

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU BONGGOL JAGUNG DAN  
SILICA FUME TERHADAP KUAT LENTUR BETON  
(Studi Penelitian)**

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

**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD AZIZI SURBAKTI**  
**1607210211**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**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](mailto:fatek@umsu.ac.id)

Bila menjawab surat ini agar disebutkan  
Nomor dan tanggalnya

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Azizi Surbakti  
NPM : 1607210211  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Dan  
*Silica Fume* Terhadap Kuat Lentur Beton  
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA  
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 13 November 2020

Dosen Pembimbing

Unggu  ercaya

Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Azizi Surbakti  
NPM : 1607210211  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Dan *Silica Fume* Terhadap Kuat Lentur Beton  
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 13 November 2020

Mengetahui dan Menyetujui,

Dosen Pembimbing



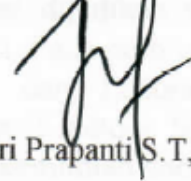
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Dosen Pembanding I



Dr. Ade Faizal, S.T., M.Sc., Ph.D

Dosen Pembanding II



Sri Prapanti S.T., M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Azizi Surbakti  
Tempat, Tanggal Lahir : Tebing Tinggi, 04 Desember 1997  
NPM : 1607210211  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Dan *Silica Fume* Terhadap Kuat Lentur Beton”

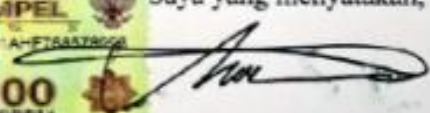
Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Skripsi saya secara orisinil dan otentik.

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 kesarjana saya.


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

Medan, 13 November 2020

Saya yang menyatakan,



Muhammad Azizi Surbakti



## ABSTRAK

# Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Dan *Silica Fume* Terhadap Kuat Lentur Beton

Muhammad Azizi Surbakti

1607210211

Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Pesatnya kegiatan pembangunan pada bidang konstruksi sangat mempengaruhi perkembangan dunia teknologi bahan bangunan. Terutama di bidang konstruksi, pemakaian beton yang cukup besar memerlukan usaha-usaha untuk menciptakan beton berkarakteristik dengan bahan baku yang berlimpah, mudah didapat, dan biaya yang murah. Indonesia dalam beberapa periode sedang giat-giatnya membangun berbagai infrastuktur, mulai dari gedung sebagai fasilitas publik hingga jalan raya sebagai penghubung antar daerah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu bonggol jagung dan *Silica fume* terhadap kuat lentur beton. Beton direncanakan dengan  $f_c$  27 dengan perbandingan limbah abu bonggol jagung sebanyak 3%, 5%, dan 7% dari berat agregat halus dan *Silica fume* sebanyak 3% dari berat semen. Pengujian sampel pada umur 28 hari, untuk mengetahui kuat lentur dengan mengkonversi dari hasil kuat tarik belah beton. Berdasarkan dari hasil penelitian didapat kuat tarik belah yang optimum yaitu pada komposisi campuran 7% abu bonggol dan 3% *Silica fume* ialah sebesar 3,91 Mpa. Sehingga pada campuran tersebut didapatkan kuat lentur dari konversi kuat tarik belah ialah sebesar 5,36 Mpa.

Kata Kunci: Abu Bonggol Jagung, *Silica fume*, Kuat Tarik Belah, Kuat Lentur

## **ABSTRACT**

### *Effect of Addition of Corncob Ashes and Silica Fume Against the Flexural Strength of Concrete*

Muhammad Azizi Surbakti  
1607210211  
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

*The rapid pace of development activities in the construction sector greatly affects the development of the world of building material technology. Especially in the construction sector, the use of concrete which is quite large requires efforts to create characteristic concrete with abundant raw materials, easy to obtain, and low cost. Indonesia in several periods has been actively building various infrastructures, ranging from buildings as public facilities to roads that connect regions. This study aims to determine the effect of adding corncob ash and Silica fume on the flexural strength of concrete. Concrete was planned with fc 27 with a ratio of 3%, 5%, and 7% of corncob ash waste by weight of fine aggregate and 3% of silica fume by weight of cement. Testing samples at the age of 28 days, to determine the flexural strength by converting from the results of the tensile strength of the concrete. Based on the results of the research, the optimum split tensile strength is the mixture composition of 7% Corncob ash and 3% Silica fume is 3.91 Mpa. So that in the mixture obtained the flexural strength of the split tensile strength conversion is 5.36 Mpa.*

*Keywords: Corncob Ash, Silica fume, Tensile Strength, Flexural Strength*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Dan *Silica Fume* Terhadap Kuat Lentur Beton” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Skripsi ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc, Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D, Selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.
3. Ibu Sri Prafanti, S.T, M.T, Selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, S.T., M.Sc, Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta M. Yusuf Surbakti dan Ibunda tercinta Endang Triwuri Andari yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayang yang tidak ternilai kepada penulis.
8. Abangku Andri Asmoro Surbakti dan Yoki Kawa Surbakti yang telah memberikan dukungan, baik dengan doa maupun nasehat.
9. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama Handrian, Fakhri, Fajar, Indra, Reza, Muhammad Riski, Jagat, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Terimakasih atas bantuan, kebersamaannya, waktu serta dan dukungannya selama ini kepada penulis. Semoga Allah SWT membalas kebaikan yang telah diberikan kepada penulis, semoga Skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Medan, 13 November 2020

Penulis



Muhammad Azizi Surbakti  
NPM.1607210211



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton	5
2.2 Semen Portland (PC)	6
2.3 Air	9
2.4 Agregat	9
2.5 Bahan Tambahan (Admixture)	12
2.5.1 Abu Bonggol Jagung	12
2.5.2 Silica Fume	13
2.6 Slump Test	13
2.7 Kuat Tarik Beton	14
2.8 Kuat Lentur Beton	14

2.9 Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> )	15
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>31</b>
3.1 Metode Penelitian	31
3.2 Sumber Data dan Teknik Pengambilan Data	33
3.2.1 Data Primer	33
3.2.2 Data Skunder	33
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	33
3.4 Bahan – bahan	34
3.5 Peralatan	34
3.6 Pemeriksaan Material	34
3.6.1 Pengujian agregat halus	34
3.6.1.1 Berat jenis dan penyerapan agregat halus	34
3.6.1.2 Analisa Gradasi Agregat Halus	36
3.6.1.3 Kadar lumpur agregat halus	36
3.6.1.4 Berat isi	37
3.6.1.5 Kadar air	38
3.6.2 Pengujian agregat kasar	39
3.6.2.1 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar	39
3.6.2.2 Analisa gradasi agregat kasar	40
3.6.2.3 Kadar lumpur agregat kasar	40
3.6.2.4 Berat isi	41
3.6.2.5 Kadar air	42
3.7 Perhitungan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> ) (SNI 03-2834-2000)	43
3.8 Pembuatan Abu Bonggol Jagung	51
3.9 Pembuatan Benda Uji (SK SNI T – 15 – 1990 – 03)	51
3.10 Pemeriksaan Slump Test (SNI 1972-2008)	52
3.11 Pengujian berat isi beton (ASTM C 138M – 01a)	53
3.12 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (SNI 03-2491-2014)	54
3.13 Pengelolahan Data	54
3.14 Jadwal Penelitian	54
<b>BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>	<b>56</b>
4.1 Hasil dan analisa pemeriksaan agregat	56
4.1.1 Pemeriksaan agregat halus	56

4.1.1.1 Berat jenis dan penyerapan agregat halus	56
4.1.1.2 Analisa gradasi agregat halus	57
4.1.1.3 Kadar lumpur agregat halus	58
4.1.1.4 Berat isi agregat halus	58
4.1.1.5 Kadar air agregat halus	59
4.1.2 Pemeriksaan agregat kasar	59
4.1.2.1 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar	60
4.1.2.2 Analisa gradasi agregat kasar	60
4.1.2.3 Kadar lumpur agregat kasar	61
4.1.2.4 Berat isi agregat kasar	62
4.1.2.5 Kadar air agregat kasar	62
4.1.3 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan abu bonggol	63
4.2 Rancang campur dan kebutuhan bahan	64
4.2.1 Mix design beton normal mutu sedang	64
4.2.2 Kebutuhan bahan	66
4.3 Hasil dan analisa pengujian beton segar	68
4.3.1 Pengujian slump	68
4.3.2 Berat isi beton	69
4.4 Hasil dan analisa pengujian beton keras	71
4.4.1 Kuat tarik belah beton	71
4.4.2 Konversi menjadi kuat lentur beton	73
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>74</b>
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran	74
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>75</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>78</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Komposisi limit semen Portland. (Neville, 1987)	7
Tabel 2.2: Empat senyawa dari semen Portland.	8
Tabel 2.3: Gradasi Pasir. (Tjokrodimulyo, 1992)	10
Tabel 2.4: Gradasi Kerikil. (Tjokrodimulyo, 1992)	11
Tabel 2.5: Nilai Slump Untuk Berbagai Macam Struktur. (Tjokrodimulyo, 1992)	13
Tabel 2.6: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.	16
Tabel 2.7: Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.	18
Tabel 2.8: Perkiraan kadar air bebas ( $\text{Kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.	20
Tabel 2.9: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembeconan dalam lingkungan khusus.	21
Tabel 2.10: Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat.	21
Tabel 2.11: <i>Lanjutan Tabel 2.10.</i>	22
Tabel 2.12: Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air.	23
Tabel 3.1: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.	43
Tabel 3.2: Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen 0,5 dan	44
Tabel 3.3: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembeconan dalam lingkungan khusus.	46
Tabel 3.4: Perkiraan kadar air bebas ( $\text{Kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.	47
Tabel 3. 5 Jadwal Penelitian	54
Tabel 4.1: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.	56
Tabel 4.2: Hasil pengujian analisa gradasi agregat halus dengan batas Zona 2.	57

Tabel 4.3: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.	58
Tabel 4.4: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.	58
Tabel 4.5: Hasil pengujian kadar air agregat halus.	59
Tabel 4.6: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.	60
Tabel 4.7: Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 40 mm.	60
Tabel 4.8: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.	61
Tabel 4.9: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.	62
Tabel 4.10: Hasil pengujian kadar air agregat halus.	62
Tabel 4.11: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan abu bonggol.	63
Tabel 4.12: Perencanaan campuran beton normal mutu sedang.	64
Tabel 4.13: Kebutuhan bahan berbagai variasi campuran.	66
Tabel 4.14: Hasil pengujian slump (30 – 60 mm).	68
Tabel 4.15: Hasil pengujian berat isi beton.	69
Tabel 4.16: Hasil pengujian kuat tarik belah beton.	71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Pengujian Kuat Tarik Belah.	14
Gambar 2.2: Pengujian Kuat Lentur.	15
Gambar 2.3: Hubungan antara kuat tekan dan daktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).	18
Gambar 2.4: Hubungan antara kuat tekan dan factor air semen (benda uji berbentuk kubus 150 x 150 x 150 mm).	19
Gambar 2.5: Batas gradasi pasir (Kasar) No. 1.	23
Gambar 2.6: Batas Gradasi Pasir (Sedang) No. 2.	24
Gambar 2.7: Batas gradasi pasir (Agak Halus) No. 3.	24
Gambar 2.8: Batas gradasi pasir dalam daerah No.4.	24
Gambar 2.9: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 10 mm.	25
Gambar 2.10: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 20 mm.	25
Gambar 2.11: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm.	25
Gambar 2.12: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum 10 mm.	26
Gambar 2.13: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum 20 mm.	26
Gambar 2.14: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum 40 mm.	27
Gambar 2.15: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm.	27
Gambar 2.16: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.	28
Gambar 2.17: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.	28
Gambar 2.18: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.	29
Gambar 3.1: Bagan alir penelitian yang dilaksanakan.	32

Gambar 3.2: Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).	45
Gambar 3.3: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk	48
Gambar 3.4: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.	50
Gambar 4.1: Grafik gradasi agregat halus.	57
Gambar 4.2: Grafik gradasi agregat kasar.	61
Gambar 4.3: Grafik slump rata-rata.	68
Gambar 4.4: Grafik nilai kuat tarik semua variasi.	72
Gambar 4.5: Grafik nilai kuat tarik belah rata-rata.	72
Gambar 4.6: Grafik kuat lentur beton.	73

## DAFTAR NOTASI

$F_{ct}$	= kuat tarik belah	(MPa)
$f_c'$	= kuat tekan	(MPa)
$f_{cf}$	= kuat tarik lentur	(MPa)
$s$	= deviasi standar	
$x_i$	= kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji	(MPa)
$\bar{x}$	= kuat tekan beton rata-rata	(MPa)
$n$	= jumlah nilai hasil uji	
$f_{cr}$	= kuat tekan yang ditargetkan	(MPa)
$M$	= nilai tambah	(MPa)
$W_h$	= perkiraan jumlah air untuk agregat halus	(Kg/m <sup>3</sup> )
$W_k$	= perkiraan jumlah air untuk agregat kasar	(Kg/m <sup>3</sup> )
$P$	= Beban maksimum beban belah	(N)
$L$	= Panjang benda uji silinder	(mm)
$D$	= Diameter benda uji silinder	(mm)
$Ca$	= Penyerapan agregat halus	(%)
$Da$	= Penyerapan agregat kasar	(%)
$Ck$	= Kadar air agregat halus	(%)
$Dk$	= Kadar air agregat kasar	(%)



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: <i>Compressing Test Machine</i> .	79
Lampiran 2: Saringan Agregat Kasar.	79
Lampiran 3: Saringan Agregat Halus.	80
Lampiran 4: Cetakan Silinder.	80
Lampiran 5: Oven.	81
Lampiran 6: Gelas Ukur.	81
Lampiran 7: Kerucut Abrams.	82
Lampiran 8: <i>Mixer</i> Beton.	82
Lampiran 9: Timbangan.	83
Lampiran 10: Tongkat Penumbuk.	83
Lampiran 11: Bak Perendaman.	84
Lampiran 12: Ember.	84
Lampiran 13: Sendok semen dan sekop tangan.	85
Lampiran 14: Penggaris.	85
Lampiran 15: Skrap.	86
Lampiran 16: Semen.	86
Lampiran 17: Agregat Kasar.	87
Lampiran 18: Agregat Halus.	87
Lampiran 19: Air.	88
Lampiran 20: Abu Bonggol Jagung.	88
Lampiran 21: <i>Silica Fume</i> .	89
Lampiran 22: Mengaduk Semua Agregat.	89
Lampiran 23: Merojok Pengujian Slump Test.	90
Lampiran 24: Pengujian Slump Test.	90
Lampiran 25: Perojokan Adukan Beton dicetakan.	91
Lampiran 26: Pembukaan Bkesting.	91
Lampiran 27: Perendaman Benda Uji.	92
Lampiran 28: Beton Normal.	92
Lampiran 29: Beton Variasi Abu Bonggol 3%.	93

Lampiran 30: Beton Variasi Abu Bonggol 5%.	93
Lampiran 31: Beton Variasi Abu Bonggol 7%.	94
Lampiran 32: Nilai Kuat Tarik Belah BN.	94
Lampiran 33: Nilai Kuat Tarik Belah BP-3.	95
Lampiran 34: Nilai Kuat Tarik Belah BP-5.	95
Lampiran 35: Nilai Kuat Tarik Belah BP-7.	95
Lampiran 36: Daftar Riwayat Hidup.	96

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pesatnya kegiatan pembangunan pada bidang konstruksi sangat mempengaruhi perkembangan dunia teknologi bahan bangunan. Terutama di bidang konstruksi, pemakaian beton yang cukup besar memerlukan usaha-usaha untuk menciptakan beton berkarakteristik dengan bahan baku yang berlimpah, mudah didapat, dan biaya yang murah. Indonesia dalam beberapa periode sedang giat-giatnya membangun berbagai infrastruktur, mulai dari gedung sebagai fasilitas publik hingga jalan raya sebagai penghubung antar daerah (Kurniati, 2018).

Dalam hal ini perlunya menciptakan beton berkualitas dengan memanfaatkan sumber daya alam yang pemanfaatannya masih kurang maksimal. Salah satu bahan tambah yang sering digunakan ialah bahan tambah berupa Pozzolan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kinerja kekuatan beton dapat menggunakan bahan tambah lain yang bersifat Pozzolan dan memiliki struktur yang lebih kecil dibandingkan semen. Pozzolan adalah bahan tambah yang berasal dari alam atau batuan, yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silika dan alumina yang rekatif (Hepiyanto & Firdaus, 2019).

Kandungan senyawa silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang terdapat pada bonggol jagung memungkinkan digunakannya sebagai material tambahan pada beton. Bonggol jagung yang dibakar dalam kondisi udara terbuka menggunakan bahan bakar arang di sekitar  $650^{\circ}\text{C}$  ke  $800^{\circ}\text{C}$  selama lebih dari 8 jam sampai berubah menjadi abu (Kamau dkk., 2016).

Pada penelitian ini, *reactive powder concrete* ditambahkan dengan zat aditif *silica fume* yang digunakan untuk meningkatkan karakteristik beton. *Reactive powder concrete* merupakan campuran antara agregat halus, pasir kuarsa atau pasir silika sebagai pengganti agregat kasar, semen dan air (Simatupang dkk., 2017).

Adapun penelitian yang telah dilakukan terkait dengan penambahan abu bonggol jagung ialah menurut (Marthinus dkk., 2015), menyimpulkan penambahan persentase abu terbang (*fly ash*) sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, 70% memiliki nilai

kuat tarik belah tertinggi pada persentase abu terbang (*fly ash*) 30% yaitu sebesar 3,21 MPa untuk umur beton 28 hari. Dan nilai kuat tarik belah terendah pada persentase abu terbang (*fly ash*) 70% yaitu sebesar 0,82 MPa untuk umur beton 7 hari.

Berdasarkan kajian tersebut diatas, Sehingga penulis mencoba melakukan penelitian tentang penambahan abu bonggol jagung yang bervariasi terhadap beton sebagai pengganti *fly ash*. Dengan variasi kadar abu bonggol jagung yang akan ditambahkan pada beton sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7% dan *silica fume* sebesar 3%. Pengujian yang akan dilakukan meliputi sifat fisik beton yaitu slump test, berat volume, dan porositas serta sifat mekanik beton yaitu dengan mengkonversi kuat Tarik belah beton menjadi kuat lentur.

## **1.2 Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana pengaruh kuat lentur dengan penambahan *Silica fume* dan abu bonggol jagung sebagai pengganti agregat halus?
2. Berapa hasil konversi menjadi kuat lentur beton pada umur 28 hari dengan penambahan *Silica fume* dan abu bonggol jagung dengan rasio 0%, 3%, 5%, dan 7%?
3. Apakah hasil kuat lentur beton dengan penambahan *Silica fume* dan penggantian sebagian persentase agregat halus dengan abu bonggol jagung mengalami peningkatan?

## **1.3 Ruang Lingkup**

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

1. Metode perhitungan menggunakan SNI 03-2834-2000 untuk perencanaan campuran beton normal dan SNI 03-2491-2014 untuk pengujian kuat Tarik belah beton yang akan dikonversi menjadi kuat lentur berdasarkan acuan Pd T-14-2003.

2. Abu bonggol jagung sebagai bahan tambah berasal dari sisa limbah pertanian dan persentase variasi sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7% dari agregat halus dan dengan penambahan 3% *Silica fume* dari jumlah semen.
3. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari.
4. Penelitian menggunakan benda uji yang berupa silinder dengan ukuran 15x30 cm, dengan sampel 12 silinder beton dengan empat variasi yang masing-masing variasi 3 sampel.
5. 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.
6. Penelitian dilakukan dengan uji kuat tarik belah beton di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh kuat lentur dengan penambahan *Silica fume* dan abu bonggol jagung sebagai pengganti agregat halus.
2. Mengetahui hasil konversi menjadi kuat lentur beton pada umur 28 hari dengan penambahan *Silica fume* dan abu bonggol jagung dengan rasio 0%, 3%, 5%, dan 7%.
3. Mengetahui hasil kuat lentur beton dengan penambahan *Silica fume* dan penggantian sebagian persentase agregat halus dengan abu bonggol jagung mengalami peningkatan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Diharapkan dari penelitian ini dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi bagi perencana dan bangunan teknik sipil
2. Memberikan informasi dengan perbandingan mutu beton dari variasi sampel beton dengan penambahan *Silica fume* dan abu bonggol jagung.
3. Mengetahui pengaruh abu bonggol jagung terhadap kuat lentur pada beton.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan proposal ini yaitu:

### **1. BAB 1 PENDAHULUAN**

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

### **2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menguraikan dan membahas bahan bacaan yang relevan dengan pokok bahasan penelitian, sebagai dasar untuk mengkaji permasalahan yang ada dan menyiapkan landasan teori.

### **3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menguraikan tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data, dan analisis data.

### **4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menguraikan analisis perhitungan dan pemecahan permasalahan yang ada dalam penelitian ini.

### **5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Dalam bab ini menguraikan kesimpulan yang diperoleh dari analisis yang telah dilakukan berikut dan saran-saran dari penulis.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Beton yang digunakan sebagai struktur dalam konstruksi teknik sipil dapat dimanfaatkan untuk banyak hal seperti untuk bangunan pondasi, kolom, balok, pelat lantai. Dalam teknik sipil hidro, beton yang digunakan untuk bangunan air seperti bendungan, saluran dan drainase. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusun yang terdiri bahan semen hidrolik (*Portland Cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture atau additive*) (Asrullah, 2011) .

Beton dibentuk dari pencampuran bahan batuan yang diikat dengan bahan perekat semen. Bahan batuan yang digunakan untuk menyusun beton umumnya dibedakan menjadi agregat kasar atau krikil/batu pecah dan agregat halus atau pasir. Agregat halus dan agregat kasar disebut sebagai bahan susun kasar campuran dan merupakan komponen utama beton. Beton digunakan sebagai material struktur karena memiliki beberapa keuntungan, antara lain: mudah untuk dicetak, tahan api, kuat terhadap tekan, dan dapat dicor di tempat. Disamping keuntungan beton juga memiliki kelemahan, yaitu beton merupakan bahan yang getas, mempunyai tegangan tarik yang rendah dan volume beton yang tidak stabil akibat terjadinya penyusutan (Giri dkk., 2008).

Beton merupakan bahan yang dapat disiapkan dalam jumlah banyak untuk suatu pekerjaan konstruksi yang membutuhkan material dalam jumlah besar. Beton menjadi bahan yang sangat dibutuhkan dan sering dipergunakan untuk sebagian besar pekerjaan konstruksi dibandingkan dengan bahan struktur lain (Supriyatna, 1990).

Menurut pendapat (Pane dkk., 2015), Beton mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan dibandingkan dengan bahan bangunan yang lain, misalnya:

1. Ekonomis yaitu pertimbangan yang sangat penting meliputi material, kemudahan dalam pelaksanaan, waktu untuk konstruksi, pemeliharaan struktur, daktilitas dan sebagainya.

2. Harganya dapat menjadi murah apabila bahan-bahan dasar lokal banyak tersedia.
3. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak. Cetakan dapat pula dipakai ulang beberapa kali sehingga secara ekonomi lebih murah.
4. Kuat tekannya yang cukup tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat digunakan untuk struktur berat.
5. Beton segar dapat disemprotkan di permukaan beton lama yang retak maupun dimasukkan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan.
6. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat- tempat yang sulit.
7. Beton memiliki sifat ketahanan terhadap pengaruh temperatur tinggi yang mungkin timbul, seperti akibat peristiwa kebakaran.
8. Rigiditas tinggi.
9. Biaya pemeliharaan yang rendah.
10. Penyediaan material yang mudah.

Selain memiliki beberapa kelebihan, beton juga mempunyai beberapa kekurangan yaitu:

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusakkan beton.
3. Beton bersifat getas atau tidak daktail sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa.
4. Memerlukan biaya untuk bekisting dan perancah atau untuk beton yang di cor ditempat.

## **2.2 Semen Portland (PC)**

Semen berasal dari *caementum* atau bahasa Latin, yang artinya "bahan perekat". Semen portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker atau yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oksid besi, dengan



batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup (Simatupang dkk., 2017).

SNI 15-2049-2004 membagi semen Portland menjadi 5 jenis:

Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis- jenis lain.

Jenis II : Semen Portland yang dalam peng- gunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

Jenis IV : Semen Portland yang dalam peng- gunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.

Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Tabel 2.1: Komposisi limit semen Portland. (Neville, 1987)

Oksida	Komposisi (% berat)
CaO (kapur)	60 – 67
SiO <sub>2</sub> (Silika)	17 – 25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Alumina)	3 – 8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Besi)	0,5 – 6
MgO (Magnesia)	0,1 – 5,5
Alkalis	0,2 – 1,3
SO <sub>3</sub> (Sulfur)	1 – 3

Sifat-sifat kimia dari bahan pembentuk ini mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan, sebagaimana hasil susunan kimia yang terjadi diperoleh senyawa dari semen Portland.

Tabel 2.2: Empat senyawa dari semen Portland.

Nama Senyawa	Rumus Oksida	Notasi	Kadar Rata-rata
Trikalsium Silikat	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C3S	50
Dicalcium Silikat	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C2S	25
Tricalcium Alumate	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C3A	12
Tetracalcium Aluminoforit	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}_3$	C4Af	8

Menurut (Hernando, 2009) Senyawa-senyawa kimia dari semen portland adalah tidak stabil secara termodinamis, sehingga sangat cenderung untuk bereaksi dengan air. Untuk membentuk produk hidrasi dan kecepatan bereaksi dengan air dari setiap komponen adalah berbeda-beda, maka sifat-sifat hidrasi masing-masing komponen perlu dipelajari.

1. Trialksium Silikat (C3S) =  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

Senyawa ini mengalami hidrasi yang sangat cepat yang menyebabkan pengerasan awal, menunjukkan desintegrasi (perpecahan) oleh sulfat air tanah, oleh perubahan volume kemungkinan mengalami retak- retak.

2. Dicalcium Silikat (C2S) =  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dan dapat melepaskan panas, kualitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruh terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama pada 14 hari pertama.

3. Tricalcium Alumate (C3A) =  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

Formasi senyawa ini berlansung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat, senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 hari sampai 28 hari, memiliki ketahanan agresi kimia yang relatif tinggi, penyusutan yang relatif rendah.

4. Tetracalcium Aluminoforit (C4Af) =  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}_3$

Adanya senyawa Aluminoforit kurang penting karena tidak tampak banyak pengaruh terhadap kekuatan dan sifat semen.

### 2.3 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis- lapis beton dan merupakan yang lemah (Hernando, 2009).

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Hampir semua air alami yang dapat diminum dan tidak mempunyai rasa atau bau yang mencolok memenuhi syarat sebagai air campuran untuk pembuatan beton. Apabila ketidakmurnian dalam air campuran berlebihan, dapat mempengaruhi tidak hanya waktu pengikatan (*setting time*), kuat beton, stabilitas volume (perubahan panjang), tetapi dapat juga mengakibatkan pengefloran (*efflorescence*) atau korosi tulangan. Konsentrasi tinggi dari bahan solid yang dapat larut dalam air, sebaiknya dihindari (Pane dkk., 2015).

### 2.4 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70%-75% dari volume beton (Fuad dkk., 2014).

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03 kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan

kasar. Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.
5. Gradasinya harus memenuhi syarat seperti Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Gradasi Pasir. (Tjokrodimulyo, 1992)

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

Keterangan:

Daerah I : Pasir kasar

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah IV : Pasir halus

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan

bahwa agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat di antara batang-batang baja tulangan. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan (Hernando, 2009), yaitu :

1. Agregat normal.

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,2-2,7 gr/cm<sup>3</sup>. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gr/cm<sup>3</sup>.

2. Agregat berat.

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm<sup>3</sup>, misalnya magnetik (FeO<sub>4</sub>) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gr/cm<sup>3</sup>. Penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radiasi.

3. Agregat ringan.

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gr/cm<sup>3</sup> yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

Tabel 2.4: Gradasi Kerikil. (Tjokrodimulyo, 1992)

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan	
	Berat butir maksimum 40	
	40 mm	20mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

## **2.5 Bahan Tambah (Admixture)**

Bahan tambah (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya (Asrullah, 2011). Berdasarkan ACI (*American Concrete Institute*), bahan tambah adalah material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau sika yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Penambahan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau sika tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti atau substitusi dari dalam campuran beton itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton itu atau perilaku yang akan dihasilkan, maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat volume tidak terasa secara langsung dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah.

### **2.5.1 Abu Bonggol Jagung**

Bonggol jagung merupakan limbah hasil pertanian/perkebunan yang belum banyak dimanfaatkan dan biasanya hanya dibuang saja setelah butirnya di konsumsi. Bonggol jagung merupakan salah satu limbah pertanian/perkebunan yang mengandung serat, dengan adanya serat pada bonggol jagung diduga abu pembakaran bonggol jagung ini mengandung silika yang dapat memberi pengaruh positif pada campuran beton karena dapat mengikat/memberi daya lekat pada campuran beton dan dapat pula sebagai pengisi (*filler*) yang dapat mengurangi porositas beton. Sehingga dapat digunakan sebagai bahan tambah dengan tujuan untuk meningkatkan mutu beton (Abdi dkk., 2018) . Salah satu limbah yang mengandung pozzolan dan belum termanfaatkan adalah abu bonggol jagung (Fakhrunisa dkk., 2018).

Bonggol jagung memiliki kandungan selulosa 40 - 45%, hemiselulosa 30 - 35% dan lignin 10-20%, sedangkan abu bonggol jagung mengandung silika lebih dari 60% dengan sejumlah kecil unsur-unsur logam (Wardhani, 2017).

### 2.5.2 Silica Fume

Menurut (Kushendrahayu dkk., 2015) *silica fume* atau silika *fume* adalah material pozzollan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau *alloy* besi silikon atau dikenal sebagai gabungan antara *microsilica* dengan *silica fume*. Penggunaan *silica fume* dalam campuran beton adalah untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang tinggi. *Silica fume* yang digunakan penelitian ini adalah 3% dari berat semen.

### 2.6 Slump Test

Slump merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. Slump merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaannya (nilai *workability* tinggi) (Hernando, 2009). Nilai slump berbagai macam struktur diperlihatkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Nilai Slump Untuk Berbagai Macam Struktur. (Tjokrodimulyo, 1992)

Uraian	Nilai Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	80	25
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi di bawah tanah	80	25
Pelat, balok, kolom dan dinding	100	25
Perkerasan jalan	80	25
Pembetonan missal	50	25

## 2.7 Kuat Tarik Beton

Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 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 dkk., 2016). Menurut (Yuhanah dkk., 2018) Menentukan tarik dalam beton dengan cara langsung lebih sulit dilakukan, oleh karena itu dikembangkan cara pengujian kuat tarik tidak langsung. Besarnya tegangan tarik tidak langsung yang dialihkan saat beton itu belah, dapat dihitung menggunakan rumus :

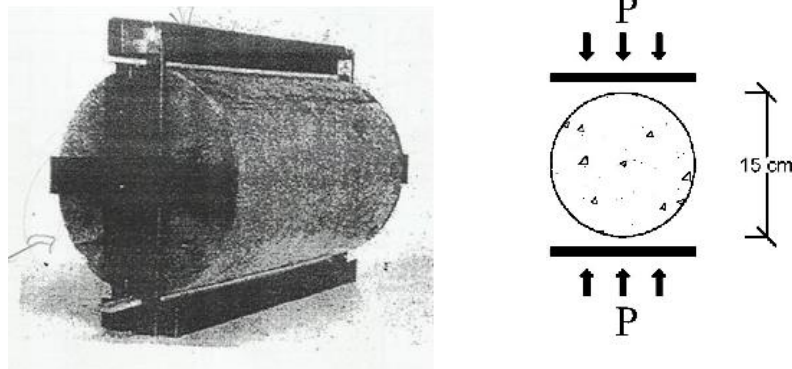
$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD}$$

Dimana :

P = Beban (N)

D = Diameter silinder (mm)

L = Panjang silinder (mm)



Gambar 2.1: Pengujian Kuat Tarik Belah.

## 2.8 Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton merupakan kemampuan beton dalam menahan lendutan hingga terjadi kegagalan (Yanti dkk., 2019). Menurut (Yuhanah dkk., 2018) Untuk mengetahui kuat lentur suatu beton, peneliti mengkonversi hasil uji kuat Tarik belah ke dalam kuat lentur berdasarkan acuan Pd T-14-2003 yakni tentang perencanaan perkerasan jalan beton semen. Dalam Pd T-14-2003 dijelaskan bahwa kuat tarik



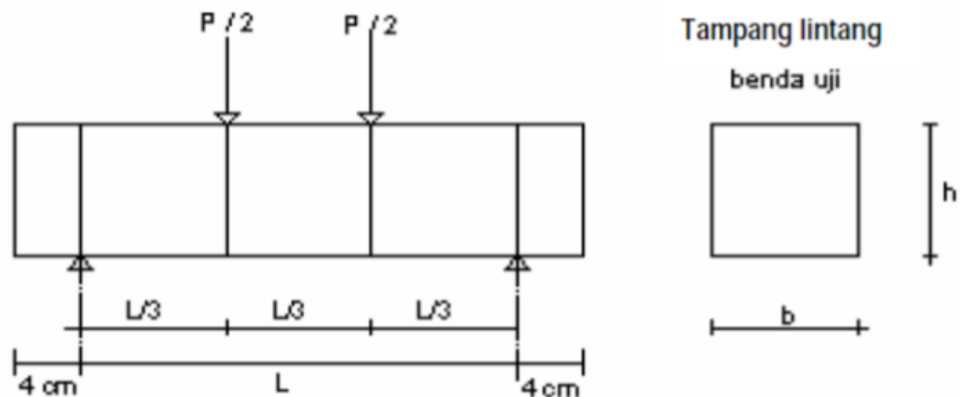
lentur dapat juga ditentukan dari hasil uji kuat tarik belah beton yang dilakukan menurut SNI 03-2491- 1991 sebagai berikut :

$$f_{cf} = 1,37.f_{ct} \text{ dalam Mpa}$$

$$f_{cf} = 13,44.f_{ct} \text{ dalam kg/cm}^2$$

Dimana :

$f_{ct}$  = kuat tarik belah beton umur 28 hari



Gambar 2.2: Pengujian Kuat Lentur.

## 2.9 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Metode perhitungan yang digunakan dalam Langkah-langkah cara perancangan campuran (*Mix Design*) adalah SNI 03-2834-2000 “Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal” ialah:

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

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

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 :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

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 factor pengali dari Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.

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

- 5) Bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar yang memenuhi persyaratan butir 4 di atas tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f_{cr}$  harus diambil tidak kurang dari ( $f'_c+12$  MPa).

3. Menghitung nilai tambah.

$$M = 1,64 \times Sr$$

Dengan

M adalah nilai tambah

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

Sr adalah deviasi standar rencana

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

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

$$f_{cr} = f'c + 1,64 Sr$$

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 factor air semen

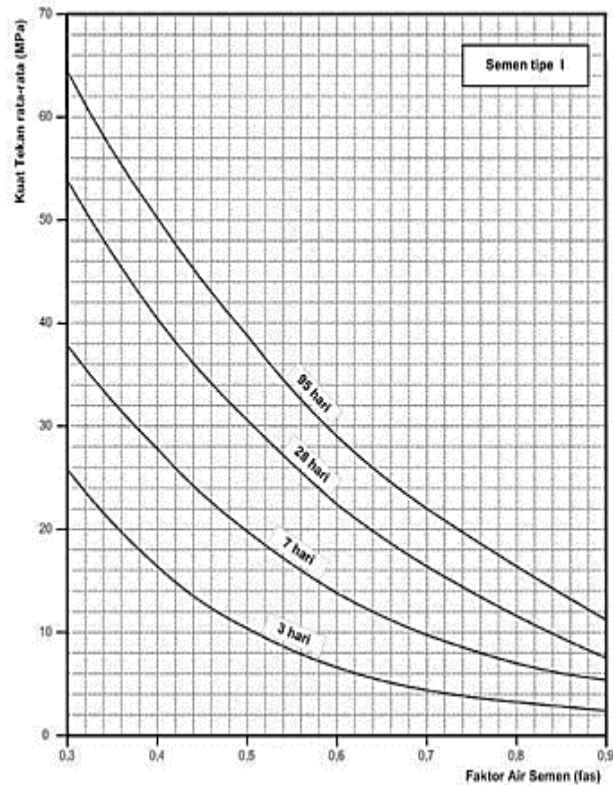
Menghubungkan kuat tekan dan factor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 2.9.

Bila dipergunakan Gambar 2.3 atau 2.4 ikuti langkah-langkah berikut :

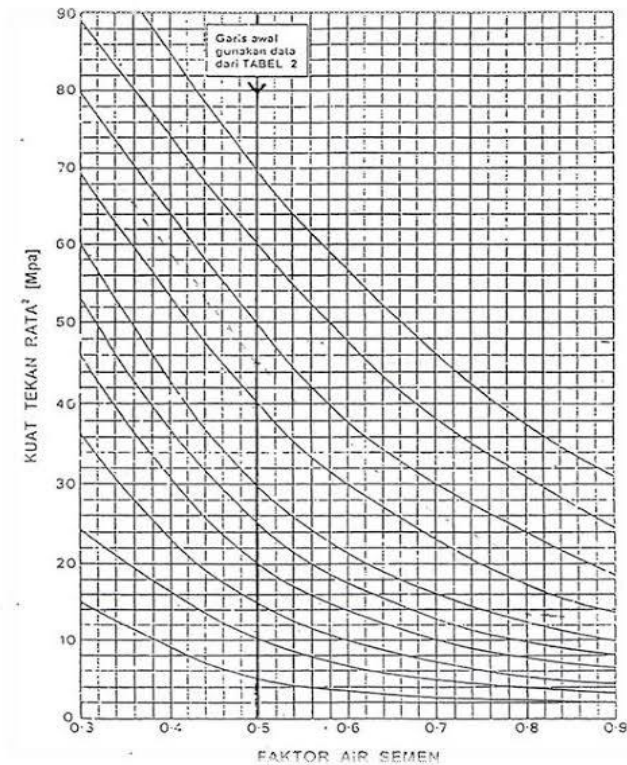
- 1) Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 2.9, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;
- 2) Melihat Gambar 2.3 untuk benda uji berbentuk silinder atau Gambar 2.4 untuk benda uji berbentuk kubus;
- 3) Menarik garis tegak lurus ke atas melalui factor air semen 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 2.7: 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 uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	29	Bentuk uji
Semen portland Tipe 1	Batu tak dipecah	17	23	33	40	silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe I,II,V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	kubus
	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 2.3: Hubungan antara kuat tekan dan daktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).



Gambar 2.4: Hubungan antara kuat tekan dan factor air semen (benda uji berbentuk kubus 150 x 150 x 150 mm).

8. Menentukan factor air semen maksimum (dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak).

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

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 menurut Tabel 2.8

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

- 1) agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada Table 2.8
- 2) agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k$$

Dengan:

$W_h$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

$W_k$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Perkiraan kadar air bebas ( $\text{Kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Catatan : Koreksi suhu udara untuk suhu di atas  $25^{\circ}\text{C}$ , setiap kenaikan  $5^{\circ}\text{C}$  harus ditambah air 5 liter per  $\text{m}^2$  adukan beton.

12. Menghitung jumlah semen yang besarnya adalah kadar semen adalah kadar air bebas dibagi factor air semen.
13. jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Menentukan jumlah semen seminimum mungkin, Jika tidak lihat Table 2.9, 2.10, 2.11 jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

Tabel 2.9: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen Minimum per m <sup>3</sup> beton (Kg)	Nilai fas Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 2.10
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 2.12

Tabel 2.10: Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat.

Kadar sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO <sub>2</sub>			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m <sup>3</sup> )			F.a.s
	Dalam Tanah		SO <sub>3</sub> dalam air tanah g/l		40 mm	20 mm	10 mm	
1.	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	80	300	350	0,5
2.	0,2-0,5	1,0-0,9	0,3-1,2	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	290	330	350	0,50

Tabel 2.11: *Lanjutan Tabel 2.10.*

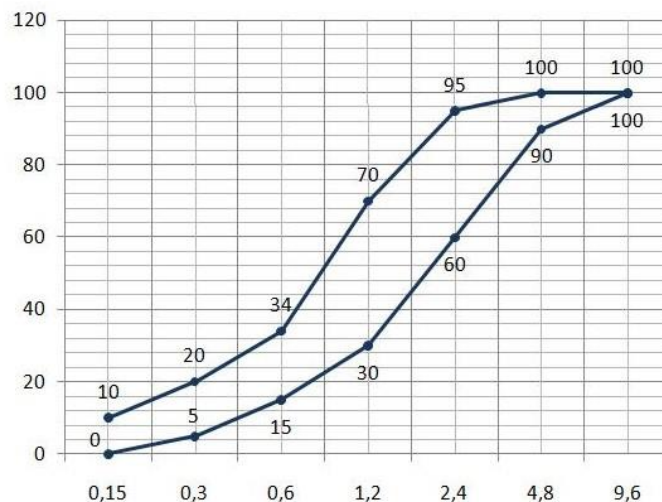
Kadar sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO <sub>2</sub>			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m <sup>3</sup> )			F.a.s
	Dalam Tanah	SO <sub>3</sub> dalam air tanah g/l			40 mm	20 mm	10 mm	
3.	0,5-1	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380	430	0,45
				Tipe II atau Tipe V	290	330	380	0,50
				Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	270	310	360	0,55
				Tipe II atau Tipe V	250	290	340	0,55
4.	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tipe II atau Tipe V	330	370	420	0,45
5.	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tipe II atau Tipe V Lapisan Pelindung	330	370	420	0,45



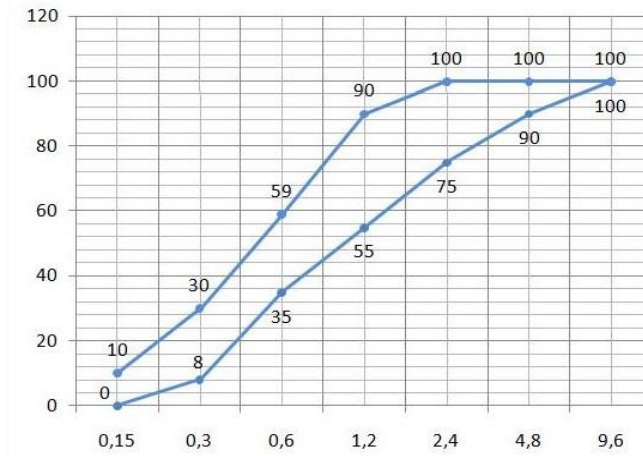
Tabel 2.12: Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air.

Jenis beton	Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan	Faktor air maks.	Tipe semen	Kandungan semen minimum (kg/m <sup>3</sup> )	
				Ukuran nominal Maksimum agregat	
				40 mm	20 mm
Bertulang atau Pra tegang	Air tawar	0,50	Tipe-V	280	300
	Air payau	0,45	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau Semen Portland	340	380
	Air laut	0,50 0,45	Pozolan Tipe II atau Tipe V Tipe II atau Tipe V		

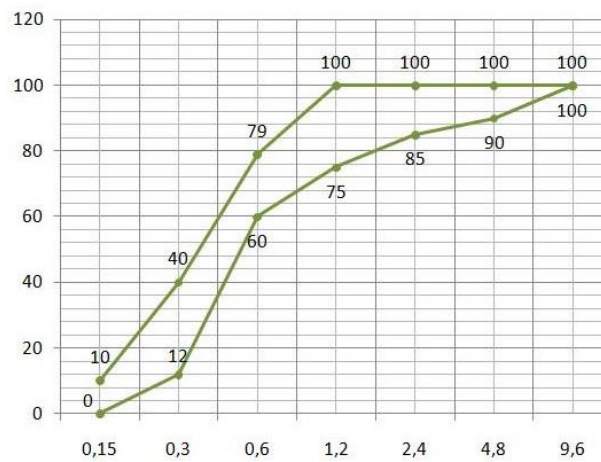
15. Menentukan factor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka factor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Menentukan susunan butir agregat halus (pasir 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 2.5 sampai dengan 2.8. (ukuran mata ayakan (mm))



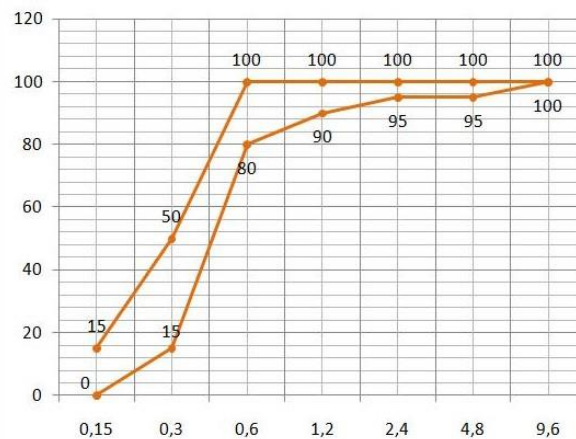
Gambar 2.5: Batas gradasi pasir (Kasar) No. 1.



Gambar 2.6: Batas Gradasi Pasir (Sedang) No. 2.

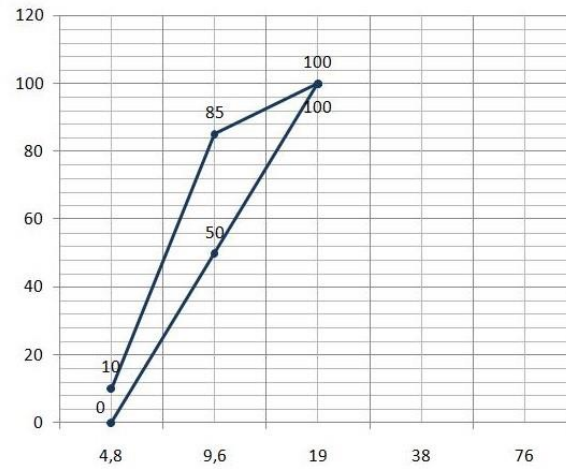


Gambar 2.7: Batas gradasi pasir (Agak Halus) No. 3.

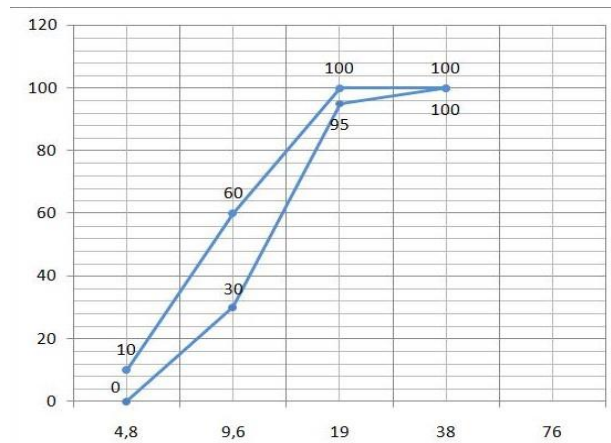


Gambar 2.8: Batas gradasi pasir dalam daerah No.4.

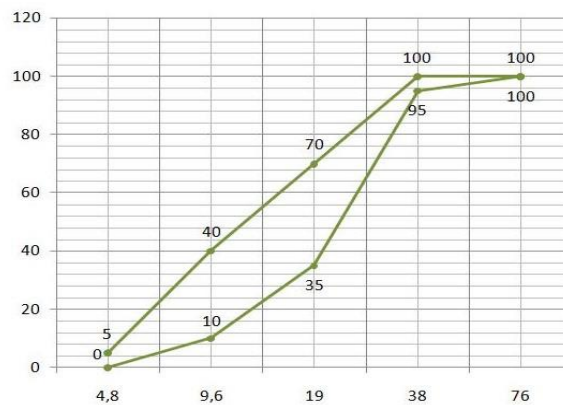
17. Menentukan susunan agregat kasar menurut Gambar 2.9, 2.10, atau 2.11.



Gambar 2.9: Batas gradasi kerikal atau koral ukuran maksimum 10 mm.

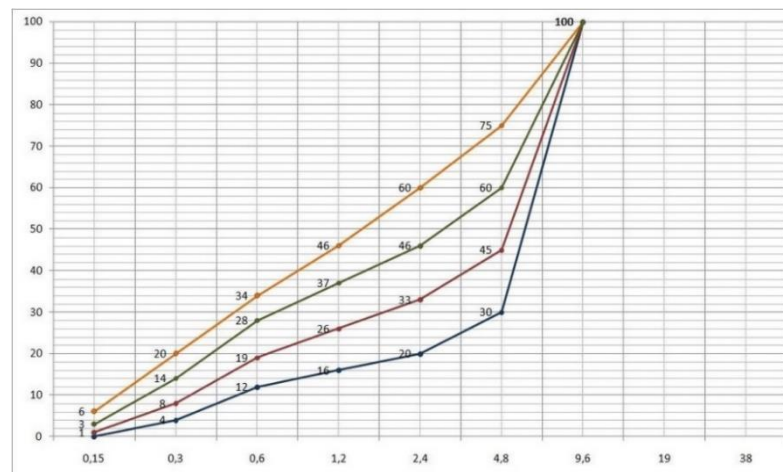


Gambar 2.10: Batas gradasi kerikal atau koral ukuran maksimum 20 mm.

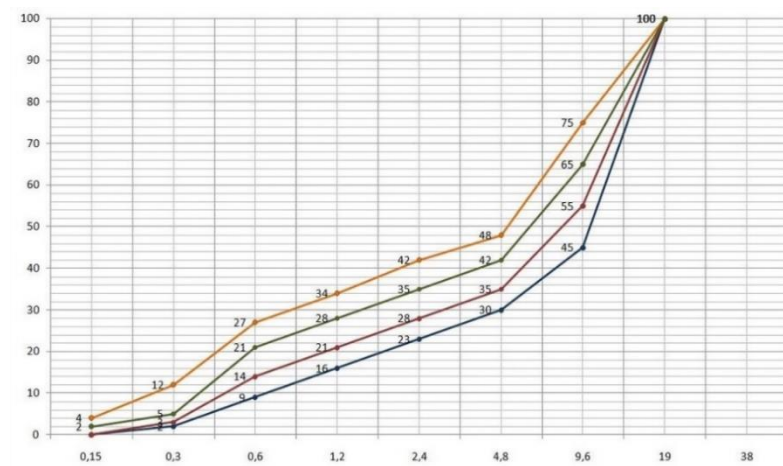


Gambar 2.11: Batas gradasi kerikal atau koral ukuran maksimum 40 mm.

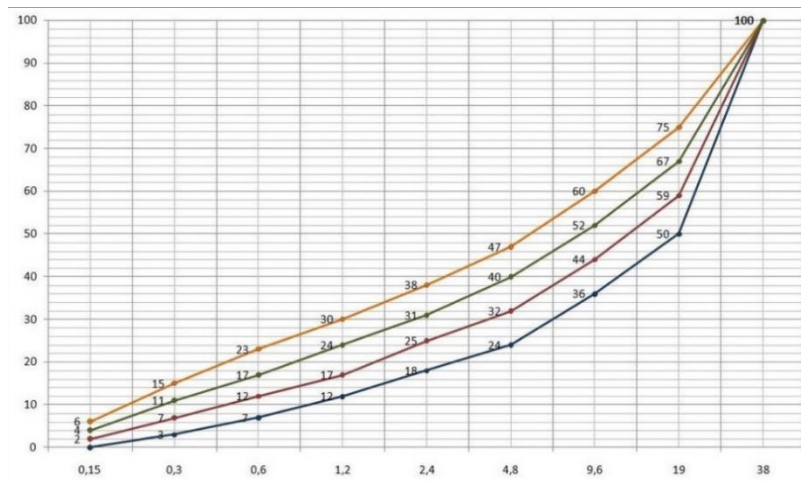
18. Menentukan persentase pasir dengan perhitungan atau menggunakan Gambar 2.15 sampai dengan 2.17; dengan diketahui ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10. slumps menurut butir 9, factor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik. Jumlah ini adalah jumlah seluruhnya dari pasir atau fraksi agregat yang lebih halus dari 5 mm. dalam agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia seringkali dijumpai bagian yang lebih halus dari 5 mm dalam jumlah yang lebih dari 5 persen. Dalam hal ini maka jumlah agregat halus yang diperlukan harus dikurangi.



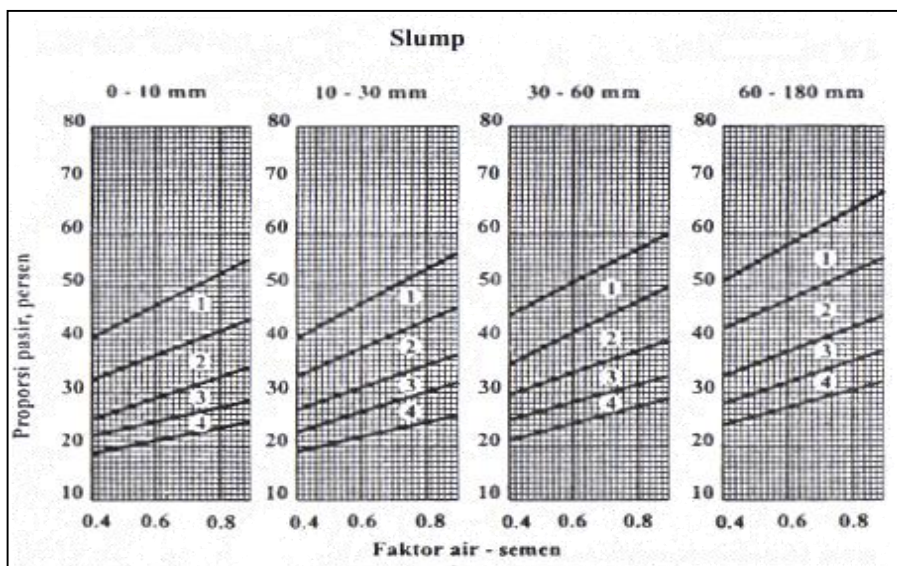
Gambar 2.12: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum 10 mm.



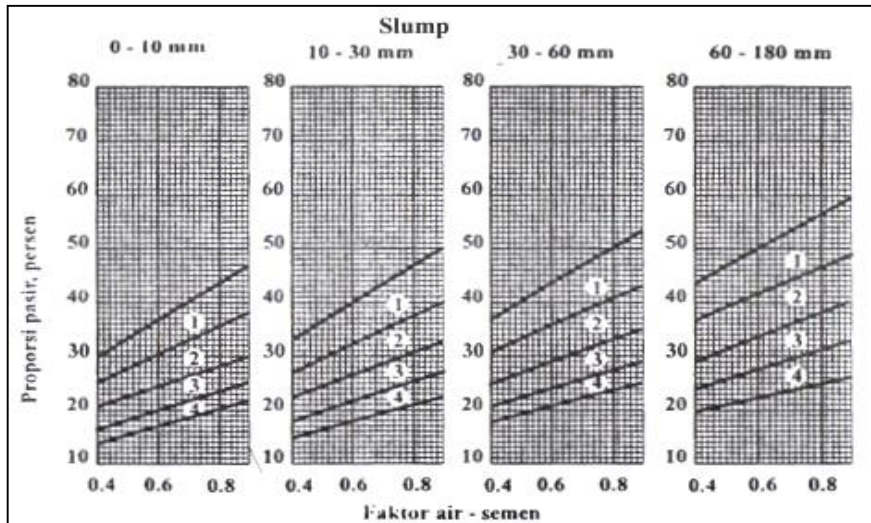
Gambar 2.13: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum 20 mm.



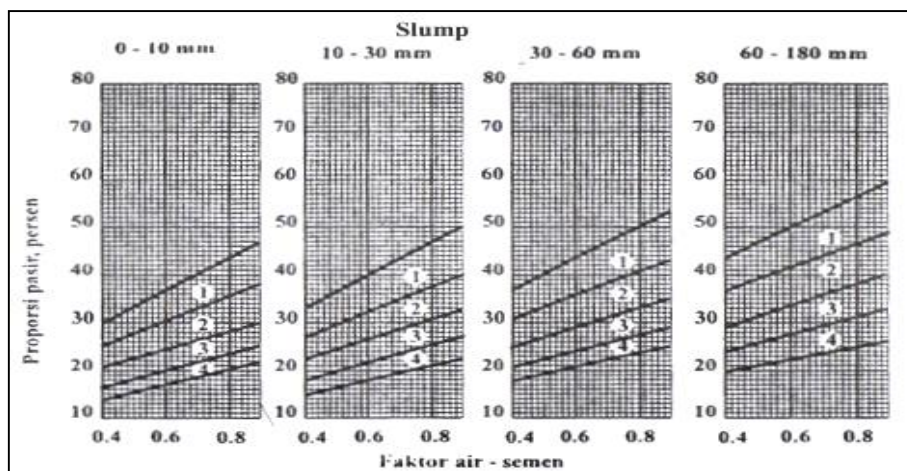
Gambar 2.14: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum 40 mm.



Gambar 2.15: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm.



Gambar 2.16: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.



Gambar 2.17: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.

19. Menghitung berat jenis relative agregat.

Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

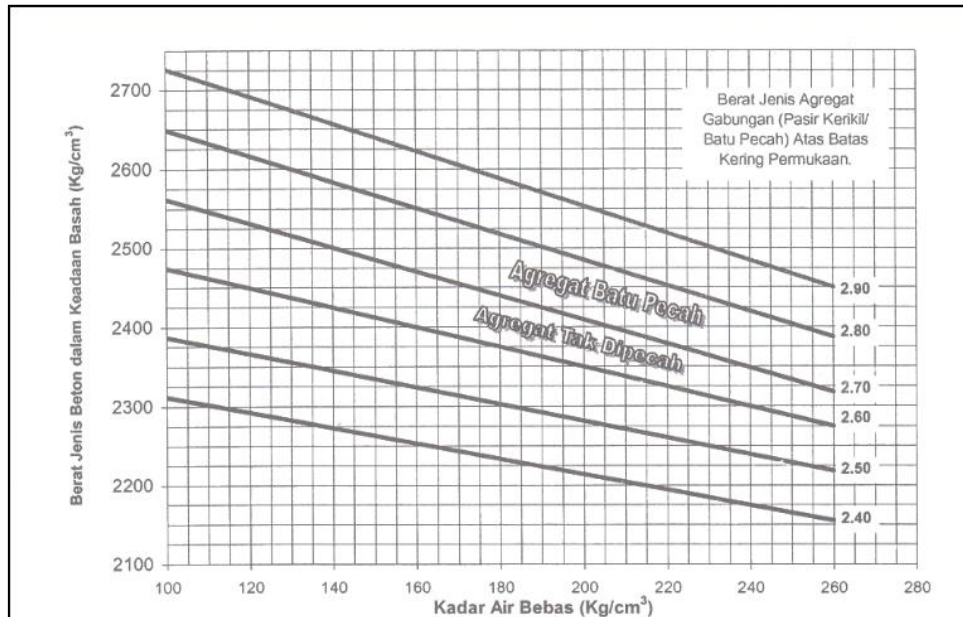
1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:

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

2) Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:

$$BJ_{gabungan} = \%AH \times BJ_{AH} + \%AK \times BJ_{AK} \quad (2.8)$$

20. Menentukan berat isi beton menurut Gambar 2.18 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 2.8 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 2.18: 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 m<sup>3</sup> 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. Air 
$$= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$$

b. Agregat halus 
$$= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100}$$

c. Agregat kasar 
$$= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$$

Dengan:

B adalah jumlah air ( $\text{kg/m}^3$ ).

C adalah jumlah agregat halus ( $\text{kg/m}^3$ ).

D adalah jumlah agregat kasar ( $\text{kg/m}^3$ ).

$C_a$  adalah absorpsi air pada agregat halus (%).

$D_a$  adalah absorpsi air agregat kasar (%).

$C_k$  adalah kandungan air dalam agregat halus (%).

$D_k$  adalah kandungan air dalam agregat kasar (%).

26. Membuat campuran uji, ukur dan catatlah besarnya slump serta kekuatan tekan yang sesungguhnya, perhatikan hal berikut:

- 1) Jika harga yang didapat sesuai dengan harga yang diharapkan, maka susunan campuran beton tersebut dikatakan baik. Jika tidak, maka campuran perlu dibetulkan;
- 2) Kalau slumpnya ternyata terlalu tinggi atau rendah, maka kadar air perlu dikurangi atau ditambah (demikian juga kadar semennya, karena factor air semen harus dijaga agar tetap tak berubah);
- 3) Jika kekuatan beton dari campuran ini terlalu tinggi atau rendah, maka factor air semen dapat atau harus ditambah atau dikurangi sesuai dengan Gambar 2.3 atau 2.4.



## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

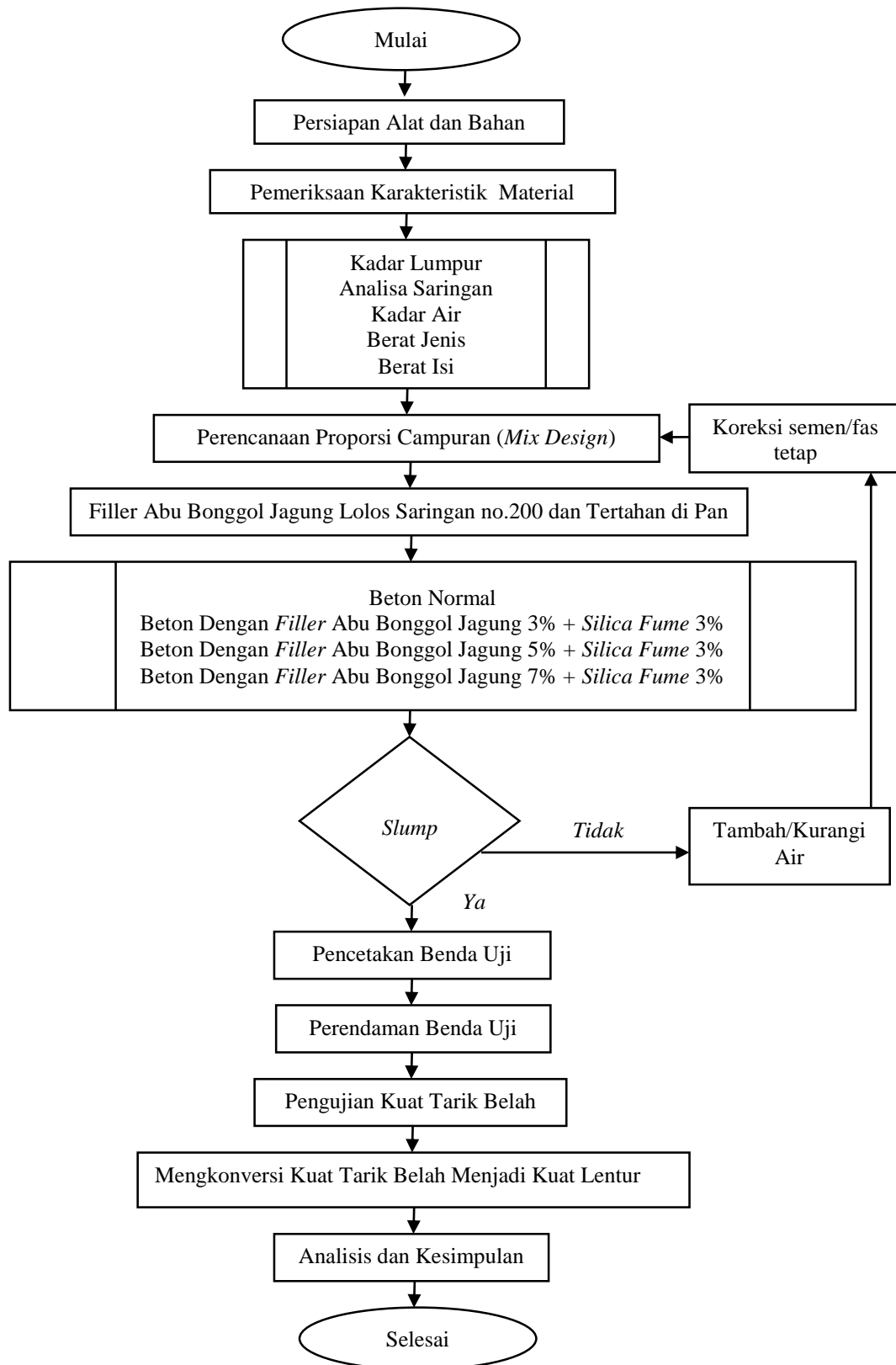
Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian.

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

Selanjutnya mencari *mix design* untuk mengetahui proporsi campuran untuk setiap benda uji yang akan dibuat. Setelah memperoleh proporsi campuran beton, kemudian dilakukan penyaringan bahan tambah (*filler*) yang telah dikeringkan. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan sesuai kebutuhan masing-masing variasi campuran bahan tambah yaitu beton normal, beton dengan *filler* abu bonggol jagung 3% , beton dengan *filler* abu bonggol jagung 5%, dan beton dengan *filler* abu bonggol jagung 7% dan juga ketiga variasi tersebut ditambah 3% *Silica Fume*.

Langkah selanjutnya yaitu membuat adonan beton dan mengecek nilai slump beton, setelah melakukan pengujian slump, kemudian memasukkan adonan beton kedalam cetakan silinder yang telah diberi vaselin. Kemudian benda uji dидiamkan dan dilepaskan dari cetakan setelah  $\pm 24$  jam. Selanjutnya dilakukan perendaman benda uji selama 28 hari.

Setelah mencapai umur 28 hari, benda uji diangkat dari tempat perendaman kemudian dilakukan tes kuat tarik beton. Dari pengujian kuat tarik belah yang dilakukan, kita dapat memperoleh data-data yang dibutuhkan sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian yang dilaksanakan.

## **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. Kekentalan adukan beton segar (*Slump Test*) (SNI 1972-2008).

### **3.2.2 Data Skunder**

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. Pada Pd T-14-2003 dijelaskan bahwa kuat tarik lentur dapat juga ditentukan dari hasil uji kuat tarik belah beton yang dilakukan menurut SNI 2491:2014.

## **3.3 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dimulai pada bulan Juli 2019. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

### **3.4 Bahan – bahan**

Bahan yang digunakan dalam proses pencampuran adalah :

1. Semen Portland (PCC).
2. Agregat halus ( pasir ) diambil dari Binjai.
3. Agregat kasar ( kerikil ) diambil dari Binjai.
4. Air dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bahan tambah abu bonggol jagung dari petani jagung Lubuk Pakam.
6. Bahan tambah mineral *Silica Fume* .

### **3.5 Peralatan**

Peralatan yang digunakan untuk membuat beton, yaitu:

1. Alat pengaduk beton (*mixer*).
2. Alat pendukung pengujian dan pembuatan beton di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

### **3.6 Pemeriksaan Material**

#### **3.6.1 Pengujian agregat halus**

##### **3.6.1.1 Berat jenis dan penyerapan agregat halus**

Untuk menentukan berat jenis dan prosentase air yang dapat diserap oleh agregat halus, sebagai berikut :

- a. Pertama benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap.
- b. Dinginkan benda uji pada suhu ruang, kemudian direndam dalam air pada suhu ruang selama 24 jam.
- c. Buang air bekas perendam dengan hati-hati, jangan sampai ada butiran dari sample yang hilang, lalu benda uji tersebut ditebarkan diatas talam, kemudian benda uji dikeringkan diudara panas. Pengeringan dilakukan sampai tercapai jenuh permukaan kering (JPK).
- d. Periksa dalam keadaan JPK dengan mengisi benda uji ke dalam kerucut terpancung dalam tiga bagian, kemudian dipadatkan sebanyak 25 kali, lalu

angkat kerucut. Keadaan JPK tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi tingginya masih tetap.

- e. Setelah tercapai keadaan JPK, ambil benda uji sebanyak  $\pm 500$  gram (Bssd) kemudian dimasukkan kedalam picnometer, lalu dimasukkan air suling sebanyak 90% dari isi picnometer, putar sambil digucang-guncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya dapat keluar.
- f. Kemudian rendam picnometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar  $25^{\circ}\text{C}$ . Lalu air ditambahkan sampai pada batas tertentu.
- g. Picnometer berisi air dan benda uji ditimbang sampai ketelitian 0,1 gram (BT).
- h. Keluarkan benda uji, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap, setelah itu benda uji didinginkan dalam desikator. Setelah benda uji dingin lalu ditimbang (BK).
- i. Tentukan berat picnometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar  $25^{\circ}\text{C}$  (B).

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)

### 3.6.1.2 Analisa Gradasi Agregat Halus

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

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

### 3.6.1.3 Kadar lumpur agregat halus

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai kadar lumpur pada agregat halus, sebagai berikut:

- a. Benda uji dimasukkan dengan berat 500 gram Kemudian ditimbang ( W1 ).
- b. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
- c. Wadah diguncang – guncangkan hingga kotoran – kotoran pada benda uji hilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
- d. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W2).
- e. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W3).

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

### 3.6.1.4 Berat isi

Pengujian bertujuan untuk mendapatkan nilai berat isi dan voids pada agregat, dan membandingkan dengan spesifikasi, sebagai berikut :

a. Berat Isi Lepas :

- Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W1).
- Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati – hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
- 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).

b. Berat Isi Padat :

- Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W1).Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal 1/3 dari tinggi silinder.
- Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
- 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).

c. Berat isi Penggoyangan :

- Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W1).Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal 1/3 dari tinggi silinder.
- Setiap lapis dipadatkan dengan cara menggoyngkan sebanyak 25 kali. Kemudian melakukan Langkah yang sama pada 2/3 bagian lainnya.

- Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang berat silinder serta benda uji dan dicatat ( $W_6$ ). Kemudian dihitung berat benda uji ( $W_7 = W_6 - W_1$ ).

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat Isi Agregat Lepas} &= \frac{W_3}{V} \\
 \text{b. Berat Isi Agregat Padat} &= \frac{W_5}{V} \\
 \text{c. Berat Isi Agregat penggoyangan} &= \frac{W_7}{V} \\
 \text{d. Voids} &= \frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$W_3$  = Berat Benda Uji dalam kondisi lepas (Kg)

$W_5$  = Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (Kg)

$W_7$  = Berat benda uji dalam kondisi digoyangkan (Kg)

$V$  = Volume Tabung Silinder

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

$M$  = Berat Isi Agregat (Kg/lit)

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

### 3.6.1.5 Kadar air

Pengujian dilakukan untuk mendapat nilai kadar air yang dikandung oleh agregat, membandingkan kadar air dan penyerapan air pada agregat, dan menghitung kelebihan dan kekurangan air untuk mencapai SSD, sebagai berikut:

- Timbang berat talam kosong dan catat ( $W_1$ ). Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya ( $W_2$ ).
- Lalu dihitung berat benda ujinya ( $W_3 = W_2 - W_1$ ). Setelah itu benda uji dikeringkan beserta talam didalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ , sampai berat tetap.
- Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam ( $W_4$ ).
- Lalu dihitung berat benda uji kering ( $W_5 = W_4 - W_1$ ).

Perhitungan:

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



### 3.6.2 Pengujian agregat kasar

#### 3.6.2.1 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Untuk menentukan berat jenis dan prosentase air yang dapat diserap oleh agregat kasar, sebagai berikut :

- Pertama – tama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105 °C sampai berat tetap.
- Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
- Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama  $24 \pm 4$  jam.
- 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.
- Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJssd).
- Benda uji diletakkan 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:

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

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

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

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

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)

### 3.6.2.2 Analisa gradasi agregat kasar

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk menentukan pembagian butir / gradasi agregat dengan menggunakan saringan, sebagai berikut:

- a. Langkah pertama benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ , sampai berat tetap.
- b. Kemudian benda uji ditimbang sesuai dengan berat yang disyaratkan.
- c. 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.
- d. Selanjutnya susunan saringan diletakan dalam mesin penggetar saringan (*sieve shaker*). Lalu mesin penggetar saringan dijalankan selama  $\pm 15$  menit.
- e. 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.

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

### 3.6.2.3 Kadar lumpur agregat kasar

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai kadar lumpur pada agregat kasar, sebagai berikut:

- f. Benda uji dimasukkan dengan berat 2500 gram Kemudian ditimbang ( W1 ).
- g. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
- h. Wadah diguncang – guncangkan hingga kotoran – kotoran pada benda uji hilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
- i. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W2).
- j. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W3).

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

Keterangan :

W1 = Berat Agregat

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

#### 3.6.2.4 Berat isi

Pengujian bertujuan untuk mendapatkan nilai berat isi dan voids pada agregat, dan membandingkan dengan spesifikasi, sebagai berikut :

a. Berat Isi Lepas :

- Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W1).
- Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati – hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
- 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).

b. Berat Isi Tusuk :

- Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W1).Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal 1/3 dari tinggi silinder.
- Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
- 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).

c. Berat isi Penggoyangan :

- Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W1).Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal 1/3 dari tinggi silinder.
- Setiap lapis dipadatkan dengan cara menggoyngkan sebanyak 25 kali.

Kemudian melakukan Langkah yang sama pada 2/3 bagian lainnya.

- Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang berat silinder serta benda uji dan dicatat (W6). Kemudian dihitung berat benda uji ( $W7 = W6 - W1$ ).

Perhitungan:

e. Berat Isi Agregat Lepas	$= \frac{W_3}{V}$
f. Berat Isi Agregat Padat	$= \frac{W_5}{V}$
g. Berat Isi Agregat penggoyangan	$= \frac{W_7}{V}$
h. 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)

$W_7$  = Berat benda uji dalam kondisi digoyangkan (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

### 3.6.2.5 Kadar air

Pengujian dilakukan untuk mendapat nilai kadar air yang dikandung oleh agregat, membandingkan kadar air dan penyerapan air pada agregat, dan menghitung kelebihan dan kekurangan air untuk mencapai SSD, sebagai berikut:

- e. Timbang berat talam kosong dan catat (W1). Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya (W2).
- f. 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.
- g. Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W4).
- h. Lalu dihitung berat benda uji kering ( $W5 = W4 - W1$ ).

Perhitungan:

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

### 3.7 Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*) (SNI 03-2834-2000)

Pada penelitian ini digunakan metode perhitungan yang digunakan dalam perencanaan campuran beton normal adalah metode SNI 03-2834-2000.

Adapun tahapan yang dilakukan dalam perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut ini.

27. Menetapkan kuat tekan beton ( $f'_c$ ) pada umur 28 hari.

Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari adalah 27 Mpa.

28. Menetapkan deviasi standar (s).

Tabel 3.1: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.

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

Dikarenakan deviasi standart yang memenuhi persyaratan butir di atas tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan ( $f_{cr}$ ) harus diambil tidak kurang dari ( $f'_c + 12$ ).

29. Nilai tambah (*Margin*)

Nilai tambah menggunakan persamaan pada Table 2.6 adalah 12 Mpa.

30. Dikarenakan menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan ( $f_{cr}$ ) harus diambil tidak kurang dari ( $f'_c + 12$ ), maka:

$$f_{cr} = f'_c + 12$$

$$f_{cr} = 27 + 12$$

$$f_{cr} = 39 \text{ Mpa}$$

31. Jenis semen yang telah ditetapkan adalah Semen Portland Komposit yang penggunaannya tidak memakai persyaratan khusus, jadi sama seperti semen Tipe I.
32. Jenis agregat halus yang digunakan yaitu alami, menggunakan pasir Binjai.
33. Jenis agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah dengan ukuran maksimal 40 mm.
34. Menentukan nilai faktor air semen dengan cara menggunakan grafik “hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen berdasarkan umur benda uji dan jenis semen” sebagai berikut ini.
  - a. Perkiraan kekuatan tekan dari Tabel 3.2 dapat diketahui dari jenis semen, jenis agregat, bentuk benda uji yang digunakan dan umur beton pada kekuatan tekan.

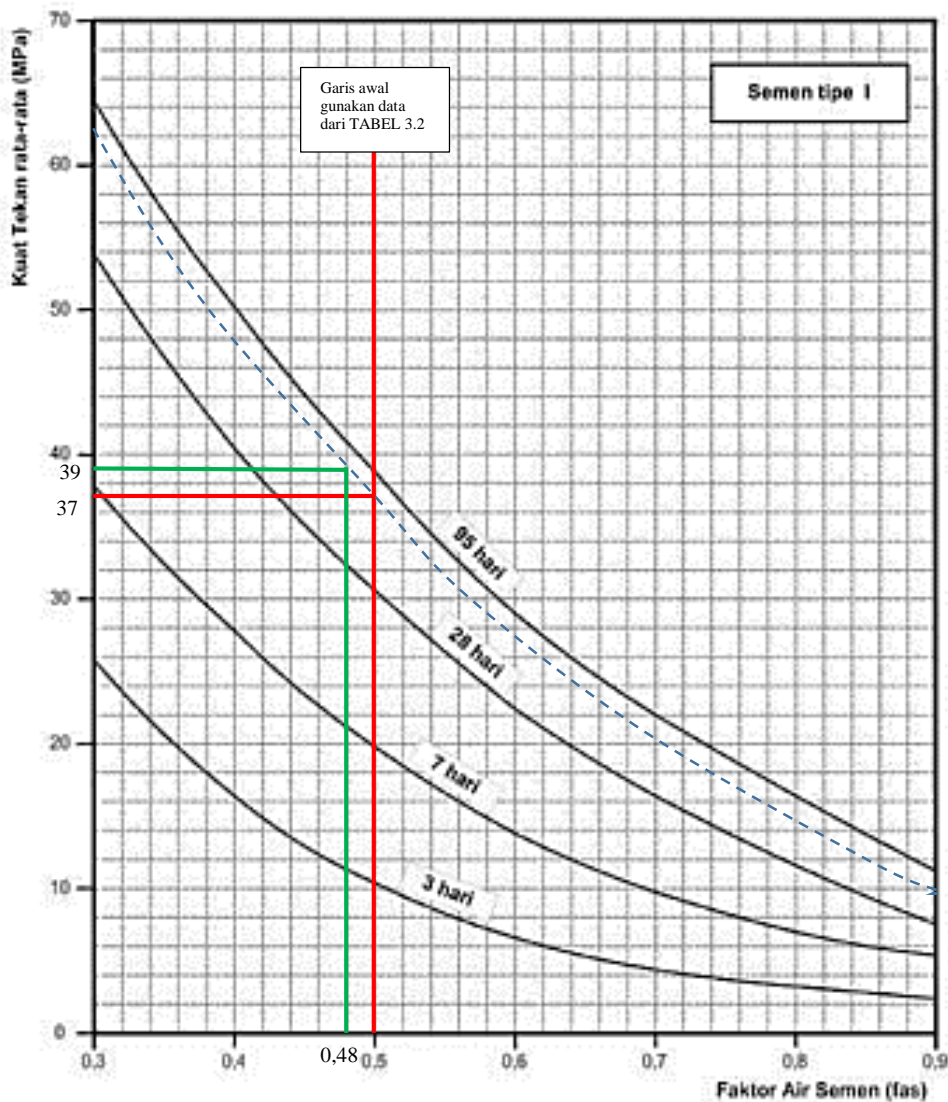
Tabel 3.2: Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen 0,5 dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk Bentuk uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen <i>portland</i> Tipe I	Batu tak dipecah	17	23	33	40	silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe I,II,V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen <i>Portland</i> 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	

Dari tabel diatas didapatkan kekuatannya yaitu sebesar 37 MPa.

- b. Setelah itu, lihat pada Gambar 3.2 yaitu tentang hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen dengan benda uji berbentuk silinder.
- c. Buat garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva dengan warna merah, selanjutnya buat garis lurus ke kanan dari angka kuat tekan 37 MPa sampai garis tersebut menyentuh garis warna merah.

- d. Lalu buat garis lengkung melalui titik perpotongan dari sub. Butir b secara proporsional.
- e. Kemudian buat garis lurus ke kanan dari angka  $f_{cr}$  sebesar 39 MPa sampai menyentuh garis lengkung (kurva baru) yang sudah dibuat atau ditentukan dari sub butir c, diatas.
- f. Selanjutnya buat garis lurus ke bawah melalui titik perpotongan tersebut. Kemudian dari garis tersebut didapatkan nilai  $f_{as}$  sebesar 0,48 dan selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).

35. Menentukan nilai faktor air semen maksimum Setelah ditentukan nilai fas dari gambar diatas, kemudian dilanjutkan dengan menentukan faktor air semen (fas) maksimum yang dapat ditentukan dari Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen Minimum per m <sup>3</sup> beton (Kg)	Nilai fas Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 2.10
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 2.12

Nilai faktor air semen maksimum yang didapat dari Tabel 3.3 adalah sebesar 0,6 yaitu jenis pembetonan di dalam ruang bangunan dengan keadaan keliling non korosif.

36. Menetapkan nilai *slump*

Tinggi *slump* perencanaan yang ditetapkan adalah sebesar 30-60 mm.

37. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum

Ukuran besar butir agregat maksimum yang digunakan yaitu sebesar 40 mm.

38. Menetapkan nilai kadar air bebas

Kadar air bebas dapat ditentukan dari Tabel 3.10, dengan menggunakan data ukuran agregat maksimum, jenis batuan, dan *slump* rencana. Setelah didapatkan hasil perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton, kemudian jumlah kebutuhan air dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7.



Tabel 3.4: Perkiraan kadar air bebas ( $\text{Kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \\
 &= \frac{2}{3} \times 160 + \frac{1}{3} \times 190 \\
 &= 170 \text{ Kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai kadar air bebasnya adalah sebesar  $170 \text{ Kg/m}^3$ .

39. Menghitung jumlah semen minimum

$$\begin{aligned}
 W_{\text{semen}} &= \frac{W_{\text{air}}}{f_{as}} \\
 &= \frac{170}{0,48} \\
 &= 354,17 \text{ Kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan jumlah kebutuhan semennya adalah sebesar  $354,17 \text{ Kg/m}^3$ .

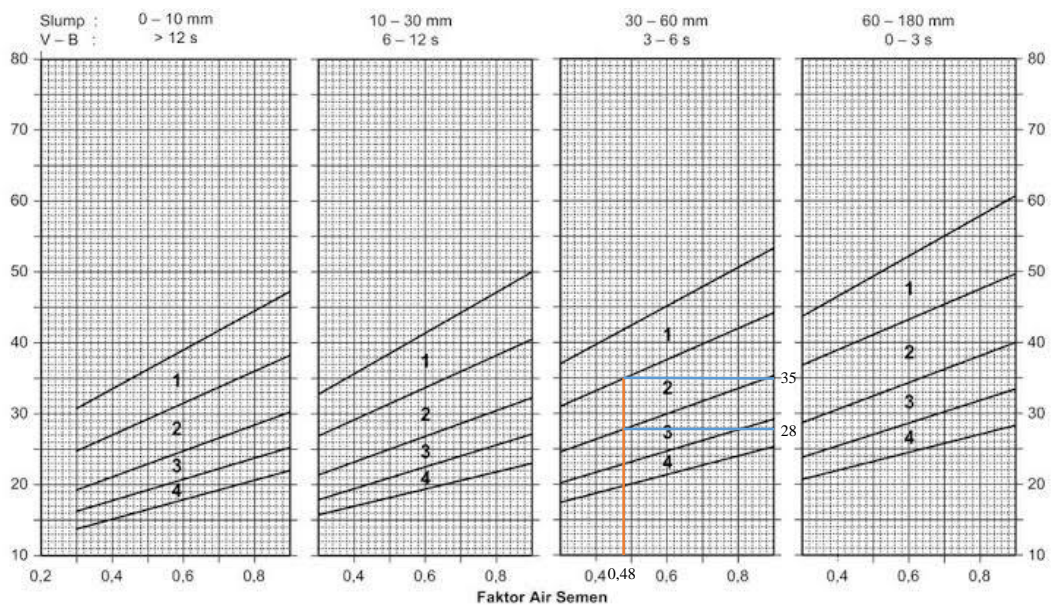
40. Menetapkan kebutuhan semen yang digunakan

Setelah menghitung kebutuhan semen, maka perlu dicari kebutuhan semen minimum dengan melihat Tabel 3.3. Dari tabel tersebut didapatkan nilai kebutuhan semen minimumnya adalah sebesar  $275 \text{ Kg/m}^3$ . Jika kebutuhan semen yang diperoleh dari perhitungan ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum berdasarkan Tabel 3.3, maka yang digunakan adalah kebutuhan semen dengan nilai yang terbesar dari kedua cara tersebut.

41. Menentukan persentase agregat halus dan kasar

Persentase jumlah agregat ditentukan oleh besar ukuran maksimum agregat kasar, nilai *slump*, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Untuk menentukan persentase jumlah agregat halus dapat dilihat pada Gambar 2.15 karena ukuran butir maksimum yang digunakan yaitu 40 mm dan *slump* yang digunakan adalah sebesar 30-60 mm. Selain itu, digunakan gradasi daerah nomor 2 yang dihasilkan dari pengujian modulus halus butir agregat halus pada Sub Bab 4.1.1.2.

- Tarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen yang sudah didapatkan sebelumnya sebesar 0,48 sampai memotong kurva bagian atas pada daerah gradasi no 2.
- Kemudian dari titik perpotongan batas lengkung kurva atas dan batas lengkung kurva bawah pada daerah gradasi nomor 2, ditarik garis mendatar ke kanan sampai memotong sumbu tegak.
- Dari penarikan garis atas dan garis bawah tersebut didapatkan angka yaitu sebesar 35 dan 28.



Gambar 3.3: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.

d. Nilai persentase agregat halus dan agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$\begin{aligned}\%AH &= \frac{35 + 28}{2} \\ &= 31,5\% \\ \%AK &= 100\% - \%AH \\ &= 100\% - 31,5\% \\ &= 68,5\%\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai persentase agregat halus (%AH) sebesar 31,5% dan agregat kasar (%AK) sebesar 68,5%.

42. Menghitung berat jenis SSD agregat gabungan.

Berat jenis SSD agregat halus dan agregat kasar dapat diketahui dari pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar yang sudah dijelaskan pada Sub Bab 4.1.1.1 dan 4.1.2.1. Dari pengujian berat jenis tersebut didapatkan angka berat jenis agregat halus ( $BJ_{AH}$ ) yaitu sebesar 2,56 dan berat jenis agregat kasar ( $BJ_{AK}$ ) yaitu sebesar 2,41. Setelah didapatkan berat jenis kedua agregat tersebut, kemudian berat jenis agregat gabungan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.8.

$$\begin{aligned}BJ_{gabungan} &= \%AH \times BJ_{AH} + \%AK \times BJ_{AK} \\ &= 31,5\% \times 2,56 + 68,5\% \times 2,41 \\ &= 2,46\end{aligned}$$

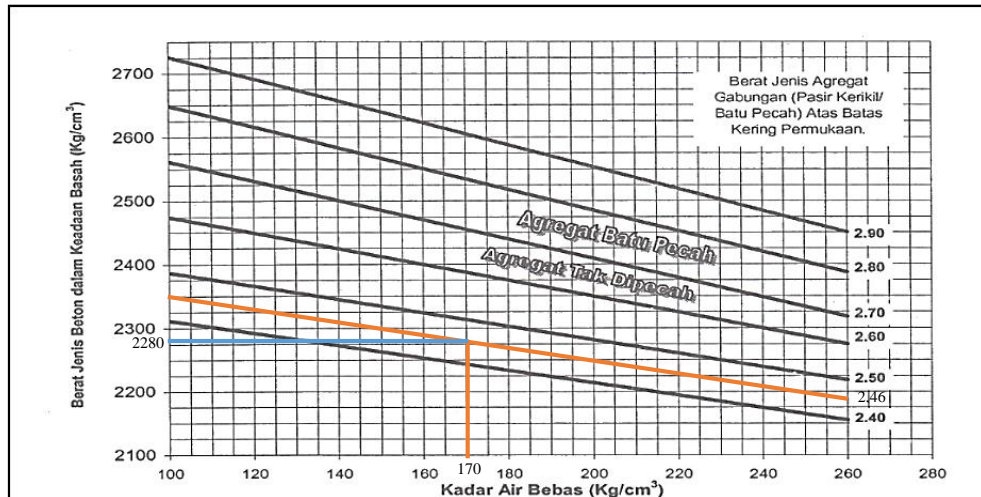
Dari perhitungan diatas didapatkan berat jenis agregat gabungannya ( $BJ_{gabungan}$ ) yaitu sebesar 2,46.

43. Menentukan berat isi beton

Berat isi beton basah ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 2.16 dengan memasukkan berat jenis agregat gabungan dan kadar air bebas.

- a. Buat kurva baru sesuai dengan berat jenis agregat gabungan secara proporsional dengan memperhatikan kurva sebelah atas dan bawahnya yang sudah ada.
- b. Lalu tarik garis tegak lurus ke atas dari nilai kadar air yang digunakan yaitu  $170 \text{ kg/m}^3$  sampai memotong kurva baru berat jenis gabungan tersebut.
- c. Kemudian dari titik potong tersebut, ditarik garis mendatar kearah kiri sampai memotong sumbu tegak.

- d. Dari penarikan garis tersebut didapatkan nilai berat isi beton adalah sebesar  $2280 \text{ kg/m}^3$ .



Gambar 3.4: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.

44. Menghitung proporsi campuran beton

Proporsi campuran yang dihitung adalah proporsi campuran kebutuhan material penyusun beton. Proporsi agregat halus dan agregat kasar dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W_{AH} &= (W_{\text{isi beton basah}} - W_{\text{semen}} - W_{\text{air}}) \times \%AH \\ &= (2280 - 354,17 - 170) \times 31,5\% \\ &= 553,09 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{AK} &= (W_{\text{isi beton basah}} - W_{\text{semen}} - W_{\text{air}}) \times \%AK \\ &= (2280 - 354,17 - 170) \times 68,5\% \\ &= 1202,75 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan berat agregat halus ( $W_{AH}$ ) adalah sebesar  $553,09 \text{ kg/m}^3$  dan berat agregat kasar ( $W_{AK}$ ) adalah sebesar  $1202,75 \text{ kg/m}^3$ .

45. Proporsi Campuran untuk beton dengan agregat jenuh kering permukaan :

- a. Semen Portland =  $354,17 \text{ kg/m}^3$
- b. Air =  $170 \text{ kg/m}^3$
- c. Agregat Halus =  $553,09 \text{ kg/m}^3$
- d. Agregat Kasar =  $1202,75 \text{ kg/m}^3$

### **3.8 Pembuatan Abu Bonggol Jagung**

Menurut (Hepiyanto & Firdaus, 2019), langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan abu bonggol jagung adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan limbah Bonggol Jagung dari daerah Lubuk Pakam, Kabupaten Deli Serdang.
2. Siapkan tong besi untuk media pembakaran kemudian lumpang dan alu untuk menumbuk bonggol jagung yang sudah dibakar.
3. Masukkan bonggol jagung yang sudah dibakar tadi kedalam lumpang dan tumbuk dengan alu 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. 200 untuk penelitian.

### **3.9 Pembuatan Benda Uji (SK SNI T – 15 – 1990 – 03)**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan dan perawatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Bahan dan alat-alat yang akan digunakan untuk pembuatan beton ( benda uji ) telah disiapkan terlebih dahulu.
2. Dilakukan pemeriksaan laboratorium terhadap material yang akan digunakan agar mutu beton yang direncanakan mencapai kekuatan maksimal sesuai dengan perhitungan, yaitu pemeriksaan agregat yang meliputi kadar lumpur, pemeriksaan berat jenis, pemeriksaan berat isi agregat, Analisa saringan dan kadar air.
3. Merencanakan campuran beton (*mix design*).
4. Menimbang bahan yang dibutuhkan sesuai dengan yang telah ditentukan dalam perencanaan.
5. Pengadukan bahan didahului dengan memasukkan pasir dan semen portland kemudian diaduk, bahan tambah abu bonggol jagung dengan variasi 3%, 5%, dan 7% secara bergantian sampai semua bahan habis, masukkan kerikil, dan air.
6. Kemudian menambahkan *silica fume* ke adukan beton.
7. Setelah adukan homogen, tuang adukan ke alas campuran beton.

8. Diukur nilai slump dari adukan tersebut, jika belum sesuai dengan nilai slump yang direncanakan masukkan kembali ke dalam bak pengadukan untuk dilakukan penyesuaian dengan penambahan air.
9. Setelah slump yang didapat sesuai dengan rencana, kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan silinder. Pengisian adukan dilakukan tiga tahap, masing-masing 1/3 dari tinggi cetakan. Setiap tahap dipadatkan dengan tongkat baja (dengan ukuran diameter 16 mm dan panjang 60 cm yang ujungnya dibulatkan) sebanyak 25 kali.
10. Setelah padat dan cetakan penuh, kemudian permukaannya diratakan.
11. Setelah itu simpan cetakan ditempat yang sejuk, diletakan ditempat yang rata dan bebas dari getaran dan gangguan lain dan dibiarkan 24 jam. Setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari cetakan. Diukur tinggi, diameter dan beratnya serta beri tanda seperlunya. Perawatan dilakukan dengan merendam benda uji di dalam kolam perendaman selama 28 hari.
12. Pengujian dilakukan dengan mesin kuat Tarik belah beton sesuai dengan umur yang telah ditentukan.

### **3.10 Pemeriksaan Slump Test (SNI 1972-2008)**

Langkah-langkah pengujian Slump Test :

1. Basahi kerucut Abrams, seng plat, dan tropol dengan air.
2. Letakan seng plat dan kerucut pada tempat yang datar, kerucut Abrams ditahan dengan tangan agar tidak terjadi pergeseran.
3. Tuangkan campuran beton kedalam kerucut Abrams dengan membagi 3 lapisan, tiap lapisan diberikan tusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi.
4. Ratakan permukaan kerucut Abrams yang sudah berisi campuran beton dengan tropol lalu bersihkan daerah sekitar kerucut.
5. Angkat kerucut Abrams secara tegak lurus secara perlahan-lahan.
6. Kemudian tempatkan kerucut di samping campuran beton secara terbalik, lalu ukur tinggi penurunan dengan mistar ukur besi.
7. Tinggi penurunan menunjukkan besar kecilnya nilai slump yang terjadi pada campuran beton.

### 3.11 Pengujian berat isi beton (ASTM C 138M – 01a)

Pengujian ini dilakukan untuk mencari nilai berat isi beton segar, mencari rongga dalam beton segar, mencari nilai yield dalam beton segar, dan menentukan berat isi yang berlebih dalam beton, sebagai berikut :

1. Siapkan alat – alat yang akan digunakan.
2. Ukur volume tabung, kemudian mengukur berat air pada volume silinder dapat diperoleh dengan cara diukur biasa atau diisi dengan air
  - Dengan cara diisi air yaitu tabung diletakkan di atas timbangan yang datar, dan memasukkan air ke dalam silinder sampai penuh, lalu catat beratnya. Kemudian kurangkan dengan berat silinder.
  - Atau dengan cara mengkonversi volume silinder dengan berat jenis air (= 1000 kg/m<sup>3</sup>). Maka didapat berat air pada silinder (kg).
3. Setelah volume silinder diketahui, langkah selanjutnya adalah memasukkan beton segar ke dalam tabung dan memadatkannya, adapun aturan untuk pemadatan adalah sebagai berikut :
  - Pemadatan dengan tongkat pemadat dilakukan dengan cara memasukkan beton segar ke dalam silinder dalam tiga lapisan yang sama volumenya. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali.
  - Kemudian dipadatkan dengan tongkat pemadat secara saling silang.
  - Pada lapis pertama pemadatan sampai lapis bawah, tapi jangan sampai dasar tabung, pada lapis kedua dan ketiga, tongkat pemadat harus masuk sedalam 25 mm pada lapis dibawahnya.
4. Kemudian permukaan tabung diratakan dengan mistar perata, biarkan selama ±24 jam. Lalu buka silinder dan timbang berat beton.

Perhitungan:

$$\text{Berat Isi (W)} = \frac{C}{A} \times 1000$$

$$\text{Yield (Y)} = \frac{W_1}{W_2} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Udara} = \frac{Y-1}{Y} \times 100\%$$

Keterangan :

A = Berat Air (Kg)

B = Volume Tabung ( $m^3$ )

C = Berat Beton (Kg)

W1 = Berat Isi Beton Rencana ( $kg/m^3$ )

W2 = Berat Isi Beton Rata-Rata ( $kg/m^3$ )

### 3.12 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (SNI 03-2491-2014)

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

1. Membuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, nilai slump, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian.
2. Meletakkan benda uji pada sisinya diatas mesin dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter disepanjang benda uji.
3. Lapisilah 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.
5. Mencatat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing-masing benda uji.

### 3.13 Pengolahan Data

Setelah bahan dan alat uji siap serta sampel uji telah dibuat, maka siap untuk diuji sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian berupa data-data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut dan dikonversi ke kuat lentur beton.

### 3.14 Jadwal Penelitian

Jadwal dalam penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

Tabel 3. 5 Jadwal Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Bulan 7				Bulan 8				Bulan 9			
		Minggu				Minggu				Minggu			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Persiapan Bahan :												
a.	Abu bonggol jagung												
b.	<i>Silica Fume</i>												
c.	Agregat Kasar (Batu Pecah)												



d.	Agregat Halus (Pasir)																			
e.	Semen																			
2.	Persiapan Alat :																			
a.	Izin menggunakan Laboratorium																			
b.	Bak Perendaman																			
3.	Pelaksanaan :																			
a.	Analisa saringan																			
b.	Kadar air agregat halus dan agregat kasar																			
c.	Berat jenis dan penyerapan agregat kasar																			
d.	Berat jenis dan penyerapan agregat halus																			
e.	Berat isi agregat halus dan agregat kasar																			
f.	Kadar lumpur agregat halus dan agregat kasar																			
g.	Mix Design																			
h.	Membuat campuran :																			
-	Beton Normal																			
	3 sample																			
	Slump Test																			
	Perawatan sampel tanpa variasi selama 28 hari																			
-	Variasi 3% Abu Bonggol + 3% Silica Fume																			
	3 sample																			
	Slump Test																			
	Perawatan sampel selama 28 hari																			
-	Variasi 5% Abu Bonggol + 3% Silica Fume																			
	3 sample																			
	Slump Test																			
	Perawatan sampel selama 28 hari																			
-	Variasi 7% Abu Bonggol + 3% Silica Fume																			
	3 sample																			
	Slump Test																			
	Perawatan sampel selama 28 hari																			
4.	Pemeriksaan kuat tarik belah beton																			
-	3 sampel tanpa variasi																			
-	3 Variasi 3% Abu Bonggol + 3% Silica Fume																			
-	3 Variasi 5% Abu Bonggol + 3% Silica Fume																			
-	3 Variasi 7% Abu Bonggol + 3% Silica Fume																			
5.	Penyusunan laporan																			

## BAB 4

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil dan analisa pemeriksaan agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

##### 4.1.1 Pemeriksaan agregat halus

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

##### 4.1.1.1 Berat jenis dan penyerapan agregat halus

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan berat jenis dan penyerapan sebagai berikut:

Tabel 4.1: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

FINE AGGREGATE	Satuan	Sample 1	Sample 2	AVE
Berat SSD (B)	gr	500	500	500
Berat SSD kering oven (E)	gr	483	491	487
Berat Pic + air (D)	gr	692	681	686,5
Berat SSD + berat pic + air (C)	gr	994	989	991,5
$BJ\ Bulk = (E / (B + D - C))$		2,44	2,56	2,50
$BJ\ SSD = (B / (B + D - C))$		2,53	2,60	2,56
$BJ\ Semu = (E / (E + D - C))$		2,67	2,68	2,68
$Absorption = ([ (B - E) / E ] \times 100\%)$	%	3,52	1,83	2,68

Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis SSD rata-rata sebesar 2,56 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas

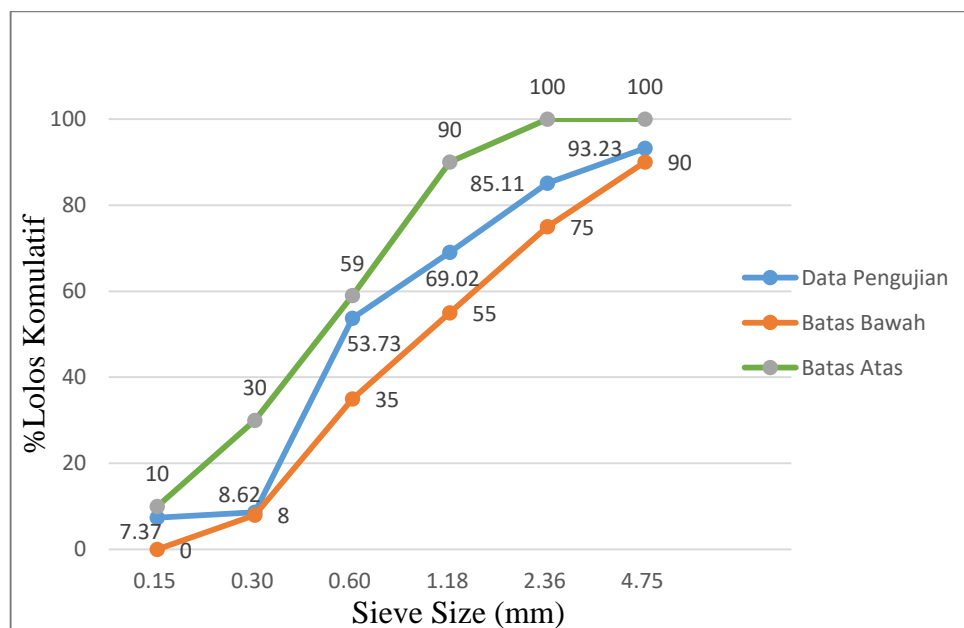
yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 2,68%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 2,68% dari berat kering agregat sendiri.

#### 4.1.1.2 Analisa gradasi agregat halus

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan gradasi sebagai berikut:

Tabel 4.2: Hasil pengujian analisa gradasi agregat halus dengan batas Zona 2.

Sieve Size (mm)	Retained Fraction				Cumulative (%)		Limits Zone 2
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing	
4.75	65	70	135	6,77	6,77	93,23	90-100
2.36	82	80	162	8,12	14,89	85,11	75-100
1.18	137	184	321	16,09	30,98	69,02	55-90
0.60	169	136	305	15,29	46,27	53,73	35-70
0.30	464	436	900	45,11	91,38	8,62	8-30
0.15	11	14	25	1,25	92,63	7,37	0-10
Pan	69	78	147	7,37	100,00	0	0-5
<i>Total</i>	997	998	1995	100			



Gambar 4.1: Grafik gradasi agregat halus.

$$FM = \frac{\Sigma \% \text{ tertahan kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100}$$

$$= \frac{92,63 + 91,38 + 46,27 + 30,98 + 14,89 + 6,77}{100} = \frac{282,91}{100} = 2,83$$

Dari hasil pengujian didapat hasil FM sebesar 2,83%. Nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu 1,5 - 3,8% (Menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F). Agregat tersebut berada di Zona 2.

#### 4.1.1.3 Kadar lumpur agregat halus

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan kadar lumpur sebagai berikut:

Tabel 4.3: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

FINE AGGREGATE	Satuan	sample 1	sample 2	AVE
Berat SSD	gr	500	500	500
Berat SSD setelah dicuci	gr	481	487	484
Berat kotoran	gr	19	13	16
Persentase kotoran	%	3,95	2,67	3,31

Dari hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 3,31%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

#### 4.1.1.4 Berat isi agregat halus

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan berat isi sebagai berikut:

Tabel 4.4: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.

FINE AGGREGATE	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	AVE
Berat contoh	gr	16840	18900	18965	18235
Berat wadah	gr	5327	5327	5327	5327
Berat contoh & wadah	gr	22167	24227	24292	23562
Volume wadah	cm <sup>3</sup>	10948	10948	10948	10948
Berat isi	gr/cm <sup>3</sup>	1,538	1,726	1,732	1,666

Didapat Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar  $1,666 \text{ gr/cm}^3$ , nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal  $1,2 \text{ gr/cm}^3$  (SII No.52 – 1980).

#### 4.1.1.5 Kadar air agregat halus

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan kadar air sebagai berikut:

Tabel 4.5: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

FINE AGGREGATE	Satuan	Sample 1	Sample 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	950	951
Berat contoh SSD	gr	500	500
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	936	938
Berat wadah	gr	450	451
Berat air	gr	14	13
Berat contoh kering	gr	486	487
Kadar air	%	2,88	2,67
Rata-rata		2,78	

Dari hasil uji kadar air didapat nilai rata-rata 2,76% nilai ini lebih besar dari penyerapan yaitu 2,68% maka agregat dalam keadaan basah dan untuk mencapai ssd maka air dalam campuran beton harus dikurangi sebesar (  $2,76\% - 2,68\%$  ) = 0,08% dari berat agregat halus.

#### 4.1.2 Pemeriksaan agregat kasar

Berdasarkan hasil dari pengujian analisis gradasi agregat kasar (batu pecah) dari Binjai ini menunjukkan bahwa mempunyai bentuk ukuran yang bervariasi dengan ukuran maksimal 40 mm.

#### 4.1.2.1 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan berat jenis dan penyerapan sebagai berikut:

Tabel 4.6: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

COARSE AGGREGATE	Satuan	Sample 1	Sample 2	AVE
Berat SSD (A)	gr	2800	2700	2750
Berat SSD kering oven (C)	gr	2795	2687	2741
Berat SSD di dalam air (B)	gr	1591	1625	1608
BJ Bulk = $(C / (A - B))$		2,31	2,50	2,41
BJ SSD = $(A / (A - B))$		2,32	2,51	2,41
BJ Semu = $(C / (C - B))$		2,32	2,53	2,43
Absorption = $([(A - C) / C] \times 100\%)$	%	0,18	0,48	0,33

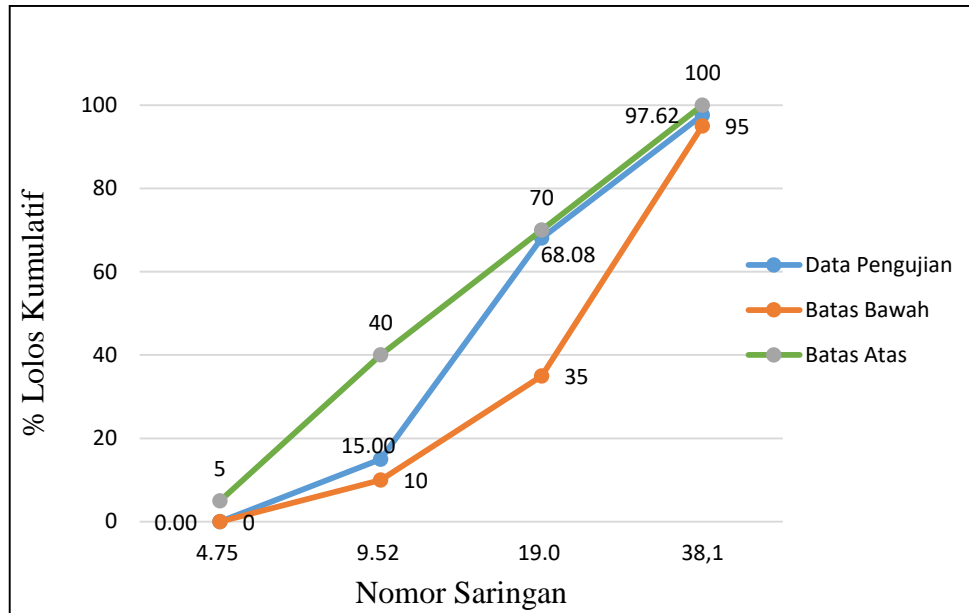
Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis SSD rata-rata sebesar 2,41 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 0,33%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 0,33% dari berat kering agregat sendiri.

#### 4.1.2.2 Analisa gradasi agregat kasar

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan gradasi sebagai berikut:

Tabel 4.7: Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 40 mm.

Sieve Size (mm)	Retained Fraction				Cumulative (%)		Limits Grade. 40 mm
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing	
38,1	54	65	119	2,38	2,38	97,62	95-100
19.0	739	738	1477	29,54	31,92	68,08	35-70
9.52	1365	1289	2654	53,08	85,00	15,00	10-40
4.75	342	408	750	15,00	100,00	0,00	0-5
<i>Total</i>	2500	2500	5000	100			



Gambar 4.2: Grafik gradasi agregat kasar.

$$\begin{aligned}
 FM &= \frac{\Sigma \% \text{ tertahan kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100} \\
 &= \frac{100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 85 + 31,92 + 2,38}{100} = \frac{719,30}{100} \\
 &= 7,19
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian didapat hasil FM sebesar 7,19%. Nilai ini melebihi batas yang diijinkan ASTM C33 – 93, yaitu 6 - 7% sehingga gradasi agregat tersebut cenderung kasar.

#### 4.1.2.3 Kadar lumpur agregat kasar

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan kadar lumpur sebagai berikut:

Tabel 4.8: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.

COURSE AGGREGATE	Satuan	sample 1	sample 2	AVE
Berat SSD	gr	2500	2500	2500
Berat SSD setelah dicuci	gr	2477	2479	2478
Berat kotoran	gr	23	21	22
Persentase kotoran	%	0,93	0,84	0,89

Dari hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 0,89%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 1% (SK SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

#### 4.1.2.4 Berat isi agregat kasar

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan berat isi sebagai berikut:

Tabel 4.9: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.

COURSE AGGREGATE	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	AVE
Berat contoh	gr	18530	19825	19680	19345
Berat wadah	gr	5327	5327	5327	5327
Berat contoh & wadah	gr	23857	25152	25007	24672
Volume wadah	cm <sup>3</sup>	10948	10948	10948	10948
Berat isi	gr/cm <sup>3</sup>	1,693	1,811	1,798	1,767

Didapat Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas ialah 1,767 gr/cm<sup>3</sup>, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm<sup>3</sup> (SII No.52 – 1980).

#### 4.1.2.5 Kadar air agregat kasar

Dalam pemeriksaan agregat didapatkan kadar air sebagai berikut:

Tabel 4.10: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

COURSE AGGREGATE	Satuan	Sample 1	Sample 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	1492	1495
Berat contoh SSD	gr	1000	1000
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	1482	1486
Berat wadah	gr	492	495
Berat air	gr	10	9
Berat contoh kering	gr	990	991
Kadar air	%	1,01	0,91
Rata-rata		0,96	

Dari hasil uji kadar air didapat nilai rata-rata 0,96% nilai ini lebih besar dari penyerapan yaitu 0,33% maka agregat dalam keadaan basah dan untuk mencapai



ssd maka air dalam campuran beton harus dikurangi sebesar ( 0,96% - 0,33% ) = 0,63% dari berat agregat kasar.

#### 4.1.3 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan abu bonggol

Dalam pemeriksaan abu bonggol didapatkan berat jenis dan penyerapan sebagai berikut

Tabel 4.11: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan abu bonggol.

FILLER AGGREGATE	Satuan	Sample 1	Sample 2	AVE
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. Suatu agregat bisa dikatakan agregat normal, mempunyai berat jenis antara 2,2 – 2,7. Dalam pengujian abu bonggol ini, diketahui agregatnya dikategorikan sebagai agregat normal. Sedangkan penyerapan air didapatkan 5,27%, batas maksimal persentase penyerapan air sebesar 3%.

## 4.2 Rancang campur dan kebutuhan bahan

### 4.2.1 Mix design beton normal mutu sedang

Mix design beton normal mutu sedang mengacu pada metode SNI 03 – 2834 – 2000.

Tabel 4.12: Perencanaan campuran beton normal mutu sedang.

No	Uraian	Tabel/Gambar /Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (silinder)	Ditetapkan		27 Mpa	
2	Deviasi standar	-		-	
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 2.6		12 Mpa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3		39 Mpa	
5	Jenis semen	Ditetapkan		Semen Portland I	
6	Jenis agregat: -kasar -halus	Ditetapkan Ditetapkan		Batu Pecah Pasir Alami	
7	FAS	Tabel 2.7 dan Gambar 2.1		0,48	
8	FAS maksimum	Tabel 2.9		0,6	
9	Slump	Ditetapkan		30-60 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		40 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 2.8		170 Kg/m <sup>3</sup>	
12	Kadar semen	11:8		354,17 Kg/m <sup>3</sup>	
13	Kadar semen maksimum	Ditetapkan		354,17 Kg/m <sup>3</sup>	
14	Kadar semen minimum	Tabel 2.9		275 Kg/m <sup>3</sup>	
15	FAS yang disesuaikan	-		0,48	
16	Susunan butir agregat halus	Gambar 2.3 s/d 2.6		no.2	
17	Susunan butir agregat kasar	Gambar 2.7 s/d 2.9		no.40 mm	
18	Persen agregat halus	Gambar 2.13		31,5%	
19	Berat jenis relatif	Dihitung		2,46	
20	Berat isi	Gambar 2.16		2280 kg/m <sup>3</sup>	
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11		1755,83 kg/m <sup>3</sup>	
22	Kadar agreg halus	21x18		553,09 kg/m <sup>3</sup>	
23	Kadar agreg kasar	21-22		1202,75 kg/m <sup>3</sup>	
24	Proporsi campuran	Semen (kg/m <sup>3</sup> )	Air (kg/m <sup>3</sup> )	Agregat (kg/m <sup>3</sup> )	
				Halus	Kasar
		354,17	170,00	553,09	1202,75
		1	0,48	1,56	3,40
25	Koreksi proporsi campuran	354,17	161,90	553,63	1210,30
		1,00	0,46	1,56	3,42

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 2.8 s/d 3.0 sebagai berikut :

Diketahui :

- Jumlah air (B) = 170 kg/m<sup>3</sup>
- Jumlah agregat halus (C) = 553,09 kg/m<sup>3</sup>
- Jumlah agregat kasar (D) = 1202,75 kg/m<sup>3</sup>
- Penyerapan agregat halus (C<sub>a</sub>) = 2,68%
- Penyerapan agregat kasar (D<sub>a</sub>) = 0,33%
- Kadar air agregat halus (C<sub>k</sub>) = 2,78%
- Kadar air agregat kasar (D<sub>k</sub>) = 0,96%

a. Air

$$\begin{aligned} \text{Air} &= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\ &= 170 - (2,78 - 2,68) \times \frac{553,09}{100} - (0,96 - 0,33) \times \frac{1202,75}{100} \\ &= 161,90 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

b. Agregat halus

$$\begin{aligned} \text{Agregat halus} &= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \\ &= 553,09 + (2,78 - 2,68) \times \frac{553,09}{100} \\ &= 553,63 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

c. Agregat kasar

$$\begin{aligned} \text{Agregat kasar} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\ &= 1202,75 + (0,96 - 0,33) \times \frac{1202,75}{100} \\ &= 1210,30 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

#### 4.2.2 Kebutuhan bahan

Berdasarkan hasil mix design beton normal mutu sedang maka kebutuhan bahan untuk 1 m<sup>3</sup> sebagai berikut :

- PCC = 354,17 kg/m<sup>3</sup>
- Agregat halus = 553,63 kg/m<sup>3</sup>
- Agregat kasar = 1210,30 kg/m<sup>3</sup>
- Air = 161,90 kg/m<sup>3</sup>

Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder sebagai berikut :

- Tinggi = 30 cm
- 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 m<sup>3</sup> = 0,01590 m<sup>3</sup> dan sebagai toleransi kehilangan saat pembuatan, Maka kebutuhan bahan untuk jumlah setiap total variasi ditambah 10% dari total variasi , yaitu = 0,01590 m<sup>3</sup> + (0,01590 m<sup>3</sup> x 10%) = 0,0175 m<sup>3</sup>. Sehingga didapat seluruh kebutuhan bahan pada setiap variasi atau 1 kali adukan sebagai berikut :

Tabel 4.13: Kebutuhan bahan berbagai variasi campuran.

Kode	Volume 1 x Adukan (m <sup>3</sup> )	Komposisi Bahan						Total (kg)
		PCC + Silica Fume		Agregat halus		Agregat Kasar (kg)	Air (kg)	
		PCC (kg)	Silica Fume (kg)	Pasir (kg)	Abu Bonggol (kg)			
BN	0,0175	100% 6,193	-	100% 9,681	-	21,163	2,831	39,868
BP-3	0,0175	100% 6,193	3% 0,186	97% 9,390	3% 0,290	21,163	2,831	40,054
BP-5	0,0175	100% 6,193	3% 0,186	95% 9,197	5% 0,484	21,163	2,831	40,054
BP-7	0,0175	100% 6,193	3% 0,186	93% 9,003	7% 0,678	21,163	2,831	40,054
Total	0,070	24,77	0,557	37,27	1,452	84,652	11,32	160,02

Data dihasilkan dapat dilihat dari rincian berikut :

1. Beton Normal (BN)

Berat PCC (kg)	= 354,17 x 0,0175 x 100%	= 6,193 kg
Berat Agregat Halus (kg)	= 553,63 x 0,0175 x 100%	= 9,681 kg
Berat Agregat Kasar (kg)	= 1210,30 x 0,0175 x 100%	= 21,163 kg
Air (Kg)	= 161,90 x 0,0175 x 100%	= 2,831 kg

2. BP-3

Berat PCC (kg)	= 354,17 x 0,0175 x 100%	= 6,193 kg
Berat Agregat Halus (kg)	= 553,63 x 0,0175 x 97%	= 9,390 kg
Berat Agregat Kasar (kg)	= 1210,30 x 0,0175 x 100%	= 21,163 kg
Air (kg)	= 161,90 x 0,0175 x 100%	= 2,831 kg
Abu Bonggol Jagung (kg)	= 553,63 x 0,0175 x 3%	= 0,290 kg
<i>Silica Fume</i> (kg)	= 354,17 x 0,0175 x 3%	= 0,186 kg

3. BP-5

Berat PCC (kg)	= 354,17 x 0,0175 x 100%	= 6,193 kg
Berat Agregat Halus (kg)	= 553,63 x 0,0175 x 95%	= 9,197 kg
Berat Agregat Kasar (kg)	= 1210,30 x 0,0175 x 100%	= 21,163 kg
Air (kg)	= 161,90 x 0,0175 x 100%	= 2,831 kg
Abu Bonggol Jagung (kg)	= 553,63 x 0,0175 x 5%	= 0,484 kg
<i>Silica Fume</i> (kg)	= 354,17 x 0,0175 x 3%	= 0,186 kg

4. BP-7

Berat PCC (kg)	= 354,17 x 0,0175 x 100%	= 6,193 kg
Berat Agregat Halus (kg)	= 553,63 x 0,0175 x 93%	= 9,003 kg
Berat Agregat Kasar (kg)	= 1210,30 x 0,0175 x 100%	= 21,163 kg
Air (kg)	= 161,90 x 0,0175 x 100%	= 2,831 kg
Abu Bonggol Jagung (kg)	= 553,63 x 0,0175 x 7%	= 0,678 kg
<i>Silica Fume</i> (kg)	= 354,17 x 0,0175 x 3%	= 0,186 kg

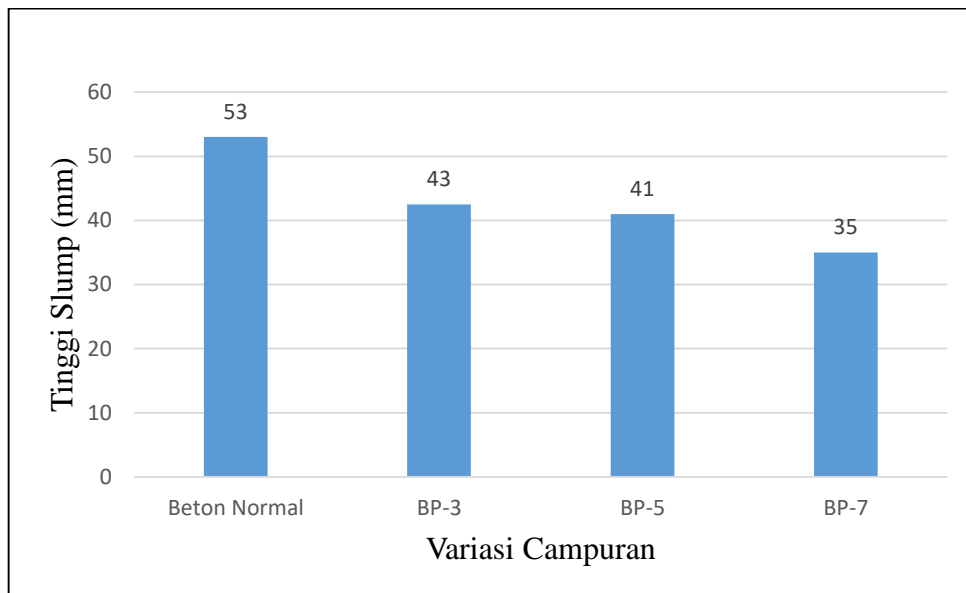
### 4.3 Hasil dan analisa pengujian beton segar

#### 4.3.1 Pengujian slump

Dalam pengujian beton segar didapatkan *Slump test* sebagai berikut:

Tabel 4.14: Hasil pengujian slump (30 – 60 mm).

Variasi Campuran	Tinggi Slump (mm)		Slump Rata-rata (mm)	Jumlah air yang ditambah (liter)	Air 1 x Adukan (liter)
	1	2			
Beton Normal	55	51	53	-	2,831
BP-3	45	40	43	0,45	3,281
BP-5	44	38	41	0,90	3,731
BP-7	34	36	35	1,05	3,881



Gambar 4.3: Grafik slump rata-rata.

Berdasarkan data hasil pengujian tersebut, nilai rata-rata slump campuran beton normal, BP-3, BP-5, dan BP-7 yaitu, 53 mm, 43 mm, 41 mm, dan 35 mm. Didapat bahwa nilai slump seluruh campuran masuk kedalam slump rencana yaitu 30 – 60 mm.

### 4.3.2 Berat isi beton

Berat isi rencana = 2280 kg/m<sup>3</sup>

Berat Jenis Air = 1000 kg/m<sup>3</sup>

Volume Silinder = 0,0053 m<sup>3</sup>

Volume pekerjaan = 0,070 m<sup>3</sup>

Tabel 4.15: Hasil pengujian berat isi beton.

No	Variasi Beton	Berat Penuh Air Silinder (kg)	Berat Beton (kg)	Berat isi Beton (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Isi Beton Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Isi Beton Rencana (kg/m <sup>3</sup> )	Yield	Kadar Udara (%)	
1	BN (3 Sample)	5,300	12,902	2435	2393	2280	0,953	-0,050	
			12,586	2375					
			12,555	2369					
2	BP-3 (3 Sample)		12,488	2357	2385		2280	0,956	-0,046
			12,688	2395					
			12,740	2404					
3	BP-5 (3 Sample)		12,411	2342	2371		2280	0,961	-0,040
			12,600	2378					
			12,686	2394					
4	BP-7 (3 Sample)	12,617	2381	2362	2280	0,965	-0,036		
		12,372	2335						
		12,553	2369						

Data dihasilkan dapat dilihat dari rincian berikut :

#### 1. Beton Normal (BN)

- Berat Penuh Air Silinder (kg) = 0,0053 x 1000 = 5,300 kg

- Berat Isi Beton (kg)

- $\frac{12,902}{5,300} \times 1000 = 2435 \text{ kg}$

- $\frac{12,586}{5,300} \times 1000 = 2375 \text{ kg}$

- $\frac{12,555}{5,300} \times 1000 = 2369 \text{ kg}$

- Yield (Y) =  $\frac{2280}{2393} \times 100\% = 0,953$

$$- \text{Kadar Udara (\%)} = \frac{0,953-1}{0,953} \times 100\% = -0,050 \%$$

#### 2. BP-3

$$- \text{Berat Penuh Air Silinder (kg)} = 0,0053 \times 1000 = 5,300 \text{ kg}$$

- Berat Isi Beton (kg)

$$\bullet \frac{12,488}{5,300} \times 1000 = 2357 \text{ kg}$$

$$\bullet \frac{12,688}{5,300} \times 1000 = 2395 \text{ kg}$$

$$\bullet \frac{12,740}{5,300} \times 1000 = 2404 \text{ kg}$$

$$- \text{Yield (Y)} = \frac{2280}{2385} \times 100\% = 0,956$$

$$- \text{Kadar Udara (\%)} = \frac{0,956-1}{0,956} \times 100\% = -0,046 \%$$

#### 3. BP-5

$$- \text{Berat Penuh Air Silinder (kg)} = 0,0053 \times 1000 = 5,300 \text{ kg}$$

- Berat Isi Beton (kg)

$$\bullet \frac{12,411}{5,300} \times 1000 = 2342 \text{ kg}$$

$$\bullet \frac{12,600}{5,300} \times 1000 = 2378 \text{ kg}$$

$$\bullet \frac{12,686}{5,300} \times 1000 = 2394 \text{ kg}$$

$$- \text{Yield (Y)} = \frac{2280}{2371} \times 100\% = 0,961$$

$$- \text{Kadar Udara (\%)} = \frac{0,961-1}{0,961} \times 100\% = -0,040 \%$$

#### 4. BP-7

$$- \text{Berat Penuh Air Silinder (kg)} = 0,0053 \times 1000 = 5,300 \text{ kg}$$

- Berat Isi Beton (kg)

$$\bullet \frac{12,617}{5,300} \times 1000 = 2381 \text{ kg}$$

$$\bullet \frac{12,372}{5,300} \times 1000 = 2335 \text{ kg}$$



$$\bullet \frac{12,553}{5,300} \times 1000 = 2369 \text{ kg}$$

$$\text{- Yield (Y)} = \frac{2280}{2362} \times 100\% = 0,965$$

$$\text{- Kadar Udara (\%)} = \frac{0,965-1}{0,965} \times 100\% = -0,036 \%$$

Berdasarkan data pengujian berat isi beton untuk berbagai variasi campuran masing – masing sebesar 2393 kg/m<sup>3</sup> (Beton Normal), 2385 kg/m<sup>3</sup> (BP-3), 2371 kg/m<sup>3</sup> (BP-5), dan 2362 kg/m<sup>3</sup> (BP-7). Dapat disimpulkan berat isi beton yang dibuat tidak sesuai dengan berat isi beton rencana yaitu 2280 kg/m<sup>3</sup>. Sehingga tidak ada rongga udara pada beton segar tersebut. Dikarenakan nilai toleransi kehilangan bahan, sehingga jumlah bahan dlebihihkan dan semua bahan tidak ada tersisa saat pembuatan benda uji. Tetapi berat isi beton rata-rata diatas masih sesuai dengan berat satuan beton normal yaitu antara 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup> (SNI 03 – 2847 – 2002).

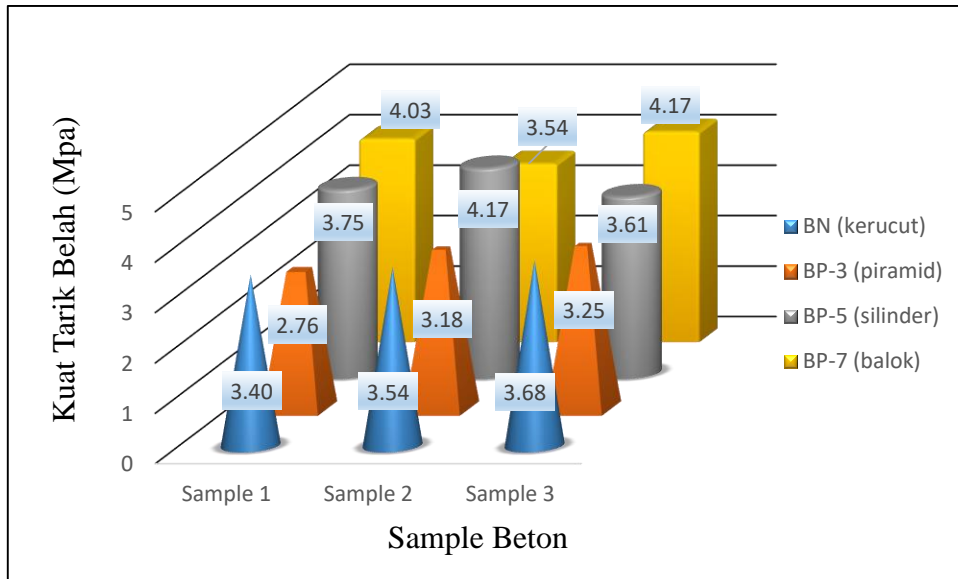
#### 4.4 Hasil dan analisa pengujian beton keras

##### 4.4.1 Kuat tarik belah beton

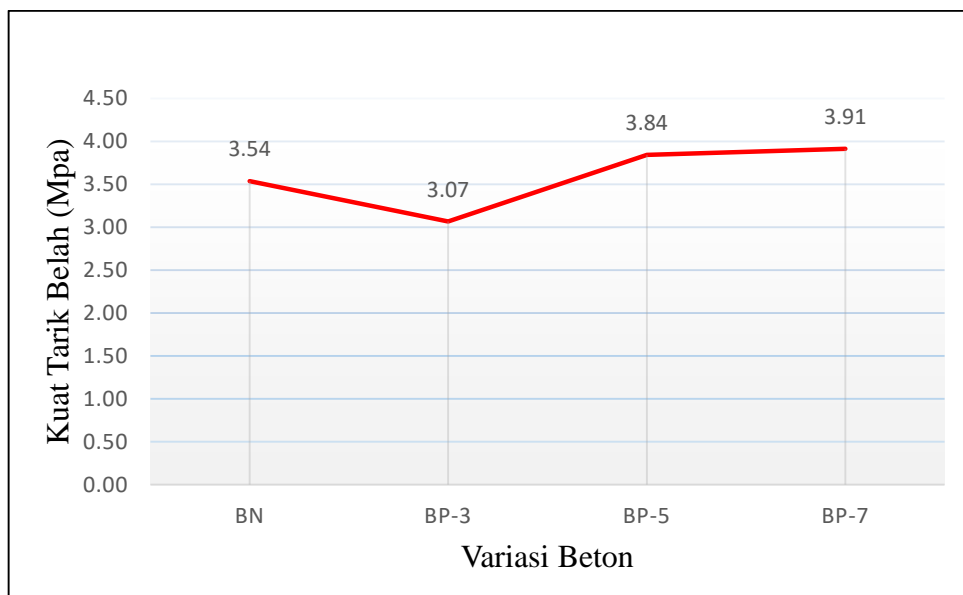
Dalam pengujian beton keras didapatkan Kuat Tarik Belah sebagai berikut:

Tabel 4.16: Hasil pengujian kuat tarik belah beton.

Variasi Beton	Luas (πLD) (mm <sup>2</sup> )	Beban (Ton)			Kuat Tarik Belah (Mpa)			Kuat Tarik Belah Rata-Rata (Mpa)
		1	2	3	1	2	3	
BN	141372	24	25	26	3,40	3,54	3,68	3,54
BP-3	141372	19,5	22,5	23	2,76	3,18	3,25	3,07
BP-5	141372	26,5	29,5	25,5	3,75	4,17	3,61	3,84
BP-7	141372	28,5	25	29,5	4,03	3,54	4,17	3,91



Gambar 4.4: Grafik nilai kuat tarik semua variasi.



Gambar 4.5: Grafik nilai kuat tarik belah rata-rata.

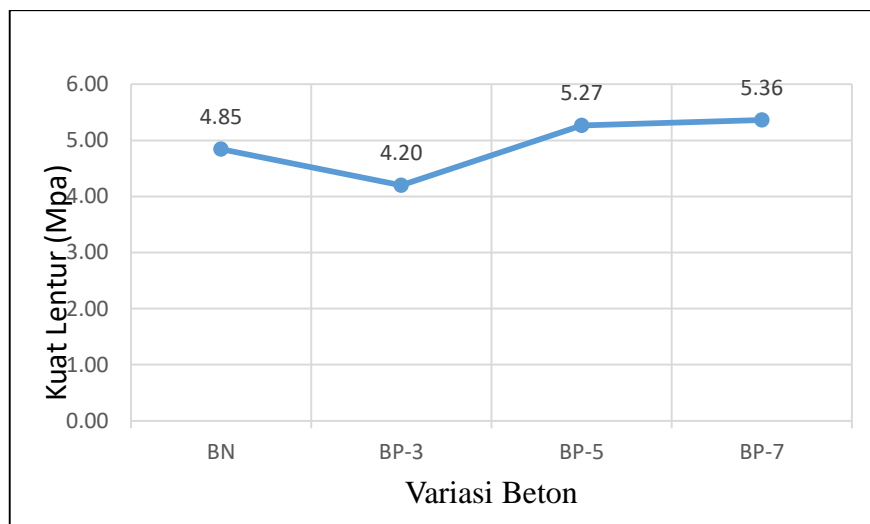
Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat diketahui bahwa untuk sampel beton variasi BP-7 mempunyai kuat tarik belah yang paling tinggi yakni sebesar 3,91 Mpa. Sedangkan beton normal mempunyai kuat tarik belah sebesar 3,54 Mpa, maka beton BP-7 memperoleh kenaikan sebesar 9,46% dengan selisih 0,37 Mpa. Tetapi pada BP-3 memperoleh penurunan sebesar 13,27% dengan selisih 0,47 Mpa, ini dikarenakan pada saat akan pengujian beton tidak diangin-anginkan hingga kering permukaan selama satu hari dari sebelum pengujian.

#### 4.4.2 Konversi menjadi kuat lentur beton

Dalam nilai Kuat Lentur didapatkan dari konversi hasil nilai Kuat Tarik Belah ialah, sebagai berikut:

Tabel 4.17: Hasil konversi kuat lentur beton.

Variasi Beton	Umur (hari)	Beban Rata-rata (N)	Kuat Tarik Rata-rata (Mpa)	Kuat Lentur (Mpa)
BN	28	25,3	3,54	4,85
BP-3	28	21,7	3,07	4,20
BP-5	28	27,2	3,84	5,27
BP-7	28	27,7	3,91	5,36



Gambar 4.6: Grafik kuat lentur beton.

Berdasarkan data hasil pengujian kuat lentur beton dapat diketahui bahwa untuk sampel beton variasi BP-7 mempunyai kuat lentur yang paling tinggi yakni sebesar 5,36 Mpa. Sedangkan beton normal mempunyai kuat lentur sebesar 4,85 Mpa, maka beton BP-7 memperoleh kenaikan sebesar 9,51% dengan selisih 0,51 Mpa.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan Analisa dapat diambil kesimpulan dari hasil pengujian sebagai berikut:

1. Kuat lentur beton tertinggi yaitu BP-7 sebesar 5,36 Mpa dari konversi kuat tarik belah sebesar 3,91 Mpa dengan kenaikan sebesar 9,51% dan selisih 0,51 Mpa dari beton normal.
2. Nilai kuat tarik belah pada BP-3 sebesar 3,07 Mpa, BP-5 sebesar 3,84 Mpa dan Beton BP-7 mempunyai nilai tertinggi yakni 3,91 Mpa dengan campuran abu bonggol jagung 7% dan *silica fume* 3%, dibandingkan dengan beton normal sebesar 3,54 Mpa dengan kenaikan 9,46%.
3. Semakin besar persentase penggunaan abu bonggol, maka semakin tinggi nilai kuat lentur beton dan semakin kecil pula berat isi beton. Berat isi paling kecil terjadi pada beton BP-7 dengan persentase pasir 93% dan abu bonggol 7% yaitu sebesar 2362 kg/m<sup>3</sup>, bila dibandingkan dengan BN yaitu 2393 kg/m<sup>3</sup>.

#### 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan abu bonggol, agar didapat nilai persentase maksimum terhadap sifat mekanis beton.
2. Perlu penggunaan bahan tambah kimia pada beton campuran abu bonggol jagung dan *silica fume*, agar rasio air semen tetap sesuai dengan komposisi beton normal.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang standar-standar dalam pengembangan pengolahan abu bonggol sehingga dapat memenuhi syarat sebagai agregat halus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, F. N., Widayati, R., & Ramadhani, W. (2018). *Pengaruh Penambahan Abu Tongkol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Agregat Kasar Palu Dan Agregat Halus Pasir Tenggaraong*. 3(1), 13–19.
- Asrullah. (2011). *Kajian Kuat Lentur Beton Dengan Menggunakan Sika Concrete Refair Mortar Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Beton K 300*. 300, 13–17.
- Fakhrunisa, N., Djatmika, B., & Karjanto, A. (2018). Kajian Penambahan Abu Bonggol Jagung Yang Ber- Variasi Dan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Beton Memadat Sendiri (Self – Compacting Concrete). *Jurnal Bangunan*, 23(2), 9–18.
- Fuad, I. S., Djohan, B., & Saputra, M. (2014). Pengaruh Penambahan Serat Kulit Durian Terhadap Kuat Tekan Dan Tarik Belah Pada Mutu Beton K-175. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 2(1), 65–71.
- Giri, I. B. D., Sudarsana, I. K., & Agustiningsih, N. L. P. E. (2008). Kuat Tarik Belah Dan Lentur Beton Dengan Penambahan Styrofoam (Styrocon). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 12(2), 96–104.
- Hepiyanto, R., & Firdaus, M. A. (2019). *Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton K - 200*. 3(2), 1–6.
- Hernando, F. (2009). *Perencanaan Campuran Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Superplasticizer Dan Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Fly Ash*. Universitas Islam Indonesia.
- Kamau, J., Ahmed, A., Hirst, P., & Kangwa, J. (2016). Viability Of Using Corncob Ash As A Pozzolan In Concrete. *International Journal Of Science*, 5(6), 4532–4544.
- Kurniati, D. (2018). Penguatan Kapasitas Lentur Beton Dengan Pemanfaatan Limbah. *Media Teknik Sipil*, 16(2), 86–91.
- Kushendrahayu, K., Basuki, A., & Purwanto, E. (2015). Nilai Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Kuat Lentur Pada Beton Beragregat Kasar Pet Dengan Penambahan Silica Fume Dan Serat Baja Sebagai Bahan Panel Dinding. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 688–694.

- Marthinus, A. P., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2015). Pengaruh Penambahan Abu Terbang ( Fly Ash) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(11), 729–736.
- Neville, A.M, Properties of Concrete, Fourth Edition, The English Language Book Society And Pitman Publishing, London, 2000.
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.
- Rahamudin, R. H., Manalip, H., & Mondoringin, M. (2016). Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar ( Batu Apung ) Dan. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 225–231.
- Simatupang, P. H., Nasjono, J. K., & Mite, K. G. (2017). Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan. *Jurnal Teknik Sipil*, Vi(2), 219–230.
- SK SNI T-15-1990-03. Pembuatan Benda Uji, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 1990.
- SNI 03-1968-1990. Pengujian Gumpalan Lempung Dan Butir-Butir Mudah Pecah Dalam Agregat. (1990). *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*. 1–5.
- SNI 03-1972-1990. Metode Pengujian Slump, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 1990.
- SNI 03-4141-1996. 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 03-4804-1998. Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat. (1998). *Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*. 1–6.
- SNI 1969-2008. Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar. (2008). *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*.
- SNI 1970-2008. Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus. (2008). *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*.
- SNI 1971-2011. Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan. (2011). *Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan*.
- Supriyatna, Y. (1990). Analisa Kuat Lentur Pada Beton K-300 Yang Dicampur

- Dengan Tanah Kohesif. *Majalah Ilmiah Unikom*, 7(1), 105–112.
- Tjokrodimuljo, K., *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta, 1996.
- Wardhani, G. A. P. K. (2017). Karakterisasi Silika Pada Tongkol Jagung Dengan Spektroskopi Infra Merah Dan Difraksi Sinar-X Gladys Ayu Paramita Kusumah Wardhani. *Jurnal Kimia Riset*, 2(1), 37–42.
- Yanti, G., Zainuri, & Megasari, S. W. (2019). Kajian Pemanfaatan Limbah Serat Daun Nanas Pada Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 79–86. <https://doi.org/10.31849/Siklus.V5i2.3242>
- Yuhanah, T., Mayasari, D., & Wicaksono, B. (2018). Pengaruh Penambahan Fly Ash, Dodol Plastik, Mille Scale Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Lentur Beton. *Jurnal Forum Mekanika*, 7(2), 1–10.

# **LAMPIRAN**





Lampiran 1: *Compressing Test Machine.*



Lampiran 2: *Saringan Agregat Kasar.*



Lampiran 3: Saringan Agregat Halus.



Lampiran 4: Cetakan Silinder.



Lampiran 5: Oven.



Lampiran 6: Gelas Ukur.



Lampiran 7: Kerucut Abrams.



Lampiran 8: *Mixer* Beton.



Lampiran 9: Timbangan.



Lampiran 10: Tongkat Penumbuk.



Lampiran 11: Bak Perendaman.



Lampiran 12: Ember.



Lampiran 13: Sendok semen dan sekop tangan.



Lampiran 14: Penggaris.



Lampiran 15: Skrap.



Lampiran 16: Semen.

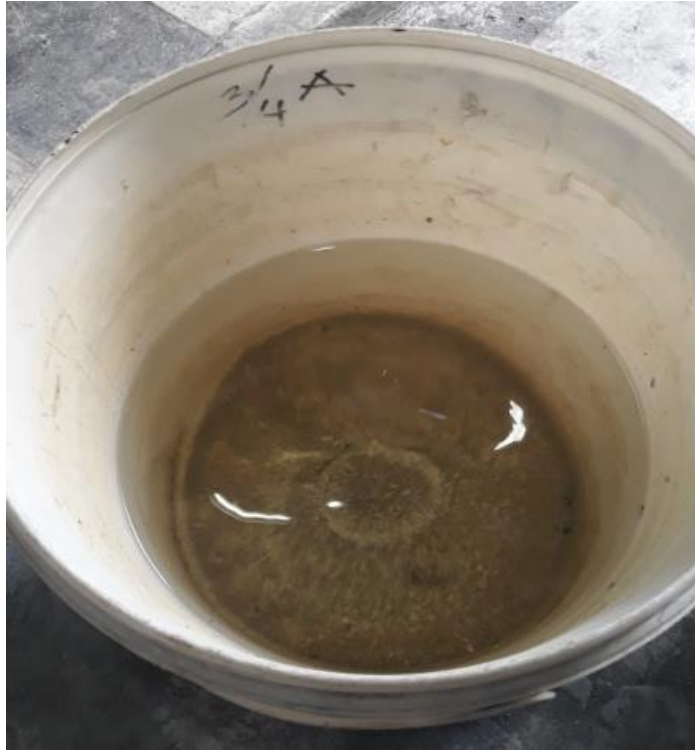




Lampiran 17: Agregat Kasar.



Lampiran 18: Agregat Halus.



Lampiran 19: Air.



Lampiran 20: Abu Bonggol Jagung.



Lampiran 21: *Silica Fume.*



Lampiran 22: Mengaduk Semua Agregat.



Lampiran 23: Merojok Pengujian Slump Test.



Lampiran 24: Pengujian Slump Test.



Lampiran 25: Perojokan Adukan Beton dicetakan.



Lampiran 26: Pembukaan Bkesting.



Lampiran 27: Perendaman Benda Uji.



Lampiran 28: Beton Normal.



Lampiran 29: Beton Variasi Abu Bonggol 3%.



Lampiran 30: Beton Variasi Abu Bonggol 5%.



Lampiran 31: Beton Variasi Abu Bonggol 7%.



Lampiran 32: Nilai Kuat Tarik Belah BN.





Lampiran 33: Nilai Kuat Tarik Belah BP-3.



Lampiran 34: Nilai Kuat Tarik Belah BP-5.



Lampiran 35: Nilai Kuat Tarik Belah BP-7.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### INFORMASI PRIBADI

Nama : Muhammad Azizi Surbakti  
Panggilan : Azizi  
Tempat, Tanggal Lahir : Tebing Tinggi, 04 Desember 1997  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Alamat Sekarang : JLN. Mesjid I Desa Sekip Lubuk Pakam  
HP/Tlpn Seluler : 0822-7724-0990

---

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210211  
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
<b>Kelulusan</b>		
Sekolah Dasar	SDS Kemala Bhayangkari 2	2003 - 2009
Sekolah Menengah Pertama	SMPN 1 Lubuk Pakam	2009 - 2012
Sekolah Menengah Atas	SMAN 1 Lubuk Pakam	2012 - 2015

---

### ORGANISASI

Informasi	Tahun
Anggota Klub Kimia SMAN 1 Lubuk Pakam	2015

---