

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENGGUNAAN ABU BONGGOL JAGUNG  
5%, 7.5% DAN 10% SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS  
TERHADAP KUAT TEKAN BETON  $f'_c$  14.53 MPa**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S1)



Oleh

**SITI MAHARANI**  
**171000222201086**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT  
2021**

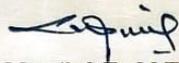
HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PENGGUNAAN ABU BONGGOL JAGUNG  
5%, 7.5% DAN 10% SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS  
TERHADAP KUAT TEKAN BETON  $f_c$  14.53 MPa

Oleh

SITI MAHARANI  
171000222201086

Dosen Pembimbing I



Masril, S.T., M.T  
NIDN. 1005057407

Dosen Pembimbing II



Elfania Bastian, S.T., M.T  
NIDN. 1018118901

Dekan Fakultas Teknik  
UM Sumatera Barat



Masril, S.T., M.T  
NIDN. 1005057407

Ketua Program Studi  
Teknik Sipil

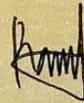


Ir. Surva Eka Priana, M.T., IPP  
NIDN. 1016026603

**LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI**

Skripsi ini telah dipertahan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 22 Agustus 2021 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Bukittinggi, 22 Agustus 2021  
Mahasiswa



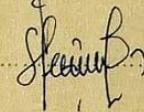
Siti Maharani  
171000222201086

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal

1. Deddy Kurniawan S.T., M.T

1.....

2. Selpa Dewi, S.T., M.T

2.....

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Sipil



Ir. Surya Eka Priana M.T., IPP  
NIDN. 1016026603

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini .

Nama : Siti Maharani  
Tempat dan Tanggal Lahir : Guguak Tinggi, 28 Juni 1998  
NIM : 171000222201086  
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Abu Bonggol Jagung 5%,  
7.5% dan 10% Sebagai Substitusi Agregat Halus  
Terhadap Kuat Tekan Beton f'c 14.53 MPa

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 22 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,



Siti Maharani  
171000222201086

## ABSTRAK

Beton di Indonesia menjadi hal yang banyak dipilih sebagai bahan konstruksi karena faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Untuk mendapatkan beton berkualitas tinggi dapat dengan memanfaatkan sumber daya alam yang pemanfaatannya masih belum maksimal serta mengolah kembali menjadi bahan tambahan pada campuran beton. Salah satu limbah yang belum dimanfaatkan dengan baik yaitu abu bonggol jagung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu bonggol jagung terhadap kuat tekan beton dan juga untuk mengetahui kadar optimum dari penambahan abu bonggol jagung pada campuran beton. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada beton berumur 7, 14 dan 28 hari untuk beton normal dan komposisi abu bonggol jagung 5%, 7.5% dan 10%. Penggunaan abu bonggol jagung sebagai substitusi agregat halus dalam campuran beton berpengaruh terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan yaitu dengan semakin besar persentase abu bonggol jagung sebagai substitusi agregat halus maka semakin kecil nilai kuat tekan yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin kecil persentase abu bonggol jagung sebagai substitusi agregat halus maka semakin besar nilai kuat tekan yang dihasilkan, yang mana persentase 5%, 7.5% dan 10% memiliki nilai kuat tekan di umur 28 hari yaitu 14,53 MPa, 13,97 MPa, dan 12,08 MPa. Pada beton normal di umur 28 hari melebihi target rencana nilai kuat tekan yaitu 14.53 MPa meningkat menjadi 15.10 MPa. Dengan banyaknya limbah bonggol jagung khususnya di kabupaten Agam agar bisa dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dari semen.

**Kata kunci :** Beton, Kuat Tekan,  $f'c$  14.53 MPa, Abu Bonggol Jagung



## ABSTRACT

*In Indonesia, concrete is the most preferred material for construction because of its effectiveness and efficiency. To get high-quality concrete, you can take advantage of natural resources whose utilization is still not optimal and reprocess them into additional materials in the concrete mixture. One of the wastes that has not been utilized properly is corn cob ash. This study aims to determine the effect of adding corncob ash to the compressive strength of concrete and also to determine the optimum level of adding corncob ash to the concrete mixture. The compressive strength test was carried out on concrete aged 7, 14 and 28 days for normal concrete and the composition of corncob ash 5%, 7.5% and 10%. The use of corn cob ash as a substitute for fine aggregate in the concrete mixture affects the compressive strength of the resulting concrete, namely the greater the percentage of cob ash as a substitute for fine aggregate, the smaller the value of the resulting compressive strength. On the other hand, the smaller the percentage of corn cob ash as a substitute for fine aggregate, the greater the value of the resulting compressive strength, where the percentages of 5%, 7.5% and 10% have compressive strength values at 28 days, namely 14.53 MPa, 13.97 MPa, and 12.08 MPa. In normal concrete aged 28 days, it exceeds the planned compressive strength value of 14.53 MPa, increasing to 15.10 MPa. With the large amount of corncob waste, especially in Agam district, so that it can be used as an additional material for cement.*

**Keywords :** Concrete, Compressive Strength,  $f_c$  14.53 MPa, Corn Cob Ash



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada :

1. Orang tua dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa dan kasih sayang
2. Bapak **Masril, S.T., M.T** selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Bapak **Hariyadi, S. Kom, M.Kom** selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
4. Bapak **Ir. Surya Eka Priana, M.T., IPP** selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil;
5. Bapak **Ishak S.T., M.T** selaku Dosen Pembimbing Akademik;
6. Bapak **Masril, S.T., M.T** selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
7. Ibu **Elfania Bastian, S.T., M.T** selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
8. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
9. Rekan-rekan jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini;
10. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Bukittinggi, 12 Juli 2021

Penulis



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	
<b>ABSTRAK</b>	
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian .....	2
1.4.1 Tujuan Penelitian .....	2
1.4.2 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengertian Beton .....	4
2.2 Jenis – Jenis Beton .....	5
2.3 Sifat – Sifat Beton .....	7
2.4 Bahan Penyusutan Beton.....	9
2.5 Kekuatan Beton.....	17
2.6 Perencanaan Campuran Beton .....	20
2.7 Prosedur Penelitian.....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Lokasi Penelitian .....	38
3.2 Data Penelitian .....	38
3.3 Metode Analisis Data.....	39

3.4	Alat Dan Bahan Penelitian .....	40
3.5	Diagram Alir Penelitian .....	45
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusutan Beton.....	46
4.2	Hasil Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> ).....	54
4.3	Pengujian Kuat Tekan Beton .....	55
4.4	Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung .....	62
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	64
5.2	Saran.....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		



## DAFTAR TABEL

<b>No. Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1	10
Tabel 2.2	16
Tabel 2.3	23
Tabel 2.4	25
Tabel 2.5	26
Tabel 2.6	27
Tabel 2.7	30
Tabel 2.8	34
Tabel 2.9	34
Tabel 4.1	46
Tabel 4.2	47
Tabel 4.3	47
Tabel 4.4	48
Tabel 4.5	49
Tabel 4.6	50
Tabel 4.7	51
Tabel 4.8	51
Tabel 4.9	51
Tabel 4.10	52
Tabel 4.11	52
Tabel 4.12	52
Tabel 4.13	53
Tabel 4.14	53
Tabel 4.15	54
Tabel 4.16	55
Tabel 4.17	56
Tabel 4.18	57
Tabel 4.19	57
Tabel 4.20	58

Tabel 4.21	Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 7.5% .....	59
Tabel 4.22	Perhitungan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari Persentase 7.5%	60
Tabel 4.23	Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 10%	60
Tabel 4.24	Perhitungan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari Persentase 10%	61
Tabel 4.25	Rata – Rata Penurunan Kuat Tekan Beton Berdasarkan Persentase Abu Bonggol Jagung .....	62
Tabel 5.1	Hasil Penelitian Beton Normal dan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung .....	64



## DAFTAR GAMBAR

<b>No. Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Sampel Uji Kuat Tekan Beton.....	19
Gambar 3.1 Denah Lokasi Penelitian.....	38
Gambar 3.2 <i>Portland Cement</i> .....	41
Gambar 3.3 Agregat Halus.....	41
Gambar 3.4 Agregat Kasar.....	41
Gambar 3.5 Air.....	42
Gambar 3.6 Pengumpulan Bonggol Jagung.....	42
Gambar 3.7 Penjemuran Bonggol Jagung.....	43
Gambar 3.8 Pembakaran Bonggol Jagung.....	43
Gambar 3.9 Pendinginan Abu Bonggol Jagung.....	44
Gambar 3.10 Abu Bonggol Jagung.....	44
Gambar 3.11 Diagram Alir Penelitian.....	45
Gambar 4.1 Grafik Persentase Berat Lolos Saringan Agregat Halus.....	48
Gambar 4.2 Grafik Persentase Berat Lolos Saringan Agregat Kasar.....	49
Gambar 4.3 Grafik Persentase Berat Lolos Saringan Abu Bonggol Jagung...	50
Gambar 4.4 Grafik Kuat Tekan Beton Normal.....	56
Gambar 4.5 Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 5% ..	58
Gambar 4.6 Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 7.5%	59
Gambar 4.7 Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 10%	61
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung.....	62
Gambar 4.9 Pengaruh % Abu Bonggol Jagung Terhadap % Penurunan Kuat Tekan Beton.....	63
Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung.....	64
Gambar 5.2 Pengaruh % Abu Bonggol Jagung Terhadap % Penurunan Kuat Tekan Beton.....	65

## DAFTAR NOTASI

$\emptyset$	= Diameter Benda Uji Silinder	(mm)
$S_iO_2$	= Silikon Dioksida	
NaOH	= Natrium Hidroksida	
SNI	= Standar Nasional Indonesia	
FAS	= Faktor Air Semen	
$f'_c$	= Kuat Tekan Beton ( <i>force of compressed</i> )	(MPa)
$\pi$	= Konstanta ( <i>phi</i> )	
A	= Luas Penampang Benda Uji	(mm <sup>2</sup> )
P	= Beban Tekan	(N)
d	= Diameter Silinder	(mm)
r	= Rusuk Kubus	(mm)
M	= Berat	(kg)
V	= Volume	(m <sup>3</sup> )
API	= <i>American Proteleum Institute</i>	
ASTM	= <i>America Society for Testing and Material</i>	
SSD	= <i>Surface Saturated Dry</i>	
CTM	= <i>Compression Testing Machine</i>	
PCC	= <i>Portland Compossite Cement</i>	
$E_c$	= Modulus Elastisitas Beton	(MPa)
$x_i$	= Kuat Tekan Beton Dari Masing – Masing Benda Uji	(MPa)
Sd	= Deviasi Standar	(MPa)
$\sigma'_b$	= Kuat Tekan Beton	(MPa)
$\sigma'_{bm}$	= Kuat Tekan Rata – Rata Beton	(MPa)
$\sigma'_{bk}$	= Kuat Tekan Karakteristik Beton	(MPa)
ABJ	= Abu Bonggol Jagung	

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Beton di Indonesia menjadi hal yang banyak dipilih sebagai bahan konstruksi karena faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Beton banyak digunakan pada konstruksi karena mempunyai banyak keunggulan seperti kemampuan menahan gaya tekan yang tinggi, dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, ketahanan yang baik terhadap lingkungan sekitar serta proses perawatan yang lebih murah dan mudah.

Dengan semakin tingginya tuntutan terhadap pemakaian beton pada konstruksi bangunan, banyak percobaan dan penelitian yang dilakukan dibidang beton ini untuk meningkatkan kualitasnya dan mengatasi kendala yang sering terjadi pada pengerjaannya di lapangan. Untuk menghasilkan suatu konstruksi yang sesuai diharapkan dalam pembangunan konstruksi diperlukan beton berkekuatan tinggi. Dengan demikian kuat tekan beton menjadi kriteria dasar dalam menentukan mutu beton secara umum.

Untuk mendapatkan beton berkualitas tinggi dapat dengan memanfaatkan sumber daya alam yang pemanfaatannya masih belum maksimal. Tidak hanya itu, limbah yang telah tidak terpakai juga bisa dimanfaatkan serta diolah kembali menjadi bahan tambahan pada campuran beton. Salah satu limbah yang belum termanfaatkan dengan baik yaitu abu bonggol jagung. Limbah bonggol jagung mempunyai unsur silika ( $\text{SiO}_2$ ) besar yaitu 66,38% yang berdasarkan penelitiannya, kandungan senyawa silika pada bonggol jagung dapat digunakan sebagai material tambahan pada beton. Namun, bonggol jagung terlebih dahulu dibakar pada suhu  $650^\circ\text{C}$  -  $800^\circ\text{C}$  selama lebih dari 8 jam untuk mendapatkan abu jonggol jagung yang disyaratkan sebelum menjadikannya sebagai campuran pada beton (Fakhrunisa, Djatmika, & Karjanto, 2018). Penggunaan limbah bonggol jagung diharapkan dapat menjadi pengembangan inovasi dalam dunia konstruksi bangunan sehingga dapat memberikan dampak positif terhadap lingkungan dengan mengurangi limbah hasil pertanian.

Berdasarkan penjelasan di atas, memerlukan penelitian di laboratorium mengenai manfaat abu bonggol jagung terhadap kuat tekan beton. Maka penulis mengangkat masalah ini sebagai skripsi dengan judul “Pengaruh Penggunaan Abu Bonggol Jagung 5%, 7.5% dan 10% Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton  $f'c$  14.53 MPa”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan yaitu :

1. Bagaimanakah pengaruh kuat tekan beton pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari jika ditambahkan abu bonggol jagung ?
2. Berapakah kadar optimum agregat halus apabila disubstitusikan dengan abu bonggol jagung 5%, 7.5% dan 10% untuk mencapai kuat tekan maksimum ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji yang digunakan yaitu silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk uji kuat tekan beton.
2. Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan limbah pertanian yaitu abu bonggol jagung dengan persentase 5%, 7.5%, 10% sebagai substitusi agregat halus. Abu bonggol jagung ini tertahan/tidak lolos disaringan 200 yang mana syarat dari agregat halus.
3. Mutu beton untuk penelitian ini adalah  $f'c$  14.53 MPa.
4. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari.

## **1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian**

### **1.4.1 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memanfaatkan limbah bonggol jagung sebagai tambahan campuran beton untuk mengetahui pengaruh penambahan abu bonggol jagung terhadap kuat tekan beton.

2. Mengetahui kadar optimum dari penambahan abu bonggol jagung pada campuran beton.

#### **1.4.2 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memanfaatkan limbah bonggol jagung untuk menekan biaya pembuatan beton.
2. Mengetahui kadar optimum abu bonggol jagung untuk penambahan pada campuran beton.
3. Dapat sebagai referensi mengenai pengaruh penambahan abu bonggol jagung pada kuat tekan beton.
4. Untuk meningkatkan kualitas beton, sehingga dapat menjadikan limbah bonggol jagung sebagai peningkatan mutu beton.

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan skripsi ini adalah :

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menampung latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas tentang uraian dari referensi yang menjadi acuan dalam penulisan tugas akhir mengenai beton dan penelitian – penelitian lain yang terkait

##### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini memuat teknik pengumpulan data dan menganalisis data yang akan digunakan untuk menarik sebuah kesimpulan.

##### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang analisis data serta pembahasan terhadap pengujian yang dilakukan.

##### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang diperoleh dan saran guna kesempurnaan dari penelitian ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Beton**

Berdasarkan SNI 2847:2013, Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ( $f'c$ ) pada usia 28 hari. Beton merupakan material komposit yang terdiri dari medium pengikat (pada umumnya campuran semen hidrolis dan air), agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) dengan atau tanpa bahan tambahan / campuran / additives.

Secara umum kelebihan dan kelemahan penggunaan beton (Tjokrodinuljo, 2007) adalah sebagai berikut.

Kelebihan beton adalah sebagai berikut :

1. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
2. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan.
3. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan ke dalam retakan beton dalam proses perbaikan.
4. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
5. Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih murah.

Kekurangan beton adalah sebagai berikut :

1. Beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberikan baja tulangan sebagai penahan gaya tariknya.
2. Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi untuk mengatasi retakan – retakan akibat terjadinya perubahan suhu
3. Untuk mendapatkan beton kedap air secara sempurna, harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti.

4. Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

## 2.2 Jenis – Jenis Beton

### 1. Beton Ringan

Berat jenisnya  $<1900 \text{ kg/m}^3$ , dipakai untuk elemen non-struktural.

Dibuat dengan cara – cara berikut :

- a. Membuat gelembung udara dalam adukan semen.
- b. Menggunakan agregat ringan (tanah liat bakar/batu apung), atau
- c. Pembuatan beton non-pasir.

### 2. Beton Normal

Berat jenisnya  $2200 - 2500 \text{ kg/m}^3$ , dipakai hampir pada semua bagian struktural bangunan .

### 3. Beton Berat

Berat jenis  $>2500 \text{ kg/m}^3$ , dipakai untuk struktur tertentu, misal : struktur yang harus tahan terhadap radiasi atom.

### 4. Beton Jenis Lain

#### a. Beton massa (*mass concrete*)

Beton yang dituang dalam volume besar, biasanya untuk pilar, bendungan dan pondasi turbin pada pembangkit listrik. Pada saat pengecoran beton jenis ini, pengendalian diutamakan pada pengelolaan panas hidrasi yang timbul, karena semakin besar massa beton maka suhu di dalam beton semakin tinggi. Bila perbedaan suhu di dalam beton dan suhu di permukaan beton  $>20 \text{ }^\circ\text{C}$  dapat menimbulkan terjadinya tegangan tarik yang disertai retak – retak.

Retak beton juga dapat timbul akibat penyusutan beton (*shrinkage*) yang dipengaruhi oleh kelembaban beton saat pengerasan berlangsung.

Selain itu, besarnya volume beton saat pengecoran *mass concrete* akan beresiko timbulnya *cold-joint* pada permukaan beton baru dengan beton lama mengingat waktu *setting* beton yang singkat

(±2 jam), sehingga perlu direncanakan metode pengecoran yang sesuai dengan perilaku beton tersebut.

Berdasarkan hal di atas, maka langkah preventif untuk menghindari terjadinya retak beton dapat dikategorikan atas pemilihan komposisi beton (nilai *slump*, pemberian *admixture*, FAS) dan pratek pelaksanaan di lapangan (suhu udara saat pengecoran, *curing*, menggunakan bekisting dengan kemampuan isolasi yang bagus dan menyiapkan *construction joint*).

Pemberian tulangan ekstra untuk menahan gaya tarik akibat panas hidrasi dapat juga dilakukan sebagai salah satu pertimbangan struktural.

b. Ferosemen (*ferrocement*)

Mortar semen yang diberi anyaman kawat baja. Beton ini mempunyai ketahanan terhadap retakan, ketahanan terhadap patah lelah, daktilitas, fleksibilitas dan sifat kedap air yang lebih baik dari beton biasa.

c. Beton serat (*fibre concrete*)

Komposit dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat, dapat berupa serat plastik/baja. Beton serat lebih daktail daripada beton biasa, dipakai pada bangunan hidrolik, landasan pesawat, jalan raya dan lantai jembatan.

d. Beton siklop

Beton biasa dengan ukuran agregat yang relatif besar – besar. Agregat kasar dapat sebesar 20 cm. Beton ini digunakan pada pembuatan bendungan dan pangkal jembatan.

e. Beton hampa

Seperti beton biasa, namun setelah beton tercetak padat, air sisa reaksi hidrasi disedot dengan cara vakum (*vacuum method*).

f. Beton ekspose

Beton ekspose adalah beton yang tidak memerlukan proses *finishing*, biasanya beton ini dihasilkan dengan menggunakan bahan bekisting yang dapat menghasilkan permukaan beton yang halus

(misal baja dan multiplek film). Beton ini sering dijumpai pada gelagar jembatan, lisplang, kolom dan balok bangunan

### 2.3 Sifat – Sifat Beton

#### 1. Beton Segar

- a. Kemudahan pengerjaan/*workability*, umumnya dinyatakan dalam besaran nilai *slump* (cm) dan dipengaruhi oleh :
  - 1) Jumlah air yang dipakai. Makin banyak air, beton makin mudah dikerjakan.
  - 2) Penambahan semen. Semen bertambah, air juga ditambah agar FAS tetap, maka beton makin mudah dikerjakan.
  - 3) Gradasi campuran pasir dan kerikil.
  - 4) Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai.
  - 5) Pemakaian butir – butir batuan yang bulat.
- b. Segregasi, kecenderungan agregat kasar untuk memisahkan diri dari campuran adukan beton, peluang segregasi diperbesar dengan :
  - 1) Campuran yang kurus/kurang semen
  - 2) Pemakaian air yang terlalu banyak
  - 3) Semakin besar butir kerikil yang dipakai
  - 4) Campuran yang kasar atau kurang agregat halus
  - 5) Tinggi jatuh pengecoran beton yang terlalu tinggi
- c. *Bleeding*, kecenderungan air campuran untuk naik ke atas (memisahkan diri) pada beton segar yang baru saja dipadatkan. Hal ini dapat dikurangi dengan cara :
  - 1) Memberi lebih banyak semen dalam campuran
  - 2) Menggunakan air sesedikit mungkin
  - 3) Menggunakan pasir lebih banyak
  - 4) Menyesuaikan intensitas dan durasi penggetaran pemadatan sesuai dengan nilai slump campuran

## 2. Beton Keras

### a. Sifat jangka pendek

#### 1) Kuat tekan, dipengaruhi oleh :

- a) Perbandingan air semen dan tingkat pematatan
- b) Jenis semen dan kualitasnya
- c) Jenis dan kekasaran permukaan agregat
- d) Umur
- e) Suhu (kecepatan pengerasan bertambah dengan naiknya suhu)
- f) Perawatan

#### 2) Kuat tarik

Kuat tarik beton berkisar  $1/18$  kuat tekan beton saat umurnya masih muda dan menjadi  $1/20$  sesudahnya. Kuat tarik berperan penting dalam menahan retak – retak akibat perubahan kadar air dan suhu.

#### 3) Kuat geser

Di dalam prakteknya, kuat tekan dan tarik selalu diikuti oleh kuat geser.

### b. Sifat jangka panjang

#### 1) Rangkak, adalah peningkatan deformasi (regangan) secara bertahap terhadap waktu akibat beban yang bekerja secara konstan, dipengaruhi oleh :

- a) Kekuatan. Rangkak berkurang bila kuat tekan makin besar.
- b) Perbandingan campuran. Bila FAS berkurang maka rangkakan berkurang.
- c) Agregat. Rangkakan bertambah bila agregat halus dan semen bertambah banyak.
- d) Umur. Kecepatan rangkakan berkurang sejalan dengan umur beton.

#### 2) Susut, adalah berkurangnya volume beton jika terjadi kehilangan kandungan uap air akibat penguapan, dipengaruhi oleh :

- a) Agregat berperan sebagai penahan susut pasta semen

- b) Faktor air semen. Efek susut makin besar jika FAS makin besar.
- c) Ukuran elemen beton. Laju dan besarnya penyusutan berkurang jika volume elemen beton makin besar

Beton yang baik yaitu :

1. Bahan pengisi baik
  - a. Kekerasan butiran
  - b. Gradasi
  - c. Kepadatan butiran
  - d. Bentuk butiran
2. Bahan perekat baik
  - a. Semen sesuai
  - b. FAS sesuai
3. Lekatan / ikatan baik
  - a. Kekasaran permukaan butiran baik
  - b. Material alam bersih
4. Pemeliharaan baik

#### 2.4 Bahan Penyusutan Beton

(Yunus, 2010) menerangkan kualitas beton dapat ditentukan antara lain dengan pemilihan bahan – bahan pembentuk beton yang baik, perhitungan proporsi yang tepat, cara pengerjaan dan perawatan beton yang baik serta pemilihan bahan tambah yang sesuai dengan dosis optimum yang diperlukan. Bahan pembentuk beton terdiri atas semen, agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambahan (*admixture*) jika diperlukan. Untuk pembuatan beton yang baik, material – material tersebut harus melalui tahap penelitian yang sesuai standar penelitian yang baku sehingga didapat material yang berkualitas baik.

### 2.4.1 Semen

Berfungsi sebagai bahan pengikat HIDRAULIS dari berbagai macam agregat

1. Semen harus memenuhi salah satu dari ketentuan berikut :
  - a. SNI 15-2049-1994. Semen Portland
  - b. ASTM C595. Spesifikasi semen *blended* hidrolis, kecuali tipe S dan SA yang tidak diperuntukkan sebagai unsur pengikat utama struktur beton.
  - c. ASTM C845. Spesifikasi semen hidrolis ekspansif.
2. Tipe Semen Portland sesuai jenis pekerjaannya adalah :

**Tabel 2.1** Tipe *Portland Cement*

Tipe PC	Syarat Penggunaan	Pemakaian
I	Kondis biasa, tidak memerlukan persyaratan khusus	Perkerasan jalan, gedung, jembatan biasa dan konstruksi tanpa serangan sulfat
II	Serangan sulfat konsentrasi sedang	Bangunan tepi laut, dam, bendungan, irigasi dan beton massa
III	Kekuatan awal tinggi	Jembatan dan pondasi dengan beban berat
IV	Panas hidrasi rendah	Pengecoran yang menuntut panas hidrasi rendah dan diperlukan <i>setting time</i> yang lama
V	Ketahanan yang tinggi terhadap sulfat	Bangunan dalam lingkungan asam, tangki bahan kimia dan pipa bawah tanah

3. Penyimpanan Semen
  - a. Silo harus kedap air
  - b. Lantai gudang tidak lembab
  - c. Tinggi timbunan sak semen maksimum 2 m
  - d. Suhu ruang tidak boleh lebih dari 70 °C
  - e. Kapasitas gudang mampu untuk stok 20 hari dan tergantung kelancaran pengiriman
  - f. Stok yang telah disimpan lebih dari 3 bulan tidak boleh dipakai

#### 4. *Setting Time* Semen

Waktu yang dibutuhkan oleh semen untuk mulai mengadakan proses pengikatan *setting time* :

##### a. *Setting time* awal (*initial*)

Waktu yang dibutuhkan semen sejak saat bereaksi dengan air sampai didapat pasta semen yang mulai kaku dan mulai tidak dapat dikerjakan (kehilangan sebagian sifat plastisnya).

##### b. *Setting time* akhir (*final*)

Waktu yang dibutuhkan semen sejak saat bereaksi dengan air sampai didapat suatu padatan dari pasta semen yang utuh dan tidak dapat dirubah bentuknya.

#### 2.4.2 Agregat

Butiran mineral dengan ukuran diameter dan gradasi butiran tertentu yang apabila dicampur dengan semen dan air akan menghasilkan beton.

Tujuan penggunaan agregat :

- a. Sumber kekuatan dari beton
- b. Menghemat semen
- c. Memperkecilkan tingkat penyusutan beton
- d. Mencapai kepadatan beton yang maksimal
- e. Memperoleh *workability* yang baik

Agregat harus memenuhi salah satu dari ketentuan berikut :

- a. ASTM C33. Spesifikasi agregat untuk beton
- b. SNI 03-2461-1991. Spesifikasi agregat ringan untuk beton struktur

Spesifikasi umum :

- a. Material dari bahan alami dengan kekasaran permukaan yang optimal sehingga kuat tekan beton besar.
- b. Butiran tajam, keras, kekal (*durable*) dan tidak bereaksi dengan material beton lainnya.
- c. Berat jenis agregat tinggi yang berarti agregat padat sehingga beton yang dihasilkan padat dan awet.

- d. Gradasi sesuai spesifikasi teknik yang diminta dan dihindari *grap graded aggregate* karena akan membutuhkan semen lebih banyak untuk mengisi rongga dan harga satuan beton akan menjadi lebih mahal.
- e. Bentuk yang baik adalah bulat, karena akan saling mengisi rongga dan jika ada bentuk yang pipih dan lonjong dibatasi maksimal 15% berat total agregat.
- f. Kadar lumpur agregat tidak boleh melampaui standar pada butir (a) karena akan berpengaruh pada kuat tekan beton.

#### 1. Agregat Kasar

Agregat dengan  $\phi$  butiran  $>5$  mm

Jenis agregat kasar :

- a. Alami, hasil desintegrasi alam (kerikil) dengan penggolongan :

- 1) Kerikil halus =  $\phi$  0.5 – 10 mm
- 2) Kerikil sedang =  $\phi$  10 – 20 mm
- 3) Kerikil kasar =  $\phi$  20 – 40 mm
- 4) Kerikil kasar sekali =  $\phi$  40 – 70 mm

- b. Hasil pemecahan

- 1)  $\phi$  0.5 – 10 mm (*screen*)
- 2)  $\phi$  10 – 20 mm
- 3)  $\phi$  20 – 40 mm
- 4)  $\phi$  40 – 80 mm

#### 2. Agregat Halus

Agregat dengan  $\phi$  butiran antara 0.14 s/d 5.0 mm

Jenis agregat halus :

- a. Buatan : pasir hasil pemecahan
- b. Alami : pasir gunung, pasir sungai, pasir laut

Agregat halus sangat berperan dalam menentukan :

- a. Kemudahan pengerjaan (*workability*)
- b. Kekuatan beton (*strength*)

c. Keawetan beton (*durability*)

### 2.4.3 Air

Fungsi air dalam beton :

- a. Bahan penghidrasi semen, agar semen bisa berfungsi sebagai bahan pengikat
- b. Bahan pelumas, yaitu mempermudah proses pencampuran agregat & semen serta mempermudah pelaksanaan pengecoran beton (*workability*).

Air untuk campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan – bahan lainnya yang merugikan terhadap beton ataupun tulangan. Air pencampur yang digunakan untuk beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung didalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

### 2.4.4 Bahan Tambahan

Spesifikasi umum :

Kalsium klorida atau bahan tambahan yang mengandung klorida tidak boleh digunakan pada beton prategang, beton dengan aluminium tertanam atau beton yang dicor dengan menggunakan bekisting baja galvanis.

Jenis – jenis bahan tambahan :

Ada dua kategori bahan tambahan, yaitu *admixture* dan aditif. *Admixture* merupakan bahan tambahan kimiawi yang dapat mengubah sifat beton secara kimia sedangkan aditif merupakan bahan tambahan yang hanya berfungsi sebagai *filler* dan tidak mengubah sifat secara kimiawi.

Macam – macam *admixture* :

a. *Water Reducer/Plasticiser/Super Plasticiser*

Berfungsi mengurangi jumlah air dan semen dengan kekuatan beton yang dihasilkan tetap dan meningkatkan keplastisan beton untuk pengecoran di tempat-tempat yang sulit (karena pengecoran tersebut membutuhkan nilai slump tinggi sehingga bahan tambahan ini lebih dipilih daripada menambah air).

b. *Viscosity Modifying Admixture (VMA)*

Memodifikasi kohesi (biasanya digunakan untuk self-compacting concrete) tanpa mengubah fluiditas secara signifikan.

c. *Retarder*

Memperlambat pengikatan awal, digunakan untuk pengecoran jarak jauh dan mass concrete yang perlu panas hidrasi rendah.

d. *Accelerator*

Mempercepat pengikatan dan pengerasan awal beton, digunakan untuk pengecoran yang berhubungan dengan air/efisiensi waktu pemakaian cetakan.

e. *Air Entraining*

Menambah gelembung udara pada beton, dapat mengurangi *bleeding*, mengurangi kebutuhan air dan mengurangi segregasi. Digunakan untuk pengecoran dengan *concrete pump*. Harus memenuhi SNI 03-2496-1991. Spesifikasi bahan tambahan pembentuk gelembung untuk beton

Macam – macam aditif :

a. Abu Terbang

Harus memenuhi ASTM C618. Spesifikasi untuk abu terbang dan pozzolan alami murni atau terkalsinasi untuk digunakan sebagai bahan tambahan mineral pada beton semen portland. Meningkatkan kohesi dan mengurangi sensitivitas terhadap perubahan-perubahan kadar air, tetapi harus dijaga agar kadarnya

tidak terlalu tinggi dapat menyebabkan pasta menjadi terlalu kohesif sehingga dapat menghambat daya alir.

b. *Mineral filler*

Misalnya batu kapur, *dolomite*, dll. Distribusi ukuran partikel, bentuk dan daya serap air mempengaruhi kebutuhan air.

c. Kerak Tungku Pijar yang diperhalus

Harus memenuhi ASTM C989. Spesifikasi untuk kerak tungku pijar yang diperhalus untuk digunakan pada beton dan mortar. Mengurangi panas hidrasi, tetapi *setting time* menjadi lebih lama, pemakaian aditif jenis ini juga meningkatkan resiko segregasi.

d. *Silica Fume*

Harus sesuai dengan ASTM C1240. Spesifikasi untuk *silika fume* untuk digunakan pada beton dan mortar semen-hidrolis. Meningkatkan kohesi dan daya tahan segregasi, serta mengurangi atau menghilangkan *bleeding* tetapi jika terlalu banyak dapat menimbulkan percepatan pembentukan kerak di permukaan beton, yang akan menghasilkan *cold-joint* atau cacat permukaan.

e. Aditif lainnya

Metakaolin, pozzolan alami dan bahan pengisi halus lainnya dapat digunakan, tetapi akibat – akibat yang ditimbulkan perlu dievaluasi secara khusus dan hati – hati terhadap akibat jangka pendek dan panjang yang timbul terhadap beton.

f. Serat

Baik serat metalik maupun *polymer* dapat digunakan. Serat *polymer* dapat digunakan untuk membantu mencegah *settlement* dan retak/*crack* akibat *plastic shrinkage*. Serat besi maupun serat *polymer* struktural berukuran panjang digunakan untuk memodifikasi daktilitas beton yang telah mengeras. Jumlah dan ukuran panjangnya dipilih berdasarkan ukuran maksimum agregat dan syarat struktural.

g. Abu Bonggol Jagung

Bahan tambahan yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah Abu Bonggol Jagung. Bonggol jagung merupakan salah satu limbah pertanian di Indonesia yang belum banyak dimanfaatkan dan biasanya hanya dibuang saja setelah butir jagung dikonsumsi. Produksi jagung di Indonesia yang cukup tinggi berkorelasi dengan limbah bonggol jagung yang dihasilkan. Jagung mengandung kurang lebih 30% bonggol jagung dan sisanya adalah biji dan kulit (Koswara, 1991).

Bonggol jagung yang banyak ini dapat dimanfaatkan sebagai alternatif peningkatan mutu beton yang diharapkan limbah bonggol jagung tersebut dapat memiliki nilai ekonomi.

Bonggol jagung yang mengandung serat sehingga memiliki kandungan silika yang cukup tinggi yaitu 66,38%. Kandungan senyawa silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang terdapat pada bonggol jagung memungkinkan digunakannya sebagai material tambahan pada beton namun sebelum dijadikan sebagai campuran pada beton, bonggol jagung terlebih dahulu dibakar pada suhu  $650\text{ }^\circ\text{C} - 800\text{ }^\circ\text{C}$  selama lebih dari 8 jam untuk menghasilkan abu bonggol yang disyaratkan (Fakhrunisa, Djatmika, & Karjanto, 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 unsur – unsur logam (Wardhani, 2017).

**Tabel 2.2** Persentase Kandungan Kimia Abu Bonggol Jagung

Komposisi	Hasil Uji	Komposisi	Hasil Uji	Komposisi	Hasil Uji
$\text{S}_i$	8,75%	$\text{M}_n$	0,12%	$\text{R}_b$	0,30%
P	2,4%	$\text{F}_e$	1,05%	Y	1,1%
S	0,4%	$\text{C}_u$	0,16%	$\text{M}_o$	0,06%
K	81,2%	$\text{Z}_n$	0,16%	$\text{B}_a$	3,0%
$\text{T}_i$	0,07%	$\text{B}_r$	1,12%	$\text{E}_u$	0,2%

**Sumber :** (Fakhrunisa, Djatmika, & Karjanto, 2018)

Dalam persentase kandungan kimia abu bonggol jagung di atas unsur kimia utama senyawa pozzolan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  kurang dari 70% sehingga belum bisa digolongkan sebagai senyawa *pozzolan* yang dapat meningkatkan kekuatan beton dan hanya berfungsi sebagai bahan tambah (Fakhrunisa, Djatmika, & Karjanto, 2018).

Sedangkan, silika ( $\text{SiO}_2$ ) pada agregat halus memiliki kandungan senyawa  $\text{SiO}_2$  yang dapat mempengaruhi reaksi kimia dalam proses pengerasan beton sehingga didapat kuat tekan beton yang tinggi (Nadia & Fauzi, 2011).

Abu bonggol jagung juga dapat memberi pengaruh positif pada campuran beton karena dapat mengikat/memberi daya lekat pada campuran beton dan mengurangi porositas beton (Abdi, dkk, 2018).

Silika ( $\text{SiO}_2$ ) merupakan bahan kimia yang dapat meningkatkan mutu beton, akibat reaksi yang terjadi antara silika dan kapur bebas yang ada dalam campuran beton.

## 2.5 Kekuatan Beton

Kekuatan tekan merupakan kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Mulyono, 2004). Pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton disbanding dengan sifat – sifat lain.

Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan alat *compression testing machine*.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton, yaitu :

1. Faktor air semen (FAS)

Faktor air semen merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Fungsi FAS, yaitu:

a. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.

b. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*)

Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Umumnya nilai FAS yang diberikan minimum 0,4 dan maksimum 0,65 (Mulyono, 2004).

2. Sifat agregat

Sifat – sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Adapun sifat-sifat agregat yang perlu diperhatikan seperti, serapan air, kadar air agregat, berat jenis, gradasi agregat, modulus halus butir, kekekalan agregat, kekasaran dan kekerasan agregat.

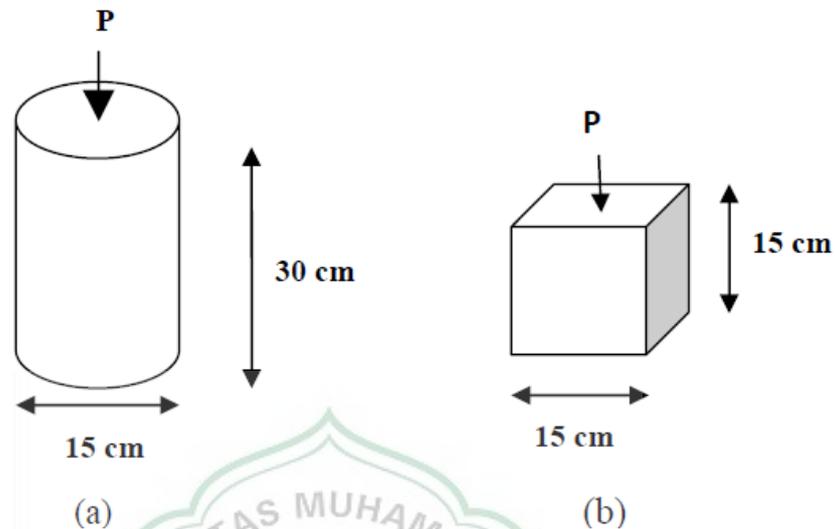
3. Proporsi semen dan jenis semen yang digunakan

Berhubungan dengan perbandingan jumlah semen yang digunakan saat pembuatan *mix design* dan jenis semen yang digunakan berdasarkan peruntukkan beton yang akan dibuat. Penentuan jenis semen yang digunakan mengacu pada tempat dimana struktur bangunan yang menggunakan material beton tersebut dibuat, serta pada kebutuhan perencanaan apakah pada saat proses pengecoran membutuhkan kekuatan awal yang tinggi atau normal.

4. Bahan tambah

Bahan tambah (*additive*) ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah (*additive*) lebih banyak digunakan untuk penyemenan (*cementitious*), jadi digunakan untuk perbaikan kinerja.

Pengujian kuat tekan beton menggunakan mesin hidrolik. Pencatatan yang dilakukan pada saat pengujian adalah besarnya beban pada saat benda uji hancur. Untuk mendapatkan besarnya tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan seperti pada persamaan berikut :



**Gambar 2.1** Sampel Uji Kuat Tekan Beton, (a) silinder beton dan (b) kubus beton  
**Sumber :** *Google* (12 Maret 2021)

Menurut ASTM C 39, cara menentukan nilai kuat tekan beton pada Pers. 2.1 dan Pers. 2.2 di bawah ini :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$A_{\text{silinder}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 ; A_{\text{kubus}} = r^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- $f'c$  = Kuat tekan beton (MPa)
- $A$  = Luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )
- $P$  = Beban tekan (N)
- $d$  = Diameter silinder (mm)
- $r$  = rusuk kubus (mm)

## 2.6 Perencanaan Campuran Beton

### 1. Metode SNI 03-2834-2000

Metode SNI 03-2834-2000, dalam prosedur rancangan campurannya mengadopsi beberapa asumsi sebagai berikut (Alkhaly, 2016) :

- a. Metode ini berlaku untuk semen *Ordinary Portland Cement* (tipe I), *Rapid Hardening Portland Cement* (tipe II), *High Early Strength Cement* (tipe III) dan *Sulphate Portland Cement* (tipe V).
- b. Metode ini membedakan antara agregat pecah (batu pecah) dan tidak pecah (agregat alami/kerikil) yang akan mempengaruhi jumlah pengguna air.
- c. Memperhitungkan gradasi dari agregat halus berdasarkan zona dan menganggap gradasi dari agregat halus akan mempengaruhi tingkat kemampuan kerja dari campuran beton.
- d. Rasio optimum dari volume curah agregat kasar per kubik beton tergantung dari ukuran maksimum nominal dari agregat kasar dan gradasi agregat halus.
- e. Kadar air dalam campuran beton hanya dipengaruhi oleh tingkat kemudahan kerja yang diperlukan, dinyatakan uji *slump*.
- f. Ukuran maksimum nominal dari agregat kasar, dianggap tidak mempengaruhi proporsi campuran.
- g. Metode mengadopsi campuran beton dengan rasio air semen (fas) 0,5.

### 2. Metode SNI 7656:2012

Metode SNI 7656:2012, dalam prosedur rancangan campurannya mengadopsi beberapa asumsi sebagai berikut (Alkhaly, 2016) :

- a. Metode ini tidak membedakan jenis semen hidrolik (berlaku untuk semua jenis semen hidrolik) dan jenis agregat.
- b. Konsistensi campuran yang mempengaruhi kemudahan kerja dianggap hanya tergantung pada kadar air bebas dari proporsi campuran, dinyatakan dalam uji *slump*.

- c. Rasio optimum dari volume curah agregat kasar per kubik beton tergantung hanya pada ukuran maksimum nominal dari agregat kasar.
- d. Jenis pemadatan berpengaruh pada tinggi slump yang dianjurkan.
- e. Estimasi volume bahan campuran beton dapat dilakukan berdasarkan ekivalensi berat maupun ekivalensi absolut.
- f. Metode ini tidak memberikan batasan kadar minimum beton yang dapat digunakan.
- g. Metode ini memberikan pengurangan air sebesar 18 kg/m<sup>3</sup> pada campuran beton yang menggunakan agregat kasar alami/kerikil.

Prosedur perancangan campuran beton menurut metoda SNI 7656:2012, ditunjukkan pada gambar 2.3

## 2.7 Prosedur Penelitian

### 2.7.1 Tahap penelitian

#### 1. Pemeriksaan Bahan

##### a. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

##### 1) Tujuan Pemeriksaan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis semen yaitu perbandingan antara berat volume kering semen pada suhu kamar dengan berat volume air suling pada 4°C, yang volumenya sama dengan volume semen.

##### 2) Alat dan Bahan

- a) Botol Le Chatelier
- b) *Kerosin* bebas air atau *naptha* dengan berat jenis 62 API (*American Petroleum Institute*)
- c) Semen (64 gram)

##### 3) Pelaksanaan Pemeriksaan

- a) Botol Le Chatier diisi dengan kerosin antara skala 0 dan 1. Keringkan bagian dalam botol di atas permukaan cairan.

- b) Masukkan botol ke dalam bak air sebagai usaha menjaga suhu yang konstan untuk menghindari variasi suhu botol yang lebih besar dari 0,2 °C.
- c) Setelah suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol, baca skala pada botol (V<sub>1</sub>).
- d) Masukkan contoh semen sedikit demi sedikit ke dalam botol. Jangan sampai terjadi ada semen yang menempel pada dinding botol di atas cairan.
- e) Setelah benda uji dimasukkan, putar botol dengan posisi miring secara perlahan – lahan sampai gelembung udara tidak timbul lagi pada permukaan cairan.
- f) Ulangi pekerjaan 1. Setelah suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol, baca skala pada botol (V<sub>2</sub>).

4) Perhitungan

Perhitungan pada pemeriksaan ini menggunakan rumus Pers. 2.3 di bawah ini :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{\text{berat semen}}{(V_2 - V_1)} \times d \dots\dots\dots(2.3)$$

V<sub>1</sub> = Pembacaan pertama pada skala botol

V<sub>2</sub> = Pembacaan kedua pada skala botol

(V<sub>2</sub> – V<sub>1</sub>) = Isi cairan yang dipindahkan oleh semen dengan suhu berat tertentu

d = Berat isi air pada suhu 4 °C (1 g/cm<sup>3</sup>)

b. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

1) Tujuan Pemeriksaan

Pemeriksaan ini bertujuan menentukan berat isi agregat halus, kasar atau campuran yang didefinisikan sebagai perbandingan antara material kering dengan volumenya.

2) Alat dan Bahan

- a) Agregat
- b) Timbangan

- c) Talam
- d) Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm, yang ujungnya bulat, terbuat dari baja tahan karat.
- e) Mistar perata
- f) Skop
- g) Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang berkapasitas sebagai berikut :

**Tabel 2.3** Kapasitas Wadah Baja

Kapasitas (liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tebal Wadah Minimum (mm)		Ukuran Butir Maksimum Agregat (mm)
			Dasar	Sisi	
2.832	152.4±2.5	154.9±2.5	5.08	2.54	12.70
9.435	203.2±2.5	292.1±2.5	5.08	2.54	25.40
14.158	254.0±2.5	279.4±2.5	5.08	3.00	38.10
28.316	355.6±2.5	284.4±2.5	5.08	3.00	101.60

Sumber : (Buku Panduan Beton UMSB, 1996)

### 3) Pelaksanaan Pemeriksaan

Masukkan agregat ke dalam talam sebanyak kapasitas wadah sesuai **Tabel 2.3**. Keringkan dengan menggunakan oven/kompur gas pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  sampai berat menjadi tetap untuk digunakan sebagai benda uji.

- a) Berat isi lepas :
  - i) Timbang dan catatlah berat wadah ( $W_1$ )
  - ii) Masukkan benda uji dengan hati – hati agar tidak terjadi pemisahan butir – butir, dari ketinggian 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau skop sampai penuh
  - iii) Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
  - iv) Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji ( $W_2$ )
  - v) Hitunglah berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )

- b) Berat isi agregat ukuran butir maksimum 38.10 mm (1.5”) dengan cara penusukan :
- i Timbanglah dan catat berat wadah ( $W_1$ )
  - ii Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.
  - iii Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan perata
  - iv Timbang dan catatlah berat wadah serta benda uji ( $W_2$ )
  - v Hitunglah berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )
- c) Berat isi untuk agregat ukuran butir sampai 101.10 mm (4”) dengan cara penggoyangan :
- i Timbang dan catatlah berat wadah ( $W_1$ )
  - ii Isilah wadah dengan benda uji dalam 3 lapis yang sama tebal
  - iii Padatkan setiap lapis dengan cara menggoyang – goyangkan wadah dengan prosedur sebagai berikut :
    1. Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira – kira setinggi 5 cm kemudian lepaskan
    2. Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi
  - iv Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
  - v Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji ( $W_2$ )
  - vi Hitunglah berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )

4) Perhitungan

Perhitungan pada pemeriksaan ini menggunakan rumus Pers. 2.4 di bawah ini :

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_3}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)} \dots\dots\dots(2.4)$$

V = Isi Wadah (dm<sup>3</sup>)

c. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

1) Tujuan Pemeriksaan

Pemeriksaan ini bertujuan menentukan pembagian butir (gradasi) agregat. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton. Pelaksanaan penentuan gradasi ini dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar.

2) Alat dan Bahan

- a) Timbangan
- b) Neraca
- c) Oven/kompor gas
- d) Alat pemisah contoh (*sample spliter*)
- e) Mesin penggetar saringan
- f) Talam
- g) Kuas, sikat kuning, sendok dan alat lainnya
- h) Seperangkat saringan dengan ukuran :

**Tabel 2.4** Perangkat Saringan Agregat Kasar

Nomor Saringan	Ukuran Lobang		
	mm	inch	
-	76.200	3	PERANGKAT SARINGAN UNTUK AGREGAT KASAR UKURAN #2 (diameter agregat antara ukuran 100 mm – 19 mm). Berat minimum contoh 35 kg.
-	63.500	2.5	
-	50.800	2	
-	37.500	1.5	
-	25.000	1	
-	19.100	3/4	
-	50.000	2	PERANGKAT SARINGAN UNTUK AGREGAT KASAR UKURAN #467 (diameter agregat antara ukuran 50 mm – 4.76 mm). Berat minimum contoh 20 kg.
-	37.500	1.5	
-	25.000	1	
-	19.000	3/4	
-	12.500	1/2	
-	9.500	3/4	

**Tabel 2.4 Lanjutan**

No. 4	4.760		
-	25.000	1	PERANGKAT SARINGAN UNTUK AGREGAT KASAR UKURAN #67 (diameter agregat antara ukuran 25 mm – 2.38 mm). Berat minimum contoh 10 kg.
-	19.000	3/4	
-	12.500	1/2	
-	9.500	3/4	
No. 4	4.760		
No. 8	2.380	-	
-	12.500	1/2	
-	9.500	3/8	
No. 4	4.760	-	
No. 8	2.380	-	
No. 16	1.190	-	PERANGKAT SARINGAN UNTUK AGREGAT KASAR UKURAN #8 (diameter agregat antara ukuran 12.5 mm – 1.19 mm). Berat minimum contoh 2.5 kg.

Sumber : (Buku Panduan Beton UMSB, 1996)

**Tabel 2.5 Perangkat Saringan Agregat Halus (Pasir)**

Nomor Saringan	Ukuran Lobang		
	mm	inch	
-	9.500	3/8	PERANGKAT SARINGAN UNTUK AGREGAT HALUS (PASIR) Berat minimum contoh 500 gram
No. 4	4.760	-	
No. 8	2.380	-	
No. 16	1.190	-	
No. 30	0.595	-	
No. 50	0.279	-	
No. 100	0.149	-	
No. 200	0.074	-	

Sumber : (Buku Panduan Beton UMSB, 1996)

i) Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh. Berat dari contoh disesuaikan dengan ukuran maksimum diameter agregat kasar yang digunakan.

### 3) Pelaksanaan Pemeriksaan

- a) Benda uji dikeringkan di dalam oven/kompur gas dengan suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , sampai berat contoh tetap.
- b) Benda uji dicurahkan pada perangkat saringan. Susunan saringan dimulai dari saringan paling besar di atas paling besar ditetapkan paling atas. Perangkat saringan diguncang dengan tangan atau mesin penggetar selama 15 menit.

#### 4) Perhitungan

Perhitungan pada pemeriksaan dengan menghitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing – masing saringan terhadap berat total benda uji.

#### d. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No. 200

##### 1) Tujuan Pemeriksaan

Tujuan pemeriksaan ini yaitu menentukan jumlah bahan dalam agregat halus yang lolos saringan No. 200 dengan cara pencucian.

##### 2) Alat dan Bahan

- a) Saringan No. 16 dan No. 200
- b) Wadah pencuci benda uji dengan kapasitas yang cukup besar.
- c) Oven/kompur gas
- d) Timbangan
- e) Talam
- f) Skop
- g) Berat minimum contoh agregat tergantung pada ukuran maksimum, dengan batasan sebagai berikut :

**Tabel 2.6** Ukuran Maksimum

2.36 mm	No. 8	100 gram
1.18 mm	No. 4	500 gram
9.50 mm	(3/8")	2000 gram
19.10 mm	(3/4")	2500 gram
38.10 mm	(1.5")	5000 gram

**Sumber :** (Buku Panduan Beton UMSB, 1996)

##### 3) Pelaksanaan Pemeriksaan

- a) Masukkan contoh agregat yang beratnya 1.25 kali berat minimum benda uji ke dalam talam. Keringkan dalam oven/kompur gas dengan suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  sampai mencapai berat tetap.
- b) Masukkan benda uji agregat ke dalam wadah dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.

- c) Guncang – guncangkan wadah dan tuangkan air cucian ke dalam susunan saringan No. 16 dan No. 200.
- d) Masukkan air pencuci baru dan ulangilah pekerjaan (c) sampai air cucian menjadi jernih.
- e) Semua bahan yang tertahan saringan No. 16 dan No. 200 kembalikan ke dalam wadah, kemudian masukkan seluruh bahan tersebut ke dalam talam yang telah diketahui beratnya ( $W_2$ ). Keringkan ke dalam oven, dengan suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  sampai mencapai berat tetap.
- f) Setelah kering timbang dan catat beratnya ( $W_3$ )
- g) Hitung berat bahan kering tersebut ( $W_4 = W_3 - W_2$ )

4) Perhitungan

Perhitungan dalam pemeriksaan ini menggunakan rumus Pers. 2.5 di bawah ini :

Jumlah bahan lewat saringan No. 200

$$= \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

$W_1$  = Berat uji semula (gram)

$W_4$  = Berat bahan tertahan saringan No. 200 (gram)

e. Pemeriksaan Zat Organik Pada Agregat Halus

1) Tujuan Pemeriksaan

Tujuan pemeriksaan ini untuk menentukan adanya kandungan bahan organic dalam agregat halus. Kandungan bahan organic yang berlebihan pada unsur bahan beton dapat mempengaruhi kualitas beton.

2) Alat dan Bahan

- a) Botol gelas tembus pandang dengan penutup karet atau gabus atau bahan penutup lainnya yang tidak bereaksi terhadap NaOH.
- b) Standar warna (*organic plate*).
- c) Larutan NaOH (3%).
- d) Contoh pasir dengan volume 115 ml.

### 3) Pelaksanaan Pemeriksaan

- a) Contoh benda uji dimasukkan ke dalam botol.
- b) Tambahkan senyawa NaOH 3%. Setelah dikocok, total volume menjadi kira – kira  $\frac{3}{4}$  volume botol.
- c) Botol ditutup erat – erat dengan penutup dan botol dikocok kembali. Diamkan botol selama 24 jam.
- d) Setelah 24 jam, bandingkan warna cairan yang terlihat dengan warna standar nomor iii apakah lebih tua atau lebih muda.

### 4) Perhitungan

Analisis kotoran organik berdasarkan observasi warna contoh terhadap warna standar nomor iii.

## f. Pemeriksaan Kadar Lumpur dalam Agregat Halus

### 1) Tujuan Pemeriksaan

Tujuan pemeriksaan ini yaitu menentukan kadar presentase kadar lumpur dalam agregat halus. Kandungan lumpur  $< 5\%$  merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

### 2) Alat dan Bahan

- a) Gelas ukur
- b) Alat pengaduk
- c) Contoh pasir secukupnya dalam kondisi lapangan dengan bahan pelarut air biasa.

### 3) Pelaksanaan Pemeriksaan

- a) Contoh benda uji dimasukkan ke dalam gelas ukur.
- b) Tambahkan air pada gelas ukur guna melarutkan lumpur.
- c) Gelas dikocokkan untuk mencuci pasir dari lumpur.
- d) Simpan gelas pada tempat yang datar dan biarkan lumpur mengendap setelah 24 jam.
- e) Ukur tinggi pasir ( $V_1$ ) dan tinggi lumpur ( $V_2$ ).

#### 4) Perhitungan

Perhitungan pada pemeriksaan ini menggunakan rumus Pers. 2.6 di bawah ini :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

#### g. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

##### 1) Tujuan Pemeriksaan

Pada pemeriksaan ini memiliki tujuan menentukan kadar air agregat dengan cara pengeringan.

##### 2) Alat dan Bahan

- a) Timbangan
- b) Oven/kompor gas
- c) Talam logam tahan karat
- d) Berat minimum contoh agregat tergantung pada ukuran maksimum, dengan batasan sebagai berikut :

**Tabel 2.7** Ukuran Maksimum

6.30 mm	(1/4")	0.50 kg
9.50 mm	(3/8")	1.50 kg
12.70 mm	(0.5")	2.00 kg
19.10 mm	(3/4")	3.00 kg
25.40 mm	(1.0")	4.00 kg
38.10 mm	(1.5")	6.00 kg
50.80 mm	(2.0")	8.00 kg
63.50 mm	(2.5")	10.00 kg
76.20 mm	(3.0")	13.00 kg
88.90 mm	(3.5")	16.00 kg
101.60 mm	(4.0")	25.00 kg
152.40 mm	(3.0")	50.00 kg

**Sumber :** (Buku Panduan Beton UMSB, 1996)

##### 3) Pelaksanaan Pemeriksaan

- a) Timbang dan catat berat talam ( $W_1$ ).
- b) Masukkan benda uji ke dalam talam dan kemudian berat talam / benda uji ditimbang. Catat beratnya ( $W_2$ ).
- c) Hitung berat benda uji  $W_3 = W_2 - W_1$ .

- d) Keringkan contoh benda uji bersama talam dalam oven/kompor gas pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  sampai mencapai bobot tetap.
- e) Setelah kering, contoh ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam ( $W_4$ ).
- f) Hitunglah berat benda uji kering  $W_5 = W_4 - W_1$ .

4) Perhitungan

Perhitungan pada pemeriksaan ini menggunakan rumus Pers. 2.7 di bawah ini :

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

$W_3$  = Berat contoh semula (gram)

$W_5$  = Berat contoh kering (gram)

h. Analisis *Specific-Gravity* dan Penyerapan Agregat Kasar

1) Tujuan Pemeriksaan

Pemeriksaan ini bertujuan menentukan “*bulk dan apparent*” *specific gravity* dan penyerapan (*absorption*) dari agregat halus menurut prosedur ASTM C127.

2) Alat dan Bahan

- a) Timbangan
- b) Keranjang besi diameter 203.2 mm (8”) dan tinggi 63.5 mm (2.5”)
- c) Alat penggantung keranjang
- d) Oven/kompor gas
- e) Handuk
- f) Berat contoh agregat disiapkan sebanyak 11 liter dalam keadaan kering muka (SSD = *Surface Saturated Dry*).

3) Pelaksanaan Pemeriksaan

- a) Benda uji direndam selama 24 jam.
- b) Benda uji dikering mukakan (kondisi SSD) dengan menggulungkan handuk pada butiran agregat.
- c) Timbang contoh. Hitung berat contoh kondisi SSD = A.

- d) Contoh benda uji dimasukkan ke keranjang dari direndam kembali di dalam air. Temperatur air jaga  $(73.4 \pm 3) ^\circ\text{F}$  dan kemudian ditimbang, setelah keranjang digoyang-goyangkan dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap. Hitung berat contoh kondisi jenuh = B.
- e) Contoh dikeringkan pada temperatur  $(212 - 130) ^\circ\text{F}$ . Setelah didinginkan, kemudian ditimbang. Hitung berat contoh kondisi kering = C

4) Perhitungan

Perhitungan pada pemeriksaan ini menggunakan rumus Pers. 2.8, Pers. 2.9, Pers. 2.10 dan Pers. 2.11 di bawah ini :

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{C}{C - B} \dots\dots(2.8)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity kondisi kering} = \frac{C}{A - B} \dots\dots(2.9)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity kondisi SSD} = \frac{A}{A - B} \dots\dots(2.10)$$

$$\text{Presentase (\% penyerapan (absorption))} = \frac{A - C}{C} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

i. Analisis *Specific-Gravity* dan Penyerapan Agregat Halus

1) Tujuan Pemeriksaan

Pemeriksaan ini bertujuan menentukan “*bulk dan apparent*” *specific gravity* dan penyerapan (*absorption*) dari agregat halus menurut prosedur ASTM C128.

2) Alat dan Bahan

- a) Timbangan
- b) Piknometer
- c) Cetakan kerucut pasir
- d) Tongkat pemadat dari logam
- e) Berat contoh agregat halus disiapkan sebanyak 1000 gram

3) Pelaksanaan Pemeriksaan

- a) Agregat halus yang jenuh air dikeringkan sampai diperoleh kondisi kering dengan indikasi contoh tercurah dengan baik.
- b) Sebagian dari contoh dimasukkan pada “*metal sand cone mold*”. Benda uji dipadatkan dengan tongkat pemadat (tamper). Jumlah tumbukan adalah 25 kali. Kondisi SSD contoh diperoleh, jika cetakan diangkat, butiran-butiran pasir longsor atau runtuh.
- c) Contoh agregat halus seberat 500 gram dimasukkan ke dalam piknometer. Isilah piknometer dengan air sampai 90% penuh. Bebaskan gelembung-gelembung udara dengan cara menggoyang-goyangkan piknometer. Rendamlah piknometer dengan suhu air  $(73.4 \pm 3)^\circ\text{F}$  selama 24 jam. Timbang berat piknometer yang berisi contoh dan air.
- d) Pisahkan contoh benda uji dari piknometer dan keringkan pada suhu  $(213 - 230)^\circ\text{F}$ . Langkah ini harus diselesaikan dalam waktu 24 jam (1 hari).
- e) Timbanglah berat piknometer yang berisi air sesuai dengan kapasitas kalibrasi pada temperatur  $(73.4 \pm 3)^\circ\text{F}$  dengan ketelitian 0.1 gram.

4) Perhitungan

Perhitungan pada pemeriksaan ini menggunakan rumus Pers. 2.12, Pers. 2.13, Pers. 2.14, dan Pers. 2.15 di bawah ini :

$$\text{Apperant Specific Gravity} = \frac{E}{E+D-C} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity (kering)} = \frac{E}{B+D-C} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity kondisi SSD} = \frac{B}{B+D-C} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\text{Presentase Absorpsi} = \frac{B-E}{E} \times 100\% \dots\dots(2.15)$$

Dimana : A = Berat Piknometer

B = Berat Contoh Kondisi SSD

C = Berat Piknometer + Contoh + Air

D = Berat Piknometer + Air

E = Berat Contoh Kering

## 2. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton yang direncanakan untuk menentukan suatu komposisi pemakaian material yang digunakan untuk campuran beton. dalam perencanaan ini harus memperhatikan aspek *workability*, *durability* dan *finishing* dengan mutu beton  $f'c$  14,53 MPa yang telah direncanakan.

**Tabel 2.8** Rencana Pengujian

No	Perbandingan Campuran	Umur Beton		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	0%	3	3	3
2	5%	3	3	3
3	7.5%	3	3	3
4	10%	3	3	3

Langkah – langkah perhitungan *mix design* beton normal mengacu pada SNI 03-2834-2000. Tujuannya adalah menentukan komposisi komponen/unsur beton basah dengan ketentuan kekuatan tekan karakteristik dan slump rencana.

Tabel berikut dapat dipergunakan untuk acuan nilai parameter yang perlu dalam perhitungan perencanaan berikut :

**Tabel 2.9** Perhitungan Perencanaan Campuran Beton

PENETAPAN VARIABEL PERENCANAAN		
1	Kategori Jenis Struktur	
2	Rencana SLUMP (TABEL III)	cm
3	Kekuatan Tekan Rencana Beton	kg/cm <sup>2</sup>
4	Modulus Kehalusan Agregat Halus	
5	Ukuran Maksimum Agregat Kasar (TABEL IV)	cm
6	<i>Specific Gravity</i> Agregat Halus (SSD)	
7	<i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar (SSD)	
8	Berat Isi Agregat Kasar	kg/m <sup>3</sup>
PERHITUNGAN KOMPOSISI UNSUR BETON		
9	Rencana Air Adukan/m <sup>3</sup> Beton (TABEL A)	kg/m <sup>3</sup>
10	Presentase Udara Yang Terperangkap (TABEL A)	
11	W/C Ratio (TABEL I)	
	W/C Ratio Maksimum (TABEL I)	

**Tabel 2.9 Lanjutan**

	Berat Semen (Nilai W/C Ratio Terkecil / (9))	
12	Berat Semen ((9) / (11))	kg
13	Volume Agregat Kasar Perlu/m <sup>3</sup> Beton (TABEL B)	
14	Berat Agregat Kasar Perlu ((13) x (8))	kg
15	Volume Semen (0,001 x (12) / 3,15)	m <sup>3</sup>
16	Volume Air (0,001 x (9))	m <sup>3</sup>
17	Volume Agregat Kasar (0,001 x (14) / (7))	m <sup>3</sup>
18	Volume Udara (10)	m <sup>3</sup>
19	Volume Perlu Agregat Halus/m <sup>3</sup> Beton (1m <sup>3</sup> - [(15) + (16) + (17) + (18)] m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>
<b>KOMPOSISI BERAT UNSUR ADUKAN/m<sup>3</sup> BETON</b>		
20	Semen (12)	kg
21	Air (9)	kg
22	Agregat Halus Kondisi SSD ((19) x (6) x 1000)	kg
23	Agregat Kasar Kondisi SSD (14)	kg
24	Faktor Semen ((20) / 50 (1 zak = 50 kg))	zak
<b>KOREKSI UKURAN AIR DAN BERAT UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN</b>		
25	Presentase Kadar Lembab Agregat Kasar (: mk)	
26	Absorpsi Agregat Kasar (: ak)	
27	Kadar Air Agregat Halus (: mh)	
28	Absorpsi Agregat Halus (: ah)	
29	Tambahan Air Adukan Dari Kondisi Agregat Kasar ((23) x [(ak - mk) / (1 - mh)])	
30	Tambahan Agregat Kasar Untuk Kondisi Lapangan ((23) x [(9mk - ak) / (1 - mk)])	
31	Tambahan Air Adukan Dari Kondisi Agregat Halus ((22) x [(ah - mh) / (1 - mh)])	
32	Tambahan Agregat Halus Untuk Kondisi Lapangan ((22) x [(mh - ah) / (1 - mh)])	
<b>KOMPOSISI AKHIR UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN/m<sup>3</sup> BETON</b>		
33	Semen (12)	
34	Air ((21) + (29) + (31))	
35	Agregat Halus Kondisi Lapangan ((22) + (32))	
36	Agregat Kasar Kondisi Lapangan ((23) + (30))	
<b>KOMPOSISI UNSUR CAMPURAN BETON/KAPASITAS MESIN MOLEN 0,03 m</b>		
37	Semen	kg
38	Air	kg
39	Agregat Halus Kondisi Lapangan	kg
40	Agregat Kasar Kondisi Lapangan	kg
<b>DATA SETELAH PELAKSANAAN</b>		
41	Sisa Air Campuran (jika ada)	kg
42	Penambahan Air Selama Pelaksanaan (jika ada)	kg
43	Jumlah Air Sebenarnya Yang Digunakan	kg
44	Nilai SLUMP Yang Diukur	cm

Sumber : (UMSB, 1996)

### 3. Pengujian Nilai *SLUMP*

Cara pengujian *slump* menurut SNI 1972-2008 adalah sebagai berikut :

- a. Membasahi kerucut, meletakkan di tempat yang basah, rata dan tidak menyerap air.
- b. Mengisi kerucut dengan beton segar dalam tiga lapis, masing – masing sepertiga dari volumenya.
- c. Menusuk setiap bagian sebanyak 25 kali.
- d. Meratakan bagian atasnya dan tunggu sampai 30 detik.
- e. Menarik kerucut tegak lurus vertikal dengan perlahan.
- f. Meletakkan tabung kerucut di samping beton segar, kemudian ukur beda tinggi kerucut dengan beton segar untuk mendapatkan nilai *slump*.

### 4. Pembuatan Benda Uji Silinder

Cara pembuatan benda uji silinder dengan cara mempersiapkan bahan sesuai dengan perhitungan *mix design*. Metode yang dilakukan untuk pembuatan beton adalah sebagai berikut :

- a. Persiapkan semua bahan dan timbang sesuai dengan berat rencana..
- b. Masukkan agregat kasar (*split*), agregat halus dan semen ke dalam *concrete mixer*.
- c. Setelah tercampur masukkan air sedikit demi sedikit, proses pencampuran tidak melebihi 5 menit untuk menjaga beton tidak mengeras waktu dimasukkan ke dalam silinder.
- d. Keluarkan beton segar dari *concrete mixer* dan masukkan ke dalam kerucut Abrams untuk pemeriksaan nilai *slump*.
- e. Setelah nilai *slump* didapatkan, kemudian beton dimasukkan ke dalam cetakan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan cara memasukkan beton segar, setelah itu ditusuk setiap lapisannya sebanyak 25 kali.

## 5. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan rencana dengan kuat tekan di lapangan. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan mesin pengujian kuat tekan atau CTM (*Compression Testing Machine*). Benda uji diuji pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari yang secara langsung dapat diketahui nilai kuat tekan tekannya dengan pembacaan skala pembebanan yang didapat pada waktu pengujian kuat tekan beton. Beban maksimum yang dapat diterima oleh benda uji dapat diketahui pada saat angka penunjuk tekanan mencapai nilai tertinggi diikuti dengan retak atau hancur pada benda uji setelah menerima beban maksimum.

Pada pengujian kuat tekan beton, benda uji diberi beban (P) dari atas perlahan demi perlahan sampai beton tersebut hancur.

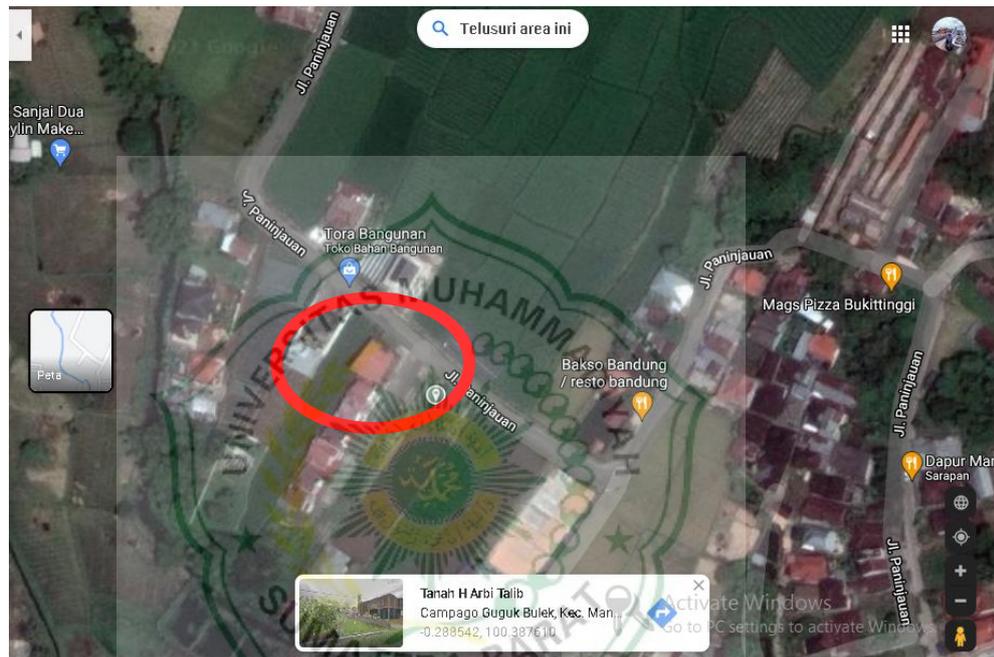
Langkah – langkah pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan benda uji silinder beton yang akan diuji.
- b. Meletakkan benda uji silinder yang akan diuji pada mesin kuat tekan beton (CTM).
- c. Mengatur jarum *Compression Testing Machine* tepat pada posisi nol.
- d. Menyalakan *Compression Testing Machine* kemudian membaca jarum penunjuk beban sampai benda uji mulai hancur.
- e. Mencatat besarnya nilai beban maksimum yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai kuat tekan silinder beton.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian beton penulis lakukan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Jalan Paninjauan, Kecamatan Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat.



**Gambar 3.1** Denah Lokasi Penelitian  
Sumber : *Google Maps* (12 Juni 2021)

### 3.2 Data Penelitian

#### 3.2.1 Data Primer

Menurut (Hasan, Pokok-Pokok Materi Metodologi Penelitian dan, 2002), Data Primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung di lapangan oleh orang yang melakukan penelitian atau yang bersangkutan yang memerlukannya. Data primer yang penulis peroleh yaitu dari hasil penelitian beton di laboratorium berdasarkan SNI atau aturan beton yang berlaku.

### 3.2.2 Data Sekunder

Menurut (Umar, 2013), Data Sekunder merupakan data primer yang telah diolah lebih lanjut dan disajikan baik oleh pihak pengumpul data primer atau oleh pihak lain misalnya dalam bentuk tabel – tabel atau diagram – diagram. Data sekunder yang penulis peroleh dari beberapa buku, jurnal yang berhubungan dengan penelitian beton dan buku panduan praktikum beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat serta konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

## 3.3 Metode Analisis Data

### 3.3.1 Metode Kualitatif

Data kualitatif yaitu data yang dinyatakan dengan atribut (baik, cukup, kurang). Penelitian kualitatif mengacu pada *context of discovery*, pada dasarnya mengharapkan penemuan sesuatu yang nantinya dapat diangkat menjadi hipotesis bagi penelitian selanjutnya. Hasil penelitian kualitatif tidak dapat digeneralisasikan.

### 3.3.2 Metode Kuantitatif

Data kuantitatif yaitu data yang dinyatakan dengan bilangan/angka. Penelitian kuantitatif mengacu pada *context of justification*, pada dasarnya menguji teori yang berkaitan dengan masalah penelitian melalui kerangka berpikir yang dirumuskan dalam hipotesis penelitian. Hasil penelitian kuantitatif dapat digeneralisasikan.

Metode yang penulis gunakan pada penelitian ini yaitu deskriptif kuantitatif yaitu dengan mendeskripsikan suatu penelitian dengan melaksanakan uji coba sebagian benda uji untuk memperoleh jawaban dari maksud dan tujuan penelitian.

### 3.4 Alat Dan Bahan Penelitian

#### 3.4.1 Alat Penelitian

1. Saringan standar ASTM  
Berfungsi untuk menyaring agregat halus dan agregat kasar.
2. *Shave Shaker Machine*  
Berfungsi untuk mengayak agregat halus dan agregat kasar.
3. Cawan  
Berfungsi sebagai wadah sampel dalam pemeriksaan bahan dalam campuran beton.
4. Oven  
Berfungsi mengeringkan agregat dalam pemeriksaan kadar air, berat jenis dan penyerapan agregat.
5. Gelas Ukur dan *Piknometer*  
Digunakan untuk mengukur berat jenis, volume air dan kadar lumpur.
6. Timbangan  
Digunakan untuk mengetahui berat bahan penyusun pada campuran beton.
7. Molen (*Concrete Mixer*)  
Digunakan untuk mengaduk dan mencampur bahan – bahan penyusun beton.
8. Kerucut Abrams  
Kerucut abrams dan batang baja penumbuk untuk memadatkan beton digunakan sebagai alat pengujian *slump* beton segar dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, tinggi 30 cm.
9. Cetakan Beton  
Berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm.
10. Alat Penguji Kuat Tekan  
Digunakan untuk menguji kuat tekan beton.

### 3.4.2 Bahan Penelitian

1. Bahan pengikat yang digunakan adalah Semen Padang PCC Tipe I.



**Gambar 3.2** Portland Cement  
**Sumber :** Dokumentasi Pribadi (12 Juni 2021)

2. Agregat halus yang digunakan yaitu Pasir Palembang.



**Gambar 3.3** Agregat Halus  
**Sumber :** Dokumentasi Pribadi (12 Juni 2021)

3. Agregat kasar menggunakan *split* dari Lubuak Aluang.



**Gambar 3.4** Agregat Kasar (*Split*)  
**Sumber :** Dokumentasi Pribadi (12 Juni 2021)

4. Air yang digunakan yaitu air dari Laboratorium Beton Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.



**Gambar 3.5** Air

**Sumber :** Dokumentasi Pribadi (12 Juni 2021)

5. Abu Bonggol Jagung

Bahan tambahan berupa abu dari hasil pembakaran bonggol jagung yang banyak didapatkan dari daerah Gadut dan sekitarnya.

Tahapan pembuatan abu bonggol jagung pada penelitian ini adalah:

- a. Mengumpulkan limbah bonggol jagung yang didapatkan dari pedagang makanan olahan daerah Gadut dan sekitarnya.



**Gambar 3.6** Pengumpulan Bonggol Jagung

**Sumber :** Dokumentasi Pribadi (20 Mei 2021)

- b. Menjemur limbah bonggol jagung langung di bawah sinar matahari supaya kadar air pada bonggol jagung berkurang sehingga mempermudah saat dibakar.



**Gambar 3.7** Penjemuran Bonggol Jagung  
**Sumber :** Dokumentasi Pribadi (4 Juni 2021)

- c. Pembakaran limbah bonggol jagung dilakukan secara bertahap dengan membakar limbah bonggol jagung berangsur – angsur agar limbah bonggol jagung terbakar dengan rata.



**Gambar 3.8** Pembakaran Bonggol Jagung  
**Sumber :** Dokumentasi Pribadi (6 Juni 2021)

- d. Pendinginan abu bonggol jagung dengan membiarkan abu tersebut sampai suhunya normal.



**Gambar 3.9** Pendinginan Abu Bonggol Jagung  
**Sumber :** Dokumentasi Pribadi (6 Juni 2021)

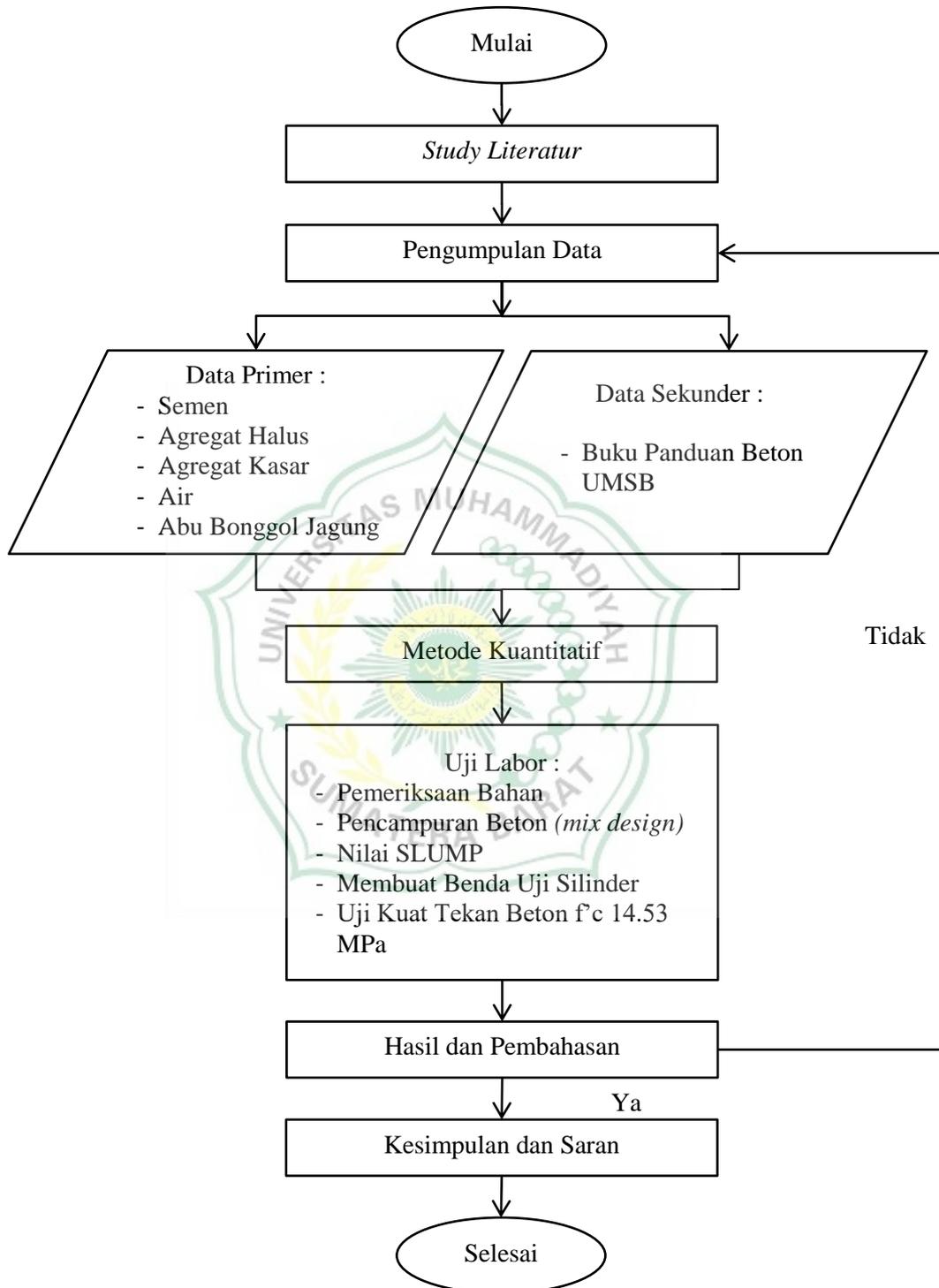
- e. Penyimpanan abu bonggol yang sudah dingin dalam wadah plastik.



**Gambar 3.10** Abu Bonggol Jagung  
**Sumber :** Dokumentasi Pribadi (7 Juni 2021)

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar alur proses penelitian yang penulis lakukan dapat dilihat pada gambar 3.11



Gambar 3.11 Diagram Alir Penelitian

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

Hasil pemeriksaan bahan – bahan yang digunakan dalam pembuatan beton dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat adalah sebagai berikut :

#### 1. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Piknometer No. 1

- a. Berat semen = 64 gram
- b. Volume I zat cair = 20,75 ml
- c. Volume II zat cair = 0,5 ml
- d. Berat isi air pada suhu 4°C = 1 gr/cm<sup>3</sup>
- e. Berat jenis semen  $\frac{a}{b-c} \times d = 3,16$  gr/cm<sup>3</sup>

#### 2. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

- a. Agregat Halus

Hasil pemeriksaan berat volume agregat halus terdapat pada **tabel 4.1**

**Tabel 4.1** Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus

Uraian Pengujian		Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan
		Padat	Gembur	Padat	Gembur	
A	Volume Wadah	10,1736	10,1736	10,1736	10,1736	liter
B	Berat Wadah	2,214	2,214	2,214	2,214	kg
C	Berat Wadah + Benda Uji	15,005	14,105	14,921	13,867	kg
D	Berat Benda Uji (C – B)	12,791	11,891	12,707	11,653	kg
E	Berat Volume ( $\frac{D}{A}$ )	1,257	1,169	1,249	1,145	kg/m <sup>3</sup>
Berat Volume Rata – Rata Kondisi Padat ( $\frac{E1+E2}{2}$ )				1,253		kg/m <sup>3</sup>
Berat Volume Rata – Rata Kondisi Gembur ( $\frac{E1+E2}{2}$ )				1,157		kg/m <sup>3</sup>

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)

b. Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan berat volume agregat kasar terdapat pada **tabel 4.2**

**Tabel 4.2** Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar

Uraian Pengujian		Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan
		Padat	Gembur	Padat	Gembur	
A	Volume Wadah	10,174	10,174	10,174	10,174	liter
B	Berat Wadah	2,214	2,214	2,214	2,214	kg
C	Berat Wadah + Benda Uji	18,398	16,123	17,689	15,665	kg
D	Berat Benda Uji (C – B)	16,184	13,909	15,475	13,451	kg
E	Berat Volume ( $\frac{D}{A}$ )	1,591	1,367	1,521	1,322	kg/m <sup>3</sup>
Berat Volume Rata – Rata Kondisi Padat ( $\frac{E1+E2}{2}$ )				1,556		kg/m <sup>3</sup>
Berat Volume Rata – Rata Kondisi Gembur ( $\frac{E1+E2}{2}$ )				1,345		kg/m <sup>3</sup>

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)

c. Abu Bonggol Jagung

Hasil pemeriksaan berat volume abu bonggol jagung terdapat pada **tabel 4.3**

**Tabel 4.3** Pemeriksaan Berat Volume Abu Bonggol Jagung

Uraian Pengujian		Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan
		Padat	Gembur	Padat	Gembur	
A	Volume Wadah	3,000	3,000	3,000	3,000	liter
B	Berat Wadah	7,386	7,386	7,386	7,386	kg
C	Berat Wadah + Benda Uji	8,259	7,886	7,980	7,686	kg
D	Berat Benda Uji (C – B)	0,873	0,500	0,594	0,300	kg
E	Berat Volume ( $\frac{D}{A}$ )	0,291	0,167	0,198	0,100	kg/m <sup>3</sup>
Berat Volume Rata – Rata Kondisi Padat ( $\frac{E1+E2}{2}$ )				0,245		kg/m <sup>3</sup>
Berat Volume Rata – Rata Kondisi Gembur ( $\frac{E1+E2}{2}$ )				0,133		kg/m <sup>3</sup>

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)

3. Pemeriksaan Zat Organik Pada Agregat Halus

Hasil percobaan benda uji merendam agregat halus (pasir) dengan campuran NaOH selama 24 jam yaitu terjadi perubahan warna pada air menjadi berwarna coklat muda yang berarti kandungan kadar organik cukup banyak.

#### 4. Analisis Saringan Agregat

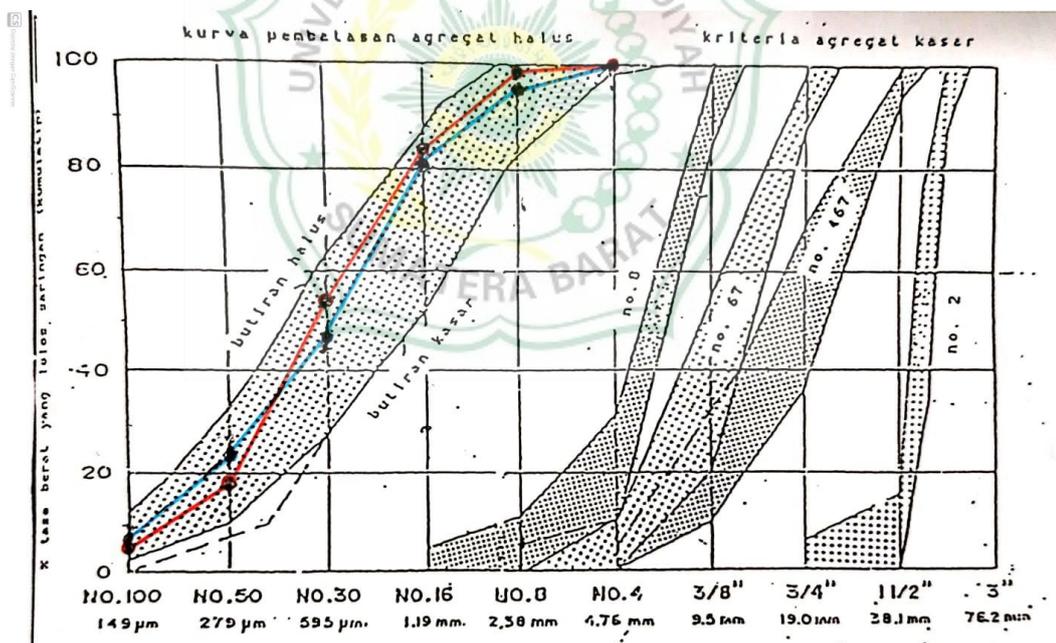
##### a. Analisis Saringan Agregat Halus

Hasil analisis saringan agregat halus terdapat pada **tabel 4.4**

**Tabel 4.4** Analisis Saringan Agregat Halus (Berat Contoh 500 gram)

No. Saringan	Ukuran Lobang Ayakan		Berat Tertahan (gram)		Persentase Tertahan		Persentase Berat Tertahan (Komulatif)		Persentase Berat Yang Lolos (Komulatif)	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	9,50	3/8	-	-	-	-	-	-	100	100
No 4	4,76	-	-	-	-	-	-	-	100	100
No 8	2,38	-	6	18	1,20	3,60	1,20	4,60	98,80	96,40
No 16	1,19	-	74	79	14,80	15,80	16,00	19,40	84,00	80,60
No 30	0,59	-	147	171	29,40	34,20	45,40	53,60	54,60	46,40
No 50	0,27	-	183	115	36,60	23,00	82,00	76,60	18,00	23,40
No 100	0,14	-	69	89	13,80	17,80	95,80	94,40	4,20	5,60
No 200	0,07	-	16	21	3,20	4,20	99,00	98,60	1,00	1,40
Wadah			5	7	Total (saringan no. 4 – no. 200)		339,40	346,20		
Total			500	500						
Rata – Rata Persentase Berat Komulatif							342,8			
Modulus Kehalusan							3,43			

Sumber : Hasil Penelitian (2021)



**Gambar 4.1** Grafik Persentase Berat Lolos Saringan Agregat Halus (%)

Sumber : Data Penelitian (2021)

Keterangan : Garis Merah = Pengujian 1

Garis Biru = Pengujian 2

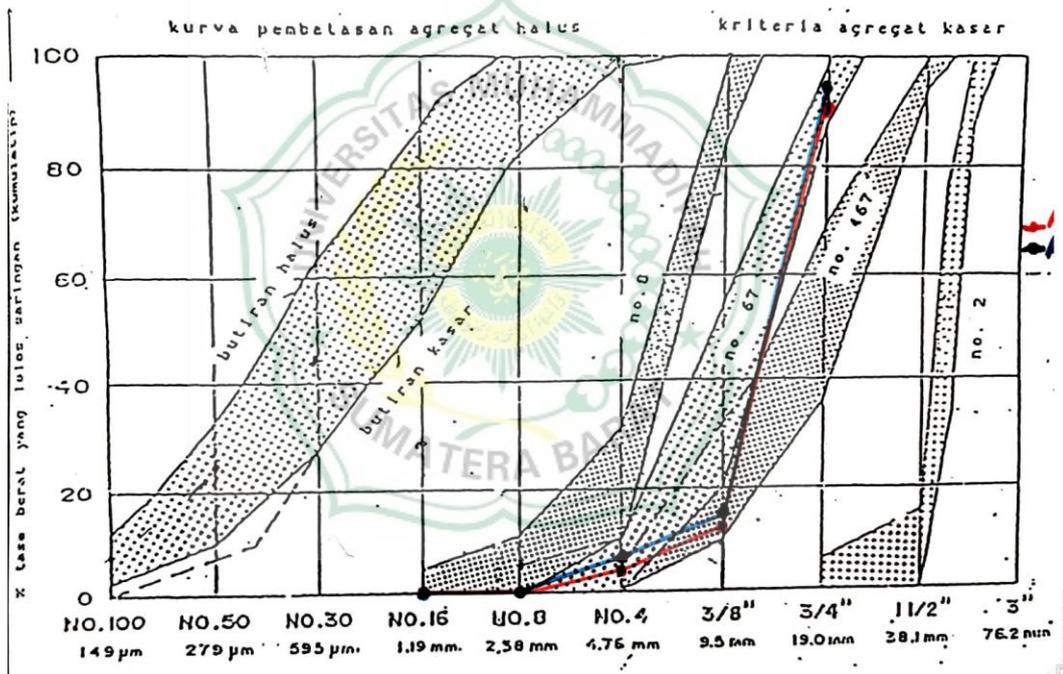
b. Analisis Saringan Agregat Kasar

Hasil analisis saringan agregat kasar terdapat pada **tabel 4.5**

**Tabel 4.5** Analisis Saringan Agregat Kasar (Berat Contoh 2500 kg)

No. Saringan	Ukuran Lobang Ayakan		Berat Tertahan (gram)		Persentase Tertahan		Persentase Berat Tertahan (Kumulatif)		Persentase Berat Yang Lolos (Kumulatif)	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	12,50	3/4	112	96	5,60	3,84	5,60	3,84	94,40	96,16
-	9,50	3/8	1630	2060	81,50	82,40	87,10	86,24	12,90	13,76
No 4	4,76	-	210	263	10,50	10,52	97,60	96,76	2,40	3,24
No 8	2,38	-	48	81	2,40	3,24	100	100	-	-
No 16	1,19	-	-	-	-	-	100	100	-	-
Wadah			-	-	Total (saringan no. 4 – no. 200)		390,30	386,84		
Total			2000	2500						
Rata – Rata Persentase Berat Kumulatif							388,57			

Sumber : Hasil Penelitian (2021)



**Gambar 4.2** Grafik Persentase Berat Lolos Saringan Agregat Kasar (%)

Sumber : Data Penelitian (2021)

Keterangan : Garis Merah = Pengujian 1

Garis Biru = Pengujian 2

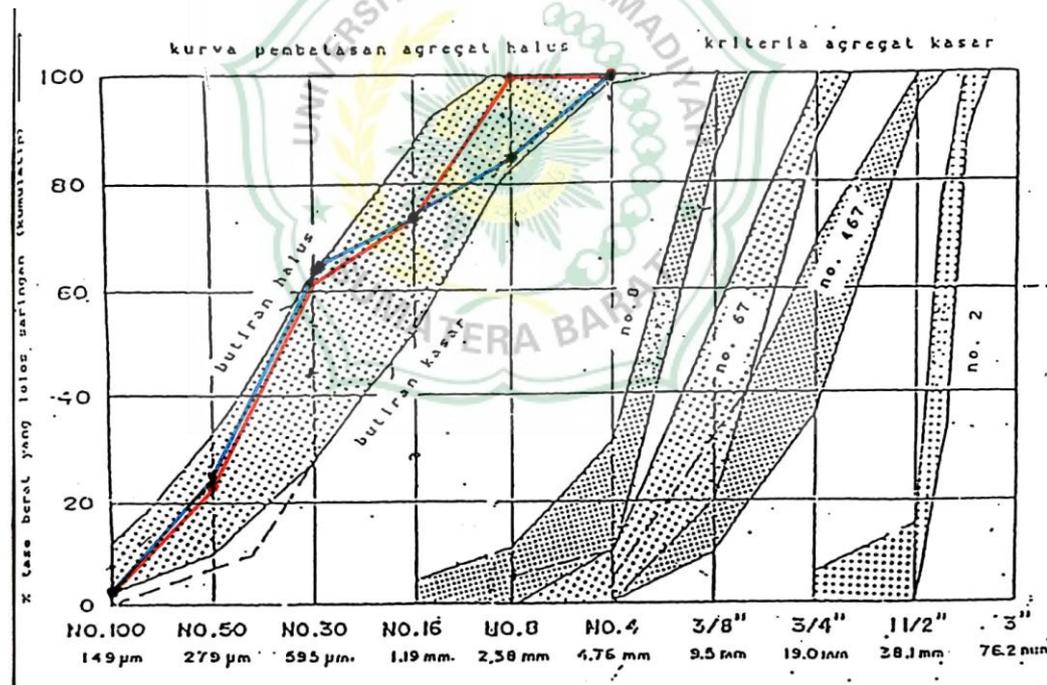
c. Analisis Saringan Abu Bonggol Jagung

Hasil analisis saringan abu bonggol jagung terdapat pada **tabel 4.6**

**Tabel 4.6** Analisis Saringan Abu Bonggol Jagung (Berat Contoh 500 gram)

No. Saringan	Ukuran Lobang Ayakan		Berat Tertahan (gram)		Persentase Tertahan		Persentase Berat Tertahan (Kumulatif)		Persentase Berat Yang Lolos (Kumulatif)	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	9,50	3/8	-	-	-	-	-	-	100	100
No 4	4,76	-	-	-	-	-	-	-	100	100
No 8	2,38	-	-	80	-	16	-	16	100	84
No 16	1,19	-	130	50	26	10	26	26	74	74
No 30	0,59	-	65	62	13	12,4	39	38,4	61	61,6
No 50	0,27	-	190	192	38	38,4	77	76,8	23	23,2
No 100	0,14	-	107	108	21,4	21,6	98,4	98,4	1,6	1,6
No 200	0,07	-	8	8	1,6	1,6	100	100	-	-
Wadah			-	-	Total (saringan no. 4 – no. 200)		340,4	355,6		
Total			500	500						
Rata – Rata Persentase Berat Kumulatif							348			
Modulus Kehalusan							3,48			

Sumber : Hasil Penelitian (2021)



**Gambar 4.3** Grafik Persentase Berat Lolos Saringan Abu Bonggol Jagung (%)

Sumber : Data Penelitian (2021)

Keterangan : Garis Merah = Pengujian 1

Garis Biru = Pengujian 2

5. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No. 200

Analisis jumlah bahan yang lewat saringan No. 200 dalam prosen. Jika prosentase bahan yang lewat > 5%, maka bahan mempunyai kandungan lumpur yang tinggi.

**Tabel 4.7** Pemeriksaan Agregat Lolos Saringan No. 200

Uraian Pengujian		Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
A	Berat Wadah	135	135	gr
B	Berat Wadah + Benda Uji	635	635	gr
C	Berat Benda Uji ( B – A)	500	500	gr
D	Berat Benda Uji Tertahan Dalam Saringan No. 16 dan No. 200	487	491	gr
E	Jumlah Bahan Lolos Saringan No. 200 ( $\frac{C-D}{C} \times 100\%$ )	2,6	1,8	%
F	Jumlah Bahan Lolos Saringan No. 200 Rata – Rata	2,2		%

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)

Dari percobaan di atas didapatkan prosentase bahan yang lewat 2,2% < 5%, maka bahan mempunyai kandungan lumpur yang rendah.

6. Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus

**Tabel 4.8** Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

No	Uraian Pengujian	Pengujian 1 (ml)	Pengujian 2 (ml)
1	Tinggi Pasir ( $V_1$ )	150	118
2	Tinggi Lumpur ( $V_2$ )	2	1
3	Kadar Lumpur ( $\frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100\%$ )	1,316%	0,840%
4	Kadar Lumpur Rata - Rata	1,078%	

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)

7. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

a. Agregat Halus

**Tabel 4.9** Kadar Air Agregat Halus

Uraian Pengujian		Pengujian 1 (gram)	Pengujian 2 (gram)
A	Berat Wadah	66	64
B	Berat Wadah + Benda Uji	566	342
C	Berat Benda Uji ( B – A)	500	278
D	Berat Benda Uji Kering	415	254
E	Kadar Air ( $\frac{C-D}{D} \times 100\%$ )	20,48%	9,45%
F	Kadar Air Rata – Rata	14,97%	

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)

b. Agregat Kasar

**Tabel 4.10** Kadar Air Agregat Kasar

Uraian Pengujian		Pengujian 1 (gram)	Pengujian 2 (gram)
A	Berat Wadah	445	445
B	Berat Wadah + Benda Uji	3445	3445
C	Berat Benda Uji (B – A)	3000	3000
D	Berat Benda Uji Kering	2936	2935
E	Kadar Air ( $\frac{C-D}{D} \times 100\%$ )	2,18%	2,21%
F	Kadar Air Rata – Rata		2,20%

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)

c. Abu Bonggol Jagung

**Tabel 4.11** Kadar Air Abu Bonggol Jagung

Uraian Pengujian		Pengujian (gram)
A	Berat Wadah	236
B	Berat Wadah + Benda Uji	436
C	Berat Benda Uji (B – A)	200
D	Berat Wadah + Benda Uji Kering	195
E	Kadar Air ( $\frac{C-D}{D} \times 100\%$ )	2,56%

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)

8. Analisis *Specific Gravity* Agregat

a. Analisis *Specific Gravity* Agregat Halus

**Tabel 4.12** Analisis *Specific Gravity* Agregat Halus

Uraian Pengujian		Pengujian 1 (gram)	Pengujian 2 (gram)
A	Berat Piknometer	190	190
B	Berat Contoh Kondisi SSD	500	500
C	Berat Piknometer + Air + Contoh SSD	961	982
D	Berat Piknometer + Air	688	689
E	Berat Contoh Kering	493	495
F	<i>Apparent Specific Gravity</i> ( $\frac{E}{E+D-C}$ )	2,24	2,45
G	<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi Kering ( $\frac{E}{B+D-C}$ )	2,17	2,39
H	<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi SSD ( $\frac{B}{B+D-C}$ )	2,20	2,41
I	Prosentase Absorpsi Air ( $\frac{B-E}{E} \times 100\%$ )	1,42%	1,01%
Rata – Rata Hasil Pengujian			
<i>Apparent Specific Gravity</i>			2,346 gr
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi Kering			2,282 gr
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi SSD			2,309 gr
Prosentase Absorpsi Air			1,20 %

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)

b. Analisis *Specific Gravity* Agregat Kasar

**Tabel 4.13** Analisis *Specific Gravity* Agregat Kasar

Uraian Pengujian		Pengujian 1 (gram)	Pengujian 2 (gram)
A	Berat Contoh SSD	8663	8652
B	Berat Contoh Dalam Air	4868	5619
C	Berat Contoh Kering Di Udara	8086	8496
D	<i>Apparent Specific Gravity</i> ( $\frac{C}{C-B}$ )	2,51	2,95
E	<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi Kering ( $\frac{C}{A-B}$ )	2,13	2,80
F	<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi SSD ( $\frac{A}{A-B}$ )	2,28	2,85
G	Prosentase Absorpsi Air ( $\frac{A-C}{C} \times 100\%$ )	7,14%	1,84%
Rata – Rata Hasil Pengujian			
<i>Apparent Specific Gravity</i>		2,733 gr	
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi Kering		2,466 gr	
<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi SSD		2,568 gr	
Prosentase Absorpsi Air		4,49 %	

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)

c. Analisis *Specific Gravity* Abu Bonggol Jagung

**Tabel 4.14** Analisis *Specific Gravity* Abu Bonggol Jagung

Uraian Pengujian		Pengujian	Satuan
A	Berat Piktometer	62,1	gr
B	Berat Contoh Kondisi SSD	100	gr
C	Berat Piktometer + Air + Contoh SSD	394	gr
D	Berat Piktometer + Air	310	gr
E	Berat Contoh Kering	85	gr
F	<i>Apparent Specific Gravity</i> ( $\frac{E}{E+D-C}$ )	85	gr
G	<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi Kering ( $\frac{E}{B+D-C}$ )	5,31	gr
H	<i>Bulk Specific Gravity</i> Kondisi SSD ( $\frac{B}{B+D-C}$ )	6,25	gr
I	Prosentase Absorpsi Air ( $\frac{B-E}{E} \times 100\%$ )	17,65	%

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)

#### 4.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perhitungan dari perencanaan campuran adukan beton dengan SNI 03-2834-2000, untuk analisis hitungan perencanaan beton. Rencana untuk kebutuhan bahan adukan beton pada **Tabel 4.15** berikut :

**Tabel 4.15** Perhitungan *Mix Design* Beton Normal

PENETAPAN VARIABEL PERENCANAAN		
1	Kategori Jenis Struktur	
2	Rencana SLUMP (TABEL III)	10 cm
3	Kekuatan Tekan Rencana Beton	14,5 MPa
	Kuat Tekan Beton Yang Disyaratkan Umur 28 Hari	$f'_c$ 14,5 MPa
	Kuat Tekan Rata-Rata Perlu Untuk Benda Uji Silinder Ø15 x 30 cm (1 MPa = 10,197 kg/cm <sup>2</sup> )	147,857 kg/cm <sup>2</sup>
	Kuat Tekan Rata-Rata Perlu Untuk Benda Uji Kubus 15 x 15 x 15 cm (1 MPa = 10,197 kg/cm <sup>2</sup> )	178,141 kg/cm <sup>2</sup>
4	Modulus Kehalusan Agregat Halus	3,43
5	Ukuran Maksimum Agregat Kasar (TABEL IV)	2,5 cm
6	<i>Specific Gravity</i> Agregat Halus (SSD)	2,309 gr
7	<i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar (SSD)	2,568 gr
8	Berat Isi Agregat Kasar	1,556 kg/m <sup>3</sup>
PERHITUNGAN KOMPOSISI UNSUR BETON		
9	Rencana Air Adukan/m <sup>3</sup> Beton (TABEL A)	193 kg/m <sup>3</sup>
10	Presentase Udara Yang Terperangkap (TABEL A)	1,5 %
11	W/C Ratio (TABEL I)	0,53
	W/C Ratio Maksimum (TABEL I)	0,80
	Berat Semen (Nilai W/C Ratio Terkecil / (9))	0,003
	Berat Jenis Semen (a)	3,16
12	Berat Semen ((9) / (11))	364,151 kg
13	Volume Agregat Kasar Perlu/m <sup>3</sup> Beton (TABEL B)	0,63
14	Berat Agregat Kasar Perlu ((13) x (8))	980,28 kg
15	Volume Semen (0,001 x (12) / 3,15)	0,115 m <sup>3</sup>
16	Volume Air (0,001 x (9))	0,193 m <sup>3</sup>
17	Volume Agregat Kasar (0,001 x (14) / (7))	0,382 m <sup>3</sup>
18	Volume Udara (10)	0,015 m <sup>3</sup>
19	Volume Perlu Agregat Halus/m <sup>3</sup> Beton (1m <sup>3</sup> - [(15) + (16) + (17) + (18)] m <sup>3</sup> )	0,295 m <sup>3</sup>
KOMPOSISI BERAT UNSUR ADUKAN/m <sup>3</sup> BETON		
20	Semen (12)	364,151 kg
21	Air (9)	193 kg
22	Agregat Halus Kondisi SSD ((19) x (6) x 1000)	681,155 kg
23	Agregat Kasar Kondisi SSD (14)	980,280 kg
24	Faktor Semen ((20) / 50 (1 zak = 50 kg))	7,283 zak
KOREKSI UKURAN AIR DAN BERAT UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN		
25	Presentase Kadar Lembab Agregat Kasar (: mk)	0,022
26	Absorpsi Agregat Kasar (: ak)	0,0449
27	Kadar Air Agregat Halus (: mh)	0,1497
28	Absorpsi Agregat Halus (: ah)	0,0120

**Tabel 4.15 Lanjutan**

29	Tambahan Air Adukan Dari Kondisi Agregat Kasar ((23) x [(ak – mk) / (1 – mk)])	22,953 kg
30	Tambahan Agregat Kasar Untuk Kondisi Lapangan ((23) x [(mk – ak) / (1 – mk)])	-22,953 kg
31	Tambahan Air Adukan Dari Kondisi Agregat Halus ((22) x [(ah – mh) / (1 – mh)])	-110,308 kg
32	Tambahan Agregat Halus Untuk Kondisi Lapangan ((22) x [(mh – ah) / (1 – mh)])	110,308 kg
<b>KOMPOSISI AKHIR UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN/m<sup>3</sup> BETON</b>		
33	Semen (12)	364,151 kg
34	Air ((21) + (29) + (31))	105,645 kg
35	Agregat Halus Kondisi Lapangan ((22) + (32))	791,46 kg
36	Agregat Kasar Kondisi Lapangan ((23) + (30))	957,33 kg
<b>KOMPOSISI UNSUR CAMPURAN BETON/KAPASITAS MESIN MOLEN</b>		<b>0,0477 m<sup>3</sup></b>
37	Semen	17,366 kg
38	Air	5,038 kg
39	Agregat Halus Kondisi Lapangan	37,744 kg
40	Agregat Kasar Kondisi Lapangan	45,654 kg
<b>DATA SETELAH PELAKSANAAN</b>		
41	Sisa Air Campuran (jika ada)	- kg
42	Penambahan Air Selama Pelaksanaan (jika ada)	- kg
43	Jumlah Air Sesungguhnya Yang Digunakan	5,038 kg
44	Nilai SLUMP Yang Diukur	9 cm

Sumber : Hasil Penelitian (2021)

**Tabel 4.16** Perhitungan *Mix Design* Beton Campuran Abu Bonggol Jagung

<b>KOMPOSISI SUBSTITUSI ABU BONGGOL JAGUNG TERHADAP BERAT AGREGAT HALUS</b>				
Komposisi	Campuran 5%	Campuran 7,5%	Campuran 10%	Sat
Semen	17,366	17,366	17,366	kg
Air	5,038	5,038	5,038	kg
Agregat Halus	35,857	34,913	33,97	kg
Agregat Kasar	45,654	45,654	45,654	kg
Abu Bonggol Jagung	1,887	2,831	3,774	kg

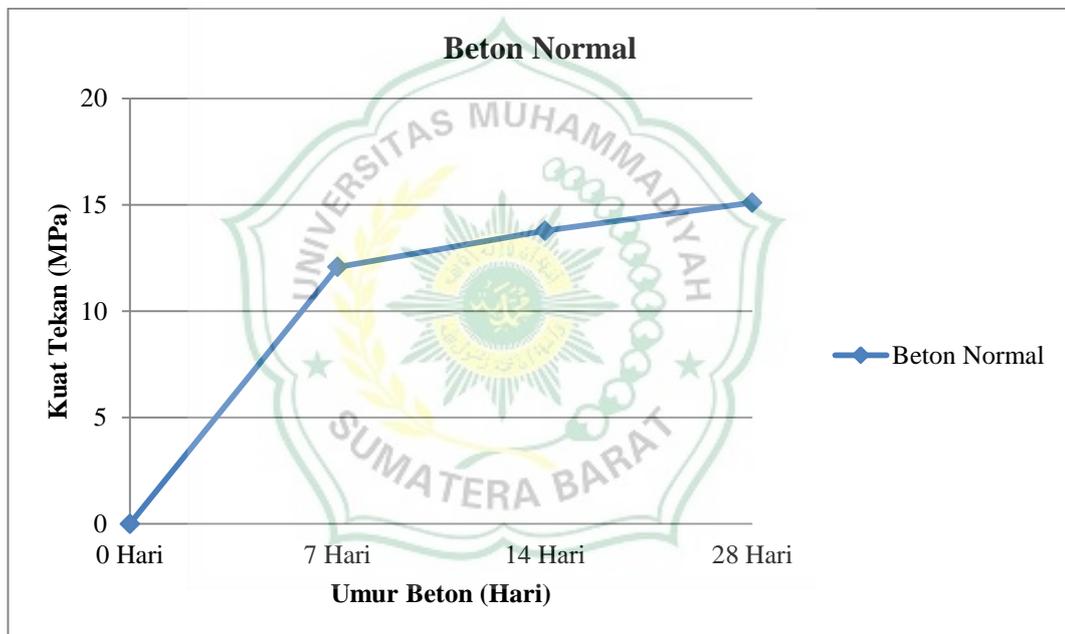
### 4.3 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan agar mendapatkan perbandingan nilai kuat tekan beton normal dengan beton yang agregat halus disubstitusi abu bonggol jagung dengan persentase 5%, 7,5% 10%. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Beton, Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Dari hasil penelitian didapat nilai kuat tekan sebagai berikut :

**Tabel 4.17** Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	mm <sup>2</sup>	Ton	MPa	MPa	kg/cm <sup>2</sup>
Normal	7	11157	17662.5	21	11.89	12.08	145.52
		11780	17662.5	20	11.32		
		11976	17662.5	23	13.02		
	14	11878	17662.5	24	13.59	13.78	165.99
		11097	17662.5	25	14.15		
		11455	17662.5	24	13.59		
	28	11100	17662.5	30	16.99	15.10	181.90
		11588	17662.5	24	13.59		
		11899	17662.5	26	14.72		

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)



**Gambar 4.4** Grafik Kuat Tekan Beton Normal

**Sumber :** Data Penelitian (2021)

Deviasi Standar Beton Normal Umur 28 Hari :

$$\begin{aligned}
 \sum \sigma_b &= x_1 + x_2 + x_3 \\
 &= 16,99 + 13,59 + 14,72 \\
 &= 45,29 \text{ MPa} \\
 \sigma'_{bm} &= 45,29 / 3 \\
 &= 15,1 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.18** Perhitungan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari Beton Normal

No	$\sigma'b - \sigma'bm$	$(\sigma'b - \sigma'bm)^2$
	MPa	MPa
1	16,99 – 15,1 = 1.89	3.56
2	13,59 – 15,1 = -1.51	2.28
3	14,72 – 15,1 = -0.38	0.14
Jumlah		5.98

**Sumber :** Hasil Perhitungan (2021)

Nilai Deviasi Standar Benda Uji :

$$Sd = \sqrt{\frac{(\sigma'b - \sigma'bm)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{5,98}{3-1}} = 1,73 \text{ MPa}$$

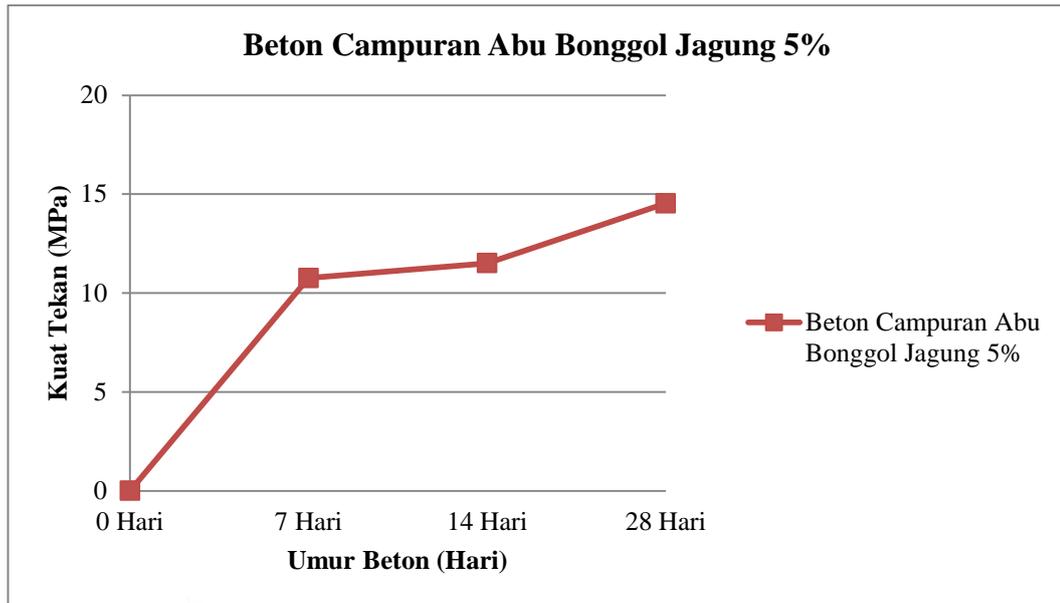
Jadi kekuatan tekan karakteristik beton adalah :

$$\begin{aligned} \sigma'bk &= \sigma'bm - (1,64 \times Sd) \\ &= 15,1 - (1,64 \times 1,73) \\ &= 12,26 \text{ MPa} \end{aligned}$$

**Tabel 4.19** Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 5%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	mm <sup>2</sup>	Ton	MPa	MPa	kg/cm <sup>2</sup>
ABJ 5%	7	11667	17662.5	18	10.19	10.76	129.61
		11631	17662.5	20	11.32		
		11683	17662.5	19	10.76		
	14	11439	17662.5	21	11.89	11.51	138.70
		11834	17662.5	21	11.89		
		11538	17662.5	19	10.76		
	28	11594	17662.5	25	14.15	14.53	175.08
		11927	17662.5	28	15.85		
		11859	17662.5	24	13.59		

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)



**Gambar 4.5** Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 5%  
**Sumber :** Data Penelitian (2021)

Deviasi Standar Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 5% Umur 28 Hari :

$$\begin{aligned} \sum \sigma_b &= x_1 + x_2 + x_3 \\ &= 14,15 + 15,85 + 13,59 \\ &= 43,59 \text{ MPa} \\ \sigma'_{bm} &= 43,59 / 3 \\ &= 14,53 \text{ MPa} \end{aligned}$$

**Tabel 4.20** Perhitungan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari Persentase 5%

No	$\sigma'_b - \sigma'_{bm}$	$(\sigma'_b - \sigma'_{bm})^2$
	MPa	MPa
1	$14.15 - 14.53 = -0.38$	0.14
2	$15.85 - 14.53 = 1.32$	1.75
3	$13.59 - 14.53 = -0.94$	0.89
Jumlah		2.78

**Sumber :** Hasil Perhitungan (2021)

Nilai Deviasi Standar Benda Uji :

$$S_d = \sqrt{\frac{(\sigma'_b - \sigma'_{bm})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,78}{3-1}} = 1,18 \text{ MPa}$$

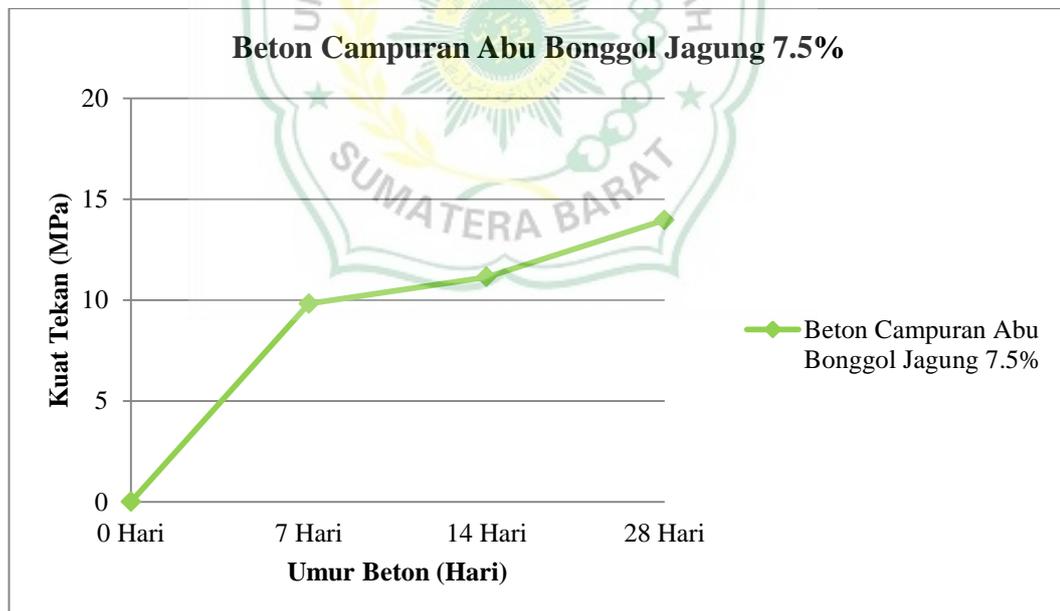
Jadi kekuatan tekan karakteristik beton adalah :

$$\begin{aligned}\sigma'_{bk} &= \sigma'_{bm} - (1,64 \times S_d) \\ &= 14,53 - (1,64 \times 1,18) \\ &= 12,6 \text{ MPa}\end{aligned}$$

**Tabel 4.21** Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 7.5%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	mm <sup>2</sup>	Ton	MPa	MPa	kg/cm <sup>2</sup>
ABJ 7.5%	7	11577	17662.5	17	9.62	9.81	118.24
		11946	17662.5	16	9.06		
		11984	17662.5	19	10.76		
	14	11265	17662.5	21	11.89	11.13	134.15
		11543	17662.5	20	11.32		
		11633	17662.5	18	10.19		
	28	11586	17662.5	32	18.12	13.97	168.26
		11791	17662.5	22	12.46		
		11987	17662.5	20	11.32		

Sumber : Hasil Penelitian (2021)



**Gambar 4.6** Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 7.5%

Sumber : Data Penelitian (2021)

Deviasi Standar Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 7.5% Umur 28 Hari:

$$\begin{aligned}\sum\sigma_b &= x_1 + x_2 + x_3 \\ &= 18,12 + 12,46 + 11,32 \\ &= 41,9 \text{ MPa} \\ \sigma'_{bm} &= 41,9 / 3 \\ &= 13,97 \text{ MPa}\end{aligned}$$

**Tabel 4.22** Perhitungan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari Persentase 7.5%

No	$\sigma'_b - \sigma'_{bm}$	$(\sigma'_b - \sigma'_{bm})^2$
	MPa	MPa
1	18.12 - 13.97 = 4.15	17.24
2	12.46 - 13.97 = -1.51	2.28
3	11.32 - 13.97 = -2.64	6.98
Jumlah		26.50

**Sumber :** Hasil Perhitungan (2021)

Nilai Deviasi Standar Benda Uji :

$$S_d = \sqrt{\frac{(\sigma'_b - \sigma'_{bm})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{26,50}{3-1}} = 3,64 \text{ MPa}$$

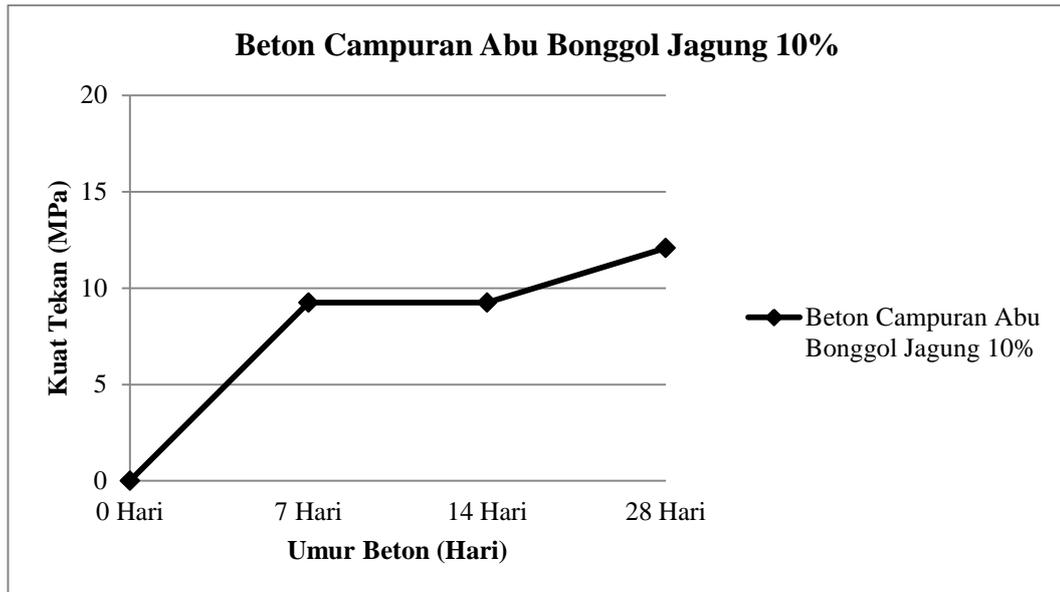
Jadi kekuatan tekan karakteristik beton adalah :

$$\begin{aligned}\sigma'_{bk} &= \sigma'_{bm} - (1,64 \times S_d) \\ &= 13,97 - (1,64 \times 3,64) \\ &= 8 \text{ MPa}\end{aligned}$$

**Tabel 4.23** Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 10%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	mm <sup>2</sup>	Ton	MPa	MPa	kg/cm
ABJ 10%	7	11722	17662.5	16	9.06	9.25	111.42
		11344	17662.5	16	9.06		
		11641	17662.5	17	9.62		
	14	11728	17662.5	16	9.06	9.25	111.42
		11424	17662.5	15	8.49		
		11678	17662.5	18	10.19		
	28	11713	17662.5	20	11.32	12.08	145.52
		11659	17662.5	24	13.59		
		11769	17662.5	20	11.32		

**Sumber :** Hasil Penelitian (2021)



**Gambar 4.7** Grafik Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 10%  
**Sumber :** Data Penelitian (2021)

Deviasi Standar Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 10% Umur 28 Hari :

$$\begin{aligned} \sum \sigma_b &= x_1 + x_2 + x_3 \\ &= 11,32 + 13,59 + 11,32 \\ &= 36,23 \text{ MPa} \\ \sigma'_{bm} &= 37,37 / 3 \\ &= 12,08 \text{ MPa} \end{aligned}$$

**Tabel 4.24** Perhitungan Kekuatan Beton Pada Umur 28 Hari Persentase 10%

No	$\sigma'_{b} - \sigma'_{bm}$	$(\sigma'_{b} - \sigma'_{bm})^2$
	MPa	MPa
1	$11.32 - 12.08 = -0.75$	0.57
2	$13.59 - 12.08 = 1.51$	2.28
3	$11.32 - 12.08 = -0.75$	0.57
Jumlah		3.42

**Sumber :** Hasil Perhitungan (2021)

Nilai Deviasi Standar Benda Uji :

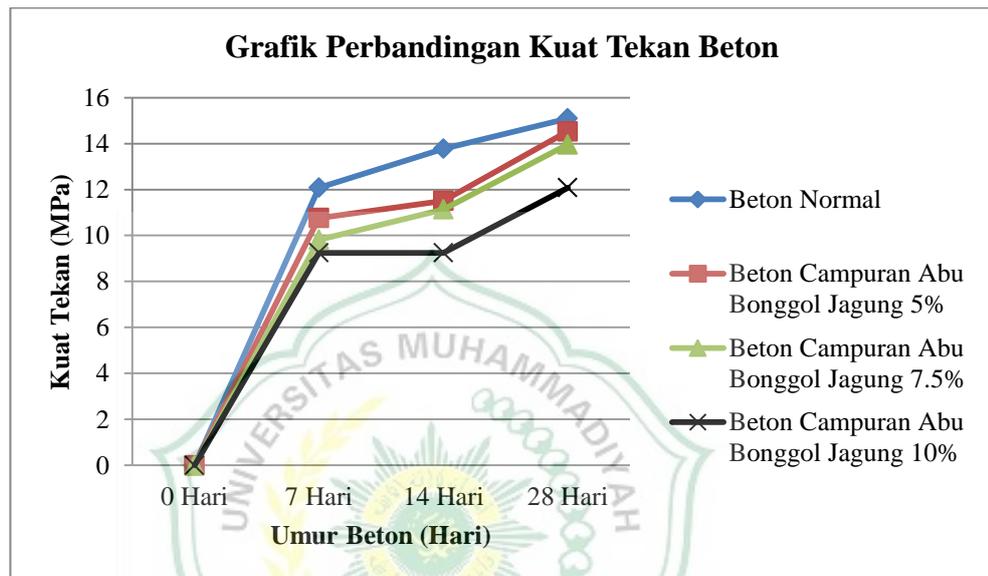
$$S_d = \sqrt{\frac{(\sigma'_{b} - \sigma'_{bm})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3,42}{3-1}} = 1,31 \text{ MPa}$$

Jadi kekuatan tekan karakteristik beton adalah :

$$\begin{aligned} \sigma'_{bk} &= \sigma'_{bm} - (1,64 \times S_d) \\ &= 12,08 - (1,64 \times 1,31) = 9,93 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### 4.4 Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung

Tujuan dari pengujian kuat tekan beton agar mengetahui beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton. Penelitian dilakukan dengan membandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang agregat halus disubstitusikan dengan abu bonggol jagung persentase 5%, 7.5% 10%. Hasil dari penelitian dapat dilihat pada **gambar 4.8** berikut ini :



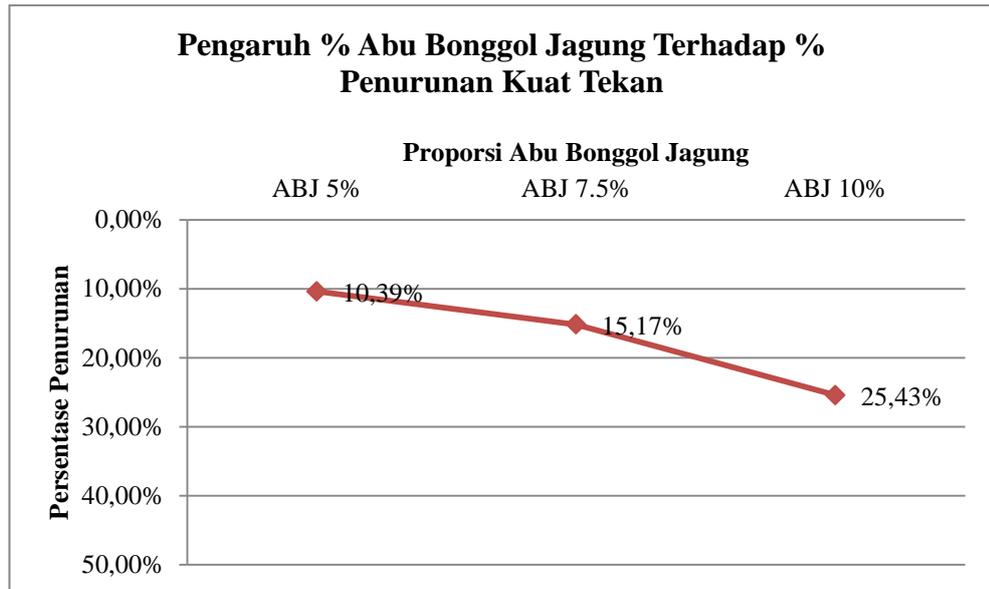
**Gambar 4.8** Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung  
**Sumber :** Data Penelitian (2021)

Besar penurunan dapat dihitung dengan membandingkan selisih antara kuat tekan beton normal dan kuat tekan beton campuran abu bonggol jagung yang dapat dilihat pada **tabel 4.25** berikut ini :

**Tabel 4.25** Rata – Rata Penurunan Kuat Tekan Beton Berdasarkan Persentase Abu Bonggol Jagung

Umur Pengujian	% Penurunan Kuat Tekan Beton Berdasarkan % Abu Bonggol Jagung		
	ABJ 5%	ABJ 7.5%	ABJ 10%
7 Hari	10.93	18.79	23.43
14 Hari	16.47	19.23	32.87
28 Hari	3.77	7.48	20.00
Rata - rata	10.39	15.17	25.43

**Sumber :** Hasil Perhitungan (2021)



**Gambar 4.9** Pengaruh % Abu Bonggol Jagung Terhadap % Penurunan Kuat Tekan Beton  
**Sumber :** Data Penelitian (2021)

Dari **gambar 4.9** didapatkan hasil substitusi agregat halus persentase 5%, 7.5% dan 10% dengan abu bonggol jagung terhadap beton normal terjadi penurunan. Semakin banyak persentase substitusi agregat halus dengan abu bonggol jagung semakin rendah nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dan semakin besar penurunan yang terjadi. Dari **gambar 4.9** juga menunjukkan bahwa proporsi 5% abu bonggol jagung adalah proporsi paling optimum untuk kemampuan kuat tekan beton dibandingkan dengan proporsi 7.5% dan 10%.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian beton normal dan beton yang agregat halus disubstitusikan dengan abu bonggol jagung persentase 5%, 7.5% dan 10% dapat disimpulkan :

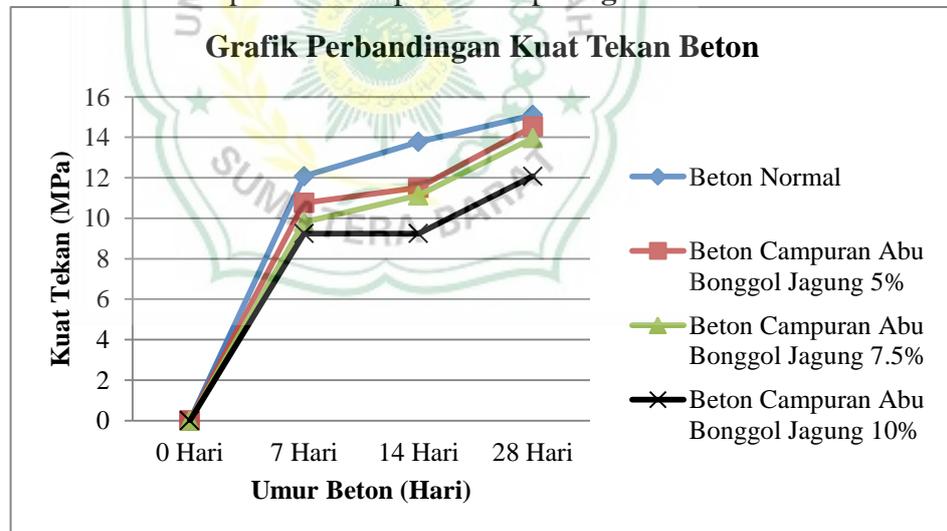
1. Kuat tekan optimal pada substitusi agregat halus dengan abu bonggol jagung 0%, 5%, 7.5% dan 10% terdapat pada **tabel 5.1**

**Tabel 5.1** Hasil Penelitian Beton Normal dan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung

No	Beton	Umur		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	Beton Normal	12,08 MPa	13,78 MPa	15,10 MPa
2	Campuran ABJ 5%	10,76 MPa	11,51 MPa	14,53 MPa
3	Campuran ABJ 7.5%	9,81 MPa	11,13 MPa	13,97 MPa
4	Campuran ABJ 10%	9,25 MPa	9,25 MPa	12,08 MPa

Sumber : Hasil Penelitian (2021)

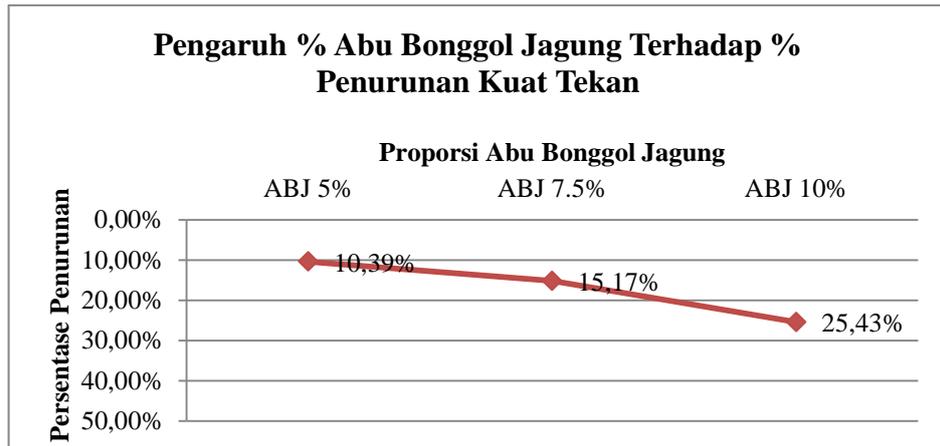
Grafik dari hasil penelitian dapat dilihat pada **gambar 5.1** berikut ini :



**Gambar 5.1** Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung

Sumber : Data Penelitian (2021)

2. Nilai kuat tekan rata – rata yang dihasilkan dari beton campuran abu bonggol jagung 5%, 7.5% dan 10% mengalami penurunan, terlihat pada **gambar 5.2**



**Gambar 5.2** Pengaruh % Abu Bonggol Jagung Terhadap % Penurunan Kuat Tekan Beton

**Sumber :** Data Penelitian (2021)

3. Semakin banyak abu bonggol jagung digunakan semakin rendah kuat tekan beton.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan nilai yang didapatkan dari penelitian tersebut, perlu beberapa koreksi yang harus diperhatikan sebagai pedoman dan acuan penelitian selanjutnya agar dapat lebih baik. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Untuk mempertahankan dan meningkatkan kuat tekan beton dengan penggunaan abu bonggol jagung sebagai bahan substitusi agregat halus campuran pada beton disarankan  $<5\%$  dari berat agregat halus.
2. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya jumlah benda uji lebih diperbanyak lagi untuk mendapatkan pengaruh penambahan abu bonggol jagung terhadap beton normal yang optimal.
3. Diharapkan dilakukan kajian lebih lanjut dari campuran beton dengan menggunakan abu bonggol jagung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alkhaly, Y. R. (2016). Perbandingan Rancangan Campuran Beton Berdasarkan SNI 03-2834-2000 Dan SNI 7656: 2012 Pada Mutu Beton 20 MPa. *Teras Jurnal*, 11-18.
- Badan Standar Nasional. (2013). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. SNI 2847:2013. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Untuk Beton Normal. SNI 03-2834-2000. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional. (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Bahar, S., Fata, N. A., Suhanda, R., & Kurniawati, E. (2004). *Pedoman Pekerjaan Beton*. Jakarta: Biro Enjiniring Pt Wijaya Karya.
- Fakhrunisa, N., Djatmika, B., & Karjanto, A. (2018). Kajian Penambahan Abu Bonggol Jagung Yang Bervariasi Dan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Beton Memadat Sendiri (Self – Compacting Concrete). *Jurnal Bangunan*, 9-18.
- Hasan, I. M. (2002). *Pokok-Pokok Materi Metodologi Penelitian Dan*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Hasan, I. M. (2002). *Pokok-Pokok Materi Metodologi Penelitian Dan Aplikasinya*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Koswara, J. (1991). *Budi Daya Jagung*. Bogor: Jurusan Budi Daya Pertanian Ipb.
- Kurniawan, D. (2021). Analisis Beton Serat Dengan Kawat Bendrat Dan Substitusi Agregat Kasar Dengan Limbah Plastik. *Ensiklopedia of Journal*, 3(2), 1-9.
- Masril, M. (2018). Perbandingan Kuat Tekan Beton antara Campuran Agregat Kasar Batu Pecah (Split) dengan Batu Alam Palembang untuk Beton Struktur. *Rang Teknik Journal*, 1(1).
- Masril, M. (2019). Analisa Kekuatan Agregat Klas A Material Kabupaten Solok. *Rang Teknik Journal*, 2(2).

- Masril, M. (2020). Perbandingan Kuat Tekan Beton Antara Campuran Agregat Kasar Batu Pecah Dengan Agregat Kasar Batu Alam Payakumbuh Untuk Beton Struktur. *Ensiklopedia of Journal*, 2(3), 123-129.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Nadia, & Fauzi, A. (2011). Pengaruh Kadar Silika Pada Agregat Halus Campuran Beton Terhadap Peningkatan Kuat Tekan. *Jurnal Konstruksia*, 35-43.
- Octari, Merisa. (2020). *Analisis Substitusi Agregat Halus Dengan Sekam Padi Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton*. Skripsi. Bukittinggi: Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Kmts Ft Ugm.
- Umar, H. (2013). *Metode Penelitian Untuk Skripsi Dan Tesis*. Jakarta: Rajawali.
- Umsb, T. D. (1996). *Panduan Praktikum Beton Jurusan Sipil Umsb*. Bukittinggi.
- Yunus, A. (2010). *Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Dengan Bahan Tambah Fly Ash Sebagai Bahan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*. Surakarta: Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.





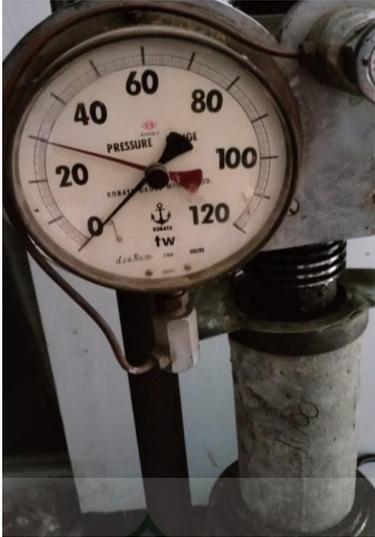
# LAMPIRAN

**DOKUMENTASI**  
**HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON**

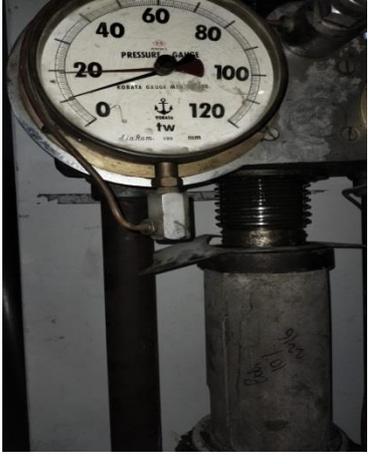
1. Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 A close-up photograph of a circular pressure gauge with a white face and black markings. The scale ranges from 0 to 120 with major increments every 20 units. The needle is positioned at approximately 21. The gauge is mounted on a metal stand and is connected to a concrete test specimen.	21
Sampel 2	 A photograph showing two pressure gauges mounted on a metal stand. The gauge on the left has a needle pointing to approximately 20. The gauge on the right has a needle pointing to approximately 20. Both gauges are connected to a concrete test specimen.	20
Sampel 3	 A close-up photograph of a circular pressure gauge with a white face and black markings. The scale ranges from 0 to 120 with major increments every 20 units. The needle is positioned at approximately 23. The gauge is mounted on a metal stand and is connected to a concrete test specimen.	23

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A photograph of a pressure gauge on a testing machine. The gauge has a scale from 0 to 120 with major markings every 20 units. The needle is pointing to approximately 25. The text 'PRESSURE GAUGE' and 'KORATA GAUGE METER' is visible on the gauge face.</p>	24
Sampel 2	 <p>A photograph of a pressure gauge on a testing machine. The gauge has a scale from 0 to 120 with major markings every 20 units. The needle is pointing to approximately 25. The text 'PRESSURE GAUGE' and 'KORATA GAUGE METER' is visible on the gauge face. A watermark for 'UNIVERSITAS INDAH ANINDITA SUMATERA BARAT' is overlaid on the image.</p>	24
Sampel 3	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge on a testing machine. The gauge has a scale from 0 to 120 with major markings every 20 units. The needle is pointing to approximately 25. The text 'PRESSURE GAUGE' and 'KORATA GAUGE METER' is visible on the gauge face.</p>	25

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge. The dial is white with black markings and numbers from 0 to 120 in increments of 20. The needle is pointing to approximately 30. The gauge is mounted on a metal frame.</p>	30
Sampel 2	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge, similar to the one in Sample 1. The needle is pointing to approximately 24. A faint watermark of a university logo is visible in the background.</p>	24
Sampel 3	 <p>A photograph showing two pressure gauges mounted on a metal frame. The left gauge has a needle pointing to approximately 26. The right gauge is smaller and has a needle pointing to approximately 10.</p>	26

2. Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 5%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A photograph of a pressure gauge attached to a concrete cylinder. The gauge face is white with black markings and a red needle. The needle points to the 18 mark on the scale. The scale has major numbers at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. Text on the gauge includes 'PRESSURE GAUGE', 'KORATA GAUGE MFG. CO. LTD.', 'SUMATRA BARAT', and 'TW'. The concrete cylinder below has 'ABJ' handwritten on it.</p>	18
Sampel 2	 <p>A photograph of a pressure gauge attached to a concrete cylinder. The gauge face is white with black markings and a red needle. The needle points to the 20 mark on the scale. The scale has major numbers at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. Text on the gauge includes 'PRESSURE GAUGE', 'KORATA GAUGE MFG. CO. LTD.', 'SUMATRA BARAT', and 'TW'. A large green watermark of a university logo is overlaid on the image. The concrete cylinder below has 'ABJ' handwritten on it.</p>	20
Sampel 3	 <p>A photograph of a pressure gauge attached to a concrete cylinder. The gauge face is white with black markings and a red needle. The needle points to the 19 mark on the scale. The scale has major numbers at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. Text on the gauge includes 'PRESSURE GAUGE', 'KORATA GAUGE MFG. CO. LTD.', 'SUMATRA BARAT', and 'TW'. The concrete cylinder below has 'ABJ' handwritten on it.</p>	19

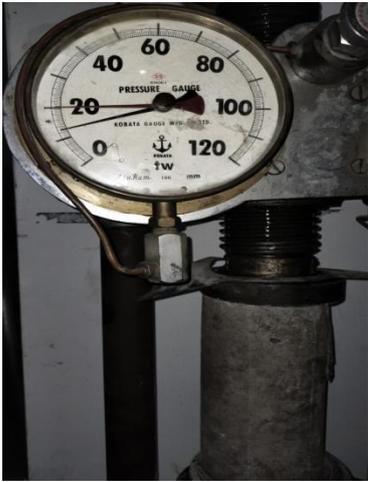
Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge used in a concrete compression test. The gauge has a white face with black markings and numbers. The needle points to the number 21. The gauge is mounted on a metal frame above a concrete specimen.</p>	21
Sampel 2	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge, similar to the one in the first row. The needle points to the number 21. A large, semi-transparent watermark of the University of Padang logo is overlaid on the image.</p>	21
Sampel 3	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge. The needle points to the number 19. The gauge is mounted on a metal frame above a concrete specimen.</p>	19

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge used in a concrete compression test. The gauge has a white face with black markings and numbers. The needle points to approximately 25 on the scale. The scale ranges from 0 to 120 with major markings every 20 units. Text on the gauge includes 'PRESSURE GAUGE', 'KOBATA GAUGE MFG. LTD.', and 'TW'. The gauge is mounted on a metal frame.</p>	25
Sampel 2	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge similar to the one in the first row. The needle points to approximately 28 on the scale. A large, semi-transparent watermark of the University of Sumatera Barat is overlaid on the image. The watermark includes the text 'UNIVERSITAS SUMATERA BARAT' and 'DINIA'.</p>	28
Sampel 3	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge similar to the others. The needle points to approximately 24 on the scale. The gauge is mounted on a metal frame.</p>	24

3. Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 7.5%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A photograph of a pressure gauge attached to a concrete test specimen. The gauge face is white with black markings and a red needle. The scale ranges from 0 to 120 with major increments every 20 units. The needle points to approximately 17. The text on the gauge includes 'PRESSURE GAUGE', 'KOBAL GAUGE MFG. CO. LTD.', 'KORATA', 'KORATA', '17W', and '100 mm'.</p>	17
Sampel 2	 <p>A photograph of a pressure gauge attached to a concrete test specimen. The gauge face is white with black markings and a red needle. The scale ranges from 0 to 120 with major increments every 20 units. The needle points to approximately 16. The text on the gauge includes 'PRESSURE GAUGE', 'KOBAL GAUGE MFG. CO. LTD.', 'KORATA', 'KORATA', '17W', and '100 mm'. A watermark for 'UNIVERSITAS MILITERIA INDONESIA SUMATERA BARAT' is visible in the background.</p>	16
Sampel 3	 <p>A photograph of a pressure gauge attached to a concrete test specimen. The gauge face is white with black markings and a red needle. The scale ranges from 0 to 120 with major increments every 20 units. The needle points to approximately 19. The text on the gauge includes 'PRESSURE GAUGE', 'KOBAL GAUGE MFG. CO. LTD.', 'KORATA', 'KORATA', '17W', and '100 mm'.</p>	19

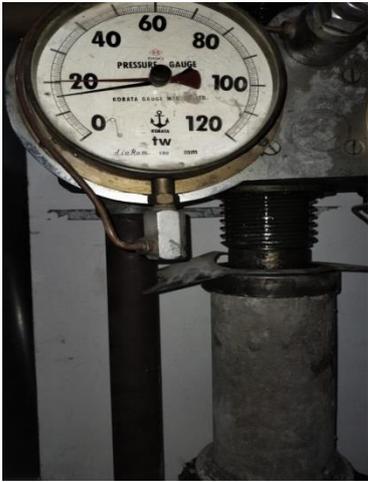
Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge used in a concrete compression test. The gauge has a white face with black markings and numbers. The needle points to the value 21. The scale ranges from 0 to 120, with major markings at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. The text 'PRESSURE GAUGE' is visible on the gauge face. The gauge is mounted on a metal frame above a concrete specimen.</p>	21
Sampel 2	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge used in a concrete compression test. The gauge has a white face with black markings and numbers. The needle points to the value 20. The scale ranges from 0 to 120, with major markings at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. The text 'PRESSURE GAUGE' is visible on the gauge face. The gauge is mounted on a metal frame above a concrete specimen. A faint watermark of a university logo is visible in the background.</p>	20
Sampel 3	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge used in a concrete compression test. The gauge has a white face with black markings and numbers. The needle points to the value 18. The scale ranges from 0 to 120, with major markings at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. The text 'PRESSURE GAUGE' is visible on the gauge face. The gauge is mounted on a metal frame above a concrete specimen.</p>	18

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A photograph of a pressure gauge attached to a concrete cylinder. The gauge face is white with black markings and numbers. The needle points to the 32 mark on the scale. The scale has major numbers at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. The text 'PRESSURE GAUGE' and 'TW' are visible on the gauge face.</p>	32
Sampel 2	 <p>A photograph of a pressure gauge attached to a concrete cylinder. The gauge face is white with black markings and numbers. The needle points to the 22 mark on the scale. The scale has major numbers at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. The text 'PRESSURE GAUGE' and 'TW' are visible on the gauge face. A watermark of a university logo is overlaid on the image.</p>	22
Sampel 3	 <p>A photograph of a pressure gauge attached to a concrete cylinder. The gauge face is white with black markings and numbers. The needle points to the 20 mark on the scale. The scale has major numbers at 0, 20, 40, 60, 80, 100, and 120. The text 'PRESSURE GAUGE' and 'TW' are visible on the gauge face.</p>	20

4. Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Abu Bonggol Jagung 10%

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1		16
Sampel 2		16
Sampel 3		17

Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge used in a concrete compression test. The gauge has a white face with black markings and numbers from 0 to 120 in increments of 20. The needle is pointing to the number 16. The gauge is mounted on a metal frame, and a portion of a concrete cylinder is visible below it.</p>	16
Sampel 2	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge similar to the one in the first row. The needle is pointing to the number 15. A large, semi-transparent watermark of the University of Sumatra Barat is overlaid on the image.</p>	15
Sampel 3	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge similar to the others. The needle is pointing to the number 18. The gauge is mounted on a metal frame, and a portion of a concrete cylinder is visible below it.</p>	18

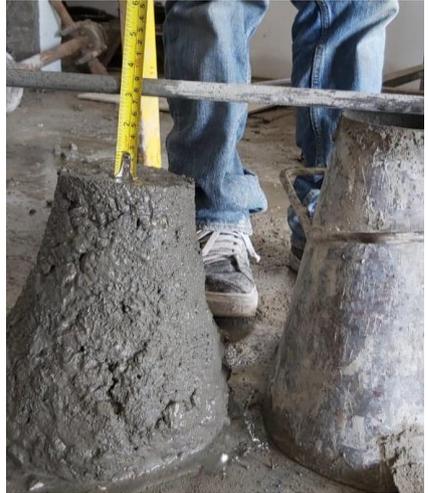
Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Beban (Ton)
Sampel 1	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge used in a concrete compression test. The gauge has a white face with black markings and numbers. The scale ranges from 0 to 120, with major increments every 20 units (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120). The needle is positioned slightly past the 20 mark, indicating a reading of approximately 24 MPa. The gauge is mounted on a metal stand.</p>	24
Sampel 2	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge, similar to the one in the first row. The needle is positioned exactly on the 20 mark, indicating a reading of 20 MPa. A large, semi-transparent watermark of the University of Sumatera Barat is overlaid on the image.</p>	20
Sampel 3	 <p>A close-up photograph of a pressure gauge, similar to the others. The needle is positioned exactly on the 20 mark, indicating a reading of 20 MPa.</p>	20

**DOKUMENTASI**  
**PROSES PEMBENTUKAN ABU BONGGOL JAGUNG**

No	Proses	Dokumentasi
1.	Pengambilan Limbah Bonggol Jagung	
2.	Penjemuran Bonggol Jagung	
3.	Pembakaran Bonggol Jagung	

4.	Pendinginan Abu Bonggol Jagung	
5.	Abu Bonggol Jagung	

**DOKUMENTASI**  
**PROSES PEMBUATAN BENDA UJI**

No	Proses	Dokumentasi
1.	Pembuatan adukan beton	 A photograph showing a person's hands operating a yellow concrete mixer machine. The machine is a large, cylindrical drum mounted on a metal frame, and it is tilted. The person is holding a yellow handle to rotate the drum.
2.	Menuangkan dan merojok beton segar ke dalam kerucut abrams	 A photograph showing a person's legs and feet as they pour concrete from a bucket into a cone-shaped mold. The person is wearing a checkered shirt, grey pants, and white sneakers. The mold is a metal cone on a wooden base. A large watermark of Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat is visible in the background.
3.	Hasil pengujian <i>slump</i>	 A photograph showing two concrete slump test specimens. The specimen on the left is a freshly poured concrete cone that has slumped significantly, with a yellow measuring tape placed vertically next to it. The specimen on the right is a metal cone mold. A person's legs and feet are visible in the background.

<p>4.</p>	<p>Menuangkan dan merojok beton segar ke dalam cetakan silinder</p>	
<p>5.</p>	<p>Beton segar dalam cetakan</p>	
<p>6.</p>	<p>Perendaman benda uji</p>	
<p>7.</p>	<p>Benda uji setelah direndam</p>	

<p>8.</p>	<p>Penimbangan benda uji</p>	
<p>9.</p>	<p>Uji kuat tekan beton</p>	
<p>10.</p>	<p>Benda uji setelah uji kuat tekan</p>	