

## **TUGAS AKHIR**

### **PENGARUH VARIASI CAMPURAN *FLY ASH* DAN SERBUK LIMBAH KERAMIK TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN ABSORPSI PADA BETON**

***(THE EFFECT OF FLY ASH AND WASTE CERAMIC  
POWDER MIX VARIATIONS ON THE COMPRESSIVE  
STRENGTH, SPLIT TENSILE STRENGTH, AND WATER  
ABSORPTION OF CONCRETE)***

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



**Bachtiar Muhsin Nurrais  
21511190**

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

## TUGAS AKHIR

### PENGARUH VARIASI CAMPURAN *FLY ASH* DAN SERBUK LIMBAH KERAMIK TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN ABSORPSI PADA BETON

*(THE EFFECT OF FLY ASH AND WASTE CERAMIC  
POWDER MIX VARIATIONS ON THE COMPRESSIVE  
STRENGTH, SPLIT TENSILE STRENGTH, AND WATER  
ABSORPTION OF CONCRETE)*



Pembimbing

Penguji I

Penguji II

Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.  
NIK : 185111304

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.  
NIK : 165111301

Malik Mushthofa, S.T., M.Eng.  
NIK : 185111302

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Yunalia Muntafi, S.T., MT., Ph.D.(Eng)., IPM.  
NIK : 095110101

15 Januari 2026

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya kerjakan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, merupakan hasil karya saya sendiri. Setiap bagian yang mengutip atau menggunakan karya pihak lain telah dicantumkan sumbernya secara jelas sesuai dengan kaidah, norma, serta etika penulisan ilmiah yang berlaku. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa seluruh atau sebagian isi Tugas Akhir ini bukan merupakan hasil karya saya sendiri atau terdapat unsur plagiasi, saya bersedia menerima segala bentuk sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik, sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Yogyakarta, 24 Desember 2025

pernyataan,  
  
Dachlan Nurraisin Nurraisin  
(21511190)

## KATA PENGANTAR


Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Variasi Campuran Serbuk Limbah Keramik terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Absorpsi pada Beton. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menghadapi berbagai kendala dan tantangan. Namun, berkat dukungan, masukan, serta semangat yang diberikan oleh berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini akhirnya dapat terselesaikan. Sehubungan dengan hal tersebut, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing,
2. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M. Eng., selaku Dosen Penguji I,
3. Bapak Malik Mushthofa, S.T., M. Eng., selaku Dosen Penguji II,
4. Orang tua penulis, Bapak Giyono dan Ibu Tinarni yang telah banyak memberikan dukungan, dari materi hingga spiritual pada penyelesaian Tugas akhir ini,
5. Saudara kandung penulis, Apriliana Vivy Candra yang senantiasa memberikan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh teman penulis yang namanya tidak dapat ditulis satu persatu yang telah memberi semangat dan tawa penulis selama kuliah.

Yogyakarta, 24 Desember 2025

Penulis,



Bachtiar Muhsin Nurrais

(21511190)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Perbandingan Penelitian	7
2.4 Keaslian Penelitian	13
BAB III LANDASAN TEORI	14

3.1	Beton	14
3.2	Bahan Penyusun Beton	14
3.2.1	Semen <i>Portland (Portland Cement)</i>	14
3.2.2	Air	15
3.2.3	Agregat Halus	16
3.2.4	Agregat Kasar	17
3.3	<i>Fly ash</i>	18
3.4	Serbuk Keramik	19
3.5	Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> )	19
3.6	Kuat Tekan Beton	27
3.7	Kuat Tarik Belah Beton	28
3.8	Absorpsi Beton	29
BAB IV METODE PENELITIAN		31
4.1	Umum	31
4.2	Variabel Penelitian	31
4.3	Bahan yang Digunakan	31
4.4	Alat yang Digunakan	32
4.5	Pelaksanaan Penelitian	34
4.5.1	Persiapan Alat dan Bahan	34
4.5.2	Pembuatan Benda Uji	35
4.5.3	Perawatan Benda Uji	37
4.5.4	Pengujian Benda Uji	37
4.6	Prosedur Pengujian	38
4.6.1	Pengujian Slump	38
4.6.2	Pengujian Kuat Tekan Beton	39

4.6.3 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	39
4.6.4 Pengujian Absorpsi Beton	40
4.7 Analisis Perhitungan Benda Uji	40
4.8 Analisis Data dan Pembahasan	40
4.9 Kesimpulan dan Saran	41
4.10 Bagan Alir Penelitian	41
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	<b>43</b>
5.1 Umum	43
5.2 Hasil Pengujian Agregat	43
5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar	43
5.2.2 Hasil Pengujian Agregat Halus	48
5.2.3 Hasil Pengujian Serbuk Keramik	54
5.3 Perencanaan Campuran Beton	59
5.4 Hasil Pengujian Trial Benda Uji	65
5.5 Hasil Pengujian Benda Uji	67
5.5.1 Hasil Pengujian <i>Slump</i>	67
5.5.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan	68
5.5.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah	72
5.5.4 Hasil Pengujian Absorpsi	75
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>80</b>
6.1 Kesimpulan	80
6.2 Saran	81
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>82</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>85</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian	8
Tabel 3. 1 Batas Daerah Gradasi Pasir	17
Tabel 3. 2 Batas Daerah Agregat Kasar	18
Tabel 3. 3 Nilai Deviasi Standar untuk berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	20
Tabel 3. 4 Perkiraan Kuat Tekan dengan FAS	21
Tabel 3. 5 Perkiraan Kadar Air Bebas Per Meter Kubik Beton	23
Tabel 3. 6 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan FAS Maksimum	24
Tabel 4. 1 Rincian Benda Uji	36
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	44
Tabel 5. 2 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar	45
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Kasar	47
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Kasar	48
Tabel 5. 5 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	49
Tabel 5. 6 Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus	51
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	52
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	53
Tabel 5. 9 Hasil Pengujian Uji Lolos Saringan No. 200	53
Tabel 5. 10 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Serbuk Keramik	55
Tabel 5. 11 Hasil Analisa Saringan Serbuk Keramik	56
Tabel 5. 12 Rekapitulasi Berat Volume Gembur Serbuk Keramik	58
Tabel 5. 13 Rekapitulasi Berat Volume Padat Serbuk Keramik	59
Tabel 5. 14 Proporsi Campuran Beton dengan Bahan Tambah <i>Fly ash</i> dan Serbuk Keramik	65
Tabel 5. 15 Hasil Uji Coba Sampel Trial Umur 7 Hari	66

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Slump</i>	67
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	69
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	72
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Pengujian Absorpsi Beton	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 <i>Fly ash</i>	18
Gambar 3. 2 Serbuk Limbah Keramik	19
Gambar 3. 3 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (FAS)	22
Gambar 3. 4 Grafik Persen pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 20 mm	25
Gambar 3. 5 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Dipadatkan	26
Gambar 3. 6 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton	28
Gambar 3. 7 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	29
Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian	42
Gambar 5. 1 Grafik Gradasi Agregat Kasar	46
Gambar 5. 2 Grafik Gradasi Agregat Halus	51
Gambar 5. 3 Grafik Gradasi Serbuk Keramik	57
Gambar 5. 4 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	60
Gambar 5. 5 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimum 20 mm)	62
Gambar 5. 6 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah	63
Gambar 5. 7 Grafik Nilai <i>Slump</i> dengan Variasi Beton	67
Gambar 5. 8 Pengujian <i>Slump</i>	68
Gambar 5. 9 Grafik Pengujian Kuat Tekan	70
Gambar 5. 10 Pengujian Kuat Tekan Beton	71
Gambar 5. 11 Kondisi Benda Uji setelah Pengujian Kuat Tekan	71
Gambar 5. 12 Grafik Pengujian Kuat Tarik Belah	73
Gambar 5. 13 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	74
Gambar 5. 14 Kondisi Benda Uji setelah Pengujian Kuat Tarik Belah	75
Gambar 5. 15 Grafik Hasil Pengujian Absorpsi	76
Gambar 5. 16 Pengujian Absorpsi Beton	78
Gambar 5. 17 Kondisi Benda Uji setelah Pengujian Absorpsi	78

Gambar 5. 18 Grafik Hubungan Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Absorpsi Beton	79
Gambar 6. 1 Proses <i>Mixing</i>	108
Gambar 6. 2 Proses Pengujian <i>Slump</i>	108
Gambar 6. 3 Proses Memasukkan Beton Segar ke Bekisting	109
Gambar 6. 4 Proses Meratakan dengan Vibrator	109
Gambar 6. 5 Beton yang Sudah Kering	110
Gambar 6. 6 Beton Dilepas dari Bekisting	110
Gambar 6. 7 Beton Direndam	111
Gambar 6. 8 Bak Rendaman	111
Gambar 6. 9 Bekisting Silinder 15 cm x 30 cm	112
Gambar 6. 10 <i>Concrete Mixer</i>	112
Gambar 6. 11 Peralatan <i>Caping</i> Silinder Beton	113
Gambar 6. 12 Sekop dan Palu Kecil	113
Gambar 6. 13 Proses Penimbangan Proporsi Campuran	114
Gambar 6. 14 Oven	114
Gambar 6. 15 Vibrator Meja	115
Gambar 6. 16 <i>Fly ash</i> dalam Kemasan	115

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keterangan Bebas Laboratorium	86
Lampiran 2 Hasil Pengujian Agregat	87
Lampiran 3 Laporan Hasil Perencanaan Campuran	104
Lampiran 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan	105
Lampiran 5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah	106
Lampiran 6 Hasil Pengujian Absorpsi	107
Lampiran 7 Dokumentasi selama Penelitian	108

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$f'c$	= Kuat tekan beton aktual (MPa)
$f'cr$	= Kuat tekan beton rencana (MPa)
$fct$	= Kuat tarik belah beton (MPa)
P	= Beban maksimum saat pengujian tekan atau tarik belah (N)
A	= Luas penampang benda uji (mm <sup>2</sup> )
D	= Diameter silinder beton (mm)
h	= Tinggi silinder beton (mm)
L	= Panjang silinder (untuk uji tarik belah) atau bentang balok (mm)
FAS	= Faktor air semen (Water Cement Ratio)
C	= Jumlah semen (kg/m <sup>3</sup> )
W	= Jumlah air yang dibutuhkan (kg/m <sup>3</sup> )
Wh	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus (kg)
Wk	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (kg)
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i> (Kondisi jenuh kering permukaan agregat)
M	= Nilai tambah mutu beton (MPa)
Sr	= Deviasi standar rencana (MPa)
Sd	= Deviasi standar aktual (MPa)
SNI	= Standar Nasional Indonesia
MPa	= Megapascal
Kg	= Kilogram
g	= Gram
mm	= Milimeter
N	= Newton
FA	= <i>Fly ash</i>
SK	= Serbuk Keramik

## ABSTRAK

Beton yang memanfaatkan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen dan serbuk limbah keramik sebagai pengganti sebagian agregat halus digunakan dalam penelitian ini untuk meninjau pengaruhnya terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, serta nilai absorpsi beton. Penggunaan *fly ash* dan serbuk limbah keramik tersebut merupakan upaya pemanfaatan limbah yang jumlahnya terus meningkat dan semakin sering dijumpai, sehingga dapat membantu mengurangi dampak penumpukan limbah.

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan metode eksperimen laboratorium. Campuran beton yang direncanakan yaitu sebesar 25 MPa dengan acuan SNI 03-2834-2000. Persentase campuran yang digunakan yaitu *fly ash* sebesar 20% dari berat semen dan variasi serbuk limbah keramik yaitu 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% dari berat agregat halus. Benda uji keseluruhan yang digunakan sebanyak 54 sampel silinder dengan tiga sampel setiap variasi untuk pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi beton pada umur 28 hari.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi campuran yang memberikan hasil paling optimum untuk kuat tekan dan kuat tarik belah adalah 20% *fly ash* dan 6% serbuk keramik, menghasilkan kuat tekan sebesar 31,46 MPa dengan peningkatan 18,26% serta kuat tarik belah sebesar 2,44 MPa dengan peningkatan 28,01% dibanding beton normal. Sementara itu, nilai absorpsi terbaik didapatkan pada variasi 20% *fly ash* dan 12% serbuk keramik dengan nilai 4,21% atau penurunan sebesar 14,28%. Secara keseluruhan, variasi 20% *fly ash* dan 6% serbuk keramik memberikan nilai kuat tekan dan kuat tarik tertinggi, sedangkan variasi 20% *fly ash* dan 12% serbuk keramik menunjukkan nilai absorpsi terendah, sehingga kombinasi material limbah ini dapat direkomendasikan untuk meningkatkan kualitas beton.

**Kata kunci :** *Fly ash*, Serbuk Keramik, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Absorpsi

## ***ABSTRACT***

*Concrete utilizing fly ash as a partial replacement for cement and ceramic waste powder as a partial replacement for fine aggregate was employed in this study to examine its effects on compressive strength, splitting tensile strength, and water absorption. The use of fly ash and ceramic waste powder serves as an effort to manage waste materials that continue to accumulate and are increasingly encountered, thereby helping to mitigate the impacts of waste buildup.*

*This research was conducted using a laboratory experimental method. The concrete mix was designed to achieve a strength of 25 MPa based on SNI 03-2834-2000. The mixture consisted of 20% fly ash by cement weight and ceramic waste powder variations of 0%, 3%, 6%, 9%, and 12% by fine aggregate weight. A total of 54 cylindrical specimens were used, with three specimens for each variation for compressive strength, splitting tensile strength, and concrete absorption tests at the age of 28 days.*

*The results indicate that the most optimal mixture for compressive and splitting tensile strength was 20% fly ash and 6% ceramic powder, producing a compressive strength of 31.46 MPa (an increase of 18.26%) and a splitting tensile strength of 2.44 MPa (an increase of 28.01%) compared to normal concrete. Meanwhile, the best absorption value was achieved with the 20% fly ash and 12% ceramic powder variation, resulting in 4.21% absorption or a 14.28% reduction. Overall, the 20% fly ash and 6% ceramic powder mixture produced the highest compressive and splitting tensile strengths, while the 20% fly ash and 12% ceramic powder mixture yielded the lowest absorption value, indicating that this combination of waste materials can be recommended to enhance concrete quality.*

***Keywords:*** *Fly ash, Ceramic Powder, Compressive Strength, Splitting Tensile Strength, Absorption*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan karena memiliki keunggulan dalam hal kekuatan tekan yang tinggi, daya tahan terhadap api, dan kemampuan untuk dibentuk sesuai kebutuhan struktur. Namun, proses produksi beton secara konvensional memerlukan jumlah semen yang besar, yang berkontribusi terhadap emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang signifikan. Oleh karena itu, penggunaan bahan tambahan seperti serbuk keramik dan *fly ash* menjadi solusi yang potensial untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus meningkatkan kinerja beton.

Limbah keramik merupakan material yang sulit terurai di lingkungan dan sering kali tidak dimanfaatkan dengan baik. Limbah ini memiliki sifat fisik dan kimia yang berpotensi digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus atau bahkan sebagian semen dalam campuran beton. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 7656:2012, bahan tambahan yang bersifat pozzolan dapat berkontribusi pada peningkatan kekuatan beton jika digunakan dengan takaran yang tepat, misalnya limbah keramik yang telah dihaluskan hingga menjadi serbuk keramik.

*Fly ash* merupakan limbah hasil pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), juga memiliki karakteristik pozzolan yang mampu meningkatkan kinerja beton. Berdasarkan SNI 7656:2012, abu terbang (*fly ash*) dapat berfungsi sebagai bahan tambahan dalam campuran beton untuk meningkatkan kekuatan tekan, durabilitas, dan mengurangi permeabilitas beton. Biasanya *fly ash* digunakan untuk substitusi atau pengganti sebagian semen.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi beton. Penggunaan kedua material ini diharapkan dapat menghasilkan beton yang

tidak hanya memiliki kekuatan optimal, tetapi juga mampu mengurangi penggunaan semen dan mengoptimalkan pemanfaatan limbah industri yang selama ini belum banyak dimanfaatkan secara maksimal.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh formulasi campuran beton yang efisien, ramah lingkungan, dan sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan demi lingkungan yang berkelanjutan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang didapatkan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh variasi campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana pengaruh variasi campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik terhadap kuat tarik belah beton?
3. Bagaimana pengaruh variasi campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik terhadap absorpsi beton?
4. Berapa nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi pada kadar optimum campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik pada campuran beton?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang diperoleh berdasarkan rumusan masalah yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh variasi campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik terhadap kuat tekan beton.
2. Mengetahui pengaruh variasi campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik terhadap kuat tarik belah beton.
3. Mengetahui pengaruh variasi campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik terhadap absorpsi beton.
4. Mengetahui nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi pada kadar optimum *fly ash* dan serbuk limbah keramik pada campuran beton.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengurangan limbah-limbah yang berdampak pada lingkungan yaitu limbah *fly ash* dan limbah keramik.
2. Sebagai referensi untuk pengetahuan mengenai limbah *fly ash* dan limbah keramik yang berguna dalam ilmu teknologi beton.

#### 1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian yaitu sebagai berikut.

1. Rencana campuran beton (*Mix design*) mengacu pada Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000) yang dibuat dengan mutu  $f'c$  25 MPa.
2. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *Portland Composite Cement* (PCC) dengan merek Semen Tiga Roda.
3. Agregat kasar yang digunakan berukuran maksimum 20 mm yang berasal Clereng.
4. Agregat halus berasal dari Progo.
5. Limbah *fly ash* yang digunakan termasuk dalam klasifikasi tipe C.
6. Ukuran serbuk limbah keramik yang digunakan berukuran maksimal 4,75 mm atau yang lolos saringan nomor 10 dengan gradasi mendekati daerah 2 berdasarkan pengujian properti. Limbah berasal dari sisa pembangunan yang berada di wilayah Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, serta tidak diklasifikasikan sesuai jenis dan merek keramik.
7. *Fly ash* yang digunakan untuk substitusi sebagian semen yaitu 20% terhadap berat semen.
8. Serbuk limbah keramik yang digunakan untuk substitusi sebagian agregat halus yaitu interval 3% dimulai dari jarak 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% terhadap agregat halus serta tidak dilakukan konversi dari berat volume agregat halus.
9. Air berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
10. Benda uji berupa silinder beton ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

11. Jumlah benda uji beton sebanyak 54 buah.
12. Pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi beton dilakukan pada umur beton 28 hari.
13. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Meninjau penelitian terdahulu bertujuan untuk menemukan hal-hal relevan dengan penelitian yang dilakukan, seperti kesamaan subjek atau metode. Dengan memahami hasil penelitian sebelumnya, maka dapat dilakukan perbandingan untuk menghindari duplikasi dan memastikan penelitian yang dilakukan memberikan kontribusi hal yang baru.

#### **2.2 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai perbandingan dengan penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut.

1. Pengaruh Penambahan Limbah Pembakaran Batubara (*Fly ash*) Ex PLTU Rum pada Campuran Beton (Mufti Amir Sultan dkk., 2019)

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan *fly ash* dari PLTU Rum Tidore Kepulauan pada campuran beton. *Fly ash* ditambahkan dengan variasi 10% hingga 30% dari berat semen dengan interval 5%, sedangkan beton tanpa *fly ash* dijadikan sebagai kontrol. Pengujian dilakukan pada 90 benda uji berbentuk silinder berukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton optimal terjadi pada campuran dengan 20% *fly ash*, mencapai nilai 29,43 MPa.

2. Pengaruh Serbuk Keramik sebagai Pengganti Agregat Halus dan Abu Terbang (*Fly ash*) sebagai Pengganti 15% Berat Semen terhadap Kuat Tarik Belah dan Porositas pada Beton (Dwitami dkk., 2019)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi serbuk keramik sebagai pengganti agregat halus dan abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti 15% dari berat semen terhadap kuat tarik belah dan porositas beton. Penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan persentase optimum penggunaan serbuk keramik yang menghasilkan kuat tarik belah maksimum dan porositas

minimum. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan analisis data menggunakan uji regresi melalui program SPSS 16.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi serbuk keramik dan 15% *fly ash* berpengaruh signifikan terhadap kuat tarik belah (74,1%) dan porositas beton (51,5%). Persentase serbuk keramik optimum untuk kuat tarik belah maksimum adalah 6,214%, dengan nilai 2,75 MPa, sedangkan persentase optimum untuk porositas minimum adalah 15%, dengan nilai 12,33%.

3. Kajian Pengaruh Limbah Keramik dan Abu Terbang sebagai Pengganti Sebagian Bahan Penyusun Beton terhadap Berat Jenis dan Kuat Tekan Beton (Mohammad Zein Alfatory dkk., 2019)

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penggunaan limbah keramik sebagai pengganti agregat halus dan abu terbang sebagai pengganti semen terhadap berat jenis dan kuat tekan beton, serta menentukan persentase optimal dan maksimal penggantian yang menghasilkan beton dengan sifat terbaik. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan analisis regresi, di mana variasi limbah keramik sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dikombinasikan dengan abu terbang 15% sebagai substitusi semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kedua material tersebut berpengaruh signifikan terhadap berat jenis dan kuat tekan beton, dengan berat jenis normal tertinggi diperoleh pada variasi 15% sebesar 2247,398 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan kuat tekan optimum dicapai pada variasi 6,164% dengan nilai 27,637 MPa.

4. Pemanfaatan Limbah Keramik sebagai Agregat Halus pada Beton Ramah Lingkungan (Rofikatul dkk., 2021)

Penelitian ini meneliti pemanfaatan limbah keramik sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus pada beton ramah lingkungan. Dalam penelitian ini, variasi penggantian limbah keramik sebesar 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15% digunakan pada 36 benda uji silinder berukuran 15 × 30 cm, dengan tambahan *fly ash* sebagai bahan pozzolan pada variasi 0% dan 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan persentase limbah keramik menyebabkan kenaikan nilai absorpsi dan penurunan unit *weight* beton. Kuat tekan tertinggi

diperoleh pada variasi 9%, namun menurun pada kadar penggantian yang lebih tinggi. Dengan demikian, limbah keramik dapat dijadikan alternatif pengganti agregat halus hingga batas tertentu.

5. Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Keramik Terhadap Peningkatan Nilai Kuat Tekan Beton (Hermansyah dkk., 2022)

Penelitian ini mengkaji pengaruh penambahan limbah keramik terhadap kuat tekan beton dengan acuan SNI 03-2834-2000. Uji kuat tekan dilakukan pada beton berbentuk silinder dengan 3 sampel untuk setiap variasi, yang diuji pada umur 28 hari. Hasil menunjukkan bahwa kuat tekan beton meningkat seiring bertambahnya limbah keramik, dengan nilai tertinggi sebesar 36,96 MPa pada variasi 0,3%. Peningkatan ini disebabkan oleh sebaran serbuk limbah keramik yang lebih merata, membuat beton lebih kedap. Namun, jika kadar limbah terlalu tinggi, kebutuhan air terbagi ke semua material, menyebabkan nilai *slump* menurun dan beton menjadi kurang kedap atau berongga.

### 2.3 Perbandingan Penelitian

Perbandingan penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang dilakukan
Nama	Mufti Amir Sultan, dkk	Dwitami, dkk	Mohammad Zein Alfatory, dkk	Rofikatul, dkk	Hermansyah, dkk	Bachtiar Muhsin Nurrais
Tahun	2019	2019	2019	2021	2022	2025
Judul Penelitian	Pengaruh Penambahan Limbah Pembakaran Batubara ( <i>Fly ash</i> ) Ex PLTU Rum pada Campuran Beton	Pengaruh Serbuk Keramik sebagai Pengganti Agregat Halus dan Abu Terbang ( <i>Fly ash</i> ) sebagai Pengganti 15% Berat Semen terhadap Kuat Tarik Belah dan Porositas pada Beton	Kajian Pengaruh Limbah Keramik dan Abu Terbang sebagai Pengganti Sebagian Bahan Penyusun Beton terhadap Berat Jenis dan Kuat Tekan Beton	Pemanfaatan Limbah Keramik sebagai Agregat Halus pada Beton Ramah Lingkungan	Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Keramik Terhadap Peningkatan Nilai Kuat Tekan Beton	Pengaruh Variasi Campuran <i>Fly ash</i> dan Serbuk Limbah Keramik terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Absorpsi pada Beton

<b>Tujuan</b>	Untuk mengetahui pengaruh atau efek penambahan <i>fly ash</i> dalam campuran beton	Untuk mengetahui pengaruh variasi serbuk keramik sebagai pengganti agregat halus dan <i>fly ash</i> sebagai substitusi 15 % berat semen terhadap kuat tarik belah dan porositas beton	Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi limbah keramik sebagai pengganti agregat halus dan abu terbang sebagai pengganti semen terhadap berat jenis dan kuat tekan beton, serta menentukan persentase maksimal dan optimal yang menghasilkan sifat beton terbaik.	Untuk mengetahui pengaruh substitusi limbah keramik sebagai agregat halus pada beton ramah lingkungan	Untuk mengetahui pengaruh kuat tekan beton akibat penambahan serbuk limbah keramik pada campuran beton	Untuk mengetahui pengaruh variasi campuran serbuk keramik sebagai substitusi agregat halus dan <i>fly ash</i> terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi pada beton.
<b>Parameter yang diuji</b>	Kuat tekan	Kuat tarik belah, porositas	Berat jenis dan kuat tekan	Kuat tekan, absorpsi, densitas	Kuat tekan	Kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi
<b>Mutu Beton</b>	25 MPa	20 MPa	25 MPa	30 MPa	30 MPa	25 MPa

<p><b>Metode Penelitian</b></p>	<p>Penelitian ini dilakukan untuk menguji efek penambahan <i>fly ash</i> dalam campuran beton. Komposisi <i>fly ash</i> yang digunakan bervariasi mulai dari 10% hingga 30% dengan kenaikan 5% terhadap berat semen. Beton tanpa <i>fly ash</i> digunakan sebagai kontrol. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm, dengan total 90 buah benda uji yang disiapkan untuk pengujian.</p>	<p>Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimen untuk mengkaji pengaruh variasi serbuk keramik sebagai pengganti agregat halus dan <i>fly ash</i> sebesar 15% dari berat semen terhadap kuat tarik belah dan porositas beton. Sampel terdiri dari 40 benda uji silinder, masing-masing untuk pengujian kuat tarik dan porositas. Analisis data dilakukan dengan uji regresi menggunakan SPSS 16.0, disertai uji normalitas, homogenitas, dan linearitas, guna mengetahui pengaruh signifikan serta nilai optimum dari variasi serbuk keramik yang digunakan.</p>	<p>Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen yang dilakukan di laboratorium beton. Perencanaan campuran beton mengikuti SNI 7656:2012, dengan variasi limbah keramik sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% sebagai pengganti agregat halus serta abu terbang 15% sebagai pengganti sebagian semen. Benda uji berbentuk silinder berukuran 150 mm × 300 mm, tanpa bahan tambah kimia,</p>	<p>Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan membuat 36 benda uji silinder beton berukuran 15 × 30 cm. Variasi penggantian pasir dengan limbah keramik adalah 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15%, disertai tambahan <i>fly ash</i> sebesar 5% sebagai bahan pozzolan. Pengujian dilakukan terhadap absorpsi, densitas (unit weight), dan kuat tekan beton dengan acuan standar ASTM C138, C642, dan C39.</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kuat tekan beton akibat penambahan limbah keramik pada campuran beton. Acuan yang digunakan adalah SNI 03-2834-2000. Benda uji beton berbentuk silinder dengan 3 sampel pada setiap variasi. Variasi limbah keramik yang digunakan adalah 0%, 0,1%, 0,2%, dan 0,3% terhadap berat semen. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari untuk mengevaluasi hasil yang optimal.</p>	<p>Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan membuat 54 benda uji silinder beton berukuran 15 × 30 cm dengan beton normal dijadikan sebagai kontrol. Variasi yang digunakan yaitu substitusi sebagian serbuk keramik terhadap agregat halus dengan persentase 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% disertai dengan substitusi 20% <i>fly ash</i> terhadap semen. Pengujian yang dilakukan yaitu kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi beton yang dilakukan pada saat umur beton 28 hari.</p>
---------------------------------	--	--	--	---	--	---

			dan dilakukan pengujian berat jenis dan kuat tekan pada umur 28 hari sesuai standar SNI 1973:2008 dan SNI 1974:2011			
<b>Hasil Penelitian</b>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton mencapai nilai optimum pada variasi <i>fly ash</i> 20%, dengan nilai kuat tekan sebesar 29,43 MPa. Peningkatan ini setara dengan peningkatan sebesar 26,45%	Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi serbuk keramik dan 15% <i>fly ash</i> berpengaruh signifikan terhadap kuat tarik belah (74,1%) dan porositas beton (51,5%). Persentase serbuk keramik optimum untuk kuat tarik belah maksimum adalah 6,214%, dengan nilai	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi limbah keramik dan abu terbang berpengaruh signifikan terhadap berat jenis (44,6%) dan kuat tekan (82,4%) beton. Persentase maksimal yang menghasilkan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar limbah keramik menyebabkan kenaikan nilai absorpsi beton dan penurunan densitas (unit weight). Nilai kuat tekan meningkat hingga penggantian 9%, tetapi menurun pada kadar lebih tinggi. Penggunaan <i>fly ash</i> 5%	Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton pada variasi 0%, 0,1%, 0,2%, dan 0,3% berturut-turut adalah 32,05 MPa, 34,09 MPa, 36,01 MPa, dan 36,96 MPa. Kuat tekan tertinggi terjadi pada variasi 0,3% dengan nilai 36,96 MPa. Peningkatan ini	Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi <i>fly ash</i> terhadap semen dan serbuk keramik terhadap agregat halus pada campuran beton memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan sifat mekanik dan penurunan nilai absorpsi beton. Variasi campuran paling optimum diperoleh pada beton dengan substitusi 20% <i>fly</i>

	dibandingkan beton tanpa bahan tambah <i>fly ash</i> .	2,75 MPa, sedangkan persentase optimum untuk porositas minimum adalah 15%, dengan nilai 12,33%.	berat jenis beton normal adalah 15% limbah keramik dengan nilai rata-rata 2247,398 kg/m <sup>3</sup> , sedangkan kuat tekan optimum diperoleh pada 6,164% dengan nilai 27,637 MPa.	membantu mengurangi penyerapan air namun tidak berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan. Secara keseluruhan, limbah keramik dapat digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus hingga batas optimal 9%, menghasilkan beton ramah lingkungan dengan performa yang baik.	disebabkan oleh sebaran serbuk limbah keramik yang lebih merata sehingga menghasilkan beton yang lebih kedap. Namun, pada variasi yang lebih tinggi, kebutuhan air yang semakin terbagi menyebabkan nilai <i>slump</i> menurun, sehingga berpotensi menghasilkan beton yang kurang kedap atau berongga	<i>ash</i> dan 6% serbuk keramik yang menghasilkan kuat tekan sebesar 31,46 MPa dengan peningkatan 18,26% dibanding beton normal, serta kuat tarik belah sebesar 2,44 MPa dengan peningkatan 28,01%. Selain itu, kualitas beton juga meningkat melalui penurunan nilai absorpsi, di mana variasi 20% <i>fly ash</i> dan 12% serbuk keramik memberikan nilai absorpsi terendah sebesar 4,21% atau terjadi penurunan 14,28% dibandingkan beton normal. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan <i>fly ash</i> dan serbuk keramik pada proporsi tertentu dapat meningkatkan kekuatan serta kerapatan beton secara signifikan.
--	--	---	--	--	--	--

## 2.4 Keaslian Penelitian

Berdasarkan hasil tinjauan pustaka yang digunakan, penelitian yang dilakukan saat ini berbeda dengan penelitian sebelumnya, yaitu menggunakan *fly ash* dengan kadar 20% dan serbuk keramik dengan kadar variasi 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% dengan mutu beton rencana 25 MPa serta menggunakan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 54 buah. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi beton pada umur 28 hari. Pemilihan persentase *fly ash* sebesar 20% dan limbah keramik sebesar 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% dalam penelitian ini didasarkan pada hasil dari beberapa penelitian terdahulu yang menunjukkan nilai optimum penggunaan kedua material tersebut terhadap peningkatan performa beton. Berdasarkan penelitian Mufti Amir Sultan dkk. (2019), penambahan *fly ash* hingga 20% dari berat semen menghasilkan kuat tekan beton tertinggi sebesar 29,43 MPa, yang menunjukkan bahwa kadar tersebut merupakan titik optimum sebelum terjadi penurunan kekuatan akibat kelebihan material pozzolan. Sementara itu, penelitian oleh Rofikatul dkk. (2021) mengungkapkan bahwa penggunaan limbah keramik sebagai pengganti agregat halus memberikan hasil terbaik pada variasi 9%, dengan kuat tekan mulai menurun pada kadar yang lebih tinggi. Hal ini diperkuat oleh temuan Dwitami dkk. (2019), Hermansyah dkk. (2022), dan Mohammad Zein Alfatony dkk. (2019) yang menunjukkan bahwa penggunaan limbah keramik dalam jumlah terbatas dapat meningkatkan kekuatan beton, namun kadar berlebih justru menurunkan workability dan menyebabkan rongga dalam beton. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipilih variasi *fly ash* 20% karena terbukti paling optimal dalam meningkatkan kekuatan beton, serta variasi limbah keramik 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12% untuk mengetahui batas optimum pengganti agregat halus yang masih mampu mempertahankan kekuatan dan kualitas beton ramah lingkungan.. Berdasarkan penjabaran tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini memiliki keaslian yang dapat dipertanggungjawabkan.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Beton**

Menurut SNI 03-2834-2000, Beton merupakan bahan bangunan yang diperoleh dari pencampuran semen *portland* atau semen hidraulik lain, air, agregat halus, agregat kasar, dan bahan tambahan lainnya bila diperlukan, yang membentuk massa padat setelah beberapa waktu. Beton adalah material konstruksi yang banyak digunakan karena memiliki kekuatan tekan tinggi dan ketahanan terhadap beban serta cuaca ekstrem. Sifatnya yang kokoh dan tahan lama menjadikannya pilihan utama untuk struktur bangunan seperti gedung bertingkat, jembatan, dan jalan..

#### **3.2 Bahan Penyusun Beton**

Campuran dari semen, air, agregat halus dan kasar, serta bahan tambahan tertentu membuat beton memiliki sifat plastis saat masih basah, sehingga mudah dibentuk sesuai kebutuhan desain tanpa mengurangi kekuatannya setelah mengeras. Hal ini memungkinkan beton digunakan untuk membuat berbagai elemen struktur, seperti kolom, balok, pelat, atau bentuk geometris khusus sesuai rencana yang diinginkan, menjadikannya material yang fleksibel dan dapat diandalkan dalam dunia konstruksi. Di samping itu, campuran beton juga dapat ditambahkan bahan aditif (*admixture*) guna menghasilkan beton dengan sifat-sifat khusus sesuai kebutuhan. Setiap komponen penyusun beton memiliki peran dan pengaruh yang berbeda, serta harus memenuhi kriteria tertentu agar layak digunakan sebagai bahan pembentuk beton.

##### **3.2.1 Semen *Portland* (*Portland Cement*)**

Semen *Portland* adalah jenis semen hidrolis yang dibuat dari hasil penggilingan klinker yaitu bahan hasil pembakaran campuran batu kapur dan tanah liat atau bahan lain yang mengandung kalsium, silika, alumina, dan besi dengan penambahan sedikit gypsum untuk mengatur waktu pengikatan. Semen ini akan bereaksi secara kimia dengan air (hidrasi) dan mengeras baik di lingkungan basah

maupun kering, sehingga menjadikannya bahan pengikat utama dalam pembuatan beton dan mortar. Karena sifat mekanisnya yang kuat dan stabil, semen *Portland* menjadi bahan konstruksi yang paling umum digunakan dalam berbagai proyek bangunan dan infrastruktur. Semen *portland* dibagi menjadi lima kategori menurut SNI 15-2049-2004 berdasarkan penggunaannya yaitu sebagai berikut.

1. Semen *portland* tipe I merupakan semen *portland* yang dalam penggunaan secara umum tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti persyaratan pada tipe lainnya.
2. Semen *portland* tipe II merupakan semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi yang sedang
3. Semen *portland* tipe III merupakan semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan yang tinggi di tahap awal setelah pengikatan terjadi.
4. Semen *portland* tipe IV merupakan semen *portland* yang penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Semen *portland* tipe V merupakan semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

### 3.2.2 Air

Air untuk campuran beton adalah salah satu komponen utama dalam pembuatan beton yang berfungsi sebagai aktivator reaksi kimia (hidrasi) antara semen dan air, serta sebagai pelumas untuk memudahkan proses pencampuran, pengangkutan, pengecoran, dan pemadatan beton. Air yang digunakan harus memenuhi syarat mutu tertentu agar tidak mengganggu proses hidrasi dan tidak menurunkan kualitas beton yang dihasilkan.

Menurut SNI 03-2847-2002, persyaratan air yang dapat digunakan dalam pencampuran beton adalah sebagai berikut.

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak seperti oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lain yang merugikan terhadap beton atau tulangan.

2. Air yang digunakan pada campuran beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada campuran beton, kecuali jika campuran beton yang menggunakan air tersebut menghasilkan kuat tekan sekurang-kurangnya yaitu 90% dari kuat tekan beton yang menggunakan air yang dapat diminum.

### 3.2.3 Agregat Halus

Menurut SNI 03-2834-2000, agregat halus ialah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu, atau bisa juga pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Adapun persyaratan agregat halus untuk campuran beton adalah sebagai berikut.

1. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
2. Kandungan lumpur atau partikel halus dalam agregat halus tidak boleh melebihi batas yang ditentukan, karena dapat mempengaruhi kekuatan dan durabilitas beton. Maksimal kadar lumpur dalam agregat halus yaitu sebesar 5%.
3. Agregat halus yang digunakan dalam campuran beton harus dipastikan bebas dari bahan-bahan organik, seperti akar, daun, atau zat-zat lain, serta kontaminan lainnya yang dapat mengganggu reaksi hidrasi semen. Keberadaan bahan-bahan tersebut dapat memperlambat atau menghambat proses pengerasan beton, sehingga berdampak pada penurunan mutu, kekuatan, dan daya tahan beton yang dihasilkan.
4. Agregat halus harus memiliki distribusi ukuran butir yang sesuai dengan grafik gradasi yang ditentukan dalam standar ini. Gradasi yang baik memastikan beton memiliki workability dan kekuatan yang optimal. Adapun batasan gradasi agregat halus (pasir) dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

**Tabel 3. 1 Batas Daerah Gradasi Pasir**

Lubang (mm)	Berat Butir yang Lolos Ayakan (%)			
	Kasar	Agak kasar	Agak halus	halus
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber: Tjokrodimuljo, 1992)

#### 3.2.4 Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2834-2000, agregat kasar ialah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm. Adapun persyaratan agregat kasar untuk campuran beton adalah sebagai berikut.

1. Agregat kasar harus tahan terhadap pengaruh cuaca dan tidak mudah hancur agar kualitas beton tetap terjaga.
2. Kandungan lumpur pada agregat kasar tidak boleh melebihi 1%, harus dibersihkan terlebih dahulu apabila kadar lumpur melebihi 1%.
3. Agregat kasar harus bersih dari kotoran, bahan organik, atau zat lain yang dapat mempengaruhi kualitas beton.
4. Ukuran maksimum agregat kasar harus ditentukan berdasarkan dimensi elemen beton dan jarak antar tulangan. Sebagai aturan umum, ukuran maksimum agregat tidak boleh lebih dari 1/5 jarak bebas minimum antara sisi cetakan, 1/3 ketebalan pelat, atau 3/4 jarak bersih antar tulangan.
5. Pemilihan agregat kasar juga harus memenuhi persyaratan gradasi yang telah ditentukan yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

**Tabel 3. 2 Batas Daerah Agregat Kasar**

Ukuran saringan (mm)	Presentase lolos saringan	
	kasar	Agak Halus
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	22-55
4,8	0-5	0-10

(Sumber: Tjokrodimuljo, 2007)

### 3.3 *Fly ash*

*Fly ash* ialah residu berbentuk partikel halus yang merupakan hasil dari pembakaran batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), yang mengandung senyawa silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dalam jumlah yang cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan (admixture) atau bahan pengganti sebagian semen dalam campuran beton. *Fly ash* termasuk dalam kategori bahan puzolanik karena mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) yang dihasilkan selama proses hidrasi semen untuk membentuk senyawa yang memiliki kekuatan mengikat (Ate Romli, 2010). Pada penelitian ini digunakan *fly ash* tipe C dikarenakan kuat tekan yang lebih tinggi pada umur di bawah 56 hari dibandingkan dengan tipe F berdasarkan penelitian (Marpaung & Zulfikar, 2025).

**Gambar 3. 1 *Fly ash***

### 3.4 Serbuk Keramik

Serbuk keramik adalah material berbentuk partikel halus yang berasal dari hasil penggilingan, pemrosesan, atau daur ulang bahan keramik seperti porselen, ubin, dan bahan bangunan berbasis tanah liat yang telah mengalami proses pembakaran. Serbuk ini biasanya mengandung senyawa-senyawa seperti silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan berbagai oksida logam lain yang bersifat stabil dan tahan panas. Dalam bidang teknik sipil dan material, serbuk keramik sering dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton karena sifatnya yang bersifat puzolanik dan dapat meningkatkan kekuatan serta durabilitas beton (Sekarini et al., 2019). Selain itu, pemanfaatan serbuk keramik juga mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan dengan mengurangi limbah industri dan pemakaian semen konvensional.



**Gambar 3. 2 Serbuk Limbah Keramik**

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

Pada penelitian ini, perencanaan campuran beton (*mix design*) mengacu pada SNI 03-2834-2000 mengenai tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Adapun urutan tata cara dalam perencanaan beton berdasarkan SNI 03-2834-2000 sebagai berikut.

1. Menetapkan nilai kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f'c$ ) berdasarkan usia beton dan jenis benda uji tertentu.

2. Menentukan nilai deviasi standar berdasarkan mutu pelaksanaan dan volume pembetonan. Dimana semakin baik mutu pelaksanaannya maka semakin rendah nilai standar deviasinya. Adapun berbagai tingkat pengendalian mutu dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3. 3 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)

3. Menentukan nilai tambah/margin desak rencana (M) yang dapat dihitung dengan Persamaan 3.1 sebagai berikut.

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

Keterangan :

M = Nilai tambah (MPa)

Sr = Deviasi standar

4. Menentukan kuat tekan rerata beton ditargetkan yang dapat dihitung dengan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

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

Keterangan :

$f'_{cr}$  = Kuat tekan rerata beton yang ditargetkan (Mpa)

$f'_c$  = Kuat tekan beton rencana (MPa)

M = Nilai tambah

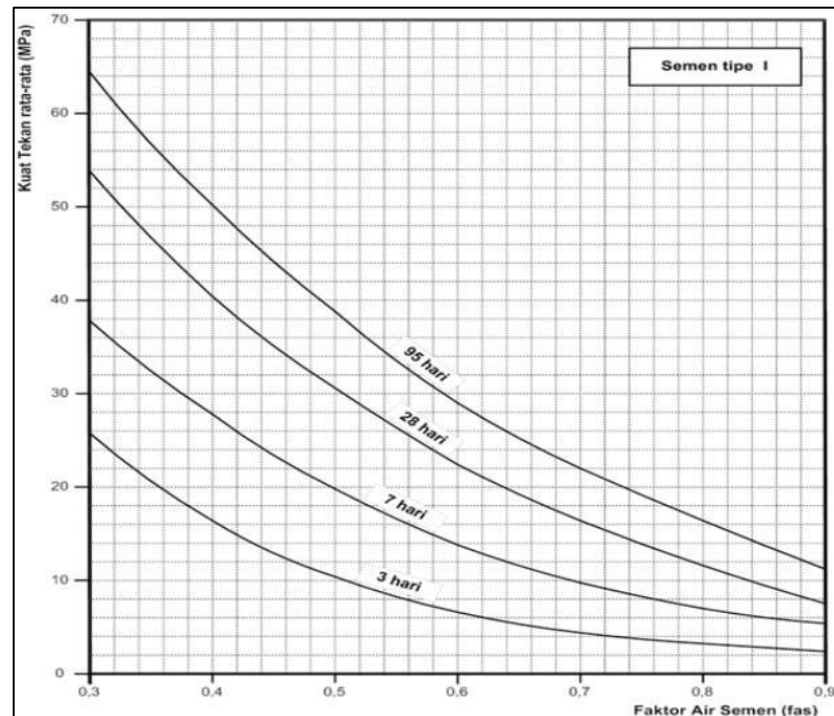
5. Menentukan jenis semen yang akan digunakan dalam campuran. Terdapat lima jenis semen, yaitu tipe I, II, III, IV, dan V. Tipe I dan II merupakan tipe semen yang paling umum digunakan diantara lima jenis tersebut.
6. Menentukan nilai faktor air semen (fas) berdasarkan kuat tekan, jenis semen, umur beton, dan jenis agregat yaitu sebagai berikut.
  - a. Penentuan kuat tekan dengan merujuk pada Tabel 3.3 tentang hubungan antara jenis semen, jenis agregat, umur beton, dan bentuk benda uji yang digunakan.
  - b. Merujuk pada Gambar 3.3 yang menunjukkan hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen pada benda uji silinder.
  - c. Membuat garis vertikal ke atas melalui nilai faktor air semen (fas) yang telah ditentukan hingga memotong kurva umur beton. Kemudian, tarik garis horizontal ke kanan pada nilai kuat tekan rata-rata hingga garis tersebut menyentuh garis vertikal fas yang telah ditentukan. Dari perpotongan garis kuat tekan dan fas tersebut, maka dapat diperoleh kurva lengkung yang menggambarkan hubungan keduanya.

**Tabel 3. 4 Perkiraan Kuat Tekan dengan FAS**

Jenis semen	Jenis Agregat kasar	Kuat Tekan (Mpa)				Bentuk Benda uji
		Pada Umur (Hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Grafik yang digunakan adalah sebagai berikut.



**Gambar 3.3 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (FAS)**  
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

7. Menentukan nilai *slump* yaitu tingkat keenceran atau kelecakan adukan beton. Semakin tinggi nilai *slump*, semakin encer atau cair adukan beton tersebut yang akan mempermudah pekerjaan pembetonannya. Adapun langkah-langkah penentuan *slump* sebagai berikut.
  - a. Membasahi cetakan agar adukan tidak lengket
  - b. Meletakkan di tempat yang rata
  - c. Mengisi cetakan dengan adukan beton segar secara bertahap setiap sepertiga tinggi cetakan. Dilakukan tusukan sebanyak 25 kali untuk setiap tahap agar adukan beton bisa padat dan merata.
  - d. Jika sudah penuh sampai atas, ratakan dengan tongkat dan angkat cetakan secara perlahan dan lurus ke atas.
  - e. Mengukur nilai *slump* dengan bantuan mistar dan cetakan yang diletakkan secara terbalik di samping adukan beton.
8. Menentukan ukuran agregat maksimum berdasarkan standar yang ditetapkan.

9. Menentukan kadar air bebas yang dapat dirujuk dari Tabel 3.4 dengan data ukuran agregat maksimum, jenis batuan dan *slump* rencana. Setelah itu kebutuhan air dapat dihitung dengan Persamaan 3.3 sebagai berikut.

**Tabel 3. 5 Perkiraan Kadar Air Bebas Per Meter Kubik Beton**

Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	<i>Slump</i> (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

$$w = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (3.3)$$

Keterangan :

$w$  = Jumlah air yang dibutuhkan (liter/m<sup>3</sup>)

$W_h$  = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus

$W_k$  = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

10. Menentukan kebutuhan semen dengan Persamaan 3.4 sebagai berikut.

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

Keterangan

$c$  = Jumlah semen (kg/m<sup>3</sup>)

$w$  = Kadar air bebas (kg/m<sup>3</sup>)

$fas$  = Faktor air semen

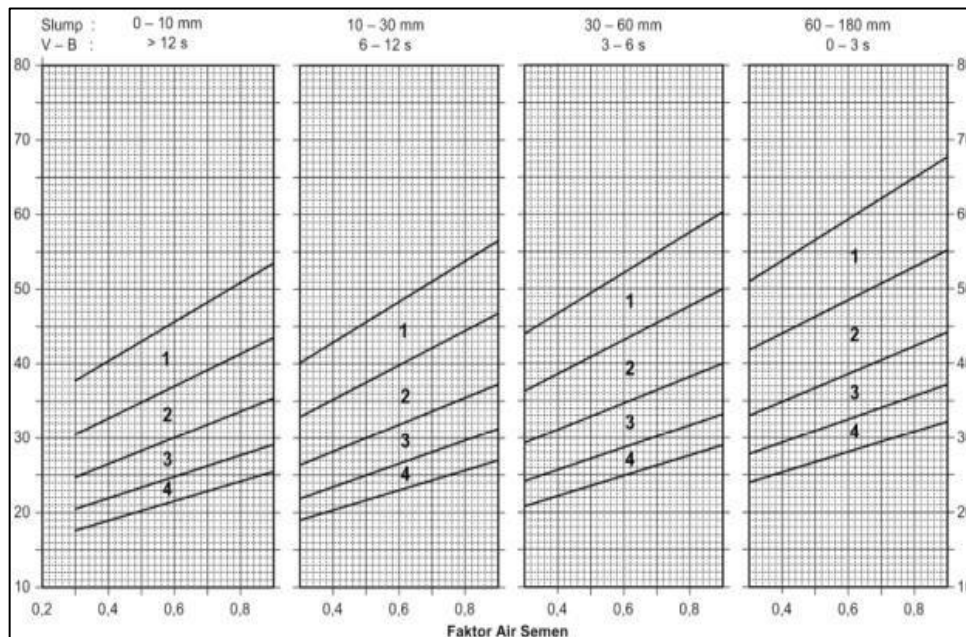
11. Menentukan kadar semen minimum yang dapat dilihat pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

**Tabel 3. 6 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan FAS Maksimum**

Jenis Pembetonan		Jumlah semen minimum per m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai fas maksimum
Beton didalam ruangan bangunan			
a.	Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b.	Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan			
a.	Tidak terlindung dari hujan dan Terik matahari langsung	325	0,60
b.	Terlindung dari hujan dan Terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah			
a.	Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b.	Mendapatkan pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		
Beton yang kontinu berhubungan air tawar dan laut			

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

12. Menentukan presentase agregat kasar dan halus yang dapat dilihat dari grafik pada Gambar 3.4 sebagai berikut.



**Gambar 3. 4 Grafik Persen pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 20 mm**  
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Langkah-langkah untuk menentukan persentase agregat halus dan kasar dari grafik di atas adalah sebagai berikut.

- Pilih grafik yang sesuai berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai *slump* yang telah direncanakan.
  - Setelah grafik yang tepat dipilih, tarik garis vertikal ke atas hingga bertemu dengan kurva tertinggi di antara dua kurva yang menggambarkan daerah gradasi agregat.
  - Kemudian, dari titik potong tersebut, tarik garis horizontal ke kanan menuju kedua batas kurva, yaitu batas atas dan batas bawah dalam daerah gradasi.
  - Hitung nilai rata-rata dari kedua hasil perpotongan pada garis horizontal tersebut.
13. Menentukan berat jenis relative agregat berdasarkan data uji laboratorium dan dapat dihitung dengan Persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$BJ_{AG} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \quad (3.5)$$

Keterangan:

$BJ_{AG}$  = Berat jenis agregat gabungan

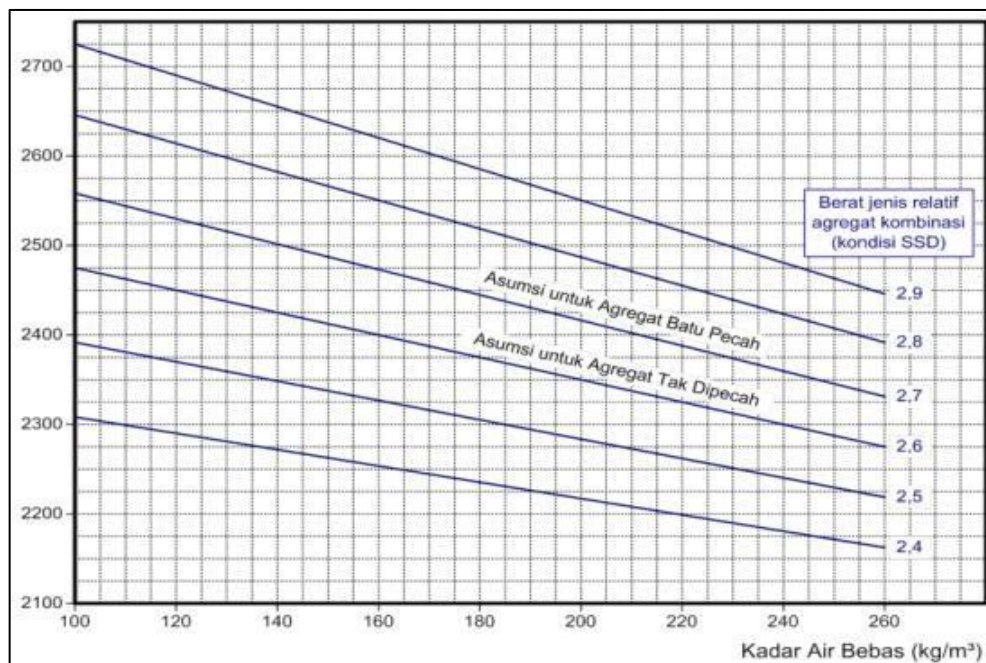
$BJ_{AH}$  = Berat jenis agregat halus

$BJ_{AK}$  = Berat jenis agregat kasar

$\%AH$  = Presentase agregat halus

$\%AK$  = Presentase agregat kasar.

14. Menentukan nilai berat isi beton yang dapat ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



**Gambar 3. 5 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Dipadatkan**  
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Berikut adalah langkah-langkah dalam menggunakan grafik di atas:

- Tarik garis berdasarkan nilai berat jenis agregat, lalu sejajarkan dengan garis linier yang tersedia pada grafik.
- Selanjutnya, tarik garis vertikal ke atas hingga memotong garis yang telah dibuat sesuai dengan kadar air bebas. Dari titik perpotongan tersebut, tarik garis horizontal ke arah kiri dan catat nilai yang diperoleh.

15. Menentukan kadar agregat gabungan (KAG) dengan Persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$\text{KAG} = \text{berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} \quad (3.6)$$

16. Menentukan kadar agregat halus yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$\text{Kadar agregat halus} = \frac{\% \text{agregat halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.7)$$

17. Menentukan kadar agregat kasar yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$\text{Kadar agregat kasar} = \frac{\% \text{agregat kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.8)$$

18. Menentukan proporsi campuran beton yaitu secara keseluruhan proporsi kebutuhan material penyusun. Pada penelitian kali ini berdasarkan analisis di atas, maka akan mendapatkan campuran proporsi untuk setiap 1 m<sup>3</sup> beton.

19. Menentukan berat *fly ash* yang dibutuhkan yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.9 sebagai berikut.

$$\text{berat fly ash} = \frac{\% \text{fly ash}}{100} \times \text{total berat semen yang dibutuhkan} \quad (3.9)$$

20. Menentukan berat serbuk limbah keramik yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 sebagai berikut.

$$\text{berat serbuk keramik} = \frac{\% \text{serbuk keramik}}{100} \times \text{total berat agregat halus} \quad (3.10)$$

### 3.6 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan ukuran kemampuan beton yang telah mengeras untuk menahan beban tekan pada setiap satuan luas. Nilai kuat tekan ini ditentukan dari besar gaya tekan per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton mengalami kerusakan atau kehancuran saat dilakukan pengujian menggunakan mesin tekan.

Adapun perhitungan nilai kuat tekan beton berdasarkan SNI 1974-2011 dapat dilihat pada Persamaan 3.11 sebagai berikut.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3.11)$$

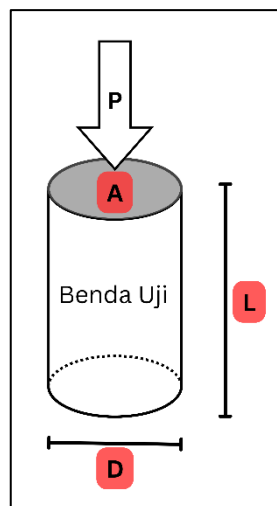
Keterangan :

$f'c$  = Kuat tekan beton (MPa atau N/mm<sup>2</sup>)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Berikut adalah sketsa pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.6 sebagai berikut.



**Gambar 3. 6 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton**

### 3.7 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton adalah parameter yang menunjukkan seberapa besar kemampuan beton dalam menahan gaya-gaya yang berusaha menarik dan memisahkan bagian-bagian beton. Berdasarkan SNI 03-2491-2014, pengujian kuat tarik belah ini digunakan untuk menilai daya tahan terhadap geser pada elemen struktural yang dibuat dari beton dengan agregat ringan. Adapun perhitungan nilai kuat tarik belah beton berdasarkan SNI 03-2491-2014 dapat dilihat pada Persamaan 3.12 sebagai berikut.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi \times L \times D} \quad (3.12)$$

Keterangan :

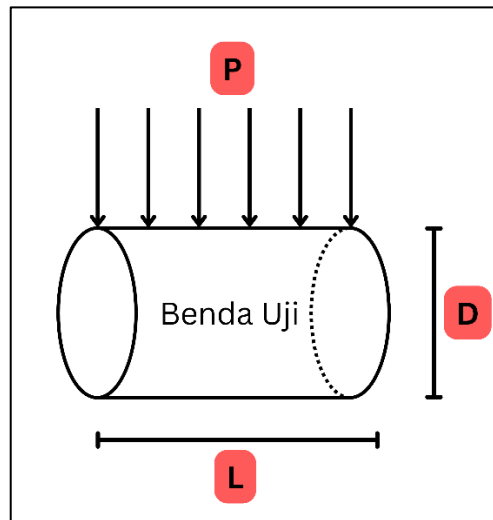
$f_{ct}$  = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban uji maksimum (yang belah atau hancur) (N)

L = Panjang benda uji (mm)

D = Diameter benda uji (mm)

Berikut adalah sketsa pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Gambar 3.7 sebagai berikut.



**Gambar 3. 7 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**

### 3.8 Absorpsi Beton

Absorpsi atau penyerapan air pada beton merupakan proses masuknya air ke dalam beton melalui pori-pori kapiler yang ada di permukaan beton. Besarnya nilai absorpsi ini sangat dipengaruhi oleh jumlah pori atau rongga yang terdapat dalam beton. Semakin tinggi jumlah pori-pori atau rongga tersebut, maka semakin tinggi pula tingkat penyerapan air oleh beton, yang pada akhirnya dapat mengurangi ketahanan beton terhadap air. Adapun perhitungan nilai absorpsi beton berdasarkan SNI 6433-2016 dapat dilihat pada Persamaan 3.13 sebagai berikut.

$$PA = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad (3.13)$$

Keterangan :

PA = Absorpsi atau penyerapan air (%)

B = Massa contoh uji kering permukaan di udara setelah perendaman (gram)

A = Massa contoh uji kering oven, di udara (gram)

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Umum**

Metode yang digunakan dalam penelitian kali ini menggunakan metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Penelitian kali ini dilakukan dengan menambahkan dan memodifikasi kadar *fly ash* sebagai substitusi sebagian semen dan serbuk limbah keramik sebagai substitusi sebagian agregat halus pada campuran beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi campuran *fly ash* dan serbuk limbah keramik terhadap sifat mekanik beton.

#### **4.2 Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Variabel bebas, meliputi kadar serbuk limbah keramik.
2. Variabel tetap, meliputi kadar *fly ash*, bentuk benda uji, dimensi benda uji, dan kuat tekan beton rencana ( $f'c$ ).
3. Variabel terikat, meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi beton.

#### **4.3 Bahan yang Digunakan**

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Semen Portland (PC)  
Pada penelitian ini menggunakan semen portland tipe I merk Tiga Roda dengan berat 40 kg.
2. Agregat Kasar  
Pada penelitian ini menggunakan agregat kasar yang berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.

3. Agregat Halus

Pada penelitian ini menggunakan agregat halus yang berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII yang telah melalui tahap analisa saringan untuk penentuan gradasi agregat.

4. Air

Pada penelitian ini menggunakan air yang berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Air yang digunakan bersih, jernih, dan tidak mengandung partikel atau zat lain yang tampak secara kasat mata.

5. *Fly ash*

Pada penelitian ini menggunakan *fly ash* yang berasal dari pabrik di daerah Ponorogo yang tentunya telah melewati tahap pembersihan dari kotoran atau partikel lain.

6. Serbuk Limbah Keramik

Pada penelitian ini menggunakan serbuk limbah keramik yang didapatkan dari limbah keramik yang telah dihaluskan dan berasal dari sisa bangunan di daerah Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Limbah keramik tersebut dihaluskan menggunakan mesin *Stone Crusher* milik Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII hingga berukuran maksimal 4,75 mm atau lolos saringan nomor 4 (ASTM).

#### 4.4 Alat yang Digunakan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Timbangan

Timbangan dimanfaatkan untuk mengukur berat material yang akan digunakan, sesuai dengan takaran yang telah ditetapkan dalam perhitungan *mix design*.

2. Neraca *Ohaus*

Neraca *Ohaus* digunakan untuk mengukur berat material dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan timbangan konvensional.

3. Saringan Agregat

Saringan agregat digunakan untuk memisahkan dan mengelompokkan butiran agregat berdasarkan ukuran, sehingga dapat diketahui gradasi atau distribusi ukuran partikel dalam campuran.

4. Sekop

Sekop digunakan untuk memindahkan, mengaduk, dan mencampurkan material seperti semen, pasir, kerikil, dan air agar tercampur merata.

5. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat atau sampel material lain guna menentukan kadar air (*moisture content*) secara akurat. Data kadar air ini penting agar takaran air dalam campuran beton bisa disesuaikan sesuai dengan perhitungan *mix design*.

6. Piknometer

Piknometer digunakan untuk mengukur berat jenis dan kadar air agregat halus secara akurat.

7. *Concrete Mixer*

*Concrete mixer* berfungsi untuk mengaduk material penyusun beton, yaitu agregat, air, semen, dan bahan tambahan, dengan proporsi yang telah ditentukan berdasarkan perhitungan *mix design*.

8. *Stone Crusher*

*Stone crusher* adalah alat pemecah batu yang digunakan untuk menghancurkan batuan besar menjadi ukuran yang lebih kecil sesuai kebutuhan konstruksi. Alat ini bekerja dengan prinsip tekanan dan tumbukan.

9. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume cairan, seperti air atau bahan tambahan, dengan tepat sesuai kebutuhan campuran beton.

10. Kerucut Abrams

Kerucut Abrams digunakan dalam pengukuran nilai slump, yaitu tingkat kelecakan atau keplastisan beton segar, guna menilai konsistensi dan kemudahan pengerjaannya.

#### 11. Bekisting Beton

Bekisting atau cetakan beton digunakan sebagai wadah untuk membentuk beton sesuai ukuran benda uji yang diharapkan. Pada penelitian ini menggunakan bekisting silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

#### 12. Mesin Uji Tekan dan Tarik Beton

Fungsi Mesin Uji Tekan dan Tarik Beton adalah untuk menguji kekuatan beton terhadap tekanan dan tarikan.

### 4.5 Pelaksanaan Penelitian

Proses penelitian yang dijalankan perlu dilaksanakan secara terstruktur dan terencana dengan baik. Penelitian yang dilakukan dengan keteraturan dan mengikuti setiap tahapan secara cermat akan mampu menghasilkan data dan temuan yang akurat. Adapun tahapan-tahapan penelitian ini sebagai berikut.

#### 4.5.1 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan merupakan salah satu tahap yang sangat krusial dalam pelaksanaan penelitian ini. Keberhasilan penelitian sangat bergantung pada ketersediaan dan kesiapan semua peralatan serta material yang digunakan. Adapun persiapan alat dan bahan yang perlu dilakukan sebagai berikut.

##### 1. Pembersihan alat dan bahan

Tujuan utama dari pembersihan adalah untuk memastikan bahwa seluruh peralatan dan material yang akan digunakan bebas dari kotoran, debu, sisa material sebelumnya, maupun zat asing lain yang tidak diinginkan yang berpotensi mempengaruhi hasil penelitian.

##### 2. Pengujian Agregat

Pengujian agregat adalah proses yang dilakukan untuk menilai kualitas agregat halus maupun agregat kasar. Kegiatan pengujian ini bertujuan untuk memahami sifat fisik dan karakteristik agregat yang akan digunakan dalam pembuatan campuran beton. Data yang diperoleh dari hasil pengujian tersebut nantinya akan menjadi dasar atau referensi dalam menyusun perencanaan campuran beton (*mix design*). Adapun beberapa acuan dalam pengujian agregat sebagai berikut.

- a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus berdasarkan SNI 1970-2008.
- b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar berdasarkan SNI 1969-2008.
- c. Pengujian analisa saringan agregat halus berdasarkan SNI 1968-1990.
- d. Pengujian analisa saringan agregat kasar berdasarkan SNI 1968-1990.
- e. Pengujian berat volume padat dan gembur agregat halus berdasarkan SNI 4804-1998.
- f. Pengujian berat volume padat dan gembur agregat kasar berdasarkan SNI 4804-1998.
- g. Pengujian butiran lolos saringan no. 200 (uji kadar lumpur dalam pasir) berdasarkan SNI 4142-1996.

Hasil dari pengujian yang telah dilaksanakan selanjutnya akan diperiksa untuk memastikan apakah agregat tersebut telah memenuhi kriteria dan persyaratan yang telah ditetapkan.

#### 4.5.2 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dalam penelitian ini berupa beton dengan campuran *fly ash* 20% sebagai substitusi semen dan serbuk limbah keramik sebagai substitusi agregat halus sebesar 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12%. Benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan jumlah 3 sampel untuk uji kuat tekan, 3 sampel untuk uji kuat tarik belah, dan 3 sampel untuk uji absorpsi. Pengujian dilakukan saat benda uji berumur 28 hari. Adapun perincian benda uji yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

**Tabel 4. 1 Rincian Benda Uji**

<b>Jenis Pengujian</b>	<b>Kadar <i>Fly ash</i> (%)</b>	<b>Kadar Serbuk Limbah Keramik (%)</b>	<b>Kode</b>	<b>Jumlah Sampel</b>
Kuat Tekan Beton	0	0	N00	3
	20	0	N01	3
	20	3	N02	3
	20	6	N03	3
	20	9	N04	3
	20	12	N05	3
Kuat Tarik Beton	0	0	K00	3
	20	0	K01	3
	20	3	K02	3
	20	6	K03	3
	20	9	K04	3
	20	12	K05	3
Absorpsi Beton	0	0	A00	3
	20	0	A01	3
	20	3	A02	3
	20	6	A03	3
	20	9	A04	3
	20	12	A05	3
Total Sampel				54

Adapun keterangan dari kode benda uji sebagai berikut :

- N = Benda Uji Kuat Tekan Beton  
 K = Benda Uji Kuat Tarik Belah Beton  
 A = Benda Uji Absorpsi Beton

Adapun tahapan pembuatan benda uji sebagai berikut :

1. Membersihkan material penyusun beton meliputi air, semen, agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambah berupa *fly ash* dan serbuk limbah keramik.
2. Menakar dan menimbang semua bahan sesuai perencanaan campuran beton (*mix design*) berdasarkan SNI 2493-2011.
3. Memasukkan bahan yang sudah ditakar ke wadah untuk memudahkan pencampuran.
4. Mengolesi bekisting silinder dengan oli, lalu menimbang berat bersih bekisting tersebut.
5. Menyiapkan *mixer* beton dan tempat untuk menampung beton segar.
6. Memasukkan agregat ke dalam *mixer* lalu mulai dilakukan pengadukan hingga merata, dan mulai tambahkan campuran semen, *fly ash*, dan serbuk limbah keramik sesuai takaran.
7. Menuangkan air sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga campuran mencapai homogen.
8. Menuangkan beton segar ke wadah dan melakukan pengujian slump untuk memastikan konsistensi campuran beton segar.
9. Mengisi bekisting silinder secara bertahap untuk setiap sepertiga bagian sambil dipadatkan, lalu permukaan diratakan dan timbang serta catat berat totalnya.
10. Melepaskan bekisting apabila sudah 24 jam, dan memulai proses perawatan benda uji.

#### 4.5.3 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendamnya dalam air selama 27 hari. Benda uji harus dalam kondisi kering saat pengujian, sehingga benda uji perlu diangkat dari rendaman air satu hari sebelum pelaksanaan pengujian.

#### 4.5.4 Pengujian Benda Uji

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji kuat tekan beton, uji tarik belah beton, dan pengujian absorpsi beton. Setiap variasi campuran beton diuji pada umur 28 hari. Sebelum pengujian, benda uji diukur dan ditimbang terlebih dahulu.

## 4.6 Prosedur Pengujian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian dengan prosedur yang sistematis dijelaskan sebagai berikut.

### 4.6.1 Pengujian Slump

Pengujian slump bermanfaat untuk menilai tingkat kelecakan (*workability*) beton yang telah diproduksi. Pengujian ini dilakukan setelah adukan beton dikeluarkan dari mesin *mixer* dengan urutan berdasarkan SNI 1972-2008 sebagai berikut.

1. Mempersiapkan peralatan uji slump meliputi kerucut abrams (*slump cone*), batang pemadat (*tamping rod*), alas datar (pelat baja atau kaca), sekop kecil, dan ember untuk adukan beton.
2. Membasahi bagian dalam kerucut abrams dan alasnya dengan air agar adukan beton tidak lengket pada kerucut dan alasnya.
3. Meletakkan kerucut abrams secara tegak di atas alas yang rata, keras, dan tidak menyerap air, serta injak kedua kaki pengunci kerucut agar posisinya stabil.
4. Mengisi kerucut dengan adukan beton sepertiga tinggi cetakan. Lalu dipadatkan menggunakan batang pemadat sebanyak 25 tusukan merata ke seluruh volume.
5. Menambahkan beton hingga dua pertiga tinggi kerucut. Lalu dipadatkan kembali dengan 25 tusukan, menembus sedikit ke lapisan bawah.
6. Mengisi beton sampai penuh rata dengan puncak kerucut. Lalu dipadatkan lagi dengan 25 tusukan agar merata.
7. Meratakan permukaan atas beton dengan cara menggoreskan batang pemadat secara datar agar sejajar dengan puncak kerucut.
8. Mengangkat kerucut secara perlahan dan vertikal lurus dalam waktu sekitar  $5\pm 2$  detik tanpa gerakan lateral agar beton tidak terganggu.
9. Mengukur penurunan (*slump*) dengan mengukur selisih ketinggian antara kerucut dan puncak beton setelah slump menggunakan mistar.

10. Mencatat hasil pengukuran penurunan sebagai nilai slump yang menggambarkan kelecakan beton.
11. Membersihkan semua alat yang digunakan dengan air agar siap untuk pengujian berikutnya.

#### 4.6.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Adapun prosedur untuk pengujian kuat tekan beton berdasarkan SNI 1974-2011 sebagai berikut.

1. Mengangkat benda uji dari bak rendaman, lalu diamkan hingga kering selama 24 jam.
2. Mengukur dimensi dan berat benda uji sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton, lalu dilanjutkan proses *capping* pada sisi atas silinder.
3. Meletakkan benda uji pada mesin uji kuat tekan tepat di alas tekan bawah dan memastikan penunjuk beban tepat pada angka nol.
4. Jika sudah siap dilanjutkan dengan menjalankan mesin uji tekan dengan kecepatan pembebanan 0,15 MPa/detik hingga 0,35 MPa/detik.
5. Pembebanan dilakukan hingga benda uji mengalami kerusakan total, kemudian dicatat nilai beban maksimum yang tercapai.

#### 4.6.3 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Adapun prosedur untuk pengujian kuat tarik belah beton berdasarkan SNI 03-2491-2014 sebagai berikut.

1. Mengangkat benda uji dari bak rendaman, lalu diamkan hingga kering selama 24 jam.
2. Mengukur dimensi dan berat benda uji sebelum dilakukan pengujian kuat tarik belah beton.
3. Meletakkan benda uji pada mesin uji secara mendatar tepat sejajar dengan alas meja penekan mesin uji dan memastikan penunjuk beban tepat pada angka nol.
4. Jika sudah siap dilanjutkan dengan menjalankan mesin uji dengan kecepatan pembebanan 0,7 MPa/menit hingga 1,4 MPa/menit.
5. Pembebanan dilakukan hingga benda uji mengalami kerusakan total atau hancur, kemudian dicatat nilai beban maksimum yang tercapai.

#### 4.6.4 Pengujian Absorpsi Beton

Adapun prosedur untuk pengujian absorpsi beton berdasarkan SNI 6433-2016 sebagai berikut.

1. Mengangkat benda uji dari bak rendaman dan biarkan selama beberapa saat, lalu memasukkannya ke dalam oven dengan temperatur  $(110\pm 5)$  °C selama minimal 24 jam.
2. Mengeluarkan benda uji dari oven, lalu didiamkan beberapa saat hingga suhunya mencapai kisaran suhu ruang (20°C sampai 25°C).
3. Menimbang berat benda uji untuk mendapatkan berat kering oven (A).
4. Merendam benda uji yang sudah kering oven ke dalam air selama minimal 48 jam, lalu mengeringkan permukaannya dengan kain lap untuk menghilangkan sisa air dan kelembapan pada permukaan benda uji.
6. Menimbang berat benda uji hasil perendaman untuk memperoleh berat setelah perendaman.

#### 4.7 Analisis Perhitungan Benda Uji

Data hasil pengujian selanjutnya diolah dengan memanfaatkan perangkat lunak *Microsoft Excel*. Proses pengolahan data dilakukan mengacu pada teori dan ketentuan yang berlaku. Hasil dari pengolahan ini berupa parameter-parameter utama yang akan dimanfaatkan dalam tahap berikutnya yaitu analisis data.

#### 4.8 Analisis Data dan Pembahasan

Data yang telah diolah dan menghasilkan parameter yang diperlukan kemudian dianalisis sesuai dengan landasan teori dan ketentuan yang relevan. Proses analisis dilakukan dengan membandingkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi beton pada masing-masing variasi benda uji. Variasi benda uji berupa campuran beton dengan substitusi *fly ash* sebesar 20% dan variasi serbuk limbah keramik sebagai substitusi agregat halus sebesar 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12%. Hasil dari analisis ini berupa perbandingan nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan absorpsi beton.

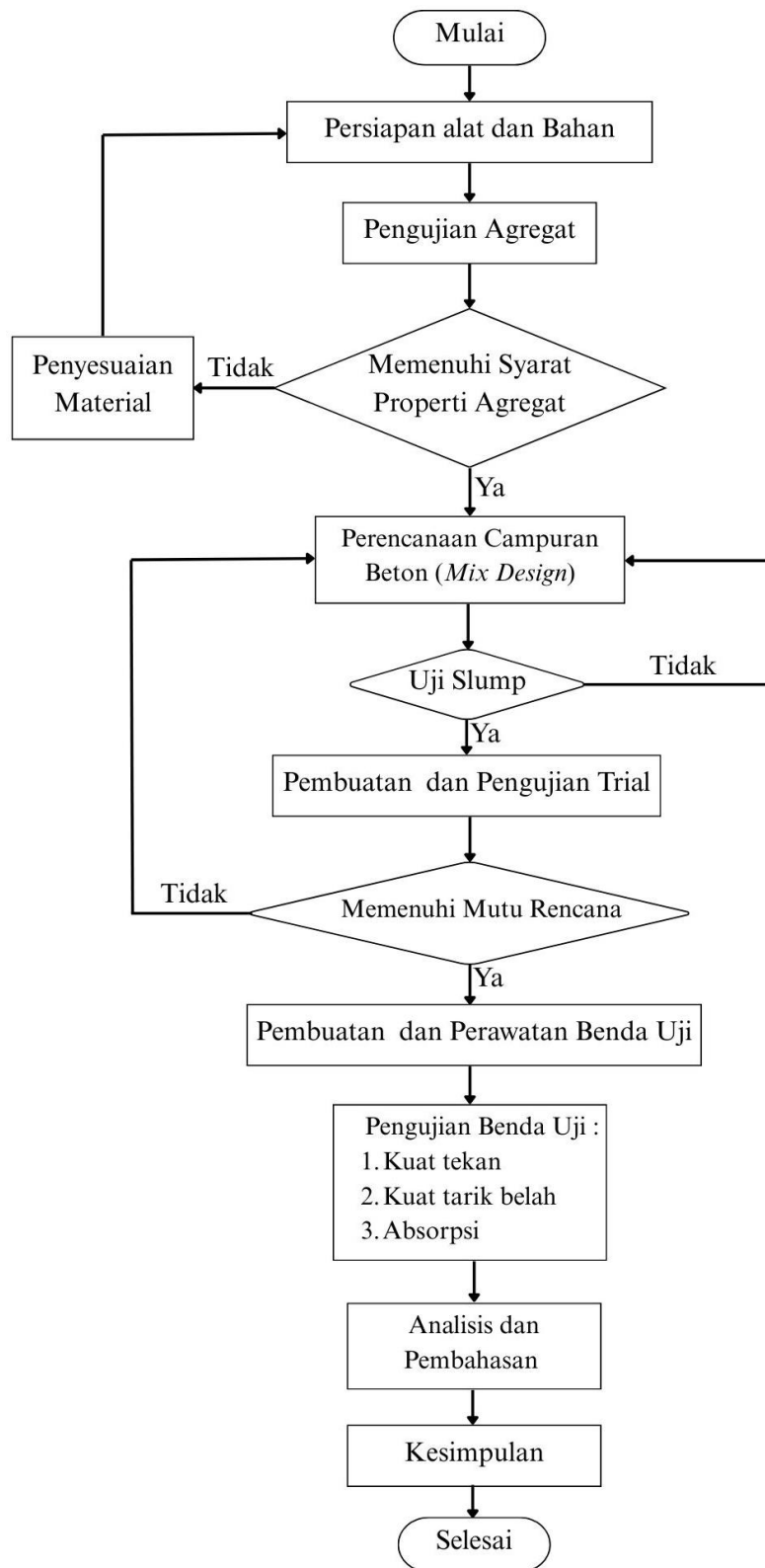
Setelah analisis data selesai, pembahasan dilakukan untuk menginterpretasikan hasil perbandingan sifat beton pada setiap variasi campuran serta menjawab rumusan masalah penelitian.

#### **4.9 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan disusun dengan merangkum hasil analisis data dan pembahasan secara ringkas, jelas, dan sesuai dengan teori serta ketentuan yang berlaku. Kesimpulan harus selaras dengan tujuan penelitian, dan pada tahap ini juga disusun saran yang berdasarkan kesimpulan untuk menjadi acuan dalam penelitian selanjutnya.

#### **4.10 Bagan Alir Penelitian**

Adapun bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



**Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian**

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Umum

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, selanjutnya dilakukan proses analisis data dan pembahasan untuk memperoleh hasil sesuai tujuan sesuai tujuan yang telah direncanakan.

#### 5.2 Hasil Pengujian Agregat

Pengujian terhadap agregat dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan sifat dari agregat yang digunakan dalam penelitian ini. Hal ini penting karena agregat harus memenuhi sejumlah persyaratan agar layak digunakan sebagai bahan campuran dalam beton. Pengujian yang dilakukan mencakup agregat kasar dan agregat halus.

##### 5.2.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar yang dilakukan yaitu berat jenis dan penyerapan air, analisa saringan, berat volume padat, dan berat volume gembur.

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

Pengujian yang dilakukan mengacu pada SNI 03-1969-1990 dengan perhitungan sebagai berikut.

##### a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{Bj - Ba} \\ &= \frac{4926}{5000 - 3108} \\ &= 2,604\end{aligned}$$

##### b. Berat Jenis Kering Permukaan

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Kering Permukaan} &= \frac{Bj}{Bj - Ba} \\ &= \frac{5000}{5000 - 3180} \\ &= 2,643\end{aligned}$$

## c. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{Bk - Ba} \\ &= \frac{4926}{4926 - 3108} \\ &= 2,710 \end{aligned}$$

## d. Penyerapan Air

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air} &= \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \\ &= \frac{5000 - 4926}{4926} \times 100\% \\ &= 1,502\% \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada sampel berikutnya dengan rekapitulasi hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar sebagai berikut.

**Tabel 5. 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar**

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata	Satuan
	Sampel 1	Sampel 2		
Berat kerikil mutlak (Bk)	4926	4934	4930	gram
Berat kerikil jenuh kering muka (Bj)	5000	5000	5000	gram
Berat kerikil dalam air (Ba)	3108	3123	3115,5	gram
Berat jenis curah	2,604	2,629	2,616	
Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	2,643	2,664	2,653	
Berat jenis semu	2,710	2,724	2,717	
Penyerapan air	1,502	1,338	1,420	%

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan nilai berat jenis agregat kasar sebesar 2,653 dan penyerapan air sebesar 1,420 %. Hasil tersebut telah memenuhi persyaratan normal yaitu 2,5 - 2,7 dan penyerapan sebesar  $\leq 3\%$  (Sujatmiko, 2019).

## 2. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini mengacu pada SNI 03-1968-1990 dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kekasaran dan gradasi dari agregat kasar. Adapun perhitungannya sebagai berikut.

## a. Persentase Berat Tertinggal

$$\begin{aligned} \text{Saringan 20 mm} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat total}} \times 100\% \\ &= \frac{94}{4998} \times 100\% \\ &= 1,88\% \end{aligned}$$

## b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 20 mm} &= \% \text{berat tertinggal} + \% \text{berat tertinggal sebelumnya} \\ &= 1,88\% + 0\% \\ &= 1,88\% \end{aligned}$$

## c. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 20 mm} &= 100\% - \% \text{berat tertinggal} \\ &= 100\% - 1,88\% \\ &= 98,12\% \end{aligned}$$

## d. Modulus Halus Butiran

$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\% \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{640,756}{100} \\ &= 6,408 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada ukuran lainnya dengan rekapitulasi hasil pengujian analisa saringan pada agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5. 2 sebagai berikut.

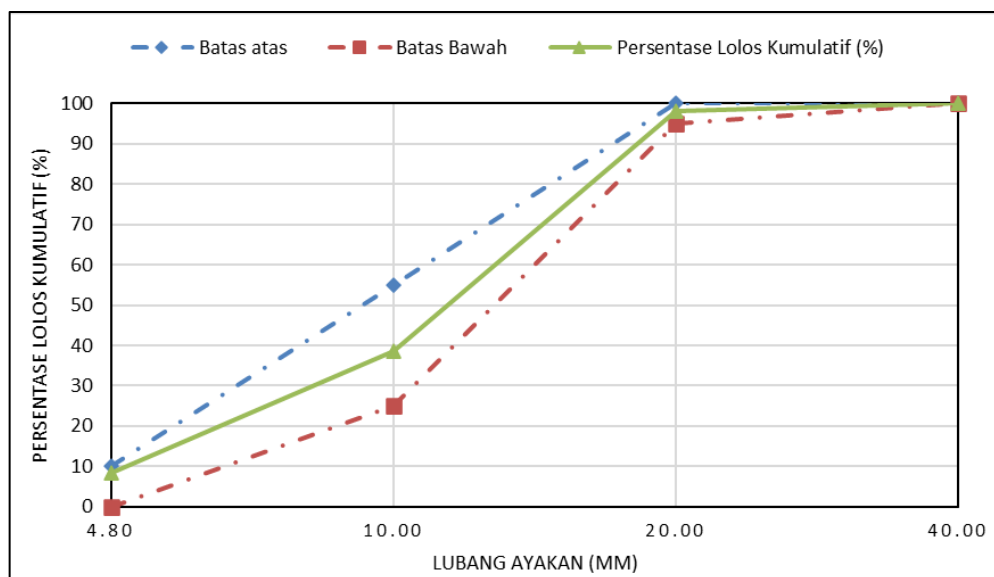
**Tabel 5. 2 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar**

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	40,00	0	0	0	100	100	100
2	20,00	94	1,88	1,88	98,12	95	100
3	10,00	2978	59,58	61,46	38,54	30	60
4	4,80	1504	30,09	91,56	8,44	0	10
5	2,40	251	5,02	96,58	3,42	0	0
6	1,20	37	0,74	97,32	2,68	0	0

Lanjutan Tabel 5.2 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
7	0,60	0	0	97,32	2,68	0	0
8	0,30	0	0	97,32	2,68	0	0
9	0,15	0	0	97,32	2,68	0	0
10	Sisa	134	2,68	100	0,00	0	0
	Jumlah	4998	100	640,756			

Berdasarkan hasil perhitungan dari Tabel 5.2 didapat nilai modulus halus butir sebesar 6,408. Mengacu pada SK SNI S-04-1989-F nilai modulus halus butir pada pengujian ini telah memenuhi persyaratan nilai modulus halus butir agregat kasar yaitu 6,0-7,1. Dengan demikian telah memenuhi persyaratan yang termasuk ke dalam gradasi maksimum 20 mm dengan grafik sebagai berikut.



Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Kasar

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

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat volume agregat kasar dalam kondisi jenuh permukaan kering (SSD) sesuai SNI 03-4804-1998.

Adapun contoh perhitungan dari berat volume gembur dan berat volume padat sebagai berikut.

a. Volume Tabung (V)

$$\begin{aligned}\text{Volume Tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10,40^2 \times 19,50 \\ &= 1656,50 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

b. Berat Agregat (W3)

$$\begin{aligned}\text{Berat Agregat} &= W2 - W1 \\ &= 7522 - 5246 \\ &= 2276 \text{ g}\end{aligned}$$

c. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned}\text{Berat Volume Gembur} &= \frac{W3}{V} \\ &= \frac{2276}{1656,50} \\ &= 1,374 \text{ g/ cm}^3\end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada sampel lainnya dengan rekapitulasi hasil pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5. 3 dan Tabel 5.4 sebagai berikut.

**Tabel 5. 3 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Kasar**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	10,40	10,40
Tinggi (cm)	19,50	19,50
Berat tabung (W1) (g)	5246	5170
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (g)	7522	7371
Berat agregat (W3)	2276	2201
Volume tabung (v) (cm <sup>3</sup> )	1656,50	1656,50
Berat volume gembur (g/cm <sup>3</sup> )	1,374	1,329
Rata-rata (g/cm <sup>3</sup> )	1,351	

**Tabel 5. 4 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Kasar**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	10,40	10,40
Tinggi (cm)	19,50	19,50
Berat tabung (W1) (g)	5246	5170
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (g)	7816	7639
Berat agregat (W3)	2570	2469
Volume tabung (v) (cm <sup>3</sup> )	1656,50	1656,50
Berat volume padat (g/cm <sup>3</sup> )	1,551	1,490
Rata-rata (g/cm <sup>3</sup> )	1,521	

Berdasarkan Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 diperoleh nilai rata-rata hasil pengujian berat volume gembur sebesar 1,351 g/cm<sup>3</sup> dan berat volume padat sebesar 1,521 g/cm<sup>3</sup>. Hasil tersebut telah sesuai ketentuan SNI 03-4804-1998 yaitu berada diantara 1,39 g/cm<sup>3</sup> – 1,69 g/cm<sup>3</sup>.

#### 5.2.2 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pada pengujian agregat halus ini dilakukan beberapa pengujian yaitu pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian analisa saringan, pengujian berat volume dan pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kadar lumpur).

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

Pengujian ini mengacu pada SNI 1970-2008 dengan tujuan untuk mengetahui berat jenis curah dan berat jenis kering permukaan jenuh (SSD). Adapun hasil perhitungannya sebagai berikut.

##### a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{B + 500 - Bt} \\
 &= \frac{492}{649 + 500 - 971} \\
 &= 2,764
 \end{aligned}$$

## b. Berat Jenis Kering Permukaan

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Kering Permukaan} &= \frac{500}{B + 500 - Bt} \\ &= \frac{500}{649 + 500 - 971} \\ &= 2,809 \end{aligned}$$

## c. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \\ &= \frac{492}{649 + 492 - 971} \\ &= 2,894 \end{aligned}$$

## d. Penyerapan Air

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air} &= \frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 495}{495} \times 100\% \\ &= 1,626 \% \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada sampel berikutnya dengan rekapitulasi hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

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

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata	Satuan
	Sampel 1	Sampel 2		
Berat pasir kering mutlak (Bk)	492	497	494,5	gram
Berat pasir jenuh kering muka (Bj)	500	500	500	gram
Berat piknometer berisi pasir dan air (Bt)	971	981	976	gram
Berat piknometer berisi air (B)	649	657	653	gram
Berat jenis curah	2,764	2,824	2,794	
Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	2,809	2,841	2,825	
Berat jenis semu	2,894	2,873	2,883	
Penyerapan air	1,626	0,604	1,115	%

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan nilai berat jenis agregat halus sebesar 2,825 dan penyerapan air sebesar 1,115 %.

## 2. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini mengacu pada SNI 03-1968-1990 dengan tujuan untuk mengetahui seberapa halus atau kasarnya suatu agregat serta menentukan gradasi dari agregat halus. Adapun perhitungannya yaitu sebagai berikut.

### a. Persentase Berat Tertinggal

$$\begin{aligned} \text{Saringan 2,4 mm} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat total}} \times 100\% \\ &= \frac{108}{1997} \times 100\% \\ &= 5,41\% \end{aligned}$$

### b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 2,4 mm} &= \% \text{berat tertinggal} + \% \text{berat tertinggal sebelumnya} \\ &= 5,41\% + 0\% \\ &= 5,41\% \end{aligned}$$

### c. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 2,4 mm} &= 100\% - \% \text{berat tertinggal} \\ &= 100\% - 5,41\% \\ &= 94,59\% \end{aligned}$$

### d. Modulus Halus Butiran

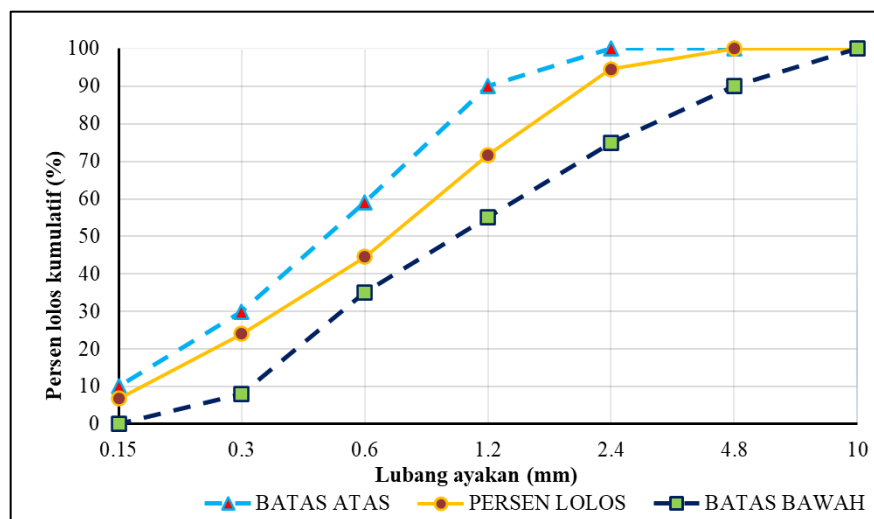
$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\% \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{258,29}{100} \\ &= 2,583 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada ukuran lainnya dengan rekapitulasi hasil pengujian analisa saringan pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

**Tabel 5. 6 Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus**

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	0	0	0	100	90	100
4	2,40	108	5,41	5,41	94,59	75	100
5	1,20	456	22,83	28,24	71,76	55	90
6	0,60	543	27,19	55,43	44,57	30	59
7	0,30	410	20,53	75,96	24,04	8	30
8	0,15	345	17,28	93,24	6,76	0	10
9	Sisa	135	6,76	100	0	0	0
	Jumlah	1997	100	258,29			

Berdasarkan hasil perhitungan dari Tabel 5.6 didapat nilai modulus halus butir sebesar 2,583. Mengacu pada SK SNI S-04-1989-F nilai modulus halus butir pada pengujian ini telah memenuhi persyaratan nilai modulus halus butir agregat halus yaitu 1,5-3,8. Dengan demikian telah memenuhi persyaratan batas atas dan batas bawah yang termasuk ke dalam jenis gradasi daerah II dengan grafik sebagai berikut.



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

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

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat volume agregat halus dalam kondisi jenuh permukaan kering (SSD) berdasarkan SNI 4804-1998. Adapun contoh perhitungan sebagai berikut.

#### a. Volume Tabung (V)

$$\begin{aligned}\text{Volume Tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10,40^2 \times 19,50 \\ &= 1656,5 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

#### b. Berat Agregat (W3)

$$\begin{aligned}\text{Berat Agregat} &= W2 - W1 \\ &= 7785 - 5246 \\ &= 2539 \text{ g}\end{aligned}$$

#### c. Berat Volume Padat

$$\begin{aligned}\text{Berat Volume Padat} &= \frac{W3}{V} \\ &= \frac{2539}{1656,50} \\ &= 1,533 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada sampel lainnya dengan rekapitulasi hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan 5.8 sebagai berikut.

**Tabel 5. 7 Rekapitulasi Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	10,40	10,40
Tinggi (cm)	19,50	19,50
Berat tabung (W1)(g)	5246	5170
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (g)	7785	7653
Berat agregat (W3)	2539	2483
Volume tabung (V) (cm <sup>3</sup> )	1656,50	1656,50
Berat volume gembur (g/cm <sup>3</sup> )	1,533	1,499
Rata-rata berat volume (g/cm <sup>3</sup> )	1,516	

**Tabel 5. 8 Rekapitulasi Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	10,40	10,40
Tinggi (cm)	19,50	19,50
Berat tabung (W1)(g)	5246	5170
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (g)	8165	8040
Berat agregat (W3)	2919	2870
Volume tabung (V) (cm <sup>3</sup> )	1656,50	1656,50
Berat volume padat (g/cm <sup>3</sup> )	1,762	1,733
Rata-rata berat volume (g/cm <sup>3</sup> )	1,747	

Berdasarkan Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 diperoleh nilai rata-rata hasil pengujian berat volume gembur agregat halus sebesar 1,516 g/cm<sup>3</sup> dan berat volume padat agregat halus sebesar 1,747 g/cm<sup>3</sup>. Perbedaan tersebut terjadi dikarenakan tumbukan yang menyebabkan volume menjadi lebih padat dan rongga pun berkurang.

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

Pengujian ini mengacu pada SNI 03-4142-1996 dengan tujuan untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung di dalam agregat halus. Adapun contoh perhitungannya yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kandungan Lumpur} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \\
 &= \frac{500 - 492}{500} \times 100\% \\
 &= 1,60\%
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut.

**Tabel 5. 9 Hasil Pengujian Uji Lolos Saringan No. 200**

Uraian	Hasil Pemeriksaan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1) (g)	500	500

Lanjutan Tabel 5. 9 Hasil Pengujian Uji Lolos Saringan No. 200

Uraian	Hasil Pemeriksaan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2) (g)	492	487
Persentase lolos saringan No. 200 (%)	1,60	2,60
Rata-rata persentase lolos saringan No.200 (%)	2,10	

Berdasarkan Tabel 5.9 didapatkan rata-rata persentase lolos saringan No. 200 sebesar 2,10%. Dengan demikian telah memenuhi batas kadar lumpur yang mengacu pada SNI 03-4142-1996 yaitu sebesar  $\leq 5\%$ .

### 5.2.3 Hasil Pengujian Serbuk Keramik

Pengujian properties pada serbuk keramik dilakukan dikarenakan serbuk keramik digunakan sebagai substitusi agregat halus dengan pengujian yang dilakukan yaitu berat jenis dan penyerapan air, analisa saringan, berat volume padat, dan berat volume gembur.

#### 1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air

Pengujian ini mengacu pada SNI 03-1970-2008 dengan perhitungan sebagai berikut.

##### a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{B+500-Bt} \\
 &= \frac{484}{649+500-941} \\
 &= 2,327
 \end{aligned}$$

##### b. Berat Jenis Kering Permukaan

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Kering Permukaan} &= \frac{500}{B+500-Bt} \\
 &= \frac{500}{649+500-941} \\
 &= 2,404
 \end{aligned}$$

## c. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \\ &= \frac{484}{649+484-941} \\ &= 2,521\end{aligned}$$

## d. Penyerapan Air

$$\begin{aligned}\text{Penyerapan Air} &= \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \\ &= \frac{500-484}{484} \times 100\% \\ &= 3,306 \%\end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada sampel berikutnya dengan rekapitulasi hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air serbuk keramik sebagai berikut.

**Tabel 5. 10 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Serbuk Keramik**

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata	Satuan
	Sampel 1	Sampel 2		
Berat serbuk keramik kering mutlak (Bk)	484	485	484,5	gram
Berat serbuk keramik jenuh kering muka (Bj)	500	500	500	gram
Berat piknometer berisi serbuk keramik dan air (Bt)	941	943	942	gram
Berat piknometer berisi air (B)	649	659	654	gram
Berat jenis curah	2,327	2,245	2,286	
Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	2,404	2,315	2,359	
Berat jenis semu	2,521	2,413	2,467	
Penyerapan air	3,306	3,093	3,199	%

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan nilai berat jenis serbuk keramik sebesar 2,359 dan penyerapan air sebesar 3,199 %.

## 2. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini mengacu pada SNI 1968-1990 dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kekasaran dan gradasi dari serbuk keramik. Adapun perhitungannya sebagai berikut.

## a. Persentase Berat Tertinggal

$$\begin{aligned} \text{Saringan 4,8 mm} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat total}} \times 100\% \\ &= \frac{25}{1996} \times 100\% \\ &= 1,25\% \end{aligned}$$

## b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 4,8 mm} &= \% \text{berat tertinggal} + \% \text{berat tertinggal sebelumnya} \\ &= 1,25\% + 0\% \\ &= 1,25\% \end{aligned}$$

## c. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 4,8 mm} &= 100\% - \% \text{berat tertinggal} \\ &= 100\% - 1,25\% \\ &= 98,75\% \end{aligned}$$

## d. Modulus Halus Butiran

$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\% \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{208,918}{100} \\ &= 2,089 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada ukuran lainnya dengan rekapitulasi hasil pengujian analisa saringan pada serbuk keramik dapat dilihat pada Tabel 5. 11 sebagai berikut.

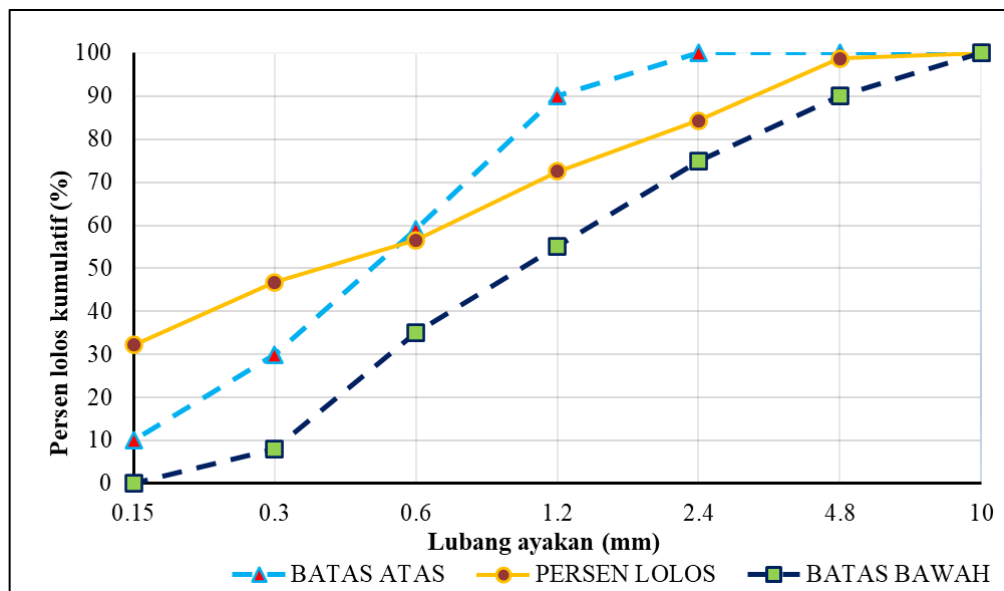
**Tabel 5. 11 Hasil Analisa Saringan Serbuk Keramik**

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	0	0	0	100	100	100
3	10,00	0	0	0	100	0	100
4	4,80	25	1,25	1,25	98,75	75	100
5	2,40	289	14,48	15,73	84,27	55	90
6	1,20	235	11,77	27,51	72,49	30	59

Lanjutan Tabel 5.11 Hasil Analisa Saringan Serbuk Keramik

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
7	0,60	317	15,88	43,39	56,61	8	30
8	0,30	196	9,82	53,21	46,79	0	10
9	0,15	292	14,63	67,84	32,16	0	0
10	Sisa	642	32,16	100	0	0	0
	Jumlah	1996	100	208,918			

Berdasarkan hasil perhitungan dari Tabel 5.11 didapat nilai modulus halus butir sebesar 2,089. Mengacu pada SK SNI S-04-1989-F nilai modulus halus butir pada pengujian ini telah memenuhi persyaratan nilai modulus halus butir agregat halus yaitu 1,5-3,8. Dengan demikian telah memenuhi persyaratan yang termasuk paling mendekati ke dalam jenis gradasi daerah II dengan grafik sebagai berikut.



Gambar 5.3 Grafik Gradasi Serbuk Keramik

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

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat volume serbuk keramik dalam kondisi jenuh permukaan kering (SSD) berdasarkan SNI 4804-1998.

Adapun contoh perhitungan dari berat volume gembur dan berat volume padat sebagai berikut.

a. Volume Tabung (V)

$$\begin{aligned} \text{Volume Tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10,40^2 \times 19,50 \\ &= 1656,50 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

b. Berat Agregat (W3)

$$\begin{aligned} \text{Berat Agregat} &= W2 - W1 \\ &= 7400 - 5246 \\ &= 2154 \text{ g} \end{aligned}$$

c. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned} \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{W3}{V} \\ &= \frac{2154}{1656,50} \\ &= 1,300 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada sampel lainnya dengan rekapitulasi hasil pengujian berat volume gembur dan berat volume padat serbuk keramik dapat dilihat pada Tabel 5. 12 dan Tabel 5.13 sebagai berikut.

**Tabel 5. 12 Rekapitulasi Berat Volume Gembur Serbuk Keramik**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	10,40	10,40
Tinggi (cm)	19,50	19,50
Berat tabung (W1) (g)	5246	5170
Berat tabung + agregat (W2) (g)	7400	7323
Berat agregat (W3)	2154	2153
Volume tabung (v) (cm <sup>3</sup> )	1656,50	1656,50
Berat volume gembur (g/cm <sup>3</sup> )	1,300	1,300
Rata-rata (g/cm <sup>3</sup> )	1,300	

**Tabel 5. 13 Rekapitulasi Berat Volume Padat Serbuk Keramik**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	10,40	10,40
Tinggi (cm)	19,50	19,50
Berat tabung (W1) (g)	5246	5170
Berat tabung + agregat (W2) (g)	7736	7676
Berat agregat (W3)	2490	2506
Volume tabung (v) (cm <sup>3</sup> )	1656,50	1656,50
Berat volume padat (g/cm <sup>3</sup> )	1,503	1,513
Rata-rata (g/cm <sup>3</sup> )	1,508	

Berdasarkan Tabel 5.12 dan Tabel 5.13 diperoleh nilai rata-rata hasil pengujian berat volume gembur sebesar 1,300 g/cm<sup>3</sup> dan berat volume padat sebesar 1,508 g/cm<sup>3</sup>.

### 5.3 Perencanaan Campuran Beton

Pada perhitungan perencanaan campuran beton (*Mix Design*) berdasarkan SNI 03-2834-2000 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Menetapkan kuat tekan rencana ( $f'c$ ) yang digunakan sebesar 25 MPa serta benda uji yang digunakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
2. Menentukan nilai standar deviasi berdasarkan Tabel 3.3 nilai deviasi standar ditetapkan sebesar 7 dikarenakan peneliti belum memiliki pengalaman yang cukup.
3. Menentukan nilai tambah atau margin berdasarkan Persamaan 3.1 berikut.

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

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

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

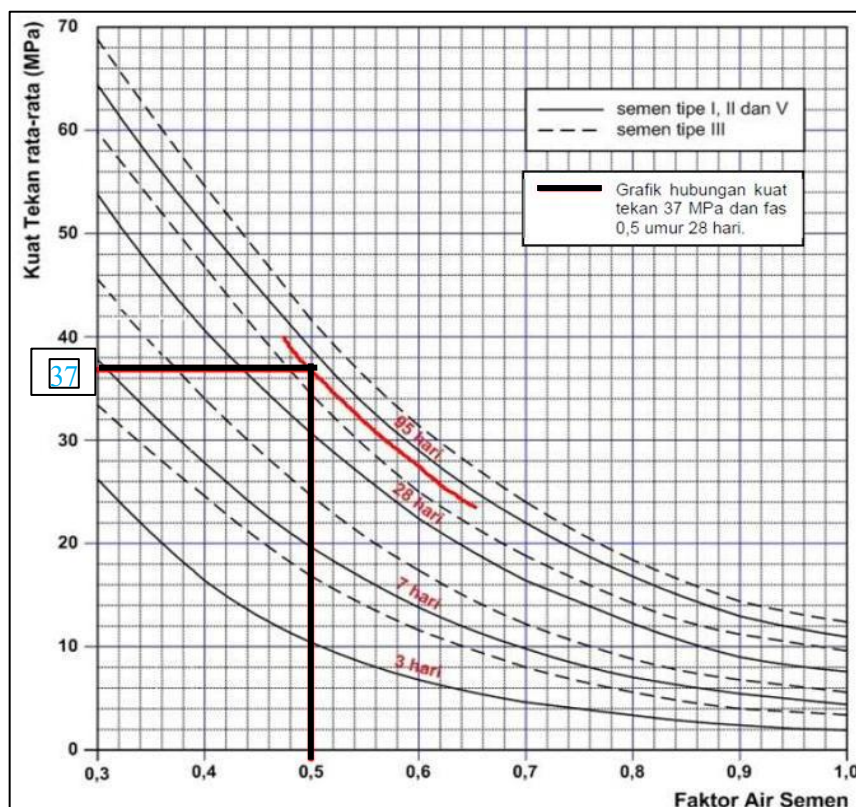
4. Menentukan kuat tekan rerata beton ditargetkan yang dapat dihitung dengan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$f'cr = f'c + M \quad (3.2)$$

$$f'cr = 25 + 12$$

$$f'cr = 37 \text{ Mpa}$$

5. Semen yang digunakan merupakan semen tipe I jenis PCC dengan merk Tiga Roda.
6. Agregat kasar yang digunakan dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII dengan ukuran maksimal 20 mm berdasarkan analisa saringan.
7. Agregat halus yang digunakan dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII dan termasuk ke dalam daerah gradasi no 2 berdasarkan analisa saringan.
8. Menentukan Faktor Air Semen (FAS) berdasarkan Tabel 3.4 dan Gambar 5.5
  - a. Menetapkan semen *Portland* tipe I berdasarkan Tabel 3.4 dengan benda uji silinder, maka dari Gambar 5.4 dapat ditetapkan kuat tekan beton dengan fas 0,5 sebesar 37 MPa.



**Gambar 5. 4 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen**  
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

- b. Berdasarkan Gambar 5.4 ditetapkan nilai fas 0,5.
9. Menentukan nilai slump sebesar  $10 \pm 2$  cm, sehingga nilai slump yang direncanakan dapat mencapai 60 -180mm.

10. Menentukan ukuran maksimum agregat yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian properties agregat sebagai berikut.
- Jenis agregat halus yang digunakan adalah batu alami yang tidak dipecah, sedangkan untuk agregat kasar menggunakan batu yang telah dipecah.
  - Ukuran butir maksimum dari agregat kasar ditentukan sebesar 20 mm, yang diperoleh berdasarkan pengujian analisa saringan agregat kasar.
  - Hasil pengujian analisa saringan agregat halus menunjukkan bahwa agregat tersebut termasuk dalam kategori Gradasi II.

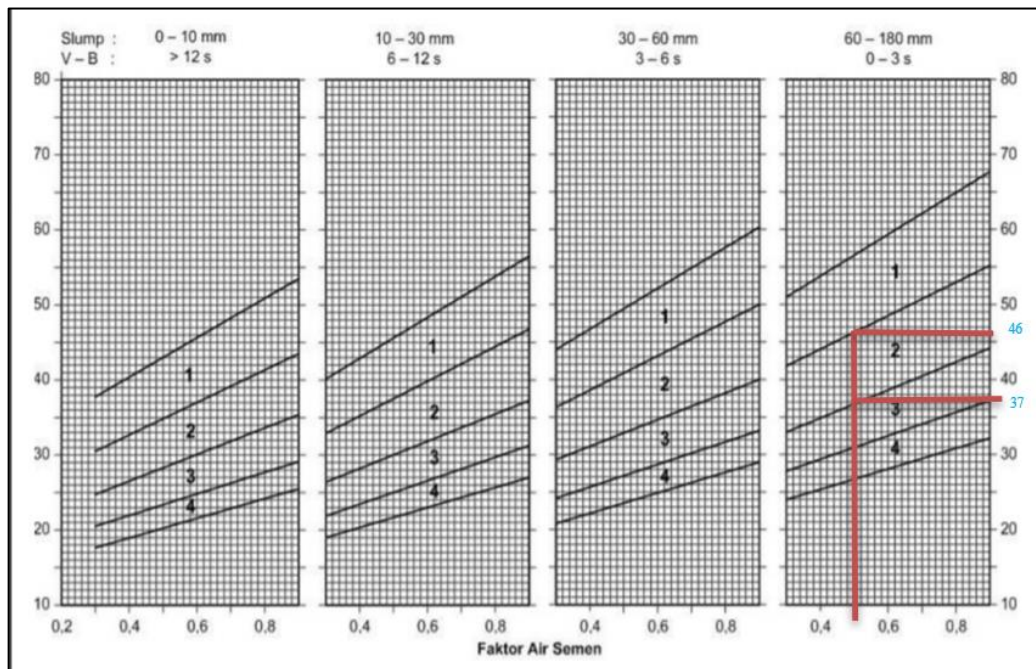
11. Menentukan kadar air bebas yang dapat didapatkan dari Tabel 3.5 dengan ukuran agregat maksimum 20 mm dan nilai slump rencana 60-180 mm sehingga didapatkan nilai untuk batu tidak pecah sebesar  $195 \text{ kg/m}^3$  dan batu pecah sebesar  $225 \text{ kg/m}^3$  dengan perhitungan menggunakan persamaan 3.3

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k & (3.3) \\
 &= \frac{2}{3} 195 + \frac{1}{3} 225 \\
 &= 205 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

12. Menghitung kebutuhan semen berdasarkan Persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{w}{fas} & (3.4) \\
 &= \frac{205}{0,5} \\
 &= 410 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

13. Menghitung presentase agregat kasar dan agregat halus berdasarkan Gambar 5.5 sebagai berikut.



**Gambar 5. 5 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimum 20 mm)**  
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Berdasarkan Gambar 5.5 didapatkan batas atas proporsi agregat sebesar 46% dan batas bawah sebesar 37% sehingga persentase dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut

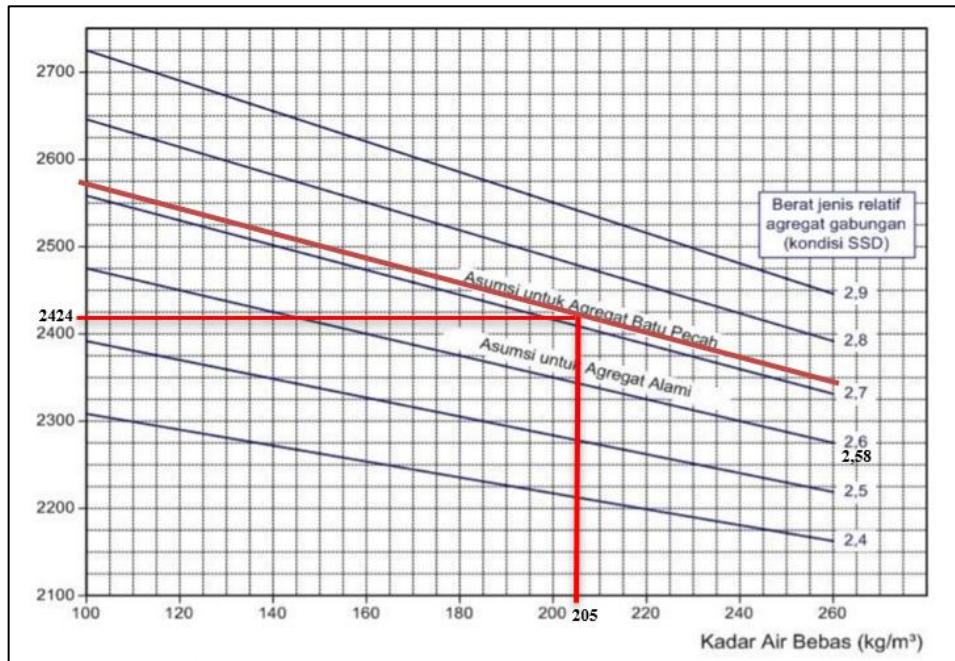
$$\begin{aligned} \text{Persentase agregat halus} &= \frac{46\% + 37\%}{2} \\ &= 41,5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase agregat kasar} &= 100\% - \text{agregat halus} \\ &= 100\% - 41,5\% \\ &= 58,5\% \end{aligned}$$

14. Menentukan berat jenis relatif agregat berdasarkan data uji laboratorium dan Persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} B_{JAG} &= (\%AH \times B_{JAH}) + (\%AK \times B_{JAK}) \quad (3.5) \\ &= (41,5\% \times 2,820) + (58,5\% \times 2,650) \\ &= 2,721 \end{aligned}$$

15. Menentukan nilai berat isi beton berdasarkan grafik pada Gambar 5.6 sebagai berikut.



**Gambar 5. 6 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah**  
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Berdasarkan Gambar 5.6 didapatkan berat isi beton sebesar 2424 kg/m<sup>3</sup>.

16. Menentukan kadar agregat gabungan (KAG) dengan Persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{KAG} &= \text{berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} & (3.6) \\ &= 2424 - 410 - 205 \\ &= 1809 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

17. Menentukan kadar agregat halus yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat halus} &= \frac{\% \text{ agregat halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} & (3.7) \\ &= 41,5\% \times 1809 \text{ kg/m}^3 \\ &= 750,735 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

18. Menentukan kadar agregat kasar dengan Persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat kasar} &= \frac{\% \text{ agregat kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} & (3.8) \\ &= 58,5\% \times 1809 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1058,265 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

19. Menentukan proporsi campuran beton untuk setiap 1 m<sup>3</sup> beton sebagai berikut.
- a. Air = 205 kg
  - b. Agregat kasar = 1058,265 kg
  - c. Agregat halus = 750,735 kg
  - d. Semen = 410 kg
20. Menentukan proporsi campuran beton untuk setiap 1 m<sup>3</sup> dengan angka penyusutan sebesar 35% sebagai berikut.
- a. Air = 276,750 kg
  - b. Agregat kasar = 1428,658 kg
  - c. Agregat halus = 1013,492 kg
  - d. Semen = 553,500 kg
21. Menentukan proporsi campuran beton untuk benda uji silinder sebanyak 9 buah setiap *mixing* sebagai berikut.
- a.  $V$  per *mixing* (9 buah)
    - =  $9 \times 1/4 \pi \times D^2 \times t$
    - =  $9 \times 1/4 \pi \times 0,15^2 \times 0,30$
    - = 0,048 m<sup>3</sup>
  - b. Air
    - = berat per m<sup>3</sup>  $\times V$  per *mixing*
    - =  $276,750 \times 0,048$
    - = 13,205 kg
  - c. Agregat kasar
    - = berat per m<sup>3</sup>  $\times V$  per *mixing*
    - =  $1428,658 \times 0,048$
    - = 68,165 kg
  - d. Agregat halus
    - = berat per m<sup>3</sup>  $\times V$  per *mixing*
    - =  $1013,492 \times 0,048$
    - = 48,357 kg
  - e. Semen
    - = berat per m<sup>3</sup>  $\times V$  per *mixing*
    - =  $553,500 \times 0,048$
    - = 26,409 kg
22. Menentukan proporsi campuran dengan 6 variasi dari 54 sampel yaitu 9 silinder setiap *mixing* menggunakan perhitungan sebagai berikut.

- a. *Fly ash* 20% = 20% × berat semen  
 = 20% × 26,409 kg  
 = 5,282 kg
- b. Serbuk Keramik 0% = 0% x berat agregat halus  
 = 0% x 48,357 kg  
 = 0 kg
- c. Serbuk Keramik 3% = 3% x 48,357 kg  
 = 1,451 kg
- d. Serbuk Keramik 6% = 6% x 48,357 kg  
 = 2,901 kg
- e. Serbuk Keramik 9% = 9% x 48,357 kg  
 = 4,352 kg
- f. Serbuk Keramik 12% = 12% x 48,357 kg  
 = 5,803 kg

23. Menentukan kebutuhan substitusi *fly ash* terhadap sebagian semen dan serbuk keramik terhadap sebagian agregat halus. Berat total kebutuhan tiap variasi atau setiap 9 sampel beton adalah sebagai berikut.

**Tabel 5. 14 Proporsi Campuran Beton dengan Bahan Tambah *Fly ash* dan Serbuk Keramik**

<i>Kadar Fly ash</i>		<i>Kadar Serbuk Keramik</i>		<i>Air</i>	<i>Semen</i>	<i>Pasir</i>	<i>Kerikil</i>
%	kg	%	kg	kg	kg	kg	kg
0%	0	0%	0	13,205	26,409	48,357	68,165
20%	5,282	0%	0	13,205	21,127	48,357	68,165
20%	5,282	3%	1,451	13,205	21,127	46,906	68,165
20%	5,282	6%	2,901	13,205	21,127	45,455	68,165
20%	5,282	9%	4,352	13,205	21,127	44,005	68,165
20%	5,282	12%	5,803	13,205	21,127	42,554	68,165

#### 5.4 Hasil Pengujian Trial Benda Uji

Pembuatan trial benda uji dilakukan untuk memastikan kesesuaian perencanaan campuran beton yang telah dirancang. Pada uji coba ini, sampel benda

uji trial yang dibuat terdiri dari 12 buah dan dilakukan pengujian kuat tekan pada umur tujuh hari kemudian dikonversi ke umur 28 hari. Berikut merupakan contoh perhitungan konversi trial benda uji.

$$\begin{aligned} f'c_{28 \text{ hari}} &= \frac{f'c_{7 \text{ hari}}}{0,65} \\ &= \frac{13,002}{0,65} \\ &= 20,003 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama juga dilakukan pada sampel trial lainnya dengan rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel 5.15 sebagai berikut.

**Tabel 5. 15 Hasil Uji Coba Sampel Trial Umur 7 Hari**

Variasi	Kode Benda	Dimensi Benda Uji		Umur 7 Hari		Umur 28 Hari		Rata-rata MPa
		Tinggi	Diameter	Beban maks	Kuat Tekan	Beban maks	Kuat Tekan	
		mm	mm	kN	MPa	kN	MPa	
Beton Normal	TA-1	300,12	150	229,77	13,002	353,484	20,003	25,55
	TA-2	300,14	150	357,29	20,216	549,610	31,102	
FA 20% SK 0%	TB-1	299,87	150,03	277,55	15,706	426,997	24,163	24,84
	TB-2	299,85	150	292,63	16,590	451,030	25,523	
FA 20% SK 3%	TC-1	300	150,04	315,68	17,864	485,666	27,483	24,90
	TC-2	300	150	256,55	14,518	394,699	22,335	
FA 20% SK 6%	TD-1	300,15	150,2	285,25	16,085	437,301	24,746	28,28
	TD-2	299,75	150	365,5	20,683	562,306	31,820	
FA 20% SK 9%	TE-1	300	150,3	231,42	13,096	356,039	20,148	25,26
	TE-2	299,78	150	348,82	19,739	536,641	30,368	
FA 20% SK 12%	TF-1	300,05	150,5	330,3	18,691	508,150	28,755	27,65
	TF-2	300,20	150	304,9	17,254	469,082	26,545	

Berdasarkan Tabel 5.15 dapat dilihat bahwa hasil kuat tekan dari beton normal setelah dikonversi pada umur 28 hari memiliki kuat tekan sebesar 25,55 MPa, yang menunjukkan bahwa hasil campuran telah memenuhi mutu rencana sebesar 25 MPa. Hasil trial dapat dilihat bahwa kuat tekan tertinggi pada beton silinder dengan kode variasi TD (20% *fly ash* dan 6% serbuk keramik).

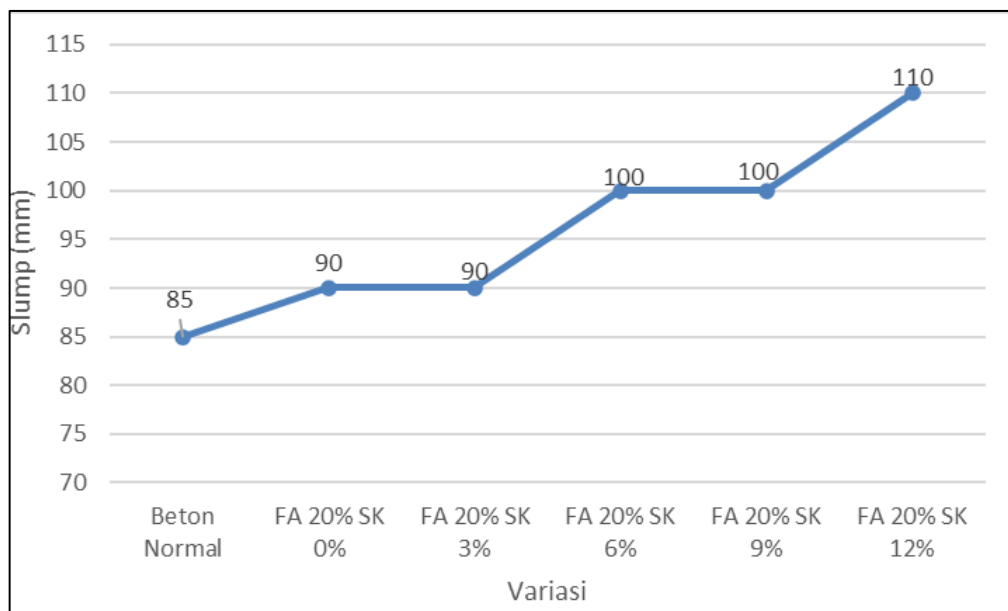
## 5.5 Hasil Pengujian Benda Uji

### 5.5.1 Hasil Pengujian *Slump*

Pengukuran nilai *slump* bertujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan pekerjaan (*workability*) pada beton segar. Semakin tinggi nilainya, semakin mudah campuran beton tersebut diolah atau dikerjakan. Nilai *slump* yang direncanakan berada pada kisaran 80-120 mm. Adapun rekapitulasi hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Gambar 5.7 sebagai berikut.

**Tabel 5. 16 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Slump***

Benda Uji	Tinggi Slump	Keterangan Syarat Slump
	mm	(60-180 mm)
BN	85	Memenuhi
FA 20% SK 0%	90	Memenuhi
FA 20% SK 3%	90	Memenuhi
FA 20% SK 6%	100	Memenuhi
FA 20% SK 9%	100	Memenuhi
FA 20% SK 12%	110	Memenuhi



**Gambar 5. 7 Grafik Nilai *Slump* dengan Variasi Beton**

Berdasarkan Tabel 5.16 dan Gambar 5.7 dapat diperoleh bahwa hasil pengujian *slump* untuk setiap variasi telah sesuai dengan yang direncanakan yaitu 80-120mm.



**Gambar 5. 8 Pengujian *Slump***

#### 5.5.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan

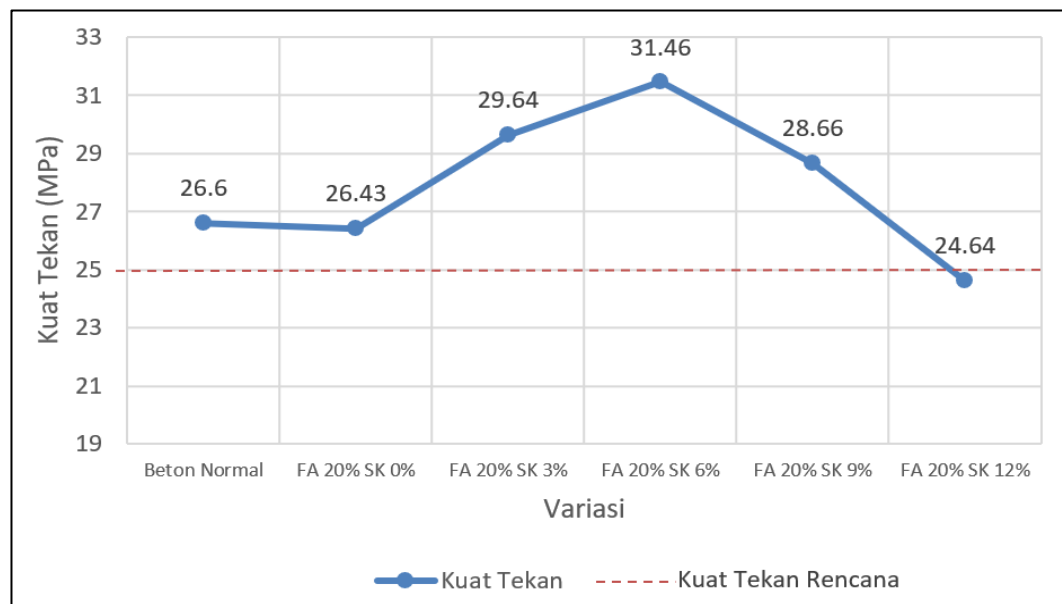
Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 18 silinder dengan 6 variasi (3 silinder tiap variasi). Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII dengan menggunakan *Compression Test Machine* (CTM). Beton diangkat dari rendaman dan dibiarkan pada suhu ruang selama 1 hari sebelum pengujian. Setelah itu dilakukan proses *capping* pada tiap sampel benda uji, yaitu berupa pelapisan permukaan beton menggunakan belerang agar permukaan sampel beton menjadi lebih rata sehingga hasil uji mesin CTM dapat lebih optimal dikarenakan distribusi beban yang merata. Pengujian dengan mesin CTM dilakukan sampai benda uji menerima beban maksimum dan hancur. Berikut merupakan contoh perhitungan kuat tekan pada sampel benda uji.

$$\begin{aligned}
 f'c &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{445,96}{17765,83} \\
 &= 25,24 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama juga dilakukan pada sampel lainnya. Beberapa sampel yang menunjukkan hasil menyimpang telah dikeluarkan dari tabel dengan rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.17 sebagai berikut.

**Tabel 5. 17 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton**

Variasi	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
		(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	(MPa)	(MPa)
Beton Normal	N00-1	150,4	300,17	17765,83	445,96	25,24	26,60
	N00-2	150	300	17671,46	472,48	26,74	
	N00-3	149,99	300,18	17669,10	491,69	27,82	
FA 20% SK 0%	N01-1	150,03	300,02	17678,53	505,94	28,63	26,43
	N01-2	150,08	300,08	17690,31	429,71	24,32	
	N01-3	150,12	300	17699,74	465,48	26,34	
FA 20% SK 3%	N02-1	150	300,15	17671,46	502,89	28,46	29,64
	N02-2	150	300,13	17671,46	528,86	29,93	
	N02-3	149,98	300	17666,75	539,55	30,53	
FA 20% SK 6%	N03-1	150,1	300,12	17695,03	567,99	32,14	31,46
	N03-2	150,15	300,21	17706,82	547,4	30,98	
	N03-3	150	300,18	17671,46	552,32	31,26	
FA 20% SK 9%	N04-1	150	300	17671,46	518,54	29,34	28,66
	N04-2	150	300,14	17671,46	490,85	27,78	
	N04-3	150,1	300,21	17695,03	509,85	28,85	
FA 20% SK 12%	N05-2	150	300,04	17671,46	414,35	23,45	24,64
	N05-3	150,05	300,25	17683,24	456,59	25,84	



**Gambar 5.9 Grafik Pengujian Kuat Tekan**

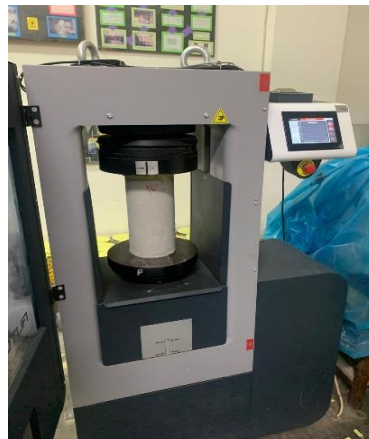
Berdasarkan pada Tabel 5.17 dan Gambar 5.9 diperoleh nilai kuat tekan beton normal yaitu 26,59 MPa. Nilai tersebut telah memenuhi nilai mutu rencana awal yaitu sebesar 25 MPa. Pada beton silinder dengan variasi FA 20%+SK 6% mencapai nilai kuat tekan optimum yaitu sebesar 31,46 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah terjadi pada beton variasi FA 20%+SK 12% yaitu sebesar 24,64 MPa.

Pada penelitian ini beton normal dan beton dengan variasi FA 20%+SK 0% memiliki nilai yang memenuhi mutu rencana. Beton normal dijadikan sebagai kontrol, sehingga hasil penelitian menunjukkan beton variasi FA 20%+SK 0% mengalami penurunan sebesar 0,64%; beton variasi FA 20%+SK 3% mengalami peningkatan sebesar 11,43%; beton variasi FA 20%+SK 6% mengalami peningkatan sebesar 18,26%; beton variasi FA 20%+SK 9% mengalami peningkatan sebesar 7,73%; beton variasi FA 20%+SK 12% mengalami penurunan sebesar 7,37%.

Terjadinya peningkatan ataupun penurunan pada nilai kuat tekan beton tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor. Beberapa diantaranya yaitu pada tahap mempersiapkan material, tahap membuat benda uji, serta penambahan bahan campuran. Bahan keramik memiliki kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang merupakan bahan kimia yang mampu meningkatkan kualitas beton melalui reaksi antara kandungan

silika dan kalsium bebas yang terdapat di dalam campuran beton (Nadia dan Fauzi, 2011). Akan tetapi, apabila terlalu banyak serbuk keramik juga akan menyebabkan penurunan kuat tekan dikarenakan daya serap air oleh keramik yang lebih tinggi dibanding pasir sehingga berpengaruh terhadap faktor air semen (Zein Alfatony et al., 2019). Sementara itu semakin besar kadar *fly ash* dapat meningkatkan kuat tekan beton, namun penggunaan berlebihan justru akan menurunkannya karena jika *fly ash* terlalu banyak, maka jumlah semen aktif akan berkurang sehingga pengikatan campuran beton juga kurang optimal (Erviyanto et al., 2016).

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



**Gambar 5. 10 Pengujian Kuat Tekan Beton**



**Gambar 5. 11 Kondisi Benda Uji setelah Pengujian Kuat Tekan**

### 5.5.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 18 buah silinder dengan 6 variasi (3 silinder tiap variasi). Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII dengan menggunakan *Compression Test Machine* (CTM). Beton diangkat dari rendaman dan dibiarkan pada suhu ruang selama 1 hari sebelum pengujian dilakukan. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan benda uji dalam posisi horizontal atau mendatar pada mesin CTM dan pengujian dilakukan hingga benda uji hancur dan terbelah menjadi dua bagian. Adapun contoh perhitungan kuat tarik belah beton sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 f'_{ct} &= \frac{2P}{\pi DL} \\
 &= \frac{2 \times 130}{3,14 \times 149,95 \times 17612,6} \\
 &= 1,84 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

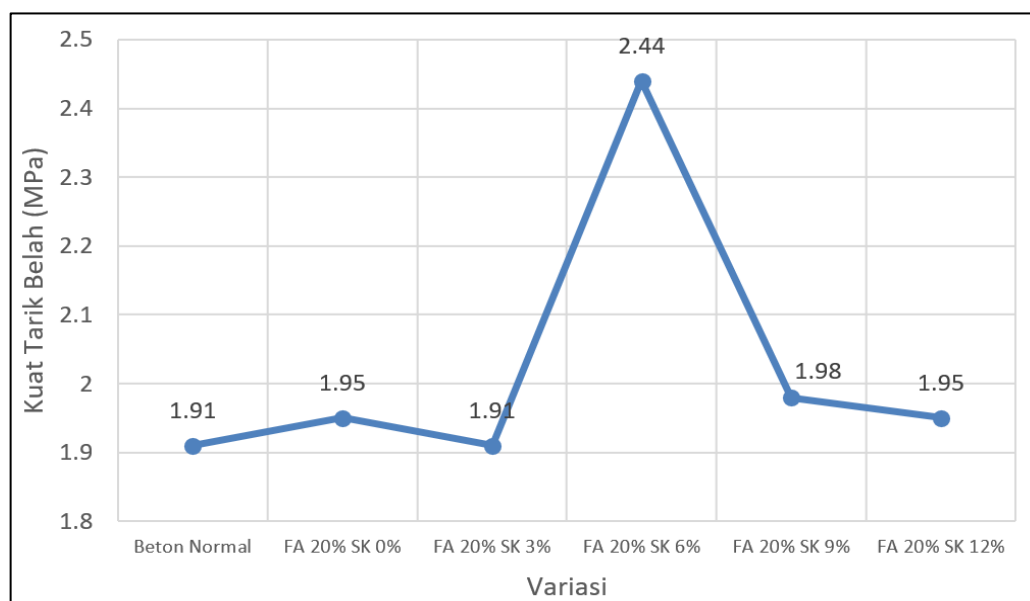
Perhitungan yang sama juga dilakukan pada sampel lainnya. Beberapa sampel yang menunjukkan hasil menyimpang telah dikeluarkan dari tabel dengan rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Tabel 5.18 sebagai berikut.

**Tabel 5. 18 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**

Variasi	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
		(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	(MPa)	(MPa)
Beton Normal	K00-1	149,75	300,15	17612,60	130	1,84	1,91
	K00-2	150	300,23	17671,46	139	1,96	
	K00-3	149,95	300,14	17659,68	135	1,91	
FA 20% SK 0%	K01-1	150,4	300,14	17765,83	155	2,19	1,95
	K01-2	150,25	300,18	17730,41	130	1,83	
	K01-3	150	300,26	17671,46	129	1,82	
FA 20% SK 3%	K02-2	149,8	300,16	17624,37	148,5	2,10	1,91
	K02-3	149,95	300,25	17659,68	122	1,73	

Lanjutan Tabel 5. 18 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Variasi	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
		(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	(MPa)	(MPa)
FA 20% SK 6%	K03-1	150,14	300,3	17704,46	166	2,34	2,44
	K03-2	150,22	300,25	17723,33	186	2,63	
	K03-3	150	300,1	17671,46	166	2,35	
FA 20% SK 9%	K04-1	150,1	300,11	17695,03	144	2,04	1,98
	K04-2	149,95	300,22	17659,68	155	2,19	
	K04-3	150	300,21	17671,46	122	1,72	
FA 20% SK 12%	K05-1	150,2	300,25	17718,61	148	2,09	1,95
	K05-2	149,95	300,26	17659,68	147	2,08	
	K05-3	150	300,24	17671,46	118	1,67	



Gambar 5. 12 Grafik Pengujian Kuat Tarik Belah

Berdasarkan pada Tabel 5.18 dan Gambar 5.12 diperoleh nilai kuat tekan beton normal yaitu 1,91 MPa. Pada beton silinder dengan variasi FA 20%+SK 6% mencapai nilai kuat tarik belah optimum yaitu sebesar 2,44 MPa, sedangkan nilai kuat tarik belah terendah terjadi pada beton normal yaitu sebesar 1,91 MPa.

Pada penelitian ini beton normal dijadikan sebagai kontrol, sehingga hasil penelitian menunjukkan beton variasi FA 20%+SK 0% mengalami peningkatan

sebesar 2,48%; beton variasi FA 20%+SK 3% mengalami peningkatan sebesar 0,25%; beton variasi FA 20%+SK 6% mengalami peningkatan sebesar 28,01%; beton variasi FA 20%+SK 9% mengalami peningkatan sebesar 4,13%; beton variasi FA 20%+SK 12% mengalami peningkatan sebesar 2,1%.

Terjadinya peningkatan ataupun penurunan pada nilai kuat tarik belah beton tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor. Beberapa diantaranya yaitu pada tahap mempersiapkan material, tahap membuat benda uji, serta penambahan bahan campuran. Kadar optimum *fly ash* sebagai substitusi semen dapat menjadikannya sebagai filler namun jika terlalu banyak akan mengurangi kadar semen aktif, begitu juga dengan serbuk keramik pada kadar optimum akan berfungsi sebagai filler namun jika terlalu banyak justru dapat menghalangi pengikatan antara semen dengan agregat (Sekarini et al., 2019).

Pengujian kuat tarik belah dan kondisi benda uji setelah dilakukan pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan 5.14 berikut.



**Gambar 5. 13 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**



**Gambar 5. 14 Kondisi Benda Uji setelah Pengujian Kuat Tarik Belah**

#### 5.5.4 Hasil Pengujian Absorpsi

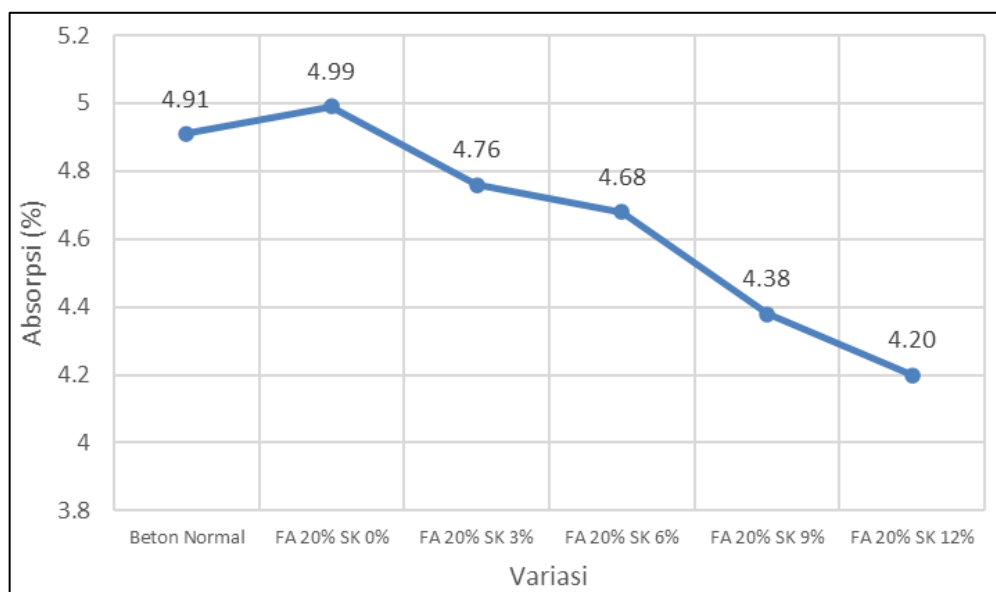
Pengujian absorpsi dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan jumlah benda uji sebanyak 18 buah silinder dengan 6 variasi (3 silinder tiap variasi). Pengujian dilakukan dengan memasukkan benda uji yang telah ditimbang ke dalam oven dengan suhu  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Adapun contoh perhitungan absorpsi beton sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{PA} &= \frac{B - A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{12908 - 12406}{12406} \times 100\% \\ &= 4,05\% \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama juga dilakukan pada sampel lainnya dengan rekapitulasi hasil pengujian absorpsi beton dapat dilihat pada Tabel 5.19 sebagai berikut.

**Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Pengujian Absorpsi Beton**

Variasi	Kode Sampel	Berat Basah	Berat Kering Oven	Absorpsi	Absorpsi rata-rata
		(kg)	(kg)	(%)	(%)
Beton Normal	A00-1	12908	12406	4,05	4,91
	A00-2	12824	12275	4,47	
	A00-3	12548	11814	6,21	
FA 20% SK 0%	A01-1	12794	12514	2,24	4,99
	A01-2	12835	12274	4,57	
	A01-3	12598	11648	8,16	
FA 20% SK 3%	A02-1	12827	12455	2,99	4,76
	A02-2	12916	12390	4,24	
	A02-3	12788	11947	7,04	
FA 20% SK 6%	A03-1	12642	11755	7,55	4,68
	A03-2	12908	12450	3,68	
	A03-3	12743	12393	2,82	
FA 20% SK 9%	A04-1	13065	12401	5,35	4,38
	A04-2	12962	12447	4,14	
	A04-3	13135	12671	3,66	
FA 20% SK 12%	A05-1	12652	11995	5,48	4,20
	A05-2	12612	12157	3,74	
	A05-3	12733	12315	3,39	

**Gambar 5. 15 Grafik Hasil Pengujian Absorpsi**

Berdasarkan pada Tabel 5.19 dan Gambar 5.15 diperoleh nilai absorpsi beton normal yaitu 4,91%. Pada beton silinder dengan variasi FA 20%+SK 0% mencapai nilai absorpsi paling tinggi yaitu sebesar 4,99 %, sedangkan nilai absorpsi terendah terjadi pada beton variasi FA 20%+ SK 12% yaitu sebesar 4,21%.

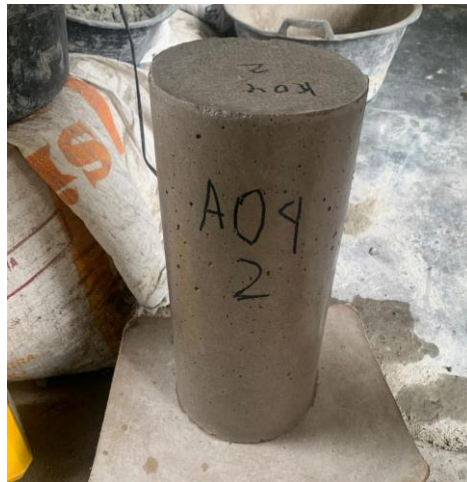
Pada penelitian ini beton normal dijadikan sebagai kontrol, sehingga hasil penelitian menunjukkan beton variasi FA 20%+SK 0% mengalami peningkatan sebesar 1,57%; beton variasi FA 20%+SK 3% mengalami penurunan sebesar 3,13%; beton variasi FA 20%+SK 6% mengalami penurunan sebesar 4,65%; beton variasi FA 20%+SK 9% mengalami penurunan sebesar 10,72%; beton variasi FA 20%+SK 12% mengalami penurunan sebesar 14,38%.

Terjadinya peningkatan ataupun penurunan pada nilai absorpsi beton tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor. Beberapa diantaranya yaitu pada tahap mempersiapkan material, tahap membuat benda uji, serta penambahan bahan campuran. Tinggi rendahnya nilai absorpsi pada beton dipengaruhi oleh porositasnya. Semakin banyak serbuk keramik, maka porositasnya akan semakin rendah. Hal tersebut disebabkan serbuk keramik memiliki ukuran lebih kecil daripada pasir pada umumnya sehingga dapat berfungsi sebagai filler untuk menutupi pori agar air sulit untuk meresap begitu juga dengan *fly ash* (Sekarini et al., 2019).

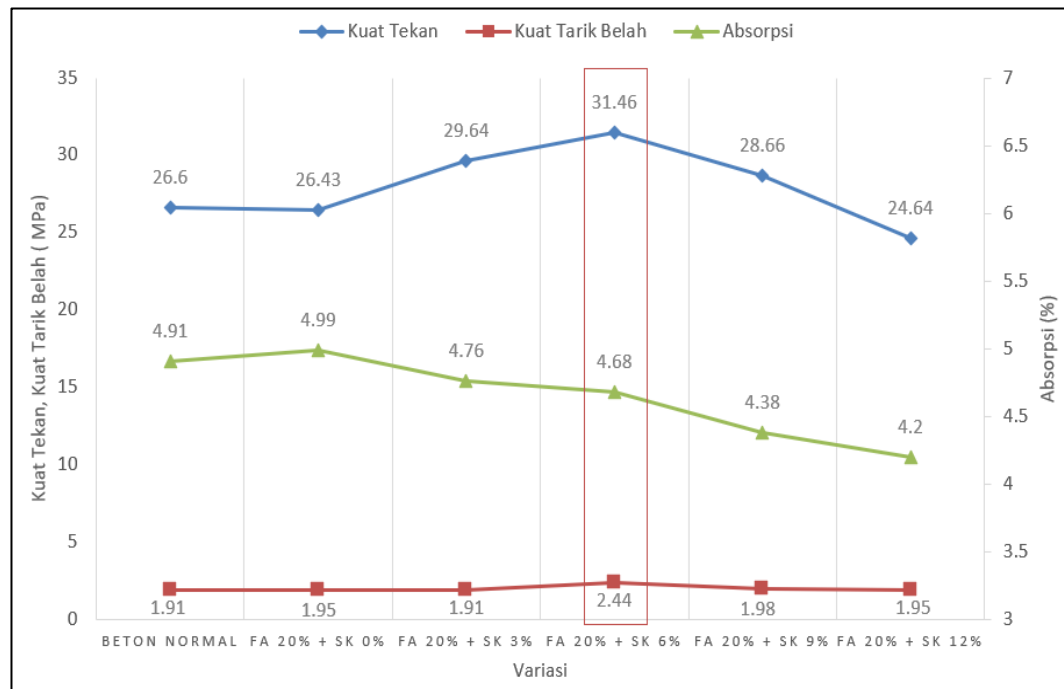
Pengujian absorpsi dan kondisi benda uji setelah dilakukan pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.16 dan 5.17 berikut.



**Gambar 5. 16 Pengujian Absorpsi Beton**



**Gambar 5. 17 Kondisi Benda Uji setelah Pengujian Absorpsi**



**Gambar 5. 18 Grafik Hubungan Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Absorpsi Beton**

Berdasarkan pada gambar 5.18 campuran yang menunjukkan hasil paling optimum pada pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah adalah variasi FA 20% + SK 6%. Setelah melewati titik optimum tersebut, nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton cenderung menurun secara bertahap. Sementara itu pada pengujian absorpsi beton campuran yang memiliki nilai paling tinggi adalah beton variasi FA 20% + SK 0% kemudian seiring bertambahnya kadar serbuk keramik pada beton nilai absorpsi beton menurun secara perlahan.

Pada pengujian kuat tekan didapatkan nilai optimum sebesar 31,46 MPa pada variasi FA 20% + SK 6%, sedangkan untuk pengujian kuat tarik belah didapatkan nilai optimum sebesar 2,44 MPa pada variasi FA 20% + SK 6%. Adapun untuk pengujian absorpsi didapatkan nilai tertinggi yaitu sebesar 4,99% pada variasi FA 20% + SK 0%.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data, serta pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Substitusi *fly ash* terhadap semen dan substitusi serbuk keramik terhadap agregat halus pada campuran beton dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton. Hasil yang paling optimum didapat pada beton dengan variasi 20% *fly ash* dan 6% serbuk keramik dengan nilai kuat tekan sebesar 31,46 MPa dengan persentase peningkatan sebesar 18,26% dibandingkan dengan beton normal.
2. Substitusi *fly ash* terhadap semen dan substitusi serbuk keramik terhadap agregat halus pada campuran beton dapat meningkatkan nilai kuat tarik belah beton. Hasil yang paling optimum didapat pada beton dengan variasi 20% *fly ash* dan 6% serbuk keramik dengan nilai kuat tarik belah sebesar 2,44 MPa dengan persentase peningkatan sebesar 28,01%.
3. Substitusi *fly ash* terhadap semen dan substitusi serbuk keramik terhadap agregat halus pada campuran beton dapat meningkatkan kualitas beton dengan menurunkan nilai absorpsinya. Hasil yang paling optimum didapat pada beton dengan variasi 20% *fly ash* dan 12% serbuk keramik dengan nilai absorpsi sebesar 4,21% dengan persentase penurunan sebesar 14,28%.
4. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi campuran yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 31,46 MPa yakni variasi 20% *fly ash* dan 6% serbuk keramik dengan nilai terkecil 24,64 MPa yakni variasi 20% *fly ash* dan 12% serbuk keramik. Sedangkan untuk pengujian kuat tarik belah menghasilkan nilai kuat tarik belah tertinggi sebesar 2,44 MPa yakni variasi 20% *fly ash* dan 6% dengan nilai terkecil 1,91 MPa yakni beton normal. Adapun untuk pengujian absorpsi menunjukkan bahwa nilai absorpsi tertinggi sebesar 4,99% yakni variasi 20% *fly ash* dan 0% serbuk keramik

dengan nilai absorpsi terkecil sebesar 4,21% yakni variasi 20% *fly ash* dan 12% serbuk keramik.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan sebagai acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya tentang substitusi *fly ash* dan serbuk keramik pada campuran beton sebagai berikut.

1. Diperlukan pengujian-pengujian beton yang lain untuk mengetahui lebih lanjut pengaruh dari substitusi *fly ash* dan serbuk keramik.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian pada umur beton selain 28 hari untuk mengetahui perkembangannya.
3. Diperlukan tingkat ketelitian yang lebih tinggi dalam proses pembuatan beton serta tambahan aplikasi untuk membantu analisis agar hasil lebih valid dan akurat.
4. Diperlukan konversi untuk berat volume serbuk keramik terhadap berat volume agregat halus pada penelitian berikutnya agar mendapatkan hasil yang lebih konkret.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ate Romli. (2010). *Pemanfaatan Fly Ash (Abu Terbang) Batubara Fly ash (abu terbang) batubara biasanya masih mengandung komponen-komponen/senyawa diantaranya terdiri dari: Vol. IX (Issue 1)*.  
<https://jurnalteknik.unjani.ac.id/index.php/jt/article/view/342/185>
- Ervianto, Moh., Saleh, F., & Prayuda, H. (2016). KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH ABUT TERBANG (FLY ASH) DAN ZAT ADIKTIF (BESTMITTEL). *SINERGI*, 20(3), 199.  
<https://doi.org/10.22441/sinergi.2016.3.005>
- Hermansyah, H., Suryanto, D., & Rasdiati, R. (2022). Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Keramik terhadap Peningkatan Nilai Kuat Tekan Beton. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 5(1), 113–119.
- Marpaung, D. J. R., & Zulfikar, R. A. (2025). *Perbandingan Beton Mutu Tinggi dengan Pengaplikasian High Volume Fly Ash Tipe C dan Tipe F*. 3.  
<https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/viteks/article/view/66527/49700>
- Muhammad, G. H. (2022). *Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Fly ash pada Campuran Beton terhadap Kuat Tekan, Kuat Lentur, dan Absorpsi pada Buis Beton* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta].
- Sekarini, D., Sunarsih, E. S., & Siswanto, B. (2019). Pengaruh Serbuk Keramik sebagai Pengganti Agregat Halus dan Abu Terbang (*Fly ash*) sebagai Pengganti 15% Berat Semen terhadap Kuat Tarik Belah dan Porositas pada Beton. *International Journal of Civil and Environmental Engineering (IJCEE)*, 5(2), 27–34.
- Sultan, M. A., Imran, & Faujan, M. (2019). Pengaruh Penambahan Limbah Pembakaran Batubara (*Fly ash*) ex PLTU Rum pada Campuran Beton. *Teras Jurnal*, 9(2), 83–88.
- Standar Nasional Indonesia. (2002). SNI 03-2847-2002: *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. BSN. Jakarta

- Standar Nasional Indonesia. (2008). SNI 03-1969-1990: *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. BSN. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (1990). SNI 03-1968-1990: *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. BSN. Bandung.
- Standar nasional Indonesia. (1991). SNI 08-1991-03: *Metode Pengujian Kuat Lentur Batu Memakai Gelagar Sederhana*. BSN. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (1998). SNI 03-4804-1998: *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat*. BSN. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. (1990). SNI 03-1970-1990: *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. BSN. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. (2002). SNI 03-2491-2002: *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. BSN. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. (2000). SNI 03-2834-2000: *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. BSN. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. (2000). SNI 03-6433-2000: *Metode Pengujian Kerapatan Penyerapan Rongga Dalam Beton yang Mengeras*.(2000).www.bsn.go.id
- Standar Nasional Indonesia. (2004). SNI 15-2049-2004: *Semen Portland*. BSN. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. (2011). SNI 1974:2011: *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. BSN. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (2002). SNI 03-2491-2002: *Metode Pengujian Kuat tarik belah beton*. BSN. Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. (1990). SNI 03-1974-1990: *Metode Pengujian Slump Beton*. BSN. Jakarta.
- Standardisasi Nasional Indonesia. (1996). SNI 03-4142-1996: *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan Nomor 200 (0,0075 mm)*. BSN. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (1998). SNI 03- 4804-1998: *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara Dalam Agregat*. BSN. Jakarta.

- Standar Nasional Indonesia. (2019). SNI-03-2847-2019: *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. BSN. Jakarta.
- Tjokrodimuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Zein Alfatony, M., Sri Sunarsih, E., & Sri Agustin, R. (2019). *THE INFLUENCE STUDY OF CERAMIC POWDER AND FLY ASH AS SUBSTITUTIONAL MATERIAL OF CONCRETE ON SPECIFIC GRAVITY AND COMPRESSION STRENGTH*. 5(Desember), 68–77.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1 Surat Keterangan Bebas Laboratorium

 <p>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</p>	<p><b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL &amp; PERENCANAAN</b></p>	<p>Gedung KH. Natsir Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584 T. (0274) 898444 ext 3200, 3201 F. (0274) 895330 E. dekanat.ftsp@uii.ac.id W. ftsp.uui.ac.id</p>
	<p><b><u>SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM</u></b></p>	
<p>Nomor : 54 / Ka.Lab/60/LBKT/XI/2025</p>		
<p>Bismillaahirrohmaanirrohiim</p>		
<p>Yang bertandatangan dibawah ini :</p>		
Nama	: Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.	
NIK	: 165111301	
Jabatan Struktural	: Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik JTS FTSP UII	
<p>Dengan ini menerangkan bahwa :</p>		
Nama	: Bachtiar Muhsin Nurrais	
N I M	: 21511190	
Program Studi	: S1 Teknik Sipil	
Dosen Pembimbing TA	: Anggit Mas Arifuddin, S. T., M. T.	
Instansi	: Universitas Islam Indonesia	
<p>Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir "PENGARUH VARIASI CAMPURAN FLY ASH DAN SERBUK LIMBAH KERAMIK TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN ABSORPSI PADA BETON" serta sudah menyelesaikan semua administrasinya *).</p>		
<p>Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.</p>		
		Yogyakarta, 20 November 2025
Disahkan oleh :		Didata oleh :
Kepala Laboratorium BKT,		PLP/Teknisi
		
Astriana Hardawati, S. T., M. Eng		Daru Salam, A.Md.
<p>* Kwitansi/bukti transfer terlampir</p>		

**Lampiran 2 Laporan Hasil Pemeriksaan Agregat**

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN  
AIR AGREGAT HALUS (SNI 1970-2016)**

<b>Asal Pasir</b>	Progo
<b>Keperluan</b>	Tugas Akhir

<b>Uraian</b>	<b>Hasil Pengamatan</b>		<b>Rata-rata</b>
	<b>Sampel 1</b>	<b>Sampel 2</b>	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	495	488	490
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	971	981	976
Berat piknometer berisi air, gram (B)	649	657	653
Berat Jenis Curah, $Bk / (B+500-Bt)$	2,76	2,77	2,77
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD), $500 / (B+500-Bt)$	2,81	2,84	2,82
Berat Jenis semu, $Bk / (B+Bk-Bt)$	2,89	2,98	2,93
Penyerapan Air $(500-Bk)/Bk \times 100\%$	1,63%	2,46%	2,04%

**PEMERIKSAAN MODULUS BUTIR (MHB) /  
ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS (SNI 1968-  
1990)**

<b>Asal Pasir</b>	Progo
<b>Keperluan</b>	Tugas Akhir

<b>Lubang Ayakan (mm)</b>	<b>Berat Tertinggal (Gram)</b>	<b>Berat Tertinggal (%)</b>	<b>Berat Tertinggal Komulatif (Gram)</b>	<b>Persen Lolos Komulatif (%)</b>
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	0	0	0	100
4,8	0	0	0	100
2,4	108	5,41	5,41	94,59
1,2	456	22,83	28,24	71,76
0,6	543	27,19	55,43	44,57
0,3	410	20,53	75,96	24,04
0,15	345	17,28	93,24	6,76
Sisa	135	6,76	100	0,00
Jumlah	1997	100	258,29	

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{258,29}{100} \\ &= 2,583 \end{aligned}$$

## GRADASI AGREGAT HALUS

<b>Gradasi Agregat Halus</b>				
<b>Lubang ayakan (mm)</b>	<b>Persen Butir Agregat Lolos Ayakan (%)</b>			
	<b>Daerah I</b>	<b>Daerah II</b>	<b>Daerah III</b>	<b>Daerah IV</b>
10,00	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

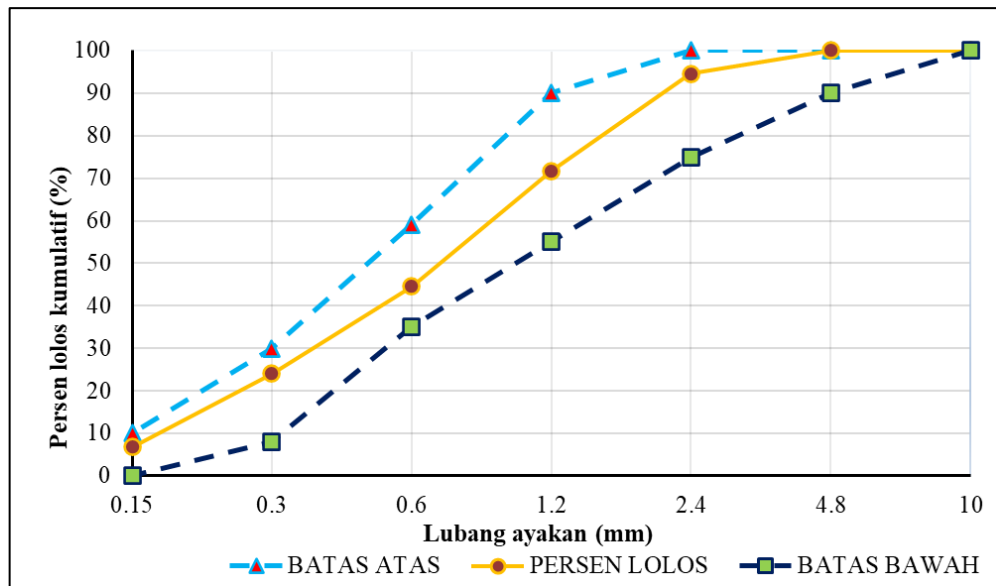
Daerah IV : Pasir Halus

Hasli Analisa Saringan

Pasir Masuk Daerah : Daerah II

Jenis Pasir : Pasir Agak Kasar

## GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



## PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT HALUS (SNI 4804-1998)

<b>Asal Pasir</b>	Progo
<b>Keperluan</b>	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan
Diameter Silinder	10 cm
Tinggi Silinder	20 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Tabung (W1), gram	5246	5170	5208
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2), gram	7785	7653	7719
Berat Agregat (W3), gram	2539	2483	2511
Diameter Tabung (d), cm	10,4	10,4	10,4
Tinggi Tabung (t), cm	19,5	19,5	19,5
Volume Tabung (V), cm <sup>3</sup>	1656,5	1656,5	1656,5
Berat Volume Gembur, gram/cm <sup>3</sup>	1,533	1,499	1,516

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{2511}{1656,5} \\
 &= 1,516 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

## PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT HALUS (SNI 4804-1998)

<b>Asal Pasir</b>	Progo
<b>Keperluan</b>	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan
Diameter Silinder	10 cm
Tinggi Silinder	20 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Tabung (W1), gram	5246	5170	5208
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2), gram	8165	8040	8103
Berat Agregat (W3), gram	2919	2870	2895
Diameter Tabung (d), cm	10,4	10,4	10,4
Tinggi Tabung (t), cm	19,5	19,5	19,5
Volume Tabung (V), cm <sup>3</sup>	1656,5	1656,5	1656,5
Berat Volume Padat, gram/cm <sup>3</sup>	1,762	1,733	1,747

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{2895}{1656,5} \\
 &= 1,747 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

**PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN  
NO. 200/UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM  
AGREGAT HALUS (SNI 4142-1996)**

<b>Asal Pasir</b>	Progo
<b>Keperluan</b>	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah Di Cuci (W2), gram	492	487	490
Berat Yang Lolos Ayakan No. 200	1,6%	2,6%	2,1%

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN  
AIR AGREGAT KASAR (SNI 1970-2016)**

<b>Asal Pasir</b>	Progo
<b>Keperluan</b>	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Kerikil kering mutlak (Bk), gram	4900	4894	4897
Berat kerikil Jenuh kering muka (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air (Ba), gram	3108	3123	3115,5
Berat Jenis Curah BK/(BJ-Ba)	2,59	2,61	2,60
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD) Bj/ (Bj-Ba)	2,64	2,66	2,65
Berat Jenis semu Bk/(Bk-Ba)	2,73	2,76	2,75
Penyerapan Air (Bj-Bk)/Bk x 100%	2,04%	2,17%	2,10%

**PEMERIKSAAN MODULUS BUTIR (MHB) /  
ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR (SNI 1968-  
1990)**

<b>Asal Pasir</b>	Progo
<b>Keperluan</b>	Tugas Akhir

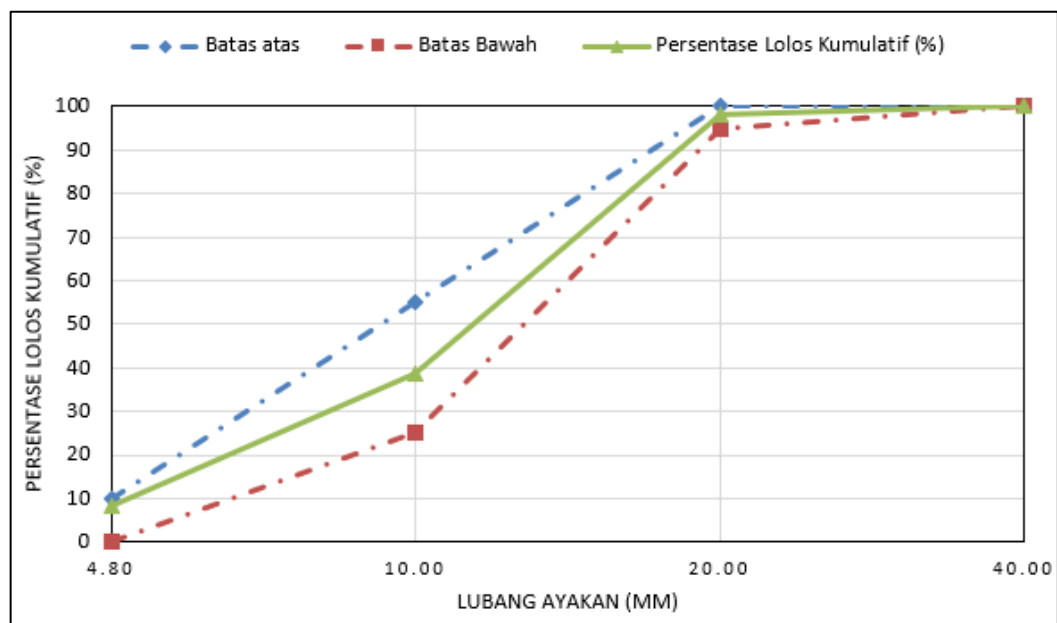
<b>Lubang Ayakan (mm)</b>	<b>Berat Tertinggal (Gram)</b>	<b>Berat Tertinggal (%)</b>	<b>Berat Tertinggal Komulatif (Gram)</b>	<b>Persen Lolos Komulatif (%)</b>
40	0	0	0	100
20	94	1,88	1,88	98,12
10	2978	59,58	61,46	38,54
4,8	1504	30,09	91,56	8,44
2,4	251	5,02	96,58	3,42
1,2	37	0,74	97,32	2,68
0,6	0	0	97,32	2,68
0,3	0	0	97,32	2,68
0,15	0	0	97,32	2,68
Sisa	134	2,68	100	0
Jumlah	4998		6,408	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{640,8}{100} \\
 &= \mathbf{6,41}
 \end{aligned}$$

## GRADASI AGREGAT KASAR

Gradasi Agregat Kasar		
Lubang ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan/ Besar Butiran Maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95 - 100	100
20	30 - 70	95-100
10	10 - 35	25-55
4,8	0 - 5	0 - 10

## GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR



**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR  
AGREGAT KASAR (SNI 4804-1998)**

<b>Asal Kerikil</b>	Clereng
<b>Keperluan</b>	Tugas Akhir

<b>Uraian</b>	<b>Hasil Pengamatan</b>
Diameter Silinder	10 cm
Tinggi Silinder	20 cm

<b>Uraian</b>	<b>Hasil Pengamatan</b>		<b>Rata-rata</b>
	<b>Sampel 1</b>	<b>Sampel 2</b>	
Berat Tabung (W1), gram	5246	5170	5208
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2), gram	7522	7371	7447
Berat Agregat (W3), gram	2276	2201	2239
Diameter Tabung (d), cm	10,4	10,4	10,4
Tinggi Tabung (t), cm	19,5	19,5	19,5
Volume Tabung (V), cm <sup>3</sup>	1656,5	1656,5	1656,5
Berat Volume Gembur, gram/cm <sup>3</sup>	1,374	1,329	1,351

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{2239}{1656,5} \\
 &= 1,351 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

## PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT KASAR (SNI 4804-1998)

<b>Asal Kerikil</b>	Clereng
<b>Keperluan</b>	Tugas Akhir

<b>Uraian</b>	<b>Hasil Pengamatan</b>
Diameter Silinder	10 cm
Tinggi Silinder	20 cm

<b>Uraian</b>	<b>Hasil Pengamatan</b>		<b>Rata-rata</b>
	<b>Sampel 1</b>	<b>Sampel 2</b>	
Berat Tabung (W1), gram	5246	5170	5208
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2), gram	7816	7639	7728
Berat Agregat (W3), gram	2570	2469	2520
Diameter Tabung (d), cm	10,4	10,4	10,4
Tinggi Tabung (t), cm	19,5	19,5	19,5
Volume Tabung (V), cm <sup>3</sup>	1656,5	1656,5	1656,5
Berat Volume Padat, gram/cm <sup>3</sup>	1,551	1,490	1,521

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{2520}{1656,5} \\
 &= 1,521 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN  
AIR SERBUK KERAMIK (SNI 1970-2016)**

<b>Asal</b>	Sleman
<b>Keperluan</b>	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat serbuk keramik kering mutlak, gram (Bk)	484	485	484,5
Berat serbuk keramik kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi serbuk keramik dan air, gram (Bt)	941	943	942
Berat piknometer berisi air, gram (B)	649	659	654
Berat Jenis Curah, $Bk / (B+500-Bt)$	2,33	2,25	2,29
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD), $500 / (B+500-Bt)$	2,40	2,31	2,36
Berat Jenis semu, $Bk / (B+Bk-Bt)$	2,52	2,41	2,47
Penyerapan Air $(500-Bk)/Bk \times 100\%$	3,31%	3,09%	3,20%

**PEMERIKSAAN MODULUS BUTIR (MHB) /  
ANALISA SARINGAN SERBUK KERAMIK  
(SNI 1968-1990)**

<b>Asal</b>	Sleman
<b>Keperluan</b>	Tugas Akhir

<b>Lubang Ayakan (mm)</b>	<b>Berat Tertinggal (gram)</b>	<b>Berat Tertinggal (%)</b>	<b>Berat Tertinggal Komulatif (gram)</b>	<b>Persen Lolos Komulatif (%)</b>
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	0	0	0	100
4,8	25	1,25	1,26	98,75
2,4	289	14,48	15,73	84,27
1,2	235	11,77	27,51	72,49
0,6	317	15,88	43,39	56,61
0,3	196	9,82	53,21	46,79
0,15	292	14,63	67,84	32,16
Sisa	642	32,16	100	0
Jumlah	1996	100	208,92	

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{208,92}{100} \\ &= 2,089 \end{aligned}$$

## GRADASI SERBUK KERAMIK

<b>Gradasi Agregat Halus</b>				
<b>Lubang ayakan (mm)</b>	<b>Persen Butir Agregat Lolos Ayakan (%)</b>			
	<b>Daerah I</b>	<b>Daerah II</b>	<b>Daerah III</b>	<b>Daerah IV</b>
10,00	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

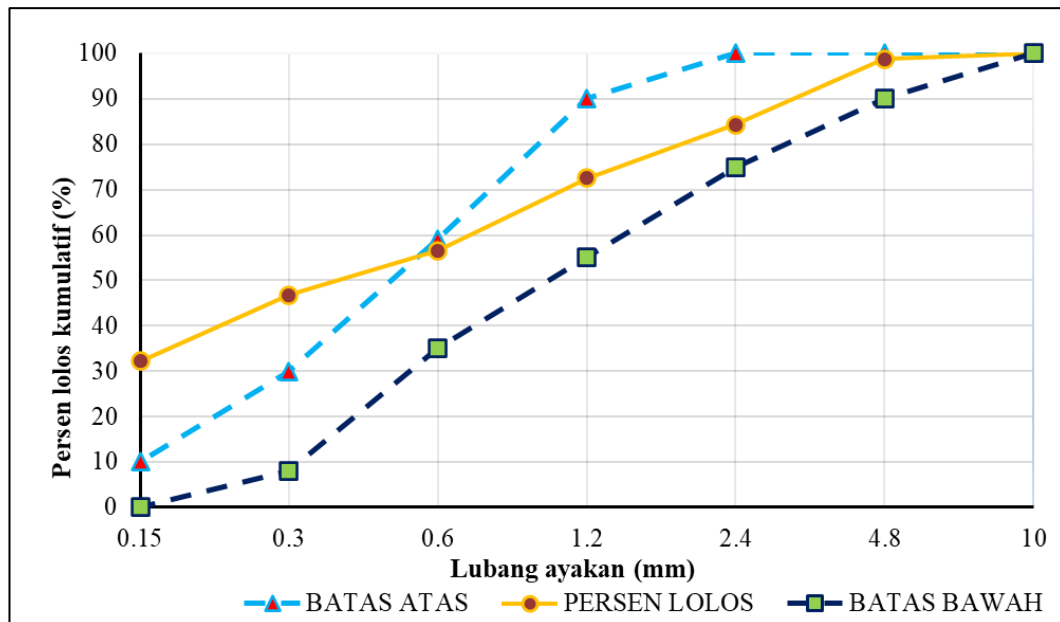
Daerah III : Pasir Agak Halus

Daerah IV : Pasir Halus

Hasli Analisa Saringan

Serbuk Keramik Masuk Daerah : Daerah II (sebagian besar)

Jenis Pasir : Pasir Agak Kasar

**GAMBAR ANALISA SARINGAN SERBUK KERAMIK**

## PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR SERBUK KERAMIK (SNI 4804-1998)

<b>Asal</b>	Sleman
<b>Keperluan</b>	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan
Diameter Silinder	10 cm
Tinggi Silinder	20 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Tabung (W1), gram	5246	5170	5208
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2), gram	7400	7323	7362
Berat Agregat (W3), gram	2154	2153	2154
Diameter Tabung (d), cm	10,4	10,4	10,4
Tinggi Tabung (t), cm	19,5	19,5	19,5
Volume Tabung (V), cm <sup>3</sup>	1656,5	1656,5	1656,5
Berat Volume Gembur, gram/cm <sup>3</sup>	1,300	1,300	1,300

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{2154}{1656,5} \\
 &= 1,300 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

## PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT SERBUK KERAMIK (SNI 4804-1998)

<b>Asal Pasir</b>	Sleman
<b>Keperluan</b>	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan
Diameter Silinder	10 cm
Tinggi Silinder	20 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Tabung (W1), gram	5246	5170	5208
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2), gram	7736	7676	7706
Berat Agregat (W3), gram	2490	2506	2498
Diameter Tabung (d), cm	10,4	10,4	10,4
Tinggi Tabung (t), cm	19,5	19,5	19,5
Volume Tabung (V), cm <sup>3</sup>	1656,5	1656,5	1656,5
Berat Volume Padat, gram/cm <sup>3</sup>	1,503	1,513	1,508

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{2498}{1656,5} \\
 &= 1,508 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

### Lampiran 3 Laporan Hasil Perencanaan Campuran

No.	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan	25	Mpa
2	Standar Deviasi	7	MPa
3	Nilai Tambah/ Margin	12	Mpa
4	Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan	37	Mpa
5	Jenis Semen	Tipe 1	
6	Jenis Agregat Kasar (Kerikil)	Batu Pecah	
	Jenis Agregat Halus (Pasir)	Alami	
7	Faktor air semen bebas	0.5	
	Faktor air semen maksimum	0.6	
8	FAS digunakan	0.5	
9	Slump	10+-2	(60-180) mm
10	Ukuran agregat maksimum	20	mm
11	Kadar air bebas	205	Kg/m <sup>3</sup>
12	Kadar semen	410	Kg/m <sup>3</sup>
13	Kadar semen maksimum	-	Kg/m <sup>3</sup>
14	Kadar semen minimum	275	Kg/m <sup>3</sup>
15	Kadar semen digunakan	410	Kg/m <sup>3</sup>
16	FAS disesuaikan	0.5	
17	Susunan besar butir agregat halus	Gradasi 2	
18	Berat jenis agregat kasar (SSD)	2.650	
	Berat jenis agregat halus (SSD)	2.820	
19	Persen agregat halus	41.5	%
20	Persen agregat kasar	58.5	%
21	Berat jenis relatif agregat gabungan (SSD)	2.721	
22	Berat isi beton	2424	Kg/m <sup>3</sup>
23	Kadar agregat gabungan	1809	Kg/m <sup>3</sup>
24	Kadar agregat halus	750.735	Kg/m <sup>3</sup>
25	Kadar agregat kasar	1058.265	Kg/m <sup>3</sup>
26	Kadar semen dengan angka penyusutan	553.5	Kg/m <sup>3</sup>
27	Kadar agregat halus dengan angka penyusutan	1013.49	Kg/m <sup>3</sup>
28	Kadar agregat kasar dengan angka penyusutan	1428.66	Kg/m <sup>3</sup>
29	Kadar air dengan angka penyusutan	276.75	Kg/m <sup>3</sup>

## Lampiran 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan



FAKULTAS  
TEKNIK SIPIL  
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir  
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia  
Jl. 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

### LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON (SNI 1974 : 2011)

Nama : Bachtiar Muhsin Nurrais  
NIM : 21511190  
Asal Instansi : Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia  
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir  
Hasil :

Variasi	Umur Uji	Kode Sampel	Berat Benda Uji	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimu	Kuat Tekan	Rata-rata
			(gram)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	(MPa)	(MPa)
Beton Normal	28 Hari	N00-1	12708	150.4	300.17	17765.83	445.96	25.24	26.60
		N00-2	12545	150	300	17671.46	472.48	26.74	
		N00-3	12698	149.99	300.18	17669.10	491.69	27.82	
FA 20% SK 0%		N01-1	12740	150.03	300.02	17678.53	505.94	28.63	26.43
		N01-2	12927	150.08	300.08	17690.31	429.71	24.32	
		N01-3	13034	150.12	300	17699.74	465.48	26.34	
FA 20% SK 3%		N02-1	12862	150	300.15	17671.46	502.89	28.46	29.64
		N02-2	12919	150	300.13	17671.46	528.86	29.93	
		N02-3	12836	149.98	300	17666.75	539.55	30.53	
FA 20% SK 6%	N03-1	12929	150.1	300.12	17695.03	567.99	32.14	31.46	
	N03-2	12715	150.15	300.21	17706.82	547.4	30.98		
	N03-3	12602	150	300.18	17671.46	552.32	31.26		
FA 20% SK 9%	N04-1	12851	150	300	17671.46	518.54	29.34	28.66	
	N04-2	12654	150	300.14	17671.46	490.85	27.78		
	N04-3	12667	150.1	300.21	17695.03	509.85	28.85		
FA 20% SK 12%	N05-1	12534	150.04	300.02	17680.88	342.84	19.40	22.90	
	N05-2	12597	150	300.04	17671.46	414.35	23.45		
	N05-3	12829	150.05	300.25	17683.24	456.59	25.84		

Mengetahui,  
Kepala Lab. BKT

Di periksa oleh  
PLP/Teknisi

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.

Daru Salam, A.Md.

## Lampiran 5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah



FAKULTAS  
TEKNIK SIPIL  
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir  
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia  
Jl. 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

### LAPORAN PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON (SNI 03-2491-2014)

Nama : Bachtiar Muhsin Nurrais  
NIM : 21511190  
Asal Instansi : Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia  
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir  
Hasil :

Variasi	Umur Uji	Kode Sampel	Berat Benda Uji (gram)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampa (mm <sup>2</sup> )	Beban Maksimu (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Rata-rata (MPa)
Beton Normal	28 Hari	K00-1	12610	149.75	300.15	17612.60	130	1.84	1.91
		K00-2	12790	150	300.23	17671.46	139	1.96	
		K00-3	12999	149.95	300.14	17659.68	135	1.91	
FA 20% SK 0%		K01-1	12592	150.4	300.14	17765.83	155	2.19	1.95
		K01-2	12729	150.25	300.18	17730.41	130	1.83	
		K01-3	12564	150	300.26	17671.46	129	1.82	
FA 20% SK 3%		K02-1	13043	150.3	300.08	17742.22	201	2.84	2.22
		K02-2	13014	149.8	300.16	17624.37	148.5	2.10	
		K02-3	12749	149.95	300.25	17659.68	122	1.73	
FA 20% SK 6%		K03-1	12753	150.14	300.3	17704.46	166	2.34	2.44
		K03-2	12722	150.22	300.25	17723.33	186	2.63	
		K03-3	12506	150	300.1	17671.46	166	2.35	
FA 20% SK 9%		K04-1	12648	150.1	300.11	17695.03	144	2.04	1.98
		K04-2	12608	149.95	300.22	17659.68	155	2.19	
		K04-3	12655	150	300.21	17671.46	122	1.72	
FA 20% SK 12%	K05-1	12632	150.2	300.25	17718.61	148	2.09	1.95	
	K05-2	12593	149.95	300.26	17659.68	147	2.08		
	K05-3	12538	150	300.24	17671.46	118	1.67		

Mengetahui,  
Kepala Lab. BKT

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.

Di periksa oleh  
PLP/Teknisi

Daru Salam, A.Md.

## Lampiran 6 Hasil Pengujian Absorpsi



FAKULTAS  
TEKNIK SIPIL  
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir  
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia  
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584  
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201  
F. (0274) 895330  
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id  
W. ftsp.uui.ac.id

### LAPORAN PENGUJIAN ABSORPSI BETON (SNI 6433-2016)

Nama : Bachtiar Muhsin Nurrais  
NIM : 21511190  
Asal Instansi : Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia  
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir  
Hasil :

Variasi	Umur Uji	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Berat Basah	Berat Kering	Absorpsi	Absorpsi Rata-rata
			(mm)	(mm)	(gram)	(gram)	(%)	(%)
Beton Normal	28 Hari	A00-1	149.95	300.1	12908	12406	4.046	4.911
		A00-2	149.85	300.04	12824	12275	4.473	
		A00-3	150.1	300.02	12548	11814	6.213	
FA 20% SK 0%		A01-1	150.13	300.03	12794	12514	2.237	4.988
		A01-2	150.05	300.07	12835	12274	4.571	
		A01-3	150.08	300	12598	11648	8.156	
FA 20% SK 3%		A02-1	149.98	300	12827	12455	2.987	4.757
		A02-2	150	300	12916	12390	4.245	
		A02-3	150.12	300.12	12788	11947	7.039	
FA 20% SK 6%		A03-1	150.05	300.15	12642	11755	7.546	4.683
		A03-2	150.1	300.05	12908	12450	3.679	
		A03-3	150	300.1	12743	12393	2.824	
FA 20% SK 9%		A04-1	150	300.04	13065	12401	5.354	4.385
		A04-2	150	300.02	12962	12447	4.138	
		A04-3	150.06	300.13	13135	12671	3.662	
FA 20% SK 12%	A05-1	149.97	300.17	12652	11995	5.477	4.205	
	A05-2	150	300.15	12612	12157	3.743		
	A05-3	150	300	12733	12315	3.394		

Mengetahui,  
Kepala Lab. BKT

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.

Di periksa oleh  
PLP/Teknisi

Daru Salam, A.Md.

**Lampiran 7 Dokumentasi Penelitian**

**Gambar 6. 1 Proses *Mixing***



**Gambar 6. 2 Proses Pengujian *Slump***



**Gambar 6. 3 Proses Memasukkan Beton Segar ke Bekisting**



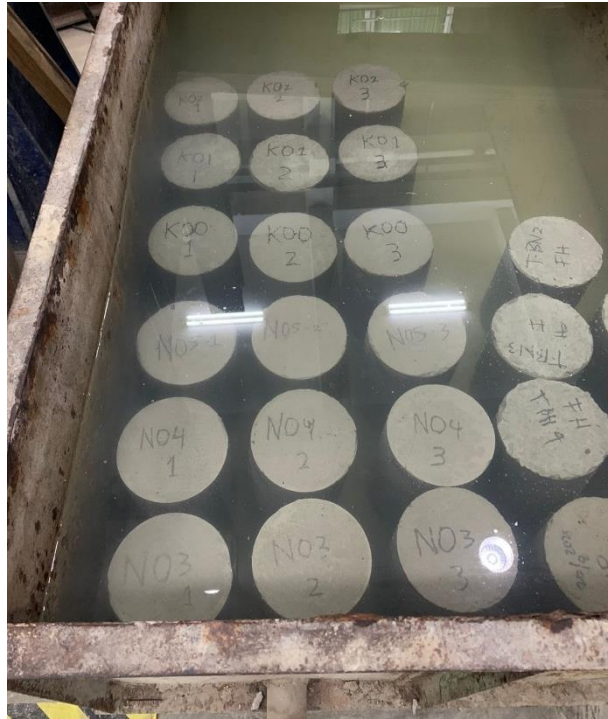
**Gambar 6. 4 Proses Meratakan dengan Vibrator**



**Gambar 6. 5 Beton yang Sudah Kering**



**Gambar 6. 6 Beton Dilepas dari Bekisting**



**Gambar 6. 7 Beton Direndam**



**Gambar 6. 8 Bak Rendaman**



**Gambar 6. 9 Bekisting Silinder 15 cm x 30 cm**



**Gambar 6. 10 *Concrete Mixer***



**Gambar 6. 11 Peralatan *Caping* Silinder Beton**



**Gambar 6. 12 Sekop dan Palu Kecil**



**Gambar 6. 13 Proses Penimbangan Proporsi Campuran**



**Gambar 6. 14 Oven**



**Gambar 6. 15 Vibrator Meja**



**Gambar 6. 16 Fly ash dalam Kemasan**