

## **TUGAS AKHIR**

### **PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SERBUK KACA TERHADAP KUAT TEKAN KUAT TARIK BELAH, DAN ABSORPSI BETON PADA BETON FLY ASH**

***(EFFECT OF GLASS POWDER ADDITION VARIATIONS ON  
THE COMPRESSIVE STRENGTH TENSILE STRENGTH AND  
ABSORBANCE OF FLY ASH CONCRETE)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Muhamad Saiful Rizki A  
19 511 192**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2025**

## TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SERBUK KACA TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN ABSORPSI BETON PADA BETON FLY ASH**

***(EFFECT OF GLASS POWDER ADDITION VARIATIONS ON THE COMPRESSIVE STRENGTH, TENSILE STRENGTH AND ABSORBANCE OF FLY ASH CONCRETE)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**

Disusun oleh


**Muhmad Saiful Rizki A  
19511192**

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 27 Februari 2025  
Oleh Dewan Penguji


Pembimbing

11/3 2025

  
Aggit Mas Arifudin S.T., M.T.  
NIP: 185111304

Penguji I

11.3 25

  
Astria Hardawati, S.T., M.Eng.  
NIP: 165111301

Penguji II

11/3 2025

  
Elvis Saputra S.T., M. T.  
NIP: 205111302

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



  
Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T, Ph.D.  
NIP: 095110101

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan Karya Ilmiah.

Jika pernyataan di atas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 20 Februari 2025

Yang membuat pernyataan,



Muhamad Saiful Rizki A

(19 511 192)

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahiim.*

*Assalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.*

Alhamdulillah rabbil'alamiin, segala puji bagi Allah Subhanallahu wa Ta'ala karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Pengaruh Variasi Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah Beton, dan Absorpsi Beton *Fly Ash*". Solawat serta salam selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam, keluarga, sahabat, dan pengikut beliau hingga akhir zaman.

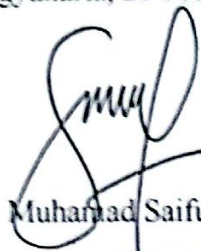
Proposal Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak memberikan bimbingan, saran, ilmu, serta nasihat selama penyusunan Tugas akhir ini.
3. Bapak / Ibu Dosen Penguji I dan Dosen Penguji II Tugas Akhir yang turut memberikan bimbingan dan arahan untuk Tugas Akhir ini.
4. Bapak Darusalam, Bapak Suwarno, dan Bapak Hari selaku Laboran pada Laboratorium bahan konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia yang telah membantu selama penelitian berlangsung.
5. Bapak Mayor (Purn) Wasito serta Ibu Alfiah Handayani selaku orang tua tercinta yang selalu mendoakan dan memberi semangat, moril maupun materil, kasih sayang, serta motivasi kepada penulis sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas akhir ini dengan baik

6. Fajrin S.T dan Nurul Rahmawati S.Si selaku kakak saya yang terus memberikan motivasi semangat dan doa kepada saya
7. Lettu Sus Dwi Agung Prawoto S.T dan Sertu Debby Cahyaramadhani selaku kakak saya yang terus memberikan motivasi semangat dan doa kepada saya
8. Shaquile Hafiz Al Fathi dan Muhammad Keenandra Silmi Prawoto dua anak kecil yang membantu penulis melalui tingkah lucunya.
9. Rekan sejawat saya Bima Adisatria, Indra W, Achmad Puspa Agung, Rafi Al ayubi yang telah banyak membantu saya selama penelitian tugas akhir
10. Teman-teman Belajar Woi, Runner Fomo yang telah membantu dalam proses penyusunan Tugas Akhir
11. Rekan-rekan sipil 2019 Universitas Islam Indonesia yang turut serta dalam memberikan saran ataupun masukan, dan dukungan sehingga saya dapat dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini

Akhir kata tidak ada yang sempurna di dunia, termasuk laporan ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan bermanfaat demi perbaikan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Yogyakarta, 20 Februari 2025



Muhammad Saiful Rizki A  
(19511192)

## DAFTAR ISI

	Hal
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
ABSTRAK .....	xi
<i>ABSTRACT</i> .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Umum.....	6
2.2 Penelitian Terdahulu.....	6
BAB III LANDASAN TEORI.....	14
3.1 Tinjauan Umum.....	14
3.2 Material Penyusun Beton .....	14
3.3 <i>Fly Ash</i> .....	19
3.4 Serbuk kaca .....	20
3.5 Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> ) .....	21
3.6 Pengujian <i>Slump</i> .....	29
3.7 Kuat Tekan Beton.....	30
3.8 Kuat Tarik Belah Beton.....	31
3.9 Absorpsi Beton .....	32
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....	33
4.1 Umum.....	33

4.2 Lokasi Penelitian .....	33
4.3 Bahan dan Alat Yang Digunakan .....	33
4.4 Tahapan Penelitian .....	35
4.5 Prosedur Pengujian .....	39
4.6 Analisis Perhitungan Benda Uji .....	40
4.7 Analisis Data dan Pembahasan .....	41
4.8 Kesimpulan dan Saran .....	41
4.9 Bagan Alir Penelitian .....	41
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>43</b>
5.1 Umum .....	43
5.2 Hasil Pengujian Agregat .....	43
5.3 Perencanaan Campuran Beton.....	56
5.4 Hasil Uji Coba Benda Uji.....	63
5.5 Hasil pengujian Benda Uji.....	65
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>78</b>
6.1 Kesimpulan.....	78
6.2 Saran .....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>80</b>

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan.....	10
Tabel 3.1 Batasan Bahan Yang Merugikan Dalam Agregat Halus.....	15
Tabel 3.2 Persyaratan Gradasi Agregat Halus .....	16
Tabel 3. 3 Kandungan Pada Serbuk Kaca.....	21
Tabel 3.4 Nilai Deviasi Standar untuk berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan .....	22
Tabel 3.5 Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar.....	22
Tabel 3.6 Perkiraan Kuat Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen, dan Agregat Kasar .....	23
Tabel 3.7 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan Lingkungan Khusus .....	24
Tabel 3.8 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m <sup>3</sup> ) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton .....	25
Tabel 3.9 Nilai <i>Slump</i> Untuk Berbagai Pekerjaan Beton.....	29
Tabel 4. 1 Detail Sampel Benda Uji.....	37
Tabel 5. 1 Rekapitulasi hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	44
Tabel 5. 2 Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1 .....	46
Tabel 5. 3 Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2 .....	46
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Pengujian Berat Volume Gembur .....	48
Tabel 5. 5 Rekapitulasi Pengujian Berat Volume Padat .....	49
Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Uji Lolos Saringan No. 200.....	49
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	51
Tabel 5. 8 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1.....	52
Tabel 5. 9 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2.....	53
Tabel 5. 10 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Gembur .....	55

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Padat.....	55
Tabel 5. 12 Proporsi Campuran Beton Dengan Bahan Tambah <i>Fly ash</i> dan Serbuk Kaca.....	63
Tabel 5. 13 Hasil Pengujian Uji Coba Beton Normal Umur 7 Hari .....	64
Tabel 5. 14 Hasil Pengujian Uji Coba Beton Normal dan Beton Variasi Umur 14 Hari.....	64
Tabel 5. 15 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Slump</i> .....	65
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Beton .....	67
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Hasil Kuat Tarik Beton .....	71
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Pengujian Absorpsi Beton .....	75

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 3.1 Persyaratan Gradasi Agregat Kasar.....	17
Gambar 3. 2 <i>Fly ash</i> .....	20
Gambar 3. 3 Serbuk kaca .....	21
Gambar 3.4 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen .....	24
Gambar 3.5 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat.....	26
Gambar 3.6 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat.....	27
Gambar 3.7 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat) .....	27
Gambar 3.8 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah .....	28
Gambar 3.9 Ilustrasi Pengujian <i>Slump</i> .....	30
Gambar 3.10 Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan .....	30
Gambar 3.11 Ilustrasi Pengujian Kuat Tarik Belah .....	31
Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian .....	42
Gambar 5. 1 Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 1.....	47
Gambar 5. 2 Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 2.....	47
Gambar 5. 3 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1 .....	54
Gambar 5. 4 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 2.....	54
Gambar 5. 5 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen .....	57
Gambar 5. 6 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat.....	59
Gambar 5. 7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah .....	60
Gambar 5. 8 Grafik Antara Nilai <i>Slump</i> Dengan Variasi Beton.....	65
Gambar 5. 9 Pengujian <i>Slump</i> .....	66
Gambar 5. 10Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Variasi.....	68
Gambar 5. 11 Pengujian Kuat Tekan .....	69
Gambar 5. 12 Benda Uji Setelah Pengujian Kuat Tekan Beton .....	70
Gambar 5. 13 Grafik Perbandingan Kuat Tarik Beton Normal Dengan Beton Variasi.....	72
Gambar 5. 14 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	73

Gambar 5. 15 Benda Uji Setelah Pengujian Kuat Tarik Belah Beton .....	74
Gambar 5. 16 Grafik Perbandingan Absorpsi Beton Normal Dengan Beton Variasi.....	75
Gambar 5. 17 Grafik Hubungan Kuat tekan, Kuat Tarik Belah, dan Absorpsi beton .....	77

## ABSTRAK

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia mengalami pertumbuhan yang pesat, sehingga kebutuhan akan penggunaan beton semakin meningkat. Kemudahan dan ketersediaan bahan penyusun menjadi alasan utama beton banyak digunakan pada proyek konstruksi. Selain hal tersebut beton juga memiliki beberapa keunggulan seperti kuat tekan yang tinggi, perawatan yang mudah, harga yang relatif murah, serta tahan terhadap cuaca. Selain itu beton juga memiliki kelemahan terhadap kuat tarik belah. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan sebuah inovasi.

Dalam penelitian ini, digunakan *flyash* sebagai substitusi terhadap semen sebanyak 15% dan serbuk kaca sebagai bahan tambah terhadap semen dengan variasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Campuran beton menggunakan mix design yang mengacu pada SNI 2834-2000 dengan mutu rencana 25 MPa. Pengujian beton dilakukan pada saat beton berusia 28 hari setelah proses pencampuran, hal ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan, kuat Tarik belah, dan absorpsi pada beton.

Berdasarkan dari hasil penelitian, beton dengan campuran 15% *flyash* sebagai substitusi terhadap semen serta 5% serbuk kaca sebagai bahan tambah terhadap semen memiliki nilai yang paling optimal pada pengujian kuat tekan dengan nilai rata-rata sebesar 26,62 MPa. Sedangkan pada pengujian kuat tarik diperoleh nilai rata-rata sebesar 2,68 Mpa. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan nilai rata-rata kuat tekan beton normal yaitu 25,48 MPa, dan nilai rata-rata kuat Tarik beton normal 2,54 MPa. Akan tetapi pada pengujian absorpsi beton nilai rata-rata yang paling tinggi yaitu 4,61% pada BV5.

**Kata kunci:** Beton, *Flyash*, Serbuk kaca

## **ABSTRACT**

*The development of the construction industry in Indonesia is experiencing rapid growth, so the need for the use of concrete is increasing. The ease and availability of constituent materials is the main reason concrete is widely used in construction projects. In addition to this, concrete also has several advantages such as high compressive strength, easy maintenance, relatively cheap price, and weather resistance. In addition, concrete also has a weakness against split tensile strength. To overcome this, an innovation was made.*

*In this study, flyash was used as a substitute for 15% cement and glass powder as an additive to cement with variations of 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. The concrete mixture uses a mix design that refers to SNI 2834-2000 with a plan quality of 25 MPa. Concrete testing is carried out when the concrete is 28 days old after the mixing process, it aims to determine the compressive strength, split tensile strength, and absorption of concrete.*

*Based on the research results, concrete with a mixture of 15% flyash as a substitute for cement and 5% glass powder as an additive to cement has the most optimal value in the compressive strength test with an average value of 26.62 MPa. While the tensile strength test obtained an average value of 2.68 Mpa. This value is higher than the average value of normal concrete compressive strength of 25.48 MPa, and the average value of normal concrete tensile strength of 2.54 MPa. However, in the concrete absorption test, the highest average value is 4.61% in BV5.*

**Keywords:** Concrete, Flyash, Glass powder

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri konstruksi di Indonesia sedang mengalami perkembangan yang pesat. Perkembangan tersebut mempengaruhi kebutuhan akan penggunaan beton. Beton adalah campuran antara agregat kasar, agregat halus, semen, air dan campuran lainnya seperti bahan tambah, sesuai pada kebutuhannya. Ketersediaan dan kemudahan mendapatkan bahan baku tersebut menjadi alasan utama mengapa beton masih banyak digunakan dalam proyek konstruksi. Selain itu, beton memiliki beberapa keunggulan seperti kuat tekan yang tinggi, kemudahan dalam pembuatan, harga relatif terjangkau, perawatan mudah, dan tahan terhadap cuaca. Namun terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan agar beton dapat mencapai kekuatan yang direncanakan. Beberapa hal yang harus diperhatikan adalah proses pemeliharaan mutu, meliputi bahan yang digunakan untuk membuat beton, proses pencampuran beton, dan proses pemadatan beton. Diantara kelebihan tersebut, beton juga memiliki kuat tarik belah yang rendah. Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan berbagai cara, salah satunya adalah inovasi.

Salah satu inovasi yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu menggunakan *fly ash* sebagai substitusi pada semen. *Fly ash* merupakan residu halus yang berasal dari sisa pembakaran batu bara. *Fly ash* itu sendiri memiliki kemampuan mengikat serupa dengan semen, hal ini bisa terjadi karena *fly ash* memiliki kandungan oksida silika yang jika dicampur dengan air maka akan terjadi reaksi kimia dengan kalsium hidroksida yang akan menghasilkan zat yang mempunyai daya ikat yang baik (Sultan dkk., 2021).

Disamping itu *Fly ash* juga memiliki sifat pozolanik yang dapat dimanfaatkan untuk dijadikan material substitusi pada campuran semen pada campuran beton. Pada umumnya *fly ash* berbentuk bola padat atau berongga dan berwarna abu-abu kehitaman disamping itu *fly ash* juga mempunyai densitas 2,23 gram/cm<sup>3</sup>.

Disamping itu berdasarkan pada *ACI Manual of concrete practice 1993 Part I 226 .3R-3*), *fly ash* diklasifikasikan ke dalam 3 jenis yaitu: Kelas C, Kelas F, Kelas N. Pada umumnya tipe *fly ash* yang dapat digunakan untuk digunakan Sebagian berat semen adalah *fly ash* Kelas F. *Fly ash* kelas ini dapat menggantikan 30% dari berat semen yang diperlukan *fly ash* juga dapat menambah workability dari semen dengan berkurangnya penggunaan air (Setiawati, 2018). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Zakirullah M, t.t.) Substitusi *flyash* 14%- 15% terhadap berat semen dapat digunakan untuk meningkatkan kuat tekan, kuat tarik belah pada beton

Selain menambahkan *fly ash* , terdapat bahan lain yang dapat di tambahkan dalam campuran beton. Serbuk kaca adalah bahan yang berasal dari limbah kaca yang dihancurkan hingga menjadi serbuk halus. Karena kemampuannya sebagai material *pozzoland*, serbuk kaca dapat digunakan sebagai pengganti sebagian berat semen. Dengan kandungan Silica ( $\text{SiO}_2$ ), ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), dan CaO pada kaca yang cukup banyak yaitu 70% sehingga dapat meningkatkan kekuatan yang melebihi dari kuat tekan rencana dan dapat memangkas biaya pembuatan beton (Andilolo dkk., 2019) Menurut (Dian, 2011 dalam Wibowo, 2013) yang di kutip dari (Indrawan & Puji Hastuty, 2016) serbuk kaca memiliki beberapa kelebihan jika di bandingkan dengan pengisi pori lainnya, berikut ini adalah beberapa kelebihan dari serbuk kaca memiliki sifat tidak menyerap air, serbuk kaca dapat memperbaiki kandungan dari beton segar sehingga dapat mencapai kekuatan yang tinggi tanpa harus menambahkan *superplasticizer*. Selain itu penambahan serbuk kaca 15% sampai 30% dapat meningkatkan kuat tekan beton (Sri Sumatri Sejati, 2019).

Berdasarkan penjelasan di atas, kadar *fly ash* dan serbuk kaca yang digunakan dalam campuran beton dapat mempengaruhi kuat tekan rencananya. Penelitian yang dilakukan selama ini masih sebatas pada substitusi agregat halus saja. Sementara itu, penulis ingin menunjukkan bahwa substitusi *fly ash* dan penambahan serbuk kaca pada semen juga memiliki pengaruh terhadap kuat tekan, kuat Tarik belah, dan absorpsi beton. Serta penulis berharap penelitian ini dapat menjadi bahan pengetahuan dan inovasi tentang substitusi *fly ash* pada semen sebesar 15% dan penambahan serbuk kaca dengan kadar 5%, 10%, 15%, 20%, 25%.

kemudian untuk mengetahui pengaruh *fly ash* dan serbuk kaca pada campuran beton akan dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik, dan absorsi beton.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh *fly Ash* dan penambahan serbuk kaca terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana pengaruh *fly Ash* dan penambahan serbuk kaca terhadap kuat tarik belah beton?
3. Bagaimana pengaruh *fly Ash* dan penambahan serbuk kaca terhadap absorsi beton?
4. Berapa kandungan *Fly ash* dan serbuk kaca pada campuran beton yang menghasilkan nilai kuat tekan, kuat Tarik belah, dan absorpsi beton yang paling besar dan kecil?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasar rumusan masalah di atas, maka tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan *Fly Ash* dan variasi serbuk kaca terhadap kuat tekan beton
2. Mengetahui pengaruh penambahan *Fly Ash* dan variasi serbuk kaca terhadap kuat tekan beton
3. Mengetahui penambahan *Fly Ash* dan variasi serbuk kaca yang menghasilkan nilai kuat tekan, kuat tarik, dan absorsi beton yan optimum.
4. Mengetahui kandungan *Fly ash* dan serbuk kaca pada campuran beton yang menghasilkan nilai kuat tekan, kuat Tarik belah, dan absorpsi beton yang paling besar dan kecil?

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian yang didapatkan adalah sebagai berikut:

1. Memberikan penjelasan mengenai pengaruh penambahan *fly ash* dan variasi

serbuk kaca terhadap kuat tekan kuat Tarik dan absorsi beton

2. Memberikan kontribusi pada dunia konstruksi dengan menyampaikan informasi mengenai pengaruh penambahan fly ash dan variasi serbuk kaca terhadap kuat tekan kuat Tarik dan absorsi beton
3. Dapat dijadikan referensi ataupun pembanding pada penelitian mendatang

### 1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini adalah untuk memastikan bahwa penelitian tidak keluar dari tujuan awalnya. Batasan-batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian terbatas pada uji kuat tekan beton, uji tarik belah beton.
2. Mutu beton rencana ( $f'c$ ) senilai 25 MPa.
3. Perencanaan campuran beton berdasar SNI 2834-2000.
4. Slump dengan nilai  $10 \pm 2$  cm.
5. Semen menggunakan semen tipe 1 merek Tiga Roda
6. Agregat kasar dari Clereng dengan ukuran maksimum 20 mm.
7. Agregat halus dari kali Progo.
8. Air yang dipakai dari Laboraturium Bahan dan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
9. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
10. *Fly ash* yang digunakan berasal dari Paiton
11. *Fly ash* 15% dari berat semen
12. Serbuk Kaca dengan variasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dari berat semen
13. Pengujian dilaksanakan pada beton keras berumur 28 hari.
14. Berbagai pengujian yang akan d adalah sebagai berikut.
  - a. Uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus berdasarkan SNI 1970-1990.
  - b. Uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar berdasarkan SNI 1969-1990.
  - c. Uji analisa saringan agregat halus berdasarkan SNI 1968-1990
  - d. Uji analisa saringan agregat kasar berdasarkan SNI 1968-1990

- e. Uji berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus berdasarkan SNI 4904-1998
- f. Uji berat volume gembur dan berat volume padat agregat kasar berdasarkan SNI 4804-1998
- g. Uji butiran lolos ayakan No. 200 (uji kandungan lumpur dalam pasir) berdasarkan SNI 4142-1996
- h. Uji slump beton berdasarkan SNI 1972-2008
- i. Uji kuat tekan beton berdasarkan SNI 1974-2011
- j. Uji kuat tarik beton berdasarkan SNI 03-2491-2002
- k. Uji absorpsi beton menggunakan SNI 6433-2016

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Beton adalah hasil dari campuran yang terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah (*admixture*) (SNI 2847-2019). Pada umumnya terdapat bahan tambah lainnya baik itu bahan tambah kimia ataupun bahan tambah mineral yang ditambahkan ketika proses *mixing*. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan mutu pada beton. Dalam hal ini beton memiliki nilai kuat Tarik yang lemah, maka dari itu pada proses *mixxing*, di tambah kan *fly ash* dan juga serbuk kaca.

#### **2.2 Penelitian Terdahulu**

Sebelum penelitian ini dilakukan. Peneliti mendapatkan beberapa penelitian terdahulu yang dapat dijadikan acuan untuk melakukan penelitian yang akan dilaksanakan. Berikut di bawah ini adalah penelian terdahulu yang dapat dijadikan sebagai referensi.

1. Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Dan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan Beton K-300(Agusri & Fajriyansyah Erfanda, 2019)

Pada penelitian ini Benda uji berupa silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan 45 buah sampel yang terdiri dari 9 buah sampel setiap campuran beton normal maupun variasi. Mutu beton yang direncanakan adalah  $f'c=25\text{MPa}$ . Benda uji dilakukan proses perendaman dengan menggunakan air selama 3, 14, 28 hari setelah itu dilakukan perendaman, beton ini akan di uji kuat tekan. Kemudian setelah dilakukan uji kuat tekan beton normal maupun variasi fly ash dan serbuk kaca didapat campuran yang paling optimum adalah kandungan fly ash 14% + serbuk kaca 18%.

2. Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Memanfaatkan *Fly Ash* dan Bubuk Kaca Sebagai Pengisi (Apriwelni & Bintang Wirawan, 2020)

Benda uji berupa Silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 15 cm dan Tinggi 30

cm. Dengan 30 buah sampel. Perencanaan campuran beton merujuk pada SK. SNI 03-2834-2000. Kuat tekan beton yang digunakan adalah beton dengan mutu tinggi yaitu  $> 40$  Mpa. Dengan masa perendaman selama 28 hari. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa beton yang dibuat dengan campuran *fly ash* dan serbuk kaca lebih kuat dibandingkan dengan beton normal. Nilai kuat tekan yang paling optimum yaitu campuran *fly ash* 0% + serbuk kaca 10% dengan peningkatan kuat tekan beton sebesar 46, 77%.

3. Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* sebagai Substitusi Semen Dan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton (Muharram & Walujodjati, 2021)

Benda uji berupa Silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 15 cm dan Tinggi 30 cm. Perencanaan campuran beton mengacu pada SK. SNI SNI 7656-2012, Penelitian ini bertujuan untuk melihat seberapa kuat nilai kuat tekan beton yang di peroleh dengan menggunakan fly ash sebagai substitusi semen dan serbuk kaca sebagai substitusi agregat halus pada campuran beton segar. Selain itu, jurnal tersebut menyarankan untuk menggunakan fly ash dan serbuk kaca yang berbeda dan varisasi persentasenya juga berbeda

4. Kajian Pemanfaatan Limbah Kaca Sebagai Penganti Agregat Halus Dan *Fly Ash* 30% Dari Berat Semen Ditinjau Dari Kuat Tarik Belah, Daya Serap Dan Porositas Beton (Didit Prasetyo dkk., 2020)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah kaca sebagai pengganti agregat halus dan fly ash sebagai pengganti semen pada beton. Kemudian pengujian yang dilakukan meliputi kuat tarik belah, penyerapan air, dan porositas beton. Pada pengujian ini total menggunakan benda uji 20 buah benda uji silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 30 mm yang digunakan untuk kuat Tarik belah, serta silinder dengan diameter 110 mm dan tinggi 60 mm untuk pengujian daya serap dan porositas dengan umur beton 28 hari. Perancangan campuran beton SK. SNI 03-3449-2000. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggantian agregat halus dengan limbah kaca pada beton memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tarik belah, kapasitas penyerapan air, dan porositas beton.

Peningkatan persentase limbah kaca pada beton menyebabkan penurunan kuat tarik belah dan peningkatan kapasitas penyerapan air dan porositas. Persentase optimal limbah kaca sebagai pengganti agregat halus ditemukan sebesar 10% untuk mencapai daya serap air dan porositas yang minimal

5. Analisa Pengaruh Serbuk Kaca Dan Abu Terbang Sebagai Bahan Pengganti Alternatif Terhadap Kuat Tekan Beton (Amirwati & Mahipal, 2019)

Tujuan dari jurnal ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan serbuk kaca dan fly ash sebagai bahan alternatif terhadap kuat tekan beton. Pada penelitian ini, benda uji berupa benda uji silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm digunakan untuk pengujian kuat tekan beton. Sebanyak 54 sampel diuji, dengan masing-masing campuran bahan alternatif (serbuk kaca dan fly ash) terdiri dari 9 sampel. Tiga sampel diuji pada setiap umur 3, 14, dan 28 hari. Perancangan campuran beton SK. SNI 03-2834-2000. Dengan mutu beton rencana  $f'_c$  25 Mpa. Kemudian kesimpulan dari penelitian ini ialah Pemanfaatan serbuk kaca dan fly ash sebagai bahan alternatif dapat memperbaiki sifat-sifat beton, khususnya kuat tekan. Penambahan serbuk kaca dan fly ash pada campuran beton mengakibatkan peningkatan kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal, Dengan bertambahnya fraksi volume serbuk kaca dan fly ash pada campuran beton, nilai slump mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena serbuk kaca sebagai pengganti pasir dan fly ash sebagai pengganti semen dapat mencegah terjadinya pemisahan antara partikel agregat dengan adukan semen, sehingga campuran menjadi lebih padat dan kompak.

Berdasarkan beberapa penelitian di atas, dilakukan penelitian yang berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan, dengan menggunakan presentase *fly ash* tipe F 15% dan serbuk kaca dengan presentase 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Dengan mutu beton yang ditetapkan adalah 25 MPa dan sampel silinder berdiameter 15cm dan tinggi 30 cm. Pengujian yang dilaksanakan adalah kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, serta absorsi beton yang akan dilakukan saat beton berumur 28 hari. Pada penelitian sebelumnya *fly ash* yang paling banyak digunakan adalah 5%, 10%,

15%, 20%, 25% dan serbuk kaca 5%, 10%, 15%, 18%, 20%, 30%, 40%, menggunakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dan beberapa dari sampel tersebut ada yang menggunakan kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm dengan mutu beton rencana 25 Mpa dan >40 Mpa serta diuji pada umur beton 3,7, 14, 28 hari. Adapun pengujian yang dilakukan hanya terbatas pada substitusi *fly ash* dan serbuk kaca pada agregat halus. Dengan mempertimbangkan uraian di atas, keabsahan dalam penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan

**Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan**

<b>Peneliti</b>	<b>Setiawati (2018)</b>	<b>Agusri &amp; Fajriyansyah Erfanda (2019)</b>	<b>Apriwelni &amp; Bintang Wirawan (2020)</b>	<b>Didit Prasetyo dkk. (2020)</b>	<b>Muharram &amp; Walujodjati (2021)</b>	<b>Muhamad Saiful Rizki A (2025)</b>
Judul Penelitian	Fly Ash Sebagai pengganti semen pada beton	Pengaruh Penambahan <i>Fly Ash</i> Dan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan Beton K-300	Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Memanfaatkan Fly Ash dan Bubuk Kaca Sebagai Pengisi	Kajian Pemanfaatan Limbah Kaca Sebagai Penganti Agregat Halus Dan <i>Fly Ash</i> 30% Dari Berat Semen Ditinjau Dari Kuat Tarik Belah, Daya Serap Dan Porositas Beton	Pengaruh Penggunaan Fly Ash sebagai Substitusi Semen Dan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton	Pengaruh <i>fly ash</i> Sebagai Substitusi Parsial Dan Variasi Penambahan Serbuk Kaca Pada Semen Terhadap Kuat Tekan Kuat Tarik Dan Absorsi Beton
Tujuan Penelitian	Mengetahui pengaruh <i>fly ash</i> terhadap kuat tekan beton. Tujuannya untuk	Mengetahui seberapa besar pengaruh campuran fly ash dan serbuk kaca yang optimum	Mengetahui kombinasi yang optimal dari abu	Mengetahui pengaruh limbah kaca terhadap kuat tarik belah, kapasitas penyerapan air,	Mengetahui dan memberikan informasi mengenai	Mengetahui pengaruh substitusi fly ash dan variasi serbuk kaca pada semen terhadap

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan**

	mendapatkan desain campuran beton yang mempunyai kekuatan awal bisa diaplikasikan di pekerjaan sipil yang tinggi dan memanfaatkan <i>fly ash</i> sehingga	dalam campuran beton	terbang dan serbuk kaca untuk menghasilkan beton berkualitas tinggi.	dan porositas beton.	kekuatan beton yang menggunakan bahan limbah ini sebagai pengganti semen dan agregat halus.	kuat tekan, kuat Tarik, dan absorpsi beton
Kuat Tekan Rencana	25 MPa	25 MPa	> 40 MPa	-	25 MPa	25 MPa
Variasi <i>fly ash</i>	5%	14%, 15%, 16%, 17%	0%, 5%, 10%, 15%, 20%.	10%	15%	15%
Variasi serbuk kaca	5%, 10%, 15%	18%	5%, 10%	0%, 10%, 20%, 30%, 40%	5%, 15%	5%, 10%, 15%, 20%, 25%
Jenis Pengujian	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Kuat Tarik Belah, Daya Serap, Porositas beton	Kuat Tekan,	Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Absorpsi beton
Benda Uji	Kubus 15 x 15 x 15 cm	Kubus 15 x 15 x 15 cm	Silinder 15cm x 30cm	Silinder 15cm x 30cm dan	Silinder 15cm x 30cm	Silinder 15cm x 30cm

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan**

				Silinder 11 cm x 60cm		
Umur Beton	3, 7, 14, 28 hari	3, 14, 28 hari	28 hari	28 dan 60 hari	14 hari	28 hari
Kesimpulan	Proporsi campuran beton yang dirancang dengan menggunakan metode SNI-03-2834-2000 telah tercapai, dengan kuat tekan rata-rata beton normal mencapai target yang direncanakan yaitu $F_c'$ 25,57 MPa, yang merupakan peningkatan 2,28% dibandingkan dengan kuat tekan yang	Variasi penambahan <i>fly ash</i> 14% dan serbuk kaca 18% dengan nilai kuat tekan karakteristik 355,30 Kg/Cm <sup>2</sup> pada umur 28 hari memiliki nilai kuat tekan yang optimum dan variasi penambahan <i>fly ash</i> 15% mulai mengalami penurunan kuat tekan. Berdasarkan dari hasil penelitian di dapat bahwa	Beton dengan <i>fly ash</i> 0% dan serbuk kaca 10% memiliki kuat tekan paling tinggi dibandingkan dengan beton dengan tambahan <i>fly ash</i> , yaitu 46,77%. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya jumlah persentase serbuk kaca yang digunakan	Kesimpulan dari penelitian ini adalah penggantian agregat halus dengan limbah kaca pada beton memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tarik belah, kapasitas serapan air, dan porositas beton. Peningkatan persentase limbah kaca pada beton menyebabkan penurunan kuat	Nilai kuat tekan beton berturut-turut pada campuran 1 yaitu <i>fly ash</i> 15% dan limbah kaca 5%, campuran 2 yaitu <i>fly ash</i> 15% dan limbah kaca 15%, campuran 3 yaitu <i>fly ash</i> 25% dan limbah kaca 5%, campuran 4 yaitu <i>fly ash</i> 25% dan limbah kaca 15% adalah sebesar 10,57 MPa, 11,61 MPa, 10,28 MPa, dan 9,53 MPa. Peningkatan dan	Dari penelitian ini dapat disimpulkan pada pengujian kuat tekan beton, campuran <i>fly ash</i> 15% dan serbuk kaca 5% adalah nilai yang paling optimum dengan nilai 26,62 MPa serta terjadi peningkatan sebesar 4,46%. Selanjutnya pada pengujian kuat tarik belah beton campuran <i>fly ash</i> 15% dan serbuk kaca 5% adalah campuran yang

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan**

	<p>direncanakan yaitu <math>F_c'</math> 25 MPa</p>	<p>penambahan <i>fly ash</i> dan serbuk kaca dapat meningkatkan kekuatan awalan beton sebesar 35,00% pada campuran <i>fly ash</i> 14% dan serbuk kaca 18%.</p>	<p>menunjukkan bahwa kuat tekan beton semakin bertambah juga. Penambahan <i>fly ash</i> mempengaruhi kuat tekan beton yang dihasilkan</p>	<p>tarik belah dan peningkatan kapasitas penyerapan air dan porositas. Ialah halus ditemukan sebesar 10% untuk mencapai penyerapan air dan porositas yang minimal.</p>	<p>penurunan kuat tekan beton substitusi terhadap beton normal yaitu</p>	<p>paling optimum dengan nilai 2,68 MPa dan peningkatan nilai sebesar 5,54%. Kemudian pada pengujian absorpsi beton nilai yang paling tinggi diperoleh oleh campuran 15% dan 25% serbuk kaca dengan nilai sebesar 4,61%</p>
--	--	--	---	--	--	---

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Tinjauan Umum**

Dalam bidang konstruksi, beton adalah material yang paling umum untuk digunakan. Beton merupakan bahan komposit yang terdiri dari air dan semen yang berguna sebagai perekat, serta agregat kasar berupa pasir dan kerikil berfungsi sebagai pengisi, dan bahan campuran lainnya. Material penyusun beton selanjutnya dicampur hingga merata kemudian dituang ke dalam bekisting beton sesuai bentuk yang diinginkan. Kemudian campuran beton didiamkan hingga mengeras. Selama beton ini didiamkan akan terjadi reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung lama. Hal ini berpengaruh terhadap mutu beton karena beberapa faktor antara lain mutu material pembentuk, perencanaan, pengerjaan, dan mobilisasi. Oleh sebab itu, dalam proses pembuatan beton harus memperhatikan faktor faktor tersebut guna memastikan dan mempertahankan mutu beton tersebut.

#### **3.2 Material Penyusun Beton**

Beton adalah campuran yang terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Kemudian bahan penyusun tersebut dicampur dengan Setiap material yang digunakan untuk menyusun beton memiliki tujuan berbeda. Setiap material penyusun beton memiliki pengaruh dan kebutuhan yang berbeda, seperti halnya air yang berfungsi untuk memicu reaksi kimiawi semen, menjadi bahan perekat, dan melumasi agregat agar mudah dikerjakan.

##### **3.2.1 Agregat**

Agregat merupakan bahan alami atau buatan yang berfungsi sebagai material pengisi dalam campuran beton. Volume agregat dapat mengisi 70-75% dari volume total beton. Dengan jumlahnya yang cukup banyak, agregat sebagai material pengisi dapat mempengaruhi sifat maupun kualitas beton. Oleh karena itu, pemilihan agregat merupakan hal penting dalam perancangan campuran beton. Agregat pada pembuatan campuran beton dibagi menjadi dua golongan ukuran, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

## 1. Agregat Halus

Agregat halus, menurut SNI 2834-2000, didefinisikan sebagai pasir yang berasal dari batu yang dipecahkan secara alami atau pasir yang dibuat oleh industri pemecah batu dan memiliki ukuran 5mm sebagai butir terbesar. Adapun persyaratan agregat halus tercantum pada SNI 8321-2016 atau ASTM C33.

- a. Rentang modulus halus butir terletak pada nilai 2.3-3.1.
- b. Bahan beton yang tidak terkena abrasi dan lebih halus dari saringan No. 200 boleh sampai 5%. Untuk agregat halus buatan berupa abu atau pecahan, bebas tanah liat atau shale batas maksimumnya 5% serta 7% untuk beton yang tidak terkena abrasi. Bahan yang tidak ditetapkan dan lebih halus dari saringan No. 200, berlaku batas 3%.
- c. Kandungan batu bara dan lignit untuk beton yang terekspos maksimal 0,5%. Jika tidak ditetapkan berlaku batas 1%. Batasan untuk bahan-bahan yang merugikan dalam agregat halus dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

**Tabel 3.1 Batasan Bahan Yang Merugikan Dalam Agregat Halus**

Uraian	Persen massa maksimum dari total sampel
Gumpalan lempung dan partikel yang mudah pecah	3,0
Batu bara dan lignit: Bila permukaan beton yang muncul penting	0,5
Semua beton lainnya	1,0

Sumber : SNI 8321-2016

- d. Bahan organik yang merugikan tidak boleh terkandung dalam agregat halus. Agregat yang diuji dengan mencampur larutan Natrium Sulfat ( $\text{NaSO}_4$ ) sebanyak 3% tidak menjadi warna yang lebih tua dari warna standar. Jika warna yang dihasilkan lebih tua, maka agregat halus diperkenankan digunakan kecuali:
  - 1) Warna yang timbul disebabkan karena adanya sedikit lignit atau sejenisnya.
  - 2) Hasil lebih dari 95% saat dilakukan pengujian kuat tekan beton sesuai

dengan ASTM C87 menggunakan pasir standar silika.

- e. Agregat halus yang dipakai pada beton yang terkena pembasahan atau udara lembab harus tidak mengandung bahan yang bereaksi dengan alkali. Penggunaan agregat halus tidak dilarang jika digunakan semen dengan kandungan alkali kurang dari 0,60%.
- f. Gradasi agregat halus harus memenuhi kriteria yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

**Tabel 3.2 Persyaratan Gradasi Agregat Halus**

<b>Saringan (ASTM E11)</b>	<b>Persen Lolos</b>
9,5 mm (3/8 in)	100
4,75 mm (No. 4)	95-100
2,36 (No. 8)	80-100
1,18 mm (No. 16)	50-85
600 $\mu\text{m}$ (No. 30)	25-60
300 $\mu\text{m}$ (No. 50)	5-30
150 $\mu\text{m}$ (No. 100)	0-10
75 $\mu\text{m}$ (No. 200)	0-3,0 <sup>b</sup>

<sup>b</sup>: mengacu pada poin b yang telah dijelaskan di atas.

Sumber : SNI 8321-2016

## 2. Agregat Kasar

Menurut SNI 2834-2000, agregat kasar adalah kerikil dengan ukuran butir antara 5 mm dan 40 mm yang berasal dari batu yang telah dipecah secara industri atau yang berasal dari batu yang telah pecah secara alami. Adapun persyaratan agregat halus tercantum pada SNI 8321-2016 atau ASTM C33.

- a. Agregat kasar yang dipakai pada beton yang terkena pembasahan atau udara lembab harus tidak memuat bahan yang bereaksi dengan alkali. Penggunaan agregat halus tidak dilarang jika digunakan semen dengan kandungan alkali kurang dari 0,60%.
- b. Persyaratan gradasi agregat kasar harus sesuai dengan Gambar 3.1 berikut.

Nomor ukuran	Ukuran nominal (saringan dengan lubang persegi)	Jumlah yang lebih halus dari masing-masing saringan laboratorium (lubang persegi), persen massa													
		100 mm (4 in)	90 mm (3.5 in)	75 mm (3 in)	63 mm (2.5 in)	50 mm (2 in)	37,5 mm (1.5 in)	25,0 mm (1 in)	19,0 mm (3/4 in)	12,5 mm (1/2 in)	9,5 mm (3/8 in)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm-37,5 mm (3,5in-1,5 in)	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm-37,5 mm (2,5in-1,5 in)	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-	-
3	50 mm-25,0 mm (2 in-1 in)	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
357	50 mm-4,75 mm (2 in-no. 4)	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-	-	-
4	37,5 mm-19,0 mm (1,5 in-3/4 in)	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-	-	-
467	37,5 mm-4,75 mm (1,5 in-no. 4)	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-	-	-
5	25,0 mm-12,5 mm (1 in-0,5 in)	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5	-	-	-	-
56	25,0 mm-9,5 mm (1 in-3/8 in)	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5	-	-	-
57	25,0 mm-4,75 mm (1 in-no. 4)	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	-	-
6	19,0 mm-9,5 mm (3/4 in-3/8 in)	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-	-	-
67	19,0 mm-4,75 mm (3/4 in-no. 4)	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	-	-
7	12,5 mm-4,75 mm (0,5 in-no. 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	-	-
8	9,5 mm-2,36 mm (3/8 in-no. 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5	-
89	9,5 mm-1,18 mm (3/4 in-no. 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	5-30	0-10	0-5
9A	4,75 mm-1,18 mm (no. 4-no. 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-40	0-10	0-5

<sup>A</sup>Agregat nomor ukuran 9 ditentukan dalam ASTM C125 sebagai agregat halus, namun dimasukkan sebagai agregat kasar jika dikombinasikan dengan bahan nomor ukuran 8 untuk menghasilkan nomor ukuran 89, dimana agregat kasar didefinisikan dalam ASTM C125.

### Gambar 3.1 Persyaratan Gradasi Agregat Kasar

Sumber : SNI 8321-2016

- c. Agregat kasar juga harus memenuhi persyaratan batas bahan yang berdampak tidak baik terhadap beton dan sifat fisika yang diijinkan.

#### 3.2.2 Semen Portland

Semen merupakan salah satu bahan penyusun beton yang berguna untuk merekatkan butiran agregat dan mengisi rongga antar butiran agregat. Semen juga berfungsi untuk membuat beton menjadi sebuah massa yang kompak. Umumnya, kadar semen yang terkandung dari campuran beton adalah 10% dari volume total beton. Semen dibagi menjadi kategori hidraulis dan non-hidraulis berdasarkan sifatnya saat bereaksi dengan air. Semen non-hidraulis tidak dapat bereaksi dan memadat di dalam air, tetapi di udara. Sedangkan semen hidraulis memiliki kapasitas untuk bereaksi dan dapat mengeras di dalam air.

Semen portland atau portland cement (PC) merupakan salah satu contoh dari semen hidraulis. Semen portland dapat diklasifikasikan sebagai semen hidraulis karena kapasitasnya untuk bereaksi dan dapat memadat di dalam air. Semen portland merupakan salah satu ragam semen hidraulis yang sering dipakai pada pekerjaan campuran beton karena beton yang dihasilkan dari semen ini merupakan salah satu bahan konstruksi paling serbaguna.

Menurut SNI 2049-2004, berdasarkan kegunaannya semen portland dibagi menjadi lima yaitu

1. Semen *Portland* tipe I merupakan semen portland yang tidak membutuhkan persyaratan penggunaan khusus.
2. Semen *Portland* tipe II merupakan jenis semen portland yang berguna terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang terjadi pengikatan.
3. Semen *Portland* tipe III merupakan jenis semen portland yang memberikan kekuatan awal tinggi setelah terjadi pengikatan.
4. Semen *Portland* tipe IV merupakan jenis semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan kalor hidrasi tinggi.
5. Semen *Portland* tipe V merupakan jenis semen portland yang memiliki ketahanan sulfat yang tinggi.

### 3.2.3 Air

Air merupakan salah satu material penyusun beton yang memiliki fungsi untuk membuat reaksi kimiawi dari semen. Air juga berfungsi untuk membasahi agregat yang akan membuat pekerjaan beton menjadi lebih mudah (*workability*). Jumlah dan kualitas air dalam membuat campuran beton juga perlu diperhatikan. Hal tersebut terjadi karena air yang berlebih membuat gelembung air menjadi banyak sesudah proses hidrasi berakhir. Sebaliknya, kurangnya air membuat mekanisme hidrasi tidak berlangsung dengan baik.

Adapun faktor-faktor yang memengaruhi kebutuhan air pada campuran beton sebagai berikut.

1. Ukuran Agregat Maksimum  
Ukuran agregat dapat mempengaruhi kebutuhan air karena luas permukaan
2. Bentuk Butir Agregat  
Bentuk butir agregat yang bulat akan membuat kebutuhan air menjadi lebih sedikit. Sedangkan bentuk butir agregat batu pecah membutuhkan jumlah air yang lebih banyak.
3. Gradasi Agregat  
Gradasi yang baik yaitu agregat yang memiliki ukuran butir beragam dan susunannya padat sehingga rongga udara mendekati nol. Hal tersebut dapat

membuat jumlah air yang dibutuhkan semakin sedikit.

#### 4. Kotoran Dalam Agregat

Kotoran dalam agregat dapat membuat kebutuhan air semakin besar. Kotoran dalam agregat dapat berupa banyaknya lanau, tanah liat, dan lumpur.

Pada SNI 2847-2013 tercantum air yang digunakan pada semen hidraulis harus lolos persyaratan pada SNI 03-7974-2013 atau ASTM C1602M. Disisi lain menurut SNI 03-6861.1-2002 dalam campuran beton pemakaian air seharusnya memenuhi syarat:

1. Air tidak boleh kotor, tidak ada kandungan lumpur, minyak maupun objek terapung lainnya yang terlihat secara visual.
2. Tidak terkandung objek yang tersuspensi lebih dari 2 gram/liter
3. Garam larut yang berpotensi merusak tidak boleh terkandung dalam beton lebih dari 15 gram/liter.
4. Kandungan klorida (Cl) tidak boleh lebih dari 0,5 gram/liter dan senyawa sulfat (SO<sub>3</sub>) tidak boleh melebihi 1 gram/liter.

### 3.3 *Fly Ash*

*Fly ash* adalah limbah atau residu yang dihasilkan dari dari sisa pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Dengan menggunakan *fly ash* sebagai campuran beton dapat mengurangi kapur bebas yang yang terjadi dari hari hidrasi antara semen dan air. *Fly ash* tergolong material yang memiliki kadar semn yang cukup tinggi dan mempunyai sifat pozzolan. *Fly ash* tergolong material yang memiliki sifat pozzolan karena *fly ash* mengandung senyawa silica dan alumina dan Fly ash terbagi kedalam beberapa jenis, berikut ini adalah klasifikasi berdasarkan jenis nya:

#### 1. Klasifikasi *fly ash*

Fly ash terbagi kedalam 3 jenis yaitu:

##### A. Kelas C

Adalah abu terbang yang mengandung Cao lebih dari 10%, unsur ini terbentuk dari pembakaran lignit atau sub bituminous batu bara. Fly ash kelas ini memiliki sifat pozolanik.

### B. Kelas F

Adalah abu terbang yang mengandung  $\text{CaO}$  kurang dari 10% yang terbentuk karena pembakaran antrasit atau bituminus batubara. Tidak hanya itu fly ash kelas ini juga mengandung  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  kurang dari 70%. Abu terbang jenis ini juga memiliki sifat pozolanik

### C. Kelas N

Adalah pozzolan alam mentah yang sudah terkalsinasi serta telah memenuhi persyaratan yang berlaku pada kelas N. Contohnya ialah Berapa tanah hasil lapukan, abu vulkanik



**Gambar 3. 2 Fly ash**

(Sumber: <https://lauwtjunnji.weebly.com/fly-ash--overview.html>)

### 3.4 Serbuk kaca

Serbuk kaca terbentuk dari limbah kaca yang sudah tidak terpakai seperti bohlam dan botol kaca kemudian ditumbuk secara terus menerus hingga menjadi serbuk halus. Serbuk kaca pada umumnya hanya di daur ulang saja, sehingga diperlukan upaya lain untuk meningkatkan nilai guna serbuk kaca. Salah satu bentuk pemanfaatan serbuk kaca ialah sebagai bahan tambah pada campuran beton. Serbuk yang digunakan untuk bahan substitusi semen ialah serbuk kaca yang lolos saringan 4,75 mm (Muharram & Walujodjati, 2021). Serbuk kaca memiliki kandungan silika yang cukup tinggi berkisar 74% – 80% sehingga kaca bisa dijadikan material alternatif untuk campuran pada beton serta memiliki sifat yang tahan terhadap abrasi cuaca (Apriwelni & Bintang Wirawan, 2020). Di dalam serbuk

kaca juga terdapat unsur penyusun serbuk kaca, unsur penyusun dapat dilihat pada table berikut ini:

**Tabel 3. 3 Kandungan Pada Serbuk Kaca**

Unsur	Kandungan Serbuk Kaca (%)
$SiO_{21}$	61,721
$Al_2O^{32}$	3,452
$F_{21}O_{31}$	0,183
$CaO_{32}$	2,594

(Sumber: Muharram & Walujodjati, 2021)



**Gambar 3. 3 Serbuk kaca**

(Sumber: [https://id.made-in-china.com/co\\_springbreezeglass/product\\_Factory-Supply-Milled-Fiber-Glass-Fiber-Powder-Fiber-Glass-Powder\\_uosiuninug.html](https://id.made-in-china.com/co_springbreezeglass/product_Factory-Supply-Milled-Fiber-Glass-Fiber-Powder-Fiber-Glass-Powder_uosiuninug.html))

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

Perencanaan campuran beton dilaksanakan berdasarkan SNI 2934-2000 tentang cara pembuatan rencana campuran beton normal. Adapun tahapan perencanaannya dapat dilihat sebagai berikut.

1. Menetapkan kuat tekan beton ( $f'c$ ).
2. Deviasi standar dihitung berdasar mutu perkerjaan dan volume beton yang

direncanakan. Nilai standar deviasi berkurang seiring dengan peningkatan tingkat pengendalian mutu. Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3.4 Nilai Deviasi Standar untuk berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan**

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Buruk	7
Tanpa Kendali	8,4

Sumber: SNI 03-2834-2000

Jika jumlah pengujian kurang dari tiga puluh, nilai deviasi standar harus dikoreksi menggunakan angka faktor pengali yang ditunjukkan pada Tabel 3.3. Jika tidak ada data uji lapangan, kuat tekan rata-rata yang ditetapkan  $f'cr$  harus dibawah ( $f'cr + 12 MPa$ ).

**Tabel 3.5 Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar**

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Standar Deviasi
<15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
$\geq 30$	1,00

Sumber : SNI 03-2843-2000

3. Nilai tambah dikalkulasi berdasarkan persamaan 3.1 berikut.

$$M = 1,64 \times Sr \quad (3.1)$$

Ket :

$Sr$  : Deviasi Standar

1,64 : Ketetapan Statistik

$M$  : Nilai tambah

4. Nilai mutu beton rata-rata yang ditetapkan dihitung menggunakan persamaan 3.2 berikut.

$$F'_{cr} = F'_c + M \quad (3.2)$$

Ket :

$F'_{cr}$  : kuat tekan beton rata-rata yang ditetapkan, dalam MPa.

$F'_c$  : kuat tekan beton rencana, dalam MPa.

$M$  : nilai tambah.

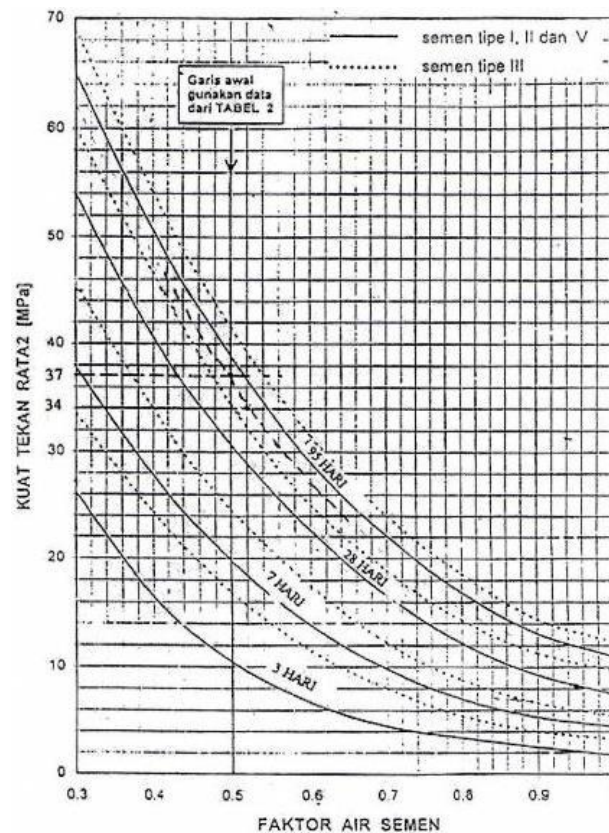
5. Menentukan tipe semen.
6. Penentuan varian agregat kasar dan halus yang diperlukan.
7. Menetapkan faktor air semen (FAS) menggunakan langkah-langkah sebagai berikut.
- a. Saat beton berusia 28 hari, menentukan nilai kuat tekan berdasarkan Tabel 3.4

**Tabel 3.6 Perkiraan Kuat Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen, dan Agregat Kasar**

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (MPa)				
		Umur				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk Uji
Semen Portland Tipe I	Batu tidak pecah	17	23	23	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tidak pecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tidak pecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak pecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2843-2000

- b. Menetapkan kurva lengkung baru yang mengacu pada hubungan antara nilai kuat tekan dengan faktor air semen menerapkan Gambar 3.2 berikut.



**Gambar 3.4 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen**

Sumber : SNI 03-2843-2000

- c. Hubungan kuat tekan beton yang diperoleh dari kurva lengkung baru digunakan untuk menentukan faktor air semen.
8. Penetapan faktor air semen maksimum dan, minimum berdasar pada Tabel 3.5 berikut.

**Tabel 3.7 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan Lingkungan Khusus**

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruang bangunan		
c. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60

**Lanjutan Tabel 3.7 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam beton Lingkungan**

d. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung		
Beton masuk ke dalam tanah e. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti f. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan g. Air tawar h. Air laut		Tabel 6

Sumber : SNI 03-2843-2000

9. Menetapkan nilai *slump*
10. Ukuran maksimum agregat ditetapkan berdasar hasil pengujian karakteristik agregat.
11. Nilai kadar air bebas ditetapkan dengan Tabel 3.5 dan persamaan 3.3 seperti berikut.

**Tabel 3.8 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m<sup>3</sup>) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton**

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	-	-	-	-
10	Batu tidak pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tidak pecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tidak pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI 03-2843-2000

$$w = \frac{2}{3}Wh + \frac{2}{3}Wk \quad (3.3)$$

Ket :

$w$  : kadar air bebas (kg/m<sup>3</sup>)

$Wh$  : perkiraan jumlah air agregat halus (kg/m<sup>3</sup>)

$Wk$  : perkiraan jumlah air agregat kasar (kg/m<sup>3</sup>)

12. Kebutuhan jumlah semen per m<sup>3</sup> ditentukan dengan persamaan 3.4 seperti berikut.

$$c = \frac{w}{fas} \quad (3.4)$$

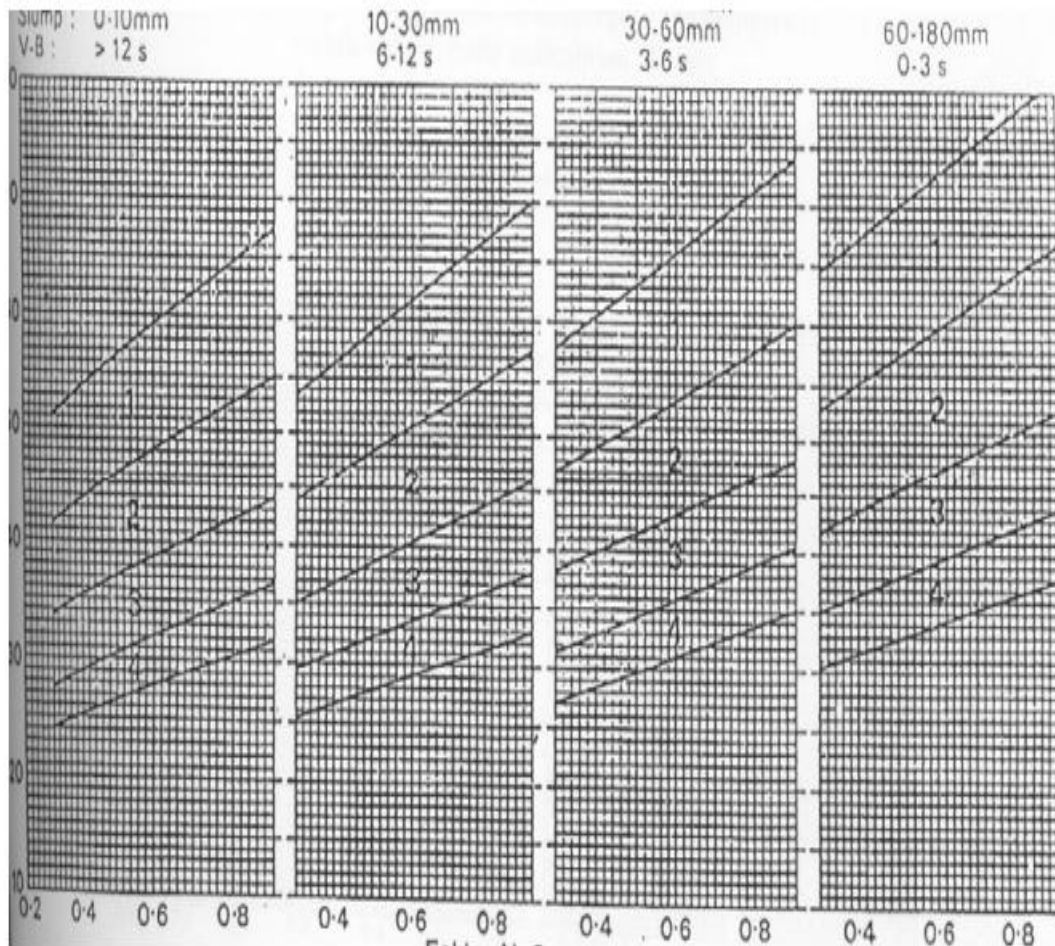
Ket :

$c$  : jumlah semen ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$w$  : kadar air bebas ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

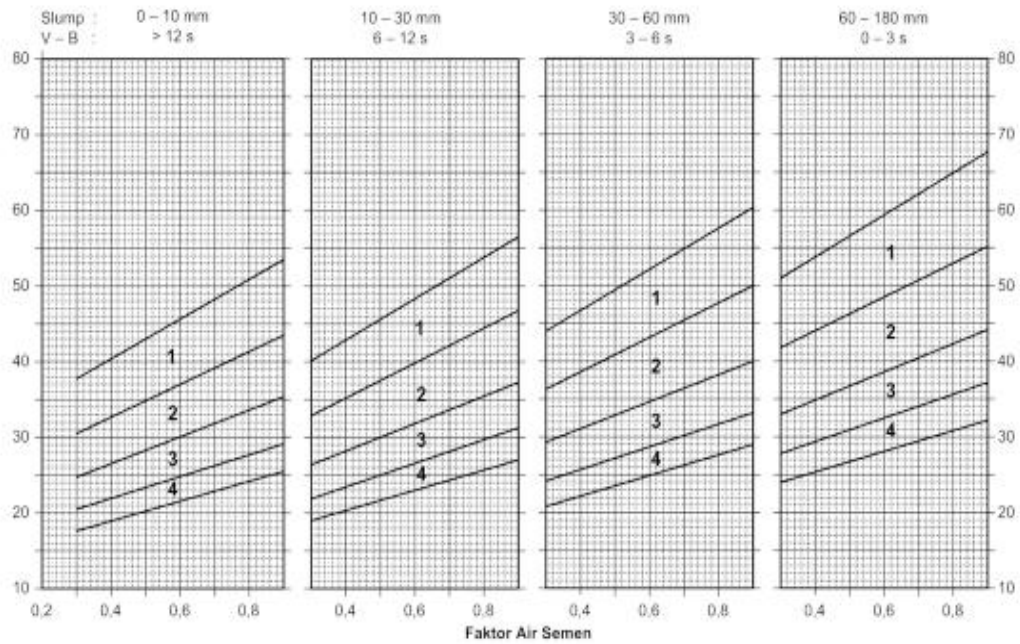
$Fas$  : faktor air semen

13. Menentukan presentase agregat halus dan agregat kasar menggunakan Gambar 3.3 sampai 3.5 berikut ini.

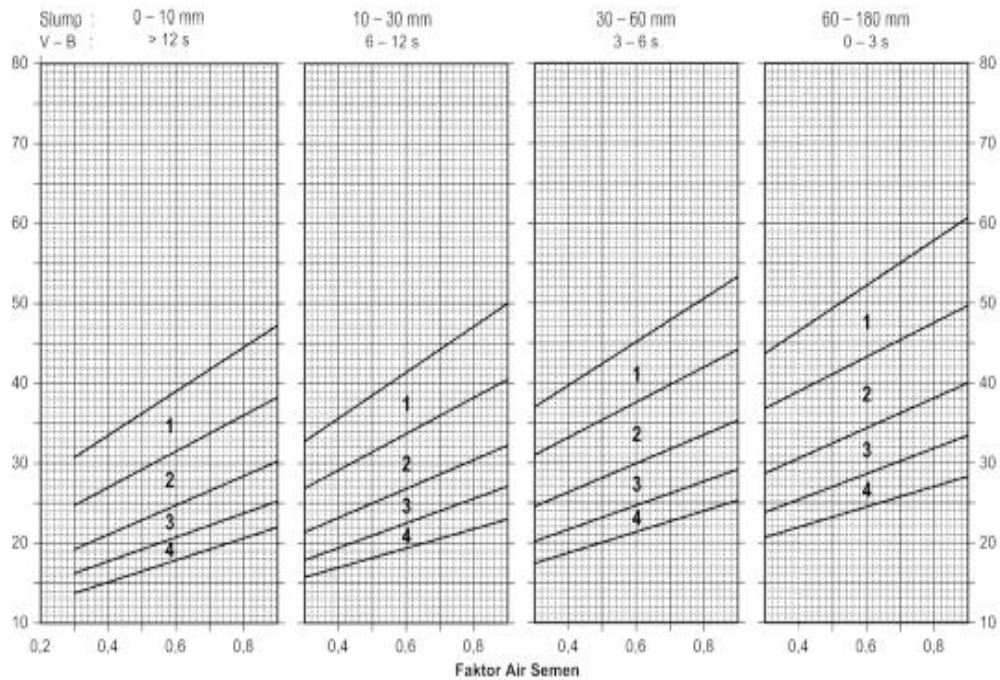


**Gambar 3.5 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimum 10 mm)**

Sumber : SNI 03-2843-2000



**Gambar 3.6 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat  
(Ukuran Butir Maksimum 20 mm)**  
Sumber : SNI 03-2843-2000



**Gambar 3.7 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat)  
(Ukuran Butir Maksimum 40 mm)**  
Sumber : SNI 03-2843-2000

14. Berat jenis relatif atau gabungan agregat dihitung menggunakan persamaan 3.5 seperti berikut.

$$BJ_{gab} = \%Ag.Halus \times BJ_{ag.halus} + \%Ag.Kasar \times BJ_{ag.kasar} \quad (3.5)$$

Ket :

$BJ_{gab}$  : berat jenis gabungan/ relatif agregat

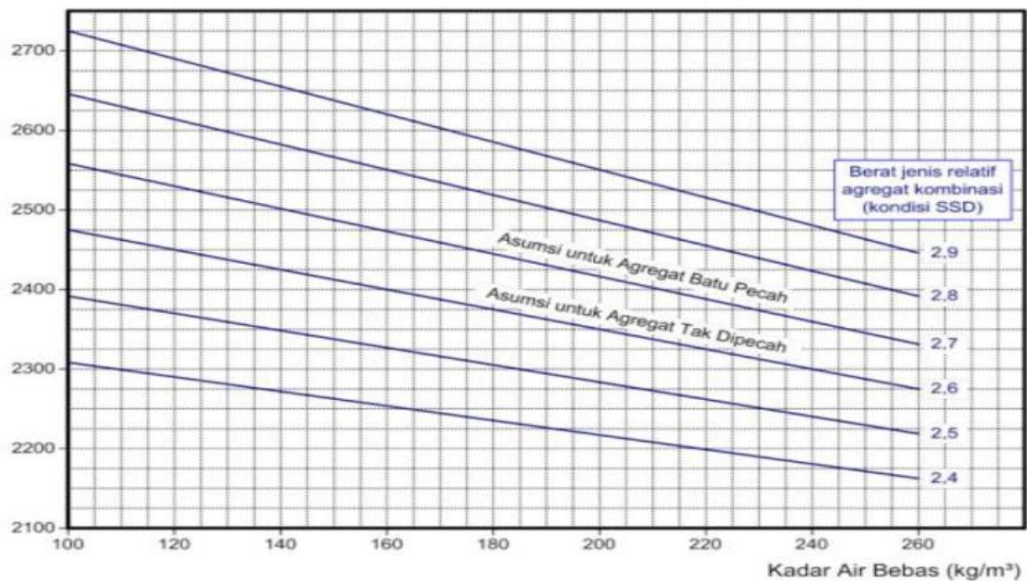
$\%Ag.Halus$  : persentase agregat halus (%)

$\%Ag.Kasar$  : persentase agregat kasar (%)

$BJ_{ag.halus}$  : berat jenis agregat halus

$BJ_{ag.kasar}$  : berat jenis agregat kasar

15. Penetapan berat isi beton yang berdasar pada kadar air bebas dan berat jenis gabungan/ relatif menggunakan Gambar 3.6.



**Gambar 3.8 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah**

Sumber : SNI 03-2843-2000

16. Kadar agregat gabungan dihitung memakai persamaan 3.6 seperti berikut.

$$W_{ag.gab} = W_{beton} - W_{semen} - w \quad (3.6)$$

Ket :

$W_{ag.gab}$  : kadar agregat gabungan ( $\text{kg/m}^3$ )

$W_{beton}$  : berat isi beton ( $\text{kg/m}^3$ )

$W_{semen}$  : kadar semen ( $\text{kg/m}^3$ )

$w$  : kadar air bebas ( $\text{kg/m}^3$ )

17. Kadar agregat halus dihitung berdasar persamaan 3.7 seperti berikut.

$$W_{ag.halus} = \%Ag.halus \times W_{ag.gab} \quad (3.7)$$

Ket :

$W_{ag.halus}$  : kadar agregat halus ( $\text{kg/m}^3$ )

$\%Ag.Halus$  : persentase agregat halus (%)

$W_{ag.gab.}$  :kadar agregat gabungan ( $\text{kg/m}^3$ )

18. Kadar agregat kasar dihitung berdasar persamaan 3.8 seperti berikut.

$$W_{ag.kasar} = W_{ag.gab} - W_{ag.halus} \quad (3.8)$$

Ket :

$W_{ag.kasar}$  : kadar agregat halus ( $\text{kg/m}^3$ )

$W_{ag.gab.}$  : kadar agregat gabungan ( $\text{kg/m}^3$ )

$W_{ag.halus}$  : kadar agregat halus ( $\text{kg/m}^3$ )

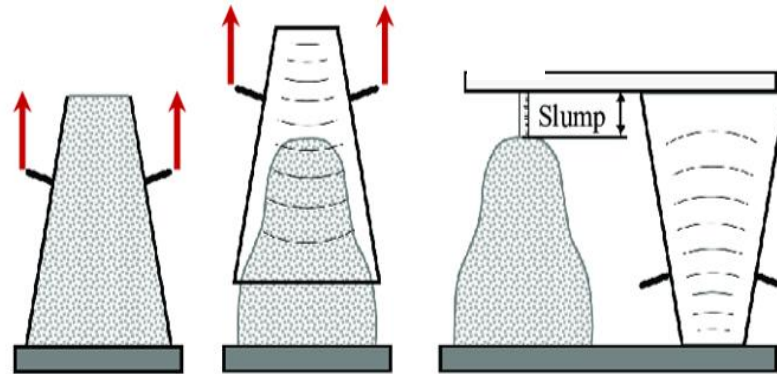
### 3.6 Pengujian Slump

Pengujian *slump* dilakukan dengan memakai alat kerucut Abrams untuk menghitung nilai *slump* yang menunjukkan tingkat kelecakan (*workability*) campuran beton dan mutu pengerjaan beton (SNI-1972-2008). *Workability* pada beton umumnya dikaitkan dengan homogenitas campuran beton. Slump test dengan nilai yang tinggi menandakan bahwa campuran beton ringan dikerjakan, sementara itu nilai kecil membuat beton menjadi kental dan susah dikerjakan. Tabel di bawah ini dapat digunakan untuk melihat penetapan nilai *slump* dari berbagai pengerjaan beton berdasarkan jenis struktur.

**Tabel 3.9 Nilai Slump Untuk Berbagai Pekerjaan Beton**

No.	Pemakaian Beton (berdasarkan Jenis Struktur yang Dibuat)	Nilai Slump	
		Maksimum	Minimum
1.	Dinding, pelat fondasi, dan fondasi telapak bertulang	125	50
2.	Fondasi telapak tidak bertulang dan struktur dibawah tanah	90	25
3.	Pelat, balok, kolom, dinding	150	75
4.	Perkerasan jalan	75	50
5.	Pembetonan massal (beton massa)	75	25

(Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971)



**Gambar 3.9 Ilustrasi Pengujian *Slump***

### 3.7 Kuat Tekan Beton

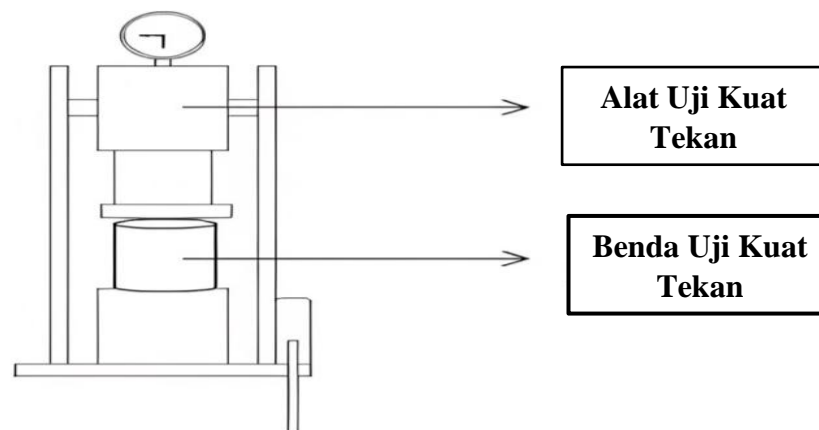
Kuat tekan beton adalah kapasitas beton dalam menahan beban aksial per satuan luas. Nilai kuat tekan beton didapat dengan memakai uji mesin tekan (*compression testing machine*) dan ditunjukkan dengan benda uji beton tersebut hancur saat terkena gaya tekan. Kalkulasi kuat tekan beton mengacu pada SNI 1974-2011 sebagai berikut.

$$\text{Kuat tekan beton } f'c = \frac{P}{A}$$

Ket :

$P$  : beban maksimum (N)

$A$  : luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)



**Gambar 3.10 Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan**

### 3.8 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton merupakan salah satu kekurangan yang dimiliki oleh beton. Nilai kuat tarik didapat dengan menempatkan benda uji secara horizontal sebaris dengan alas meja penekan mesin uji tekan dan ditekan sampai benda uji terbelah atau hancur. Nilai kuat tarik beton dapat dihitung berdasarkan SNI 2491-2002 seperti berikut.

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

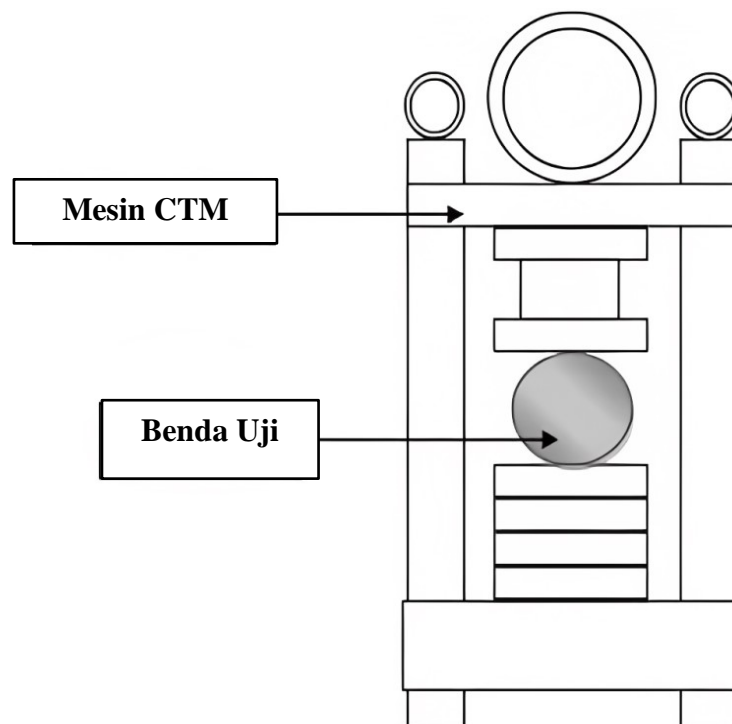
Ket :

$f_{ct}$  : kuat tarik belah beton (MPa)

$P$  : beban maksimum (N)

$D$  : diameter benda uji (mm)

$L$  : panjang benda uji (mm)



**Gambar 3.11 Ilustrasi Pengujian Kuat Tarik Belah**

### 3.9 Absorpsi Beton

Absorpsi beton merupakan peristiwa masuk nya air kedalam beton melalui pori-pori yang terletak pada permukaan beton. Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai absorpsi beton pori atau rongga yang terdapat pada beton. Maka semakin banyak pori-pori pada beton, maka akan semakin besar juga nilai absorpsi pada beton, hal ini akan berpengaruh terhadap ketahan dan mutu beton. Menurut SNI 6433-2016, nilai absorpsi dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$P_A = \frac{B-A}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

$P_A$  = Absorpsi Beton (%)

B = Berat Kering Permukaan Di Udara Setelah Perendaman (gram)

A = Berat Kering Oven Di udara (gram)

## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 Umum**

Metode penelitian adalah Langkah-langkah yang dilaksanakan pada saat pengujian. Metode memiliki tujuan guna mendapatkan solusi dari permasalahan dari penelitian yang akan dilaksanakan. Maka dari itu diperlukan adanya pemilihan seputar penelitian yang dilakukan. Kemudian metode penelitian yang digunakan pada penelitian kali ini adalah dengan menggunakan metode eksperimental. Penelitian kali ini dilaksanakan dengan cara menambahkan serta memodifikasi bahan tambah *fly ash* serta serbuk kaca dalam semen. Hal ini dilakukan guna mengetahui pengaruh variasi bahan *fly ash* serta serbuk kaca terhadap kuat tekan, kuat Tarik belah, dan absorpsi beton.

#### **4.2 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

#### **4.3 Bahan dan Alat Yang Digunakan**

Adapun bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

##### **4.3.1 Bahan Yang Digunakan**

##### **1. Semen *Portland* (PC)**

Penelitian ini menggunakan semen portland tipe I merek Tiga Roda dengan berat 40 kg.

##### **2. Agregat**

Agregat kasar yang dipakai pada penelitian ini diambil dari Clereng, Kulon Progo dan agregat halus berasal dari Sungai Progo.

##### **3. Air**

Pada penelitian ini menggunakan air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

#### 4. Bahan Tambah

Pada penelitian kali ini bahan tambah yang digunakan ialah *fly ash* dan juga serbuk kaca. Untuk *fly ash* sendiri berasal dari Ex limbah PLTU Paiton yang terletak di Provinsi Probolinggo Jawa Timur. Kemudian untuk serbuk cara diperoleh dari pecahan kaca yang di tumbuk hingga halus dan menjadi serbuk.

##### 4.3.2 Alat Yang Digunakan

###### 1. Set Saringan Agregat

Set saringan agregat dipakai untuk memilah agregat berdasar pada ukuran butirnya saat pengujian analisa saringan.

###### 2. Timbangan

Timbangan berguna untuk mengukur berat material yang dipakai berdasar hasil perhitungan perencanaan campuran beton (*mix design*).

###### 3. Neraca *Ohaus*

Neraca *ohaus* berguna untuk mengukur berat material yang dipakai dan lebih presisi dibanding timbangan biasa.

###### 4. Piknometer

Piknometer digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

###### 5. Oven

Oven berguna untuk menghilangkan air pada agregat kasar dan agregat halus. Oven juga digunakan untuk menguji berat jenis dan penyerapan air agregat.

###### 6. *Concrete Mixer*

*Concrete mixer* merupakan alat yang digunakan untuk mencampur material penyusun beton yang perbandingan materialnya sesuai dengan hasil perhitungan perencanaan campuran beton.

###### 7. Sekop

Sekop digunakan dalam membantu penuangan beton segar ke bekisting beton.

###### 8. Kerucut *Abrams*

Kerucut *abrams* digunakan untuk pengujian slump beton segar.

#### 9. Bekisting Beton

Bekisting merupakan cetakan beton yang berfungsi untuk membuat beton sesuai bentuk benda uji yang diinginkan.

#### 10. Alat Uji Beton

Pada penelitian ini dilakukan uji kuat tekan beton, uji tarik belah beton dan modulus elastisitas beton. Mesin uji yang digunakan adalah mesin uji tekan yang berfungsi untuk mendapatkan nilai beban yang didapat oleh benda uji hingga benda uji hancur. Pada uji modulus elastisitas beton ditambahkan kompresometer-ekstensiometer.

### 4.4 Tahapan Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan harus dilakukan dengan baik dan sistematis. Penelitian yang dilaksanakan dengan baik dan sistematis dalam melakukan tahapan-tahapannya dapat menghasilkan penelitian yang akurat. Prosedur tersebut harus terlaksana supaya tidak keluar dari tujuan penelitian.

#### 4.4.1 Persiapan Bahan

Persiapan bahan krusial untuk dilakukan agar mendapatkan bahan dengan mutu yang baik dan hasil perencanaan campuran beton sesuai dengan rencana. Pembersihan material dari kotoran atau benda asing harus dilakukan agar tidak merusak hasil penelitian yang dilakukan.

Berikut ini merupakan persiapan yang perlu dijalankan.

##### 1. Persiapan bahan khusus

Material yang harus disiapkan yaitu bahan-bahan penyusun beton yang akan dicampur menjadi beton segar antara lain agregat halus, agregat kasar, air, semen, dll. material khusus yang digunakan pada penelitian ini adalah *fly ash* dan serbuk kaca

##### 2. Pembersihan bahan

Pembersihan dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar. Pembersihan dilakukan untuk menghilangkan kotoran dan benda asing pada agregat. Pembersihan bahan ini juga bertujuan agar material lolos persyaratan campuran beton.

### 3. Pengujian Agregat

Pengujian agregat merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menguji agregat halus dan kasar. Pengujian agregat dilaksanakan untuk mengetahui sifat dan karakteristik agregat yang akan dipakai dalam pembuatan campuran beton. Hasil pengujian ini yang kemudian akan dijadikan acuan dalam perencanaan campuran beton (*mix design*). Berikut merupakan acuan dalam pengujian agregat.

- a. Uji berat jenis dan penyerapan agregat halus berdasarkan SNI 1970-1990.
- b. Uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar berdasarkan SNI 1969-1990.
- c. Uji analisa saringan agregat halus berdasarkan SNI 1968-1990.
- d. Uji analisa saringan agregat kasar berdasarkan SNI 1968-1990.
- e. Uji berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus berdasarkan SNI 4804-1998.
- f. Uji berat volume gembur dan berat volume padat agregat kasar berdasarkan SNI 4804-1998.
- g. Uji butiran lolos ayakan no.200 berdasarkan SNI 4142-1996.

Hasil pengujian yang telah dilakukan kemudian dilakukan pengecekan apakah agregat memenuhi persyaratan atau tidak.

#### 4.4.2 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah beton dengan substitusi *fly ash* serta variasi kadar serbuk kaca di dalam semen setiap variasi benda uji dilakukan pengujian saat beton berumur 28 hari. Benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah sampel silinder yang digunakan adalah 7 buah untuk kuat tekan, 5 buah untuk kuat Tarik, dan 3 buah untuk absorpsi. Adapun detail benda uji pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut

**Tabel 4. 1 Detail Sampel Benda Uji**

<b>Jenis Pengujian</b>	<b><i>Fly ash</i></b>	<b>Serbuk kaca</b>	<b>Kode Benda Uji</b>	<b>Jumlah Sampel</b>
Kuat Tekan	0%	0%	TK-00	7
	15%	5%	TK-01	7
	15%	10%	TK-02	7
	15%	15%	TK-03	7
	15%	20%	TK-04	7
	15%	25%	TK-05	7
Kuat Tarik Belah Beton	0%	0%	TB-00	5
	15%	5%	TB-01	5
	15%	10%	TB-02	5
	15%	15%	TB-03	5
	15%	20%	TB-04	5
	15%	25%	TB-05	5
Absorpsi Beton	0%	0%	AB-00	3
	15%	5%	AB-01	3
	15%	10%	AB-02	3
	15%	15%	AB-03	3
	15%	20%	AB-04	3
	15%	25%	AB-05	3
<b>Total Sampel</b>				<b>90</b>

Adapun keterangan dari kode benda uji sebagai berikut :

TK = Uji Kuat Tekan Beton

TB = Uji Tarik Belah Beton

AB = Uji Absorpsi Beton

Tahapan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut.

1. Bahan penyusun beton seperti agregat halus, agregat kasar, semen, dan air dan bahan tambah berupa *fly ash* dan serbuk kaca disiapkan dan dibersihkan.
2. Menyiapkan, menakar, dan menimbang bahan yang digunakan sesuai dengan perencanaan campuran beton menurut SNI 2493-2011.
3. Bahan yang telah ditakar sesuai komposisi dimasukkan ke wadah untuk memudahkan pada saat pencampuran ke dalam *mixer* beton.

4. Mengolesi bekisting benda uji silinder pada bagian dalam dengan oli serta melakukan penimbangan dan pencatatan berat bekisting.
5. Menyiapkan *mixer* beton dan tempat untuk menuangkan beton segar.
6. Agregat kasar dan halus dimasukkan kedalam *mixer* beton dan diaduk sampai agregat tercampur merata.
7. Setelah agregat tercampur merata, masukkan semen yang sudah dicampurkan *fly ash* 15% dan variasi serbuk kaca kedalam *mixer* dan aduk hingga rata.
8. Tuangkan air secara bertahap untuk mengontrol keenceran campuran beton segar.
9. Pencampuran beton segar dilakukan hingga merata (homogen).
10. Setelah campuran homogen, tuang campuran beton segar ke tempat yang telah disiapkan.
11. Melakukan pengujian *slump* dan pastikan tinggi *slump* memenuhi syarat.
12. Memasukkan campuran beton segar ke dalam satu per tiga cetakan bekisting silinder, kemudian tumbuk dengan tongkat penumbuk dan pukul dengan palu karet sampai campuran beton rata tanpa ruang udara. Prosedur ini diulangi sampai bekisting silinder penuh.
13. Ratakan permukaan campuran beton.
14. Timbang dan catat berat beton dengan bekisting benda uji silinder.
15. Setelah kurang lebih 24 jam, lepas bekisting benda uji dan proses perawatan benda uji bisa dimulai.

#### 4.4.3 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji mengacu pada Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Laboratorium (SNI-2493-2011). Bekisting benda uji dilepas dari benda uji minimal 24 jam setelah penuangan campuran beton segar. Perawatan benda uji yang dilakukan adalah dengan merendam benda uji dalam air. Perendaman dilakukan selama 28 hari. Pengujian benda uji harus dilakukan saat kondisi benda uji kering. Oleh karena itu benda uji harus dikeluarkan dari rendaman air satu hari sebelum dilakukan pengujian.

#### 4.4.4 Pengujian Benda Uji

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji kuat tekan beton, uji tarik belah beton, dan uji modulus elastisitas beton. Pengujian dilakukan pada setiap variasi campuran beton dengan umur 28 hari. Benda uji diukur dan ditimbang terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian.

### 4.5 Prosedur Pengujian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa pengujian. Prosedur setiap pengujian akan diuraikan secara sistematis. Adapun prosedur pengujian adalah sebagai berikut.

#### 4.5.1 Uji *Slump*

Uji *slump* berguna untuk mengukur workabilitas beton yang sudah dibuat. Uji *slump* dilakukan sesudah campuran beton dituang dari mixer beton. Adapun prosedur pengujian slump adalah sebagai berikut.

1. Kerucut *Abrams* diisi dengan beton segar setiap 1/3 bagian. Pada tiap bagian dilakukan penumbukan sebanyak 25 kali secara menyeluruh. Penumbukan tiap bagian dilakukan secara menyeluruh sampai kerucut *abrams* terisi penuh.
2. Beton segar didiamkan selama 30 detik.
3. Kerucut *abrams* dinaikkan secara tegak dan kerucut *abrams* diletakkan disamping beton segar yang berdiri.
4. Ukur tinggi slump.

#### 4.5.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton merujuk pada SNI 1974-2011. Mengenai tahapan pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut.

1. Benda uji diangkat dari bak rendaman dan didiamkan selama 24 jam.
2. Dilakukan pengukuran berat dan dimensi benda uji.
3. Benda uji diletakkan pada alas tekan bawah dan penunjuk beban telah berada pada angka nol.
4. Mesin uji tekan dijalankan dengan kecepatan pembebanan 0,15 MPa/detik hingga 0,35 MPa/detik.
5. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan catat beban tertinggi.

#### 4.5.3 Pengujian Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan berdasar SNI 03-2491-2014. Adapun tahapan pengujian kuat tarik belah beton adalah sebagai berikut.

1. Benda uji diangkat dari bak rendaman dan dibiarkan selama 24 jam.
2. Mengukur dimensi dan berat benda uji.
3. Benda uji diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan dan penunjuk beban sudah berada pada angka nol.
4. Mesin uji tekan dijalankan dengan kecepatan pembebanan 0,7 MPa/menit hingga 1,4 MPa/menit.
5. Pembebanan dilaksanakan hingga benda uji hancur serta catat beban maksimum.

#### 4.5.4 Pengujian Absorpsi Beton

Pengujian Absorpsi beton menggunakan benda uji silinder 15 cm x 30 cm . kemudian untuk pengujian yang dilakukan mengacu kepada SNI 6433-2016 sebagai berikut.

1. Mengangkat benda uji dari perendaman kemudian diamkan beberapa saat selanjutnya memasukan benda uji ke dalam oven dengan temperatur  $(110 \pm 5)$  selama minimal 24 jam
2. Keluarkan benda uji dari oven kemudian diamkan beberapa saat hingga suhu benda uji pada temperature ruang ( $20^{\circ}\text{C}$  sampai  $25^{\circ}\text{C}$ )
3. Mengukur berat benda uji kering oven (A)
4. Merendam benda uji kering oven di dalam air minimal 48 jam
5. Mengeringakan permukaan benda uji dengan menggunakan kain lap guna menghilangkan kelembapan pada permukaan benda uji
6. Mengukur berat benda uji hasil perendaman

#### 4.6 Analisis Perhitungan Benda Uji

Data yang didapat pada hasil pengujian kemudian diproses menggunakan bantuan *Microsoft Excel*. Pengolahan data dilakukan berdasarkan teori dan peraturan-peraturan terkait. Hasil pengolahan data berupa parameter penting yang akan digunakan pada tahap analisis data.

#### **4.7 Analisis Data dan Pembahasan**

Data yang sudah diolah dan diperoleh parameter yang diinginkan kemudian dilaksanakan proses analisis yang sinkron dengan dasar teori dan peraturan yang terkait. Analisis data dilakukan dengan melakukan komparasi nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi beton terhadap setiap varian benda uji. Varian benda uji berupa campuran beton dengan substitusi *fly ash* 15% dan variasi serbuk kaca 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Data hasil analisis berupa komparasi nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi beton .

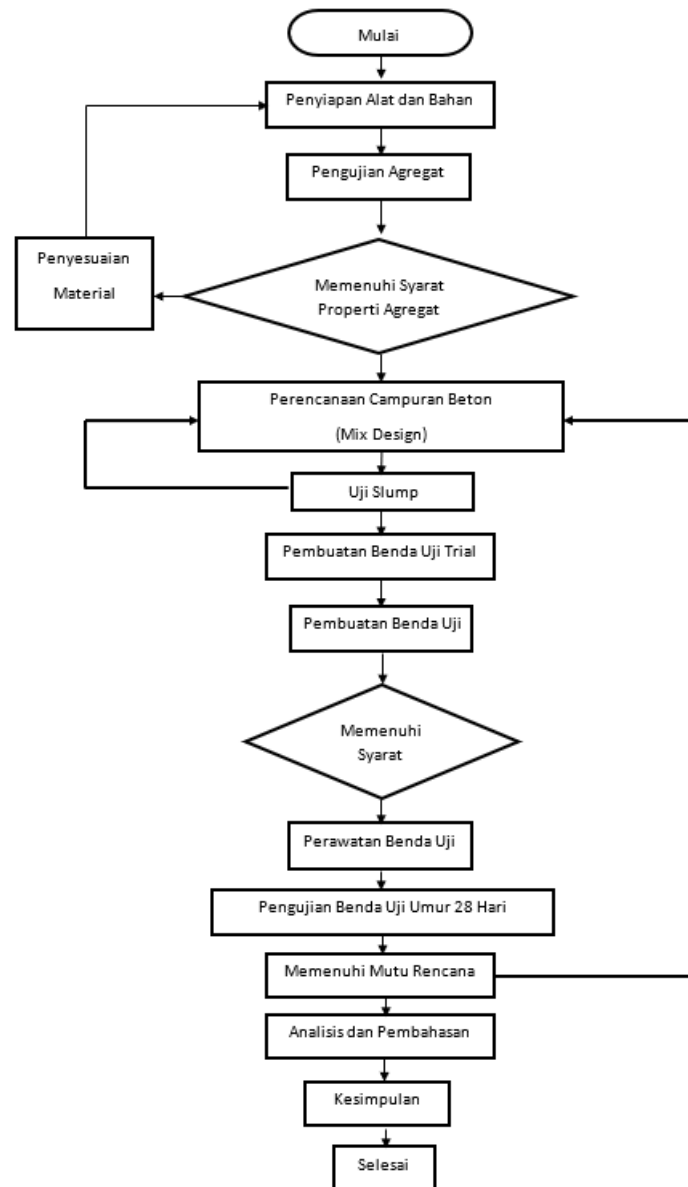
Setelah tahapan analisis data telah selesai dilakukan kemudian dilakukan pembahasan. Pembahasan dilakukan berdasarkan analisis data yang telah dilakukan. Pembahasan dilakukan untuk menafsirkan hasil komparasi nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton di setiap variasi pH air pada campuran beton. Pembahasan juga harus menjawab seluruh rumusan masalah yang ada.

#### **4.8 Kesimpulan dan Saran**

Tahap terakhir pada penelitian ini adalah kesimpulan dan saran. Kesimpulan dilakukan dengan menyatakan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan secara singkat, padat, dan jelas sesuai dengan teori dan peraturan terkait. Kesimpulan juga harus searah dengan tujuan penelitian. Selain itu pada tahap ini dilakukan pembuatan saran berdasarkan kesimpulan yang ada untuk penelitian-penelitian berikutnya.

#### **4.9 Bagan Alir Penelitian**

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



**Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian**

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Umum

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan selanjutnya dilakukan analisis data dan pembahasan, yang bertujuan untuk memperoleh hasil yang telah direncanakan.

#### 5.2 Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan sifat agregat yang digunakan pada penelitian ini. Karena agregat memiliki beberapa persyaratan yang harus terpenuhi untuk dapat dijadikan sebagai campuran pada beton. Adapun pengujian yang dilakukan yaitu pengujian agregat kasar dan agregat halus.

##### 5.2.1 Hasil pengujian agregat halus

Dalam pengujian agregat halus ini dalam pengujian agregat halus dilakukan beberapa pengujian meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian Analisa saringan, pengujian berat volume, serta pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur).

##### 1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian ini dilakukan merujuk pada SNI 03-1970-1990. Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis curah, dan berat jenis kering permukaan jenuh (SSD). Adapun hasil perhitungan adalah sebagai berikut.

##### a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{B+500-Bt} \\ &= \frac{489}{658+500-973} \\ &= 2,643 \end{aligned}$$

## b. Berat Jenis Kering Permukaan

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Kering Permukaan} &= \frac{Bk}{B+500-Bt} \\ &= \frac{489}{658+500-973} \\ &= 2,703 \end{aligned}$$

## c. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \\ &= \frac{489}{658+489-973} \\ &= 2,810 \end{aligned}$$

## d. Penyerapan Air

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air} &= \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \\ &= \frac{500-489}{489} \times 100\% \\ &= 2,249\% \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada sampel 2 seperti pada perhitungan sampel 1 diatas. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus.

**Tabel 5. 1 Rekapitulasi hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	489	487	488
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	973	971	972
Berat piknometer berisi air, gram (B)	658	658	658
Berat Jenis Curah	2,643	2,604	2,624
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD)	2,703	2,674	2,688
Berat Jenis semu	2,810	2,799	2,805
Penyerapan Air (%)	2,249%	2,66%	2,46%

Berdasarkan pada perhitungan diatas, didapatkan nilai berat jenis agregat halus sebesar 2,805 serta penyerapan air 2, 46%.

## 2. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian Analisa saringan agregat halus mengacu pada SNI 1968-1990.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa halus atau kasarnya suatu agregat serta menentukan gradasi dari agregat halus. Berikut ini adalah perhitungan analisa saringan agregat halus.

### a. Persentase berat tertinggal

$$\begin{aligned} \text{Saringan 4,8 mm} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat Total}} \times 100\% \\ &= \frac{2}{1993} \times 100\% \\ &= 0,10\% \end{aligned}$$

### b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 4,8 mm} &= \% \text{ berat tertinggal} + \% \text{ berat tertinggal sebelumnya} \\ &= 0\% + 0,10\% + \\ &= 0,10\% \end{aligned}$$

### c. Persentase lolos kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 4,8 mm} &= 100\% - \% \text{ berat tertinggal} \\ &= 100\% - 0,10\% \\ &= 99,90\% \end{aligned}$$

### d. Modulus Halus Butir

$$\begin{aligned} &= \frac{\% \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{269,594\%}{100} \\ &= 2,696 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada lubang saringan lainnya seperti pada perhitungan diatas. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus. Adapun rekapitulasi hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan 5.3 berikut.

**Tabel 5. 2 Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1**

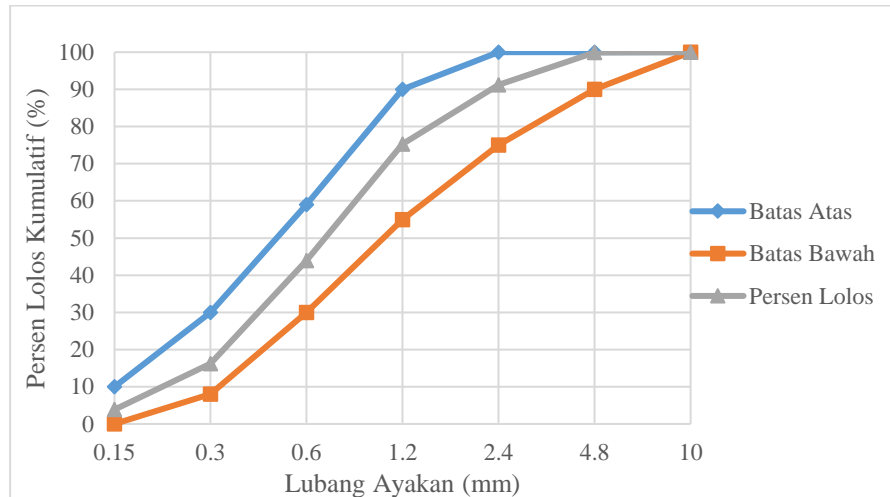
No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	20,00	0	0	0	100	100	100
2	10,00	0	0	0	100	100	100
3	4,80	2	0,10	0,10	99,90	90	100
4	2,40	173	8,68	8,78	91,22	75	100
5	1,20	318	15,96	24,74	75,26	55	90
6	0,60	624	31,31	56,05	43,95	30	59
7	0,30	553	27,75	83,79	16,21	8	30
8	0,15	246	12,34	96,14	3,86	0	10
9	Sisa	77	3,864	100,000	0	0	0
	Jumlah	1993	100	269,594			

**Tabel 5. 3 Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2**

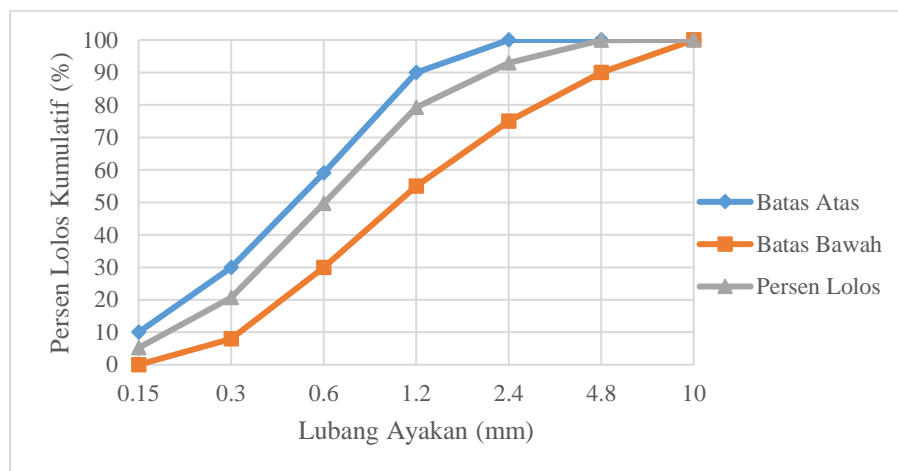
No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah	Batas Atas
1	20,00	0	0	0	100	100	100
2	10,00	0	0	0	100	100	100
3	4,80	1	0,05	0,05	99,95	90	100
4	2,40	140	7,01	7,06	92,94	75	100
5	1,20	273	13,67	20,73	79,27	55	90
6	0,60	591	29,59	50,33	49,67	30	59
7	0,30	578	28,94	79,27	20,73	8	30
8	0,15	310	15,52	94,79	5,21	0	10
9	Sisa	104	5,208	100,000	0	0	0
	Jumlah	1997	100	252,228			

Menurut hasil perhitungan dari Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 didapat nilai modulus halus butir sebesar 2,696 dan 2,523. Berdasarkan pada SNI 03-1750-1990 nilai modulus halus butir ini telah memenuhi persyaratan nilai modulus halus butir

agregat halus yaitu 1,5-3,8. Agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan batas atas dan batas bawah dari SNI 03-2384-2000 yang termasuk ke dalam jenis gradasi daerah II. Berikut ini merupakan grafik gradasi agregat halus.



**Gambar 5. 1 Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 1**



**Gambar 5. 2 Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 2**

### 3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat

Tujuan dari dilakukanya pengujian ini untuk mengetahui berat volume dari agregat halus yang dilakukan pada saat kondisi SSD. Berikut ini merupakan contoh perhitungan dari berat volume gembur dan berat volume padat.

#### 1. Volume Tabung (V)

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

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,83^2 \times 30,60$$

$$= 5286 \text{ cm}^3$$

## 2. Berat Agregat( W3)

$$\text{Berat Agregat} = W2 - W1$$

$$= 19536 - 11072$$

$$= 8464 \text{ gr}$$

## 3. Berat Volume Padat

$$\text{Berat Volume Padat} = \frac{W3}{V}$$

$$= \frac{8464}{5286}$$

$$= 1,601 \text{ gr/cm}^3$$

Dilakukan perhitungan yang sama pada sampel 2 dan juga untuk perhitungan berat volume padat. Rekapitulasi hasil pengujian berat volume gembur dan berat volume padat dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

**Tabel 5. 4 Rekapitulasi Pengujian Berat Volume Gembur**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,03	15,03
Tinggi (cm)	30,40	30,40
Berat Tabung (W1)(gr)	11072	11072
B3erat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	17983	18160
Berat agregat (W3)	6787	6988
Volume tabung (V) (cm <sup>3</sup> )	5394	5394
Berat volume gembur (gr/cm <sup>3</sup> )	1,258	1,296
Rata-rata berat volume (gr/cm <sup>3</sup> )	1,277	

**Tabel 5. 5 Rekapitulasi Pengujian Berat Volume Padat**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,03	15,03
Tinggi (cm)	30,40	30,40
Berat Tabung (W1) (gr)	11072	11072
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	19536	19285
Berat agregat (W3)	8464	8698
Volume tabung (V) (cm <sup>3</sup> )	5286	5376
Berat volume padat (gr/cm <sup>3</sup> )	1,601	1,618
Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1,610	

Berdasar pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 diperoleh nilai rata-rata berat volume gembur sebesar 1,277 dan 1,610 untuk berat volume padat.

#### 4. Uji Lolos Saringan No. 200 (Uji Kandungan Lumpur)

Pengujian uji lolos saringan No. 200 mengacu pada SNI 03-4192-1996. Dilakukanya pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan kadar lumpur yang terkandung di dalam agregat halus. Berikut ini merupakan contoh perhitungan dari pengujian uji lolos saringan No. 200 (uji kandungan lumpur).

$$\begin{aligned}
 \text{Kandungan Lumpur} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \\
 &= \frac{500 - 490}{500} \\
 &= 2,0 \%
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil pengujian lolo saringan No. 200 dapat dilihat pada Tbel 5.6 Berikut.

**Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Uji Lolos Saringan No. 200**

Uraian	Hasil Pemeriksaan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1) (gr)	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2) (gr)	490	492

Lanjutan Tabel 5. 6 Hasil Pengujian Uji Lolos Saringan No. 200

Uraian	Hasil Pemeriksaan	
	Sampel 1	Sampel 2
Persentase lolos saringan No. 200 $\left(\frac{W_1-W_2}{W_1}\right)$	2,00	1,60
Rata-rata persentase lolos saringan No.200 (%)	1,80	

Berdasarkan pada Tabel 5.6 didapatkan rata-rata persentase lolos saringan No. 200 sebesar 1,80%. Hasil tersebut sudah memenuhi batas kadar lumpur yang mengacu pada SK SNI S-04-1989-F yaitu sebesar 5%

### 5.2.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar yang dilakukan berupa berat jenis dan peyerapan air, Analisa saringan, berat volume padat, berat volume gembur.

#### 1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian ini mengacu pada SNI 03-1969-1990. Berikut ini merupakan perhitungan dan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air..

##### 1. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{Bj - Ba} \\ &= \frac{4890}{5000 - 3070} \\ &= 2,534 \end{aligned}$$

##### 2. Berat Jenis Kering Permukaan

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Kering Permukaan} &= \frac{Bj}{Bj - Ba} \\ &= \frac{5000}{5000 - 3070} \\ &= 2,591 \end{aligned}$$

##### 3. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{Bk - Ba} \\ &= \frac{4890}{4890 - 3070} \\ &= 2,687 \end{aligned}$$

## 4. Penyerapan Air

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air} &= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \\
 &= \frac{5000 - 4890}{48950} \times 100\% \\
 &= 2,25\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada sampel 2 seperti pada perhitungan sampel 1 diatas. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar.

**Tabel 5. 7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar**

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Kerikil Mutlak (Bk), gram	4890	4894	4892
Berat Kerikil Jenuh kering muka (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3070	3073	3071
Berat Jenis Curah	2,534	2,540	2,537
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD)	2,591	2,595	2,593
Berat Jenis semu	2,687	2,688	2,687
Penyerapan Air (%)	2,25%	2,17%	2,21%

Berdasarkan pada perhitungan diatas, didapatkan nilai berat jenis agregat kasar sebesar 2,593 serta penyerapan air 2,21%.

## 2. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan agregat kasar mengacu pada SNI 1968-1990. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat kekasaran suatu agregat serta menentukan gradasi dari agregat kasar. Berikut ini adalah perhitungan analisa saringan agregat kasar.

## a. Persentase Berat Tertinggal

$$\begin{aligned}
 \text{Saringan 20 mm} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat Total}} \times 100\% \\
 &= \frac{82}{4996} \times 100\% \\
 &= 1,64 \%
 \end{aligned}$$

## b. Persentase Berat Tertinggal kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 20 mm} &= \% \text{ berat tertinggal} + \% \text{ berat tertinggal sebelumnya} \\ &= 0 \% + 1,61 \% \\ &= 1,61\% \end{aligned}$$

## c. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 20 mm} &= 100\% - \% \text{ berat tertinggal} \\ &= 98,36 \% \end{aligned}$$

Modulus Halus Butiran

$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\% \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{658,626}{100} \\ &= 6,286 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada lubang saringan lainnya seperti pada perhitungan diatas. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar. Adapun rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan 5.9 berikut

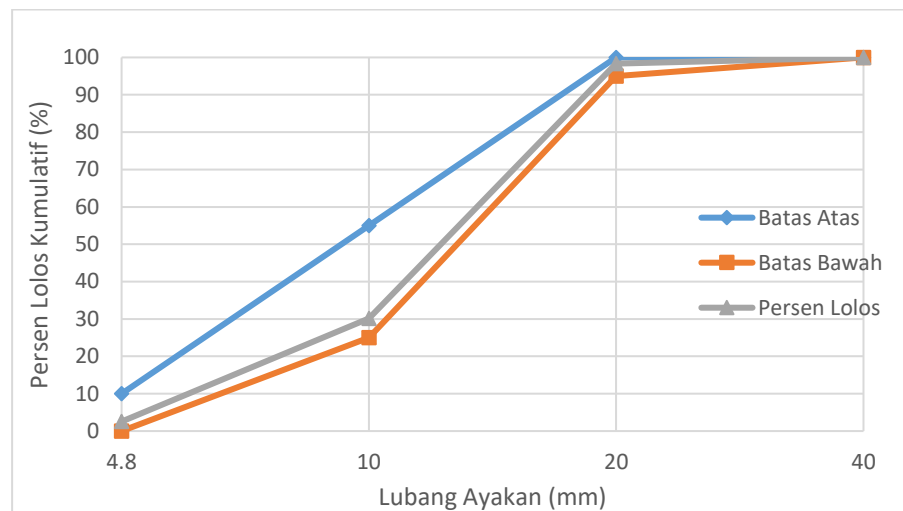
Tabel 5. 8 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	40,00	0	0	0	100	100	100
2	20,00	16	0,32	0,32	99,68	95	100
3	10,00	3450	69,04	69,36	30,64	30	60
4	4,80	1405	28,12	97,48	2,52	0	10
5	2,40	23	0,46	97,94	2,06	0	0
6	1,20	6	0,12	98,06	1,94	0	0
7	0,60	0	0	98,06	1,94	0	0
8	0,30	0	0	98,06	1,94	0	0
9	0,15	0	0	98,06	1,94	0	0
10	Sisa	97	1,94	100	0,00	0	0
	Jumlah	4997	100	657,334			

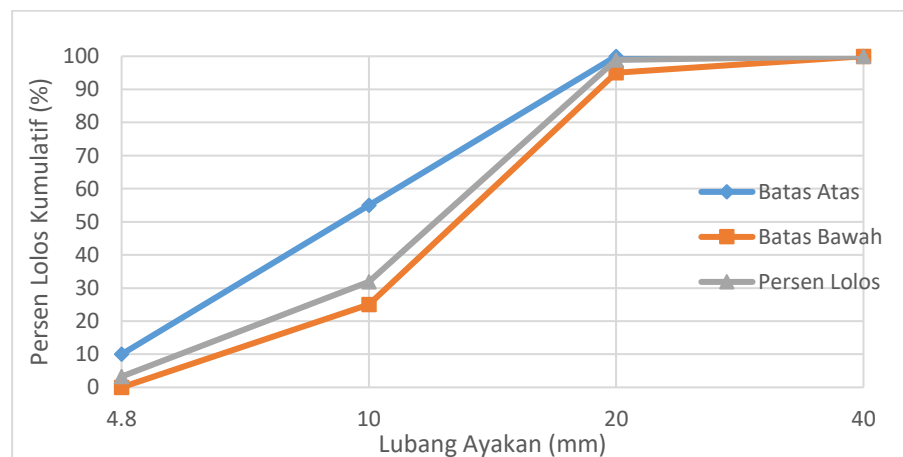
**Tabel 5. 9 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2**

<b>No</b>	<b>Lubang Ayakan (mm)</b>	<b>Berat Tertinggal (gr)</b>	<b>Berat Tertinggal (%)</b>	<b>Berat Tertinggal Kumulatif (%)</b>	<b>Persen Lolos Kumulatif (%)</b>	<b>Batas Bawah (%)</b>	<b>Batas Atas (%)</b>
1	40,00	0	0	0	100	100	100
2	20,00	82	1,64	1,64	98,36	95	100
3	10,00	3409	68,23	69,88	30,12	30	60
4	4,80	1378	27,58	97,46	2,54	0	10
5	2,40	18	0,36	97,82	2,18	0	0
6	1,20	7	0,14	97,96	2,04	0	0
7	0,60	0	0,00	97,96	2,04	0	0
8	0,30	0	0,00	97,96	2,04	0	0
9	0,15	0	0,00	97,96	2,04	0	0
10	Sisa	102	2,04	100,00	0,00	0	0
	Jumlah	4996	100,00	658,627			

Menurut hasil perhitungan dari Tabel 5.9 dan Tabel 5.8 didapat nilai modulus halus butir sebesar 6,573 dan 6,586. Berdasarkan pada SK SNI S-04-1989-F nilai modulus halus butir ini telah memenuhi persyaratan nilai modulus halus butir agregat kasar yaitu 6,0-7,1. Agregat kasar yang digunakan telah memenuhi persyaratan batas atas dan batas bawah dari SNI 03-2384-2000 yang termasuk ke dalam jenis gradasi daerah II. Berikut ini merupakan grafik gradasi agregat kasar.



**Gambar 5. 3 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1**



**Gambar 5. 4 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 2**

3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat  
 Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat volume dari agregat kasar. Pengujian ini dilakukan pada saat kondisi SSD. Berikut ini adalah contoh perhitungan dari berat volume gembur dan berat volume padat.

- a. Volume Tabung (V)

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15,03^2 \times 30,60 \\
 &= 5394 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

- b. Berat Agregat (W3)

$$\text{Berat Agregat} = W2 - W1$$

$$= 19079 - 11072$$

$$= 8007 \text{ gr}$$

c. Berat Volume Padat

$$\begin{aligned} \text{Berat Volume Padat} &= \frac{W_3}{V} \\ &= \frac{8007}{11072} \\ &= 1,485 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada sampel 2 seperti pada perhitungan diatas. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar. Adapun rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan 5.11 berikut.

**Tabel 5. 10 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Gembur**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,03	15,03
Tinggi (cm)	30,40	30,40
Berat Tabung (gr)	11072	11072
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	17983	18132
Berat agregat (W3)	6911	7060
Volume tabung (v) (cm <sup>3</sup> )	5394	5394
Berat volume gembur (gr/cm <sup>3</sup> )	1,281	1,309
Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1,295	

**Tabel 5. 11 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Padat**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,03	15,03
Tinggi (cm)	30,40	30,40
Berat Tabung (gr)	11072	11072
Berat tabung + agregat kering	19079	19095

**Lanjutan Tabel 5.11 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Padat**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
tungku (W2) (gr)		
Berat agregat (W3)	8007	8023
Volume tabung (v) (cm <sup>3</sup> )	5394	5394
Berat volume padat (gr/cm <sup>3</sup> )	1,485	1,487
Rata-rata (gr/ cm <sup>3</sup> )	1,486	

Berdasarkan Tabel 5.10 dan Tabel 5.11 diperoleh nilai rata-rata hasil pengujian berat volume gembur sebesar 1,295 dan 1,486 untuk berat volume padat.

### 5.3 Perencanaan Campuran Beton

Dalam proses perhitungan beton (Mix Design) mengacu pada SNI 03-2834-2000. Langkah langkah pada perencanaan beton dapat dilihat yang digunakan dapat dilihat dibawah ini.

1. Kuat tekan rencana ( $f'c$ ) sebesar 25 MPa serta benda uji yang digunakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
2. Menetapkan nilai standar deviasi  
Berdasar pada Tabel 3.3, ditetapkan nilai deviasi standar sebesar 7 karena sebelumnya peneliti belum memiliki pengalaman.
3. Menghitung nilai tambah berdasarkan 3.1 berikut.

$$M = 1,64 \times Sr \quad (3.1)$$

$$M = 1,64 \times 7$$

$$M = 11,48 \text{ MPa} \approx 12 \text{ MPa}$$

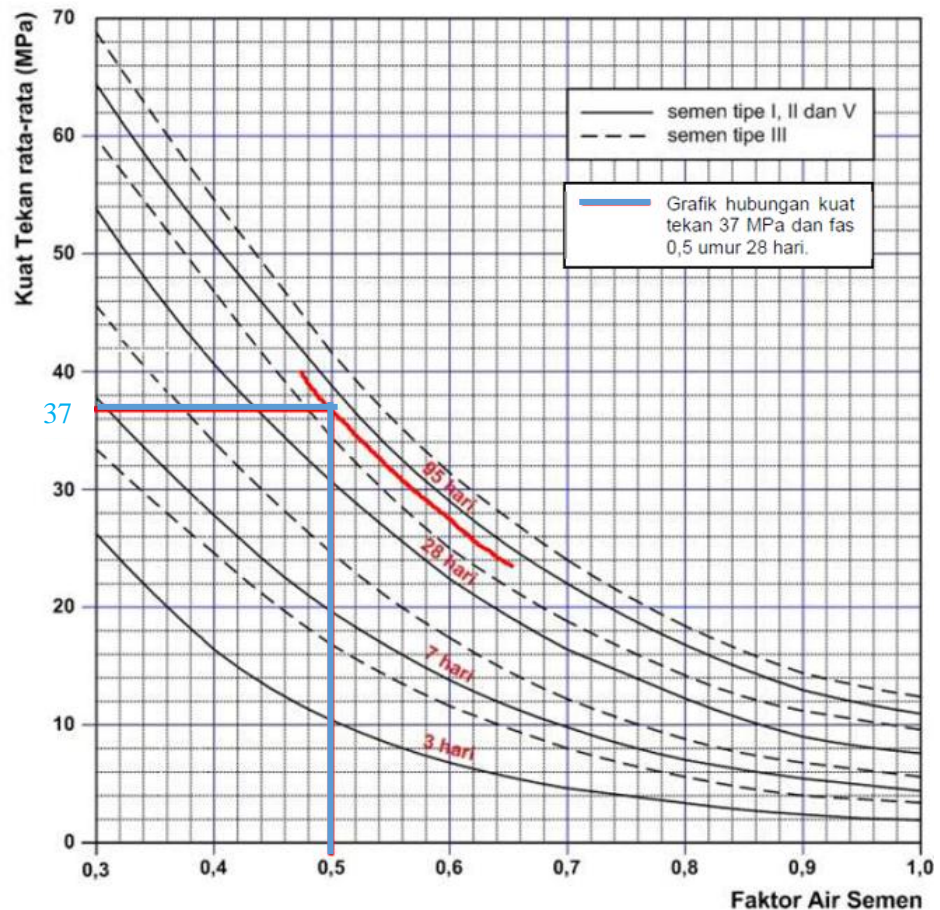
4. Menghitung nilai mutu beton rata-rata yang ditetapkan berdasarkan persamaan 3.2 berikut ini.

$$F'_{cr} = F'c + M \quad (3.2)$$

$$F'_{cr} = 25 + 12$$

$$F'_{cr} = 37 \text{ MPa}$$

5. Semen yang digunakan ialah semen tipe I jenis PCC dengan merk Tiga Roda.
6. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng dan memiliki ukuran maksimal 20 mm berdasarkan Analisa saringan
7. Agregat halus yang digunakan berasal dari Progo dan menurut dari hasil pengujian Analisa saringan termasuk kedalam daerah gradasi no.2.
8. Menentukan factor air semen (FAS) menggunakan Tabel 3.5 dan Gambar 5.5
  - a. Berdasar pada Tabel 3.5 ditetapkan semen *Portland* type I, benda uji berupa silinder, maka perkiraan kuat tekan beton dengan fas 0,5 sebesar 37 MPa



**Gambar 5. 5 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen**

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

- b. Berdasar pada Gambar 5.5 didapat nilai fas 0,5
9. Menetapkan nilai *slump* sebesar  $10 \pm 2$  cm, sehingga nilai *slump* yang

direncanakan dapat mencapai 60 -180mm.

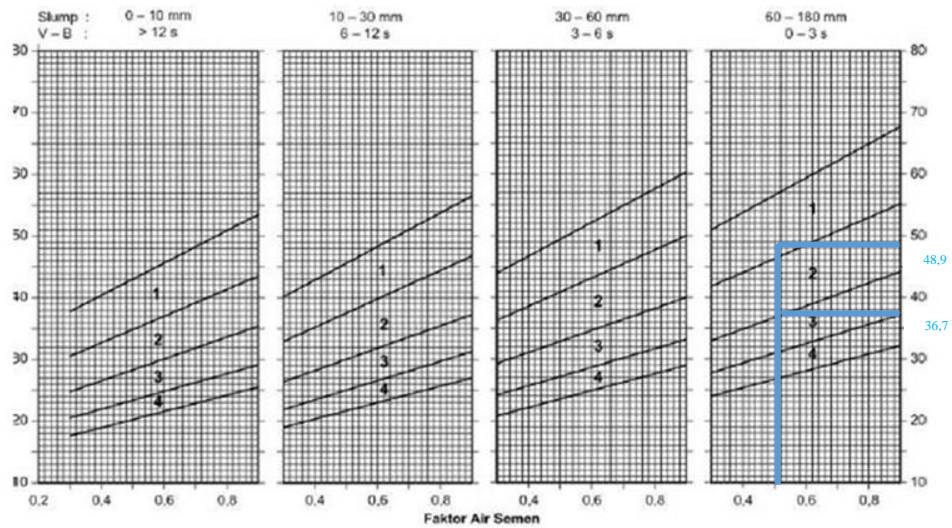
10. Diperoleh ukuran maksimum agregat berdasarkan pada hasil pengujian properties agregat, sebagai berikut.
  - a. Tipe agregat halus yang digunakan batu tak dipecahkan dan batu pecah untuk agregat kasar
  - b. Ukuran butir maksimum agregat kasar diperoleh sebesar 20 mm berdasarkan pada hasil uji Analisa saringan agregat kasar.
  - c. Berdasarkan pada hasil pengujian Analisa saringan agregat halus, agregat halus masuk kedalam Gradasi II
11. Nilai kadar air bebas dihitung berdasarkan Tabel 3. 8. Diperoleh ukuran maksimum agregat sebesar 20 mm dan didapatkan nilai *slump* 60-180mm sehingga diperoleh nilai untuk batu tidak pecah sebesar  $195\text{kg/m}^3$  dan batu pecah sebesar  $225\text{ kg/m}^3$ . Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 3.3

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

12. Berdasarkan persamaan 3. 4 perhitungan kebutuhan semen per  $\text{m}^3$  dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{w}{fas} \\
 &= \frac{205}{0.5} \\
 &= 410\text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

13. Presentase agregat kasar dan agregat halus ditentukan berdasarkan Gambar 5.6 berikut ini.



**Gambar 5. 6 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimum 20 mm)**

Sumber : SNI 03-2834-2000

Berdasarkan pada Gambar 5.6 diperoleh batas atas proporsi agregat sebesar 48,9% dan batas bawah sebesar 36,7%.

Oleh karena itu presentase agregat halus dapat dihitung sebagai berikut.

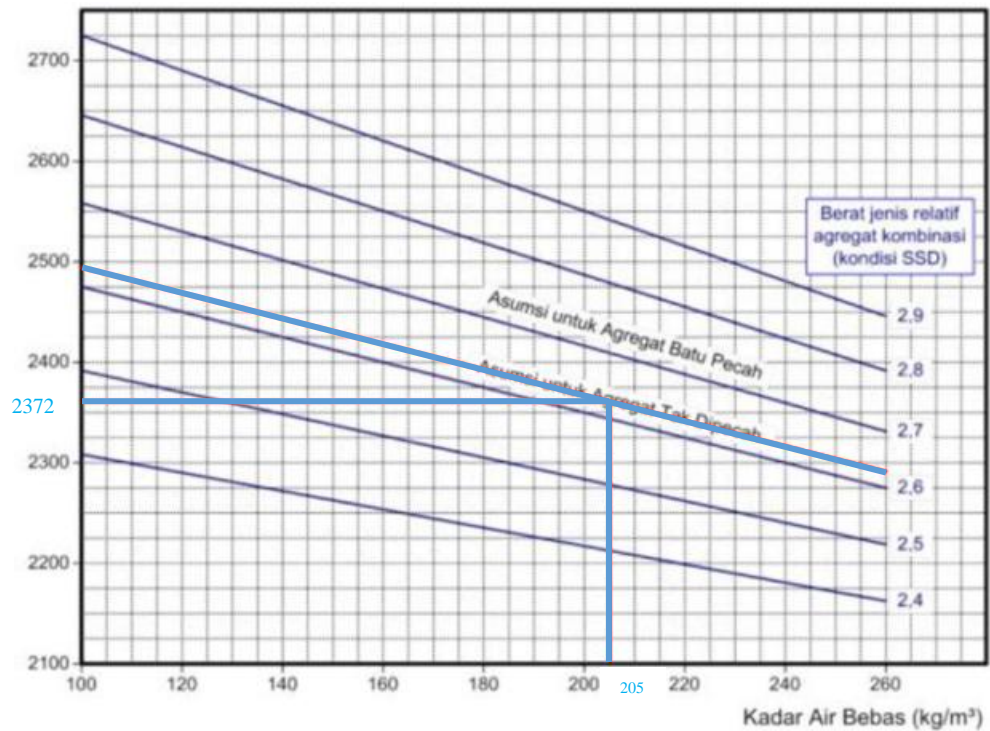
$$\begin{aligned} \text{Persentase agregat halus} &= \frac{48,9\% + 36,7\%}{2} \\ &= 42,8\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase agregat kasar} &= 100\% - \text{agregat halus} \\ &= 100\% - 42,8\% \\ &= 57,2\% \end{aligned}$$

14. Perhitungan berat jenis gabungan agregat dihitung berdasarkan persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} B_{j\text{gab}} &= \% \text{ Ag. Halus} \times B_{j\text{ag.halus}} + \% \text{ Ag. Kasar} \times B_{j\text{ag.kasar}} \\ &= 42,8 \times 2,688 + 57,2 \times 2,593 \\ &= 2,633 \end{aligned}$$

15. Menghitung berat isi beton pada pengujian kadar air bebas dan berat jenis gabungan dapat menggunakan gambar 3.6



**Gambar 5. 7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah**

Sumber : SNI 03-2834-2000

Berdasarkan pada Gambar 5.7 didapat berat isi beton sebesar 2372 kg/m<sup>3</sup>.

16. Perhitungan kadar agregat gabungan dihitung berdasarkan persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 W_{\text{ag.gab}} &= W_{\text{beton}} - W_{\text{semen}} - W \\
 &= 2372 - 410 - 205 \\
 &= 1757 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

17. Perhitungan kadar agregat halus dihitung berdasarkan persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 W_{\text{ag.halus}} &= \% \text{ Ag. Halus} \times W_{\text{ag.gab}} \\
 &= 42,8 \times 1757 \\
 &= 751,99 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

18. Perhitungan kadar agregat kasar dihitung berdasarkan persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$W_{\text{ag.kasar}} = W_{\text{ag.gab}} - W_{\text{ag.halus}}$$

$$= 1757 - 751,9$$

$$= 1005,00 \text{ kg/m}^3$$

19. Proporsi campuran per  $1\text{m}^3$  beton

Diperoleh dari hasil perencanaan campuran beton proporsi material pada setiap  $1 \text{ m}^3$  beton sebagai berikut.

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

b. Agregat kasar  $= 1019,06 \text{ kg}$

c. Agregat halus  $= 737,94 \text{ kg}$

d. Semen  $= 410 \text{ kg}$

20. Proporsi campuran beton untuk  $1 \text{ m}^3$  beton dengan angka penyusutan.

Pada penelitian ini angka penyusutan yang digunakan adalah 25%. Berdasarkan hal tersebut diperoleh proporsi campuran beton setiap  $1 \text{ m}^3$  dengan penyusutan 25% sebagai berikut.

a. Air  $= 256,25 \text{ kg}$

b. Agregat kasar  $= 1273,825 \text{ kg}$

c. Agregat halus  $= 922,43 \text{ kg}$

d. Semen  $= 512,5 \text{ kg}$

21. Proporsi campuran untuk seluruh benda uji

Pada penelitian ini terdapat 6 variasi campuran beton. Sedangkan setiap variasi menggunakan 15 buah silinder. Maka total kebutuhan untuk 90 buah silinder sebagai berikut.

a. Volume silinder (90 buah)

$$V = 90 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t$$

$$= 90 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times t$$

$$= 0,478 \text{ m}^3$$

a. Air  $= V_{\text{kebutuhan}} \times V_{\text{total}}$

$$= 0,478 \times 256,25$$

$$= 122,488 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Agregat kasar} &= V_{\text{kebutuhan}} \times V_{\text{total}} \\
 &= 0,478 \times 1273,825 \\
 &= 608,89 \text{ kg} \\
 \text{c. Agregat halus} &= V_{\text{kebutuhan}} \times V_{\text{total}} \\
 &= 0,478 \times 922,43 \\
 &= 440,922 \text{ kg} \\
 \text{d. Semen} &= V_{\text{kebutuhan}} \times V_{\text{total}} \\
 &= 0,478 \times 512,5 \\
 &= 244,975 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

22. Proporsi campuran untuk setiap proses mixing

Penelitian ini menggunakan 6 variasi campuran beton yang berbeda, masing-masing dengan substitusi *fly ash* dan penambahan serbuk kaca yang berbeda. Untuk menguji semua variasi tersebut, peneliti melakukan proses pencampuran beton dengan jumlah benda uji sebanyak 90 buah silinder beton. Sehingga setiap proses mixing dibutuhkan 15 buah silinder. Berikut ini adalah kebutuhan material untuk setiap proses pencampuran.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Fly ash 15\%} &= 15\% \times 40,75 \text{ kg} \\
 &= 6,12 \text{ kg} \\
 \text{b. Serbuk Kaca 0\%} &= 0\% \times 40,75 \text{ kg} \\
 &= 0 \text{ kg} \\
 \text{c. Serbuk Kaca 5\%} &= 5\% \times 40,75 \text{ kg} \\
 &= 2,04 \text{ kg} \\
 \text{d. Serbuk Kaca 10\%} &= 10\% \times 40,75 \text{ kg} \\
 &= 4,08 \text{ kg} \\
 \text{e. Serbuk Kaca 15\%} &= 15\% \times 40,75 \text{ kg} \\
 &= 6,12 \text{ kg} \\
 \text{f. Serbuk Kaca 20\%} &= 20\% \times 40,75 \text{ kg} \\
 &= 8,15 \text{ kg} \\
 \text{g. Serbuk Kaca 25\%} &= 25\% \times 40,75 \text{ kg} \\
 &= 10,19 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

23. Perhitungan Kebutuhan substitusi *Fly ash* dan Serbuk kaca

Penelitian ini bertujuan untuk menguji penggunaan *fly ash* dan serbuk kaca pada yang ditambahkan ke dalam campuran beton dengan proporsi tertentu, dihitung berdasarkan berat total semen. Berat total semen yang digunakan dalam setiap 15 buah sampel beton adalah sebagai berikut.

**Tabel 5. 12 Proporsi Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Fly ash* dan Serbuk Kaca**

<i>Kadar Fly ash</i>		<i>Kadar serbuk kaca</i>		<i>Air (kg)</i>	<i>Semen (kg)</i>	<i>Pasir (kg)</i>	<i>Kerikil (kg)</i>
<i>%</i>	<i>kg</i>	<i>%</i>	<i>kg</i>				
0%	0	0%	0	20,38	40,75	73,35	101,30
15%	6,11	5%	2,04	20,38	34,64	73,35	101,30
15%	6,11	10%	4,08	20,38	34,64	73,35	101,30
15%	6,11	15%	6,12	20,38	34,64	73,35	101,30
15%	6,11	20%	8,15	20,38	34,64	73,35	101,30
15%	6,11	25%	10,19	20,38	34,64	73,35	101,30

Pada penelitian ini menggunakan 6 variasi campuran beton. Masing-masing variasi menggunakan campuran *fly ash* dan serbuk kaca yang berbeda. Sehingga penelitian ini dilakukan sebanyak 6 kali proses *mixing*, dan setiap *mixing* membutuhkan 15 buah silinder.

#### 5.4 Hasil Uji Coba Benda Uji

Percobaan pada benda uji dilakukan untuk mengetahui ketepatan perencanaan campuran beton yang telah dibuat. Untuk pengujian, sampel yang dibuat terdiri dari tiga buah silinder dan diuji pada umur beton tujuh hari. Hasil uji kuat tekan kemudian dikonversi ke umur 28 hari. Rekapitulasi hasil uji kuat tekan dapat ditemukan pada Tabel 5.8 sampai dengan Tabel 5.9

**Tabel 5. 13 Hasil Pengujian Uji Coba Beton Normal Umur 7 Hari**

No.	Kode Benda	Dimensi Benda Uji		Umur	Nilai Kuat Tekan		Konversi 28 hari		Rata-rata
		Tinggi	Diameter		kN	MPa	kN	MPa	
		Cm	Cm	Hari					MPa
1	TR-1	30,29	15,19	7	253	14,32	477,36	27,02	28,48
2	TR-2	30,25	15,24	7	278	15,73	524,53	29,69	
3	TR-3	30,32	15,21	7	269	15,23	507,55	28,73	

Berdasarkan pada Tabel 5.8 diperoleh nilai rata-rata benda uji yang telah di konversi pada umur 28 hari sebesar 28,48 MPa. Kemudian berdasarkan rata-rata tersebut menunjukkan bahwa campuran beton sudah sesuai dengan mutu rencana yaitu 25 MPa

$$\begin{aligned}
 F'_c &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{400,34 \times 10^3}{18121,97} \\
 &= 22,09 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

**Tabel 5. 14 Hasil Pengujian Uji Coba Beton Normal dan Beton Variasi Umur 14 Hari**

No.	Kode Benda	Dimensi Benda Uji		Umur	Nilai Kuat Tekan		Konversi 28 hari		Rata-rata
		Tinggi	Diameter		kN	MPa	kN	MPa	
		Cm	Cm	Hari					MPa
1	TRB-1	30,29	15,19	14	351,9	19,91	400,34	22,09	24,00
2	TRB-2	30,25	15,24	14	415,3	23,50	472,47	26,70	
3	BV1-1	30,30	15,16	14	423,6	23,97	481,91	25,20	26,70
4	BV1-2	30,21	15,21	14	391,9	22,18	445,85	25,23	
5	BV2-1	30,37	15,22	14	353,6	20,01	402,28	22,11	23,00
6	BV2-2	30,23	15,32	14	387,1	21,91	440,39	23,89	
7	BV3-1	30,21	15,21	14	363,3	20,56	413,31	22,75	21,90
8	BV3-2	30,28	15,26	14	338,4	19,15	384,98	21,05	
9	BV4-1	30,34	15,28	14	301,3	17,05	342,78	18,69	18,78
10	BV4-2	30,29	15,23	14	302,1	17,10	343,69	18,87	
11	BV5-1	30,12	15,33	14	287,5	16,27	327,08	17,72	18,14
12	BV5-2	30,26	15,28	14	285,9	16,18	400,34	18,56	

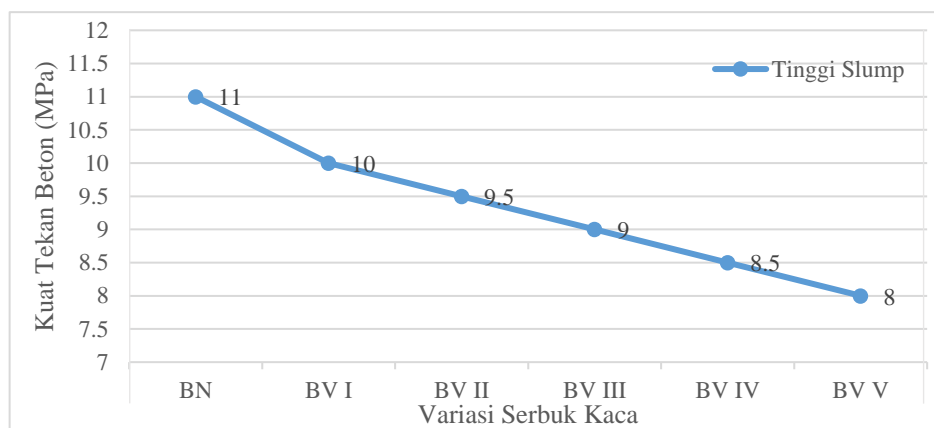
## 5.5 Hasil pengujian Benda Uji

### 5.5.1 Pengujian *Slump*

Nilai *slump* diperoleh untuk mengetahui besar kecilnya tingkat *workability* dari sebuah beton segar, kemudian semakin tingginya nilai *slump* maka campuran beton segar akan lebih mudah dikerjakan. Akan tetapi nilai *slump* yang direncanakan adalah 60-180 mm. Rekapitulasi hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut

**Tabel 5. 15 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Slump***

Benda Uji	Tinggi Slump	Keterangan Syarat Slump (60-180 mm)
	cm	
BN	11	Memenuhi
BV 1	10	Memenuhi
BV 2	9,5	Memenuhi
15% + 15%	9	Memenuhi
15% + 20%	8,5	Memenuhi
15% + 25%	8	Memenuhi



**Gambar 5. 8 Grafik Antara Nilai *Slump* Dengan Variasi Beton**

Berdasar pada Tabel 5.17 dan gambar 5. 8 hasil uji *slump* yang diperoleh dari masing-masing variasi telah memenuhi target slump yaitu 60-180 mm. Contoh pengujian *slump* dapat dilihat pada gambar 5.8 berikut.



**Gambar 5. 9 Pengujian *Slump***

### 5.5.2 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan ini dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 42 silinder dan setiap variasi benda uji sebanyak 7 buah. Pengujian dilakukan menggunakan *Compression Test Machine* (CTM). Sebelum benda uji dilakukan pengujian, beton dikeringkan 1 hari dalam suhu ruang kemudian pada permukaan beton dilakukan proses *capping*. *Capping* merupakan sebuah proses dilakukannya pelapisan permukaan beton dengan menggunakan belerang. Tujuan dilakukannya proses *capping* adalah untuk membuat permukaan beton yang sebelumnya tidak rata menjadi rata, agar pada saat dilakukan pengujian kuat tekan menggunakan mesin CTM beban dapat terdistribusi secara merata. Pengujian ini dilakukan menggunakan mesin CTM sampai benda uji tersebut hancur dan menerima beban maksimum. Berikut ini contoh perhitungan kuat tekan beton normal TK-01.

$$\begin{aligned}
 F'_c &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{446,30 \times 10^3}{17860,46} \\
 &= 24,99 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

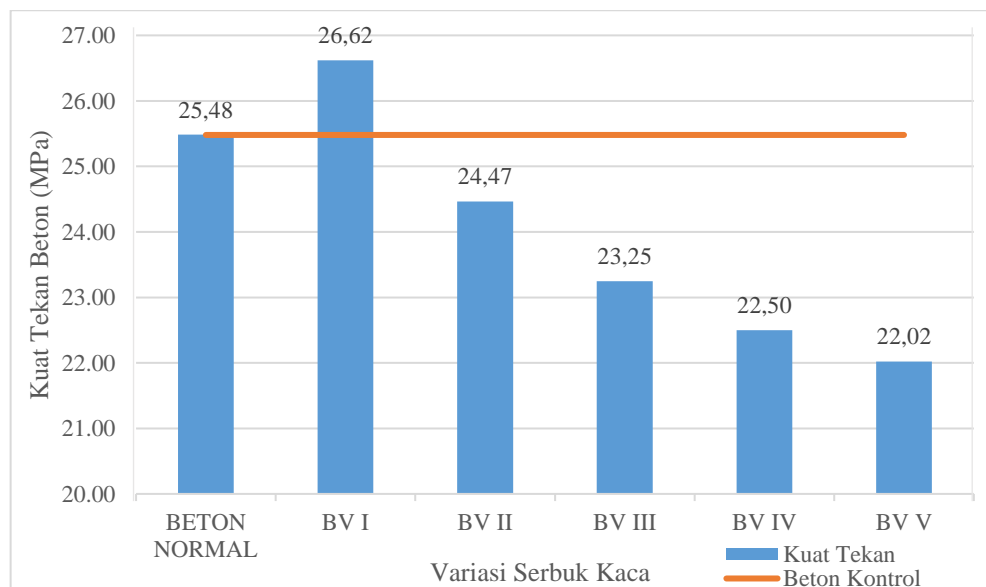
Perhitungan yang sama dilakukan pada benda uji lainnya. Adapun rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini.

**Tabel 5. 16 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Beton**

Variasi	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
		(cm)	(cm)	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	(MPa)	(MPa)
BETON NORMAL	TK-01	15,08	30,62	17860,46	446,30	24,99	25,48
	TK-02	15,04	30,70	18313,36	441,10	24,83	
	TK-03	15,01	30,40	17695,03	447,70	25,30	
	TK-04	15,01	30,30	17695,03	469,70	26,54	
	TK-05	15,07	30,22	17836,78	475,60	26,66	
	TK-06	15,01	30,30	17695,03	483,40	27,32	
	TK-07	15,07	30,22	17836,78	405,60	22,74	
BV I	TK-01	15,07	30,60	17836,78	422,20	23,67	26,62
	TK-02	15,02	30,34	17718,61	514,40	29,03	
	TK-03	15,10	30,52	17907,86	532,10	29,71	
	TK-04	15,07	30,49	17836,78	415,00	23,27	
	TK-05	15,10	30,54	17907,86	472,60	26,39	
	TK-06	15,04	30,41	17765,83	475,80	26,78	
	TK-07	15,07	30,27	17836,78	490,30	27,49	
BV II	TK-01	15,03	30,27	17742,22	488,50	27,53	24,47
	TK-02	15,03	30,21	17742,22	434,60	24,50	
	TK-03	15,02	30,24	17718,61	433,00	24,44	
	TK-04	15,03	30,39	17742,22	388,10	21,87	
	TK-05	15,04	30,54	17765,83	401,10	22,58	
	TK-06	15,05	30,69	17789,46	407,00	22,58	
	TK-07	15,05	30,36	17789,46	488,50	27,46	
BV III	TK-01	15,09	30,15	17884,15	475,60	26,59	23,25
	TK-02	15,02	30,13	17718,61	369,90	20,88	
	TK-03	15,23	30,05	18217,54	450,00	23,05	
	TK-04	15,34	30,18	18481,64	450,00	24,35	
	TK-05	15,26	30,15	18289,38	367,00	20,07	
	TK-06	15,14	30,22	18002,87	434,70	24,15	
	TK-07	15,30	30,25	18385,39	434,60	23,64	
BV IV	TK-01	15,15	30,14	18026,65	432,40	23,99	22,50
	TK-02	15,17	30,23	18074,28	377,50	20,89	
	TK-03	15,02	30,13	17718,61	414,30	23,38	
	TK-04	15,13	30,24	17979,09	405,50	22,55	
	TK-05	15,06	30,16	17813,11	387,20	21,74	
	TK-06	15,03	30,12	17742,22	435,80	24,56	

Lanjutan Tabel 5. 16 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Beton

Variasi	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
		(cm)	(cm)	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	(MPa)	(MPa)
	TK-07	15,07	30,11	17836,78	363,80	20,40	
BV V	TK-01	15,25	30,68	18265,42	384,00	21,02	22,02
	TK-02	15,27	30,49	18313,36	447,30	24,42	
	TK-03	15,14	30,20	18002,87	388,00	21,55	
	TK-04	15,14	30,40	18002,87	405,50	22,52	
	TK-05	15,33	30,10	18457,56	422,30	22,88	
	TK-06	15,25	30,60	18265,42	394,10	21,58	
	TK-07	15,33	30,48	18457,56	372,40	20,18	



**Gambar 5. 10 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Variasi**

Berdasarkan pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.10 didapatkan nilai kuat tekan beton normal sebesar 25,48 MPa. Nilai tersebut telah melebihi nilai kuat tekan beton rencana awal sebesar 25 MPa. Pada Beton variasi I mencapai nilai yang paling optimum yaitu sebesar 26,62 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah terjadi pada beton variasi V dengan nilai sebesar 22,02 MPa

Pada penelitian ini hanya beton normal dan beton FA15% +SK 5% yang nilai kuat tekan betonnya sesuai dengan nilai kuat tekan beton rencana. Terkait variasi beton yang mengalami penurunan dari kuat tekan beton normal terkecuali FA 15% + SK 5% yang mengalami peningkatan sebesar 4,46%, FA 15% + SK 10% mengalami penurunan sebesar 4%, FA 15% + SK 15% mengalami penurunan 8,875, FA 15% + SK 20% mengalami penurunan sebesar 11,70%, dan FA 15% + SK 25% mengalami penurunan sebesar 13,58%.

Penurunan atau kenaikan nilai kuat tekan beton dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor yang mempengaruhi yaitu, pada tahap persiapan material, pada pembuatan benda uji, serta penggunaan bahan tambah serbuk kaca. Pada penggunaan serbuk kaca 5% menghasilkan kuat tekan yang paling optimum (Jamal dkk., 2023), akan tetapi Saat jumlah serbuk kaca yang kuat ditambahkan, kekuatan desak mulai menurun. Penurunan ini mungkin disebabkan oleh partikel-partikel serbuk kaca yang bergumpal di dalam campuran beton karena jumlah serbuk kaca yang tinggi (Nuruddin Ilham, 2022). Pada penelitian yang dilakukan oleh (Sri Sumatri, 2019) Semakin banyak penambahan serbuk kaca, semakin sedikit kuat tekan yang akan dihasilkan, Penambahan maksimal hanya sebesar 5%.

Hasil pengujian kuat tekan dan kondisi benda uji setelah diuji dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 berikut.



**Gambar 5. 11 Pengujian Kuat Tekan**



**Gambar 5. 12 Benda Uji Setelah Pengujian Kuat Tekan Beton**

### 5.5.3 Pengujian Kuat Tarik Belah

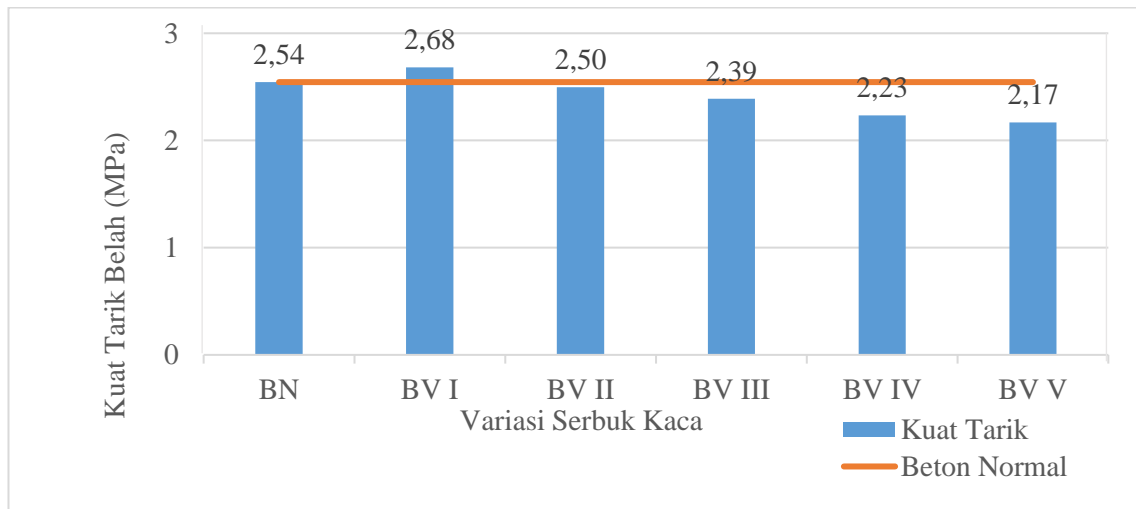
Pengujian kuat Tarik dilakukan pada saat beton berusia 28 hari. Dalam pengujian ini alat yang digunakan adalah *Compression Test Machine* (CTM). Benda uji yang digunakan sebanyak 30 buah silinder dengan masing masing variasi berjumlah 5 buah silinder. Pengujian kuat Tarik belah dilakukan dengan cara meletakkan benda uji mendatar dengan mesin CTM. Pengujian ini dilakukan sampai benda uji hancur dan terbelah menjadi dua bagian. Berikut ini contoh perhitungan kuat Tarik belah beton normal TB-01

$$\begin{aligned}
 F'_{ct} &= \frac{2P}{\pi DL} \\
 &= \frac{2 \times 190}{\pi \times 151.15 \times 30.83} \\
 &= 2,59 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada benda uji lainnya. Adapun rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik beton dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini.

**Tabel 5. 17 Rekapitulasi Hasil Kuat Tarik Beton**

Variasi	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
		(cm)	(cm)	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	(MPa)	(MPa)
BETON NORMAL	TB-01	15,16	30,83	146760,40	190,00	2,59	2,54
	TB-02	15,12	30,18	143357,66	173,00	2,41	
	TB-03	15,13	30,52	145068,57	187,00	2,58	
	TB-04	15,14	30,60	145544,96	178,00	2,45	
	TB-05	15,16	30,68	146118,24	197,00	2,70	
BV I	TB-01	15,17	30,60	145833,36	187,00	2,56	2,68
	TB-02	15,15	30,49	145117,55	190,00	2,62	
	TB-03	15,10	30,52	144780,93	197,00	2,72	
	TB-04	15,20	30,50	145620,36	196,00	2,69	
	TB-05	15,07	30,27	143309,69	202,00	2,82	
BV II	TB-01	15,13	30,27	143880,26	183,00	2,54	2,50
	TB-02	15,14	30,60	145544,96	163,00	2,24	
	TB-03	15,12	30,24	143642,66	173,00	2,41	
	TB-04	15,07	30,16	142788,90	185,00	2,59	
	TB-05	15,15	30,36	144498,81	195,00	2,70	
BV III	TB-01	15,18	30,22	144117,30	187,00	2,60	2,39
	TB-02	15,23	20,45	97846,00	179,00	3,66	
	TB-03	15,24	30,34	145261,46	115,00	1,58	
	TB-04	15,32	30,45	146553,41	153,00	2,09	
	TB-05	15,46	30,51	148184,09	150,00	2,02	
BV IV	TB-01	15,15	30,26	144022,86	143,00	1,99	2,33
	TB-02	15,20	30,24	144402,68	152,00	2,11	
	TB-03	15,12	30,13	145261,46	145,00	2,03	
	TB-04	15,26	30,34	145452,10	180,00	2,48	
	TB-05	15,10	30,28	143642,41	185,00	2,58	
BV V	TB-01	15,20	30,16	144020,66	134,00	1,86	2,17
	TB-02	15,07	30,50	144398,59	164,00	2,27	
	TB-03	15,03	30,02	141748,85	139,00	1,96	
	TB-04	15,11	30,46	144591,99	165,00	2,28	
	TB-05	15,12	30,70	145827,70	180,00	2,47	



**Gambar 5. 13 Grafik Perbandingan Kuat Tarik Beton Normal Dengan Beton Variasi**

Berdasarkan pada Tabel 5.12 dan Gambar 5.13 didapatkan nilai kuat Tarik belah beton normal sebesar 2,54 MPa.. Pada Beton variasi I mencapai nilai yang paling optimum yaitu sebesar 2,68MPa, sedangkan nilai kuat Tarik belah terendah terjadi pada beton variasi V dengan nilai sebesar 2,17 MPa

Pada penelitian ini diperoleh nilai Tarik belah rata-rata beton normal sebesar 2,54. Terkait variasi beton yang mengalami penurunan dari kuat Tarik belah beton normal terkecuali FA 15% +SK 5% yang mengalamai peningkatan sebesar 5,54%, FA15% +SK 10% mengalami penurunan sebesar 1,89%, FA15% +SK 15% mengalami penurunan 6.08 FA15% +SK 20% mengalami penurunan sebesar 12,22%, dan FA15% +SK 25% mengalami penurunan sebesar 14,77%

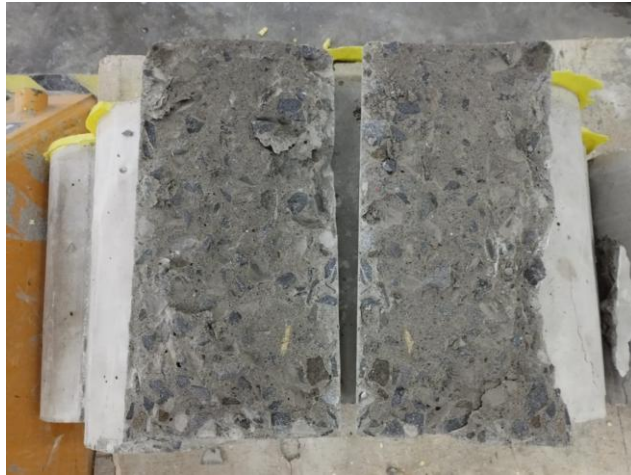
Penurunan atau kenaikan nilai kuat Tarik belah beton dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor yang mempengaruhi yaitu, pada tahap persiapan material, pada pembuatan benda uji, serta penggunaan bahan tambah serbuk kaca. Pada penggunaan serbuk kaca 5% menghasilkan kuat tekan yang paling optimum, akan tetapi Saat jumlah serbuk kaca yang kuat ditambahkan, kekuatan desak mulai menurun. Penurunan ini mungkin disebabkan oleh partikel-partikel serbuk kaca yang bergumpal di dalam campuran beton karena jumlah serbuk kaca yang tinggi.

Peningkatan persentase serbuk kaca mengakibatkan penurunan nilai kuat tarik belah beton. Hal ini disebabkan oleh sifat permukaan serbuk kaca yang halus dan rata, yang mengurangi kemampuan ikatan antara kerikil, semen, dan air. Berbeda dengan pasir yang memiliki permukaan kasar, yang dapat meningkatkan ikatan antara kerikil, semen, dan air, seperti pada batu kali dan batu pecah. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan serbuk kaca ke dalam beton, semakin negatif pengaruhnya terhadap kuat tarik belah beton (Ditit Prasetyo dkk., 2020)

Hasil pengujian kuat Tarik belah dan kondisi benda uji setelah diuji dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15 berikut.



**Gambar 5. 14 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**



**Gambar 5. 15 Benda Uji Setelah Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**

#### 5.5.4 Pengujian Absorpsi

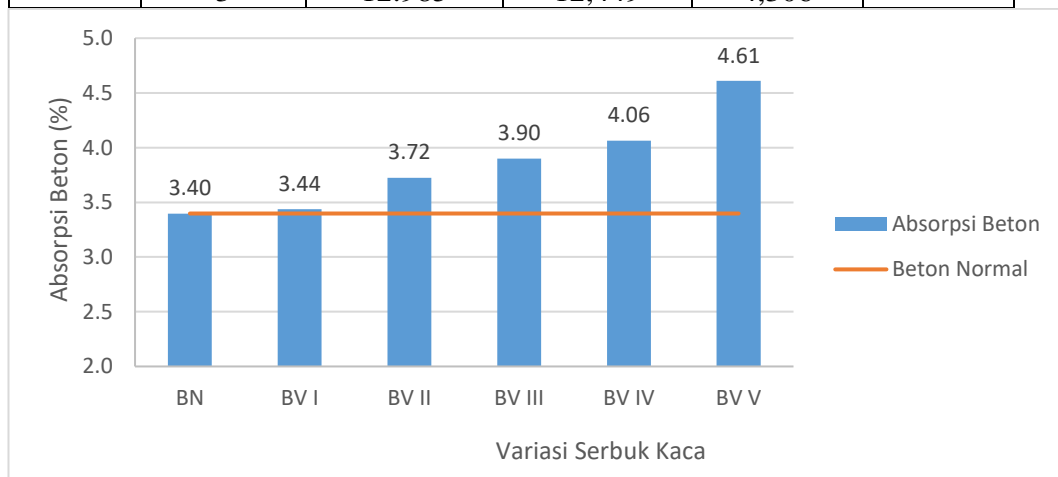
Pengujian absorpsi dilakukan pada saat benda uji telah berusia 28 hari, sebanyak 18 buah benda uji berbentuk silinder dengan masing-masing variasi berjumlah 3 buah. Pada pengujian ini dilakukan dengan cara memasukan benda uji yang sebelumnya telah ditimbang terlebih dahulu kemudian benda uji dimasukan kedalam oven dengan suhu  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Adapun perhitungan absorpsi beton AB-01 dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Absorpsi} &= \frac{b-a}{a} \times 100\% \\ &= \frac{12,740 - 12,302}{12,302} \times 100\% \\ &= 3,560\% \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada benda uji lainnya. Adapun rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik beton dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut ini.

**Tabel 5. 18 Rekapitulasi Hasil Pengujian Absorpsi Beton**

Variasi	No.Sampel	Berat Kering Udara	Berat Kering Oven	Absorpsi	Absorpsi Rerata
		(kg)	(kg)	(%)	(%)
BN	1	12,740	12,302	3,560	3,398
	2	12,716	12329	3,136	
	3	12,463	12,042	3,496	
BV 1	1	12,474	12,030	3,691	3,438
	2	12,720	12,338	3,096	
	3	12,763	12,328	3,529	
BV 2	1	12,789	12,613	1,395	3,724
	2	12,643	12,015	5,227	
	3	13,014	12,536	3,813	
BV 3	1	12,935	12,230	5,765	3,900
	2	12,823	12,509	2,510	
	3	13,018	12,587	3,424	
BV 4	1	12,883	12,393	3,954	4,063
	2	13,218	12,695	4,120	
	3	12,950	12,438	4,116	
BV 5	1	12.816	12,210	4,963	4,610
	2	13,001	12,434	4,560	
	3	12.985	12,449	4,306	

**Gambar 5. 16 Grafik Perbandingan Absorpsi Beton Normal Dengan Beton Variasi**

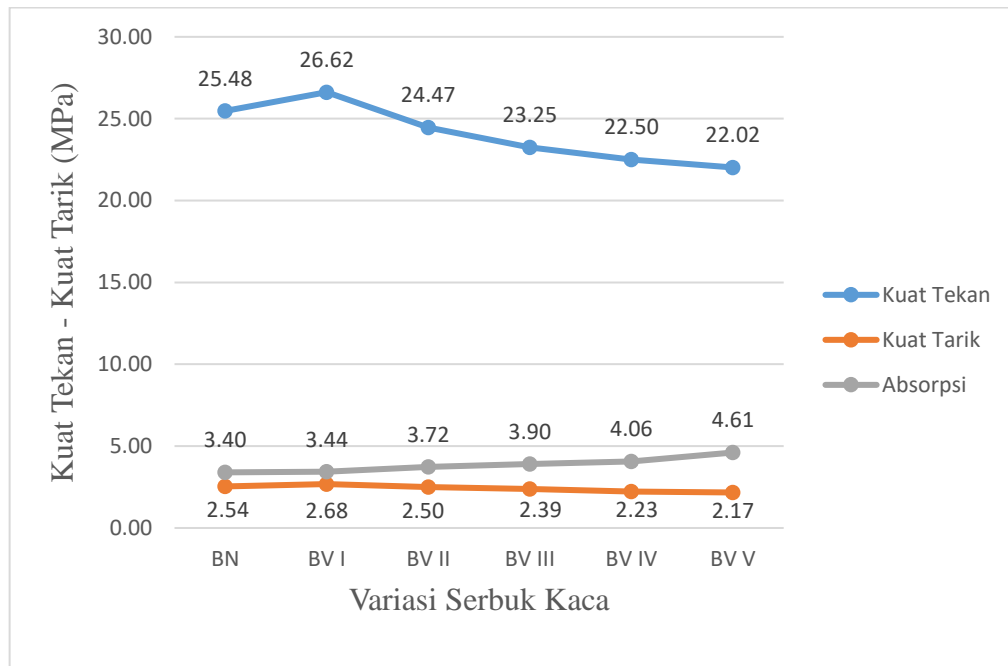
Berdasarkan pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.16 didapatkan nilai absorpsi beton normal sebesar 3,40%. Pada FA 15% + SK 25% mencapai nilai yang paling

buruk yaitu sebesar 4,61%, sedangkan nilai kuat tekan baik terjadi pada beton normal dengan nilai sebesar 3,40%.

Nilai penyerapan air dari Beton normal hingga FA 15% +SK 15% tetap konstan. Namun, pada FA 15% +SK 15% FA 15% +SK 25% terjadi peningkatan yang ekstrim. Peningkatan ekstrim ini mungkin disebabkan oleh adanya pori pada permukaan beton pada variasi FA 15% +SK 20% , FA 15% +SK 25% , serta jumlah serbuk kaca yang banyak dalam beton tersebut

Hasil pengujian penyerapan air pada beton dengan kandungan serbuk kaca menunjukkan bahwa, semakin besar volume serbuk kaca yang ada dalam beton, maka penyerapan air juga akan semakin tinggi (Puspa, 2024). Penyerapan air yang tinggi ini dapat berdampak terhadap pelemahan kekuatan beton.

Kenaikan yang ekstrem dapat terjadi karena adanya pori-pori di permukaan beton pada variasi BV4, BV5, dan BV6. Selain itu, hal ini juga disebabkan oleh tingginya kandungan serbuk kaca dalam beton, yang masing-masing mencapai 15%, 20%, dan 25% pada variasi tersebut. (Puspa, 2024). Nilai penyerapan air pada serbuk kaca jauh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai penyerapan air pada agregat halus, selain itu bisa akibatnya oleh serbuk kaca karena serbuk kaca memiliki penyerapan air yang cukup tinggi yaitu sampai 3,8% (Ihsan Setiahutama Haris, 2022)



**Gambar 5. 17 Grafik Hubungan Kuat tekan, Kuat Tarik Belah, dan Absorpsi beton**

Berdasar pada tabel 5.17 campuran yang paling optimum pada pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah adalah oleh FA 15% + SK 5% kemudian setelah melewati fase optimum nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton mengalami penurunan secara perlahan . Akan tetapi pada pengujian absorpsi beton campuran yang paling rendah adalah beton normal kemudian seiring bertambahnya kadar campuran serbuk kaca pada beton nilai absorpsi beton semakin meningkat, peningkatan yang paling signifikan terjadi pada beton FA 15% +SK 15%, FA 15% +SK 20%, FA 15% +SK 25% .

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasar pada hasil penelitian, analisis data, dan pembahasan pada bab sebelumnya yang telah dilaksanakan, didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. Substitusi *fly ash* pada semen ke dalam campuran beton dan penambahan serbuk kaca dapat meningkatkan kuat tekan beton. Hasil yang paling optimum didapat pada campuran yang mengandung 15% *fly ash* dari berat semen serta 5% serbuk kaca dari berat semen. Kuat tekan optimum ini sebesar 26,62 MPa, yang meningkat sebesar 4,46% dibandingkan dengan beton normal.
2. Substitusi *fly ash* pada semen ke dalam campuran beton dan penambahan serbuk kaca dapat meningkatkan kuat tarik belah beton. Hasil yang paling optimum didapat pada campuran yang mengandung 15% *fly ash* dari berat semen serta 5% serbuk kaca dari berat semen. Kuat tarik belah optimum ini sebesar 2,68 MPa, yang meningkat sebesar 5,54% dibandingkan dengan beton normal.
3. Substitusi *fly ash* pada semen ke dalam campuran beton dan penambahan serbuk kaca dapat meningkatkan absorpsi beton. Hasil yang paling buruk didapat pada campuran yang mengandung 15% *fly ash* dari berat semen serta 25% serbuk kaca dari berat semen. Absorpsi beton yang optimum ini sebesar 4,61% MPa.
4. Pada penelitian ini proporsi campuran yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 26,62 MPa adalah campuran 15% *fly ash* + 5% serbuk kaca, dan untuk nilai terkecil sebesar 22,02 MPa adalah campuran 15% *fly ash* + 25% serbuk kaca. Sedangkan pada pengujian kuat tarik belah proporsi yang tertinggi didapat oleh campuran 15% *fly ash* + 5% serbuk kaca dengan nilai 2,68 MPa, dan untuk proporsi terkecil didapat oleh campuran 15% *fly ash* +

5. 25% serbuk kaca dengan nilai 2,17 MPa. Kemudian untuk pengujian absorpsi beton nilai yang paling buruk diperoleh oleh 15% *fly ash* + 25% serbuk kaca dengan nilai sebesar 4,61%, dan nilai terkecil diperoleh oleh beton normal dengan nilai sebesar 3,39%.

## 6.2 Saran

Berdasar dari hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan yang dapat dijadikan pengembangan pada penelitian selanjutnya tentang pengaruh penambahan serbuk kaca terhadap beton *fly ash*.

1. Perlu dilakukan pengajian ulang terhadap substitusi *fly ash* terhadap semen dengan kadar 5% -10%
2. Perlu dikaji lebih lanjut tentang penambahan serbuk kaca terhadap semen dengan kadar maksimal 10% dan interval 2,5
3. Perlu dikaji lebih lanjut tentang pengujian lainnya, seperti modulus elastisitas, fire resistance test (uji tingkat ketahanan api).

## DAFTAR PUSTAKA

- Agusri, I. E., & Fajriyansyah Erfanda, ). (2019). *PENGARUH PENAMBAHAN FLY ASH DAN SERBUK KACA TERHADAP KUAT TEKAN BETON K-300*.
- Amirwati, & Mahipal. (2019). *ANALISA PENGARUH SERBUK KACA DAN ABU TERBANG SEBAGAI BAHAN PENGGANTI ALTERNATIF TERHADAP KUAT TEKAN BETON*.
- Andilolo, J., Pranata Putra Ambali, D., & Paembonan, M. (2019). *KARAKTERISASI SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP SIFAT FISIS-MEKANIS CAMPURAN BETON* (Nomor 2).
- Apriwelni, S., & Bintang Wirawan, N. (2020). *Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Memanfaatkan Fly Ash dan Bubuk Kaca Sebagai Bahan Pengisi High Quality Concrete Compressive Strength by Using Fly Ash and Glass Powder as Filler*. [https://doi.org/10.25299/saintis2020.vol20\(01\).4846](https://doi.org/10.25299/saintis2020.vol20(01).4846)
- Didit Prasetyo, C., Sunarsih, E. S., Lilo, T., & Sucipto, A. (2020). *KAJIAN PEMANFAATAN LIMBAH KACA SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS DAN FLY ASH 30% DARI BERAT SEMEN DITINJAU DARI KUAT TARIK BELAH, DAYA SERAP DAN POROSITAS BETON*. 6, 65–77.
- Ihsan Setiahutama Haris. (2022). *PEMANFAATAN SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP BETON NORMAL*.
- Zakirullah M, A. R. (t.t.). *PENGARUH PENGGUNAAN FLY ASH PLTU OMBILIN SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA BETON MUTU  $f_c$  ' 20 MPa*.
- Indrawan, I., & Puji Hastuty, I. (2016). *PEMANFAATAN SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM PEMBUATAN BATAKO Use of Materials as Glass Powder Added In Making Batako*. <http://ejournal.umm.ac.id/index.php/jmts/article/view/3292>
- Jamal, M., Anugerah, W., Cawidu, W., & Simangunsong, J. E. (2023). *PENGARUH SERBUK KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON*.
- Muharram, M. F., & Walujodjati, E. (2021). *Pengaruh Penggunaan FLY ASH sebagai Substitusi Semen dan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton*. <https://jurnal.itg.ac.id/>
- Nuruddin Ilham. (2022). *PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK KACA PADA CAMPURAN BETON MUTU TINGGI*.

- Puspa, A. A. (2024). *PENGARUH PENAMBAHAN SIKA VISCOCRETE 1003, SILICA FUME, DAN SERBUK KACA PADA SELF COMPACTING CONCRETE (SCC) MUTU TINGGI (THE EFFECT OF ADDITION OF SIKA VISCOCRETE 1003, GLASS POWDER, AND SILICA FUME ON HIGH STRENGTH SELF COMPACTING CONCRETE)*.
- Setiawati, M. (2018a). *FLY ASH SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN PADA BETON* (Vol. 17).
- Setiawati, M. (2018b). *FLY ASH SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN PADA BETON* (Vol. 17).
- Sri Sumatri, S. (2019). *PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK KACA SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON*.
- Sri Sumatri Sejati, I. G. L. (2019). *SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN TAMBAH PEMBUATAN BETON NORMAL BERDASARKAN GRADASI PASIR ZONA 3* (Sumanti Sri Sejati 1), Luky Indra Gunawan 2).
- Sultan, M. A., Imran, I., & Faujan, M. (2021). *PENGARUH RENDAMAN ASAM TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN PENAMBAHAN FLY ASH*. *TERAS JURNAL*, 11(1), 61. <https://doi.org/10.29103/tj.v11i1.367>

# LAMPIRAN



**FAKULTAS  
TEKNIK SIPIL  
& PERENCANAAN**

Gedung KP, Moch. Nattir  
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia  
J. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584  
T. (0274) 898444 ext. 3200, 3201  
F. (0274) 895330  
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id  
W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 188/Sek. Prodi PSTS/20/TA/VIII/2024  
Hal : Permohonan Izin Peminjaman Laboratorium

Kepada Yth:  
Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia

*Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,*

Sehubungan dengan Penelitian untuk menyusun Tugas Akhir, maka melalui surat ini kami bermaksud mengajukan permohonan bantuan bagi mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

Nama : Muhamad Saiful Rizki A  
NIM : 19511192  
CP Mahasiswa : 0851 7512 9927  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Fly Ash Sebagai Substitusi Parsial Dan Variasi Penambahan Serbuk Kaca Pada Semen Terhadap Kuat Tekan Kuat Tarik Belah Dan Absorsi Beton

Melalui surat ini, kami mohon bantuan untuk dapat mengajukan permohonan izin peminjaman Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.*

Yogyakarta, 1 Mei 2024  
Sek. Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,  
  
Dina Anggraheni, S.T., M. Eng

**Lampiran 2 Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Agregat**

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT  
HALUS**

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	489	487	488
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	973	971	972
Berat piknometer berisi air, gram (B)	658	658	658
Berat Jenis Curah	2,643	2,604	2,624
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD)	2,703	2,674	2,688
Berat Jenis semu	2,810	2,799	2,805
Penyerapan Air	2,249%	2,66%	2,46%

**PEMERIKSAAN ANALISIS SARINGAN DAN MODULUS HALUS BUTIR  
AGREGAT HALUS**

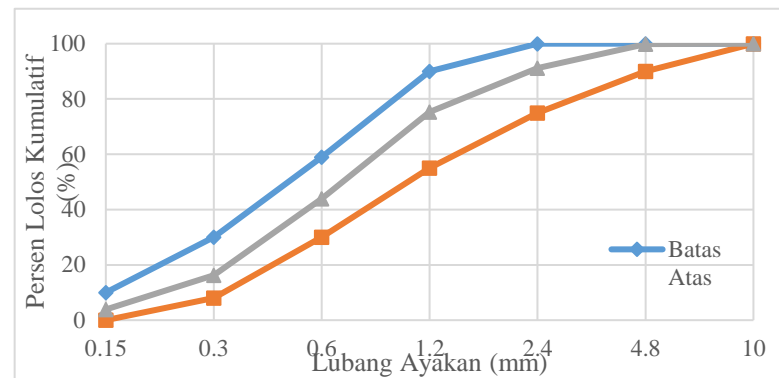
Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

**Sampel 1**

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	20,00	0	0	0	100	100	100
2	10,00	0	0	0	100	100	100
3	4,80	1	0,05	0,05	99,95	90	100
4	2,40	191	9,55	9,60	90,40	75	100
5	1,20	311	15,56	25,16	74,84	55	90
6	0,60	623	31,17	56,33	43,67	30	59
7	0,30	550	27,51	83,84	16,16	8	30
8	0,15	254	12,71	96,55	3,45	0	10
9	Sisa	69	3,452	100,000	0	0	0
	Jumlah	1999	100	271,636			

**MHB = 2,71**

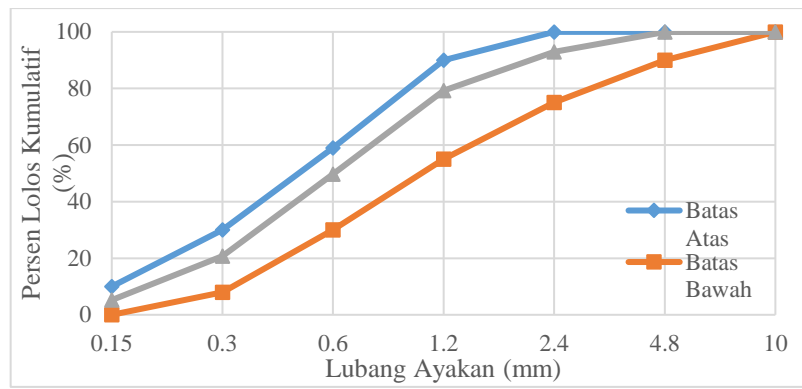
**Gradasi = II (Agak Kasar)**

**Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 1****Sampel 2**

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah	Batas Atas
1	20,00	0	0	0	100	100	100
2	10,00	0	0	0	100	100	100
3	4,80	1	0,05	0,05	99,95	90	100
4	2,40	142	7,10	7,15	92,85	75	100
5	1,20	271	13,55	20,70	79,30	55	90
6	0,60	593	29,65	50,35	49,65	30	59
7	0,30	581	29,05	79,40	20,60	8	30
8	0,15	315	15,75	95,15	4,85	0	10
9	Sisa	97	4,850	100,000	0	0	0
	Jumlah	2000	100	252,8			

**MHB** = 2,52

**Gradasi** = II (Agak Kasar)

**Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 2**

**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR DAN PADAT  
AGREGAT HALUS**

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,03	15,03
Tinggi (cm)	30,40	30,40
Berat Tabung (W1)(gr)	11072	11072
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	17983	18160
Berat agregat (W3)	6787	6988
Volume tabung (V) (cm <sup>3</sup> )	5394	5394
Berat volume gembur (gr/cm <sup>3</sup> )	1,258	1,296
Rata-rata berat volume	1,277	

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,03	15,03
Tinggi (cm)	30,40	30,40
Berat Tabung (W1)(gr)	11072	11072
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	19536	19285
Berat agregat (W3)	8464	8698
Volume tabung (V) (cm <sup>3</sup> )	5286	5376
Berat volume padat (gr/cm <sup>3</sup> )	1,601	1,618
Rata-rata berat volume	1,610	

**PEMERIKSAAN UJI LOLOS SARINGAN NO.200**

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pemeriksaan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1) (gr)	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2) (gr)	490	492
Persentase lolos saringan No. 200 $\left(\frac{W_1 - W_2}{W_1}\right)$	2,00	1,60
Rata-rata persentase lolos saringan No.200	1,80	

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT  
KASAR**

Asal Kerikil	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Kerikil Mutlak (Bk), gram	4890	4894	4892
Berat Kerikil Jenuh kering muka (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3070	3073	3071
Berat Jenis Curah	2,534	2,540	2,537
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD)	2,591	2,595	2,593
Berat Jenis semu	2,687	2,688	2,687
Penyerapan Air %	2,25%	2,17%	2,21%

**PEMERIKSAAN ANALISIS SARINGAN DAN MODULUS HALUS BUTIR  
AGREGAT KASAR**

Asal Kerikil	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

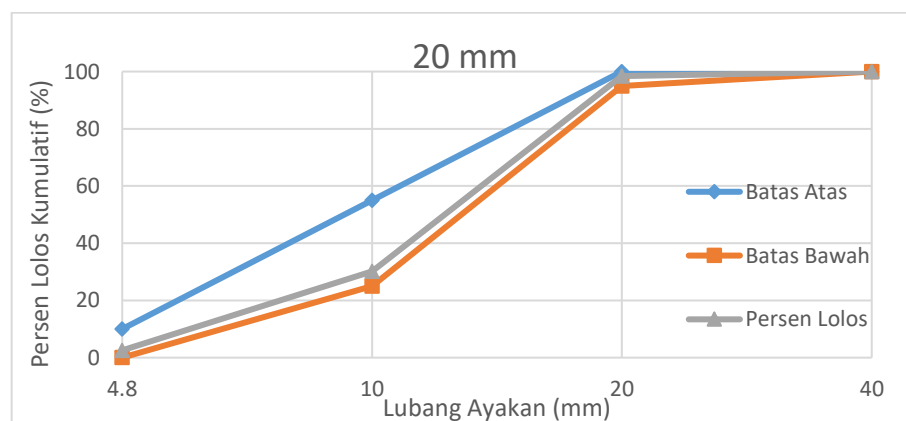
**Sampel 1**

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	40,00	0	0	0	100	100	100
2	20,00	16	0,32	0,32	99,68	95	100
3	10,00	3450	69,04	69,36	30,64	30	60
4	4,80	1405	28,12	97,48	2,52	0	10
5	2,40	23	0,46	97,94	2,06	0	0
6	1,20	6	0,12	98,06	1,94	0	0
7	0,60	0	0	98,06	1,94	0	0
8	0,30	0	0	98,06	1,94	0	0
9	0,15	0	0	98,06	1,94	0	0
10	Sisa	97	1,94	100	0,00	0	0
	Jumlah	4997	100	657,334			

**MHB** = 6,57

**Gradasi** = 20 mm

**Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1**



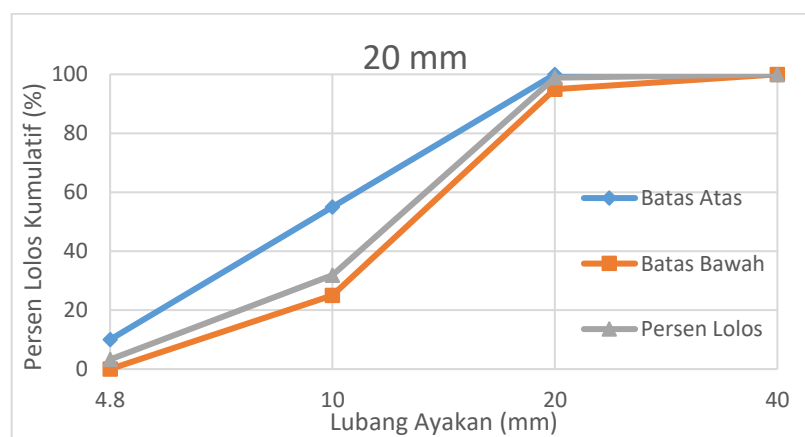
**Sampel 2**

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	40,00	0	0	0	100	100	100
2	20,00	82	1,64	1,64	98,36	95	100
3	10,00	3409	68,23	69,88	30,12	30	60
4	4,80	1378	27,58	97,46	2,54	0	10
5	2,40	18	0,36	97,82	2,18	0	0
6	1.20	7	0,14	97,96	2,04	0	0
7	0,60	0	0,00	97,96	2,04	0	0
8	0,30	0	0,00	97,96	2,04	0	0
9	0,15	0	0,00	97,96	2,04	0	0
10	Sisa	102	2,04	100,00	0,00	0	0
	Jumlah	4996	100,00	658,627			

**MHB** = 6,58

**Gradasi** = 20 mm

**Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 2**



**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR DAN PADAT  
AGREGAT KASAR**

Asal Kerikil	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,03	15,03
Tinggi (cm)	30,40	30,40
Berat Tabung (gr)	11072	11072
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	17983	18132
Berat agregat (W3)	6911	7060
Volume tabung (v) (cm <sup>3</sup> )	5394	5394
Berat volume gembur (gr/cm <sup>3</sup> )	1,281	1,309
Rata-rata	1,295	

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,03	15,03
Tinggi (cm)	30,40	30,40
Berat Tabung (gr)	11072	11072
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	19079	19095
Berat agregat (W3)	8007	8023
Volume tabung (v) (cm <sup>3</sup> )	5394	5394
Berat volume padat (gr/cm <sup>3</sup> )	1,485	1,487
Rata-rata	1,486	

## Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

### Beton Normal

Pembuat :	SAIFUL				Tanggal Uji :		28/05/2024	
f'c rencana :	25	Mpa			Variasi :		BETON NORMAL	
<b>Dimensi Benda Uji Silinder</b>								
Uraian	Hasil Pengamatan							Satuan
	TK-01	TK-02	TK-03	TK-04	TK-05	TK-06	TK-07	
Diameter	15.08	15.04	15.01	15.01	15.07	15.01	15.07	cm
Tinggi	30.62	30.70	30.40	30.30	30.22	30.30	30.22	cm
Berat	12.836	12.868	12.842	12.792	12.828	13.015	12.76	kg
Luas permukaan	178.60	177.66	176.95	176.95	178.37	176.95	178.37	cm <sup>2</sup>
	17860.46	17765.83	17695.03	17695.03	17836.78	17695.03	17836.78	mm <sup>2</sup>
Berat Volume	2.35	2.36	2.39	2.39	2.38	2.43	2.37	gr/cm <sup>3</sup>
	2347.10	2359.32	2387.30	2385.86	2379.84	2427.45	2367.23	kg/m <sup>3</sup>
<b>Hasil Uji Desak Silinder</b>								
Uraian	Hasil Pengamatan							Satuan
	TK-01	TK-02	TK-03	TK-04	TK-05	TK-06	TK-07	
Beban Maksimum	446.3	441.1	447.7	469.7	475.6	483.4	405.6	kN
Lama Pengujian								detik
Kuat Desak	24.99	24.83	25.30	26.54	26.66	27.32	22.74	Mpa
<b>Rata-rata</b>	<b>25.48</b>							<b>Mpa</b>

### Variasi FA 15% + SK 5%

Pembuat :	SAIFUL				Tanggal Uji :		31/05/2024	
f'c rencana :	25	Mpa			Variasi :		BV I	
<b>Dimensi Benda Uji Silinder</b>								
Uraian	Hasil Pengamatan							Satuan
	TK-01	TK-02	TK-03	TK-04	TK-05	TK-06	TK-07	
Diameter	15.07	15.02	15.1	15.07	15.1	15.04	15.07	cm
Tinggi	30.6	30.34	30.52	30.49	30.54	30.41	30.27	cm
Berat	12.82	12.99	12.87	12.99	12.79	12.94	12.99	kg
Luas permukaan	178.37	177.19	179.08	178.37	179.08	177.66	178.37	cm <sup>2</sup>
	17836.78	17718.61	17907.86	17836.78	17907.86	17765.83	17836.78	mm <sup>2</sup>
<b>Hasil Uji Desak Silinder</b>								
Uraian	Hasil Pengamatan							Satuan
	TK-01	TK-02	TK-03	TK-04	TK-05	TK-06	TK-07	
Beban Maksimum	422.2	514.40	532.10	415.00	472.60	475.80	490.30	kN
Lama Pengujian								detik
Kuat Desak	23.67	29.03	29.71	23.27	26.39	26.78	27.49	Mpa
<b>Rata-rata</b>	<b>26.62</b>							<b>Mpa</b>

### Variasi FA 15% + SK 10%

Pembuat :	SAIFUL				Tanggal Uji :		05/06/2024	
f'c rencana :	25	Mpa			Variasi :		BV II	
<b>Dimensi Benda Uji Silinder</b>								
Uraian	Hasil Pengamatan							Satuan
	TK-01	TK-02	TK-03	TK-04	TK-05	TK-06	TK-07	
Diameter	15.03	15.03	15.02	15.03	15.04	15.05	15.05	cm
Tinggi	30.27	30.21	30.24	30.39	30.54	30.69	30.36	cm
Berat	13.109	13.055	13.144	13.007	12.87	12.733	13.23	kg
Luas permukaan	177.42	177.42	177.19	177.42	177.66	177.89	177.89	cm <sup>2</sup>
	17742.22	17742.22	17718.61	17742.22	17765.83	17789.46	17789.46	mm <sup>2</sup>
<b>Hasil Uji Desak Silinder</b>								
Uraian	Hasil Pengamatan							Satuan
	TK-01	TK-02	TK-03	TK-04	TK-05	TK-06	TK-07	
Beban Maksimum	488.50	434.6	433.0	388.1	401.1	407.0	488.50	kN
Lama Pengujian								detik
Kuat Desak	27.53	24.50	24.438	21.87	22.577	22.88	27.460	Mpa
<b>Rata-rata</b>	<b>24.47</b>							<b>Mpa</b>

### Variasi FA 15% + SK 15%

Pembuat :	SAIFUL							Tanggal Uji :	14/06/2024
f'c rencana :	25	Mpa						Variasi :	BV III
<b>Dimensi Benda Uji Silinder</b>									
Uraian	Hasil Pengamatan							Satuan	
	TK-01	TK-02	TK-03	TK-04	TK-05	TK-06	TK-07		
Diameter	15.09	15.02	15.23	15.34	15.26	15.14	15.3	cm	
Tinggi	30.15	30.13	30.05	30.18	30.15	30.22	30.25	cm	
Berat	13.048	13.149	13.181	13.213	13.245	13.105	13.096	kg	
Luas permukaan	178.84	177.19	182.18	184.82	182.89	180.03	183.85	cm <sup>2</sup>	
	17884.15	17718.61	18217.54	18481.64	18289.38	18002.87	18385.39	mm <sup>2</sup>	
<b>Hasil Uji Desak Silinder</b>									
Uraian	Hasil Pengamatan							Satuan	
	TK-01	TK-02	TK-03	TK-04	TK-05	TK-06	TK-07		
Beban Maksimum	475.6	369.9	420	450	367	434.7	434.6	kN	
Lama Pengujian								detik	
Kuat Desak	26.59	20.88	23.05	24.35	20.07	24.15	23.64	Mpa	
<b>Rata-rata</b>	<b>23.25</b>							Mpa	

### Variasi FA 15% + SK 20%

Pembuat :	SAIFUL							Tanggal Uji :	20/06/2024
f'c rencana :	25	Mpa						Variasi :	BV IV
<b>Dimensi Benda Uji Silinder</b>									
Uraian	Hasil Pengamatan							Satuan	
	TK-01	TK-02	TK-03	TK-04	TK-05	TK-06	TK-07		
Diameter	15.15	15.17	15.02	15.13	15.06	15.03	15.07	cm	
Tinggi	30.14	30.23	30.13	30.24	30.16	30.12	30.11	cm	
Berat	12.972	13.114	13.055	12.996	12.937	12.967	12.975	kg	
Luas permukaan	180.27	180.74	177.19	179.79	178.13	177.42	178.37	cm <sup>2</sup>	
	18026.65	18074.28	17718.61	17979.09	17813.11	17742.22	17836.78	mm <sup>2</sup>	
<b>Hasil Uji Desak Silinder</b>									
Uraian	Hasil Pengamatan							Satuan	
	TK-01	TK-02	TK-03	TK-04	TK-05	TK-06	TK-07		
Beban Maksimum	432.4	377.5	414.3	405.5	387.2	435.8	363.8	kN	
Lama Pengujian								detik	
Kuat Desak	23.99	20.89	23.38	22.55	21.74	24.56	20.40	Mpa	
<b>Rata-rata</b>	<b>22.50</b>							Mpa	

### Variasi FA 15% + SK 25%

Pembuat :	SAIFUL							Tanggal Uji :	21/06/2024
f'c rencana :	25	Mpa						Variasi :	BV V
<b>Dimensi Benda Uji Silinder</b>									
Uraian	Hasil Pengamatan							Satuan	
	TK-01	TK-02	TK-03	TK-04	TK-05	TK-06	TK-07		
Diameter	15.25	15.27	15.14	15.14	15.33	15.25	15.33	cm	
Tinggi	30.68	30.49	30.20	30.4	30.10	30.60	30.48	cm	
Berat	13.035	13.114	13.006	12.898	12.79	12.956	13.012	kg	
Luas permukaan	182.65	183.13	180.03	180.03	184.58	182.65	184.58	cm <sup>2</sup>	
	18265.42	18313.36	18002.87	18002.87	18457.56	18265.42	18457.56	mm <sup>2</sup>	
<b>Hasil Uji Desak Silinder</b>									
Uraian	Hasil Pengamatan							Satuan	
	TK-01	TK-02	TK-03	TK-04	TK-05	TK-06	TK-07		
Beban Maksimum	384	447.3	388.0	405.5	422.3	394.1	372.4	kN	
Lama Pengujian								detik	
Kuat Desak	21.02	24.42	21.55	22.52	22.88	21.58	20.18	Mpa	
<b>Rata-rata</b>	<b>22.02</b>							Mpa	

### Lampiran 4 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Beton Normal

Pembuat :	SAIFUL			Tanggal Uji :		28/05/2024
f'c rencana :	25	Mpa	Variasi :		BN	
<b>Dimensi Benda Uji Silinder</b>						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04	TB-05	
Diameter	15.155	15.12	15.13	15.14	15.16	cm
Tinggi	30.825	30.18	30.52	30.60	30.68	cm
Berat	12.66	12.99	12.925	12.952	12.788	kg
Luas permukaan	1467.60	1433.58	1450.69	1455.45	1461.18	cm <sup>2</sup>
	146760.40	143357.66	145068.57	145544.96	146118.24	mm <sup>2</sup>
<b>Hasil Uji Desak Silinder</b>						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04	TB-05	
Beban Maksimum	190.0	173.0	187.0	178.0	197.0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	2.59	2.41	2.58	2.45	2.70	Mpa
<b>Rata-rata</b>	<b>2.54</b>					<b>Mpa</b>

### Variasi FA 15% + SK 5%

Pembuat :	SAIFUL			Tanggal Uji :		31/05/2024
f'c rencana :	25	Mpa	Variasi :		BV I	
<b>Dimensi Benda Uji Silinder</b>						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04	TB-05	
Diameter	15.17	15.15	15.1	15.2	15.07	cm
Tinggi	30.6	30.49	30.52	30.495	30.27	cm
Berat	12.978	12.754	12.924	12.656	12.949	kg
Luas permukaan	1458.33	1451.18	1447.81	1456.20	1433.10	cm <sup>2</sup>
	145833.36	145117.55	144780.93	145620.36	143309.69	mm <sup>2</sup>
<b>Hasil Uji Desak Silinder</b>						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04	TB-05	
Beban Maksimum	187.0	190.0	197.0	196.0	202.0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	2.56	2.62	2.72	2.69	2.82	Mpa
<b>Rata-rata</b>	<b>2.68</b>					<b>Mpa</b>

### Variasi FA 15% + SK 10%

Pembuat :	SAIFUL			Tanggal Uji :	05/06/2024	
f'c rencana :	25	Mpa		Variasi :	BV II	
<b>Dimensi Benda Uji Silinder</b>						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04	TB-05	
Diameter	15.13	15.14	15.12	15.07	15.15	cm
Tinggi	30.27	30.60	30.24	30.16	30.36	cm
Berat	13.029	12.94	13.038	12.923	12.957	kg
Luas permukaan	1438.80	1455.45	1436.43	1427.89	1444.99	cm <sup>2</sup>
	143880.26	145544.96	143642.66	142788.90	144498.81	mm <sup>2</sup>
<b>Hasil Uji Desak Silinder</b>						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04	TB-05	
Beban Maksimum	183.0	163.0	173.0	185.0	195.0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	2.54	2.24	2.41	2.59	2.70	Mpa
<b>Rata-rata</b>	<b>2.50</b>					Mpa

### Variasi FA 15% + SK 15%

Pembuat :	SAIFUL			Tanggal Uji :	14/05/2024	
f'c rencana :	25	Mpa		Variasi :	BV III	
<b>Dimensi Benda Uji Silinder</b>						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04	TB-05	
Diameter	15.18	15.23	15.24	15.32	15.46	cm
Tinggi	30.22	20.45	30.34	30.45	30.51	cm
Berat	12.935	12.947	12.92	12.897	12.949	kg
Luas permukaan	1441.17	978.46	1452.61	1465.53	1481.84	cm <sup>2</sup>
	144117.30	97846.00	145261.46	146553.41	148184.09	mm <sup>2</sup>
<b>Hasil Uji Desak Silinder</b>						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04	TB-05	
Beban Maksimum	187.0	179.0	115.0	153.0	150.0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	2.60	3.66	1.58	2.09	2.02	Mpa
<b>Rata-rata</b>	<b>2.39</b>					Mpa

### Variasi FA 15% + SK 20%

Pembuat :	SAIFUL				Tanggal Uji : 04/09/2023	
f'c rencana :	25	Mpa			Variasi : BV IV	
<b>Dimensi Benda Uji Silinder</b>						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04	TB-05	
Diameter	15.15	15.2	15.12	15.26	15.1	cm
Tinggi	30.26	30.24	30.13	30.34	30.28	cm
Berat	12.947	13.08	12.874	12.904	12.836	kg
Luas permukaan	1440.23	1444.03	1431.20	1454.52	1436.42	cm <sup>2</sup>
	144022.86	144402.68	143120.15	145452.10	143642.41	mm <sup>2</sup>
<b>Hasil Uji Desak Silinder</b>						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04	TB-05	
Beban Maksimum	143.0	152.0	145.0	180.0	185.0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	1.99	2.11	2.03	2.48	2.58	Mpa
<b>Rata-rata</b>	<b>2.23</b>					Mpa

### Variasi FA 15% + SK 25%

Pembuat :	SAIFUL				Tanggal Uji : 07/09/2023	
f'c rencana :	25	Mpa			Variasi : BV V	
<b>Dimensi Benda Uji Silinder</b>						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04	TB-05	
Diameter	15.2	15.07	15.03	15.11	15.12	cm
Tinggi	30.16	30.50	30.02	30.46	30.70	cm
Berat	13.014	13.064	12.758	13.009	12.881	kg
Luas permukaan	1440.21	1443.99	1417.49	1445.92	1458.28	cm <sup>2</sup>
	144020.66	144398.59	141748.85	144591.99	145827.70	mm <sup>2</sup>
<b>Hasil Uji Desak Silinder</b>						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-01	TB-02	TB-03	TB-04	TB-05	
Beban Maksimum	134.0	164.0	139.0	165.0	180.0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	1.86	2.27	1.96	2.28	2.47	Mpa
<b>Rata-rata</b>	<b>2.17</b>					Mpa

**Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Pengujian Absorpsi Beton**

Variasi	No.Sampel	Berat Kering Udara	Berat Kering Oven(Kg)	Absorpsi	Absorpsi Rerata
		(Kg)	(Kg)	(%)	(%)
BN	1	12.74	12.302	3.560	3.398
	2	12.716	12.329	3.136	
	3	12.463	12.042	3.496	
BV 1	1	12.474	12.03	3.691	3.438
	2	12.72	12.338	3.096	
	3	12.763	12.328	3.529	
BV 2	1	12.789	12.613	1.395	3.724
	2	12.643	12.225	3.419	
	3	13.014	12.236	6.358	
BV 3	1	12.935	12.23	5.765	3.900
	2	12.823	12.509	2.510	
	3	13.018	12.587	3.424	
BV 4	1	12.883	12.393	3.954	4.063
	2	13.218	12.695	4.120	
	3	12.95	12.438	4.116	
BV 5	1	12.816	12.21	4.963	4.610
	2	13.001	12.434	4.560	
	3	12.985	12.449	4.306	

## Lampiran 6 Dokumentasi Pembuatan



**Gambar 6.1** Proses *Mixing* Beton



**Gambar 6.2** Proses Uji Slump



**Gambar 6.3 Proses Uji Kuat Tekan Beton**



**Gambar 6.4 Proses Uji Kuat Tarik Belah Beton**



**Gambar 6.5 Proses Uji Absorpsi Beton**

**Lampiran 7 Alat dan Bahan****Gambar 7.1 Benda Uji Silinder 15 X 30****Gambar 7.2 Semen PCC Merk Tiga Roda**



**Gambar 7.3 Bekisting Siliner 15 X 30**



**Gambar 7.4 Kerucut Abrams**



**Gambar 7.5 Palu Karet**



**Gambar 7.6 Penumbuk**



**Gambar 7.7 Sekop Kecil**



**Gambar 7.8 Timbangan Merk Ohaus Kap 25 kg**



**Gambar 7.9 Concrete Mixer**



**Gambar 7.10 Bak Perendaman**