan molen.
 - d. Setelah ketiga bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
 - e. Setelah tercampur rata, dilakukan uji *slump flow* untuk mengukur tingkat *workability* adukan.
 - f. Apabila nilai *slump flow* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
 - g. Diamkan selama 24 jam.
 - h. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.
2. Langkah-langkah pembuatan benda uji beton abu bonggol jagung adalah sebagai berikut:
 - 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 halus kedalam molen lalu masukkan abu bonggol jagung yang telah lolos saringan no.100 dengan variasi yang telah ditentukan.
- d. Kemudian masukkan agregat kasar.
- e. Kemudian masukkan semen kedalam molen.
- f. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
- g. Kemudian masukkan Sika *Viscocrete 3115 N* 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 ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
- j. Diamkan selama 24 jam.
- k. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

3.8 Pemeriksaan *Slump Flow*

Langkah-langkah pengujian *Slump Flow* :

1. Basahi kerucut Abrams dan plat sebesar 1m x 1m.
2. Letakan plat pada bidang yang datar dan letakkan kerucut Abrams secara terbalik tepat di tengah plat.
3. Tuangkan campuran beton kedalam kerucut Abrams hingga penuh lalu ratakan menggunakan skrap dan diamkan selama 1 menit.
4. Angkat kerucut Abrams secara tegak lurus secara perlahan-lahan sambil menghitung waktu persebaran adukan menggunakan stopwatch.
5. Mencatat waktu saat sebaran adukan mencapai ukuran diameter 500mm dan hentikan stopwatch saat sebaran adukan berhenti serta mencatat waktunya.
6. Kemudian ukur lebar sebaran adukan beton menggunakan penggaris secara vertikal dan horizontal.

7. Besar diameter sebaran adukan menunjukkan tingkat kekentalan adukan tersebut, semakin besar diameter yang didapat maka semakin encer pula adukan tersebut.

3.9 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Langkah-langkah pengujian kuat Tarik belah beton adalah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, nilai slump, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian.
2. Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan meletakkan benda uji pada bagian sisinya di atas mesin dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter di sepanjang benda uji.
3. Melapisi permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.
4. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing-masing benda uji.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

Sebuah data dari penelitian perlu dilakukan sebuah analisis dan pembahasan untuk memperoleh tujuan yang direncanakan. Pada bab ini akan dijabarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan peneliti di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang diawali dengan pemeriksaan bahan penyusun beton, perencanaan campuran beton, pencampuran bahan penyusun beton, dan pengujian beton yang telah dibuat.

4.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

Pada pemeriksaan bahan penyusun beton peneliti memperoleh data material meliputi berat jenis, kadar air, kadar lumpur, berat isi, penyerapan serta analisa saringan. Bahan-bahan yang akan digunakan pada pencampuran beton memiliki beberapa persyaratan yang harus dipenuhi sehingga perlu dilakukan pemeriksaan bahan penyusun beton.

4.2.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang diperoleh dari Binjai. Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar air, pengujian berat isi, dan pengujian kadar lumpur.

1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pelaksanaan pengujian analisa saringan mengacu pada SNI 03-1968-1990 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang analisa saringan agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1: Hasil Pengujian Analisa Agregat Halus

Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing
4.75 (No. 4)	65	70	135	6.77	6.77	93.23
2.36 (No. 8)	82	80	162	8.12	14.89	85.11

1.18 (No.16)	137	184	321	16.09	30.98	69.02
0.60 (No. 30)	169	136	305	15.29	46.27	53.73
0.30 (No. 50)	464	436	900	45.11	91.38	8.62
0.15 (No. 100)	11	14	25	1.25	92.63	7.37
<i>Pan</i>	69	78	147	7.37	100.00	0
Total	997	998	1995	100.00	282,91	

Berdasarkan Tabel 4.1 maka diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{282,91}{100} \\
 &= 2,83
 \end{aligned}$$

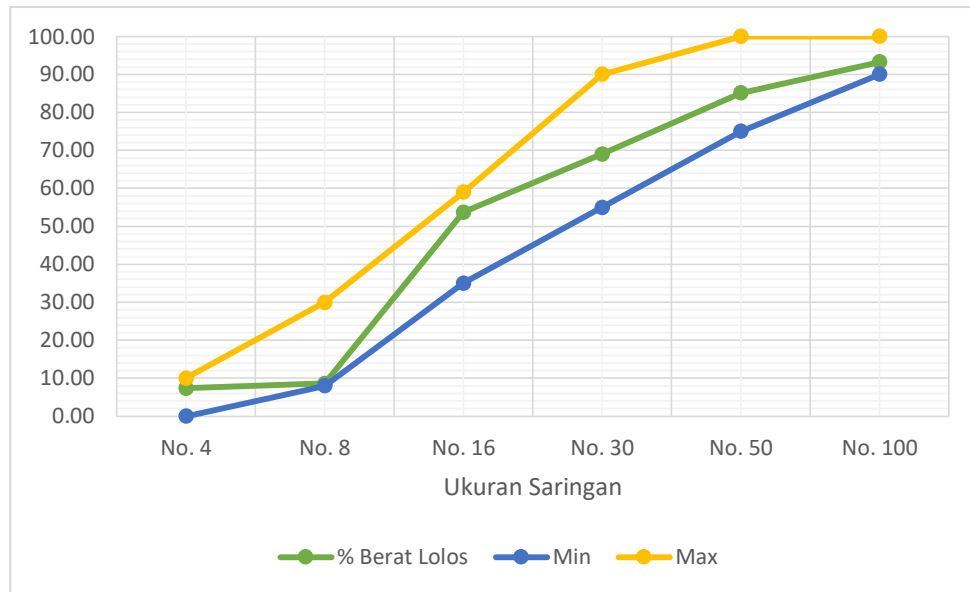
Menurut Tjokrodimuljo (2007) pada umumnya modulus halus butir agregat halus mempunyai nilai antara 1,5 sampai 3,8. Pada pengujian ini diperoleh nilai sebesar 2,83 yang berarti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat halus. Daerah gradasi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Daerah Gradasi Agregat Halus

Nomor Saringan	Lubang Saringan (mm)	Persen bahan butiran yang lolos saringan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
4	4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
8	2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
16	1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
30	0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
50	0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
100	0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Berdasarkan Tabel 4.2 agregat halus yang digunakan memenuhi persyaratan gradasi daerah II dengan jenis pasir agak kasar. Grafik hubungan antara

persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan gradasi daerah II dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Grafik Analisa Agregat Halus

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air mengacu pada SNI 1970-2008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

<i>FINE AGGREGATE</i> (Agregat Halus) <i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	1 (gr)	2 (gr)	Rata-Rata
			(gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) kering oven (110° C) Sampai Konstan) (E)	483	491	487
<i>Wt. Of Flask + Water</i> (Berat Piknometer penuh air) (D)	692	681	686.5
<i>Wt. Of Flask + Water + Sample</i> (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) (C)	994	989	991.5

<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$	2.44	2.56	2.50
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$	2.53	2.60	2.56
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$	2.67	2.68	2.68
<i>Absorption</i> $[(B - E) / E] \times 100\%$	3.52	1.83	2.68

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh hasil berat jenis jenuh kering muka rata-rata sebesar 2,56 gram/cm³ dan penyerapan air rata-rata sebesar 2,68%. Sebuah berat jenis agregat normal berada diantara 2,4-2,7 (Tjokrodinuljo,2007). Hal ini menyatakan bahwa agregat halus yang digunakan termasuk berat jenis agregat normal karena berada diantara 2,4-2,7.

3. Pengujian Kadar Air

Pelaksanaan pengujian kadar air mengacu pada SNI 1971-2011 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar air agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Agregat Halus	1 (gr)	2 (gr)
Wt of SSD Sample & Mold (Berat contoh SSD dan berat wadah)	950	951
Wt of SSD sample (berat contoh SSD)	500	500
Wt of Oven Dry Sample & Mold (Berat contoh kering oven & berat wadah)	936	938
Wt of Mold (berat wadah)	450	451
Wt of Water (berat air)	14	13
Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh kering)	486	487
Kadar Air	2.88	2.67
Rata-Rata	2.78	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 2,78%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 2,88%. Sedangkan percobaan

kedua didapat hasil kadar air sebesar 2,67%. Hasil tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu 2%-20%.

4. Pengujian Berat Isi

Pelaksanaan pengujian berat isi mengacu pada SNI 03-4804-1998 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat isi agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5: Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Sampel 3 (gr)	Rata – Rata (gr)
Berat Contoh & Wadah	16840	18900	18965	18235
Berat Wadah	5327	5327	5327	5327
Berat Contoh & Wadah	22167	24227	24292	23562
Volume Wadah	10948	10948	10948	10948
Berat Isi	1.54	1.73	1.73	1.67

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata berat isi sebesar 1,67 gr/cm³. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5-1,8 sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

5. Pengujian Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur mengacu pada SNI 03-4141-1996 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar lumpur agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6: Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Agregat Halus Lolos Saringan No.9,5 mm	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata – rata (gr)
Berat contoh kering	500	500	500
Berat contoh kering setelah di cuci	471	479	475
Berat kotoran	29	21	25
Persentase kotoran	6.2	4.4	5.3

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh nilai persentase kadar lumpur dari sampel 1 sebesar 6,2% dan nilai persentase kadar lumpur dari sampel 2 sebesar 4,4%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur dari kedua sampel adalah sebesar 5,3%.

4.2.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah yang diperoleh dari Binjai. Pada agregat kasar dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar air, pengujian berat isi, dan pengujian kadar lumpur.

1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pelaksanaan pengujian analisa saringan mengacu pada SNI 03-1969-1990 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang analisa saringan agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7: Hasil Pengujian Analisa Agregat Kasar

Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Weight (gr)	%		
38,1 (1.5 in)	0	0	0	0.00	0.00	100.00
19.0 (3/4 in)	65	57	122	2.44	2.44	97.56
9.52 (3/8 in)	1467	1498	2965	59.30	61.74	38.26
4.75 (No. 4)	968	945	1913	38.26	100.00	0.00
2.36 (No. 8)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
1.18 (No.16)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
0.60 (No. 30)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
0.30 (No. 50)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
0.15 (No. 100)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Pan	0	0	0	0.00	100	0
Total	2500	2500	5000	100.00	664.18	

Berdasarkan Tabel 4.7 maka diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) sebagai berikut:

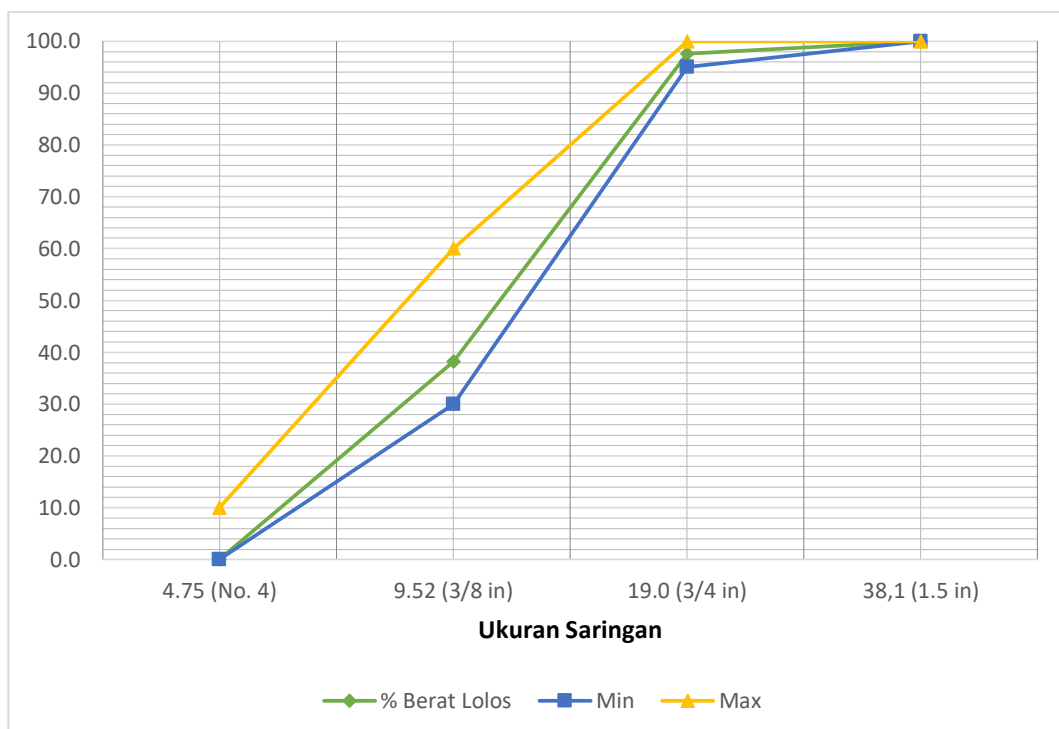
$$\begin{aligned}\text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{664,18}{100} \\ &= 6,64\end{aligned}$$

Menurut Tjokrodinuljo (2007) pada umumnya modulus halus butir agregat kasar mempunyai nilai antara 6,0 sampai 7,0. Pada pengujian ini diperoleh nilai sebesar 6,64 yang berarti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat kasar. Daerah gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Batas Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos (%)		
	Gradasi Agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100	-	-
38	95-100	100	-
19	37-70	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Berdasarkan Tabel 4.8 gradasi agregat kasar menggunakan persyaratan gradasi agregat dengan ukuran butir maksimum 20 mm, tetapi dalam analisa saringan argrgeat kasar ini diperoleh gradasi sela karena terdapat fraksi ukuran 20 mm dan 10 mm yang tidak terpenuhi. Apabila salah satu fraksi ukuran yang tidak terpenuhi maka akan mengakibatkan volume pori (ruang kosong) pada beton menjadi lebih banyak. Variasi ukuran agregat kasar akan mengakibatkan volume pori menjadi lebih kecil dan beton yang dihasilkan akan menjadi lebih padat. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik Analisa Agregat Kasar

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air mengacu pada SNI 1969-2008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

<i>COARSE AGGREGATE</i> (Agregat Kasar)	1	2	Rata-Rata
<i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	(gr)	(gr)	(gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	2800	2700	2750
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) keringoven (110°C) Sampai Konstan) (C)	2795	2687	2741
<i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	1591	1625	1608
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) C / (A - B)	2.31	2.50	2.41
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) A / (A - B)	2.32	2.51	2.41
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) C / (C - B)	2.32	2.53	2.43
<i>Absorption</i> (Penyerapan) [(A - C) / C] x 100%	0.18	0.48	0.33

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan pada agregat kasar diperoleh berat jenis jenuh kering muka rata-rata sebesar 2,41 gram/cm³ dan penyerapan air rata-rata sebesar 0,33%. Penyerapan agregat kasar lebih kecil dari agregat halus, hal ini menunjukkan rongga-rongga yang diisi air oleh air lebih sedikit dari pada agregat halus. Sebuah berat jenis agregat normal berada diantara 2,4-2,7 gram/cm³ (Tjokrodimuljo,2007). Hal ini menyatakan bahwa agregat kasar yang digunakan termasuk berat jenis agregat normal karena berada diantara 2,4-2,7 gram/cm³.

3. Pengujian Kadar Air

Pelaksanaan pengujian kadar air mengacu pada SNI 1971-2011 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar air agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Agregat Kasar	1 (gr)	2 (gr)
<i>Wt of SSD Sample & Mold</i> (Berat contoh SSD dan berat wadah) gr	1492	1495
<i>Wt of SSD sample</i> (berat contoh SSD) gr	1000	1000
<i>Wt of Oven Dry Sample & Mold</i> (Berat contoh kering oven & berat wadah) gr	1482	1486
<i>Wt of Mold</i> (berat wadah) gr	492	495
<i>Wt of Water</i> (berat air) gr	10	9
<i>Wt of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh kering) gr	990	991
Kadar Air	1.01	0.91
Rata-Rata	0.96	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 0,96%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 1,01%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 0,91%.

4. Pengujian Berat Isi

Pelaksanaan pengujian berat isi mengacu pada SNI 03-4804-1998 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat isi agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11: Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sample 2 (gr)	Sample 3 (gr)	Rata-Rata (gr)
Berat Contoh & Wadah	18530	19825	19680	19345
Verat Wadah	5327	5327	5327	5327
Berat Contoh & Wadah	23857	25152	25007	24672
Volume Wadah	10948	10948	10948	10948
Berat Isi	1.69	1.81	1.80	1.77

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata berat isi sebesar $1,77 \text{ gr/cm}^3$. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar $1,5-1,8 \text{ gr/cm}^3$ sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

5. Pengujian Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur mengacu pada SNI 03-4141-1996 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar lumpur agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12: Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Agregat Kasar Lolos Saringan No. 50,8 mm	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata – rata (gr)
Berat Contoh Kering	2500	2500	2500
Berat Contoh Kering Setelah Di Cuci	2477	2489	2483
Berat Kotoran	23	21	22
Persentase Kotoran	0.9	0.8	0.9

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh nilai persentase kadar lumpur dari sampel 1 sebesar 0,9% dan nilai persentase kadar lumpur dari sampel 2 sebesar 0,8%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur dari kedua sampel adalah sebesar 0,9%.

4.3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Abu Bonggol Jagung

Tabel 4.13: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Abu Bonggol Jagung

Abu Bonggol Jagung	Satuan	Sample 1	Sample 2	Rata-rata
Berat SSD (B)	gr	50	50	50
Berat SSD kering oven (E)	gr	47	48	47,5
Berat Pic + air (D)	gr	692	691	691,5
Berat SSD + berat pic + air (C)	gr	719	721	720
BJ Bulk = $(E / (B + D - C))$		2,04	2,40	2,22
BJ SSD = $(B / (B + D - C))$		2,17	2,50	2,34
BJ Semu = $(E / (E + D - C))$		2,35	2,67	2,51
Absorption = $([(B - E) / E] \times 100\%)$	%	6,38	4,17	5,27

Dari hasil pengujian didapatkan data seperti dicantumkan diatas. Analisa yang bisa didapatkan, pada pengujian berat jenis SSD sebesar $2,34 \text{ gram/cm}^3$. Suatu

agregat bisa dikatakan agregat normal, mempunyai berat jenis antara 2,2 – 2,7 gram/cm³. Dalam pengujian abu bonggol ini, diketahui agregatnya dikategorikan sebagai agregat normal. Sedangkan penyerapan air didapatkan 5,27%, batas maksimal persentase penyerapan air dalam SNI adalah sebesar 3%.

4.4 Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini perencanaan campuran beton (*mix design*) menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Perencanaan campuran beton bertujuan untuk memperoleh proporsi campuran yang sesuai dengan kuat tekan beton rencana. Pada perencanaan beton normal ini direncanakan memiliki nilai kuat tekan 30 MPa yang perhitungannya sebagai berikut.

1. Kuat tekan rencana ($f'c$) = 30 MPa dan benda uji akan dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari.
2. Standar deviasi ditiadakan.
3. Nilai tambah margin (M) karena benda uji yang direncanakan kurang dari 15 buah, maka nilai yang diambil sebesar 12 MPa.
4. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan ($f'cr$) berdasarkan Persamaan 3.4 diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f'cr &= f'c + M \\ &= 30 + 12 \\ &= 42 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Semen yang digunakan seharusnya semen Portland tipe I tetapi karena keterbatasan untuk memperoleh diganti semen tipe PCC merek Tiga Roda yang memiliki kekuatan setara dengan semen Portland tipe I.
6. Agregat yang digunakan berupa agregat halus pasir alami dari Binjai dan agregat kasar batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm dari Binjai.
7. Faktor air semen (FAS), berdasarkan perhitungan pada Gambar 3.2 tentang grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen dengan perkiraan kekuatan tekan beton rata-rata 42 MPa, semen yang digunakan semen Portland tipe I, beton dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari, benda uji silinder dan agregat kasar berupa batu pecah maka digunakan nilai FAS sebesar 0,45.

8. Faktor air semen maksimum, berdasarkan tabel 3.7 mengenai persyaratan faktor air maksimum karena beton berada di lokasi yang non-korosif maka faktor air maksimum ditetapkan sebesar 0,60.
9. Nilai slump yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan slump rencana sebesar 60-180 mm.
10. Ukuran maksimum yang digunakan sebesar 20 mm.
11. Kadar air bebas agregat campuran, ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 20 mm dan nilai slump yang ditentukan adalah 60-180 mm sehingga dari Tabel 3.6 diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (W_h) adalah 195 sedangkan untuk agregat kasar (W_k) adalah 225 sehingga nilai kadar air bebas yang digunakan berdasarkan Persamaan 3.5 diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air Bebas} &= \frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \\
 &= \frac{2}{3}195 + \frac{1}{3}225 \\
 &= 205 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

12. Kadar semen dapat dihitung dengan cara nilai kadar air bebas dibagi faktor air semen, maka jumlah semen yang digunakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} \\
 &= \frac{205}{0,45} \\
 &= 455,56 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

13. Kadar semen maksimum sebesar 455,56 kg/m³
14. Kadar semen minimum untuk beton yang direncanakan didalam ruangan dan terlindung dari hujan serta terik matahari langsung dari Tabel 3.7 mempunyai kadar semen minimum per-m³ sebesar 275 kg.
15. Faktor air semen yang disesuaikan berdasarkan Gambar 3.2 yaitu sebesar 0,45.
16. Susunan butir agregat halus berdasarkan Gambar 3.3 yaitu batas gradasi pasir no.2.
17. Susunan butir agregat kasar berdasarkan Gambar 3.4 yaitu batas gradasi kerikil ukuran maksimum 20mm.
18. Persentase agregat halus, dengan mengacu pada slump 60-180 mm, faktor air semen 0,45 dan ukuran butir maksimum 20 mm serta agregat halus berada pada gradasi 2 maka persentase agregat halus terhadap kadar agregat total sesuai

pada Gambar 3.5. Sehingga diperoleh persentase halus batas bawah sebesar 36% dan batas atas sebesar 45%. Nilai yang digunakan adalah nilai rata-rata sehingga digunakan sebesar 40,5%

19. Menghitung berat jenis relatif dengan nilai yang diperoleh dari pemeriksaan bahan susun beton nilai berat jenis agregat halus (BJAH) sebesar 2,56 dan berat jenis agregat kasar (BJAK) sebesar 2,41. Maka diperoleh perhitungan berat jenis gabungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Relatif} &= (\% \text{AH} \cdot \text{BJAH}) + ((100\% - \% \text{AH}) \cdot \text{BJAK}) \\ &= (40,5\% \cdot 2,56) + ((100\% - 40,5\%) \cdot 2,41) \\ &= 2,47\end{aligned}$$

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 3.9 dengan nilai kadar air bebas yang digunakan sebesar 205 dan berat jenis gabungan sebesar 2,47, maka diperoleh nilai berat isi beton sebesar 2250 Kg/m³

21. Kadar agregat gabungan diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat gabungan} &= \text{Berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} \\ &= 2250 - 455,56 - 205 \\ &= 1589,44 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

22. Kadar agregat halus diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat halus} &= \text{Kadar agregat gabungan} \cdot \% \text{AH} \\ &= 1589,44 \cdot 40,5\% \\ &= 643,73 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

23. Kadar agregat kasar diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat kasar} &= \text{Kadar agregat gabungan} - \text{kadar agregat halus} \\ &= 1589,44 - 643,73 \\ &= 945,72 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

24. Proporsi Campuran

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka didapatkan susunan campuran proporsi teoritis untuk setiap 1 m³ beton adalah sebagai berikut.

$$\text{Semen} = 455,56 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 205 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat Halus} = 643,73 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat Kasar} = 945,72 \text{ kg}$$

25. Koreksi Proporsi Campuran

Koreksi proporsi campuran untuk mendapatkan susunan campuran yang sebenarnya, yaitu yang akan dipakai sebagai campuran uji. Angka-angka teoritis tersebut perlu dibetulkan dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang terdapat dalam masing-masing agregat yang akan dipakai, perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.6 s/d 3.8 sebagai berikut :

Diketahui:

- Jumlah air (B) = 205 kg/m³
- Jumlah agregat halus (C) = 643,73 kg/m³
- Jumlah agregat kasar (D) = 945,72 kg/m³
- Penyerapan agregat halus (C_a) = 2,68%
- Penyerapan agregat kasar (D_a) = 0,33%
- Kadar air agregat halus (C_k) = 2,78%
- Kadar air agregat kasar (D_k) = 0,96%

a. Air

$$\begin{aligned}\text{Air} &= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\ &= 205 - (2,78 - 2,68) \times \frac{643,73}{100} - (0,96 - 0,33) \times \frac{945,72}{100} \\ &= 198,43 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

b. Agregat halus

$$\begin{aligned}\text{Agregat Halus} &= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \\ &= 643,73 + (2,78 - 2,68) \times \frac{643,73}{100} \\ &= 644,36 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

c. Agregat kasar

$$\begin{aligned}\text{Agregat Kasar} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\ &= 945,72 + (0,96 - 0,33) \times \frac{945,72}{100} \\ &= 951,66 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\end{aligned}$$

Tabel 4.14: Rekapitulasi Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

No	Uraian	Tabel/Gambar /Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (silinder)	Ditetapkan		30 Mpa	
2	Deviasi standar	-		-	
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 3.4		12 Mpa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3		42 Mpa	
5	Jenis semen	Ditetapkan		Semen Portland I	
6	Jenis agregat: -kasar -halus	Ditetapkan Ditetapkan		Batu Pecah Pasir Alami	
7	FAS	Tabel 3.5 dan Gambar 3.2		0,45	
8	FAS maksimum	Tabel 3.7		0,6	
9	Slump	Ditetapkan		60-180 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		20 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 3.6		205 Kg/m ³	
12	Kadar semen	11:8		455,56 Kg/m ³	
13	Kadar semen maksimum	Ditetapkan		455,56 Kg/m ³	
14	Kadar semen minimum	Tabel 3.7		275 Kg/m ³	
15	FAS yang disesuaikan	-		0,45	
16	Susunan butir agregat halus	Gambar 3.3		no.2	
17	Susunan butir agregat kasar	Gambar 3.4		no.20 mm	
18	Persen agregat halus	Gambar 3.5		40,5%	
19	Berat jenis relatif	Dihitung		2,47	
20	Berat isi	Gambar 3.6		2250 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11		1589,44 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	21x18		643,73 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		945,72 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg/m ³)	Air (kg/m ³)	Agregat (kg/m ³)	
				Halus	Kasar
		455,56	205	643,73	945,72
		1	0,48	1,56	3,40
25	Koreksi proporsi campuran	455,56	198,43	644,36	951,66
		1,00	0,44	1,41	2,09

4.5 Kebutuhan Bahan

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

- PC = 455,56 kg/m³
- Agregat halus = 644,36 kg/m³
- Agregat kasar = 951,66 kg/m³
- Air = 198,43 kg/m³

Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder sebagai berikut :

a. Tinggi = 30 cm

b. Diameter = 15 cm

$$\begin{aligned} \text{Volume silinder} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot T \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 0,30 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sedangkan kebutuhan volume setiap variasi atau satu kali adukan, ialah = 3 x 0,0053 m³ = 0,01590 m³ dan sebagai toleransi kehilangan saat pembuatan, Maka kebutuhan bahan untuk jumlah setiap total variasi ditambah 10% dari total variasi, yaitu = 0,01590 m³ + (0,01590 m³ x 10%) = 0,0175 m³. Sehingga didapat seluruh kebutuhan bahan pada setiap variasi atau 1 kali adukan sebagai berikut :

Tabel 4.15: Kebutuhan Bahan Berbagai Variasi Campuran

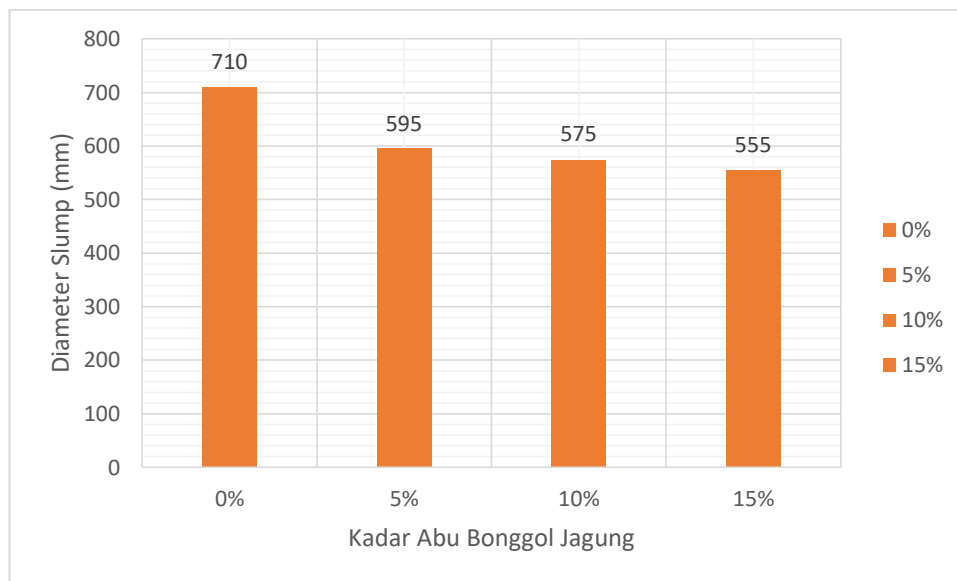
No	Kode Benda Uji	Volume 1x Adukan Per (m ³)	Komposisi Bahan				Agregat Kasar (kg)	Air (kg)	Total (kg)
			PCC + Viscocrete 3115 N		Agregat Halus				
			PCC (kg)	Viscocrete 3115 N (kg)	Pasir (kg)	Abu Bonggol Jagung (kg)			
1	BB0	0.0175	100% 8.449	0.8% 0.068	100% 11.950	-	17.649	3.680	41.795
2	BB5	0.0175	100% 8.449	0.8% 0.068	95% 11.353	5% 0.598	17.649	3.680	41.795
3	BB10	0.0175	100% 8.449	0.8% 0.068	90% 10.755	10% 1.195	17.649	3.680	41.795
4	BB15	0.0175	100% 8.449	0.8% 0.068	85% 10.158	15% 1.793	17.649	3.680	41.795
Total		0.070	33.796	0.272	44.216	3.586	70.596	14.720	167.181

4.6 Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan menggunakan metode ASTM C 1611, sehingga didapat hasil pengujian slump sebagai berikut.

Tabel 4.16: Hasil Pengujian Slump

Flow Test Table ASTM C 1611										
Kadar Abu Bonggol Jagung	Diameter Maksimal			Syarat D Min	Waktu		Syarat t 500	Kec	Ket	Air 1x Adukan (Liter)
	d1	d2	d Rerata		t 500	t Max				
	(mm)	(mm)	(mm)		(det)	(det)				
0%	720	700	710	500	2,2	7,6	5	93.42	Memenuhi	3.68
5%	600	590	595	500	3.1	10,2	5	58.30	Memenuhi	4.08
10%	580	570	575	500	4	11,5	5	50.00	Memenuhi	4.68
15%	560	550	555	500	4.6	14,3	5	38.81	Memenuhi	5.38



Gambar 4.3: Grafik Slump Rata – Rata

Berdasarkan Gambar 4.3 hasil pengujian yang diperoleh tentang nilai slump rata-rata menunjukkan penurunan seiring penambahan abu bonggol jagung. Penurunan *workability* dari adukan beton diakibatkan karena abu bonggol jagung cukup banyak menyerap air untuk melakukan reaksi kimia dengan kalsium hidroksida.

4.7 Berat Isi Beton

$$\text{Berat isi rencana} = 2250 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume pekerjaan} = 0,070 \text{ m}^3$$

Tabel 4.17: Hasil Pengujian Berat Isi Beton

No	Variasi Campuran	Berat Air Pada Volume Silinder (kg)	Berat Beton (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Berat Isi Beton Rata-Rata (kg/m ³)	Berat Isi Beton Rencana (kg/m ³)	Yield	Berat Isi Lebih (%)	
1	BB0	5.299	12.621	2382	2399	2250	1.07	0.06	
			12.741	2405					
			12.772	2410					
2	BB5	5.299	12.470	2353	2351		2250	1.05	0.04
			12.511	2361					
			12.399	2340					
3	BB10	5.299	11.898	2245	2238		2250	0.99	-0.01
			11.821	2231					
			11.859	2238					
4	BB15	5.299	11.591	2187	2185	2250	0.97	-0.03	
			11.430	2157					
			11.711	2210					

Data yang dihasilkan pada tabel diatas dapat dilihat pada rincian berikut:

1. Beton Bonggol 0%

a. Berat Penuh Air Pada Volume Silinder = $0,0053 \times 1000 = 5,299 \text{ kg}$

b. Berat Isi Beton

$$- \frac{12,621}{5,299} \times 1000 = 2382 \text{ kg/m}^3$$

$$- \frac{12,741}{5,299} \times 1000 = 2405 \text{ kg/m}^3$$

$$- \frac{12,772}{5,299} \times 1000 = 2410 \text{ kg/m}^3$$

$$- \text{Rata-rata} = 2399 \text{ kg/m}^3$$

c. Yield = $\frac{2250}{2399} \times 100\% = 1,07$

d. Berat Isi Lebih = $\frac{1,07 - 1}{1,07} \times 100\% = 0,06\%$

2. Beton Bonggol 5%

a. Berat Penuh Air Pada Volume Silinder = $0,0053 \times 1000 = 5,299 \text{ kg}$

b. Berat Isi Beton

$$- \frac{12,470}{5,299} \times 1000 = 2353 \text{ kg/m}^3$$

$$- \frac{12,511}{5,299} \times 1000 = 2361 \text{ kg/m}^3$$

$$- \frac{12,399}{5,299} \times 1000 = 2340 \text{ kg/m}^3$$

$$- \text{Rata-rata} = 2351 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{c. Yield} = \frac{2250}{2351} \times 100\% = 1,05$$

$$\text{d. Berat Isi Lebih} = \frac{1,05 - 1}{1,05} \times 100\% = 0,04\%$$

3. Beton Bonggol 10%

$$\text{a. Berat Penuh Air Pada Volume Silinder} = 0,0053 \times 1000 = 5,299 \text{ kg}$$

b. Berat Isi Beton

$$- \frac{11,898}{5,299} \times 1000 = 2245 \text{ kg/m}^3$$

$$- \frac{11,821}{5,299} \times 1000 = 2231 \text{ kg/m}^3$$

$$- \frac{11,859}{5,299} \times 1000 = 2238 \text{ kg/m}^3$$

$$- \text{Rata-rata} = 2238 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{c. Yield} = \frac{2250}{2238} \times 100\% = 0,99$$

$$\text{d. Berat Isi Lebih} = \frac{0,99 - 1}{0,99} \times 100\% = -0,01\%$$

4. Beton Bonggol 5%

$$\text{a. Berat Penuh Air Pada Volume Silinder} = 0,0053 \times 1000 = 5,299 \text{ kg}$$

b. Berat Isi Beton

$$- \frac{11,591}{5,299} \times 1000 = 2187 \text{ kg/m}^3$$

$$- \frac{11,430}{5,299} \times 1000 = 2157 \text{ kg/m}^3$$

$$- \frac{11,711}{5,299} \times 1000 = 2210 \text{ kg/m}^3$$

$$- \text{Rata-rata} = 2185 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{c. Yield} = \frac{2250}{2185} \times 100\% = 0,97$$

$$\text{d. Berat Isi Lebih} = \frac{0,97 - 1}{0,97} \times 100\% = -0,03\%$$

Berdasarkan data pengujian, berat isi beton untuk berbagai variasi campuran masing – masing sebesar 2399 kg/m³ (BB0), 2351 kg/m³ (BB5), 2238 kg/m³ (BB10), dan 2185 kg/m³ (BB15). Dikarenakan nilai toleransi kehilangan bahan, jumlah bahan dlebihkan sehingga untuk berat isi BB0 dan BB5 melebihi dari berat isi beton rencana. Sedangkan untuk berat isi BB10 dan BB15 kurang dari berat isi beton rencana akibat banyaknya volume rongga udara pada beton. Tetapi berat isi beton rata-rata diatas masih sesuai dengan berat satuan beton normal yaitu antara 2200 – 2500 kg/m³ (SNI 03 – 2847 – 2002) kecuali variasi BB15 yang hanya sebesar 2185 kg/m³.

4.8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 hari. Pengujian ini dengan memberikan beban yang mampu diterima oleh benda uji pada sisi beton yang diletakkan mendatar pada mesin uji. Pengujian ini menggunakan metode SNI 03-2491-2012 tentang pengujian kuat tarik belah beton. Beban yang mampu diterima oleh benda uji berdasarkan Persamaan 2.1 diperoleh hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18: Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Variasi Beton	Luas (πLD) (mm ²)	Beban (T)			Kuat Tarik Belah (Mpa)			Tarik Belah Rata-Rata
		1	2	3	1	2	3	
BB0	141371.669	34.5	30	33	4.88	4.24	4.67	4.60
BB 5	141371.669	36	33	37.5	5.09	4.67	5.31	5.02
BB 10	141371.669	28.5	27	28	4.03	3.82	3.96	3.94
BB 15	141371.669	22	19.5	21	3.11	2.76	2.97	2.95

Data yang dihasilkan pada tabel diatas dapat dilihat pada rincian berikut:

1. Beton Bonggol 0%

a. Benda Uji 1

- Luas $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$

- Beban $= 34,5 \text{ Ton}$

- Kuat Tarik Belah $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 34,5}{141371,669} = 4,88 \text{ MPa}$

b. Benda Uji 2

- Luas $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban $= 30 \text{ Ton}$
- Kuat Tarik Belah $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 30}{141371,669} = 4,24 \text{ MPa}$

c. Benda Uji 3

- Luas $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban $= 33 \text{ Ton}$
- Kuat Tarik Belah $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 33}{141371,669} = 4,67 \text{ MPa}$

d. Rata-rata $= 4,60 \text{ MPa}$

2. Beton Bonggol 5%

a. Benda Uji 1

- Luas $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban $= 36 \text{ Ton}$
- Kuat Tarik Belah $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 36}{141371,669} = 5,09 \text{ MPa}$

b. Benda Uji 2

- Luas $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban $= 33 \text{ Ton}$
- Kuat Tarik Belah $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 33}{141371,669} = 4,67 \text{ MPa}$

c. Benda Uji 3

- Luas $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban $= 37,5 \text{ Ton}$
- Kuat Tarik Belah $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 37,5}{141371,669} = 5,31 \text{ MPa}$

d. Rata-rata $= 5,02 \text{ MPa}$

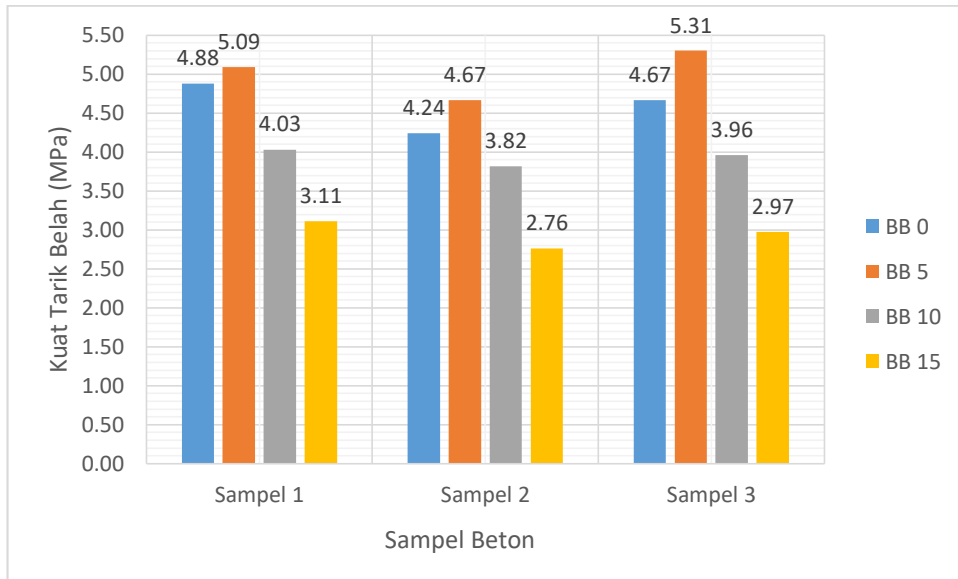
3. Beton Bonggol 10%

a. Benda Uji 1

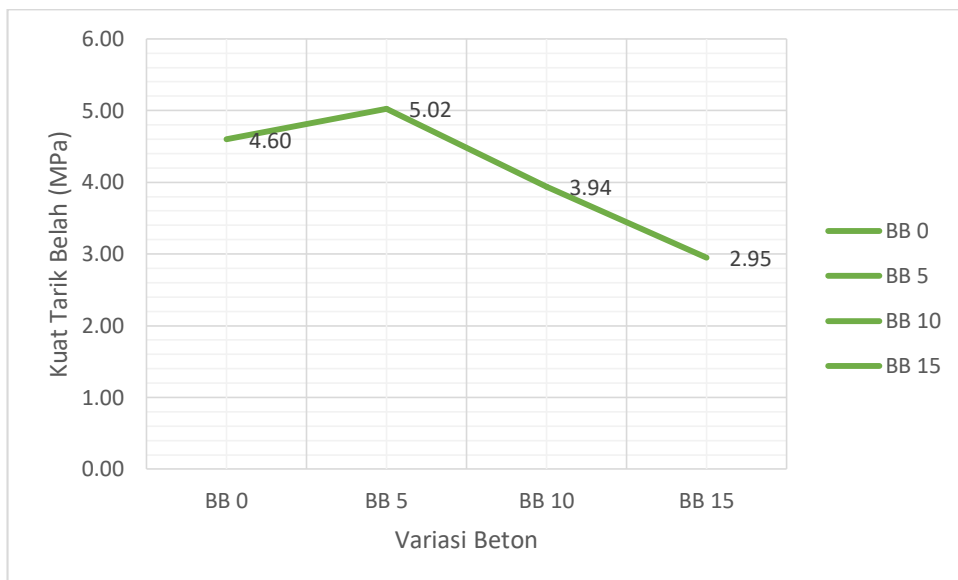
- Luas $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban $= 28,5 \text{ Ton}$
- Kuat Tarik Belah $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 28,5}{141371,669} = 4,03 \text{ MPa}$

- b. Benda Uji 2
- Luas $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
 - Beban $= 27 \text{ Ton}$
 - Kuat Tarik Belah $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 27}{141371,669} = 3,82 \text{ MPa}$
- c. Benda Uji 3
- Luas $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
 - Beban $= 28 \text{ Ton}$
 - Kuat Tarik Belah $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 28}{141371,669} = 3,96 \text{ MPa}$
- d. Rata-rata $= 3,94 \text{ MPa}$
4. Beton Bonggol 15%
- a. Benda Uji 1
- Luas $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
 - Beban $= 22 \text{ Ton}$
 - Kuat Tarik Belah $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 22}{141371,669} = 3,11 \text{ MPa}$
- b. Benda Uji 2
- Luas $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
 - Beban $= 19,5 \text{ Ton}$
 - Kuat Tarik Belah $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 19,5}{141371,669} = 2,76 \text{ MPa}$
- c. Benda Uji 3
- Luas $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
 - Beban $= 21 \text{ Ton}$
 - Kuat Tarik Belah $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 21}{141371,669} = 2,97 \text{ MPa}$
- d. Rata-rata $= 2,95 \text{ MPa}$

Berdasarkan Tabel 4.18 diperoleh grafik hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.4: Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Semua Variasi



Gambar 4.5: Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Rata – Rata

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa sampel beton dengan variasi abu bonggol jagung 5% memiliki kuat tarik belah rata-rata paling tinggi yaitu sebesar 5,02 MPa dan mengalami peningkatan sebesar 8,36% dari sampel beton dengan variasi abu bonggol jagung 0% yang memiliki kuat tarik belah rata-rata sebesar 4,60 MPa. Sedangkan sampel beton dengan variasi abu bonggol jagung 15% memiliki kuat tarik belah rata-rata paling rendah yaitu sebesar 2,95 MPa dan mengalami

penurunan sebesar 55,93% dari sampel beton dengan variasi abu bonggol jagung 0% yang memiliki kuat tarik belah rata-rata sebesar 4,60 MPa.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Hasil pengaruh penambahan *superplasticizer* (Sika *Viscocrete – 3115 N*) dan penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung terhadap nilai *slump flow* adalah sebagai berikut.
 - a. Penambahan *superplasticizer* sebesar 0,8% dari berat semen pada campuran beton mampu meningkatkan *workability* dari adukan beton tersebut, hal ini ditunjukkan dengan nilai slump rata-rata beton dengan abu bonggol jagung 0% sebesar 710 mm.
 - b. Penambahan abu bonggol jagung pada campuran beton memerlukan air yang cukup banyak untuk melakukan reaksi kimia, hal ini ditunjukkan dengan menurunnya pengujian nilai slump seiring dengan bertambahnya jumlah persentase abu bonggol jagung yang dimasukkan. Hasil slump rata-rata dengan abu bonggol jagung 5% sebesar 595 mm, slump rata-rata dengan abu bonggol jagung 10% sebesar 575 mm, dan slump rata-rata dengan abu bonggol jagung 15% sebesar 555 mm.
2. Hasil pengaruh penambahan *superplasticizer* (Sika *Viscocrete – 3115 N*) dan penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung terhadap kuat tarik belah beton adalah sebagai berikut.
 - a. Hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan menunjukkan bahwa semakin banyak persentase abu bonggol yang dimasukkan pada campuran beton, maka semakin rendah nilai kuat tarik belah yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan dari nilai kuat tarik belah beton dengan abu bonggol jagung 5% dan sika 0,8% sebesar 5,02 MPa, nilai kuat tarik belah beton dengan abu bonggol jagung 10% dan sika 0,8% sebesar 3,94 MPa, nilai kuat tarik belah beton dengan abu bonggol jagung 15% dan sika 0,8% sebesar 2,95 MPa.

Sedangkan nilai kuat tarik belah beton tanpa menggunakan abu bonggol dan penggunaan sika 0,8% adalah sebesar 4,60 MPa.

- b. Hasil pengujian kuat tarik belah rata-rata dari beton dengan abu bonggol jagung 5% dan sika 0,8% dari berat semen sebesar 5,02 MPa. Hal ini menunjukkan kenaikan kuat tarik belah beton sebesar 8,36% dari beton yang tidak menggunakan abu bonggol jagung.
- c. Hasil pengujian kuat tarik belah rata-rata dari beton dengan abu bonggol jagung 10% dan sika 0,8% dari berat semen sebesar 3,94 MPa. Hal ini menunjukkan penurunan kuat tarik belah beton sebesar 16,75% dari beton yang tidak menggunakan abu bonggol jagung.
- d. Hasil pengujian kuat tarik belah rata-rata dari beton dengan abu bonggol jagung 15% dan sika 0,8% dari berat semen sebesar 2,95 MPa. Hal ini menunjukkan penurunan kuat tarik belah beton sebesar 55,93% dari beton yang tidak menggunakan abu bonggol jagung.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat menjadi saran untuk penelitian selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk pengujian kuat lentur akibat pengaruh penambahan abu bonggol jagung dalam campuran beton.
2. Pada proses pemadatan alangkah baiknya menggunakan alat penggetar karena dapat mempengaruhi kualitas dari hasil pengujian.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang standar-standar dalam pengembangan pengolahan abu bonggol jagung sehingga dapat memenuhi syarat sebagai agregat halus.

DAFTAR PUSTAKA

- Almachzuuni, K. A., & Noerhayati, E. (n.d.). *Pengaruh Penambahan Variasi Abu Janggel Jagung Dengan Serat Bambu Terhadap Uji Kuat Tarik Belah*. 1–11.
- ASTM C 1611, S. T. M. for S. F. of S.-C. C. 1. (2005). *Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete 1. i*, 1–6.
- Fakhrunisa, N., Djatmika, B., & Karjanto, A. (2018). *KAJIAN PENAMBAHAN ABU BONGGOL JAGUNG YANG BERVARIASI DAN BAHAN TAMBAH SUPERPLASTICIZER TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK BETON MEMADAT SENDIRI (SELF – COMPACTING CONCRETE)*. 23(2), 9–18.
- Harmaji, A., Permata, T. G., Hendriyanto, D. Y., & Soepriyanto, S. (2019). *Pengaruh Penambahan Corn Cob Ash dan Bagasse Ash terhadap Setting Time dan Kuat Tekan Material berbasis Semen. I*(1), 1–6.
- Heldita, D. (2019). *PENGARUH BAHAN TAMBAH VISCOCRETE (3115N) TERHADAP KUAT TEKAN BETON $f'c$ 20 MPa*. 5662(November), 23–30.
- Hepiyanto, R., & Firdaus, M. A. (2019). *PENGARUH PENAMBAHAN ABU BONGGOL JAGUNG TERHADAP KUAT TEKAN BETON K - 200*. 3(2), 86–93.
- Hidayati, F. C., Masturi, & Yulianti, I. (2016). Purification of used cooking oil (Used) by using corn charcoal. *JIPF (Journal of Physics Education)*, 1(2), 67–70.
- Memon, S. A., Javed, U., & Khushnood, R. A. (2019). Eco-friendly utilization of corncob ash as partial replacement of sand in concrete. *Construction and Building Materials*, 195, 165–177.
- Rahamudin, R. H., Manalip, H., & Mondoringin, M. (2016). Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 225–231.
- Regar, R. G., Sumajouw, M. D. J., & Dapas, S. O. (2014). Nilai Kuat Tarik Belah Beton dengan Variasi Ukuran Dimensi Benda Uji. *Jurnal Sipil Statik*, 2(5), 269–276.
- Simanjuntak, J. O., Saragi, T. E., & Lumbangaol, B. T. (2020). *MEMANFAATKAN*

- LIMBAH TONGKOL JAGUNG (Penelitian Laboratorium). 1(1), 79–98.*
- Sitorus, L. R. (2018). *Analisis Kuat Tekan Terhadap Umur Beton dengan Menggunakan Admixture Superplasticizer Viscocrete-3115 N.*
- SNI 03-1968, M. pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat. (1990). *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar.* 1–5.
- SNI 03-2834-2000, tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000.* 1–34.
- SNI 03-4141, M. pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat. (1996). *Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat.* 1–6.
- SNI 03-4804, M. pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat. (1998). *Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat.* 1–6.
- SNI 1969, C. uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. (2008). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.*
- SNI 1970, C. uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus. (2008). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.*
- SNI 1971, C. uji kadar air total agregat dengan pengeringan. (2011). *Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan.*
- SNI 2491:2014, tentang metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder. (2014). *SNI 2491:2014 Tentang Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder.* 12.

LAMPIRAN



Gambar L-1: *Compressing Test Machine*



Gambar L-2: *Saringan Agregat Kasar*



Gambar L-3: Saringan Agregat Halus



Gambar L-4: Cetakan Silinder



Gambar L-5: Oven



Gambar L-6: Gelas Ukur



Gambar L-7: Kerucut Abrams



Gambar L-8: *Mixer* Beton



Gambar L-9: Timbangan



Gambar L-10: Tongkat Penumbuk



Gambar L-11: Triplek 1m x 1m



Gambar L-12: Bak Perendaman



Gambar L-13: Ember



Gambar L-14: Sendok semen dan sekop tangan



Gambar L-15: Penggaris



Gambar L-16: Skrap



Gambar L-17: Persiapan Pembuatan Benda Uji



Gambar L-18: Proses Pembuatan Adukan Beton



Gambar L-19: Proses Pengujian *Slump Flow*



Gambar L-20: Pengukuran Diameter *Slump Flow*



Gambar L-21: Perojokan Adukan Beton di Cetakan



Gambar L-22: Perendaman Benda Uji



Gambar L-23: BB0



Gambar L-24: BB5



Gambar L-25: BB10



Gambar L-26: BB15



Gambar L-27: Pengujian Kuat Tarik Belah BB0



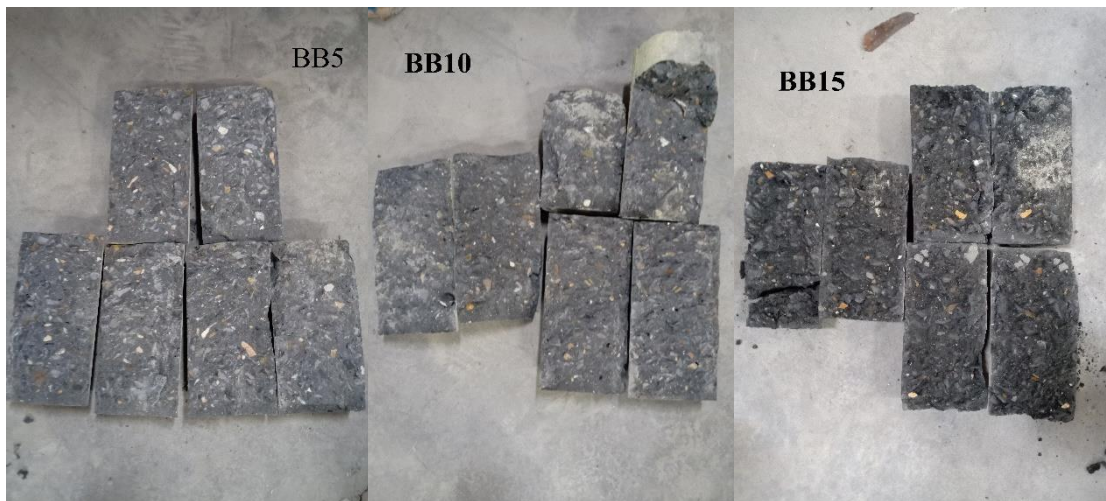
Gambar L-28: Pengujian Kuat Tarik Belah BB5



Gambar L-29: Pengujian Kuat Tarik Belah BB10



Gambar L-30: Pengujian Kuat Tarik Belah BB15



Gambar L-31: Hasil Dari Pengujian Kuat Tarik Belah

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Handrian Wijaya
Panggilan : Handrian
Tempat, Tanggal Lahir : Tanjung Morawa, 27 Juli 1998
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat Sekarang : Dusun IV Asrama Brimob Tanjung Morawa
HP/Tlpn Seluler : 0852-6216-0374

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210230
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Kelamin : Laki-laki
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Peguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun
Kelulusan		
Sekolah Dasar	SDN 101882 Tanjung Morawa	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	SMPN 1 Tanjung Morawa	2010 - 2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMA Swasta Nur Azizi	2013 - 2016

ORGANISASI

Informasi	Tahun
Anggota OSIS SMA Swasta Nur Azizi Tanjung Morawa	2015 - 2016
