

TUGAS AKHIR

**PENGARUH BATU APUNG SEBAGAI PENGGANTI
AGREGAT KASAR DAN BAHAN TAMBAH *SILICA
FUME* TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT
TARIK BELAH BETON
*(THE EFFECT OF PUMICE STONE AS A
REPLACEMENT OF COARD AGGREGATE AND
SILICA FUME ADDITIONAL MATERIALS ON THE
CONCRETE COMPRESSION STRENGTH AND
TENSILE STRENGTH)***

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



**Arista Adila
17511141**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH BATU APUNG SEBAGAI PENGGANTI
AGREGAT KASAR DAN BAHAN TAMBAH SILICA
FUME TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK
BELAH BETON**

**(THE EFFECT OF PUMICE STONE AS A
REPLACEMENT OF COARD AGGREGATE AND
SILICA FUME ADDITIONAL MATERIALS ON THE
CONCRETE COMPRESSION STRENGTH AND
TENSILE STRENGTH)**

Disusun Oleh

Arista Adila

17511141

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

Diuji pada tanggal 26 Januari 2023

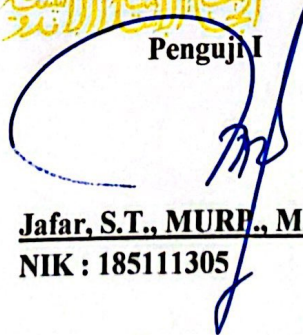
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I



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

Penguji I



Jafar, S.T., MURE., M.T.
NIK : 185111305

Penguji II



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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Yunalia Muntali, S.T., M.T., Ph.D.

NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 26 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,



Arista Adila

(17511141)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Alhamdulillahirrabbi'l'alamin segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya, sehingga dengan ini penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul *Pengaruh Batu Apung Sebagai Pengganti Agregat Kasar dan Bahan Tambah Sica Fume Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi jenjang Pendidikan Strata-1 (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini pasti banyak hambatan yang di hadapi penulis, akan tetapi penulis menyadari bahwa sepenuhnya berkat, saran, kritik, kerjasama, bantuan, bimbingan, pengarahan dan semangat dari berbagai pihak Tugas Akhir ini dapat terselesaikannya dengan sebaik-baiknya. Oleh karena itu dengan segala ketulusan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan ilmu, nasehat, pengarahan dan bimbingan mulai dari awal hingga akhir penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Jafar, S.T., MURP., M.T. Selaku Dosen Penguji I Tugas Akhir atas saran, nasehat dan pengarahan kepada penulis untuk menjadi lebih baik.
3. Bapak Elvis Saputra, S.T., M.T. Selaku Dosen Penguji II Tugas Akhir atas saran, nasehat, masukan dan pengetahuan kepada penulis untuk menjadi lebih baik lagi.
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Bapak Malik Mushthofa, S.T., M.Eng. Selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yang telah memberikan ijin atas segala fasilitas yang di gunakan.

6. Bapak Suwarno, Bapak Daru Salam, A.Md dan Bapak Zaki S.T selaku laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta yang sudah mengizinkan dan membantu proses penelitian.
7. Bapak Drs. Imam Azizi, M.Pd,I dan Ibu Sri Mei Putranti sebagai orang tua penulis yang senantiasa mendoakan dan memberi semangat, dukungan baik secara material, fisik, maupun spiritual hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
8. Hilal Albani S.E selaku kakak penulis yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat selama proses penyusunan Tugas Akhir.
9. Muhammad Kennyzyra Bintang S.W.P, S.T, Melina Gustin Putri, S.T, Ahmad Romzy M dan rekan-rekan Teknik Sipil 2017 yang telah membantu jalannya proses pembuatan benda uji penelitian dan membantu penyusunan Tugas Akhir.

Akhirnya semoga Allah Ta'ala melimpahkan rezeki dan Hidayah-Nya kepada kita dan penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan sebagai tambahan pustaka untuk sumber ide dan gagasan bagi penelitian selanjutnya, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 26 Januari 2023

Penulis,

Arista Adila

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	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
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
2.2.1 Penggunaan Batu Apung dan <i>Styrofoam</i> Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Pada Perencanaan Beton Ringan. (Melloukey Ardan: 2016)	5
2.2.2 Pengaruh Penambah Sika Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Prous (Lacharoi Sihombing : 2017)	6
2.2.3 Pengaruh Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Kasar Batu Apung dan Bahan Tambah <i>Silica Fume</i> . (Ervin Hidayat : 2018)	7
2.2.4 Penggunaan Batu Apung Sebagai Subtitusi Parsial Agregat Kasar Dengan Penambahan <i>Silica Fume</i> . (Husain Haruna: 2021)	8
	v

2.3 Perbandingan Penelitian	9
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1 Beton	14
3.2 Bahan Penyusun Beton	15
3.2.1 Agregat	15
3.2.2 Semen	17
3.2.3 Air	18
3.2.4 Bahan Tambah (<i>Sica Fame</i>)	18
3.2.5 Bahan Tambah (<i>Batu Apung/pumice</i>)	19
3.3 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	21
3.4 Kuat Tekan Beton	30
3.5 Kuat Tarik Belah	30
3.6 Perhitungan Biaya Produksi Beton Per 1m ³	31
BAB IV METODE PENELITIAN	33
4.1 Tinjauan Umum	33
4.2 Lokasi Penelitian	33
4.3 Bahan dan Peralatan Penelitian	33
4.3.1 Bahan Penelitian	33
4.3.2 Peralatan Penelitian	34
4.4 Tahapan Penelitian	36
4.4.1 Persiapan Bahan	36
4.4.2 Pembuatan Benda Uji	41
4.4.3 Perawatan Benda Uji	43
4.4.4 Pengujian Benda Uji	44
4.5 Prosedur Pengujian	44
4.5.1 <i>Slump Test</i>	44
4.5.2 Pengujian Kuat Tekan Beton	45
4.5.3 Pengujian Kuat Tarik Beton	45
4.6 Bagan Alir Penelitian	46
BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	50
5.1 Pemeriksaan Agregat Kasar (<i>Split/Kerikil</i>)	50

5.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	50
5.1.2 Analisis Saringan Agregat Kasar	51
5.1.3 Berat Isi Gembur Agregat Kasar	53
5.1.4 Berat Isi Padat Agregat Kasar	54
5.2 Pemeriksaan Agregat Kasar (<i>Batu Apung</i>)	55
5.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (<i>Batu Apung</i>)	55
5.2.2 Analisis Saringan Agregat Kasar	56
5.2.3 Berat Isi Gembur Agregat Kasar	58
5.2.4 Berat Isi Padat Agregat Kasar	58
5.3 Pemeriksaan Agregat Halus (<i>Pasir Merapi</i>)	59
5.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	59
5.3.2 Analisis Saringan Agregat Halus	60
5.3.3 Berat Isi Gembur Agregat Halus	62
5.3.4 Berat Isi Padat Agregat Halus	63
5.3.5 Kadar Lumpur Agregat Halus	64
5.4 Hasil Pemeriksaan Semen	64
5.5 Hasil Perencanaan Proporsi Campuran Beton	65
5.6 Hasil Pengujian <i>Slump</i>	72
5.7 Pengujian Kuat Tekan	77
5.7.1 Pengujian Kuat Tekan Beton	77
5.7.2 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	81
5.7.3 Perhitungan Biaya Produksi Beton Per 1m ³	84
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	94
6.1 Kesimpulan	94
6.2 Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	96
Lampiran	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan	10
Tabel 3.1 Gradasi Pasir	16
Tabel 3.2 Faktor Perkalian Deviasi Standar	21
Tabel 3.3 Nilai margin jika data tidak tersedia untuk menetapkan nilai deviasi standar	22
Tabel 3.4 Kekuatan rata-rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan nilai deviasi standar	22
Tabel 3.5 Perkiraan Kuat Tekan (MPa)	23
Tabel 3.6 Persyaratan Nilai FAS Maksimum untuk Berbagai Pembetonan di Lingkungan Khusus	24
Tabel 3.7 Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m^3)	26
Tabel 3.8 Harga Satuan Untuk 1 m ³ Beton mutu, $f'_c = 26,4$ MPa (K300) kepad air, slump (12 \pm 2) cm	32
Tabel 4.1 Rician Sampel Pengujian Beton	43
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	51
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar	52
Tabel 5.3 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar dengan Besar Butir Maksimum 20mm	53
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Kasar	54
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar	54
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (<i>Batu Apung</i>)	55
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar (<i>Batu Apung</i>)	56
Tabel 5.8 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar dengan Besar Butir Maksimum 40mm	57
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Kasar (<i>Batu Apung</i>)	58
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar (<i>Batu Apung</i>)	58

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	59
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	61
Tabel 5.13 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus Daerah II	62
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus	63
Tabel 5.15 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus	63
Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	64
Tabel 5.17 Rekapitulasi <i>Mix Design</i> Menggunakan Metode SNI 03-2834-2000	70
Tabel 5.18 Rekapitulasi Kebutuhan Batu Apung	71
Tabel 5.19 Rekapitulasi Kebutuhan <i>Silica Fume</i>	72
Tabel 5.20 Rekapitulasi Kebutuhan Material	72
Tabel 5.21 Hasil Pengujian <i>Slump</i> Setiap Proporsi Campuran Beton	73
Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Volume Beton Silinder	75
Tabel 5.23 Hasil Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton	79
Tabel 5.24 Hasil Rekapitulasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	82
Tabel 5.25 m ³ Beton mutu, f'c = 22,6220 MPa, slump (12±2) cm (Beton Normal)	85
Tabel 5.26 m ³ Beton mutu, f'c = 25,1583MPa, slump (12±2) cm (Batu Apung 0%, Sica Fume 10%)	86
Tabel 5.27 m ³ Beton mutu, f'c = 19,9070MPa, slump (12±2) cm (Batu Apung 10%, Sica Fume 10%)	87
Tabel 5.28 m ³ Beton mutu, f'c = 13,9226 Mpa, slump (12±2) cm (Batu Apung 20%, Sica Fume 10%)	88
Tabel 5.29 m ³ Beton mutu, f'c = 8,1418 MPa, slump (12±2) cm (Batu Apung 30%, Sica Fume 10%)	89
Tabel 5.30 m ³ Beton mutu, f'c = 6,9642 MPa, slump (12±2) cm (Batu Apung 40%, Sica Fume 10%)	90
Tabel 5.31 m ³ Beton mutu, f'c = 4,4325 MPa, slump (12±2) cm (Batu Apung 50%, Sica Fume 10%)	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Agregat Kasar	17
Gambar 3.2 Semen Portland Komposit	18
Gambar 3.3 <i>Silica Fume</i>	19
Gambar 3.4 Batu Apung	20
Gambar 3.5 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	24
Gambar 3.6 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimum 10 mm)	27
Gambar 3.7 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Maksimum 20 mm)	27
Gambar 3.8 Grafik hubungan kadar air, berat jenis gabungan dan berat beton	29
Gambar 4.1 Flowchart Bagan Alir Penelitian	47
Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Kasar	53
Gambar 5.2 Grafik Gradasi Agregat Kasar (<i>Batu Apung</i>)	57
Gambar 5.3 Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	62
Gambar 5.4 Mencari Faktor Air Semen Pada Beton Normal	66
Gambar 5.5 Penentuan Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Digunakan Dalam Penelitian	68
Gambar 5.6 Penentuan Berat Isi Beton Basah Yang Digunakan Pada Penelitian	69
Gambar 5.7 Grafik Nilai Slump Hasil Campuran Beton Variasi Batu Apung dan Sica Fume	74
Gambar 5.8 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	80
Gambar 5.9 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	83
Gambar 5.10 Rancangan Anggaran Biaya (RAB)	93

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (Batu Pecah)
- Lampiran 2 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar (Batu Pecah)
- Lampiran 3 Grafik Analisa Saringan agregat Kasar (Batu Pecah)
- Lampiran 4 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Pecah)
- Lampiran 5 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
- Lampiran 6 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar
- Lampiran 7 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar
- Lampiran 8 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar
- Lampiran 9 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus
- Lampiran 10 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus
- Lampiran 11 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus
- Lampiran 12 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus
- Lampiran 13 Formulir Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)
- Lampiran 14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton
- Lampiran 15 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton
- Lampiran 16 Gambar Alat

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	: luas penampang benda uji (mm^2)
cm	: satuan centimeter
D	: diameter benda uji (mm)
Fas	: faktor air semen
f_c	: kuat tekan beton (MPa)
g	: satuan gram
kg	: satuan kilogram
L	: panjang benda uji (mm)
m	: satuan meter
M	: nilai tambah atau Margin
MHB	: modulus halus butir
mm	: satuan milimeter
MPa	: satuan mega Pascal (N/mm^2)
N	: satuan <i>Newton</i>
Pmaks	: beban maksimum beton (N)
Sd	: standar deviasi
SSD	: <i>Saturated Surface Dry</i>
T	: Kuat tarik belah (MPa)

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan zaman, pembangunan di Indonesia semakin meningkat. Pada penelitian ini digunakan batu apung sebagai pengganti sebagian agregat kasar. Penambahan batu apung pada pembuatan beton ini akan menurunkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Oleh karena itu digunakan bahan tambah *Silica Fume*. *Silica Fume* dapat mengisi pori-pori dan memiliki sifat *pozzolon* yang menyebabkan beton akan menjadi awet dan berkuatan besar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh substitusi penambahan batu apung sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan menggunakan bahan tambah *Silica Fume* terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

Pada penelitian ini digunakan batu apung sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan variasi sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari berat agregat kasar, sedangkan persentase bahan tambah *Silica Fume* yang digunakan sebesar 10% dari berat semen yang digunakan. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton pada sampel beton dengan mutu rencana 20 MPa. Selain itu, penelitian ini juga meninjau dari selisih biaya yang digunakan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang optimum terdapat pada campuran beton dengan penambahan batu apung 0% dan bahan tambah *Silica Fume* 10%. Hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton menunjukkan semakin tinggi persentase batu apung semakin menurun nilai kuat tekan dan kuat tarik belah betonnya, sedangkan bahan tambah *Silica Fume* mampu meningkatkan kuat tekan. Selain itu, dari segi biaya setiap m³ pada pembuatan beton dengan variasi batu apung dan bahan tambah *Silica Fume* tidak relevan untuk diproduksi secara massal, karena biaya yang dibutuhkan terlalu besar dibandingkan dengan biaya produksi pada beton normal.

Kata Kunci: Batu Apung, Sica Fume, Kuat Tekan, Kuat Tarik, Biaya.

ABSTRACT

Along with the times, development in Indonesia is increasing. In this study pumice was used as a partial substitute for coarse aggregate. The addition of pumice in the manufacture of this concrete will reduce the compressive strength and split tensile strength of the concrete. Therefore, Silica Fume is used as an added material. Silica Fume can fill pores and has pozzolon properties which cause concrete to be durable and have great strength. The purpose of this study was to determine the effect of substitution of adding pumice as a partial replacement for coarse aggregate using Silica Fume added material on the compressive strength and split tensile strength of concrete.

In this study pumice was used as a partial replacement for coarse aggregate with variations of 0%, 10%, 20%, 30%, 40% and 50% by weight of the coarse aggregate, while the percentage of added Silica Fume used was 10% by weight of cement. used. The tests carried out were testing the compressive strength of concrete and split tensile strength of concrete on concrete samples with a design quality of 20 MPa. In addition, this study also reviews the difference in costs used.

The results of this study indicate that the optimum compressive strength and split tensile strength of concrete are found in concrete mixtures with the addition of 0% pumice and 10% Silica Fume added. The results of the compressive strength and split tensile strength of concrete showed that the higher the percentage of pumice the lower the value of the compressive strength and split tensile strength of the concrete, while the addition of Silica Fume was able to increase the compressive strength. In addition, in terms of the cost per m³ of making concrete with variations of pumice and Silica Fume added, it is irrelevant for mass production, because the costs required are too high compared to production costs for normal concrete.

Keywords: *Pumice, Silica Fume, Compressive Strength, Tensile Strength, Cost.*

المجلة الهندسية
الاستد الاندو

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton ialah material konstruksi yang terdiri dari beberapa bahan penyusun yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Beton memiliki banyak kelebihan mulai dari bisa dibentuk sesuai dengan permintaan dan memiliki nilai kuat tekan yang tinggi, tahan terhadap suhu tinggi. Pada kelebihan-kelebihan ini menjadi alasan beton banyak digunakan didunia konstruksi. Tetapi terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan agar mendapatkan kekuatan rencananya, seperti kualitas bahan penyusun beton, proses pengadukan campuran beton, proses pemadatan dan proses perawatan beton.

Batu apung merupakan salah satu bahan agregat ringan yang terbentuk dari pembekuan lava vulkanik gunung berapi. Batu apung mempunyai *density* yang kecil yaitu antara 300-800 kg/m³ dan termasuk agregat ringan. Substitusi parsial atau mengganti sebagian agregat kasar normal dengan agregat ringan yaitu batu apung pada beton normal. Agregat ringan dapat membantu beton ringan menjadi mengurangi beban mati, dapat meningkatkan pelaksanaan pekerjaan dan biaya masih tetap terjangkau dan relative mempunyai daya penghantar suhu yang rendah.

Salah satu solusi untuk batu apung tersebut dapat diatasi dengan memanfaatkannya menjadi pengganti sebagian agregat kasar dalam pembuatan beton. Selain dapat mengurangi biaya dalam pembuatan beton.

Dalam penelitian ini, penulis akan menambahkan batu apung sebagai pengganti sebagian agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan beton. Selain batu apung memiliki *density* yang rendah dan dapat mengurangi nilai kuat tekan yang rendah maka penulis akan menambahkan zat tambah *Silica Fume*. Sebab *silica fume* itu sendiri untuk mengisi pori-pori dan memiliki sifat *pozzolan* yang menyebabkan beton akan menjadi awet, kedap dan berkekuatan besar menggunakan kadar yang sangat besar mencakup >90% berasal senyawa SiO₂ dan mempunyai ukuran partikel semen sekisar 1/100. Kelebihan dari penggunaan

additive silica fume diantaranya dapat mempertinggi kohesi campuran serta mengurangi perembesan juga bukan hanya disifat *pozzolan*-nya, dan terdapat pengaruh juga dari fisik yang didapatkan dari partikel *silica fume* yang lembut dan halus, untuk mengisi ruang yang kedap menggunakan partikel agregat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh substitusi dalam penggunaan batu apung (*pumice*) terhadap agregat kasar dengan bahan tambah *silica fume* terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton?
2. Berapakah nilai campuran presentase kuat tekan beton dan nilai tarik belah beton yang optimum dalam penggunaan campuran batu apung (*pumice*) dengan bahan tambah *silica fume*?
3. Bagaimana pengaruh penambahan Batu Apung (*pumice*) sebagai pengganti agregat kasar dan *silica fume* terhadap biaya produksi beton?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui bagaimana pengaruh sebagai pengganti batu apung (*pumice*) terhadap agregat kasar dengan bahan tambah *silica fume* terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
2. Memperoleh nilai kuat tekan beton dan nilai kuat tarik belah beton terhadap campuran batu apung (*pumice*) dengan *silica fume* sebagai bahan tambah.
3. Mengetahui biaya produksi beton dengan menggunakan Batu Apung (*pumice*) dan bahan tambah *silica fume*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan mengenai beton dengan penggunaan batu apung (*pumice*) dan *silica fume* sebagai bahan tambah.
2. Menjembatani penelitian-penelitian terdahulu sebagai bahan masukan dalam bidang Rekayasa Struktur yang dapat dijadikan inovasi pada perkembangan proyek konstruksi di Indonesia.
3. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) di bidang konstruksi dan dapat dijadikan bahan referensi pembaca untuk menentukan jenis beton dengan jenis variasi yang lainnya dan menambah referensi biaya produksi beton menggunakan batu apung (*pumice*) dan bahan tambah *silica fume*.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Variasi penggunaan batu apung 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari berat agregat kasar.
2. Batu apung yang dipakai dalam penelitian ini berukuran 4-5 cm.
3. Bahan Tambah *silica fume* sebesar 10% dari berat semen.
4. Menggunakan faktor air semen 0,48.
5. Beton normal dengan berat volumenya antara 2200 - 2400 kg/m³ dan menggunakan K250 MPa.
6. Membuat *mix design* beton normal f'c sebesar 20 MPa.
7. Semen yang dipakai adalah semen *Tiga Roda* Type I.
8. Pengujian dari beton ini ialah Kuat Tekan Beton, Kuat Tarik Belah Beton dan anggaran biaya beton per m³.
9. Agregat kasar yang digunakan berupa agregat kasar batu pecah (*kerikil clereng*) yang dipecah lolos saringan 20 mm.
10. Agregat halus berasal dari Gunung Merapi (*pasir merapi*) daerah Yogyakarta.
11. Perawatan pada benda uji dengan cara direndam tanpa terkena sinar matahari secara langsung 28 hari.

12. Benda uji berbentuk silinder sebanyak 70 buah.
13. Pengujian agregat halus (*pasir*) meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus, pengujian Analisa saringan sgregat halus, Berat isi Gembur Agregat Halus dan pengujian Berat isi padat Agregat Halus.
14. Pengujian agregat kasar (*batu pecah*) mencakup Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar, Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar, Berat isi Gembur dan Pengujian Berat isi Padat Agregat Kasar.
15. Pengujian agregat kasar batu apung (*pumice*) mencakup Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar, Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar, Berat isi Gembur dan Pengujian Berat isi Padat Agregat Kasar.
16. Air yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknil Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
17. Pengaruh suhu, udara, serta faktor yang mempengaruhi lainnya diabaikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan terhadap penelitian terdahulu bertujuan untuk menemukan hal-hal yang relevan atau berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis. Dengan adanya peninjauan terhadap penelitian terdahulu penulis dapat melakukan perbandingan atau komparasi objek penelitian sehingga tidak terjadi pengulangan penelitian yang akan dilakukan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Pada proses pengerjaan Tugas Akhir, ada beberapa penelitian sebelumnya yang bisa dipahami dan berguna menjadi bahan berita ataupun bahan acuan untuk menuntaskan Tugas Akhir Penelitian tentang Batu Apung menjadi pengganti sebagian agregat kasar dan bahan *sica fume* dalam pembuatan beton yang sudah dilakukan oleh beberapa penelitian sebelumnya, antara lain sebagai berikut ini.

2.2.1 Penggunaan Batu Apung dan *Styrofoam* Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Pada Perencanaan Beton Ringan. (Melloukey Ardan: 2016)

Melloukey Ardan (2016), melakukan sebuah penelitian dengan judul “Penggunaan Batu Apung dan *Styrofoam* Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Pada Perencanaan Beton Ringan”. Penelitian ini berupa penelitian terhadap pembuatan beton ringan pada pemanfaatan batu apung dan *Styrofoam*. Pada saat pembuatan beton yang direncanakan yaitu semen Portland tipe 1, pasir (*alami*), batu kerikil (*batu pecah*), air yang berasal dari sumur bor, batu apung, *styrofoam*. Dengan penambahan *Styrofoam* sebesar 5% terhadap berat jenis beton normal dan waktu perawatan 28 hari. Parameter pengujian yang dilakukan meliputi: Uji Kuat Tekan.

Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa beton ringan mengalami penurunan sebesar 28,1% dan 50,14% dengan penambahan *Styrofoam* sebesar 5% terhadap berat jenis beton normal. Dan juga nilai kuat tekan beton

ringan mengalami penurunan dengan variasi nilai kuat tekan beton ringan yang dihasilkan yaitu 49,47% terhadap nilai kuat tekan beton normal. Namun untuk beton ringan dengan penambahan *syrofoam* 5% juga mengalami penurunan sebesar 80,87% terhadap beton ringan.

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan bahwa beton ringan berbaris batu apung dan *Styrofoam* sebagai bahan pengganti agregat kasar tidak memenuhi kuat tekan rencana dan tidak cocok untuk digunakan pada struktur bangunan akan tetapi dapat digunakan untuk dinding yang tidak memiliki berat beban yang tinggi.

2.2.2 Pengaruh Penambah Sika Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Prous (Lacharoi Sihombing : 2017)

Lacharoi Sihombing (2017), melakukan sebuah penelitian berjudul “Pengaruh Penambah Sika Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Prous”. Penelitian ini berupa penelitian kepada kuat beton tekan dan kuat tekan lentur beton dalam menggunakan sika fume untuk bahan penambah dicampuran beton porous itu sendiri. Dengan variasi penambahan sika fume (0,5%, 1%, 1,5% dan 2%), dan waktu perbandingan antara 7, 14, 21, 28 hari. Kuat tekan beton yang berkarakteristik dari beton normal yang berencana adalah 250 kg/cm^3 (K250) dan Perancangan campuran beton normal menjadi acuan pada perencanaan campuran beton porous. Perbedaannya ialah agregat halus beton normal digantikan dengan batu pecah dari beton porous maksimal 20 mm dan ditambahi dengan zat addictive.

Dari hasil penelitian ini menunjukkan kekuatan beton yang terjadi dibeton maka disebabkan penambahan Sika Fume yang mengalami perubahan kenaikan setiap sekali saat dilakukannya penelitian atau setiap penambahan Sika Fume dan karakteristik beton porous pada umur ke 21 hari dan baru memiliki karakteristik seperti beton normal. Persentase porositas yang terjadi dipenelitian ini adalah 20% dari seluruh permukaan.

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan bahwa kekuatan yang terjadi pada beton yang disebabkan adanya penambahan *sika fume* kekuatan yang mengalami kenaikan setiap sekali penelitian atau setiap penambahan sika fume dan karakteristik beton porous pada umur ke 21 hari dan baru memiliki karakteristik

seperti beton normal, dan diumur 7 hari beton porous tidak bisa dipakai karena mempunyai kuat tekan yang sangat kecil atau rendah.

2.2.3 Pengaruh Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Kasar Batu Apung dan Bahan Tambah *Silica Fume*. (Ervin Hidayat : 2018)

Ervin Hidayat (2018), melakukan sebuah penelitian berjudul “Pengaruh Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Kasar Batu Apung dan Bahan Tambah *Silica Fume*”. Penelitian ini berupa penelitian pada kuat tekan beton yang bisa dihasilkan dari beton ringan tersebut. Penelitian ini menggunakan agregat kasar berupa batu apung dengan ukuran 9,5mm - 19mm yang berasal dari Sumbawa, NTB dan menggunakan bahan tambah *silica fume* dengan variasi 7%, 14% dan 28% dari total berat semen. Pengujian ini dilakukan pada umur beton 7, 28 dan 56 hari dan benda uji beton ringan ini berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm dan tinggi 30 cm.

Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa kuat tekan beton pada umur 7, 28 dan 56 hari didapatkan rata-rata nilai kuat tekan beton ringan dengan jenis *silica fume* 7% masing-masing sebesar 7,99 MPa, 9,62 MPa dan 11,05 MPa. Untuk variasi *silica fume* 14% didapatkan rata-rata nilai kuat tekan beton masing-masing sebesar 6,21 MPa, 8,57 MPa dan 9,60 MPa. Semakin tinggi variasi *silica fume* yang digunakan dalam campuran beton, maka nilai kuat tekan beton akan semakin rendah atau kecil dan semakin panjang umur beton, maka semakin kuat nilai kuat tekan beton ringan yang dihasilkan.

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan bahwa penggunaan batu apung sebagai substitusi agregat kasar dan penggunaan *silica fume* sebagai bahan tambah dari berat total semen sangat mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Pada hasil pengujian kuat tekan beton ringan dihasilkan nilai tertinggi sekitar 11,05 MPa dari nilai terendah sebesar 6,21 Mpa. Menurut SNI-3-3449-2002, beton yang termasuk kedalam kategori konstruksi bangunan struktur ringan yaitu dengan nilai kuat tekan maksimum 17,24 MPa dan minimum 6,89 MPa, sehingga nilai rata-rata kuat tekan beton ringan sebagian besar termasuk kedalam kategori konstruksi bangunan ringan. Akan tetapi ada dua nilai rata-rata kuat tekan beton yang tidak termasuk kedalam kategori tersebut. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi variasi/kadar *silica fume* dalam campuran beton akan mengakibatkan nilai slump

menurun sehingga mempengaruhi *workability* dan pengaruh pada nilai kuat tekan beton. Semakin tinggi variasi *silica fume* yang dipakai dalam campuran beton maka nilai kuat tekan beton akan semakin kecil dan semakin panjang umur beton maka akan semakin kuat nilai kuat tekan beton ringan yang dihasilkan.

2.2.4 Penggunaan Batu Apung Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Dengan Penambahan *Silica Fume*. (Husain Haruna: 2021)

Husain Haruna (2021), melakukan sebuah penelitian berjudul “Penggunaan Batu Apung Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Dengan Penambahan *Silica Fume*”. Penelitian ini berupa penelitian yang mengetahui dampak batu apung menjadi pengganti parsial agregat kasar menggunakan penambahan *silica fume* pada kuat tekan beton. *Silica Fume* artinya material pozzolan yang lembut, pada komposisi silika lebih banyak didapatkan dari tanur tinggi atau sisa hasil dari produksi silikon serta *alloy* besi silikon yang diketahui dengan gabungan antara *microsilica* menggunakan *silica fume*. *Silica Fume* ialah bahan pengisi (*filler*) pada beton yang mengandung kadar *silica* yang besar atau tinggi. Pemakaian batu apung menjadi substitusi parsial agregat kasar, dan dipergunakan yaitu: 0%, 20%, 30%, 50% dan penambahan *silica fume* 5%.

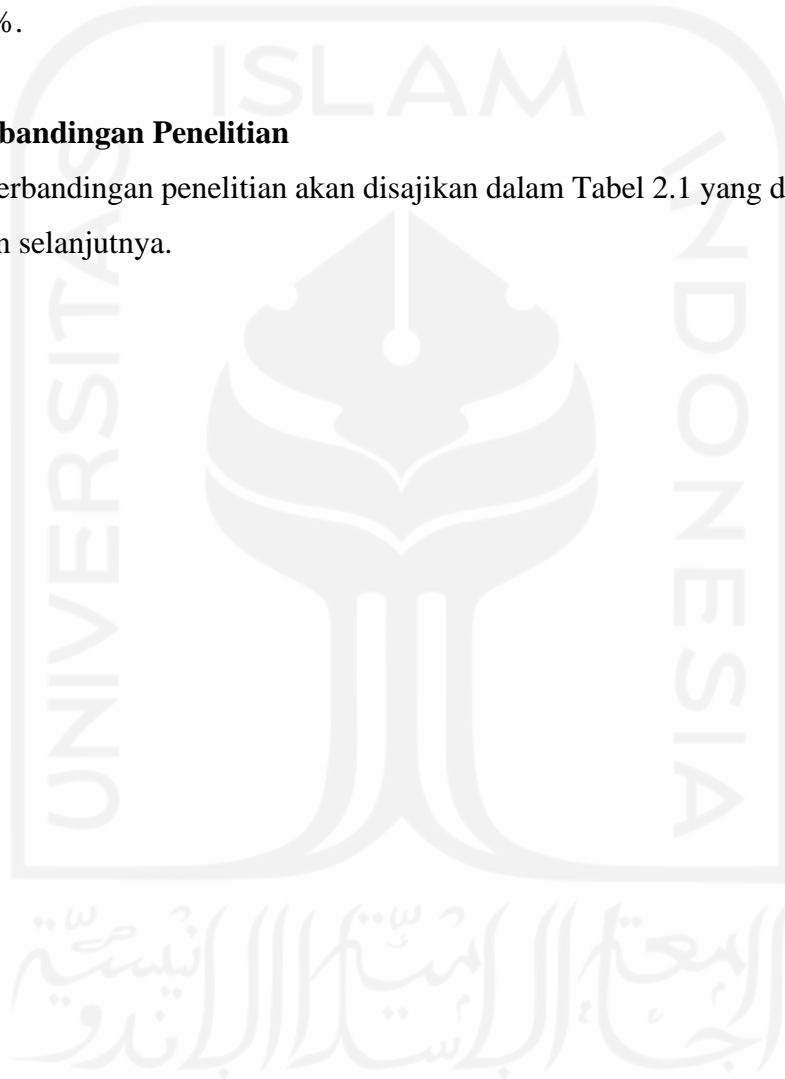
Dari penelitian ini membuktikan kuat tekan beton terbesar terbesar dikadar 0% batu apung, dengan menggunakan penambahan *silica fume* 5% dengan menggunakan nilai kuat tekan rata-rata sekisar 23,26 MPa. Kuat tekan maksimal dipenelitian ini yaitu sekisar 23,259 MPa, untuk variasi pengganti parsial agregat kasar dengan menggunakan batu apung 0% dan menggunakan penambahan *silica fume* 5% serta kuat tekan terkecil dari penelitian ini adalah sekisar 10,079 MPa, divariasi pengganti parsial agregat kasar dengan batu apung 50% dengan penambahan *silica fume* 5%. Pemakaian untuk batu apung tidak bisa menaikkan kuat tekan beton dan penambahan *silica fume* bisa menaikkan kuat tekan beton, semakin besar nilai persentase batu apung maka kuat tekan beton yang didapatkan semakin menurun.

Kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan bahwa pemakaian batu apung tidak dapat menaikkan kuat tekan beton sedangkan penambahan *silica fume* dapat menaikkan kuat tekan beton. Semakin tinggi nilai persentase batu apung

maka kuat tekan beton yang didapatkan semakin menurun. Kuat tekan maksimal pada penelitian ini sekisar 23,259 MPa dengan variasi pengganti parsial agregat kasar dengan batu apung 0%. Dengan penambahan *silica fume* 5%. Dan kuat tekan terendah dipenelitian ini adalah sebesar 10,079 MPa, pada variasi pengganti parsial agregat kasar dengan batu apung 50%. Dengan menggunakan penambahan *silica fume* 5%.

2.3 Perbandingan Penelitian

Perbandingan penelitian akan disajikan dalam Tabel 2.1 yang dapat dilihat di halaman selanjutnya.



Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian yang dilakukan
Peneliti	Melloukey (2016)	Lachairoi (2017)	Ervin (2018)	Husain (2021)	Arista (2022)
Judul Penelitian	Penggunaan Batu Apung dan <i>Styrofoam</i> Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Pada Perencanaan Beton Ringan.	Pengaruh Penambah <i>Sika Fume</i> Terhadap Kuat Tekan Beton Porous.	Pengaruh Tekan Beton Menggunakan Agregat Kasar Batu Apung dan Bahan Tambah <i>Silica Fume</i> .	Penggunaan Batu Apung Sebagai Subtitusi Parsial Agregat Kasar dengan Penambahan <i>Silica Fume</i> .	Pengaruh Batu Apung Sebagai Pengganti Agregat Kasar dan Bahan Tambah <i>Silica Fume</i> Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton.
Tujuan Penelitian	Penelitian ini bertujuan untuk meneliti perbandingan berat jenis dan kuat tekan beton ringan yang dibuat dengan menggunakan batu apung sebagai pengganti agregat kasar dan <i>Styrofoam</i> .	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton pengaruh <i>sika fume</i> terhadap peningkatan mutu beton porous.	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton dengan penggunaan batu apung sebagai pengganti agregat kasar dengan penambahan <i>silica fume</i> terhadap kuat tekan beton ringan.	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan subtitusi parsial batu apung (<i>pumice</i>) terhadap agregat kasar dengan bahan tambah <i>silica fume</i> .	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek penambahan batu apung (<i>pumice</i>) dengan bahan tambah <i>Silica Fume</i> terhadap kuat tarik dan kuat tarik belah beton. Dan perbandingan biaya beton per m ³ .

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

		Penelitian Terdahulu			Penelitian yang dilakukan
Peneliti	Melloukey (2016)	Lachairoi (2017)	Ervin (2018)	Husain (2021)	Arista (2022)
Parameter Uji	Kuat Tekan.	Kuat tekan beton.	Kuat Tekan Beton.	Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton.	Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton.
Varian Penelitian	Penambahan Batu Apung dan <i>Styrofoam</i> dengan kadar 5%.	Penambahan <i>sika fume</i> 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dari berat semen.	1.Penambahan <i>silica fume</i> dengan variasi 7%, 14%, dan 21% dari berat total semen. 2.Agregta Kasar Batu Apung ukuran 9.5 – 19 mm.	1. Penambahan batu apung dengan variasi 0%, 20%, 30%, dan 50%. 2. Bahan <i>tambah silica fume</i> 5%.	1. . Penambahan batu apung dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. 2. Bahan <i>tambah sika fume</i> 10%.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian yang dilakukan
Peneliti	Melloukey (2016)	Lachairoi (2017)	Ervin (2018)	Husain (2021)	Arista (2022)
Bahan Tambah	<i>Styrofoam.</i>	<i>Sika Fume.</i>	<i>Silica Fume.</i>	<i>Silica Fume.</i>	<i>Silica Fume.</i>
Hasil Penelitian	Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa berat jenis beton ringan mengalami penurunan sebesar 28,1% dan 50,14% penurunan dari berat jenis beton ringan dengan penambahan Styrofoam 5% terhadap berat jenis beton normal. Maka dengan hasil penelitian ini bahwa beton ringan tidak memenuhi kuat tekan dengan rencana sehingga tidak dianjurkan untuk struktur beton.	Hasil penelitian tersebut menunjukkan kekuatan beton terjadi pada beton yang disebabkan penambahan Sika Fume mengalami kenaikan setiap sekali perlakuan atau setiap penambahan Sika Fume dan karakteristik beton porous pada umur ke 21 hari baru memiliki karakteristik seperti beton normal. Persentase porositas yang terjadi pada penelitian ini adalah 20 % dari seluruh permukaan.	Hasil penelitian tersebut menunjukkan kuat tekan beton pada umur 7, 28 dan 56 hari didapatkan rata-rata nilai kuat tekan beton ringan dengan variasi <i>silica fume</i> 7% masing-masing sebesar 7,99 Mpa, 9,62 Mpa dan 11,05 Mpa. Untuk variasi <i>silica fume</i> 14% didapatkan rata-rata nilai kuat tekan beton masing-masing sebesar 6,21 MPa, 8,57 MPa dan 9,60 MPa.	Hasil penelitian tersebut menunjukkan kuat tekan beton tertinggi pada kadar 0% batu apung dengan penambahan <i>silica fume</i> 5% dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 23,26 Mpa. Kuat tekan maksimal pada penelitian ini adalah sebesar 23,259 Mpa pada variasi pengganti parsial	

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

Penelitian Terdahulu					Penelitian yang dilakukan
Peneliti	Melloukey (2016)	Lachairoi (2017)	Ervin (2018)	Husain (2021)	Arista (2022)
Hasil Penelitian				agregat kasar dengan batu apung 0% dengan penambahan <i>silica fume</i> 5% dan kuat tekan terendah pada penelitian ini adalah sebesar 10,079 MPa pada variasi pengganti parsial agregat kasar dengan batu apung 50% dengan penambahan <i>silica fume</i> 5%.	

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton ialah elemen yang terbentuk dampak campuran dari agregat halus (*pasir*), agregat kasar (*kerikil*), serta semen *Portland* yang dipersatukan menggunakan air dalam perbandingan tertentu. Beton normal yaitu elemen yang sangat berat, berat jenisnya mencapai 2400 kg/m^3 . Beton adalah bahan bangunan yang dibentuk oleh pergeseran campuran antara semen *Portland*, air, agregat halus berupa pasir, agregat kasar berupa kerikil atau batu pecah, udara dan bahan campuran tambahan atau *additive* memakai batu apung dan *silica fume*. Campuran yang masih plastis selanjutnya dihitung kedalam cetakan dan diberikan perawatan menggunakan cara perendam dalam air atau pembahasan menggunakan air pada permukaannya.

Beton adalah material yang memiliki kuat tekan yang relatif, kuat tekan beton ditentukan dari segi faktor seperti air, semen, jenis semen, tingkat pemadatan, jenis agregat serta perawatan beton. Tetapi, beton memiliki kuat tarik yang kecil di elemen struktur yang beton itu sendiri mengalami tegangan tarik yang diperkuat memakai batang baja tulangan menjadi akibatnya berbentuk suatu struktur komposit. Sesudah itu, dikenal memakai arti beton bertulang.

Pada campuran ini akan terjadi reaksi hidrasi antara semen dengan air yang mengakibatkan terjadinya pergeseran beton serta membentuk pertambahan kekuatan. Pertambahan kekuatan ini berlangsung terus menerus dibawah suatu kelembaban dan suhu, sehingga pada pemakaian beton menjadi bahan konstruksi perlu dipilih bahan-bahan yang sesuai, dicampur serta digunakan sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan sifat-sifat spesifik yang diinginkan untuk tujuan tertentu.

3.2 Bahan Penyusun Beton

Material penyusun beton terdiri atas agregat kasar, agregat halus, semen, air, maupun bahan tambah lainnya. Berikut ini uraian masing-masing material.

3.2.1 Agregat

Agregat merupakan hasil dari batu-batuan alami atau berupa hasil mesin pemecah batu-batuan dengan memecah batu alam. Pada dasarnya beton biasanya terdapat sekitar 70-80 dan volume agregat terhadap volume keseluruhan beton, maka dari agregat itu sendiri mempunyai peranan penting dalam komposisi suatu beton (Mindess et al., 2003).

Agregat ini harus bergradasi sehingga seluruh masa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, rapat, homogen dan variasi dalam perilaku (Nawy, 1998). Dalam hal ini terdapat beberapa jenis agregat yaitu:

1. Agregat Halus

Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir. Agregat halus dapat didefinisikan sebagai agregat yang memiliki ukuran butir maksimum sebesar 5,00 mm (SNI 03-2847-2002). Agregat halus umumnya berupa pasir dengan partikel butir lebih kecil dari 5 mm atau lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.200 (ASTM C33). Berikut syarat-syarat agregat halus dalam campuran beton:

- a. Kadar lumpur atau bahan butir yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan No.200) dalam % berat maksimum:
 - 1) Beton yang mengalami abrasi, 3%
 - 2) Beton jenis lainnya, 5%
- b. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah dirapihkan maksimum 0,5%.
- c. Kandungan arang dan lignit.
- d. Bebas dari zat organik yang dapat merugikan beton dalam segi apapun.
- e. Tidak boleh mengandung bahan reaktif terhadap alkali jika agregat halus digunakan untuk membuat beton yang dalam kondisi basah dan lembab terus menerus.
- f. Sifat kekal, diuji dengan larutan garam sulfat.

- g. Modulus halus butir antara 1,5-3,8 dengan variasi butir sesuai standar gradasi pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Presentase Bahan Butiran yang Lewat Ayakan			
	Daerah I (Kasar)	Daerah II (Agak Kasar)	Daerah III (Agak Halus)	Daerah IV (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 – 75	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 (2007)

2. Agregat Kasar (*Batu Pecah*)

Agregat Kasar ialah hasil yang akan terjadi disintegrasi batuan pecah alami atau bahan yang diperoleh asal industri pemecah batu. Syarat agregat kasar yaitu:

- Agregat kasar mempunyai partikel yang lebih besar daripada 4,75 mm.
- Wajib berbutir keras dan tidak berpori.
- Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat kering.
- Tidak boleh mengandung zat yang dapat mengganggu beton seperti alkali.
- Butirannya harus bervariasi, tajam, kuat dan bersudut.

Gambar agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 3.1 di halaman selanjutnya.



Gambar 3.1 Agregat Kasar

3.2.2 Semen

Semen yang paling banyak dipakai pada pembuatan beton adalah semen *Portland*. Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling halus klingker, yang terdiri dari silikat – silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu (PBU 1982). Semen Portland merupakan bahan ikat yang memiliki peran penting dan banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi.

Menurut PUBLI 1982, Semen Portland dibagi menjadi 5 jenis berdasarkan tujuan pemakaiannya. Berikut ini merupakan jenis - jenis Semen Portland menurut PUBLI 1982.

1. Semen Portland jenis I : Untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis -jenis lainnya.
2. Semen Portland jenis II : Untuk konstruksi umumnya terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Semen Portland jenis III : Untuk konstruksi – konstruksi yang menurut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Semen Portland jenis IV : Untuk konstruksi -konstruksi yang menurut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Semen Portland jenis V : Untuk konstruksi – konstruksi yang menurut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Gambar semen dapat dilihat pada Gambar 3.2 di halaman selanjutnya.



Gambar 3.2 Semen Portland Komposit

3.2.3 Air

Air mempunyai peranan penting pada proses pengerjaan beton, hal ini dikarenakan air bisa membuat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Tidak hanya itu, air dapat mempengaruhi kuat tekan beton serta mengakibatkan lekatan antara lapisan-lapisan beton dan menghasilkan beton sebagai lemah, hal ini dikarenakan bila kelebihan air akan mengakibatkan beton sebagai *bleeding* serta air yang terlalu sedikit akan mengakibatkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat berdampak pada kekuatan beton.

Sebab pasta semen tersebut mengakibatkan dampak kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, namun perbandingan air menggunakan semen atau biasa disebut Faktor Air Semen (FAS). Air yang dapat diminum umumnya digunakan sebagai campuran beton.

3.2.4 Bahan Tambah (*Silica Fume*)

Silica fume adalah material pozzolon yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak didapatkan yang berasal dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon serta *alloy* besi silikon (dikenal menjadi gabungan antara *microsilica* dengan *silica fume*). *Silica fume* ini sendiri digunakan untuk bahan tambah atau untuk memodifikasi sifat dan ciri asal dari beton misalnya untuk mendapatkan dengan mudah dikerjakan, mempercepat pengerasan, menambah kuat tekan, penghematan

untuk tujuan lain seperti penghematan energi (Mulyono, 2004). *Silica fume* merupakan bahan pengisi (*filler*) pada beton yang mengandung kadar *silica* yang tinggi.

Menurut Neville (1999), keuntungan dari *additive silica fume* antara lain adalah mengurangi perembesan dan meningkatkan kohesi campuran. Keunggulan dari penggunaan *silica fume* dalam campuran beton sebagai berikut :

1. Meningkatkan nilai kuat tekan beton.
2. Untuk mengecilkan regangan beton.
3. Untuk meningkatkan kuat tekan, kuat lentur dan kepadatan (*density*) dari beton itu sendiri.
4. Untuk memperbesar modulus elastisitas beton.
5. Untuk mencegah retak pada beton karena penggunaan *silica fume* menyebabkan temperature beton menjadi lebih rendah.

Gambar *Silica Fume* dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Silica Fume

3.2.5 Bahan Tambah (*Batu Apung/pumice*)

Batu apung (*pumice*) yaitu jenis batuan yang berwarna terperici atau terang, mengandung buih yang berasal dari gelembung berdinding gelas, dan umumnya dianggap juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Batu apung (*pumice*) ini sendiri merupakan batuan sedimen, yaitu batuan vulkanik yang mempunyai berat jenis

yang ringan sebab sangat berpori. Jenis batu apung biasanya memiliki warna relatif kecoklatan atau keputihan.

Batu apung (*pumice*) biasanya dipergunakan sebagai agregat beton ringan dan menjadi bahan abrasif pada berbagai produk industri. Batu apung (*pumice*) mempunyai porositas tinggi, maka akibat batu apung tersebut bisa mengapung diatas air. Pada umumnya batu apung (*pumice*) ada sebagian bahan lepasan atau fragmen-fragmen pada sebuah breksi gunung api. Mineral-mineral yang terdapat di batu apung (*pumice*) biasanya feldspar, kuarsa, tridmit, dan kristobalit.

Batu apung (*pumice*) biasanya didapatkan selalu berkaitan menggunakan rangkaian gunung api berumur kuarter hingga tersier, penyebaran batu apung di Indonesia pada umumnya melingkupi wilayah Pulau Lombok, Sukabumi, Serang, Pulau Ternate dan Jawa.

Sejak jaman romawi antik atau apung sendiri telah banyak digunakan dengan cara digali, kemudian dicuci, lalu baru digunakan. Sebab bobotnya yang ringan, maka bila dipergunakan menjadi agregat pembuatan beton akan didapatkan beton yang ringan (Hidayat, 2012). Gambar batu apung dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.4 Batu Apung

3.3 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dalam penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode perencanaan campuran beton yang sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Metode ini dipergunakan sebab dari metode yang paling sederhana dengan memperoleh hasil yang akan terjadi. Langkah pada metode ini secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Menentukan nilai deviasi standar (Sd).
2. Deviasi standar sesuai berdasarkan tingkat mutu pengendalian aplikasi pencampuran betonnya. Semakin baik mutu pelaksanaannya maka semakin kecil nilai deviasi standarnya. Jika jumlah data hasil pengujian kurang dari 30 benda uji sehingga dilakukan koreksi terhadap nilai standar deviasi menggunakan faktor perkalian pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Faktor Perkalian Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor modifikasi untuk nilai deviasi standar benda uji
Kurang dari 15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Sumber: SNI-2847-2013

Nilai tambah dapat dihitung berdasarkan rumus:

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

Dengan:

M = Nilai tambah (MPa)

Sd = Deviasi standar rencana (MPa)

Jika tidak tersedia dalam catatan hasil uji terdahulu untuk perhitungan deviasi standar yang memenuhi ketentuan, maka nilai margin harus didasarkan pada Tabel 3.3 di halaman selanjutnya.

Tabel 3.3 Nilai margin jika tidak tersedia untuk menetapkan nilai deviasi standar

Persyaratan kuat tekan f'_c , MPa	Margin (m), MPa
Kurang dari 21 MPa	7,0
21 s/d 35	8,3
Lebih dari 35	10,0

Sumber : SNI – 2847 – 2013

3. Menentukan kuat tekan rata-rata rencana.

Bila aplikasi tidak mempunyai catatan atau pengalaman hasil pengujian beton pada sebelumnya yang memenuhi persyaratan tersebut maka kekuatan rata-rata perlu f'_{cr} harus ditetapkan dari Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Kekuatan rata-rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan nilai deviasi standar

Kekuatan tekan disyaratkan, MPa	Kekuatan tekan rata-rata perlu, MPa
$f'_c < 21$	$F'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$F'_{cr} = f'_c + 8,3$
$f'_c \leq 35$	$F'_{cr} = 1,10 f'_c + 5,0$

Sumber : SNI – 2847 – 2013

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan dapat digunakan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

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

Dengan:

$$F'_{cr} = \text{Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (MPa)}$$

F'_c = Kuat tekan yang disyaratkan (MPa)

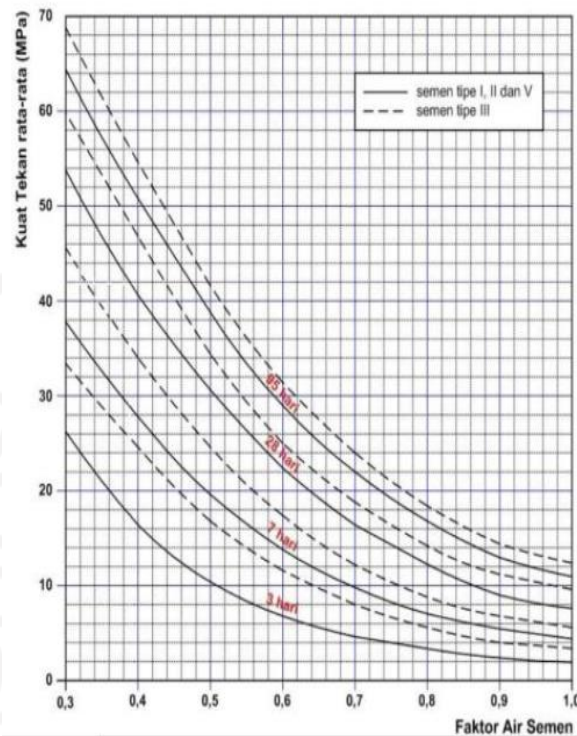
M = Nilai tambah (MPa)

4. Menetapkan jenis semen yang digunakan dalam campuran.
Jenis atau type semen yang dipakai harus dinyatakan dalam design campuran beton. Umumnya semen type I dan II yang banyak dipakai yaitu semen cepat mengeras (pengikatan awal rendah). Type semen ada lima yaitu : semen type I, II, III, IV, dan V.
5. Menentukan agregat kasar yang digunakan
6. Menentukan nilai faktor air semen dengan menggunakan hubungan type semen, kuat tekan, umur beton dan jenis agregat dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Perkiraan Kuat Tekan (MPa)

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk Uji
		Umur (Hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe 1	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



Gambar 3.5 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen

Sumber: SNI 03 – 2834 – 2000

7. Menentukan jumlah semen minimum yang digunakan dan menentukan faktor air semen dengan menggunakan Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Persyaratan Nilai FAS Maksimum untuk Berbagai Pembetonan di Lingkungan Khusus

Lokasi	Jumlah Semen Minimum Per m^3 beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :		
A. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
B. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif.	325	0,52

Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000

**Lanjutan Tabel 3.6 Persyaratan Nilai FAS Maksimum untuk Berbagai
Pembetonan di Lingkungan Khusus**

Lokasi	Jumlah Semen Minimum Per m^3 beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton diluar ruangan bangunan : A. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung. B. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325 325	0,60 0,60
Beton masuk kedalam tanah : A. Mengalami keadaan basah dan kering. B. Mendapatkan pengaruh sulfat dan alkali dari tanah.	325 -	0,55 Tabel 5
Beton yang berhubungan terus dengan air tawar dan air laut		Tabel 6

Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000

8. Menentukan nilai.

Untuk menetapkan nilai slump memerlukan pengalaman pelaksanaan beton, tetapi untuk ancang-ancang slump dapat dijadikan patokan seperti tabel penetapan nilai slump tergantung dari :

- a. Cara pengangkutan (*belt conveyer*, pompa, manual, gerobak, dan lain-lain).
- b. Cara pengecoran atau penuangan pada acuan.
- c. Cara pemadatan atau penggetaran (alat getar / *triller*, *hand vibrator*).
- d. Jenis atau tujuan struktur.

9. Menentukan ukuran butir agregat maksimum.

10. Menetapkan kadar air bebas agregat campuran dengan Persamaan 3.3 berikut.

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3}Wh + \frac{2}{3}Wk \quad (3.3)$$

Dengan :

Wh = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus.

Wk = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.

Nilai Wh dan Wk diatas dapat diperoleh Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m³)

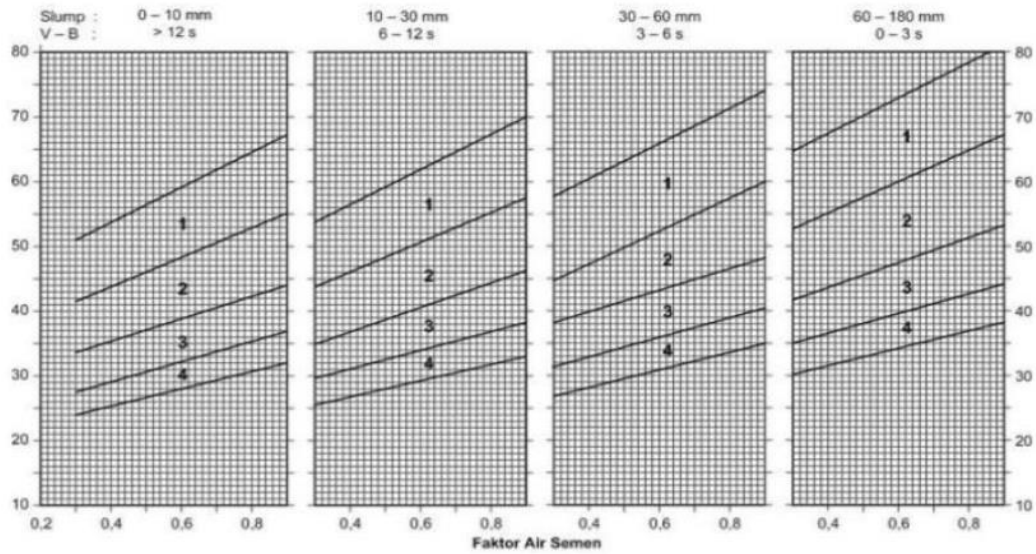
Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	-	-	-	-
10	Batu tak dipecakan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecakan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecakan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834-2000

11. Menghitung kadar semen yang dipakai per kubik beton dengan Persamaan 3.4 berikut.

$$\text{Jumlah semen per kubik beton} = \frac{\text{Kadar air bebas}}{FAS} \quad (3.4)$$

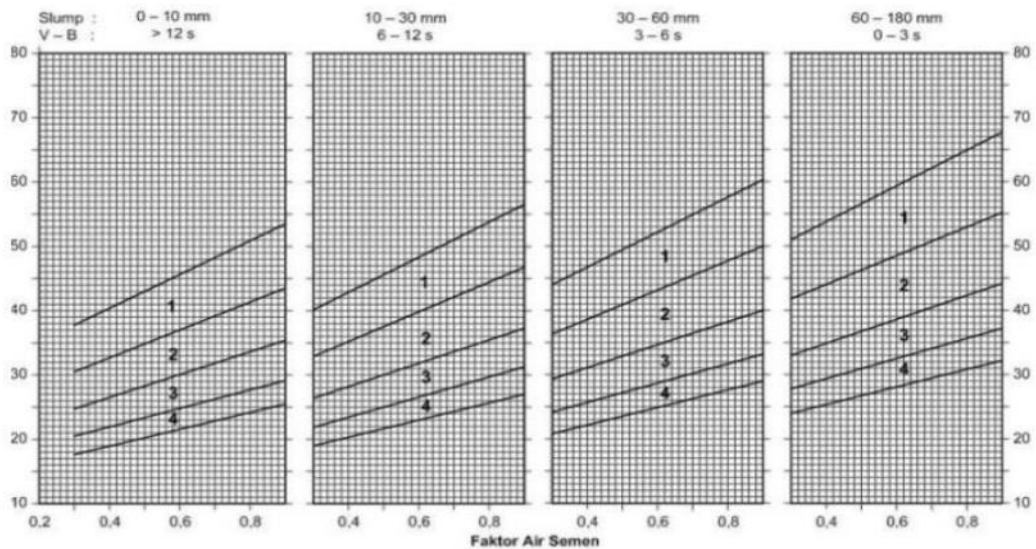
12. Menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar dengan grafik berikut.



Grafik 13: Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan
Untuk ukuran butir maksimum 10 mm

**Gambar 3.6 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat
(Ukuran Butir Maksimum 10 mm)**

Sumber: SNI 03-2834-2000



Grafik 14: Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan
Untuk ukuran butir maksimum 20 mm

**Gambar 3.7 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat
(Ukuran Maksimum 20 mm)**

Sumber: SNI 03-2834-2000

Langkah dari grafik diatas untuk menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar sebagai berikut.

- a. Menentukan grafik yang akan digunakan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang direncanakan.
 - b. Setelah menentukan grafik yang akan digunakan, lalu tarik garis vertikal ke atas sampai kurva yang paling atas diantara 2 kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir.
 - c. Lalu tarik garis horizontal ke kanan, baik untuk kurva batas atas maupun batas bawah yang berada di daerah gradasi.
 - d. Ambil rata-rata dar kedua nilai tersebut.
13. Penetapan berat jenis spesifik dari agregat yang diambil dari data hasil uji dengan menggunakan Persamaan 3.5 berikut.

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

Dengan:

BJ_{AG} = Berat Jenis Agregat Gabungan.

BJ_{AK} = Berat Jenis Agregat Kasar.

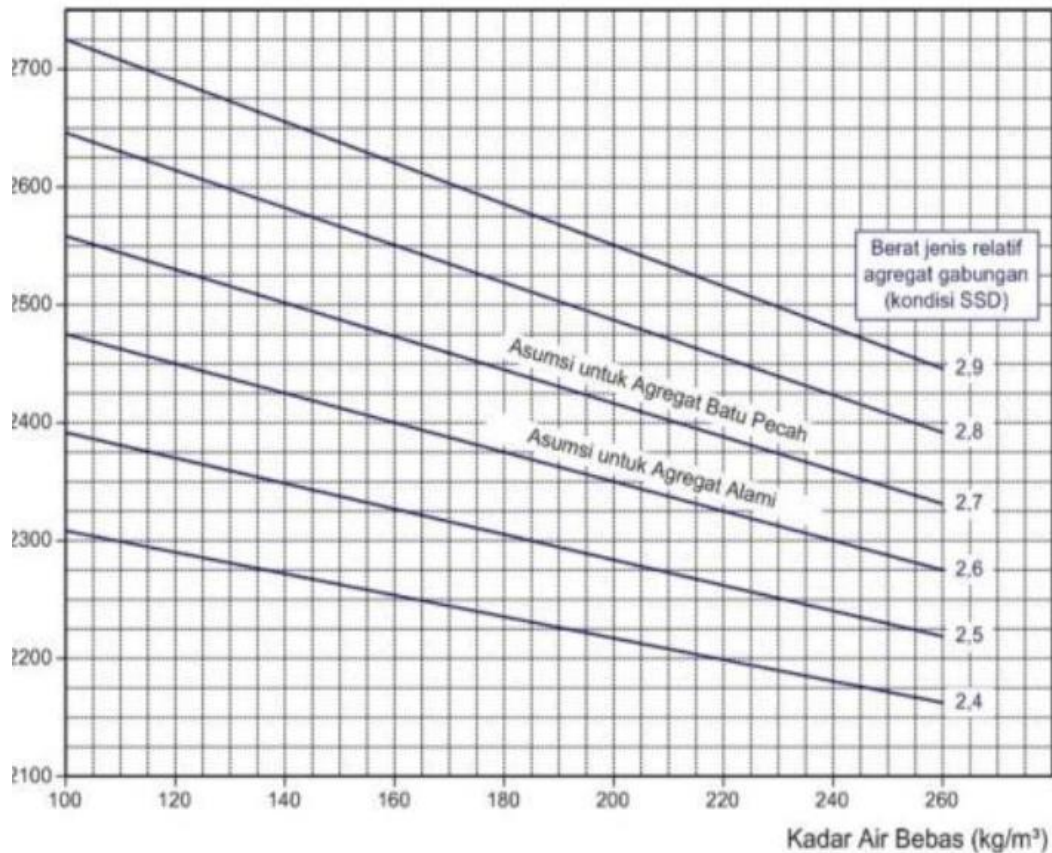
BJ_{AH} = Berat Jenis Agregat Halus.

$\%AH$ = Persentase Agregat Kasar.

$\%AK$ = Persentase Agregat Kasar.

14. Penentuan berat volume beton segar (*basah*).

Berat volume basah beton dapat diperkirakan dengan menggunakan Gambar 3.8 yaitu grafik hubungan antara berat volume basah beton, kadar air bebas, dan berat jenis gabungan SSD yang dinyatakan dalam bentuk grafik berikut.



Gambar 3.8 Grafik hubungan kadar air, berat jenis gabungan dan berat beton

Sumber: SNI 03 – 2834 – 2000

15. Menghitung kadar agregat gabungan dengan menggunakan Persamaan 3.6 berikut.

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

16. Menghitung kadar agregat halus dan kadar agregat kasar dengan menggunakan Persamaan 3.7 dan 3.8 berikut.

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

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

17. Menghitung kadar *Sica Fume* yang akan digunakan dari berat semen yang telah didapatkan.
18. Menghitung kadar Batu Apung (*pumice*) dari berat total agregat kasar.

3.4 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton mempresentasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pada mutu beton yang dihasilkan. Kuat tekan beton merupakan perbandingan antara beton terhadap luas penampang beton. Kuat tekan silinder beton dapat dihitung dengan Persamaan 3.9 di halaman selanjutnya. (Tjokrodinuljo, 2007).

$$f'c = \frac{P_{maks}}{A} \quad (3.9)$$

Dengan :

$f'c$ = Kuat tekan (MPa)

P_{maks} = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji tertekan (mm^2)

3.5 Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat Tarik belah bertujuan untuk mengevaluasi struktur komponen beton yang menggunakan agregat terkait ketahanan geser. Nilai kuat tarik tersebut didapatkan dari hasil benda uji yang dilakukan pembebanan secara mendatar sejajar dengan mesin uji tekan yang masuk dalam syarat ASTM C39/C39M (SNI-2491-2014). Pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode SNI-2491-2014 dan ASTM C4946/C496M-04. Perhitungan kuat tarik belah beton untuk luasan yang dipakai adalah dari luas selimut silinder beton, sehingga dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut.

$$T = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot L \cdot D} \quad (3.10)$$

Dengan :

T = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban maksimum (N)

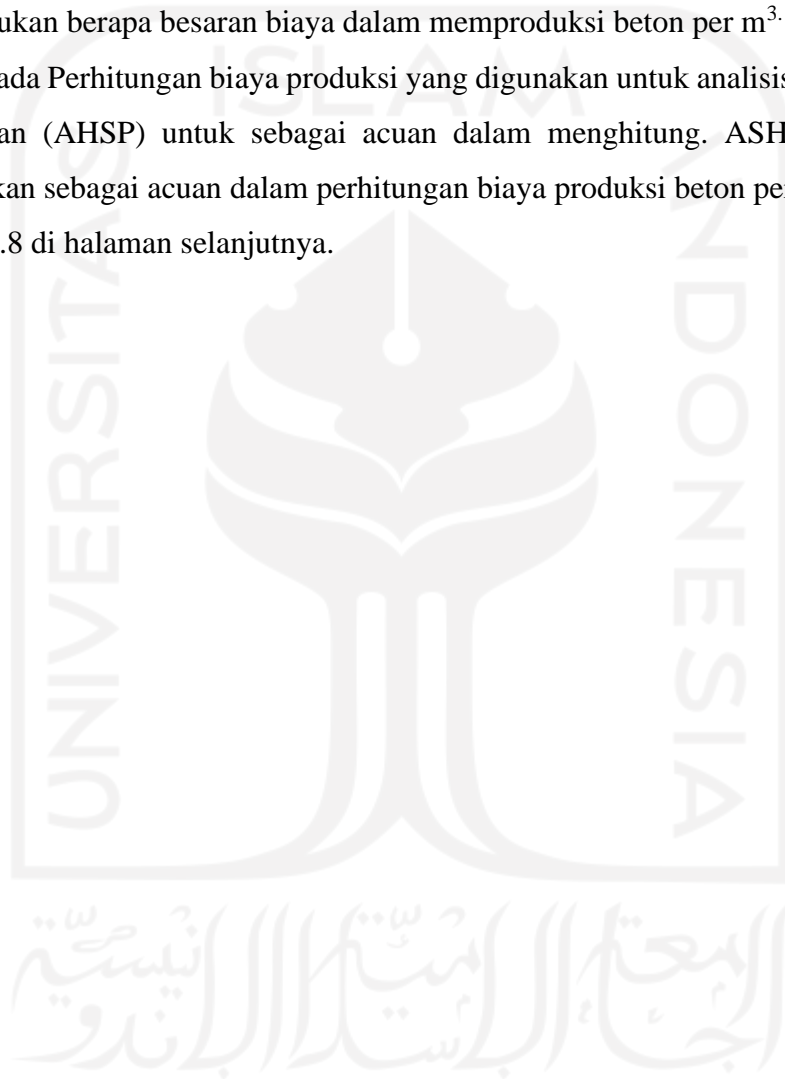
L = Panjang benda uji (mm)

D = Diameter benda uji (mm)

3.6 Perhitungan Biaya Produksi Beton Per m³

Menurut Mursyid (2008), biaya ialah suatu pengorbanan dari sumber ekonomi yang berwujud atau tidak terwujud dengan ukuran dalam satuan uang yang telah terjadi untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Dalam perhitungan biaya yang dimaksud ini ialah perhitungan biaya produksi beton per m³ yang bertujuan untuk menentukan berapa besaran biaya dalam memproduksi beton per m³.

Pada Perhitungan biaya produksi yang digunakan untuk analisis harga satuan pekerjaan (AHSP) untuk sebagai acuan dalam menghitung. ASHP yang akan digunakan sebagai acuan dalam perhitungan biaya produksi beton per m³ disajikan Tabel 3.8 di halaman selanjutnya.



Tabel 3.8 Harga Satuan Untuk m³ Beton mutu, f'c = 26,4 MPa (K300) kedap air, slump (12±2) cm

No.	Uraian	Kode	Satuan	Koedf	Harga Satuan (Rp))	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	1.65	Rp 117,000	Rp 193,050
2	Tukang batu	L.02	OH	0.275	Rp 165,000	Rp 45,375
3	Kepala tukang	L.03	OH	0.028	Rp 180,000	Rp 5,040
4	Mandor	L.04	OH	0.165	Rp 180,000	Rp 29,700
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp 273,165
B	Bahan					
	Semen Portland		Kg	413	Rp 1,275.00	Rp 526,575
	Pasir Beton		M3	618	Rp 321.00	Rp 198,378
	Kerikil		M3	1021	Rp 350.00	Rp 357,350
	Air		Liter	215	Rp 500.00	Rp 107,500
Jumlah Harga Bahan						Rp 1,189,803
C	Peralatan					
Jumlah Harga Peralatan						Rp -
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					Rp 1,462,968
E	Overhead + Profit (Contoh 15%)			0% x D		
F	Harga Satuan Pekerjaan per - m³ (D+E)					Rp 1,462,968

(Sumber: Permen PUPR RI Nomor 28/PRT/M/2016)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian merupakan suatu langkah umum atau metode yang dilakukan disuatu penelitian dalam suatu masalah, kasus, fenomena atau yang lain secara eksperimen untuk mendapatkan hasil yang rasional. Dalam penelitian ini yang akan dilakukan termasuk kedalam jenis penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen ini merupakan suatu penelitian yang dilaksanakna dengan cara membuat variasi pada variabel bebas sehingga berpengaruh terhadap variable terkait.

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknil Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

4.3 Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan dan alat yang digunakan adalah sebagai berikut.

4.3.1 Bahan Penelitian

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

1. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

2. Semen

Semen yang dipakai merupakan semen jenis *Portland* tipe I dengan merk Tiga Roda.

3. Agregat

Agregat dibedakan menjadi dua ialah agregat halus (*pasir*) dan agregat kasar (*batu pecah*). Pada penelitian ini menggunakan agregat halus (*pasir*) dan agregat kasar (*batu pecah*).

4. Silica Fume

Bahan tambah yang dipakai dalam penelitian ini adalah *silica fume* dengan merek sika fume dari PT. Sika Indonesia dengan variasi 10% dari berat semen.

5. Batu Apung (*pumice*)

Batu apung (*pumice*) yang digunakan merupakan batu apung jenis batuan beku dengan variasi yang digunakan sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari berat agregat kasar (*batu pecah*).

4.3.2 Peralatan Penelitian

Untuk memperoleh hasil yang sesungguhnya untuk menunjang penelitian ini, diperlukan beberapa peralatan dengan kondisi yang baik. Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Timbangan

Timbangan merupakan sebuah alat untuk menimbang bahan-bahan penyusun beton dan benda uji sebelum melakukan pengujian. Timbangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan digital.

2. Gelas Ukur

Gelas ukur merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur dan menakar jumlah material berbahan cair seperti air yang diperlukan dalam pembuatan adukan beton.

3. Saringan Agregat

Saringan merupakan suatu alat yang berfungsi dalam Pengujian Analisis Lolos Saringan terhadap agregat halus dan agregat kasar.

4. Cetakan Silinder

Cetakan silinder merupakan cetakan yang berfungsi untuk membentuk adukan beton yang telah berbentuk silinder sebagai benda uji. Cetakan silinder yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

5. Alat Ukur

Alat ukur terdapat beberapa yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya yaitu: mistar dan kaliper. Kedua alat ukur ini berfungsi untuk mengukur dimensi dari suatu benda uji yang akan diuji. Mistar juga dapat digunakan untuk mengukur tinggi nilai *slump*.

6. Oven

Pada penelitian ini akan menggunakan oven yang berfungsi untuk mengeringkan bahan-bahan penyusun beton yaitu agregat.

7. Ember

Ember merupakan suatu alat yang berfungsi untuk menampung berbagai material seperti air, agregat, semen dan material lainnya. Selain ember juga berfungsi untuk membantu memasukkan material kedalam *mixer*.

8. Kerucut Abrams

Kerucut Abrams merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengukur nilai *slump* pada saat beton dalam kondisi segar setelah *mixer*.

9. Tongkat Penumbuk

Tongkat penumbuk merupakan suatu alat yang berfungsi untuk memadatkan campuran beton pada Kerucut Abrams.

10. *Mixer* Beton

Mixer Beton adalah mesin pengaduk yang digunakan dalam pembuatan campuran beton yang terbuat dari berbagai bahan penyusun beton untuk menghasilkan beton segar. *Mixer* Beton yang digunakan dalam penelitian ini berkapasitas m^3 dan dimiliki oleh Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

11. Alat Pengujian Beton

Penelitian yang akan dilakukan terdiri dari 2 jenis pengujian yaitu pengujian Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Belah Beton.

4.4 Tahapan Penelitian

Diperlukan adanya suatu prosedur atau tahapan-tahapan yang tersusun dengan baik dan sistematis agar penelitian yang dilakukan akurat dan memenuhi tujuan penelitian.

4.4.1 Persiapan Bahan

Persiapan bahan merupakan tahapan yang sangat penting untuk dilakukan sebelum melakukan penelitian. Tahapan ini dilakukan agar bahan memiliki mutu yang baik dan sesuai dengan yang disyaratkan. Terdapat beberapa persiapan yang dilakukan diantaranya adalah pembersihan material. Adapun beberapa persiapan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan material khusus

Pada tahap persiapan material khusus, terdapat beberapa material penyusun beton yang harus disiapkan diantaranya adalah agregat halus, agregat kasar, air, semen, dan material lainnya. Pada penelitian ini terdapat material tambahan lainnya yaitu Batu Apung dan *silica fume*.

2. Pembersihan material

Pembersihan material dilakukan pada agregat kasar ataupun agregat halus. Pembersihan dilakukan bertujuan untuk menghasilkan material yang memenuhi persyaratan dalam campuran beton.

3. Pengujian material

Sebelum membuat campuran beton, perlu dilakukan pengujian material untuk memenuhi karakteristik dan klasifikasi agregat.

Berikut beberapa pengujian agregat halus (*pasir*) yang dilakukan, sebagai berikut :

- a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Langkah-langkah dari pengujian diatas adalah sebagai berikut:

- 1) Agregat halus dalam keadaan jenuh kering permukaan atau biasa disebut *saturated surface dry (SSD)*.
- 2) Benda uji dimasukkan pada oven dan dikeringkan pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sehingga berat uji tetap, dimana setelah proses penimbangan dan pengeringan selama 3 kali proses dengan jarak waktu 2 jam tidak terjadi

perubahan kadar air yang melebihi 0,1%. Setelah itu dilakukan perendaman selama 24 ± 4 jam dalam air.

- 3) Setelah perendaman, buang air rendaman dan pastikan tidak terdapat butiran yang terbang, letakkan agregat pada pan kemudian dikeringkan di udara panas sampai mencapai jenuh permukaan.
- 4) Masukkan 500 gr benda uji ke dalam piknometer dan masukkan air sampai terisi sekitar 90% isi piknometer.
- 5) Pada kondisi miring, putarkan piknometer yang berisi agregat halus dan air ke arah kiri dan ke arah kanan sampai gelembung udara yang terdapat pada agregat hilang.
- 6) Timbang berat piknometer, agregat halus beserta air dan catat hasilnya.
- 7) Dengan menggunakan pan, letakkan agregat halus dari piknometer kemudian keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
- 8) Timbang piknometer dalam keadaan kosong kemudian catat beratnya.
- 9) Setelah 24 jam dalam oven, keluarkan agregat lalu timbang dan catat beratnya.
- 10) Berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis semu dan penyerapan air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a) Berat jenis curah, gram/cm}^3 \\ &= \frac{BK}{B+500-Bt} \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} \text{b) Berat jenis jenuh kering permukaan} \\ &= \frac{500}{B+500-Bt} \end{aligned} \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} \text{c) Berat jenis semu} \\ &= \frac{BK}{B+Bk-Bt} \end{aligned} \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} \text{d) Penyerapan air} \\ &= \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \end{aligned} \quad (4.4)$$

b. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus merupakan hasil benda uji yang lolos dalam saringan 4,75 mm (No.4). langkah-langkah pengujian Analisa saringan agregat halus adalah sebagai berikut:

- 1) Keringkan benda uji menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ hingga berat benda uji tetap.
- 2) Keluarkan benda uji dari oven kemudian di inginkan.
- 3) Susun saringan dimulai dari ukuran terbesar ke terkecil dengan ukuran saringannya meliputi 9,5 mm; 4,75 mm (No. 4); 2,36 mm (No. 8); 1,18 mm (No. 16); 0,600 mm (No. 30); 0,300 mm (No. 50); 0,150 mm (No. 100), dan pan.
- 4) Masukkan benda uji kedalam saringan dari ukuran terbesar menuju terkecil kemudian lakukan proses penyaringan dengan bantuan mesin ayak, lakukan proses penyaringan selama 10-15 menit.
- 5) Ambil benda uji yang tersaring pada setiap ukuran saringan lalu letakan diatas pan untuk ditimbang dan dicatat beratnya.

c. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak kandungan lumpur yang ada dalam pasir. Adapun langkah-langkah dari pengujian kadar lumpur agregat halus berdasarkan BSN (1990), sebagai berikut:

- a. Langkah pertama pasir dan gelas ukur 1000 ml di siapkan untuk pengujian.
- b. Lalu pasir yang sudah disiapkan dimasukan ke dalam gelas ukur sebanyak 1000 ml.
- c. Kemudian air dimasukkan ke dalam gelas ukur yang berisi pasir.
- d. Setelah itu gelas ukur yang berisi pasir dan air digoyangkan hingga tercampur. Lalu di diamkan selama 24 jam.
- e. Setelah itu di ukur tinggi lumpur yang mengendap diatas pasir.
- f. Langkah terakhir menghitung kandungan lumpur yang berada di pasir.

Berikut beberapa pengujian agregat kasar (*batu apung* dan *batu pecah*) yang dilakukan, sebagai berikut:

- a. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar (*batu apung* dan *batu pecah*)

Pengujian ini merupakan pengujian dimana benda uji tidak lolos pada saringan 4,75 mm (N0.4). Langkah-langkah pengujian Analisa saringan agregat kasar adalah sebagai berikut.

- 1) Keringkan benda uji menggunakan oven dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat benda uji tetap.
- 2) Keluarkan benda uji dari oven kemudian di dinginkan.
- 3) Susun saringan dimulai dari ukuran terbesar ke terkecil dengan ukuran saringannya meliputi 9,5 mm; 4,75 mm (No. 4); 2,36 mm (No.8); 1,18 mm (No. 16); 0,600 mm (No. 30); 0,300 mm (No. 50); 0,150 mm (No. 100), dan pan.
- 4) Masukkan benda uji kedalam saringan dari ukuran terbesar menuju terkecil kemudian lakukan proses penyaringan dengan bantuan mesin ayak, lakukan proses penyaringan selama 10-15 menit.
- 5) Ambil benda uji yang tersaring pada setiap ukuran saringan lalu letakan diatas pan untuk ditimbang dan dicatat beratnya.
- 6) Setelah mendapat hasil pengukuran dari berat masing-masing benda uji yang tersaring, hitung Modulus Halus Butir (MHB) untuk agregat dengan menggunakan persamaan berikut :

$$MHB = \frac{\sum \text{Berat tertinggi kumulatif}}{100}$$

- b. Pengujian berat volume padat/gembur kasar (*batu apung dan batu pecah*)

Untuk langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut :

- 1) Keringkan benda uji menggunakan oven dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat benda uji tetap.
- 2) Keluarkan benda uji dari oven kemudian di dinginkan.
- 3) Lakukan pengukuran pada silinder, kemudian catat dimensi dan beratnya.
- 4) Pada pengujian berat volume padat, agregat halus dimasukkan ke dalam silinder ukur sebanyak 1/3 bagian dari tinggi silinder dan setiap bagian ditumbuk 25 kali secara merata, kemudian lakukan hingga volume penuh.

- 5) Pada pengujian berat volume gembur, agregat halus dimasukkan ke dalam silinder ukur sampai terisi penuh tanpa pemadatan secara ditumbuk kemudian ratakan.
 - 6) Lakukan penimbangan berat terhadap silinder ukur yang sudah terisi benda uji dan catat beratnya.
 - 7) Berat volume di hitung menggunakan dari hasil penimbangan.
- c. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (*batu apung* dan *batu pecah*)

Untuk langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Pastikan benda uji bersih dari kotoran pada permukaan dengan dicuci terlebih dahulu.
- 2) Keringkan benda uji pada oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, setelah itu dinginkan selama 3 jam.
- 3) Setelah mencapai kondisi SSD, timbang agregat sebanyak 500 gr kemudian ditempatkan dalam keranjang dan dicelupkan kedalam air. Catat beratnya.
- 4) Letakkan agregat pada pan, lalu keringkan selama ± 24 jam didalam oven.
- 5) Setelah 24 jam, keluarkan agregat lalu timbang dan catat beratnya.
- 6) Berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis semu dan penyerapan air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

a) Berat jenis curah (*bulk specific gravity*)

$$= \frac{BK}{Bj - Ba} \quad (4.5)$$

b) Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD)

$$= \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (4.6)$$

c) Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

$$= \frac{BK}{Bk - Ba} \quad (4.7)$$

d) Penyerapan

$$= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (4.8)$$

4.4.2 Pembuatan Benda Uji

Dalam pembuatan benda uji beton ini bahan-bahan yang di butuhkan yaitu air, semen, pasir merapi, batu pecah (*clereng*), batu apung (*pumice*) dari daerah Sumbawa dan *sica fume* sebagai bahan tambah. Bahan-bahan tersebut sudah dilakukan dan lolos spesifikasi. Berikut adalah langkah-langkah dalam pembuatan benda uji:

- a. Alat dan bahan yang digunakan disiapkan untuk melakukan penelitian.
- b. Lalu bahan yang di butuhkan di timbang sesuai perencanaan campuran beton (*mix design*).
- c. Batu pecah, dan pasir di masukkan ke dalam *mixer* terlebih dahulu, lalu di aduk sampai merata. Lalu batu apung (*pumice*) dan *silica fume* sebagai bahan tambah di masukkan ke dalam *mixer* sesuai dengan persenan variasi yang telah di rencanakan. Lalu di aduk kembali hingga semua bahan material tercampur. Setelah itu air di masukkan secara bertahap sampai merata dan di dapatkan campuran yang homogen.
- d. Setelah campuran merata dan homogen, lalu adukan beton segar di keluarkan dari *mixer* dengan cara menuangkannya ke dalam ember.
- e. Setelah itu menentukan nilai *slump* dengan cara adukan beton segar dimasukkan ke dalam kerucut *abrams* sebanyak 1/3 dari volume kerucut *abrams*, lalu di tusuk-tusuk menggunakan tongkat penumbuk sebanyak 25 kali. Hal ini dilakukan untuk lapisan kedua dan ketiga sampai penuh. Setelah itu kerucut *abrams* di angkat dengan hati-hati tanpa gerakan lateral atau torsional. Kemudian penurunan beton segar di ukur menggunakan penggaris atau meteran.
- f. Setelah nilai *slump* di dapatkan, lalu adukan beton segar di masukkan ke dalam cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. pengisian beton segar dilakukan secara bertahap. 1/3 volume silinder, pengisian beton segar harus di tumbuk menggunakan tongkat penumbuk sebanyak 25 kali. Hal ini di lakukan

untuk lapisan kedua dan ketiga sampai penuh. Hal tersebut dilakukan agar beton dapat terisi dengan padat.

- g. Kemudian cetakan yang sudah terisi penuh di beri tanda, seperti tanggal pengecoran, kode beton, dan umur beton.
- h. Setelah 24 jam, benda uji dapat di lepas dari cetakan silinder.
- i. Lalu benda uji di timbang untuk mendapatkan berat dari masing-masing benda uji. Kemudian perawatan beton (*curing*) dilakukan di dalam bak yang berisi air.

Sampel uji ini memiliki bentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, sampel uji dalam penelitian ini di gunakan untuk pengujian Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Belah Beton. Standar yang digunakan dalam pembuatan benda uji berdasarkan SNI-2493-2011 tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium dengan umur pengujian selama 28 hari. Berdasarkan penjelasan tersebut, di dapatkan jumlah benda uji dari variasi penambahan bahan tambah yang dapat di lihat pada Tabel 4.1 di halaman selanjutnya.

Tabel 4.1 Rician Sampel Pengujian Beton

Jenis Pengujian	Kode Sampel	Persentase penggunaan Batu Apung (%)	Persentase penggunaan Silica Fume (%)	Jumlah Sampel	Total Sampel
Kuat Tekan Beton Ringan	A (<i>Beton Normal</i>)	0%	0%	5	35
	A1	0%	10%	5	
	A2	10%	10%	5	
	A3	20%	10%	5	
	A4	30%	10%	5	
	A5	40%	10%	5	
	A6	50%	10%	5	
Kuat Tarik belah Beton Ringan	A (<i>Beton Normal</i>)	0%	0%	5	35
	A1	0%	10%	5	
	A2	10%	10%	5	
	A3	20%	10%	5	
	A4	30%	10%	5	
	A5	40%	10%	5	
	A6	50%	10%	5	
Total Sampel					70

4.4.3 Perawatan Benda Uji

Pada pengujian ini, perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam di dalam bak air yang bersumber dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Perendam benda uji dilakukan setelah benda uji mengeras atau *final setting*. Perawatan benda uji dimaksudkan untuk mendapatkan kuat tekan

beton yang tinggi, agar proses hidrasi selanjutnya tidak terganggu dan untuk memperbaiki mutu.

4.4.4 Pengujian Benda Uji

Pengujian kuat tekan beton ini berdasarkan pada standar yang berlaku (BSN, 2011). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Belah Beton pada umur beton 28 hari. Adapun langkah-langkah pengujian benda uji, yaitu :

- a. Beton di keluarkan dari dalam rendaman sehari sebelum pengujian kuat tekan beton.
- b. Beton yang akan di uji di ukur dimensinya menggunakan kaliper dengan ketelitian 0,05 mm.
- c. Beton yang sudah di ukur di masukkan ke dalam mesin uji tekan *Concrete Compression Tester Machine*. Kemudian mesin tersebut di jalankan.
- d. Pembebanan di hentikan ketika beton mengalami kerusakan, lalu beton di keluarkan dari mesin uji tekan *Concrete Compression Tester Machine*.
- e. Setelah itu di dapatlah nilai Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Belah Beton.

4.5 Prosedur Pengujian

Penelitian ini di lakukan dengan beberapa cara yang berbeda. Masing-masing pengujian ini akan memiliki langkah-langkah pengujian yang di lakukan secara metodis dan procedural.

4.5.1 Slump Test

Pengujian slump disebut *workability test*. Pengujian ini bertujuan untuk memilih kemudahan pengerjaan dari beton tersebut. Masing-masing pengujian ini akan memiliki langkah-langkah pengujian yang dilakukan secara metodis dan procedural.

1. Isi kerucut Abrams dengan campuran beton segar setiap 1/3 bagian. Setiap bagian lakukan penumbukan dengan besi berdiameter 16 mm sebanyak 25 kali secara merata.
2. Lakukan penumbukan pada setiap bagian merata hingga kerucut *Abrams* terenuhi beton segar.

3. Diamkan campuran beton segar selama 30 detik, kemudian kerucut *Abrams* diangkat secara vertikal untuk mencegah beton segar runtuh. Setelah itu kerucut *Abrams* ditempatkan didekat campuran beton yang telah dicetak dalam cetakan silinder dan ukur tinggi slump dengan penggaris.

Pengujian nilai *slump* dikerjakan berdasarkan standar SNI-1972-2008. Nilai slump dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$S = T_a - T_r$$

Dengan:

S = Slump, T_a = Tinggi awal, T_r = Tinggi runtuh

4.5.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Untuk langkah-langkah pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat dan benda uji.
2. Melakukan pengukuran dimensi dan berat pada benda uji.
3. Apabila silinder pada permukaan atas tidak rata, maka perlu di tambahkan belerang yang sudah di panaskan terlebih dahulu hingga mencair lalu di tuangkan pada cetakan, langkah selanjutnya adalah meletakkan permukaan beton yang tidak rata pada cetakan yang sudah di beri belerang cair dan tunggu sampai mengeras.
4. Letakkan benda uji pada mesin uji tekan beton dengan posisi sentris. Kemudian jalankan mesin dengan beban di tambahkan secara konstan sebesar 5 kN/detik.
5. Lakukan pembebanan pada benda uji sampai hancur dan catat angka beban maksimum yang di dapat selama pengujian.

4.5.3 Pengujian Kuat Tarik Beton

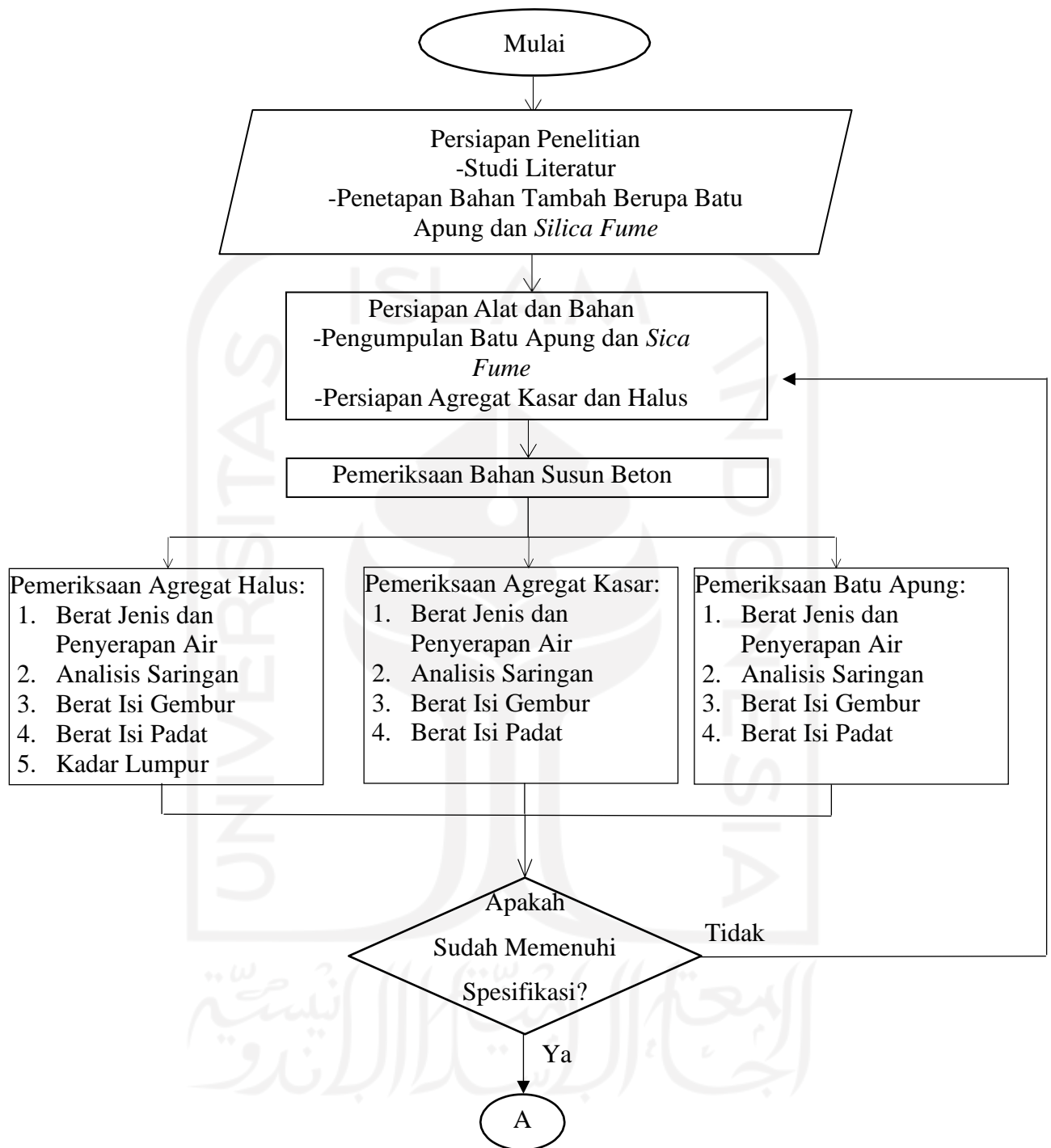
Untuk langkah-langkah pengujian kuat tarik belah beton adalah sebagai berikut.

1. Siapkan alat yang akan digunakan dalam pengujian ini.
2. Melakukan pengukuran dimensi dan berat pada benda uji.
3. Memberi tanda pada benda uji untuk menggambar garis tengah di kedua sisi ujung benda uji, hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa kedua garis tengah berada pada bidang aksial yang sama.

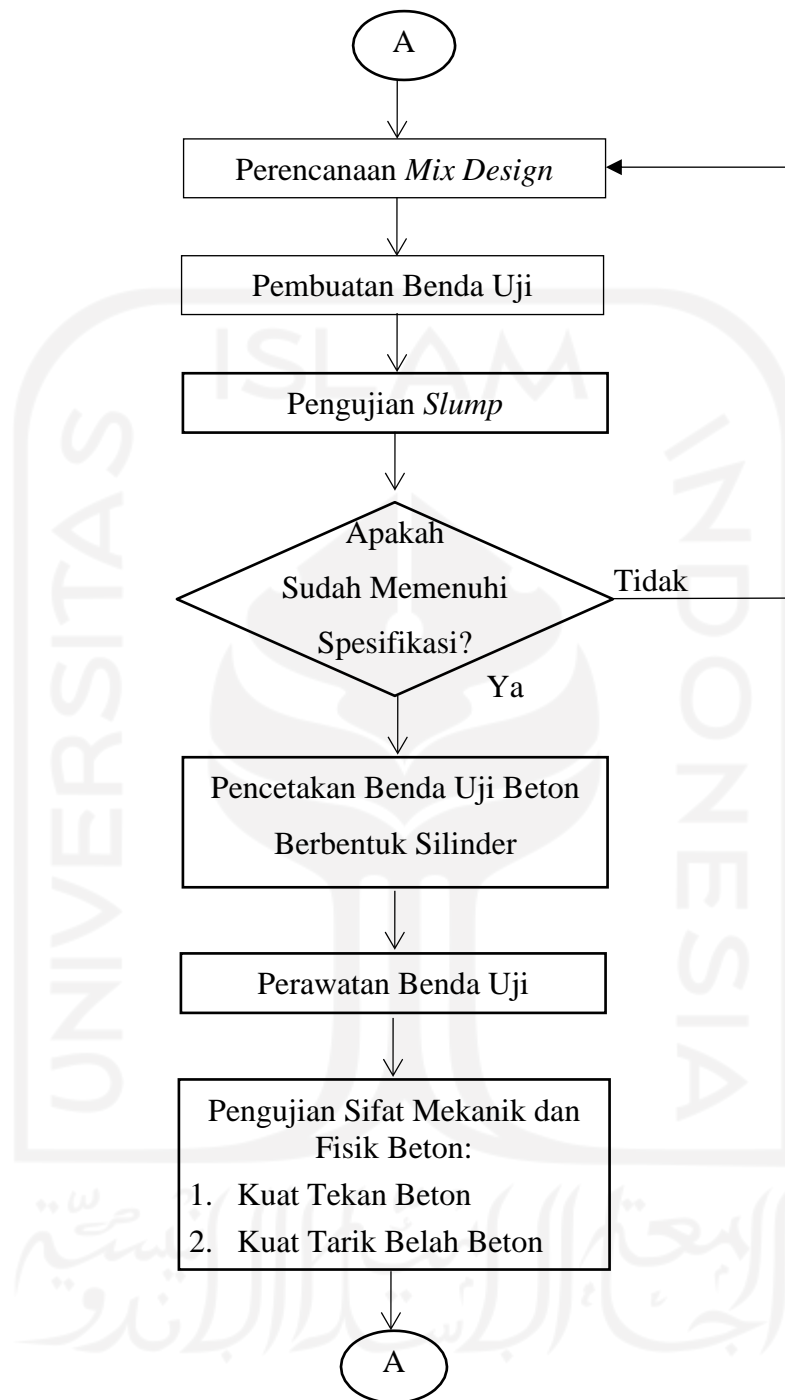
4. Memasang bantalan bantu pembebanan dimensi uji pada bagian tengahnya tepatnya pada bagian atas meja tekan bagian bawah.
5. Menempatkan benda uji diatas bantalan yang terbuat dari kayu sehingga tanda garis tengah pada benda uji tegak lurus dengan titik pusat bantalan.
6. Letakkan bantalan bantu pembebanan yang terbuat dari kayu lapis dua diatas benda uji, posisikan agar titik tengah berpotongan dengan garis tengah yang ada pada benda uji bagian ujung silinder.
7. Mengatur posisi hingga proyeksi dari bidang yang di tandai dengan garis tengah dikedua ujung benda uji bertemu dengan titik tengah bagian atas meka penekan mesin uji.
8. Jalankan mesin uji tekan dengan memberikan beban secara menerus tanpa sentakan dengan kecepatan yang konstan berkisar 0,7-1,4 MPa/detik hingga benda uji hancur terbelah menjadi dua.
9. Catat angka beban maksimum yang di dapatkan dari hasil pengujian.

4.6 Bagan Alir Penelitian

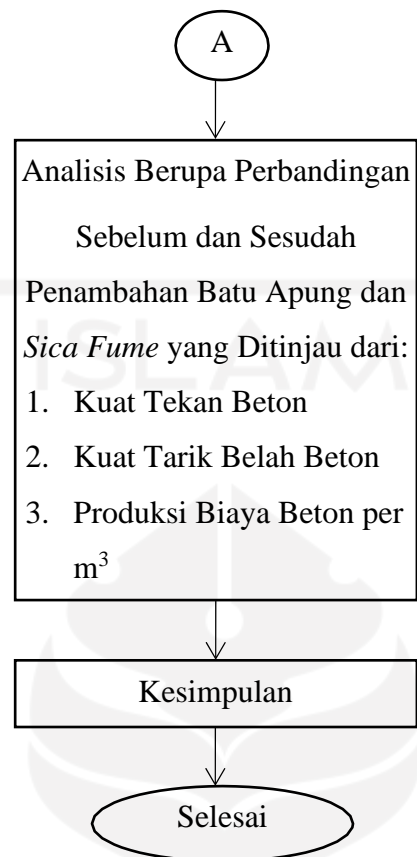
Dalam penelitian ini dibuat bagan alir atau *flowchart* yang menunjukkan urutan atau tahap-tahap pekerjaan yang akan dilakukan selama penelitian. Bagan alir atau *flowchart* dapat dilihat pada Gambar 4.1 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.1 Flowchart Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.1 Flowchart Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.1 Flowchart Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DATA PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan dengan secara teliti dan hati-hati dan mendapatkan hasil disetiap pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Hasil dari analisis yang diperoleh dalam penelitian ini akan dijelaskan dibawah ini agar dapat diketahui nilai kuat tekan beton dan nilai kuat tarik belah beton.

5.1 Pemeriksaan Agregat Kasar (*Split/Kerikil*)

Pemeriksaan agregat kasar dilakukan melalui pengujian laboratorium untuk mendapatkan sifat-sifat agregat yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton. Bahan penyusun beton yang memiliki persentase paling tinggi dibandingkan bahan lain yaitu agregat kasar. Sehingga agregat kasar memiliki pengaruh yang besar terhadap kekuatan pada beton. Pada pengujian agregat kasar mencakup Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air, Analisis Saringan, Berat Isi Gembur, dan Berat Isi Padat. Berikut ini hasil untuk setiap Pengujian Agregat Kasar sebagai berikut.

5.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Berat jenis dan penyerapan air dilakukan pengujian pada agregat kasar untuk memperoleh berat jenis curah, berat jenis kering permukaan (SSD), berat jenis semu, dan penyerapan air. Nilai berat jenis agregat kasar digunakan untuk menentukan berat jenis jenuh kering permukaan agregat gabungan pada *mix design*. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar dapat dilihat pada Tabel 5.1 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel	Sampel	Rerata
	1	2	
Berat agregat kasar kering mutlak, gram (B_k)	4785	4887	4836
Berat agregat kasar kondisi jenuh kering permukaan (SSD), gram (B_j)	5000	5000	5000
Berat agregat kasar dalam air, gram (B_a)	3098	3134	3116
Berat jenis curah, (B_k/B_j-B_a)	2,516	2,619	2,567
Berat jenis jenuh kering permukaan, (B_j/B_j-B_a)	2,629	2,680	2,654
Berat Jenis semu, (B_k/B_k-B_a)	2,836	2,788	2,812
Penyerapan air, (B_j-B_k)/ $B_k \times 100\%$, %	4,493	2,312	3,403

Pada pemeriksaan agregat kasar ini melalui pengujian berat jenis dan penyerapan air didapatkan hasil berat jenis jenuh kering permukaan sebesar 2,654 gram/cm³. Syarat dari nilai tersebut sebesar 2,5 gram/cm³ -2,7 gram/cm³ yang berarti hasil pengujian ini memenuhi persyaratan SNI 03-1969-1990. Dan hasil nilai penyerapan air dari agregat kasar ini didapatkan nilai sebesar 3,403%. Maka agregat kasar dapat digunakan untuk bahan campuran beton.

5.1.2 Analisis Saringan Agregat Kasar

Pada Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi agregat kasar yang didasarkan kehalusan butirannya. Pengujian analisis saringan agregat kasar ini digunakan saringan ukuran (40mm ; 20mm ; 10 ; 4,8 ; 2,4 ; 1,2 ; 0,6 ; 0,3 ; 0,15 ; pan). Hasil pada pengujian ini dilakukan di Laboratorium modulus halus butir agregat kasar ber gradasi agregat dengan menggunakan acuan SNI 03-2834-2000. Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar dapat dilihat pada Tabel 5.2 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0,000	0,000	100,000
20	148	3,153	3,330	96,670
10	3835	88,091	89,626	10,374
4,8	374	6,902	98,042	1,958
2,4	34	0,724	98,807	1,193
1,2	0	0,000	98,807	1,193
0,6	0	0,000	98,807	1,193
0,3	0	0,000	98,807	1,193
0,15	0	0,000	98,807	1,193
Pan	53	1,129		
Jumlah	4444	100,000	685,036	

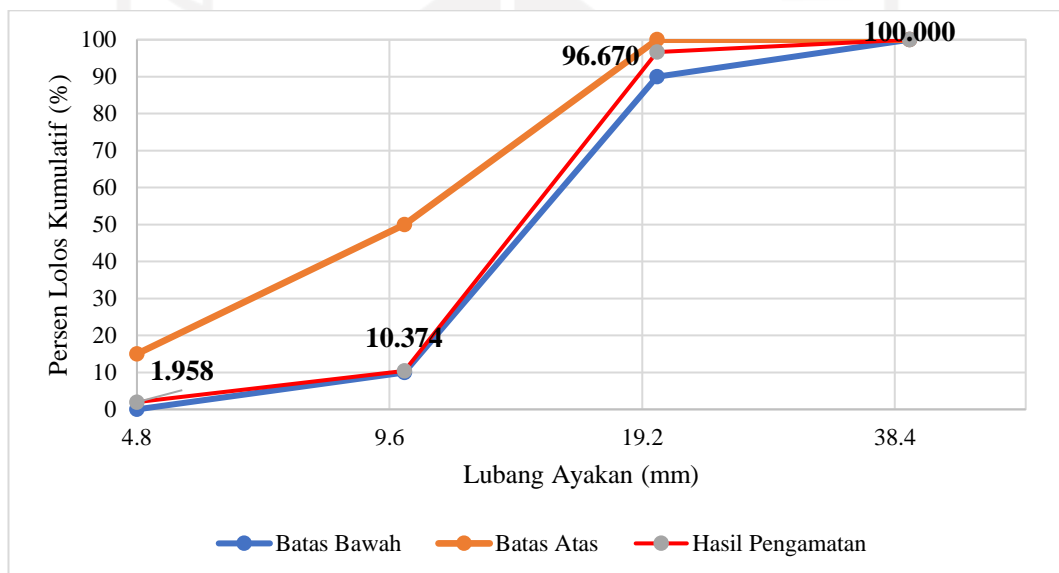
Berdasarkan data yang diperoleh nilai modulus halus butir agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{685,036}{100} = 6,850$$

Hasil perhitungan yang diperoleh nilai modulus halus butir sebesar 6,850%. Nilai tersebut telah memenuhi syarat SNI 03-1968-1990 dengan nilai syarat sebesar 5% -8%. Hasil dari pengujian analisis saringan agregat kasar ini masuk dalam jenis ukuran agregat kasar maksimum 20 mm. Spesifikasi dan grafik gradasi Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar dapat dilihat pada tabel 5.3 dan Gambar 5.1 sebagai berikut ini.

Tabel 5.3 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar dengan Besar Butir Maksimum 20mm

Lubang Ayakan (mm)	Batas Atas	Hasil Pengujian	Batas Bawah
40,00	100	100	100
20,00	100	96,670	90
10,00	50	10,374	10
4,80	15	1,958	0



Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Kasar

5.1.3 Berat Isi Gembur Agregat Kasar

Pengujian berat isi gembur dilakukan untuk mendapatkan berat isi gembur agregat kasar yang diartikan sebagai perbandingan antara berat agregat kasar kering dengan volume. Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Kasar dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Satuan
Berat silinder ($W1$), gram	10600	gram
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) ($W2$), gram	19645	gram
Berat agregat ($W3$), gram	9045	gram
Volume silinder (V), cm^3	5301,4376	cm^3
Berat isi gembur = $W3/V$, $gram/cm^3$	1,7061	$gram/cm^3$

Berdasarkan hasil pengujian berat isi gembur agregat kasar diperoleh hasil sebesar $1,7061 \text{ gram/cm}^3$.

5.1.4 Berat Isi Padat Agregat Kasar

Pengujian berat isi padat dilakukan untuk mendapatkan nilai berat isi padat agregat kasar yang diartikan sebagai perbandingan antara berat agregat kasar kering dengan volume. Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Satuan
Berat silinder ($W1$), gram	10600	gram
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) ($W2$), gram	19988	gram
Berat agregat ($W3$), gram	9388	gram
Volume silinder (V), cm^3	5301,4376	cm^3
Berat isi gembur = $W3/V$, $gram/cm^3$	1,7708	$gram/cm^3$

Berdasarkan hasil pengujian berat isi padat agregat kasar diperoleh nilai sebesar $1,7708 \text{ gram/cm}^3$. Selisih antara hasil berat isi gembur sebesar $0,0647 \text{ gram/cm}^3$. Sehingga agregat kasar ini dapat digunakan sebagai bahan campuran beton. Pengujian berat isi agregat kasar ini memiliki tujuan untuk mempermudah perhitungan campuran bahan susun beton dengan ditimbang beratnya dibandingkan ukuran volume.

5.2 Pemeriksaan Agregat Kasar (*Batu Apung*)

Pemeriksaan agregat kasar (*Batu Apung*) dilakukan melalui pengujian laboratorium untuk mendapatkan sifat-sifat agregat yang akan dipakai sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar pada penyusun beton. Sehingga agregat kasar (*Batu Apung*) memiliki pengaruh yang besar terhadap kekuatan beton. Pada pengujian agregat kasar (*Batu Apung*) mencakup Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air, Analisis Saringan, Berat Isi Gembur, dan Berat Isi Padat. Berikut hasil dari pengujian agregat kasar batu apung sebagai berikut.

5.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (*Batu Apung*)

Berat jenis dan penyerapan air dilakukan pengujian pada agregat kasar (*Batu Apung*) untuk mendapatkan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan (SSD), berat jenis semu, dan penyerapan air. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (*Batu Apung*) dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (*Batu Apung*)

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel	Sampel	Rerata
	1	2	
Berat agregat kasar kering mutlak, gram (<i>Bk</i>)	899	974	936,5
Berat agregat kasar kondisi jenuh kering permukaan (SSD), gram (<i>Bj</i>)	1000	1000	1000
Berat agregat kasar dalam air, gram (<i>Ba</i>)	553	673	613
Berat jenis curah, (<i>BK/BJ-Ba</i>)	2,011	2,979	2,495
Berat jenis jenuh kering permukaan, (<i>Bj/Bj-Ba</i>)	2,237	3,058	2,648
Berat jenis semu, (<i>Bk/Bk-Ba</i>)	2,598	3,236	2,917
Penyerapan air, (<i>Bj-Bk</i>)/ <i>Bk</i> x 100%, %	11,235	2,669	6,952

Pada pemeriksaan agregat kasar (*Batu Apung*) ini melalui pengujian berat jenis dan penyerapan air mendapatkan hasil berat jenis jenuh kering permukaan adalah sebesar 2,648 gram/cm³. Syarat dari nilai tersebut diantaranya 2,5 gram/cm³ – 2,7 gram/cm³, yang berarti hasil pengujian ini memenuhi persyaratan SNI 03-

1969-1990. Dan hasil nilai penyerapan air dari agregat kasar (*Batu Apung*) ini didapatkan nilai sebesar 6,952%.

5.2.2 Analisis Saringan Agregat Kasar

Pada pengujian Analisis saringan agregat kasar (*Batu Apung*) ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi agregat kasar (*Batu Apung*) yang didasarkan kehalusan butirannya. Pengujian analisis saringan agregat kasar (*Batu Apung*) ini digunakan saringan ukuran (40mm ; 20mm ; 10 ; 4,8 ; 2,4 ; 1,2 ; 0,6 ; 0,3 ; 0,15 ; pan). Hasil pada pengujian ini dilakukan di Laboratorium modulus halus butir agregat kasar ber gradasi agregat dengan menggunakan acuan SNI 03-2834-2000. Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar (*Batu Apung*) dapat dilihat Berikut Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar (*Batu Apung*)

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	49	4,990	4,990	95,010
20	549	55,906	60,896	39,104
10	262	26,680	87,576	12,424
4,8	98	9,980	97,556	2,444
2,4	0	0,000	97,556	2,444
1,2	0	0,000	97,556	2,444
0,6	0	0,000	97,556	2,444
0,3	0	0,000	97,556	2,444
0,15	0	0,000	97,556	2,444
Pan	24	2,444		
Jumlah	982	100,000	738,798	

Berdasarkan data yang diperoleh nilai modulus halus butir agregat kasar (*Batu Apung*) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

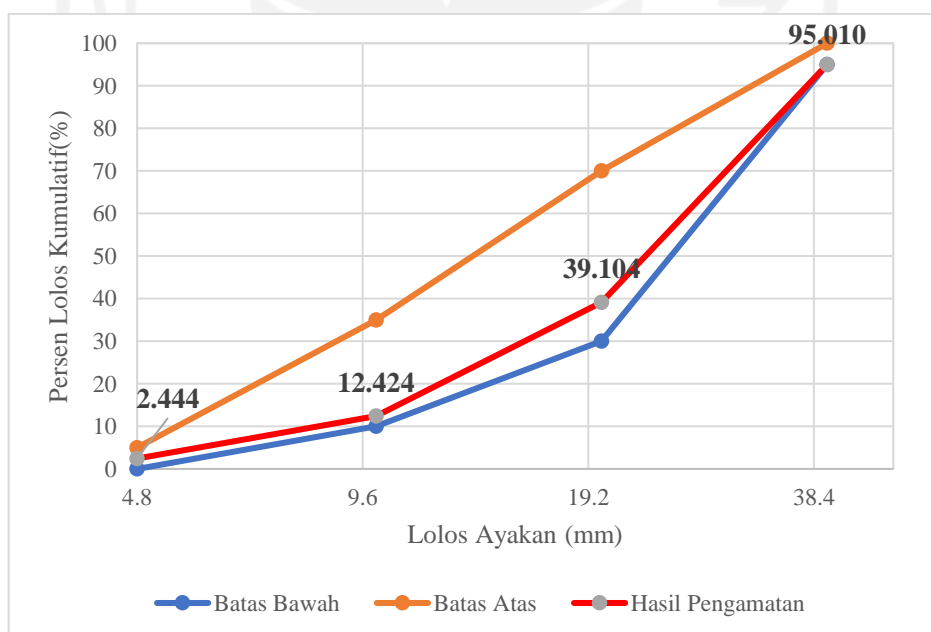
$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{738,798}{100} = 7,388$$

Hasil perhitungan yang diperoleh nilai modulus halus butir sebesar 7,388%. Nilai tersebut telah memenuhi syarat SNI 03-1968-1990 dengan nilai syarat antar

5% - 8%. Hasil dari pengujian analisis saringan agregat kasar ini masuk dalam jenis ukuran agregat kasar maksimum 40mm. Spesifikasi dan grafik gradasi Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar dapat dilihat pada tabel 5.8 dan Gambar 5.2 sebagai berikut ini.

Tabel 5.8 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar dengan Besar Butir Maksimum 40mm

Lubang Ayakan (mm))	Batas Atas	Hasil Pengujian	Batas Bawah
40,00	100	95,010	95
20,00	70	39,104	30
10,00	35	12,424	10
4,80	5	2,444	0



Gambar 5.2 Grafik Gradasi Agregat Kasar (Batu Apung)

5.2.3 Berat Isi Gembur Agregat Kasar

Pengujian berat isi gembur dilakukan untuk mendapatkan berat isi gembur agregat kasar (*Batu Apung*) yang diartikan sebagai perbandingan antara berat agregat kasar (*Batu Apung*) kering dengan volume. Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Kasar (*Batu Apung*) dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Kasar (*Batu Apung*)

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Satuan
Berat silinder ($W1$), gram	10629	gram
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) ($W2$), gram	18395	gram
Berat agregat ($W3$), gram	7766	gram
Volume silinder (V), cm^3	5301,4376	cm^3
Berat isi gembur = $W3/V$, $gram/cm^3$	1,4649	$gram/cm^3$

Berdasarkan hasil pengujian berat isi gembur agregat kasar (*Batu Apung*) didapatkan nilai sebesar 1,4649 $gram/cm^3$.

5.2.4 Berat Isi Padat Agregat Kasar

Pengujian berat isi padat dilakukan untuk memperoleh nilai berat isi padat agregat kasar (*Batu Apung*) yang diartikan sebagai perbandingan antara berat agregat kasar (*Batu Apung*) kering dengan volume. Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar (*Batu Apung*) dapat dilihat pada Tabel 5.10 sebagai berikut.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar (*Batu Apung*)

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Satuan
Berat silinder ($W1$), gram	10637	gram
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) ($W2$), gram	18483	gram
Berat agregat ($W3$), gram	7846	gram
Volume silinder (V), cm^3	5301,4376	cm^3
Berat isi gembur = $W3/V$, $gram/cm^3$	1,4800	$gram/cm^3$

Berdasarkan hasil pengujian berat isi padat agregat kasar (*Batu Apung*) didapatkan nilai sebesar 1,4800 gram/cm³. Selisih antara hasil berat isi gembur sebesar 0,0151 gram/cm³. Sehingga agregat kasar ini dapat digunakan sebagai bahan campuran beton. Pengujian berat isi agregat kasar ini memiliki tujuan untuk mempermudah perhitungan campuran bahan susun beton dengan ditimbang beratnya dibandingkan ukuran volume.

5.3 Pemeriksaan Agregat Halus (*Pasir Merapi*)

Pemeriksaan agregat halus dilakukan melalui pengujian di Laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton. Agregat halus sebagai bahan penyusun beton yang memberikan pengaruh sifat dapat dikerjakan dengan mudah dan bahan pengisi antar agregat halus dengan pasta semen. Pengujian yang akan dilakukan terhadap agregat halus meliputi Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air, Analisis Saringan, Berat Isi Gembur, Berat Isi Padat dan Kadar Lumpur Agregat Halus. Berikut hasil untuk setiap pengujian agregat halus sebagai berikut.

5.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus dilakukan untuk mendapatkan nilai berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan (*SSD*), berat jenis semu, dan penyerapan air. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus dapat dilihat pada Tabel 5.11 sebagai berikut.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Penelitian		
	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
Berat agregat halus kering mutlak, gram (<i>Bk</i>)	483	480	481,5
Berat agregat halus kondisi jenuh kering permukaan (<i>SSD</i>), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (<i>Bt</i>)	1015	1040	1027,5
Berat piknometer berisi air, gram (<i>B</i>)	697	731	714
Berat jenis curah, ($Bk/B+500-Bt$)	2,654	2,513	2,583

**Lanjutan Tabel 5.11 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air
Agregat Halus**

Uraian	Hasil Penelitian		
	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
Berat jenis jenuh kering permukaan, ($500/B+500-Bt$)	2,747	2,618	2,683
Berat jenis semu, ($Bk/B+Bk-Bt$)	2,927	2,807	2,867
Penyerapan air, ($(500-Bk)/Bk \times 100\%$, %)	3,520	4,167	3,843

Pemeriksaan agregat halus melalui pengujian berat jenis dan penyerapan air didapatkan hasil nilai berat jenis jenuh kering permukaan rata-rata sebesar 2,683 gram/cm³. Syarat dari nilai tersebut berkisar antara 2,5 gram/cm³ -2,7 gram/cm³ yang berarti hasil tersebut memenuhi persyaratan SNI 03-1970-1990. Dan nilai penyerapan air agregat halus didapatkan nilai sebesar 3,843%. Maka agregat halus tersebut dapat digunakan untuk bahan campuran beton.

5.3.2 Analisis Saringan Agregat Halus

Pada pelaksanaan pengujian Analisis saringan agregat halus diartikan untuk mengidentifikasi agregat halus yang di dasarkan kehalusan butirannya. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus ini digunakan saringan ukuran (40mm ; 20mm ; 10 ; 4,8 ; 2,4 ; 1,2 ; 0,6 ; 0,3 ; 0,15 ; pan). Hasil pada pengujian ini dilakukan di Laboratorium modulus halus butir agregat halus ber gradasi agregat dengan menggunakan acuan SNI 03-2834-2000. Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus sebagai berikut dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,000	0,000	100,000
20		0,000	0,000	100,000
10		0,000	0,000	100,000
4,8	4	0,235	0,235	99,765
2,4	83	4,882	5,118	94,882
1,2	274	16,118	21,235	78,765
0,6	456	26,824	48,059	51,941
0,3	344	20,235	68,294	31,706
0,15	341	20,059	88,353	11,647
Pan	198	11,647		
Jumlah	1700	100,000	231,294	

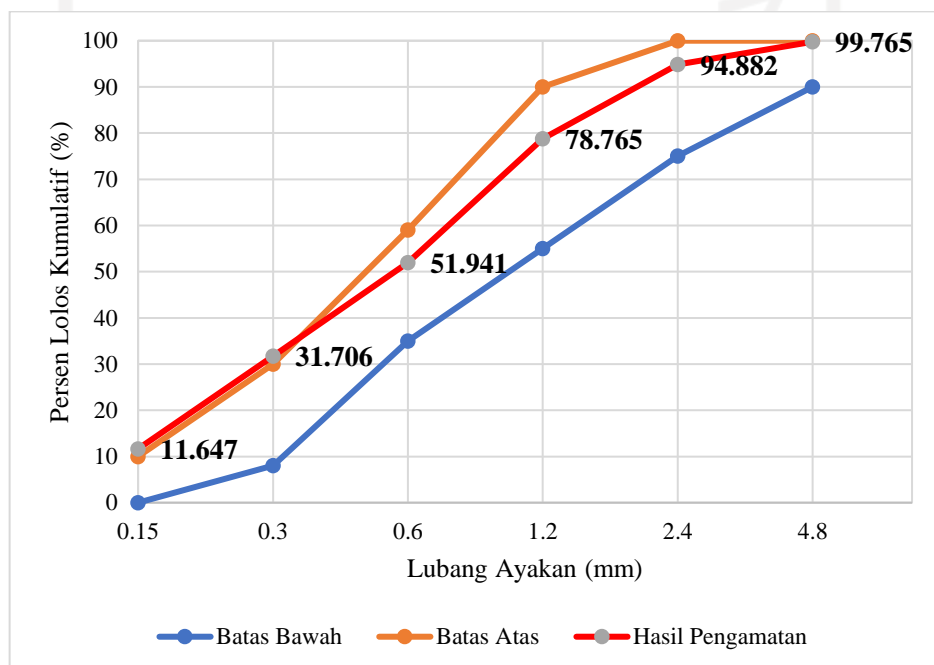
Berdasarkan hasil pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Daerah Gradasi Pasir termasuk Daerah Gradasi II yaitu jenis pasir kasar. Dari data tersebut diperoleh nilai modulus halus butir agregat halus. Berikut perhitungan persamaan nilai modulus halus butir agregat halus.

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{231,294}{100} = 2,313$$

Hasil perhitungan didapatkan nilai modulus butir halus sebesar 2,313%. Nilai tersebut telah memenuhi syarat sesuai SNI 03-1968-1990 yang menetapkan nilai modulus agregat halus sebesar 1,5% - 3,8%. Spesifikasi dan grafik gradasi Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.3.

Tabel 5.13 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus Daerah II

Lubang Ayakan (mm)	Batas Atas	Hasil Pengujian	Batas Bawah
4,80	100	99,765	90
2,40	100	94,882	75
1,20	90	78,765	55
0,60	59	51,941	35
0,30	30	31,706	8
0,15	10	11,647	0



Gambar 5.3 Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

5.3.3 Berat Isi Gembur Agregat Halus

Pengujian berat isi gembur dilakukan untuk mendapatkan berat isi gembur agregat halus yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat agregat halus kering dengan volume. Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Satuan
Berat silinder ($W1$), gram	10200	Gram
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) ($W2$), gram	18459	Gram
Berat agregat ($W3$), gram	8259	Gram
Volume silinder (V), cm^3	5301,4376	cm^3
Berat isi gembur = $W3/V$, gram/cm^3	1,5579	gram/cm^3

Berdasarkan hasil pengujian berat isi gembur agregat halus didapatkan nilai sebesar $1,5579 \text{ gram}/\text{cm}^3$.

5.3.4 Berat Isi Padat Agregat Halus

Pengujian berat isi padat agregat halus dilakukan untuk memperoleh nilai berat isi padat agregat halus yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat agregat halus kering dengan volume. Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus dapat dilihat pada Tabel 5.15 sebagai berikut.

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Satuan
Berat silinder ($W1$), gram	10600	Gram
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) ($W2$), gram	19025	Gram
Berat agregat ($W3$), gram	8425	Gram
Volume Silinder (V), cm^3	5301,4376	cm^3
Berat isi gembur = $W3/V$, gram/cm^3	1,5892	gram/cm^3

Berdasarkan hasil dari pengujian berat isi padat agregat halus didapatkan nilai sebesar $1,5892 \text{ gram}/\text{cm}^3$. Selisih antara hasil berat isi gembur sebesar $0,0313 \text{ gram}/\text{cm}^3$. Maka agregat halus ini dapat digunakan untuk bahan campuran beton. Pengujian berat isi agregat memiliki tujuan untuk mempermudah perhitungan campuran bahan susun beton dengan ditimbang beratnya dibandingkan dengan ukuran volume.

5.3.5 Kadar Lumpur Agregat Halus

Nilai kandungan lumpur diperoleh dari pelaksanaan pengujian butir lolos ayakan nomor 200, bisa juga disebut pengujian kadar lumpur. Data hasil pengujian kadar lumpur di Laboratorium pada agregat halus berasal dari pasir merapi. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus dapat dilihat pada Tabel 5.16 sebagai berikut.

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat halus kering mutlak (W_1), gram	500	500
Berat Agregat halus setelah dicuci dan dioven (W_2), gram	491	493
Berat lumpur ($W_3 = (W_1 - W_2)$), gram	9	7
Kadar lumpur = $W_3 \times 100\%$, %	1,8	1,4
Kadar lumpur rata-rata, %	1,6	

Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil pengujian kadar lumpur agregat halus rata-rata sebesar 1,6%. Sehingga agregat halus (*pasir*) dapat digunakan sebagai bahan campuran beton, karena telah memenuhi syarat kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 5% berdasarkan syarat SNI 4142-1996.

5.4 Hasil Pemeriksaan Semen

Semen yang dipakai pada penelitian ini yaitu semen *Portland* Type I dengan merek Tiga Roda. Berdasarkan pemeriksaan semen secara visual saat pembelian ditoko bangunan penyimpanan semen sudah baik tidak diletakkan sembarangan atau dibiarkan langsung diatas lantai atau tanah, namun diberikan alas kayu dibawahnya serta dilindungi dari sinar matahari. Kemasan semen tidak terdapat kerusakan segel dan masih tertutup rapat. Semen tidak mengalami penggumpalan atau mengeras. Sehingga semen dapat dipakai untuk susun beton.

5.5 Hasil Perencanaan Proporsi Campuran Beton

Setelah melakukan pengujian terhadap material yang akan digunakan dalam penelitian ini, maka dilakukan perencanaan campuran beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Perencanaan mutu beton yang direncanakan sebesar 20 MPa. Perencanaan campuran beton tersebut dilakukan sesuai dengan langkah-langkah berikut ini.

1. Menentukan kuat tekan rencana ($f'c$) pada umur 28 hari sebesar 20 MPa.
2. Nilai standar deviasi (Sd)

Dikarenakan belum memiliki pengalaman dalam perencanaan campuran beton, maka ambil nilai standar deviasi dengan pengendalian mutu jelek sebesar 7 MPa.

3. Menghitung nilai tambah atau margin untuk kuat desak rencana dengan menggunakan rumus:

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

Dimana:

M = Nilai Tambah

Sd = Standar Deviasi Rencana

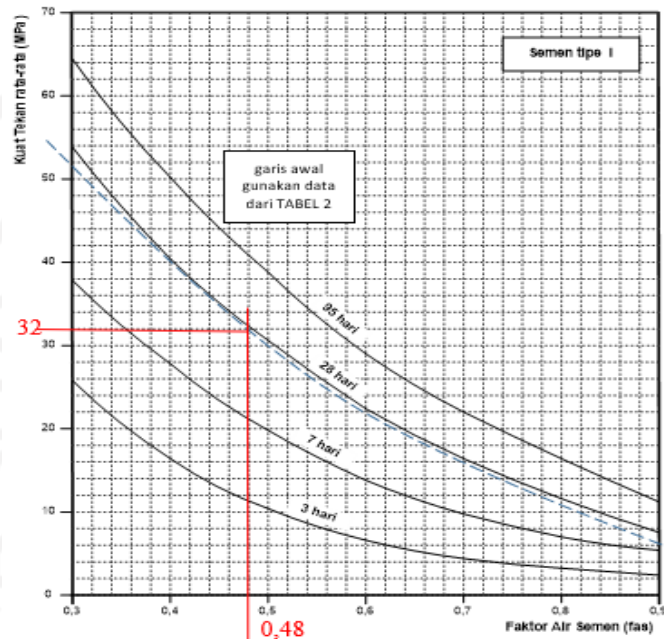
$$M = 1,64 \times 7 = 11,48 \text{ MPa (dibulatkan menjadi 12 MPa)}$$

4. Kuat tekan beton rata-rata rencana ($f'cr$)

$$\begin{aligned} F'cr &= f'c + M \\ &= 20 + 12 \\ &= 32 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *Portland* tipe I
6. Jenis agregat halus yang digunakan merupakan pasir yang berasal dari Merapi.
7. Jenis agregat kasar yang dipakai merupakan batu pecah dengan ukuran butir 20 mm, berasal dari daerah Clereng.
8. Menentukan Faktor Air Semen (FAS)
 - a. Berdasarkan pada tabel 3.5, jenis semen Portland Tipe I yang menggunakan agregat kasar batu pecah dengan benda uji silinder memiliki kuat tekan

rencana sebesar 32 MPa pada umur 28 hari. Dikarenakan f'_{cr} sama dengan kuat tekan rencana pada Tabel 3.5 maka faktor air semen yang digunakan sebesar 0,48.



Gambar 5.4 Mencari Faktor Air Semen Pada Beton Normal

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

- b. Berdasarkan Tabel 3.6 dimana beton direncanakan didalam ruang bangunan keliling non korosif memiliki nilai faktor air semen maksimum sebesar 0,6
 - c. Diambil faktor air semen terkecil yaitu 0,48
9. Menentukan kadar air yang digunakan
- Penentuan kadar air yang akan digunakan dalam penelitian ini berdasarkan Tabel 3.7, berikut langkah-langkah dalam menentukan kadar air yang digunakan.
- a. Ukuran agregat maksimum yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 20mm
 - b. Penetapan nilai slump pada penelitian ini sebesar 60-180mm
 - c. Diperoleh
 - Batu tak dipecahkan (Wh) = 195

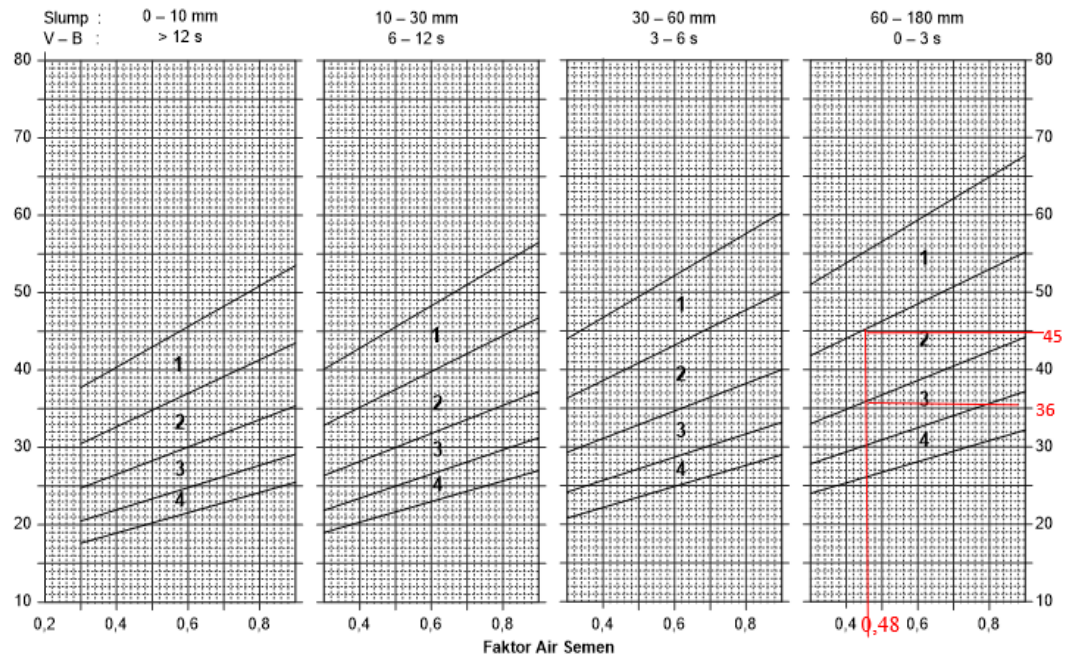
$$\begin{aligned}
 \text{Batu dipecahkan} &= 225 \\
 \text{Kebutuhan air} &= \frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk \\
 &= \frac{2}{3} 195 + \frac{1}{3} 225 \\
 &= 205 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

10. Menentukan Jumlah Semen Minimum

$$\text{Jumlah semen minimum ditetapkan dengan} = \frac{\text{Kebutuhan Air}}{FAS}$$

$$\text{Maka, didapatkan jumlah semen minimum sebesar} = \frac{205}{0,48} = 427,083 \text{ kg/m}^3$$

11. Berdasarkan Tabel 3.6 didapat nilai semen minimum sebesar 325 kg/m³, dibandingkan dengan jumlah semen minimum pada nomor 10 maka diambil jumlah semen minimum sebesar 427,083 kg/m³.
12. Kebutuhan air yang digunakan tidak berubah dikarenakan pada nomor 11 kebutuhan semen minimum yang digunakan tidak berubah. Maka jumlah semen minimum yang digunakan sebesar 427,083 kg/m³ dan jumlah kadar air yang digunakan sebesar 205 kg/m³.
13. Penentuan persentase agregat halus dan agregat kasar
 - a. Dalam menentukan persentase agregat, langkah awal adalah menentukan batas bawah dan batas atas terlebih dahulu berdasarkan Gambar 5.5 seperti dibawah ini.
 - b. Tentukan faktor air semen (FAS) yang digunakan lalu tarik garis lurus pada gradasi yang sudah ditentukan yaitu Gradasi II.
 - c. Setelah garis faktor air semen bersinggungan dengan garis batas gradasi, kemudian tarik garis ke kanan sehingga dapat ditemukan batas bawah dan batas atasnya.



Gambar 5.5 Penentuan Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Digunakan Dalam Penelitian

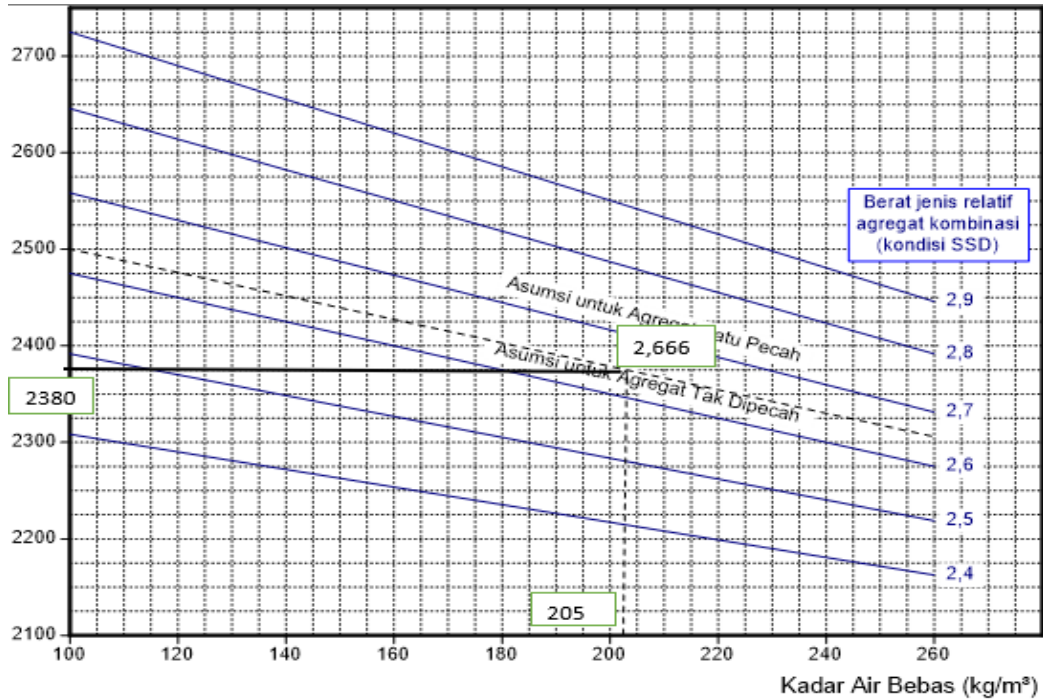
(Sumber: SNI-03-2834-2000)

- d. Batas Bawah : 36%
 Batas Atas : 45%
 Persentase Agregat Halus : $\frac{36+45}{2} = 40,5\%$
 Persentase Agregat Kasar : $100\% - 40,5\% = 59,5\%$

14. Berat jenis agregat

- a. Berat jenis SSD agregat halus : 2,683
 b. Berat jenis SSD agregat kasar : 2,654
 c. Berat jenis gabungan : $(40,5\% \times 2,683) + (59,5\% \times 2,654)$
 : 2,666

15. Menentukan berat isi beton



Gambar 5.6 Penentuan Berat Isi Beton Basah Yang Digunakan Pada Penelitian

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Dari gambar diatas didapat berat isi beton sebesar 2380 kg/m³.

16. Penentuan berat agregat campuran

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat campuran} &= \text{Berat isi beton} - \text{berat semen} - \text{berat air} \\ &= 2380 - 427,083 - 205 \\ &= 1747,917 \text{kg/m}^3 \end{aligned}$$

17. Penentuan proporsi campuran beton

$$\text{Kebutuhan agregat halus} = 40,50\% \times 1747,917 = 707,906 \text{kg/m}^3$$

$$\text{Kebutuhan agregat kasar} = 59,5\% \times 1747,917 = 1040,010 \text{kg/m}^3$$

18. Rekapitulasi *mix design* menggunakan metode SNI 03-2843-2000 dijelaskan pada Tabel 5.17 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.17 Rekapitulasi *Mix Design* Menggunakan Metode SNI 03-2834-2000

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat Tekan Rencana ($f'c$)	20	MPa
2	Deviasi Standar	7	
3	Nilai Tambah	12	
4	Kuat Tekan Beton Digunakan ($f'cr$)	32	MPa
5	Jenis Semen	<i>Portland Tipe I</i>	
6	Faktor Air Semen (FAS)	0,48	
7	Nilai <i>Slump</i>	60-180	mm
8	Ukuran Agregat Maksimum	20	mm
9	Wh	195	
10	Wk	225	
11	Kadar Air Bebas	205	kg
12	Jumlah Semen	427,083	kg
13	Kadar Semen Minimum	325	kg
14	Berat Jenis Agregat Halus	2,683	
15	Berat Jenis Agregat Kasar	2,654	
16	Berat Jenis Butiran Agregat Gabungan	2,666	
17	Persen Agregat Halus	40,50	%
18	Persen Agregat Kasar	59,5	%
19	Berat Isi Beton	2380	kg/m ³
20	Kadar Agregat Gabungan	1747,92	kg/m ³
21	Kadar Agregat Halus	707,906	kg/m ³

19. Proporsi kebutuhan untuk m³, sebagai berikut:

- a. Semen : 427,083 kg
- b. Air : 205 kg
- c. Agregat Halus : 707,906 kg
- d. Agregat Kasar : 1040,01 kg

20. Proporsi kebutuhan untuk m³ ditambah dengan faktor penyusutan sebesar 25% sebagai berikut:

- a. Semen : 533,854 kg
- b. Air : 256,250 kg
- c. Agregat Halus : 884,883 kg
- d. Agregat Kasar : 1300,013 kg

21. Dalam penelitian ini digunakan 10 silinder per variasinya, berikut adalah proporsi kebutuhan untuk 10 silinder.

$$\begin{aligned}\text{Volume silinder} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= \pi \times 0,075^2 \times 0,3 \times 10 \\ &= 0,05301 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- a. Semen : $533,854 \times 0,05301 = 28,302 \text{ kg}$
- b. Air : $256,250 \times 0,05301 = 13,585 \text{ kg}$
- c. Agregat Halus : $884,883 \times 0,05301 = 46,913 \text{ kg}$
- d. Agregat Kasar : $1300,013 \times 0,05301 = 68,919 \text{ kg}$

22. Menghitung kebutuhan batu apung

Berat batu apung yang digunakan untuk pengganti sebagian agregat kasar dan terdapat pada beberapa variasi dengan berat sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari berat agregat kasar yang digunakan. Hasil perhitungan batu apung yang digunakan dijelaskan pada Tabel 5.18 sebagai berikut.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Kebutuhan Batu Apung

Variasi	Batu Apung	Jumlah Sampel	Agregat Kasar (Kg)	Batu Apung (Kg)
A(Normal)	0%	10	68,9193	0
A1	0%	10	68,9193	0
A2	10%	10	62,0274	6,2027
A3	20%	10	55,1355	11,0271
A4	30%	10	48,2435	14,4730
A5	40%	10	41,3516	16,5406
A6	50%	10	34,4596	17,2298

23. Menghitung kebutuhan *Silica Fume*

Silica Fume digunakan sebagai bahan tambah dengan berat 10% dari berat semen yang digunakan. Adapun perhitungan kebutuhan bahan tambah *Silica Fume* dan rekapitulasi kebutuhan *Silica Fume* pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Rekapitulasi Kebutuhan Silica Fume

Variasi	Silica Fume	Jumlah Sampel	Semen (Kg)	Sica Fume (Kg)
A(Normal)	0%	10	28,3019	0
A1	10%	10	28,3019	2,8301
A2	10%	10	28,3019	2,8301
A3	10%	10	28,3019	2,8301
A4	10%	10	28,3019	2,8301
A5	10%	10	28,3019	2,8301
A6	10%	10	28,3019	2,8301

24. Menghitung kebutuhan material untuk 10 silinder setiap variasinya dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Kebutuhan Material

Kode Benda Uji	Jumlah Sampel	Semen (Kg)	Silica Fume (Kg)	Air (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Batu Apung (Kg)	Agregat Kasar (Kg)
A (beton normal)	10	28,3019	0	13,58	46,9115	0	68,9193
A1	10	28,3019	2,830	13,58	46,9115	0	68,9193
A2	10	28,3019	2,830	13,58	46,9115	6,202	62,0274
A3	10	28,3019	2,830	13,58	46,9115	11,027	55,1355
A4	10	28,3019	2,830	13,58	46,9115	14,473	48,2435
A5	10	28,3019	2,830	13,58	46,9115	16,540	41,3516
A6	10	28,3019	2,830	13,58	46,9115	17,229	34,4596
Jumlah	70	198,1136	16,981	95,094	328,381	65,473	379,056

5.6 Hasil Pengujian Slump

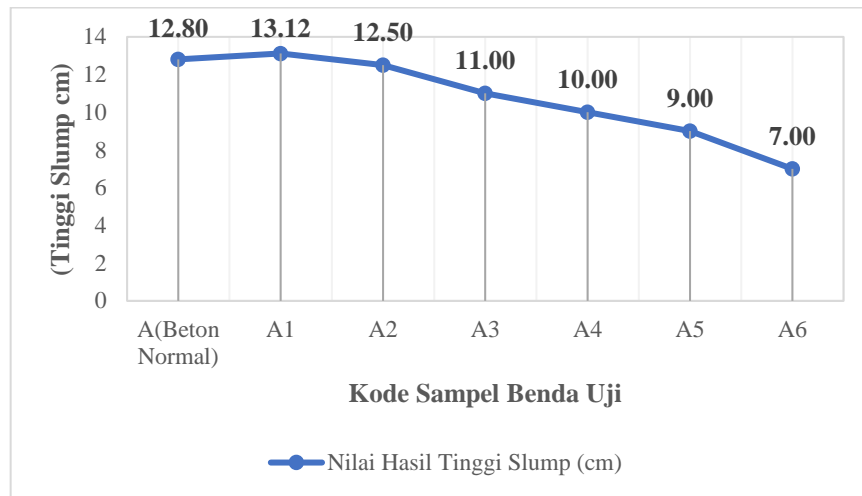
Pada penelitian ini nilai slump untuk beton normal yang telah direncanakan sebesar 60-180 mm. Mutu beton rencana dikategorikan sebagai beton dengan sedang. Pada penelitian yang telah dilakukan memperoleh nilai slump beton kontrol sebesar 65 mm jenis *slump* sebenarnya, sehingga nilai slump telah memenuhi persyaratan dari *slump* rencana.

Pada penelitian ini menggunakan batu apung dari sebagian agregat kasar dan bahan tambah *Silica Fume* yang memiliki fungsi sebagai bahan untuk mereduksi penggunaan air dan menambah kekuatan beton. Berikut Tabel 5.21 Hasil Pengujian *Slump* Setiap Proporsi Campuran Beton.

Tabel 5.21 Hasil Pengujian *Slump* Setiap Proporsi Campuran Beton

Kode Sampel	Komposisi Campuran		Tinggi Slump (cm)
	Batu Apung (%)	<i>Silica Fume</i> (%)	
A (<i>Beton Normal</i>)	0	0	12,80
A1	0	10	13,12
A2	10	10	12,50
A3	20	10	11,00
A4	30	10	10,00
A5	40	10	9,00
A6	50	10	7,00

Hasil dari pengamatan penelitian ini menunjukkan seiring peningkatan proporsi variasi batu apung membuat penyerapan air semakin menurun dan penggunaan bahan tambah *Silica Fume* membuat penyerapan air semakin meningkat. Hasil Campuran Beton Variasi Batu Apung dan *Silica Fume* dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Grafik Nilai Slump Hasil Campuran Beton Variasi Batu Apung dan Silica Fume

5.7 Pengujian Berat Volume Beton

Pada penelitian ini pengujian berat volume beton dilakukan sebelum benda uji silinder di kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Untuk mendapatkan nilai berat volume beton diperlukan penimbangan berat beton dan pengukuran dimensi beton. Nilai berat volume beton dapat dihitung dengan membagi berat beton dengan volume beton. Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil pengujian berat volume beton.

Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Volume Beton Silinder

No	Variasi	Variasi	Berat (kg)	Diameter	Tinggi	Volume	Berat Volume	Rata -Rata Berat Volume
				(cm)	(cm)	(m3)	(Kg/m3)	(Kg/m3)
1	Beton Normal	Beton Normal	12,442	14,959	29,467	5178,53	2402,61	2474,170868
2			12,769	14,930	29,930	5239,64	2437	
3			12,871	14,888	29,013	5051,03	2548,19	
4			12,887	14,988	29,633	5228,27	2464,87	
5			12,912	14,833	29,013	5013,55	2575,42	
6			12,984	14,891	29,833	5195,88	2498,9	
7			11,981	14,827	29,700	5128,06	2336,36	
8			12,768	14,724	29,833	5079,76	2513,5	
9			12,654	14,961	29,300	5150,85	2456,68	
10			12,776	14,903	29,200	5093,77	2508,16	
11	0%	10%	12,197	14,703	29,300	4974,95	2451,68	2381,192709
12			12,244	14,667	29,937	5057,74	2420,85	
13			11,903	14,810	29,013	4998,02	2381,55	
14			12,128	14,867	29,633	5143,96	2357,72	
15			11,709	14,800	29,013	4991,27	2345,9	
16			12,283	14,667	29,837	5040,84	2436,7	
17			12,151	14,870	29,600	5140,48	2363,79	
18			11,984	14,807	29,833	5136,96	2332,9	
19			12,093	14,977	29,300	5161,64	2342,86	
20			12,113	14,903	29,200	5093,77	2378	
21	10%	10%	11,873	14,800	29,867	5138,07	2310,79	2261,871271
22			11,378	14,733	29,433	5018,01	2267,43	
23			11,649	14,867	29,467	5115,03	2277,41	
24			11,667	14,870	29,767	5169,42	2256,93	
25			11,592	14,977	29,600	5214,49	2223,04	
26			11,731	14,934	29,400	5149,56	2278,06	
27			11,737	14,967	29,467	5184,07	2264,05	
28			11,372	14,897	29,949	5220,17	2178,47	
29			11,732	14,973	29,930	5270,04	2226,17	
30			11,617	14,600	29,700	4972,24	2336,37	

Lanjutan Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Volume Beton

Silinder

No	Variasi	Variasi	Berat (kg)	Diameter	Tinggi	Volume	Berat Volume	Rata -Rata Berat Volume
	Batu Apung	Silica Fume		(cm)	(cm)	(m3)	(Kg/m3)	(Kg/m3)
31	20%	10%	10,814	14,930	29,700	5199,78	2079,7	2138,200007
32			10,790	14,857	29,863	5176,86	2084,28	
33			11,139	14,792	29,767	5115,56	2177,47	
34			11,302	14,867	29,830	5178,16	2182,63	
35			10,987	14,863	29,837	5176,47	2122,49	
36			11,131	14,800	29,767	5120,87	2173,66	
37			11,178	14,893	29,730	5178,75	2158,44	
38			11,071	14,821	29,800	5141,39	2153,31	
39			11,085	14,860	29,933	5191,55	2135,2	
40			11,059	14,981	29,667	5229,26	2114,83	
41			30%	10%	8,683	14,921	29,985	
42	10,077	14,932			29,871	5230,66	1926,53	
43	9,356	14,954			29,911	5253,11	1781,04	
44	9,777	14,922			29,881	5225,87	1870,89	
45	9,219	14,981			29,992	5286,31	1743,94	
46	9,725	14,900			29,888	5211,23	1866,16	
47	10,207	14,861			29,887	5183,75	1969,04	
48	8,440	14,960			29,886	5253,46	1606,56	
49	9,885	14,891			29,955	5216,54	1894,93	
50	9,534	14,990			29,851	5268,25	1809,71	
51	40%	10%			9,034	14,831	29,890	5163,88
52			9,665	14,988	29,881	5271,79	1833,34	
53			8,740	14,982	29,986	5285,96	1653,44	
54			8,804	14,983	29,981	5285,9	1665,56	
55			9,148	14,898	29,991	5228,01	1749,8	
56			7,480	14,886	29,995	5220,47	1432,82	
57			9,468	14,981	29,996	5287,6	1790,6	
58			7,882	14,998	29,888	5279,94	1492,82	
59			9,354	14,936	29,886	5236,61	1786,27	
60			9,302	14,955	29,887	5249,89	1771,85	

Lanjutan Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Volume Beton

Silinder

No	Variasi	Variasi	Berat	Diameter	Tinggi	Volume	Berat Volume	Rata -Rata Berat Volume
				(cm)	(cm)	(m3)	(Kg/m3)	(Kg/m3)
	Batu Apung	Silica Fume	(kg)					
61	50%	10%	7,931	14,982	29,998	5288,19	1499,76	1502,277419
62			8,347	14,998	29,892	5280,65	1580,68	
63			8,068	14,900	29,982	5227,79	1543,29	
64			7,998	14,981	29,991	5286,25	1512,98	
65			8,408	14,961	29,872	5251,23	1601,15	
66			7,611	14,937	29,981	5253,96	1448,62	
67			7,608	14,924	29,897	5229,83	1454,73	
68			7,897	14,913	29,693	5186,32	1522,66	
69			7,749	14,978	29,998	5285,49	1466,09	
70			7,361	14,981	29,981	5284,96	1392,82	

Berdasarkan Tabel 5.22 diatas dapat dilihat hasil pengujian berat volume beton silinder rata – rata pada sebagian agregat kasar batu apung dan bahan tambah silica fume dengan umur beton 28 hari secara berturut turut sebesar 2474,170868 kg/m³, 2381,192709 kg/m³, 2261,871271 kg/m³, 2138,200007 kg/m³, 1812,496483 kg/m³, 1692,596737 kg/m³, 1502,277419 kg/m³.

5.8 Pengujian Kuat Tekan

5.8.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian ini diperoleh untuk mengetahui hasil dari kekuatan beton itu sendiri. Maka apabila diberi beban pada pengujian kuat tekan yang dilakukan dengan cara memberikan beban maksimum pada benda uji sampai benda uji tersebut tidak bisa menerima beban (*hancur*). Pengujian ini dengan kuat tekan rencana (f'_{cr}) sebesar 20 MPa, benda uji memiliki umur 28 hari dan banyaknya benda uji yang akan diuji sebanyak 35 silinder yang terdiri dari 6 variasi. Masing-masing variasi ditambah bahan tambah *sica fume* sebesar 10% dari berat semen dan pengganti sebagian agregat kasar dengan menggunakan batu apung dengan variasi

sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari berat agregat kasar. Perhitungan kuat tekan beton dapat dilihat sebagai berikut.

Perhitungan Kuat Tekan

Benda Uji A (*Beton Normal*)

$$\begin{aligned}\text{Kuat Desak} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{367000N}{175474,20349mm^2} \\ &= 20,8829 \text{ MPa}\end{aligned}$$

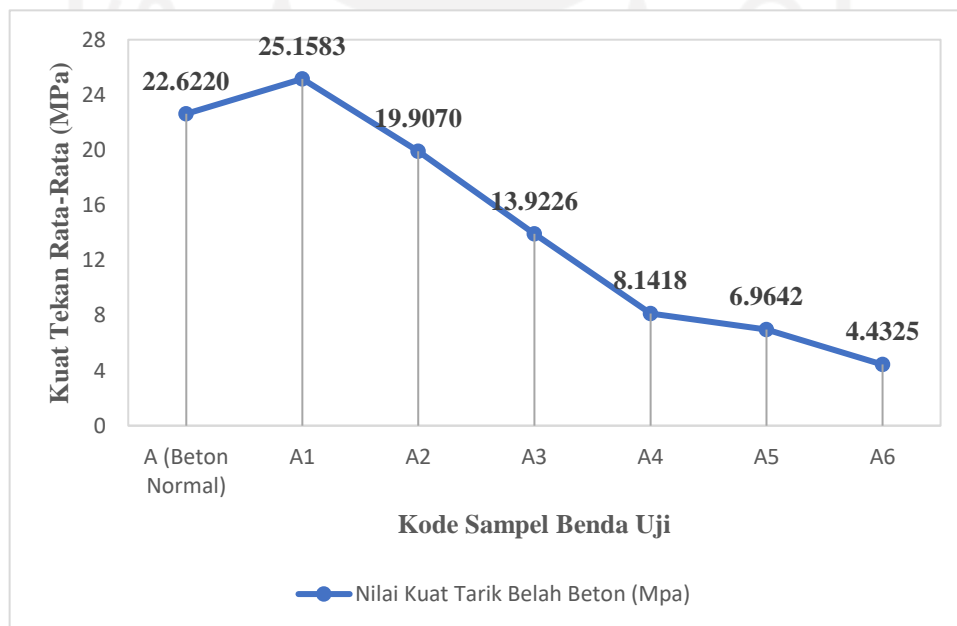
Rekapitulasi pengujian kuat tekan beton sebanyak 35 silinder dapat dilihat pada Tabel 5.23 dan Gambar 5.8 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.23 Hasil Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Variasi	Variasi	Berat	Diameter	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata - Rata
	Batu Apung	Silica Fume		(kg)	(cm)	(mm ²)	(kN)	(Mpa)
			Rerata		Rerata			
1	Normal	Normal	12,442	14,959	17574,203	367	20,8829	22,6220
2			12,769	14,930	17506,128	380	21,7067	
3			12,871	14,888	17409,33	385	22,1146	
4			12,887	14,988	17643,196	415	23,5218	
5			12,912	14,833	17280,165	430	24,8840	
6	0%	10%	12,197	14,703	16979,367	415	24,4414	25,1583
7			12,244	14,667	16894,787	380	22,4921	
8			11,903	14,810	17226,617	490	28,4444	
9			12,128	14,867	17358,696	415	23,9073	
10			11,709	14,800	17203,361	456	26,5064	
11	10%	10%	11,873	14,800	17203,361	395	22,9606	19,9070
12			11,378	14,733	17048,725	345	20,2361	
13			11,649	14,867	17358,696	340	19,5867	
14			11,667	14,870	17366,481	308	17,7353	
15			11,592	14,977	17616,524	335	19,0162	
16	20%	10%	10,814	14,930	17507,692	256	14,6221	13,9226
17			10,79	14,857	17335,351	214	12,3447	
18			11,139	14,792	17185,543	314	18,2712	
19			11,302	14,867	17358,696	198	11,4064	
20			10,987	14,863	17349,356	225	12,9688	
21	30%	10%	8,683	14,921	17485,028	110	6,2911	8,1418
22			10,077	14,932	17510,819	155	8,8517	
23			9,356	14,954	17562,457	215	12,2420	
24			9,777	14,922	17488,935	109	6,2325	
25			9,219	14,981	17625,935	125	7,0918	
26	40%	10%	9,034	14,831	17276,282	198	11,4608	6,9642
27			9,665	14,988	17642,411	122	6,9152	
28			8,74	14,982	17628,288	89	5,0487	
29			8,804	14,983	17630,642	119	6,7496	
30			9,148	14,898	17431,944	81	4,6466	

Lanjutan Tabel 5.23 Hasil Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Variasi	Variasi	Berat	Diameter	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata - Rata
				(cm)	(mm ²)	(kN)	(Mpa)	(Mpa)
	Batu Apung	Silica Fume	(kg)	Rerata	Rerata			
31	50%	10%	7,931	14,982	17628,288	107	6,0698	4,4325
32			8,347	14,998	17665,961	36	2,0378	
33			8,068	14,900	17436,625	148	8,4879	
34			7,998	14,981	17625,935	51	2,8935	
35			8,408	14,961	17578,903	47	2,6737	



Gambar 5.8 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton diatas didapatkan grafik hubungan antara variasi Batu Apung dan *Silica Fume* dengan hubungan antara umur beton 28 hari. Bahwa hasil kuat tekan pada beton normal menunjukkan nilai kuat tekan sebesar 22,6220 MPa dan nilai kuat tekan beton dari pengujian ini sebesar 25,1583 MPa terdapat sampel A1 dimana variasi beton tersebut tidak memakai variasi Batu

Apung (0%) dan menggunakan bahan tambah *Sica Fume* (10%), namun nilai kuat tekan beton terendah terdapat pada beton dengan sampel A6 dengan nilai sebesar 4,4325 MPa dimana nilai kuat tekan beton tersebut menggunakan variasi Batu Apung (50%) dan menggunakan bahan tambah *Sica Fume* (10%). Dari hasil pengujian beton A1 variasi Batu Apung (0%) dan bahan tambah *Sica Fume* (10%) mempunyai kuat tekan lebih tinggi dari pada beton normal (*beton control*) dengan peningkatan kuat tekan dari 22,6220 MPa menjadi 25,1583 MPa.

Pada pengujian kuat tekan beton dengan variasi bahan tambah *sica fume* dapat meningkatkan kuat tekan. Sedangkan pada pengujian beton dengan variasi Batu Apung A2 (10%) mengalami penurunan kuat tekan sebesar 19,9070 MPa dan juga variasi Batu Apung A3 (20%), A4 (30%), A5 (40%), dan A6 (50%) juga mengalami penurunan pada pengujian kuat tekan beton sebesar 13,9226 MPa, 8,1418 MPa, 6,9642 MPa, dan 4,4325 MPa.

5.8.2 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Sama halnya dengan pengujian kuat tekan beton, pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada benda uji yang berumur 28 hari. Pengujian kuat tarik belah beton ini dilakukan pada 35 silinder yang terdiri dari 6 variasi. Perhitungan kuat tarik belah pada beton dapat dilihat sebagai berikut.

Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton

Benda Uji A (*Beton Normal*)

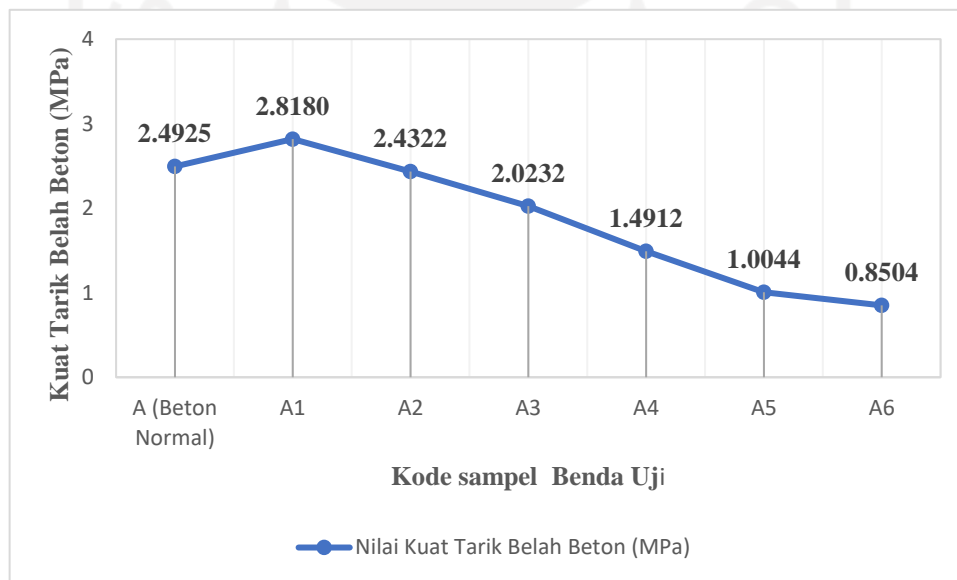
$$\begin{aligned} \text{Kuat Tarik Belah} &= \frac{2 \times P}{\mu \times L \times D} \\ &= \frac{2 \times 134000N}{\mu \times 29,833 \times 14,891} \\ &= 1,9202 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 5.24 Hasil Rekapitulasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

No	Variasi	Variasi	Berat	Diameter	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata - Rata
	Batu Apung	Silica Fume		(kg)	(cm)	(mm ²)	(kN)	(Mpa)
			Rerata		Rerata			
1	Normal	Normal	12,984	14,891	17416,34631	134	1,9202	2,4925
2			11,981	14,827	17266,18765	210	3,0359	
3			12,768	14,724	17027,13185	187	2,7102	
4			12,654	14,961	17579,68655	156	2,2656	
5			12,776	14,903	17444,42712	173	2,5308	
6	0%	10%	12,283	14,667	16894,78716	217	3,1569	2,8180
7			12,151	14,870	17366,48072	211	3,0518	
8			11,984	14,807	17218,86339	212	3,0553	
9			12,093	14,977	17616,52357	133	1,9295	
10			12,113	14,903	17444,42712	198	2,8965	
11	10%	10%	11,731	14,934	17515,51003	145	2,1025	2,4322
12			11,737	14,967	17593,00613	193	2,7860	
13			11,372	14,897	17430,38389	138	1,9691	
14			11,732	14,973	17607,89868	178	2,5286	
15			11,617	14,600	16741,54725	189	2,7748	
16	20%	10%	11,131	14,800	17203,36137	102	1,4740	2,0232
17			11,178	14,893	17419,46528	151	2,1712	
18			11,071	14,821	17252,99239	140	2,0179	
19			11,085	14,860	17343,9089	151	2,1611	
20			11,059	14,981	17626,71933	160	2,2919	
21	30%	10%	9,725	14,900	17435,84447	154	2,2015	1,4912
22			10,207	14,861	17344,687	125	1,7917	
23			8,44	14,960	17578,11987	55	0,7831	
24			9,885	14,891	17414,78693	109	1,5557	
25			9,534	14,990	17648,68947	79	1,1239	
26	40%	10%	7,48	14,886	17404,65265	28	0,3992	1,0044
27			9,468	14,981	17627,50375	80	1,1333	
28			7,882	14,998	17665,96132	57	0,8095	
29			9,354	14,936	17521,76598	109	1,5545	
30			9,302	14,955	17565,58897	79	1,1252	

Lanjutan Tabel 5.24 Hasil Rekapitulasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

No	Variasi	Variasi	Berat	Diameter	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata - Rata
	Batu Apung	Silica Fume		(cm)	(mm ²)	(kN)	(Mpa)	(Mpa)
			(kg)	Rerata	Rerata			
31	50%	10%	7,611	14,937	17524,11226	51	0,7250	0,8504
32			7,608	14,924	17492,84154	49	0,6991	
33			7,897	14,913	17466,28339	37	0,5319	
34			7,749	14,978	17619,66041	84	1,1902	
35			7,361	14,981	17627,50375	78	1,1055	



Gambar 5.9 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Dari hasil pengujian kuat tarik belah beton diatas didapatkan grafik hubungan antara variasi Batu Apung dan bahan tambah *Silica Fume* dengan hubungan antara umur beton 28 hari. Bahwa hasil kuat tekan beton normal menunjukkan nilai kuat tarik sebesar 2,4925 MPa dan nilai kuat tarik beton dari pengujian ini sebesar 2,8180 MPa terdapat sampel A1 dimana variasi beton tersebut tidak menggunakan variasi Batu Apung (0%) dan menggunakan variasi bahan tambah *Silica Fume*

(10%), sedangkan nilai kuat tekan beton terendah terdapat pada beton dengan sampel A6 dengan nilai sebesar 0,8504 MPa dimana nilai kuat tekan beton tersebut menggunakan variasi Batu Apung (50%) dan menggunakan variasi bahan tambah *Sica Fume* (10%). Dari hasil pengujian beton A1 variasi Batu Apung (0%) dan *Silica Fume* (10%) mempunyai kuat tekan lebih tinggi dari pada beton normal (*beton control*) dengan peningkatan kuat tarik dari 2,4925 MPa menjadi 2,8180 MPa.

Pada pengujian kuat tarik beton dengan variasi *silica fume* dapat meningkatkan kuat tarik. Sedangkan pada pengujian beton dengan variasi Batu Apung A2 (10%) mengalami penurunan kuat tarik sebesar 2,4322 MPa dan juga variasi Batu Apung A3 (20%), A4 (30%), A5 (40%), dan A6 (50%) juga mengalami penurunan pada pengujian kuat tarik beton sebesar 2,0232 MPa, 1,4912 MPa, 1,0044 MPa, dan 0,8504 MPa.

5.8.3 Perhitungan Biaya Produksi Beton Per m³

Perhitungan dari biaya produksi yang dimaksud ini ialah perhitungan biaya produksi beton menggunakan komponen dari penelitian yang telah dilakukan yaitu menggunakan batu apung sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan bahan tambah *silica fume*. Kadar batu apung dan *silica fume* yang akan digunakan untuk perhitungan biaya produksi ini ialah menggunakan kadar variasi Beton Normal, A1 (Batu Apung 0% dan *Silica Fume* 10%) A2 (Batu Apung 10% dan *Silica Fume* 10%), A3 (Batu Apung 20% dan *Silica Fume* 10%), A4 (Batu Apung 30% dan *Silica Fume* 10%), A5 (Batu Apung 40% dan *Silica Fume* 10%), dan A6 (Batu Apung 50% dan *Silica Fume* 10%) dengan kuat tekan rencana yaitu sebesar 22,6220 MPa, 25,1583 MPa, 19,9070 MPa, 13,9226 MPa, 8,1418 MPa, 6,9642 MPa, dan 4,4325 MPa.

Perhitungan biaya produksi beton ini bertujuan untuk mengetahui selisih antara biaya produksi beton menggunakan komponen pada umumnya dengan biaya produksi beton menggunakan batu apung sebagai pengganti sebagian agregat kasarnya dan menggunakan bahan tambah *sica fume*. Berikut ini adalah perhitungan biaya produksi beton per m³ pada Tabel 5.25 – 5.31.

Tabel 5.25 m³ Beton mutu, f'c = 22,6220 MPa, slump (12±2) cm (Beton Normal)

No.	Uraian	Kode	Satuan	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	1.65	Rp 110.000,00	Rp 181.500,00
2	Tukang batu	L.02	OH	0.275	Rp 155.000,00	Rp 42.625,00
3	Kepala tukang	L.03	OH	0.028	Rp 175.000,00	Rp 4.900,00
4	Mandor	L.04	Oh	0.165	Rp 175.000,00	Rp 28.875,00
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp 257.900,00
B	Bahan					
1	Semen Portland		kg	427	Rp 1.250,00	Rp 523.177,08
2	Pasir Beton		kg	708	Rp 113.40	Rp 80.276,57
3	Kerikil		kg	1040	Rp 182.69	Rp 190.002,62
4	Air		Liter	205	Rp 500,00	Rp 102.500,00
5	Batu Apung		kg	0	Rp 1.800,00	Rp -
6	<i>Sica Fume</i>		kg	0	Rp 7.500,00	Rp -
Jumlah Harga Bahan						Rp 895.956,28
C	Peralatan					
1	Molen		Sewa/Hari	0.25	Rp 250.000,00	62.500
2	Palu Karet			1	Rp 6.000,00	6.000
3	Sekop			1	Rp 50.000,00	45.000
4	Cetok			1	Rp 8.000,00	8.000
Jumlah Harga Peralatan						121.500
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					Rp 1.275.356,28

Tabel 5.26 m³Beton mutu, f^c = 25,1583MPa, slump (12±2) cm (Batu Apung 0%, Sica Fume 10%)

No.	Uraian	Kode	Satuan	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	1.65	Rp 110.000,00	Rp 181.500,00
2	Tukang batu	L.02	OH	0.275	Rp 155.000,00	Rp 42.625,00
3	Kepala tukang	L.03	OH	0.028	Rp 175.000,00	Rp 4.900,00
4	Mandor	L.04	OH	0.165	Rp 175.000,00	Rp 28.875,00
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp 257.900,00
B	Bahan					
1	Semen Portland		kg	427	Rp 1.250,00	Rp 523.177,08
2	Pasir Beton		kg	708	Rp 113.40	Rp 80.276,57
3	Kerikil		kg	1040	Rp 182.69	Rp 190.002,62
4	Air		liter	205	Rp 500,00	Rp 102.500,00
5	Batu Apung		kg	0	Rp 1.800,00	Rp -
6	Sica Fume		kg	42.71	Rp 7.500,00	Rp 320.312,50
Jumlah Harga Bahan						Rp 1.216.268,78
C	Peralatan					
1	Molen		Sewa/Hari	0.25	Rp 250.000,00	62.500
2	Palu Karet			1	Rp 6.000,00	6.000
3	Sekop			1	Rp 50.000,00	45.000
4	Cetok			1	Rp 8.000,00	8.000
Jumlah Harga Peralatan						121,500
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					Rp 1.595.688,78

Tabel 5.27 m³ Beton mutu, f'c = 19,9070MPa, slump (12±2) cm (Batu Apung 10%, Sica Fume 10%)

No.	Uraian	Kode	Satuan	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	1.65	Rp 110.000,00	Rp 181.500,00
2	Tukang batu	L.02	OH	0.275	Rp 155.000,00	Rp 42.625,00
3	Kepala tukang	L.03	OH	0.028	Rp 175.000,00	Rp 4.900,00
4	Mandor	L.04	OH	0.165	Rp 175.000,00	Rp 28.875,00
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp 257.900,00
B	Bahan					
1	Semen Portland		kg	427	Rp 1.250,00	Rp 523.177,08
2	Pasir Beton		kg	708	Rp 113.40	Rp 52.786,11
3	Kerikil		kg	936	Rp 182.69	Rp 171.002,36
4	Air		liter	205	Rp 500,00	Rp 102.500,00
5	Batu Apung		kg	93.60	Rp 1.800,00	Rp 168.481,69
6	Sica Fume		kg	42.71	Rp 7.500,00	Rp 320.312,50
Jumlah Harga Bahan						Rp 1.365.750,20
C	Peralatan					
1	Molen		Sewa/Hari	0.25	Rp 250.000,00	62.500
2	Palu Karet			1	Rp 6.000,00	6.000
3	Sekop			1	Rp 50.000,00	45.000
4	Cetok			1	Rp 8.000,00	8.000
Jumlah Harga Peralatan						121.500
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					Rp 1.745.150,20

Tabel 5.28 m³ Beton mutu, f_c = 13,9226 Mpa, slump (12±2) cm (Batu Apung 20%, Sica Fume 10%)

No.	Uraian	Kode	Satuan	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	1.65	Rp 110.000,00	Rp 181.500,00
2	Tukang batu	L.02	OH	0.275	Rp 155.000,00	Rp 42.625,00
3	Kepala tukang	L.03	OH	0.028	Rp 175.000,00	Rp 4.900,00
4	Mandor	L.04	OH	0.165	Rp 175.000,00	Rp 28.875,00
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp 257.900,00
B	Bahan					
1	Semen Portland		kg	427	Rp 1.250,00	Rp 523.177,08
2	Pasir Beton		kg	708	Rp 113,40	Rp 80.276,57
3	Kerikil		kg	832	Rp 182,69	Rp 152.002,10
4	Air		kg	205	Rp 500,00	Rp 102.500,00
5	Batu Apung		liter	166,40	Rp 1.800,00	Rp 299.523,00
6	<i>Sica Fume</i>		kg	42,71	Rp 7.500,00	Rp 320.312,50
Jumlah Harga Bahan						Rp 1.477.791,25
C	Peralatan					
1	Molen		Sewa/Hari	0.25	Rp 250.000,00	62.500
2	Palu Karet			1	Rp 6.000,00	6.000
3	Sekop			1	Rp 50.000,00	45.000
4	Cetok			1	Rp 8.000,00	8.000
Jumlah Harga Peralatan						121.500
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					Rp 1.857.191,25

Tabel 5.29 m³ Beton mutu, f'c = 8,1418 MPa, slump (12±2) cm (Batu Apung 30%, Sica Fume 10%)

No.	Uraian	Kode	Satuan	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	1.65	Rp 110.000,00	Rp 181.500,00
2	Tukang batu	L.02	OH	0.275	Rp 155.000,00	Rp 42.625,00
3	Kepala tukang	L.03	OH	0.028	Rp 175.000,00	Rp 4.900,00
4	Mandor	L.04	OH	0.165	Rp 175.000,00	Rp 28.875,00
Harga Tenaga Kerja						Rp 257.900,00
B	Bahan					
1	Semen Portland		kg	427	Rp 1.250,00	Rp 523.177,08
2	Pasir beton		kg	708	Rp 113,40	Rp 80.276,57
3	Kerikil		kg	728	Rp 182,69	Rp 133.001,84
4	Air		liter	205	Rp 500,00	Rp 102.500,00
5	Batu Apung		kg	218,40	Rp 1.800,00	Rp 393.123,94
6	<i>Sica Fume</i>		kg	42,71	Rp 7.500,00	Rp 320.312,50
Jumlah Harga Bahan						Rp 1.552.391,93
C	Peralatan					
1	Molen		Sewa/Hari	0,25	Rp 250.000,00	62.500
2	Palu Karet			1	Rp 6.000,00	6.000
3	Sekop			1	Rp 50.000,00	45.000
4	Cetok			1	Rp 8.000,00	8.000
Jumlah Harga Peralatan						121.500
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					Rp 1.931.791,93

Tabel 5.30 m³Beton mutu, f'c = 6,9642 MPa, slump (12±2) cm (Batu Apung 40%, Sica Fume 10%)

No.	Uraian	Kode	Satuan	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	1.65	Rp 110.000,00	Rp 181.500,00
2	Tukang batu	L.02	OH	0.275	Rp 155.000,00	Rp 42.625,00
3	Kepala tukang	L.03	OH	0.028	Rp 175.000,00	Rp 4.900,00
4	Mandor	L.04	OH	0.165	Rp 175.000,00	Rp 28.875,00
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp 257.900,00
B	Bahan					
1	Semen Portland		kg	427	Rp 1.250,00	Rp 523.177,08
2	Pasir Beton		kg	708	Rp 113.40	Rp 80.276,57
3	Kerikil		kg	624	Rp 182.69	Rp 114.001,57
4	Air		liter	205	Rp 500,00	Rp 102.500,00
5	Batu Apung		kg	249.60	Rp 1.800,00	Rp 449.284,50
6	<i>Sica Fume</i>		kg	42.71	Rp 7.500,00	Rp 320.312,50
Jumlah Harga Bahan						Rp 1.589.552,23
C	Peralatan					
1	Molen		Sewa/Hari	0.25	Rp 250.000,00	62.500
2	Palu Karet			1	Rp 6.000,00	6.000
3	Sekop			1	Rp 50.000,00	45.000
4	Cetok			1	Rp 8.000,00	8.000
Jumlah Harga Peralatan						121.500
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					Rp 1.968.952,23

Tabel 5.31 m³Beton mutu, f'c = 4,4325 MPa, slump (12±2) cm (Batu Apung 50%, Sica Fume 10%)

No.	Uraian	Kode	Satuan	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	L.01	OH	1.65	Rp 110.000,00	Rp 181.500,00
2	Tukang batu	L.02	OH	0.275	Rp 155.000,00	Rp 42.625,00
3	Kepala tukang	L.03	OH	0.028	Rp 175.000,00	Rp 4.900,00
4	Mandor	L.04	OH	0.165	Rp 175.000,00	Rp 28.875,00
Jumlah Harga Tenaga Kerja						Rp 257.900,00
B	Bahan					
1	Semen Portland		kg	427	Rp 1.250,00	Rp 523.177,08
2	Pasir Beton		kg	708	Rp 113.40	Rp 80.276,57
3	Kerikil		kg	520	Rp 182.69	Rp 95.001.31
4	Air		liter	205	Rp 500,00	Rp 102.500,00
5	Batu Apung		kg	260.00	Rp 1.800,00	Rp 468.004,69
6	<i>Sica Fume</i>		kg	42.71	Rp 7.500,00	Rp 320.312,50
Jumlah Harga Bahan						Rp 1.589.272,15
C	Peralatan					
1	Molen		Sewa/Hari	0.25	Rp 250.000,00	62.500
2	Palu Karet			1	Rp 6.000,00	6.000
3	Sekop			1	Rp 50.000,00	45.000
4	Cetok			1	Rp 8.000,00	8.000
Jumlah Harga Peralatan						121.500
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					Rp 1.968.672,15

Koefisien dan harga satuan yang digunakan dalam perhitungan biaya produksi beton per m³ diatas menggunakan data dari *mix design* dan harga beli sesungguhnya pada saat penelitian. Berikut akan dijelaskan perhitungan koefisien yang didapat dari *mix design* tersebut:

1. Koefisien Semen *Portland*

Koefisien Semen *Portland* didapat dari perhitungan kebutuhan semen pada *mix design* sebagai berikut:

$$\frac{\text{Kebutuhan Air}}{FAS} = \frac{205}{0,48} = 427,083 \text{ kg/m}^3$$

2. Koefisien Pasir Beton

Koefisien pasir beton didapat dari perhitungan penentuan proporsi campuran beton sebagai berikut:

$$\text{Persentase agregat halus} \times \text{berat agregat campuran} = 40,50\% \times 1747,917 = 707,906 \text{ kg/m}^3$$

3. Koefisien Kerikil

Koefisien kerikil didapat dari perhitungan penentuan proporsi campuran beton sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Persentase agregat kasar} \times \text{berat agregat campuran} &= 59,5\% \times 1747,917 = 1040,010 \text{ kg/m}^3. \\ \text{Koefisien kerikil dikurangi kadar batu apung sebagai substitusi} \\ \text{sebagian agregat kasarnya sehingga} &= (1040,010 \text{ kg/m}^3 \times 1) - (10\% \times 1 \times 1040,010) = 936,01 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

4. Koefisien Air

Koefisien air didapat dari perhitungan kebutuhan air sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air} &= \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk \\ &= \frac{2}{3}195 + \frac{1}{3}225 \\ &= 205 \text{ kg} \end{aligned}$$

5. Koefisien Batu Apung

Koefisien batu apung didapat dari perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{A2 (Batu Apung 10\%)} \\ &= 10\% \times 936,01 \text{ kg/m}^3 \\ &= 93,60 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

6. Koefisien *Silica Fume*

Koefisien *sica fume* didapat dari perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{A2 (Silica Fume 10\%)} \\ &= (427,083 \text{ kg/m}^3 \times 10\%) \\ &= 42,71 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Biaya produksi untuk 1m³ dengan campuran batu apung sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan tambahan *silica fume* sebesar 10% dari berat semen adalah sebesar Rp.1.595.669, Rp.1.745.150, Rp.1.857.191, Rp.1.931.792, Rp.1.968.952, dan Rp.1.968.672.

Biaya yang dibutuhkan cukup besar apabila dibandingkan dengan pembuatan beton dengan campuran yang normal yaitu sebesar Rp.1.275.356, perbedaan biaya yang cukup besar ini diakibatkan oleh harga *silica fume* dan batu apung yang cukup mahal dan variasi batu apung yang berbeda-beda. Maka dapat disimpulkan bahwa batu apung sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan bahan tambah *silica fume* tidak relevan untuk produksi beton secara masal.



Gambar 5.10 Biaya Produksi Beton

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil data penelitian ini dilakukan pembahasan mengenai pemanfaatan Batu Apung dan Penambahan *Silica Fume* terhadap pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Penggunaan Batu Apung tidak dapat memaksimalkan untuk kuat tekan beton, sedangkan penambahan *Silica Fume* dapat memaksimalkan kuat tekan beton. Semakin tinggi presentase Batu Apung maka kuat tekan beton yang didapatkan akan semakin menurun.
2. Kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton maksimal pada penelitian ini sebesar 25,1583 MPa dan 2,8180 MPa, terdapat variasi pengganti agregat kasar dengan Batu Apung 0% dan bahan tambah *Silica Fume* 10%. Dan nilai terendah kuat tekan dan kuat tarik belah beton pada penelitian ini sebesar 4,4325 MPa dan 0,8504 MPa, terdapat variasi pengganti agregat kasar Batu Apung 50% dan bahan tambah *Silica Fume* 10%.
3. Biaya produksi beton per m³ menggunakan batu apung sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan bahan tambah *silica fume* tidak relavan untuk diproduksi secara masal, karena biaya yang dibutuhkan terlalu besar dibandingkan dengan biaya produksi pada beton normal.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan ini dapat diberikan saran yang nantinya bisa bermanfaat untuk penelitian selanjutnya. Saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan penambahan bahan tambah jenis lainnya yang bisa didapat dengan nilai kuat tekan yang bagus atau lebih baik, serta hasil penelitian ini yang lebih akurat.

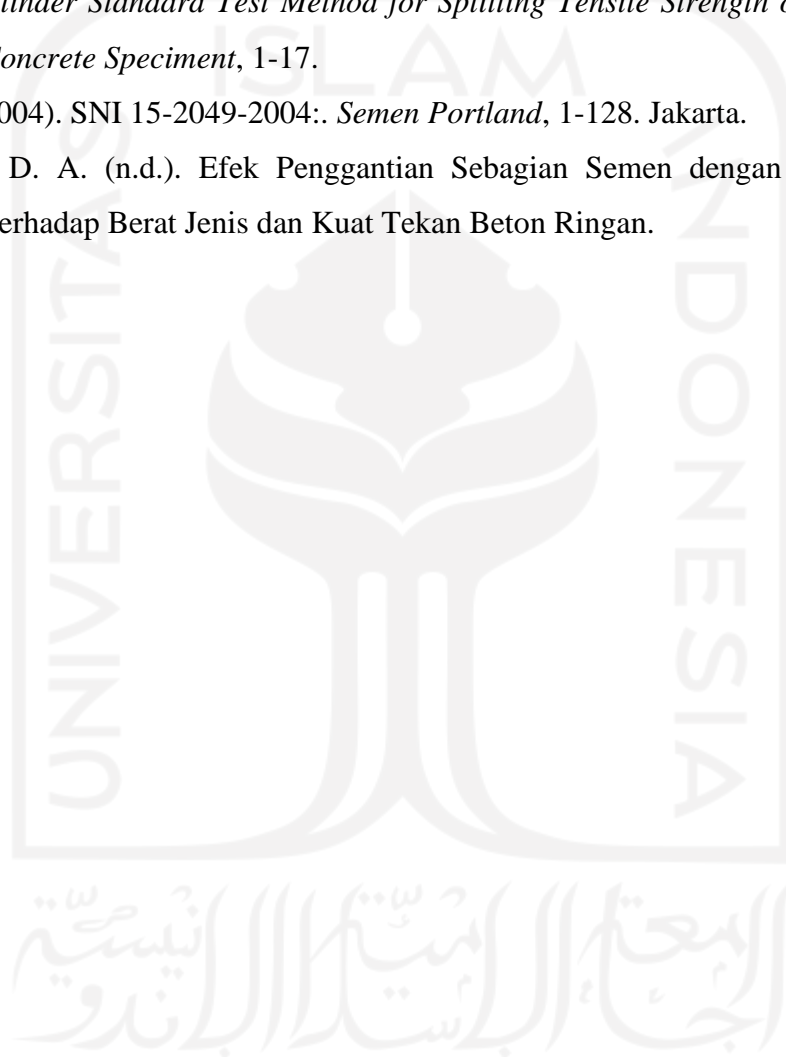
2. Untuk penelitian selanjutnya perlu diteliti lagi saat menghitung *mix design* sebelum memulai pengecoran dan lebih lanjut untuk mendapatkan komposisi campuran yang tepat agar menghasilkan kuat tekan beton dengan variasi batu apung yang baik.
3. Penggunaan *Silica Fume* sebagai substitusi parsial semen tanpa mengurangi nilai faktor air semen dalam campuran beton dan perlu dilakukan untuk penelitian selanjutnya dan penggunaan batu apung sebaiknya direndam terlebih dahulu agar menghilangkan kadar garam dan nantinya menghasilkan kuat tekan yang optimal.

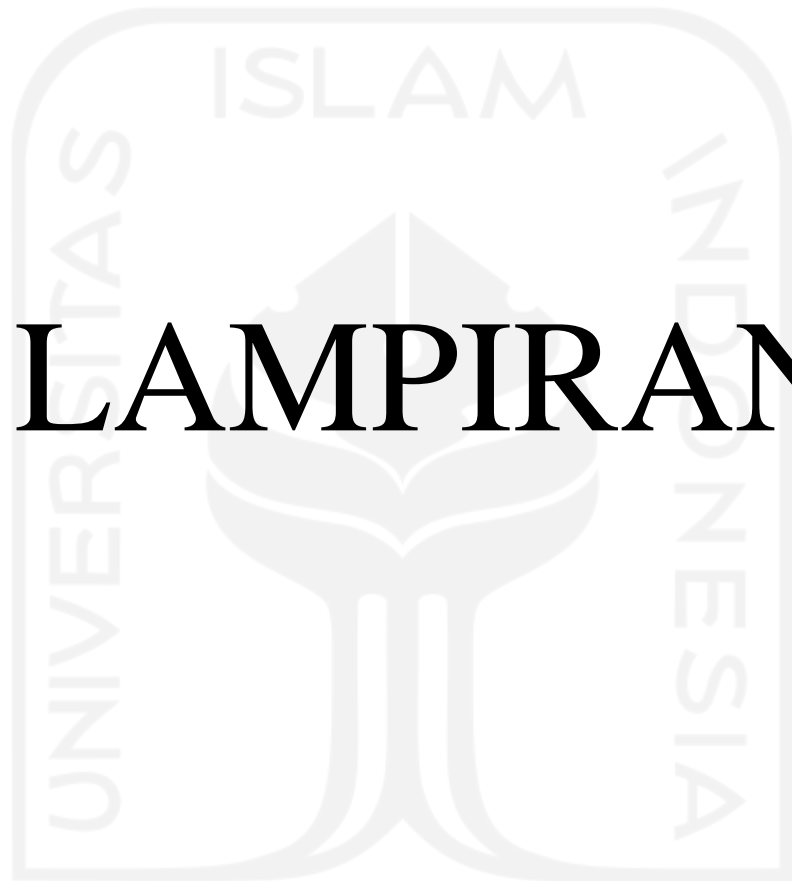


DAFTAR PUSTAKA

- Alfansuri, A. d. (2017). Pemanfaatan Batu Apung Dalam Pembuatan Beton Ringan Dengan Penambahan Lumpur Sidoarjo Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan dan Porositas. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 2(2), 1-11.
- Ardan, M. (2016). Kajian Penggunaan Batu Apung dan Styrofoam Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Pada Perencanaan Beton Ringan . *Arbitek*, 2(2), 1-4.
- BSN. (1990a). SNI 03-1750-1990 Mutu dan Cara Agregat Beton. *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*.
- C494-82, A. (1982). ASTM C494-82 Standard Specification For Chemical Admixtures For Concrete. *American Society For Testing and Material*, 82-494.
- Haruna, H. (2021). Penggunaan Batu Apung Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar dengan Penambahan Silica Fume.
- Hidayat, E. (2018). Pengaruh Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Kasar Batu Apung dan Bahan Tambah Silica Fume.
- Mulyono, T. (2004). Teknologi Beton. *Yogyakarta : Andi*.
- PBI. (1971). Penjelasan dan Pembahasan mengenai Peraturan Beton Indonesia 1971. *Badan Standardisasi Indonesia*.
- Sihombing, L. (2017). Pengaruh Penambahan Sika Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Porous.
- Simanjuntak, T. (2010). Pemanfaatan Batu Apung dalam Pembuatan Beton Ringan dengan Sikament-NN dan Sika Fume.
- SNI. (1990). SNI 03-1974-1990:.. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Jakarta*.
- SNI. (2000). SNI 03-2834-2000:.. *Tata Cara pembuatan rencana campuran beton normal. Jakarta*.
- SNI. (2008). SNI 2826-2008:.. *Cara Uji Modulus Elastisitas Batu dengan Tekanan Sumbu Tunggal*,, 1-12. Jakarta.

- SNI. (2011). SNI 2493-2011:.. *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. Jakarta.
- SNI. (2011). SNI 2847:2013:.. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*,, 1-265. Bandung.
- SNI. (2014). SNI 03-2491-2014:.. *Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Speciment*, 1-17.
- SNI. (2004). SNI 15-2049-2004:.. *Semen Portland*, 1-128. Jakarta.
- Susilo, D. A. (n.d.). Efek Penggantian Sebagian Semen dengan Silica Fume Terhadap Berat Jenis dan Kuat Tekan Beton Ringan.





LAMPIRAN

الجامعة الإسلامية
الابستد الاندو



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Lampiran 1

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR (BATU PECAH)

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel	Sampel	Rerata
	1	2	
Berat agregat kasar kering mutlak, gram (B_k)	4785	4887	4836
Berat agregat kasar kondisi jenuh kering permukaan (SSD), gram (B_j)	5000	5000	5000
Berat agregat kasar dalam air, gram (B_a)	3098	3134	3116
Berat jenis curah, (B_k/B_j-B_a)	2,516	2,619	2,567
Berat jenis jenuh kering permukaan, (B_j/B_j-B_a)	2,629	2,680	2,654
Berat jenis semu, (B_k/B_k-B_a)	2,836	2,788	2,812
Penyerapan air, (B_j-B_k)/ $B_k \times 100\%$, %	4,493	2,312	3,403



Lampiran 2

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT
 KASAR (BATU PECAH)**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0,000	0,000	100,000
20	148	3,153	3,330	96,670
10	3835	88,091	89,626	10,374
4,8	374	6,902	98,042	1,958
2,4	34	0,724	98,807	1,193
1,2	0	0,000	98,807	1,193
0,6	0	0,000	98,807	1,193
0,3	0	0,000	98,807	1,193
0,15	0	0,000	98,807	1,193
Pan	53	1,129		
Jumlah	4444	100,000	685,036	

**SPEKIFIKASI GRADASI AGREGAT KASAR
 (BATU PECAH)**

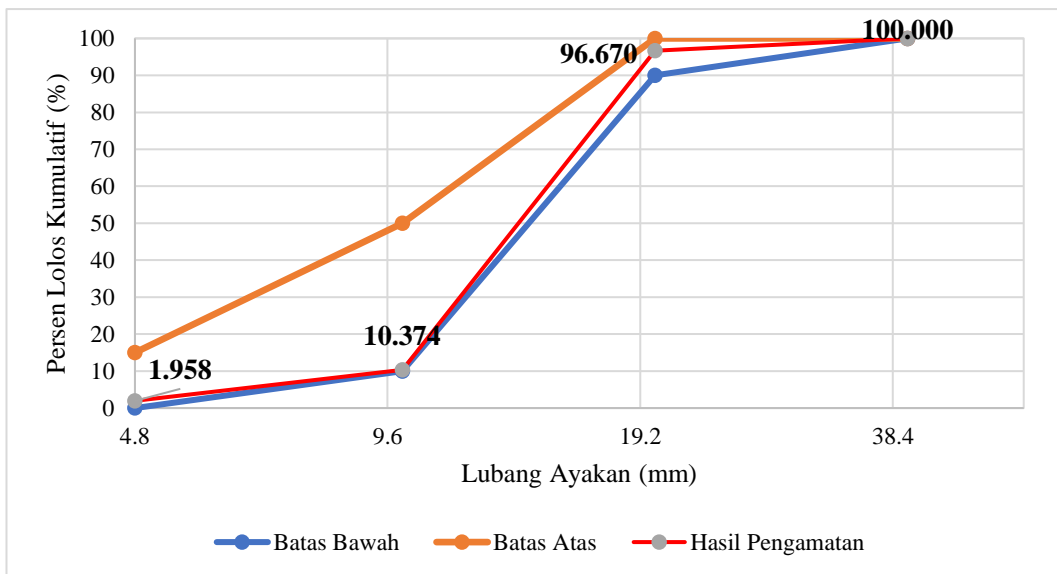
Lubang Ayakan (mm)	40 mm		20 mm	
	bawah	atas	bawah	atas
40	95	100	100	100
20	30	70	90	100
10	10	35	10	50
4,8	0	5	0	15

**SPEKIFIKASI GRADASI AGREGAT KASAR 20 mm
 (BATU PECAH)**

Lubang Ayakan (mm)	Batas Atas	Hasil Pengujian	Batas Bawah
40,00	100	100	100
20,00	100	96,670	90
10,00	50	10,374	10
4,80	15	1,958	0

Lampiran 3

GAMBAR ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR (BATU PECAH)





Lampiran 4

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT KASAR (BATU PECAH)

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Satuan
Berat silinder (W_1), gram	10600	gram
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W_2), gram	19645	gram
Berat agregat (W_3), gram	9045	gram
Volume silinder (V), cm^3	5301,4376	cm^3
Berat isi gembur = W_3/V , $gram/cm^3$	1,7061	$gram/cm^3$

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT KASAR (BATU PECAH)

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Satuan
Berat silinder (W_1), gram	10600	gram
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W_2), gram	19988	gram
Berat agregat (W_3), gram	9388	gram
Volume Silinder (V), cm^3	5301,4376	cm^3
Berat isi gembur = W_3/V , $gram/cm^3$	1,7708	$gram/cm^3$



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLMA INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14.4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Lampiran 5

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR (BATU APUNG)

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel	Sampel	Rerata
	1	2	
Berat agregat kasar kering mutlak, gram (B_k)	899	974	936,5
Berat agregat kasar kondisi jenuh kering permukaan (SSD), gram (B_j)	1000	1000	1000
Berat agregat kasar dalam air, gram (B_a)	553	673	613
Berat jenis curah, (B_k/B_j-B_a)	2,011	2,979	2,495
Berat jenis jenuh kering permukaan, (B_j/B_j-B_a)	2,237	3,058	2,648
Berat jenis semu, (B_k/B_k-B_a)	2,598	3,236	2,917
Penyerapan air, (B_j-B_k)/ $B_k \times 100\%$, %	11,235	2,669	6,952



Lampiran 6

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT
 KASAR (BATU APUNG)**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	49	4,990	4,990	95,010
20	549	55,906	60,896	39,104
10	262	26,680	87,576	12,424
4,8	98	9,980	97,556	2,444
2,4	0	0,000	97,556	2,444
1,2	0	0,000	97,556	2,444
0,6	0	0,000	97,556	2,444
0,3	0	0,000	97,556	2,444
0,15	0	0,000	97,556	2,444
Pan	24	2,444		
Jumlah	982	100,000	738,798	

**SPEKIFIKASI GRADASI AGREGAT KASAR
 (BATU APUNG)**

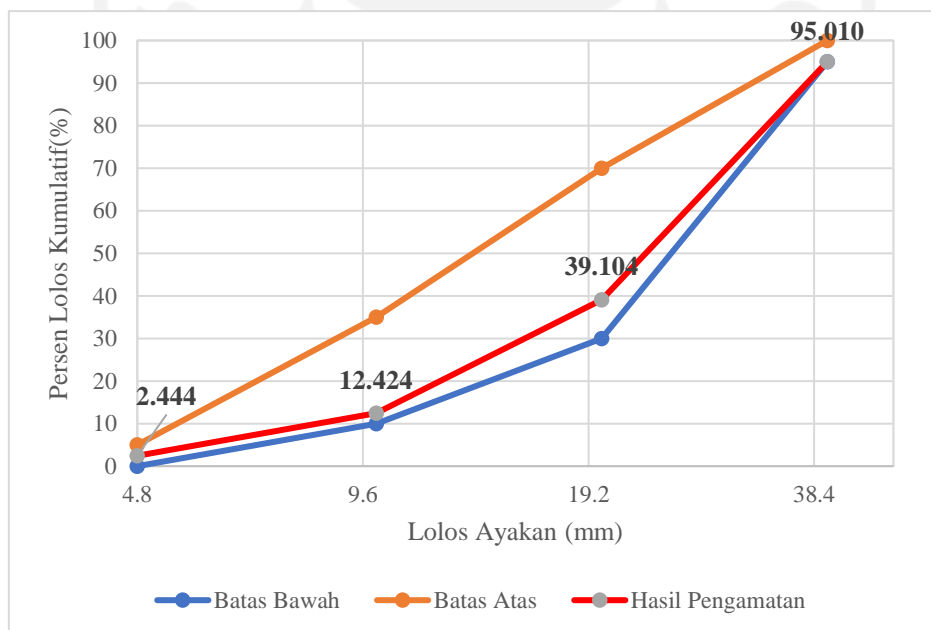
Lubang Ayakan (mm)	40 mm		20 mm	
	bawah	atas	bawah	atas
40	95	100	100	100
20	30	70	90	100
10	10	35	10	50
4,8	0	5	0	15

Lampiran 7

**SPEKIFIKASI GRADASI AGREGAT KASAR 40 mm
 (BATU APUNG)**

Lubang Ayakan (mm)	Batas Atas	Hasil Pengujian	Batas Bawah
40,00	100	95,010	95
20,00	70	39,104	30
10,00	35	12,424	10
4,80	5	2,444	0

GAMBAR ANALISA SARINGAN KASAR (BATU APUNG)





Lampiran 8

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT KASAR (BATU APUNG)

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Satuan
Berat silinder (W_1), gram	10629	gram
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W_2), gram	18395	gram
Berat agregat (W_3), gram	7766	gram
Volume silinder (V), cm^3	5301,4376	cm^3
Berat isi gembur = W_3/V , $gram/cm^3$	1,4649	$gram/cm^3$

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT KASAR (BATU APUNG)

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Satuan
Berat silinder (W_1), gram	10637	gram
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W_2), gram	18483	gram
Berat agregat (W_3), gram	7846	gram
Volume Silinder (V), cm^3	5301,4376	cm^3
Berat isi gembur = W_3/V , $gram/cm^3$	1,4800	$gram/cm^3$



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLMA INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14.4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Lampiran 9

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS (PASIR)

Uraian	Hasil Penelitian		
	Sampel 1	Sampel 2	Rerata
Berat agregat kasar kering mutlak, gram (B_k)	483	480	48,1
Berat agregat halus kondisi jenuh kering permukaan (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (B_t)	1015	1040	1027,5
Berat piknometer berisi air, gram (B)	697	731	714
Berat jenis curah, ($B_k/B+500-B_t$)	2,654	2,513	2,583
Berat jenis jenuh kering permukaan, ($500/B+500-B_t$)	2,747	2,618	2,683
Berat jenis semu, ($B_k/B+B_k-B_t$)	2,927	2,807	2,683
Penyerapan air, ($(500-B_k)/B_k \times 100\%$)	3,520	4,167	3,843



Lampiran 10

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT
 HALUS (PASIR)**

Lubang ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Teringgal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,000	0,000	100,000
20		0,000	0,000	100,000
10		0,000	0,000	100,000
4,8	4	0,235	0,235	99,765
2,4	83	4,882	5,118	94,882
1,2	274	16,118	21,235	78,765
0,6	456	26,824	48,059	51,941
0,3	344	20,235	68,294	31,706
0,15	341	20,059	88,353	11,647
Pan	198	11,647		
Jumlah	1700	100,000	231,294	

**SPESIFIKASI GRADASI AGREGAT HALUS
 (PASIR)**

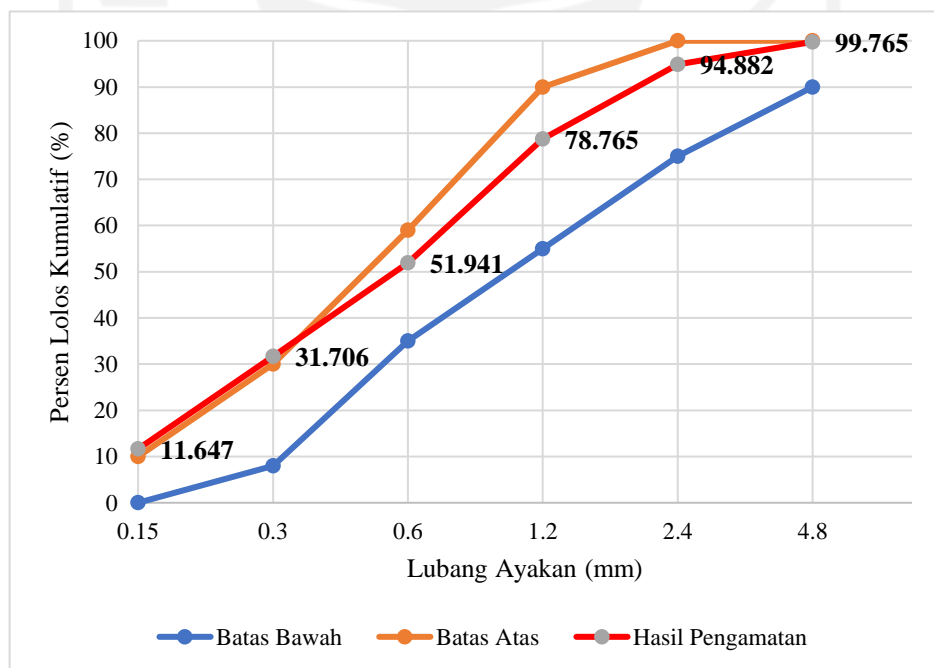
Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Agregat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Lampiran 11

**SPESIFIKASI GRADASI AGREGAT HALUS DAERAH II
 (PASIR)**

Lubang Ayakan (mm)	Batas Atas	Hasil Pengujian	Batas Bawah
4,80	100	99,765	90
2,40	100	94,882	75
1,20	90	78,765	55
0,60	59	51,941	35
0,30	30	31,706	8
0,15	10	11,647	0

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS (PASIR)





Lampiran 12

**PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS
 (PASIR)**

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Satuan
Berat silinder (W_1), gram	10200	gram
Berat silinder + aagregat kering permukaan (SSD) (W_2), gram	18459	gram
Berat agregat (W_3), gram	8259	gram
Volume Silinder (V), cm^3	5301,4376	cm^3
Berat isi gembur = W_3/V , $gram/cm^3$	1,5579	$gram/cm^3$

**PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS
 (PASIR)**

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Satuan
Berat silinder (W_1), gram	10600	gram
Berat silinder + aagregat kering permukaan (SSD) (W_2), gram	19025	gram
Berat agregat (W_3), gram	8425	gram
Volume Silinder (V), cm^3	5301,4376	cm^3
Berat isi gembur = W_3/V , $gram/cm^3$	1,5892	$gram/cm^3$

**PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS
 (PASIR)**

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat halus kering mutlak (W_1), gram	500	500
Berat agregat halus setelah dicuci dan dioven (W_2), gram	491	493
Berat lumpur (W_3) = ($W_1 - W_2$), gram	9	7
Kadar lumpur = $W_3 \times 100\%$, %	1,8	1,4
Kadar lumpur rata-rata, %	1,6	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLMA INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14.4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Lampiran 13

FORMULIR PERENCANAAN CAMPURAN BETON (*MIX DESIGN*) METODE SNI 03-2834-2000

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat Tekan Rencana ($f'c$)	20	MPa
2	Deviasi Standar	7	
3	Nilai Tambah	12	
4	Kuat Tekan Beton Digunakan ($f'cr$)	32	MPa
5	Jenis Semen	Portland Tipe I	
6	Faktor Air Semen (FAS)	0,48	
7	Nilai <i>Slump</i>	60-180	mm
8	Ukuran Agregat Maksimum	20	mm
9	Wh	195	
10	Wk	225	
11	Kadar Air Bebas	205	kg
12	Jumlah Semen	427,083	kg
13	Kadar Semen Minimum	325	kg
14	Berat Jenis Agregat Halus	2,683	
15	Berat Jenis Agregat Kasar	2,654	
16	Berat Jenis Butiran Agregat Gabungan	2,666	
17	Persen Agregat Halus	40,50	%
18	Persen Agregat Kasar	59,5	%
19	Berat Isi Beton	2380	kg/m ³
20	Kadar Agregat Gabungan	1747,92	kg/m ³
21	Kadar Agregat Halus	707,906	kg/m ³



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLMA INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Lampiran 14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Nama : ARISTA ADILA
NIM : 17511141
Asal Instansi : UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Keperluan : TUGAS AKHIR S1

LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TEKAN BETO

Jenis Benda Uji	No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
								Slump	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
Beton Normal	1	5	A (Normal)	14,959	19,467	12,442	175,7420	12,8	367000	20,8829	22,6220
	2			14,930	29,930	12,769	175,0613		380000	21,7067	
	3			14,888	29,013	12,871	174,0933		385000	22,1146	
	4			14,988	29,633	12,887	176,4320		415000	23,5218	
	5			14,833	29,013	12,917	172,8016		430000	24,8840	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLMA INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TEKAN BETON

Jenis Benda Uji		No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
									Slump	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
Batu Apung	Sica Fume				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
0%	10%	1	5	A1	14,703	29,300	12,197	169,7937	13,12	515000	24,4414	25,1583
		2			14,667	29,937	12,244	168,9479		380000	22,4921	
		3			14,810	29,013	11,903	172,2662		490000	28,4444	
		4			14,867	29,633	12,128	173,5870		415000	23,9073	
		5			14,800	29,013	11,709	172,0336		456000	26,5063	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLMA INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TEKAN BETON

Jenis Benda Uji		No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
									Slump	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
Batu Apung	Sica Fume				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
10%	10%	1	5	A2	14,800	29,867	11,873	172,0336	12,50	395000	22,9606	19,9070
		2			14,733	29,433	11,378	170,4873		345000	20,2361	
		3			14,867	29,467	11,649	173,5870		340000	19,5867	
		4			14,870	29,767	11,667	173,6648		308000	17,7353	
		5			14,977	29,600	11,592	176,1652		335000	19,0162	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TEKAN BETON

Jenis Benda Uji		No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
									Slump	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
Batu Apung	Sica Fume				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
20%	10%	1	5	A3	14,930	29,700	10,814	175,0769	11,00	256000	14,6221	13,9226
		2			14,857	29,863	10,79	173,3535		214000	12,3447	
		3			14,792	29,767	11,139	171,8554		314000	18,2711	
		4			14,867	29,830	11,302	173,5869		198000	11,4063	
		5			14,863	29,837	10,987	173,4935		225000	12,9687	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLMA INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TEKAN BETON

Jenis Benda Uji		No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
									Slump	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
Batu Apung	Sica Fume				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
30%	10%	1	5	A4	14,921	29,985	8,683	174,8503	10,00	110000	6,2910	8,1418
		2			14,932	29,871	10,077	175,1082		155000	9,8516	
		3			14,954	29,911	9,356	175,6246		215000	12,2420	
		4			14,922	29,881	9,777	174,8893		109000	6,2325	
		5			14,981	29,992	9,219	176,2593		125000	7,0918	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLMA INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TEKAN BETON

Jenis Benda Uji		No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
									Slump	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
Batu Apung	Sica Fume				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
40%	10%	1	5	A5	14,831	29,890	9,034	172,7628	9,00	198000	11,4607	6,9642
		2			14,988	29,881	9,665	176,4241		122000	6,9151	
		3			14,982	29,986	8,740	176,2829		89000	5,0487	
		4			14,983	29,981	8,804	176,3064		119000	6,7496	
		5			14,898	29,991	9,148	174,3194		81000	4,6466	



LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TEKAN BETON

Jenis Benda Uji		No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
									Slump	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
Batu Apung	Sica Fume				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
50%	10%	1	5	A6	14,982	29,998	7,931	176,2829	7,00	107000	6,0697	4,4325
		2			14,998	29,892	8,347	176,6596		36000	2,0378	
		3			14,900	29,982	8,069	174,3662		148000	8,4878	
		4			14,981	29,991	7,998	176,2593		51000	2,8934	
		5			14,961	29,872	8,408	175,7890		47000	2,6736	

Diperiksa Oleh,

Yogyakarta, Januari 2023
Kepala Laboratorium BKT,

Malik Mushthofa, S.T., M.Eng



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLMA INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Lampiran 15 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Nama : ARISTA ADILA
NIM : 17511141
Asal Instansi : UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Keperluan : TUGAS AKHIR S1

LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TARIK BELAH BETON

Jenis Benda Uji	No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
								Slump	Beban Maksimum	Kuat Tarik	Kuat Tarik Rata-Rata
				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
Beton Normal	1	5	A (Normal)	14,891	29,833	12,984	174,1634	12,8	134000	1,9202	2,4925
	2			14,827	29,700	11,981	172,6619		210000	3,0359	
	3			14,724	29,833	12,768	170,2713		187000	2,7101	
	4			14,961	29,300	12,654	175,7968		156000	2,2655	
	5			14,903	29,300	12,776	174,4442		173000	2,5308	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLMA INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TARIK BELAH BETON

Jenis Benda Uji		No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
									Slump	Beban Maksimum	Kuat Tarik	Kuat Tarik Rata-Rata
Batu Apung	Sica Fume				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
0%	10%	1	5	A1	14,667	29,837	12,283	168,947	13,12	217000	3,1568	2,8180
		2			14,870	29,600	12,151	173,6648		211000	3,0518	
		3			14,807	29,833	11,984	172,1886		212000	3,0553	
		4			14,977	29,300	12,093	176,1652		133000	1,9295	
		5			14,903	29,200	12,113	174,4442		198000	2,8965	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLMA INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TARIK BELAH BETON

Jenis Benda Uji		No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
									Slump	Beban Maksimum	Kuat Tarik	Kuat Tarik Rata-Rata
Batu Apung	Sica Fume				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
10%	10%	1	5	A2	14,943	29,400	11,731	175,3819	12,50	145000	2,1011	2,4234
		2			15,017	29,467	11,737	177,1075		193000	2,7767	
		3			14,940	30,087	11,372	175,3037		138000	1,9544	
		4			15,043	30,013	11,732	177,7371		178000	2,5098	
		5			14,600	29,700	11,617	167,4154		189000	2,7748	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TARIK BELAH BETON

Jenis Benda Uji		No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
									Slump	Beban Maksimum	Kuat Tarik	Kuat Tarik Rata-Rata
Batu Apung	Sica Fume				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
20%	10%	1	5	A3	14,800	29,767	11,131	172,0336	11,00	102000	1,4739	2,0232
		2			14,893	29,730	11,178	174,1947		151000	2,1711	
		3			14,821	29,800	11,071	172,5299		140000	2,0179	
		4			14,860	29,933	11,085	173,4391		151000	2,1611	
		5			14,981	29,667	11,059	176,2672		160000	2,2918	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TARIK BELAH BETON

Jenis Benda Uji		No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
									Slump	Beban Maksimum	Kuat Tarik	Kuat Tarik Rata-Rata
Batu Apung	Sica Fume				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
30%	10%	1	5	A4	14,900	29,888	9,275	174,3584	10,00	154000	2,2015	1,4912
		2			14,861	29,887	10,207	173,4469		125000	1,7917	
		3			14,960	29,886	8,440	175,7812		55000	0,7831	
		4			14,891	29,955	9,885	174,1479		109000	1,5557	
		5			14,990	29,851	9,534	176,4869		79000	1,1239	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TARIK BELAH BETON

Jenis Benda Uji		No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
									Slump	Beban Maksimum	Kuat Tarik	Kuat Tarik Rata-Rata
Batu Apung	Sica Fume				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
40%	10%	1	5	A5	14,886	29,995	7,480	174,0465	9,00	28000	0,3992	1,0044
		2			14,981	29,996	9,468	176,2750		80000	1,1333	
		3			14,998	29,888	7,882	176,6596		57000	0,8095	
		4			14,936	29,886	9,354	175,2177		109000	1,5544	
		5			14,955	29,887	9,302	175,6559		79000	1,1252	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLMA INDONESIA
 Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA UJI KUAT TARIK BELAH BETON

Jenis Benda Uji		No Sampel	Jumlah Sampel	Kode Benda Uji	Diameter Benda Uji	Tinggi Benda Uji	Berat Benda Uji	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian			
									Slump	Beban Maksimum	Kuat Tarik	Kuat Tarik Rata-Rata
Batu Apung	Sica Fume				(cm)	(cm)	(kg)	(cm ²)	(cm)	(N)	(MPa)	(MPa)
50%	10%	1	5	A6	14,937	29,981	7,611	175,2411	7,00	51000	0,7249	0,8504
		2			14,924	29,897	7,608	174,9284		49000	0,6991	
		3			14,913	29,693	6,897	174,6628		37000	0,5319	
		4			14,978	29,998	7,749	176,1966		84000	1,1901	
		5			14,981	29,981	7,361	176,2750		78000	1,1055	

Diperiksa Oleh,

Yogyakarta, Januari 2023
 Kepala Laboratorium BKT,

Malik Mushthofa, S.T., M.Eng

Lampiran 16 Gambar Alat



Gambar L-16.1 Cetok



Gambar L-16.2 Sekop



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLMA INDONESIA
Jalan Kaliurang KM 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Gambar L-16.3 Oven



Gambar L-16.4 Timbangan Digital



Gambar L-16.5 Shaker



Gambar L-16.6 Molen Listrik