

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH SERAT *POLYPROPYLENE* TERHADAP  
KEKUATAN BETON RINGAN BERAGREGAT  
KASAR BREKSI BATU APUNG  
(*THE EFFECT OF POLYPROPYLENE FIBER TO  
STRENGTH OF LIGHTWEIGHT CONCRETE WITH  
PUMICE BRECCIA COARSE AGGREGATE*)**

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



**الجامعة الإسلامية  
الاستد بالاندو**

**Anjas Tri Laksono  
17511130**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2022**

## TUGAS AKHIR

# **PENGARUH SERAT *POLYPROPYLENE* TERHADAP KEKUATAN BETON RINGAN BERAGREGAT KASAR BREKSI BATU APUNG (*THE EFFECT OF POLYPROPYLENE FIBER TO STRENGTH OF LIGHTWEIGHT CONCRETE WITH PUMICE BRECCIA COARSE AGGREGATE*)**

Disusun oleh

**Anjas Tri Laksono**  
17511130

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

Diuji pada tanggal 20 Mei 2022

Oleh Dewan Penguji

**Pembimbing**



**Helmy Akbar Bale, Ir., M.T.**  
NIK: 885110105

**Penguji I**



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

**Penguji II**



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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



**Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.**  
NIK: 885110101



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

*Alhamdulillahirabbil'alamin*, segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya. Shalawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, serta pengikutnya yang telah membawa zaman kegelapan menjadi zaman yang terang benderang seperti sekarang ini.

Laporan Tugas Akhir ini disusun dengan maksud memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan laporan ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak *alhamdulillah* Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Berkaitan dengan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Helmy Akbar Bale, Ir., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, nasihat, serta motivasi selama penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Pradipta Nandi Wardhana, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu membimbing serta memberikan banyak masukan selama masa kuliah.
4. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji I Tugas Akhir yang telah memberikan masukan dan koreksi sehingga Tugas Akhir ini menjadi lebih baik serta telah memberikan nasihat dan motivasi kepada penulis.
5. Bapak Elvis Saputra, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II Tugas Akhir yang telah memberikan masukan dan koreksi sehingga Tugas Akhir ini menjadi lebih baik serta telah memberikan nasihat dan motivasi kepada penulis.

6. Seluruh dosen, pengajar, laboran, asisten, serta staff dan karyawan Program Studi Teknik Sipil FTSP UII yang telah memberikan ilmu serta memfasilitasi penulis selama masa kuliah.
7. Bapak Mukardi dan Ibu Sri Sulasmi, yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi serta semangat kepada penulis hingga selesainya Tugas Akhir ini. Terima kasih atas segala doa dan kasih sayang yang tiada henti hingga penulis mencapai titik seperti sekarang ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis berharap semoga dengan adanya penelitian ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, Juni 2022

Penulis,

Anjas Tri Laksono

(17511130)

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tugas Akhir yang penulis susun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi tingkat Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya penulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Laporan Tugas Akhir yang penulis kutip dari karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya penulis sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, penulis bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang penulis sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, Juni 2022

Yang membuat pernyataan,



Anjas Tri Laksono

(17511130)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Perbandingan Penelitian	8
2.3 Perbedaan Penelitian	12
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Beton	13
3.2 Beton Ringan	14
3.3 Beton Serat	15
3.4 Bahan Penyusun Beton	17
3.4.1 Semen	17
3.4.2 Agregat Halus	17

3.4.3	Agregat Kasar	20
3.4.4	Air	22
3.5	Breksi Batu Apung Formasi Batuan Semilir	23
3.6	Serat <i>Polypropylene</i>	24
3.7	Perencanaan Campuran ( <i>Mix Design</i> )	25
3.8	<i>Slump Test</i>	32
3.9	Perawatan Beton ( <i>curing</i> )	32
3.10	Kuat Tekan Beton	32
3.11	Kuat Tarik Belah Beton	33
3.12	Modulus Elastisitas Beton	34
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>		36
4.1	Umum	36
4.2	Bahan Pembuatan Benda Uji	37
4.3	Peralatan	38
4.4	Benda Uji	38
4.5	Tahapan Penelitian	39
4.5.1	Persiapan	40
4.5.2	Pemeriksaan Agregat Halus	40
4.5.3	Pemeriksaan Agregat Kasar	42
4.5.4	Perencanaan Campuran ( <i>Mix Design</i> )	45
4.5.5	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	45
4.5.6	Pengujian Benda Uji	46
4.5.7	Pengolahan Data	48
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		70
5.1	Umum	70
5.2	Pengujian Agregat Halus	70
5.2.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air	70
5.2.2	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	71
5.2.3	Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus	72
5.2.4	Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Halus	74
5.3	Pengujian Agregat Kasar Breksi Batu Apung	75
5.3.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air	75

5.3.2	Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Breksi Batu Apung	76
5.3.3	Pengujian Kuat Tekan Batuan Breksi Batu Apung Formasi Semilir	78
5.3.4	Pengujian Abrasi Agregat Kasar Breksi Batu Apung	79
5.3.5	Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Kasar Breksi Batu Apung	81
5.4	Perencanaan Campuran Beton	82
5.5	Hasil Pengujian <i>Slump</i>	83
5.6	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	84
5.7	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	88
5.8	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton	91
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		95
6.1	Kesimpulan	95
6.2	Saran	96
DAFTAR PUSTAKA		97
LAMPIRAN		100



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Sekarang	9
Tabel 3.1 Klasifikasi Beton Berdasarkan Berat Massa dan Kuat Tekan Beton	14
Tabel 3.2 Klasifikasi Berat Volume Beton Menurut <i>American Concrete Institute (ACI)</i>	15
Tabel 3.3 Klasifikasi Berat Volume Beton Menurut <i>Fédération Internationalè de la Prècontraintè (FIP)</i>	15
Tabel 3.4 Klasifikasi Berat Volume Beton Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)	15
Tabel 3.5 Klasifikasi Kepadatan Beton Ringan	15
Tabel 3.6 Gradasi Agregat Halus/Pasir	18
Tabel 3.7 Gradasi Agregat Kasar	20
Tabel 3.8 Sifat Fisik Breksi Batu Apung Formasi Batuan Semilir	23
Tabel 3.9 Sifat Kimiawi Breksi Batu Apung Formasi Batuan Semilir	24
Tabel 3.10 Spesifikasi Serat Polypropylene Merek Fosroc PPF	25
Tabel 3.11 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar	26
Tabel 3.12 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan $f_{as} = 0,5$	27
Tabel 3.13 Perkiraan kebutuhan kadar air bebas (kg/m <sup>3</sup> )	27
Tabel 3.14 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan $f_{as}$ Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus	28
Tabel 4.1 Peralatan Pembuatan Benda Uji	38
Tabel 4.2 Peralatan Pengujian Benda Uji	38
Tabel 4.3 Rincian Benda Uji	39
Tabel 4.4 Data Benda Uji Kuat Tekan Batuan Breksi Batu Apung	52
Tabel 4.5 Hasil Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan $f_{as} = 0,5$	55
Tabel 4.6 Hasil Perkiraan Kebutuhan Kadar Air Bebas (kg/m <sup>3</sup> )	56
Tabel 4.7 Hasil Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan $f_{as}$ Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus	56
Tabel 4.8 Rekapitulasi Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)	62

Tabel 4.9 Data Benda Uji Kuat Tekan Beton	63
Tabel 4.10 Data Benda Uji Kuat Tarik Belah Beton	65
Tabel 4.11 Regangan dan Tegangan Sampel BA-0,5 Silinder 2	67
Tabel 5.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	70
Tabel 5.2 Kadar Lumpur Agregat Halus	71
Tabel 5.3 Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 1	72
Tabel 5.4 Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 2	72
Tabel 5.5 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus Daerah II	73
Tabel 5.6 Berat Volume Gembur Agregat Halus	74
Tabel 5.7 Berat Volume Padat Agregat Halus	74
Tabel 5.8 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	75
Tabel 5.9 Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 1	76
Tabel 5.10 Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 2	76
Tabel 5.11 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar dengan Besar Butir Maksimum 20 mm	77
Tabel 5.12 Kuat Tekan Batuan Breksi Batu Apung	79
Tabel 5.13 Daftar Gradasi dan Berat Benda Uji Abrasi	80
Tabel 5.14 Abrasi Agregat Breksi Batu Apung	80
Tabel 5.15 Abrasi Agregat Clereng	81
Tabel 5.16 Berat Volume Gembur Agregat Kasar	81
Tabel 5.17 Berat Volume Padat Agregat Kasar	81
Tabel 5.18 Rekapitulasi Kebutuhan Material Campuran Beton	82
Tabel 5.19 Pengujian Slump	83
Tabel 5.20 Pengujian Kuat Tekan Beton	85
Tabel 5.21 Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekan	88
Tabel 5.22 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	89
Tabel 5.23 Pengujian Modulus Elastisitas Beton	92

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas) (Benda Uji Silinder Diameter 150 mm dan Tinggi 300 mm)	29
Gambar 3.2 Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	30
Gambar 3.3 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan	31
Gambar 3.4 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton	33
Gambar 3.5 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	34
Gambar 3.6 Benda Uji dan Alat Kompresometer	35
Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 4.2 Hasil Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	55
Gambar 4.3 Hasil Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	58
Gambar 4.4 Hasil Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan	59
Gambar 4.5 Tegangan-Regangan Varian BA-0,5 Silinder 2	68
Gambar 5.1 Gradasi Agregat Halus Sampel 1	73
Gambar 5.2 Gradasi Agregat Halus Sampel 2	74
Gambar 5.3 Gradasi Agregat Kasar Sampel 1	78
Gambar 5.4 Gradasi Agregat Kasar Sampel 2	78
Gambar 5.5 Pengujian Nilai Slump	84
Gambar 5.6 Pengujian Kuat Tekan Beton	86
Gambar 5.7 Hubungan Persentase Kuat Tekan dan Kadar Serat	86
Gambar 5.8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	90
Gambar 5.9 Hubungan Persentase Kuat Tarik Belah dan Kadar Serat	90
Gambar 5.10 Kondisi Agregat Setelah di Uji Kuat Tarik Belah	91
Gambar 5.11 Pengujian Modulus Elastisitas Beton	92
Gambar 5.12 Hubungan Persentase Modulus Elastisitas dan Kadar Serat	93

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Alat yang Digunakan	101
Lampiran 2 Gambar Bahan yang Digunakan	106
Lampiran 3 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji	109
Lampiran 4 Data Hasil Pemeriksaan Bahan	113
Lampiran 5 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	134
Lampiran 6 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	136
Lampiran 7 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton	138
Lampiran 8 Grafik Modulus Elastisitas Beton	153



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$A$	= Luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )
ASTM	= <i>American Society of Testing and Materials</i>
$B_j$	= Berat jenis
$B_{jag-gab}$	= Berat jenis agregat gabungan
$B_{jag-halus}$	= Berat jenis agregat halus
$B_{jag-kasar}$	= Berat jenis agregat kasar
CTM	= <i>Compressing Test Machine</i>
$E_c$	= Modulus elastisitas beton (MPa)
$\epsilon_2$	= Regangan longitudinal yang dihasilkan pada saat $S_2$
FAS	= Faktor Air Semen
$f'_c$	= Kuat tekan beton (MPa)
$f'_{cr}$	= Kuat tekan beton rata-rata direncanakan (MPa)
$M$	= Nilai tambah (MPa)
MHB	= Modulus Halus Butiran
$P$	= Beban maksimum (N)
PCC	= <i>Portland Composit Cement</i>
$S_1$	= Tegangan pada saat regangan longitudinal mencapai 0,00005 (MPa)
$S_2$	= Tegangan pada saat 40% dari beban maksimum (MPa)
SNI	= Standar Nasional Indonesia
$S_r$	= Deviasi standar rencana (MPa)
SSD	= <i>Saturated Surface-Dry</i>
$W_c$	= Berat volume beton ( $\text{kg/m}^3$ )
$W_h$	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus ( $\text{kg/m}^3$ )
$W_k$	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar ( $\text{kg/m}^3$ )

## ABSTRAK

Teknologi konstruksi modern semakin berkembang seiring perkembangan jaman salah satunya yaitu penggunaan beton ringan. Beton ringan dapat dibuat dengan agregat ringan, salah satu agregat ringan yaitu breksi batu apung. Beton ringan umumnya memiliki kekuatan yang lebih rendah dari beton normal. Salah satu cara untuk menambah kekuatan beton ringan dengan menambahkan serat *polypropylene* pada campuran beton.

Dalam penelitian ini perencanaan campuran beton menggunakan SNI 03-2834-2000. Benda uji beton ringan beragregat kasar 100% breksi batu apung dibuat dengan penambahan serat *polypropylene* sebanyak  $0 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,4 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,5 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,6 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,7 \text{ kg/m}^3$  dari volume beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat *polypropylene* terhadap kekuatan beton ringan beragregat kasar 100% breksi batu apung dari pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan modulus elastisitas beton. Benda uji yang digunakan adalah beton silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang diuji setelah umur 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton optimum terdapat pada penambahan serat *polypropylene*  $0,5 \text{ kg/m}^3$  yaitu sebesar 13,229 MPa atau meningkat sebesar 10,523% dari beton dengan varian serat  $0 \text{ kg/m}^3$ . Nilai kuat tarik belah beton terbesar terdapat pada varian serat  $0,7 \text{ kg/m}^3$  yaitu sebesar 1,087 MPa atau terjadi peningkatan sebesar 27,515% dari beton varian serat  $0 \text{ kg/m}^3$ . Nilai modulus elastisitas beton optimum terdapat pada varian serat  $0,5 \text{ kg/m}^3$  yaitu sebesar 11752,027 MPa atau meningkat sebesar 54,12% dari beton varian serat  $0 \text{ kg/m}^3$ . Meskipun beton tersebut belum memenuhi persyaratan SNI beton ringan struktural dengan nilai kuat tekan lebih dari 17,24 MPa, beton tersebut tetap dapat digunakan untuk pembuatan bagian-bagian non struktural.

**Kata kunci:** beton ringan, breksi batu apung, *polypropylene*, kuat tekan, kuat tarik belah

## ABSTRACT

*Modern construction technology is growing along with the development of the times one of them is the use of lightweight concrete. Lightweight concrete can be made with lightweight aggregate, one of the lightweight aggregate that is breccia pumice stone. Lightweight concrete generally has a lower strength than normal concrete. One way to increase the strength of lightweight concrete by adding polypropylene fibers to the concrete mix.*

*In this study of concrete mix design using SNI 03-2834-2000. Concrete specimens light loamy coarse 100% breccia pumice stone is made with the addition of fiber polypropylene as much as 0 kg/m<sup>3</sup>; 0.4 kg/m<sup>3</sup>; 0.5 kg/m<sup>3</sup>; 0.6 kg/m<sup>3</sup>; 0.7 kg/m<sup>3</sup> of the volume of concrete. This study aims to determine the effect of the addition of polypropylene fibers to the strength of lightweight concrete loamy coarse 100% breccia pumice of testing concrete compressive strength, split tensile strength of concrete, and modulus of elasticity of concrete. The test specimen used is a concrete cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm were tested after 28 days.*

*The results showed that the optimum compressive strength of concrete contained in the addition of polypropylene fiber 0.5 kg/m<sup>3</sup> is equal to 13.229 MPa or increased by 10.523% of concrete with fiber variant 0 kg/m<sup>3</sup>. The largest value of concrete split tensile strength is found in fiber variant 0.7 kg/m<sup>3</sup> which is equal to 1.087 MPa or an increase of 27.515% of fiber variant 0 kg/m<sup>3</sup>. The optimum modulus of elasticity of concrete is found in fiber variant 0.5 kg/m<sup>3</sup> which is equal to 11752.027 MPa or increased by 54.12% of fiber variant concrete 0 kg/m<sup>3</sup>. Although the concrete has not met the requirements of SNI structural lightweight concrete with a compressive strength value of more than 17.24 MPa, the concrete can still be used for the manufacture of non-structural parts.*

**Keywords:** *lightweight concrete, pumice breccia, polypropylene fiber, compressive strength, tensile strength*

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Beton adalah bahan konstruksi yang banyak digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Menurut SNI 2847:2019, beton dibuat dari campuran semen *portland* atau semen hidrolis, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Campuran tersebut akan mengeras seiring berjalannya waktu dan akan mencapai kekuatan rencana pada usia 28 hari karena terjadi reaksi kimia antara semen dan air.

Seiring perkembangan jaman, berbagai teknologi konstruksi modern semakin berkembang salah satunya yaitu penggunaan beton ringan. Beton ringan digunakan karena memiliki berbagai keuntungan diantaranya memiliki berat yang ringan sehingga dapat mengurangi berat sendiri struktur yang akan mengakibatkan kebutuhan dimensi lebih kecil (Tjokrodimulyo, 2021). Beban mati struktural yang lebih kecil dapat memberikan keuntungan dalam pengurangan dimensi pondasi yang digunakan. Ketentuan pada SNI-03-3449-2002, berat volume beton ringan tidak boleh lebih dari  $1850 \text{ kg/m}^3$ . Salah satu cara untuk membuat berat volume beton menjadi ringan yaitu dengan menggunakan agregat ringan. Batu apung (*pumice stone*) merupakan salah satu agregat ringan yang dapat dipakai untuk menghasilkan beton ringan (Wardhono dan Alfansuri, 2017).

Batu apung merupakan salah satu agregat ringan yang terbentuk dari pembekuan lava vulkanis gunung berapi. Batu apung mempunyai kandungan komposisi kimia yaitu sebagai berikut:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , sedangkan senyawa lainnya relatif kecil (<2%). Batu apung dapat digunakan sebagai bahan dalam pembuatan beton ringan baik sebagai agregat halus maupun kasar, karena mempunyai porositas tinggi, densitas rendah, *isothermal* tinggi dan tahan terhadap guncangan gempa (Limbong dalam Miswar, 2020). Penggunaan batu apung sebagai



agregat kasar pada campuran beton akan membuat berat jenis beton menjadi turun tetapi kekuatan beton yang dihasilkan bisa saja juga menurun.

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) berpotensi dalam perkembangan produk berbasis breksi batu apung. Tercatat lebih dari 350 juta m<sup>3</sup> breksi batu apung yang tersebar di 3 (tiga) kabupaten yang ada di DIY (Muryowihardjo dalam Hidayat, 2013). Berdasarkan hal tersebut, breksi batu apung pada formasi batuan Semilir memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk beton ringan struktural. Breksi batu apung dapat digunakan sebagai agregat kasar pada campuran beton, baik untuk mengganti sebagian agregat kasar atau seluruh agregat kasar yang dikombinasikan dengan agregat halus normal atau agregat halus ringan untuk mendapatkan kekuatan dan berat volume yang ditentukan. Menurut Hidayat (2013), hasil pengujian menggunakan agregat kasar 100% breksi batu apung formasi batuan semilir menunjukkan bahwa berat jenis yang dihasilkan sebesar 1815,26 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan mencapai 18,42 MPa. Hasil tersebut memenuhi persyaratan SNI-03-3449-2002 yaitu berat jenis tidak lebih dari 1850 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan lebih dari 17,24 MPa.

Pada umumnya beton memiliki kuat tarik yang lebih rendah dari pada kuat tekan. Oleh sebab itu beton sering mengalami retak-retak halus yang akan berpengaruh terhadap kekuatan beton. Menurut Anggara dan Wicaksono (2003), salah satu cara untuk mengurangi retak-retak halus dengan menambahkan serat pada campuran beton. Selain dapat mengurangi retak-retak halus pada beton, serat juga dapat meningkatkan daktilitas dan kekuatan tarik beton sampai batas optimum (Tjokrodinuljo, 2021). Serat yang dapat digunakan salah satunya adalah serat *polypropylene*.

Serat *polypropylene* merupakan bahan dasar yang sangat umum digunakan untuk memproduksi bahan-bahan yang terbuat dari plastik. Serat ini merupakan senyawa hidrokarbon dengan rumus kimia C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> yang berupa jaringan serabut tipis atau filamen tunggal dengan ukuran panjang 6-50 mm dan berdiameter 8-90 mikron. Kadar serat *polypropylene* yang sering digunakan dalam campuran beton adalah sebesar 0,6-0,9 kg/m<sup>3</sup> (Hasan dkk, 2013).

Berdasarkan ACI Committee 544 dalam Kartini (2007), menyatakan bahwa serat *polypropylene* mampu meningkatkan dan memperbaiki sifat-sifat beton antara lain: daktilitas beton, ketahanan terhadap beban kejut, ketahanan terhadap keausan dan ketahanan terhadap pengaruh susutan. Selain itu, serat ini juga memiliki berat jenis yang rendah dan tidak menyerap air sehingga tidak merubah fisik beton secara signifikan (Khairizal dkk, 2015).

Berdasarkan penjelasan di atas dan pada penelitian terdahulu yang hanya melakukan penelitian mengenai pemakaian agregat kasar breksi batu apung pada beton atau mengenai pengaruh penambahan serat *polypropylene* saja, maka perlu dilakukan penelitian mengenai penambahan serat *polypropylene* pada campuran beton ringan beragregat kasar breksi batu apung formasi batuan Semilir yang direncanakan dengan SNI 03-2834-2000 karena agregat ringan yang digunakan hanya pada agregat kasar dan masih menggunakan agregat normal pada agregat halusnya, sehingga dengan penambahan serat tersebut apakah dapat meningkatkan kekuatan beton ringan dan mengurangi retak-retak halus pada beton ringan sehingga diharapkan akan menghasilkan beton ringan dengan kualitas yang lebih baik dan sesuai dengan persyaratan SNI yang berlaku.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh serat *polypropylene* sebagai bahan tambah pada beton ringan beragregat kasar breksi batu apung terhadap nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton yang direncanakan dengan SNI 03-2834-2000?
2. Berapakah kadar serat *polypropylene* untuk mendapatkan kuat tekan dan kuat tarik belah yang optimum?
3. Berapakah berat volume beton ringan beragregat kasar breksi batu apung dengan bahan tambah serat *polypropylene* yang direncanakan dengan SNI 03-2834-2000?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh serat *polypropylene* sebagai bahan tambah pada beton ringan beragregat kasar breksi batu apung terhadap kekuatan beton yang direncanakan dengan SNI 03-2834-2000.
2. Mengetahui kadar serat *polypropylene* untuk mendapatkan kuat tekan dan kuat tarik belah yang optimum.
3. Mengetahui berat volume beton ringan beragregat kasar breksi batu apung dengan bahan tambah serat *polypropylene* yang direncanakan dengan SNI 03-2834-2000.

### 1.4 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi tentang pengaruh serat *polypropylene* pada beton ringan beragregat kasar breksi batu apung.
2. Memberikan informasi tentang penggunaan breksi batu apung dan serat *polypropylene* pada campuran beton.

### 1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian yang dilakukan sesuai dengan tujuan dan fokus terhadap permasalahan yang dibahas maka diperlukan batasan penelitian sebagai berikut.

1. Perencanaan *mix design* menggunakan metode SNI 03-2834-2000.
2. Sampel beton menggunakan mutu ( $f'c$ ) = 20 MPa.
3. Semen *portland* yang digunakan merek Semen Gresik.
4. Agregat halus yang digunakan adalah pasir dari Gunung Merapi dengan diameter maksimum 4,8 mm.
5. Agregat kasar yang digunakan adalah breksi batu apung (*pumice*) formasi batuan Semilir dengan diameter maksimum 20 mm.
6. Serat yang digunakan adalah serat *polypropylene* merek *Fosroc PPF* berukuran panjang 12 mm.

7. Variasi serat *polypropylene* yang digunakan sebesar  $0 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,4 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,5 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,6 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,7 \text{ kg/m}^3$  dari volume beton.
8. Air dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Universitas Islam Indonesia.
9. Pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton menggunakan benda uji silinder beton dengan ukuran diameter 15 cm dan panjang 30 cm setelah umur 28 hari.
10. Pengujian kuat tekan beton menggunakan metode yang sesuai dengan SNI-03-1974-2011 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.
11. Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan metode yang sesuai dengan SNI-03-2491-2014 tentang Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.
12. Pengujian modulus elastisitas beton menggunakan metode yang sesuai dengan SNI-03-4169-1996 tentang Metode Pengujian Modulus Elastisitas Statis dan Rasio Poison Beton dengan Kompresometer.
13. Jumlah benda uji setiap varian kadar serat *polypropylene* masing-masing pengujian adalah 5 buah benda uji kecuali pengujian modulus elastisitas yang menggunakan 3 buah benda uji (dari benda uji kuat tekan) sehingga total benda uji sebanyak 50 buah.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Kartini (2007) dalam penelitian berjudul “Penggunaan Serat *Polypropylene* untuk Meningkatkan Kuat Tarik Belah Beton” bertujuan mengetahui ukuran dan kadar optimum serat *polypropylene* pada campuran beton. Penelitian ini menggunakan penambahan *polypropylene* dengan panjang 12 mm sebesar 0 kg/m<sup>3</sup>; 0,3 kg/m<sup>3</sup>; 0,6 kg/m<sup>3</sup>; dan 0,9 kg/m<sup>3</sup>. Faktor air semen yang digunakan adalah 0,55 dan 0,35, sedangkan metode *mix design* menggunakan metode ACI. Benda uji yang digunakan adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan umur pengujian pada 28, 56, dan 90 hari. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk campuran beton mutu normal dan mutu tinggi mempunyai dosis penambahan *polypropylene* efektif pada 0,9 kg/m<sup>3</sup>. Peningkatan kuat tarik belah yang terjadi pada beton normal sebesar 3,17% dibandingkan dengan beton tanpa serat, sedangkan pada beton mutu tinggi mengalami peningkatan sebesar 5,76% dibandingkan dengan beton tanpa serat. Penambahan serat *polypropylene* dapat ditambahkan pada campuran beton dengan dosis tertentu karena dapat memberikan peningkatan kuat tarik belah yang jauh lebih baik jika dibandingkan dengan beton biasa yang tidak menggunakan serat *polypropylene*.

Hasan dkk (2013) dalam penelitian berjudul “Pengaruh Penambahan *Polypropylene Fiber Mesh* Terhadap Sifat Mekanis Beton” bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *polypropylene* terhadap sifat mekanis beton. Dalam penelitian tersebut proporsi *polypropylene* yang digunakan sebanyak 0 kg/m<sup>3</sup>; 0,4 kg/m<sup>3</sup>; 0,6 kg/m<sup>3</sup>; dan 0,8 kg/m<sup>3</sup> dari beton. Benda uji yang digunakan sebanyak 72 buah silinder beton berukuran D15x30 cm dan 12 buah balok beton berukuran 15x15x60 cm dan diuji pada umur beton 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat *polypropylene* dapat meningkatkan kuat tekan beton. Kuat tekan beton optimum diperoleh pada serat dengan dosis 0,6 kg/m<sup>3</sup>

sebesar 29,17 MPa atau naik sebesar 3,62% dari beton normal. Penambahan serat *polypropylene* juga dapat meningkatkan kuat tarik belah beton. Kuat tarik beton optimum diperoleh pada serat dengan dosis  $0,6 \text{ kg/m}^3$  sebesar 3,842 MPa atau naik sebesar 20,44% dari beton normal. Kuat lentur beton optimum dicapai pada serat dengan dosis  $0,6 \text{ kg/m}^3$  sebesar 5,2404 MPa atau naik sebesar 11,26% dari beton normal. Dapat disimpulkan bahwa dosis penambahan serat untuk mendapatkan kekuatan beton yang optimum adalah sebanyak  $0,6 \text{ kg/m}^3$  dari beton.

Hidayat (2013) dalam penelitian berjudul “Pengaruh Komposisi Agregat Kasar (Breksi Batu Apung dan Batu Pecah) Terhadap Berat Jenis dan Kuat Tekan” bertujuan untuk mengetahui komposisi optimum agregat untuk memperoleh beton ringan struktural dengan bahan dasar breksi batu apung dan kerikil pecah. Pada penelitian tersebut proporsi batu apung yang digunakan terdiri dari 5 variasi, yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Benda uji yang digunakan berupa silinder beton dengan ukuran 150mm x 300mm, tiap varian berjumlah 3 benda uji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan optimum terjadi pada persentase kerikil 100% (0% batu apung) sebesar 46,73 MPa dan berat jenis sebesar  $2170,54 \text{ kg/m}^3$ . Proporsi campuran agregat kasar batu apung dan batu pecah yang memenuhi persyaratan beton ringan struktural yaitu pada persentase kerikil 0% (100% batu apung) dengan berat jenis  $1815,26 \text{ kg/m}^3$ . Penggunaan 100% batu apung dapat digunakan sebagai material beton ringan struktural karena memenuhi syarat kuat tekan dan berat jenis berdasarkan SNI-03-3449-2002 yaitu berat jenis tidak lebih dari  $1850 \text{ kg/m}^3$  dan kuat tekan mencapai 18,42 MPa lebih dari 17,24 MPa. Penggunaan batu apung 0%, 25%, 50%, dan 75% belum bisa digunakan sebagai material beton ringan karena berat jenisnya tidak memenuhi syarat yaitu harus tidak lebih dari  $1850 \text{ kg/m}^3$  walaupun jika dilihat dari kuat tekannya melebihi syarat beton ringan yaitu lebih dari 17,24 MPa.

Khairizal dkk (2015) dalam penelitian berjudul “Pengaruh Penambahan Serat *Polypropylene* Terhadap Sifat Mekanis Beton Normal” bertujuan untuk mengetahui kadar optimum serat *polypropylene* terhadap sifat mekanik beton normal. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, modulus elastisitas, dan defleksi dengan benda uji silinder dan balok beton. Variasi

penambahan serat *polypropylene* sebesar  $0 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,2 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,4 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,6 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,8 \text{ kg/m}^3$ ; dan  $1 \text{ kg/m}^3$ . Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan dan modulus elastisitas optimum terjadi pada beton dengan serat *polypropylene*  $0,4 \text{ kg/m}^3$ . Kuat tarik belah dan kuat lentur beton optimum terjadi pada beton dengan serat *polypropylene*  $1 \text{ kg/m}^3$ . Secara umum, pengujian defleksi menunjukkan peningkatan seiring dengan penambahan serat *polypropylene*. Penambahan serat *polypropylene* dengan kadar tertentu pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas.

## 2.2 Perbandingan Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada saat ini memiliki perbedaan dengan penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebelumnya. Perbandingan penelitian sebelumnya dengan penelitian sekarang yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

**Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Sekarang**

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Kartini (2007)	Penggunaan Serat <i>Polypropylene</i> untuk Meningkatkan Kuat Tarik Belah Beton	Mengetahui ukuran dan dosis optimum serat <i>polypropylene</i> pada campuran beton	<i>Mix design</i> dengan metode <i>ACI</i> , benda uji dibuat dengan penambahan serat <i>polypropylene</i> , dilakukan pengujian kuat tarik belah pada umur 28, 56, dan 90 hari, dan variasi serat <i>polypropylene</i> sebanyak 0; 0,3; 0,6; dan 0,9 kg/m <sup>3</sup> dengan masing-masing varian dibuat 3 benda uji	Dosis penambahan serat <i>polypropylene</i> yang paling efektif untuk beton mutu normal dan mutu tinggi sebesar 0,9 kg/m <sup>3</sup> . Peningkatan kuat tarik belah pada beton normal sebesar 3,17% dibandingkan dengan beton tanpa serat dan pada beton mutu tinggi sebesar 5,76% dibandingkan beton tanpa serat.
Hasan dkk (2013)	Pengaruh Penambahan <i>Polypropylene Fiber Mesh</i> Terhadap Sifat Mekanis Beton	Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan <i>polypropylene</i> terhadap sifat mekanis beton.	<i>Mix design</i> dengan metode <i>DOE (Department of Environment)</i> , benda uji dibuat dengan penambahan serat <i>polypropylene fiber mesh</i> sebanyak 0; 0,4; 0,6; dan 0,8 kg/m <sup>3</sup> dari volume beton, benda uji dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton pada umur 28 hari.	Kuat tekan optimum pada dosis serat 0,6 kg/m <sup>3</sup> sebesar 29,17 MPa atau naik sebesar 3,62% dari beton normal. Kuat tarik belah optimum pada dosis serat 0,6 kg/m <sup>3</sup> sebesar 3,842 MPa atau naik sebesar 20,44% dari beton normal. Kuat lentur optimum pada dosis serat 0,6 kg/m <sup>3</sup> sebesar 5,2404 MPa atau naik sebesar 11,26% dari beton normal.



Lanjutan Tabel 2.1

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Hidayat (2013)	Pengaruh Komposisi Agregat Kasar (Breksi Batu Apung dan Batu Pecah) Terhadap Berat Jenis dan Kuat Tekan	Mengetahui komposisi optimum agregat untuk meningkatkan beton ringan struktural dengan bahan dasar breksi batu apung yang dicampur dengan kerikil pecah	<i>Mix design</i> dengan metode volume absolut, benda uji dilakukan pengujian berat jenis dan kuat tekan, dan variasi batu apung sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%	Penggunaan 100% agregat kasar batu apung memiliki kuat tekan 18,42 MPa dan berat jenis 1815,26 kg/m <sup>3</sup> sehingga memenuhi syarat beton ringan struktural menurut SNI-03-3449-2002 yaitu berat jenis tidak lebih dari 1850 kg/m <sup>3</sup> dan kuat tekan melebihi 17,24 MPa.
Khairizal dkk (2015)	Pengaruh Penambahan Serat <i>Polypropylene</i> Terhadap Sifat Mekanis Beton Normal	Mengetahui kadar optimum serat <i>polypropylene</i> terhadap sifat mekanik beton normal	<i>Mix design</i> dengan metode <i>ACI</i> , benda uji dibuat dengan penambahan serat <i>polypropylene</i> dan dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas pada umur 28 hari, variasi kadar serat sebanyak 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 kg/m <sup>3</sup> dengan masing-masing varian dibuat 3 benda uji	Kuat tekan optimum terjadi pada dosis serat 0,4 kg/m <sup>3</sup> dengan peningkatan sebesar 18,13%. Kuat tarik belah dan kuat lentur optimum terjadi pada dosis serat 1 kg/m <sup>3</sup> dengan peningkatan sebesar masing-masing 40,22% dan 35,19%.

Lanjutan Tabel 2.1

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Penelitian yang dilakukan oleh Laksono (2022)	Pengaruh Serat <i>Polypropylene</i> Terhadap Kekuatan Beton Ringan Beragregat Kasar Breksi Batu Apung	Mengetahui kuat tekan dan kuat tarik belah optimum serta nilai modulus elastisitas pada beton ringan dengan penambahan serat <i>polypropylene</i> dan pengaruh penambahan serat <i>polypropylene</i> terhadap kuat tekan, kuat lentur, dan modulus elastisitas pada beton ringan	<i>Mix design</i> dengan metode SNI 03-2834-2000, beton ringan dibuat dengan 100% agregat kasar breksi batu apung dan dilakukan penambahan serat <i>polypropylene</i> dengan variasi kadar serat sebanyak 0; 0,4; 0,5; 0,6; dan 0,7 kg/m <sup>3</sup> dari volume beton, dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton pada umur 28 hari.	

### 2.3 Perbedaan Penelitian

Penelitian dengan judul pengaruh serat *polypropylene* terhadap beton ringan beragregat kasar breksi batu apung formasi batuan Semilir belum pernah dilakukan sebelumnya. Adapun penelitian-penelitian mengenai breksi batu apung dan serat *polypropylene* yang sudah pernah menjadi topik oleh peneliti terdahulu adalah penelitian mengenai breksi batu apung saja atau penelitian mengenai serat *polypropylene* saja.

Pada penelitian ini dilakukan dengan pembuatan benda uji beton ringan dengan agregat kasar breksi batu apung formasi batuan Semilir ditambahkan serat *polypropylene monofilament* merek *Fosroc PPF* berukuran panjang 12 mm sebanyak 0 kg/m<sup>3</sup>; 0,4 kg/m<sup>3</sup>; 0,5 kg/m<sup>3</sup>; 0,6 kg/m<sup>3</sup>; 0,7 kg/m<sup>3</sup> dari volume beton. Persentase berat breksi batu apung yang digunakan adalah 100% terhadap berat total agregat kasar. Setelah itu, dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton setelah berumur 28 hari dengan tujuan mengetahui pengaruh penambahan serat *polypropylene* terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton ringan beragregat kasar breksi batu apung, dosis optimum penambahan serat *polypropylene* dan berat volume pada beton ringan dengan bahan tambah serat *polypropylene*.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Beton**

Menurut SNI 2847-2019, beton (*concrete*) adalah campuran dari semen *portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Campuran beton tersebut seiring berjalannya waktu akan semakin mengeras dan mencapai kekuatan rencana pada umur beton 28 hari karena terjadi reaksi kimia antara air dan semen.

Menurut Tjokrodimuljo (2021), beton yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan antara lain sebagai berikut.

1. Kelebihan
  - a. Beton memiliki harga yang relatif murah dikarenakan bahan dasar penyusun beton umumnya mudah didapat.
  - b. Beton memiliki kuat tekan yang tinggi, jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang memiliki kuat tarik yang tinggi dapat menghasilkan struktur yang kuat terhadap tekan maupun tarik.
  - c. Beton memiliki ketahanan terhadap pengkaratan atau pembusukan yang disebabkan oleh kondisi lingkungan.
  - d. Beton memiliki pengerjaan yang mudah karena beton segar mudah untuk diangkut maupun dicetak dalam bentuk dan ukuran yang sesuai keinginan.
2. Kekurangan
  - a. Beton memiliki kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah mengalami keretakan.
  - b. Beton keras dapat mengembang dan menyusut apabila terjadi perubahan suhu pada beton.

- c. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga dapat dimasuki air yang membawa kandungan garam yang dapat merusak kualitas/kekuatan beton.

### 3.2 Beton Ringan

Menurut Sujatmiko (2019), beton ringan merupakan beton yang mengandung agregat ringan yang memenuhi ketentuan dan persyaratan struktural ASTM-C.330 dan memiliki berat volume seperti ketentuan ASTM-C567 tidak lebih dari 1900 kg/cm<sup>3</sup>. Kuat tekan beton ringan lebih kecil jika dibanding beton normal, dan kurang dapat menghantarkan panas. Pembuatan beton ringan biasanya dilakukan dengan cara pemberian gelembung udara ke dalam campuran beton atau dengan penggunaan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung, dan sebagainya.

Berat jenis beton dengan agregat ringan sangat bervariasi tergantung pada pemilihan agregatnya. Secara umum beton ringan dapat dibagi menjadi 3 kelompok berdasarkan berat jenisnya (Wicaksono dan Anggara, 2003), yaitu:

1. Beton ringan dengan berat jenis 0,30 gr/cm<sup>3</sup> sampai 0,80 gr/cm<sup>3</sup> yang dipakai sebagai bahan isolasi.
2. Beton ringan dengan berat jenis 0,80 gr/cm<sup>3</sup> sampai 1,40 gr/cm<sup>3</sup> yang dipakai sebagai struktur ringan.
3. Beton ringan dengan berat jenis 1,40 gr/cm<sup>3</sup> sampai 2,00 gr/cm<sup>3</sup> yang dipakai sebagai struktur sedang.

**Tabel 3.1 Klasifikasi Beton Berdasarkan Berat Massa dan Kuat Tekan Beton**

Berat Massa Volume Beton (kg/m <sup>3</sup> )	Tegangan Beton (MPa)	
< 2000	$f_c 28 \leq 20$	Beton ringan pengisi
	$20 \leq f_c 28 \leq 50$	Beton ringan struktur
	$50 \leq f_c 28 \leq 100$	Beton ringan kinerja tinggi
	$f_c 28 \geq 100$	Beton ringan kinerja sangat tinggi
2000 - 3000	$f_c 28 \leq 60$	Beton normal
	$60 \leq f_c 28 \leq 120$	Beton normal kinerja tinggi
	$120 \leq f_c 28 \leq 200$	Beton normal kinerja sangat tinggi
	$f_c 28 \geq 200$	Beton normal kinerja ultra tinggi
> 3000	$f_c 28 = 340$	Beton berat

(Sumber: Lomboan dkk, 2016)

**Tabel 3.2 Klasifikasi Berat Volume Beton Menurut *American Concrete Institute (ACI)***

Jenis Beton	Berat Volume Beton (kg/m <sup>3</sup> )
Beton Ultra Ringan	300 - 1100
Beton Ringan	1100 - 1600
Beton Ringan Struktural	1450 - 1900
Beton Normal	2100 - 2550
Beton Berat	2900 - 6100

(Sumber: Lomboan dkk, 2016)

**Tabel 3.3 Klasifikasi Berat Volume Beton Menurut *Fédération Internationale de la Précontraintè (FIP)***

Jenis Beton	Berat Volume Beton (kg/m <sup>3</sup> )
Beton Berbobot Ringan	< 2000
Beton Berbobot Normal	2000 - 3000
Beton Berbobot Berat	> 3000

(Sumber: Lomboan dkk, 2016)

**Tabel 3.4 Klasifikasi Berat Volume Beton Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)**

Jenis Beton	Berat Volume Beton (kg/m <sup>3</sup> )
Beton Berbobot Ringan	< 1900
Beton Berbobot Normal	2200 - 2500

(Sumber: Lomboan dkk, 2016)

**Tabel 3.5 Klasifikasi Kepadatan Beton Ringan**

No.	Kategori Beton Ringan	Berat Isi Unit Beton (kg/m <sup>3</sup> )	Tipikal Kuat Tekan Beton	Tipikal Aplikasi
1	Non-Struktural	300 - 1100	< 7 MPa	<i>Insulating Material</i>
2	Non-Struktural	1100 - 1600	7 - 14 MPa	<i>Unit Masonry</i>
3	Struktural	1450 - 1900	17 - 35 MPa	Struktural
4	Normal	2100 - 2550	20 - 40 MPa	Struktural

(Sumber: Lomboan dkk, 2016)

### 3.3 Beton Serat

Menurut Tjokrodinuljo (2021), beton serat merupakan beton yang dibuat dari campuran agregat halus, agregat kasar, semen, air, dan sejumlah serat yang disebar

secara acak-acakan di dalam adukan. Penambahan serat pada beton dimaksudkan untuk sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 2021).

1. Meningkatkan kuat tarik beton, karena beton pada umumnya memiliki kuat tarik yang rendah.
2. Meningkatkan daktilitas beton, karena beton merupakan bahan yang getas.
3. Meningkatkan ketahanan terhadap retak-retak yang dapat menyebabkan mudah dimasuki oleh air sehingga dapat mengurangi keawetan beton.

Serat yang digunakan pada campuran beton pada umumnya berupa batang-batang berdiameter 5 sampai 500 mikro meter dan panjang sekitar 25 mm sampai 100 mm (Tjokrodimuljo, 2021). Penggunaan serat pada umumnya dihitung berdasarkan persentase volume serat di dalam campuran beton. Penggunaan serat pada beton terdapat kadar optimum, penggunaan kadar yang terlalu sedikit atau terlalu banyak tidak akan menghasilkan efek yang baik terhadap beton. Persentase optimum serat dipengaruhi antara lain oleh bentuk, aspek rasio (perbandingan antara panjang dan diameter) dan jenis material yang digunakan.

Serat yang digunakan dalam campuran beton dapat dibedakan menjadi empat jenis (Adianto dan Joewono, 2006), yaitu:

1. Serat metal, yaitu serat besi/baja dan serat *stainless steel*.
2. Serat mineral, yaitu *fiberglass*.
3. Serat polymeric, yaitu serat *nylon*, serat *polyethylene*, serat *polypropylene*, dan serat *acrylic*.
4. Serat alami, yaitu serabut kelapa, serat bambu, serat ijuk, dll.

Menurut Hasan (2013), penggunaan serat pada beton memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut.

1. Meningkatkan beban kejut (*impact resistance*).
2. Meningkatkan ketahanan terhadap kelelahan.
3. Meningkatkan ketahanan terhadap pengaruh susut.
4. Meningkatkan kekuatan lentur (*flexural strength*).
5. Meningkatkan kekuatan geser balok beton serat.

### 3.4 Bahan Penyusun Beton

Beton secara umum terdiri dari beberapa bahan penyusun yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, dan air.

#### 3.4.1 Semen

Menurut SNI 15-2049-2004, semen hidrolis dihasilkan dengan cara penggilingan terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersamaan dengan bahan tambah berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambah lainnya. Semen *portland* terbagi menjadi 5 (lima) jenis dan penggunaan, yaitu sebagai berikut.

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

#### 3.4.2 Agregat Halus

Menurut SNI 03-1970-2008, agregat halus adalah pasir alam yang terpecah belah secara alami atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu yang mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm. Persyaratan gradasi agregat halus/pasir dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.



**Tabel 3.6 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

Keterangan:

- Daerah I = pasir kasar,  
 Daerah II = pasir agak kasar,  
 Daerah III = pasir agak halus, dan  
 Daerah IV = pasir halus.

Agregat halus yang akan digunakan harus dilakukan beberapa pemeriksaan untuk mengetahui kondisi agregat yang digunakan. Jenis-jenis pemeriksaan agregat halus sebagai berikut.

1. Pemeriksaan berat jenis

Pemeriksaan berat jenis untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering jenuh permukaan (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air dalam agregat halus. Menurut SNI 03-1970-2008, pengujian berat jenis dan pengujian penyerapan air agregat halus dilakukan terlebih dahulu dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B+500-Bt} \quad (3.1)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{500}{B+500-Bt} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \quad (3.3)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3.4)$$

keterangan:

$Bk$  : berat benda uji kering oven (gram),

$B$  : berat piknometer berisi air (gram),

$Bt$  : berat piknometer berisi benda uji dan air (gram), dan

$500$  : berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram).

## 2. Pemeriksaan modulus halus butiran

Modulus halus butiran adalah indeks yang digunakan untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Nilai modulus halus butiran yang semakin besar menandakan bahwa butir-butir agregatnya semakin besar. Secara umum, pasir memiliki nilai modulus halus butiran sebesar 1,5-3,8. Selain digunakan untuk menjadi ukuran kehalusan agregat, modulus halus butiran juga digunakan untuk mencari nilai perbandingan berat antara pasir dan kerikil ketika akan membuat campuran beton. Menurut SNI 03-1968-1990, pengujian modulus halus/saringan agregat halus dilakukan dengan cara sebagai berikut.

$$\text{MHB halus} = \frac{\text{Jumlah berat tertinggal kumulatif}}{100} \quad (3.5)$$

## 3. Pemeriksaan kadar lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur dilakukan untuk menentukan persentase kandungan lumpur yang ada di dalam pasir sebagai syarat untuk bahan konstruksi bangunan. Syarat yang diperbolehkan berdasarkan PUBLI di Indonesia 1982 adalah berat bagian yang lolos ayakan 200 untuk pasir maksimal 5%. Menurut SNI 03-4142-1996, pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (3.6)$$

keterangan:

$A$  : berat kering sebelum dicuci (gram) dan

$B$  : berat kering setelah dicuci (gram).

## 4. Pemeriksaan berat volume gembur dan padat

Pemeriksaan berat volume gembur dan padat dilakukan untuk mengetahui berat volume agregat halus baik berat volume gembur maupun berat volume padat.

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-4804-1998 dengan cara sebagai berikut.

$$M = \frac{G-T}{V} \quad (3.7)$$

keterangan:

$M$  : berat isi agregat ( $\text{kg/m}^3$ ),

$G$  : berat agregat dan penakar (kg),

$T$  : berat penakar (kg), dan

$V$  : volume penakar ( $\text{m}^3$ ).

### 3.4.3 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil dari alam atau dihasilkan oleh industri pemecah batu yang mempunyai ukuran antara 4,75 mm sampai 40 mm (SNI 03-1969-2008). Sebelum melakukan pembuatan beton, agregat kasar dilakukan pengujian terlebih dahulu. Persyaratan gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut.

**Tabel 3.7 Gradasi Agregat Kasar**

Ukuran nominal	Persentase (massa) yang lolos ayakan dengan lubang persegi									
	25,0 mm (1 in.)	19,0 mm (3/4 in.)	12,5 mm (1/2 in.)	9,5 mm (3/8 in.)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 $\mu\text{m}$ (No. 50)	150 $\mu\text{m}$ (No. 100)	75 $\mu\text{m}$ (No. 200)
Agregat halus: 4,75 – 0 mm	...	...	...	100	85 – 100	...	40 – 80	10 – 35	5 – 25	...
Agregat kasar: 25,0- 4,75 mm	95-100	...	25 – 60	...	0 – 10	...	...	...	...	0 – 10
19,0 - 4,75 mm	100	90-100	...	10 – 50	0 – 15	...	...	...	...	0 – 10
12,5- 4,75 mm	...	100	90 – 100	40 – 80	0 – 20	0 – 10	...	...	...	0 – 10
9,5- 2,36 mm	...	...	100	80 – 100	5 – 40	0 – 20	0 – 10	...	...	0 – 10
Agregat kombinasi halus dan kasar: 12,5 – 0 mm	...	100	95 – 100	...	50 – 80	...	...	5 – 20	2 – 15	0 – 10
9,5– 0 mm	...	...	100	90 – 100	65 – 90	35 – 65	...	10 – 25	5 – 15	0 – 10

(Sumber: SNI 03-2461-2014)

Agregat kasar yang akan digunakan harus dilakukan beberapa pemeriksaan untuk mengetahui kondisi agregat yang digunakan. Jenis-jenis pemeriksaan agregat kasar adalah sebagai berikut.

#### 1. Pemeriksaan berat jenis

Pemeriksaan berat jenis pada dilakukan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering jenuh permukaan (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air dalam agregat kasar. Menurut SNI 03-1969-2008, pengujian

berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dilakukan dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \quad (3.8)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD)} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (3.9)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \quad (3.10)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3.11)$$

keterangan:

$Bk$  : berat benda uji kering oven (gram),

$Bj$  : berat benda uji kering permukaan jenuh (gram), dan

$Ba$  : berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram).

## 2. Pemeriksaan modulus halus butiran

Menurut SNI 03-1968-1990, pengujian modulus halus butir/saringan agregat kasar dilakukan dengan cara sebagai berikut.

$$\text{MHB kasar} = \frac{\text{Jumlah berat tertinggal kumulatif}}{100} \quad (3.12)$$

## 3. Pemeriksaan berat volume gembur dan padat

Pemeriksaan berat volume gembur dan padat dilakukan untuk mengetahui berat volume agregat kasar baik berat volume gembur maupun berat volume padat.

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-4804-1998.

## 4. Pemeriksaan kuat tekan batuan agregat

Pemeriksaan kuat tekan batuan agregat breksi batu apung dilakukan untuk mengetahui kekuatan dari batuan breksi batu apung yang akan digunakan sebagai agregat kasar dalam penelitian ini. Pemeriksaan kuat tekan batuan dilakukan berdasarkan SNI 2825-2008 dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \quad (3.13)$$

$$\text{Kuat tekan koreksi} = \frac{\text{Kuat tekan}}{\left(0,88 + \left(0,24 \frac{D}{H}\right)\right)} \quad (3.14)$$

keterangan:

$P$  : beban sumbu (kN),

$A$  : luas penampang (cm<sup>2</sup>),

$D$  : diameter benda uji (cm), dan

$H$  : tinggi benda uji (cm).

#### 5. Pemeriksaan abrasi agregat kasar dengan mesin Los Angeles

Pemeriksaan abrasi agregat kasar dilakukan dengan menggunakan mesin Los Angeles untuk mengetahui angka keausan agregat breksi batu apung formasi Semilir yang akan digunakan pada penelitian ini. Pelaksanaan pemeriksaan abrasi agregat kasar dilakukan berdasarkan SNI 2417-2008 dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (3.15)$$

keterangan:

$A$  : berat benda uji semula (gram) dan

$B$  : berat benda uji yang tertahan saringan No.12 (gram).

#### 3.4.4 Air

Menurut Tjokrodimuljo (2021), air adalah bahan dasar dalam pembuatan beton yang penting dan harganya paling murah. Air akan bereaksi dengan semen dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan (diaduk, dituang, dan dipadatkan).

Menurut SK SNI S-04-1989-F dalam Tjokrodimuljo (2021), air yang digunakan sebagai bahan bangunan sebaiknya memenuhi persyaratan berikut.

1. Air harus dalam kondisi bersih.
2. Air tidak terdapat kandungan lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersebut tidak boleh lebih dari 2 gram/liter.
3. Air tidak terdapat kandungan garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Air tidak terdapat kandungan klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.

5. Air tidak terdapat kandungan senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

### 3.5 Breksi Batu Apung Formasi Batuan Semilir

Batu apung (*pumice*) merupakan salah satu batuan sedimen vulkanis yang mempunyai bobot ringan karena sangat berpori. Batu apung biasanya mempunyai warna yang terang atau kulit keputih-putihan. Bobot batu apung yang ringan, jika digunakan sebagai agregat dalam pembuatan beton maka akan diperoleh beton yang ringan (Hidayat, 2013).

Breksi batu apung formasi batuan Semilir merupakan kumpulan batu apung yang terpadatkan secara alami oleh tekanan dan waktu yang sangat lama. Breksi batu apung formasi batuan Semilir ini banyak terdapat di daerah DIY yang memiliki kandungan utama berupa butiran-butiran batu apung (*pumice*) dengan warna dasar abu-abu kehijauan (Wicaksono dan Anggara, 2003).

Menurut PT. Winahata dalam Wicaksono dan Anggara (2003), analisis petrograsi menunjukkan bahwa breksi batu apung formasi batuan Semilir memiliki komposisi mineral sebagai berikut.

1. Fragmen batu apung (*pumice*) sebanyak 80%-90%,
2. Matrik andesit sebanyak 2%-4%, dan
3. Matrik lempung sebanyak 2%-8%.

Breksi batu apung formasi batuan Semilir juga memiliki sifat fisik dan kimia yang dapat dilihat pada Tabel 3.8 dan Tabel 3.9 berikut ini (PT. Winahata).

**Tabel 3.8 Sifat Fisik Breksi Batu Apung Formasi Batuan Semilir**

No	Uraian	Nilai
1	Berat jenis SSD	1,61 gram/cc
2	Berat tusuk kering	1,157 gram/cc
3	Berat jenis semu	2,113 gram/cc
4	Porositas	39,05%
5	Keausan	50,96%
6	Titik lebur	400°C-600°C

**Tabel 3.9 Sifat Kimiawi Breksi Batu Apung Formasi Batuan Semilir**

Unsur	Persentase
SiO <sub>2</sub>	61,98%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,84%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,07%
FeO	3,13%
CaO	4,86%
MgO	1,84%
Na <sub>2</sub> O	2,02%
K <sub>2</sub> O	1,26%
MnO	0,13%
TiO <sub>2</sub>	0,75%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11%
H <sub>2</sub> O	2,05%
Hilang	3,96%

### 3.6 Serat *Polypropylene*

Serat *polypropylene* merupakan bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan bahan-bahan yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari seperti plastik pembungkus makanan ringan, kertas beras, sedotan, dan lain sebagainya. Serat ini merupakan senyawa hidrokarbon dengan rumus kimia C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> yang berupa jaringan serabut tipis atau filamen tunggal dengan ukuran panjang 6-50 mm dan berdiameter 8-90 mikron (Hasan, 2013). Menurut Gunawan dkk (2014), serat *polypropylene* memiliki sifat yang tahan terhadap serangan kimia dan permukaan yang kering sehingga mencegah terjadinya penggumpalan serat selama pengadukan. Serat ini memiliki titik leleh 165°C dan mampu digunakan pada suhu lebih dari 100°C untuk jangka waktu pendek.

Serat *polypropylene monofilament* sering digunakan pada campuran beton untuk meningkatkan kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, meningkatkan daktilitas, meningkatkan daya tahan terhadap *impact*, dan mengurangi retak-retak akibat penyusutan (Prasetyo, 2019).

Menurut Prasetyo (2019), penggunaan serat *polypropylene* dalam campuran beton memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut.

1. Memperbaiki keawetan beton.
2. Memperbaiki ketahanan terhadap tumbukan dan kikisan.

3. Memperbaiki ketahanan terhadap penembusan air dan bahan kimia.
4. Memperbaiki daya ikat matriks beton pada saat *pre-hardening stage* sehingga dapat mengurangi keretakan akibat penyusutan.

Serat *polypropylene* yang digunakan pada penelitian ini adalah serat *polypropylene* merek *Fosroc PPF*. Menurut Fosroc, serat ini merupakan serat *polypropylene* berperforma tinggi yang memenuhi persyaratan ASTM C111.6 dengan kuat tarik minimal  $300 \text{ N/m}^2$ . Serat ini terdiri dari beberapa ukuran panjang yaitu 12 mm dan 19 mm digunakan untuk campuran beton, sedangkan ukuran 3 dan 6 mm digunakan untuk plester dan mortar. Spesifikasi serat *polypropylene* merek *Fosroc PPF* dapat dilihat pada Tabel 3.10 berikut.

**Tabel 3.10 Spesifikasi Serat *Polypropylene* Merek *Fosroc PPF***

Bentuk	100% serat <i>polypropylene</i> asli
Berat jenis	$0,91 \text{ g/cm}^3$
Kandungan alkali	Tidak ada
Kandungan sulfat	Tidak ada
Saluran udara	Kandungan udara beton tidak akan meningkat signifikan
Kandungan klorin	Tidak ada
Modulus elastisitas	5500 - 7000 MPa
Kuat tarik	$350 \text{ N/mm}^2$
Titik leleh	$160-170^\circ\text{C}$
Titik nyala	$590^\circ\text{C}$
Ketebalan serat	18 dan 30 mikron
Kompatibilitas semen	<i>Excellent</i>

(Sumber: Fosroc)

### 3.7 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton dilakukan guna untuk menentukan komposisi bahan baku beton. Perencanaan campuran beton dilakukan dengan metode SNI 03-2834-2000 dengan prosedur sebagai berikut.



1. Menentukan kuat tekan rencana saat pengujian beton setelah umur beton 28 hari.
2. Menentukan nilai deviasi standar

Nilai deviasi standar dapat ditentukan dengan melihat Tabel 3.11 berikut ini.

**Tabel 3.11 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar**

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Lihat butir 4.2.3.1 1) (5)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Catatan: bila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah ( $M$ ) diambil tidak kurang dari 12 MPa.

3. Menentukan tambah ( $M$ )

Nilai tambah dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$M = 1,64 \times S_r \quad (3.16)$$

dengan:

$M$  = nilai tambah (MPa),

$1,64$  = tetapan statistik, dan

$S_r$  = deviasi standar rencana (MPa).

4. Menentukan kuat tekan beton rata-rata ( $f'_{cr}$ )

Untuk menentukan kuat tekan beton rata-rata dapat dilakukan dengan Persamaan 3.17 berikut. Sedangkan untuk menentukan perkiraan kuat tekan beton dengan  $f_{as} = 0,5$  dapat dilakukan dengan melihat Tabel 3.12 berikut.

$$f'_{cr} = f'_c + M \quad (3.17)$$

dengan:

$f'_{cr}$  = kuat tekan beton rata-rata (MPa),

$f'_c$  = mutu beton rencana (MPa), dan

$M$  = nilai tambah (MPa).

**Tabel 3.12 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan fas = 0,5**

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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

5. Jenis semen yang digunakan adalah semen tipe I
6. Jenis agregat yang digunakan meliputi:
  - a. Agregat halus (pasir) alami
  - b. Agregat kasar (kerikil) berupa batu pecah, terdiri dari breksi batu apung
7. Menentukan kebutuhan kadar air

Kadar air yang dibutuhkan dipengaruhi oleh ukuran maksimum agregat, *slump*, dan jenis agregat. Kebutuhan kadar air dapat dilihat pada Tabel 3.13 berikut.

**Tabel 3.13 Perkiraan kebutuhan kadar air bebas (kg/m<sup>3</sup>)**

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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

catatan:

untuk agregat campuran (tidak dipecah dan dipecah), dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kebutuhan air} = \frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk \quad (3.18)$$

dengan:

$W_h$  = perkiraan jumlah air untuk agregat halus ( $\text{kg/m}^3$ ) (Tabel 3.13)

$W_k$  = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar ( $\text{kg/m}^3$ ) (Tabel 3.13)

8. Menentukan berat semen minimum dan faktor air semen maksimum dari Tabel 3.14 berikut.

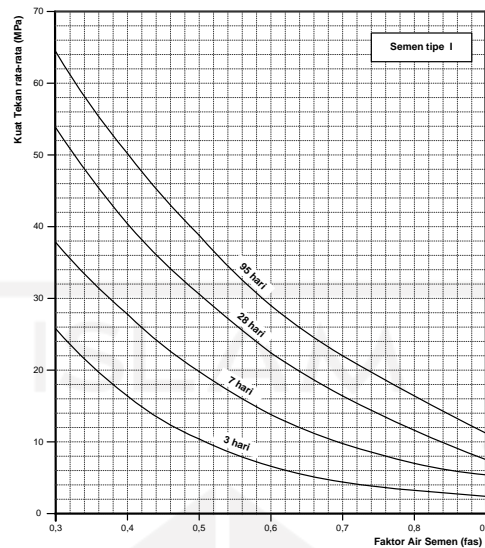
**Tabel 3.14 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan fas Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus**

Jenis Pembetonan		Jumlah Semen minimum per- $\text{m}^3$ beton (kg)	Nilai fas maksimum
Beton di dalam ruang bangunan			
a.	keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b.	keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan			
a.	tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b.	terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah			
a.	mengalami pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	0,55
b.	mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut			tabel 6

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

9. Menentukan Faktor Air Semen (*fas*)

Faktor Air Semen (*fas*) dapat ditentukan dengan grafik pada Gambar 3.1 berikut.



**Gambar 3.1 Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas)**  
**(Benda Uji Silinder Diameter 150 mm dan Tinggi 300 mm)**  
 (Sumber: SNI 03-2834-2000)

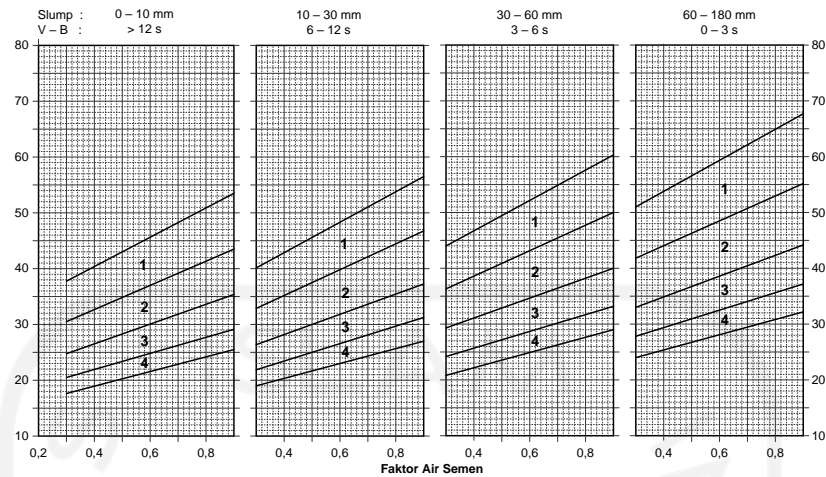
10. Menentukan kadar semen ( $\text{kg/m}^3$ )

Kadar semen dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Kadar semen} = \frac{\text{jumlah kebutuhan air}}{\text{faktor air semen}} \quad (3.19)$$

11. Mencari persentase agregat halus ( $\text{kg/m}^3$ )

Persentase agregat halus dapat dicari dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.2 berikut.



Grafik 4 : Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan Untuk ukuran butir maksimum 20 mm

### Gambar 3.2 Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

#### 12. Menghitung berat jenis agregat gabungan

Berat jenis agregat gabungan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$bj_{ag-gab} = \frac{P}{100} \cdot bj_{ag-halus} + \frac{K}{100} \cdot bj_{ag-kasar} \quad (3.20)$$

dengan:

$bj_{ag-gab}$  = berat jenis agregat gabungan

$P$  = persentase agregat halus (%)

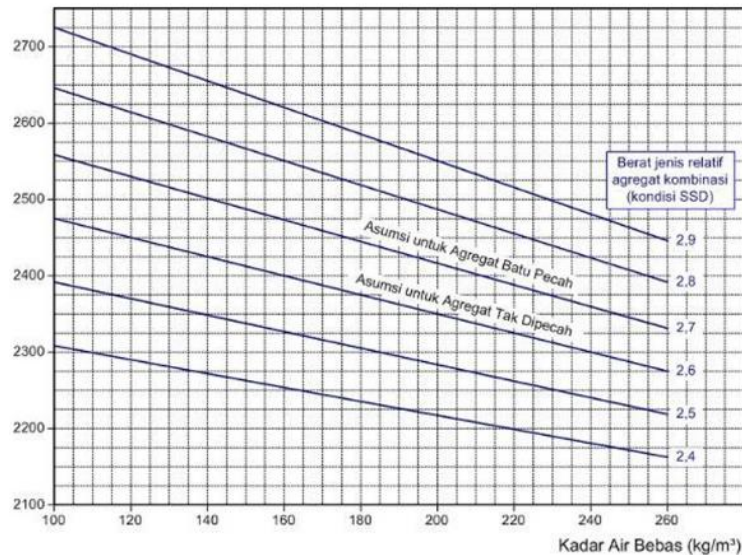
$K$  = persentase agregat kasar (%)

$bj_{ag-halus}$  = berat jenis agregat halus

$bj_{ag-kasar}$  = berat jenis agregat kasar

#### 13. Menghitung berat isi beton ( $\text{kg/m}^3$ )

Berat isi beton dapat dicari dengan melihat grafik pada Gambar 3.3 berikut.



**Gambar 3.3 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan**  
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

14. Menghitung proporsi agregat gabungan ( $\text{kg/m}^3$ )

Proporsi agregat gabungan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Agregat gab} = \text{berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kebutuhan air} \quad (3.21)$$

15. Menghitung proporsi masing-masing agregat ( $\text{kg/m}^3$ )

Proporsi masing-masing agregat dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Agregat halus} = \% \text{ agregat halus} \times \text{agregat gabungan} \quad (3.22)$$

$$\text{Agregat kasar} = \% \text{ agregat kasar} \times \text{agregat gabungan} \quad (3.23)$$

16. Menghitung proporsi campuran (setiap  $\text{m}^3$ )

Setelah langkah-langkah di atas dilakukan, akan didapat susunan campuran beton teoritis untuk setiap  $\text{m}^3$  beton yang meliputi semen, agregat halus, agregat kasar, dan air.

17. Menghitung proporsi campuran dengan angka penyusutan (kg)

Proporsi campuran dihitung dengan angka penyusutan untuk menanggulangi agregat kasar dan agregat halus yang tidak dalam kondisi SSD. Proporsi campuran dikoreksi dengan penyusutan sebesar 15% - 25%.

### 3.8 *Slump Test*

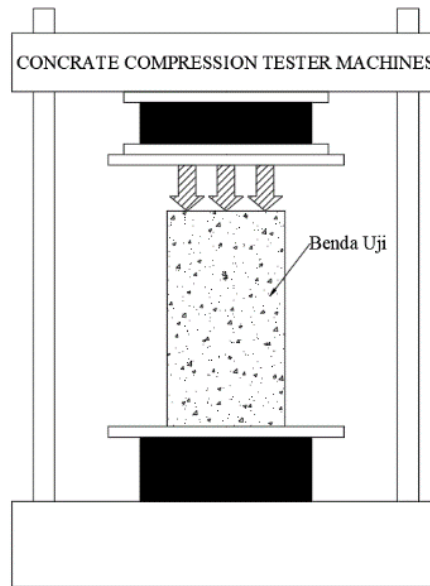
*Slump test* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan beton dengan mengukur penurunan ketinggian pada permukaan atas beton yang diukur sesegera mungkin setelah kerucut abrams diangkat. Nilai *slump* yang semakin tinggi menandakan bahwa adukan beton segar semakin kental sehingga semakin sulit untuk dikerjakan, sedangkan nilai *slump* yang semakin rendah menandakan bahwa adukan beton segar semakin cari dan mudah untuk dikerjakan. Faktor yang mempengaruhi nilai *slump* yaitu faktor air semen (fas), semakin rendah nilai fas maka akan membuat nilai *slump* akan semakin rendah karena menggunakan sedikit air dan banyak semen begitu juga sebaliknya (Tjokrodimuljo, 2021).

### 3.9 *Perawatan Beton (curing)*

Perawatan beton merupakan proses untuk menjaga permukaan beton tetap lembab sejak beton selesai dipadatkan hingga mencapai *final setting*. Kelembaban diperlukan untuk menjamin proses hidrasi berlangsung dengan sempurna, menghindari terjadinya panas hidrasi yang berlebihan dan juga menjadikan beton lebih tahan terhadap cuaca dan lebih kedap air. Perawatan beton dapat dilakukan dengan terus menerus memberikan air atau dengan mencegah hilangnya air. Perawatan dengan terus menerus memberikan air ini dapat dilakukan dengan merendam benda uji pada air atau melakukan penyemprotan secara berkala, sedangkan perawatan dengan mencegah hilangnya air dapat dilakukan dengan memberi lapisan/membungkus dengan plastik, kertas tidak tembus air, atau membran kimia (Tjokrodimuljo, 2021).

### 3.10 *Kuat Tekan Beton*

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton akan hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan beton (SNI 03-1974-2011). Pada umumnya, beton memiliki kuat tekan tinggi tetapi memiliki kuat tarik belah yang rendah. Sketsa pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



**Gambar 3.4 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton**

Adapun cara untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan SNI 03-1974-2011 dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \quad (3.24)$$

keterangan:

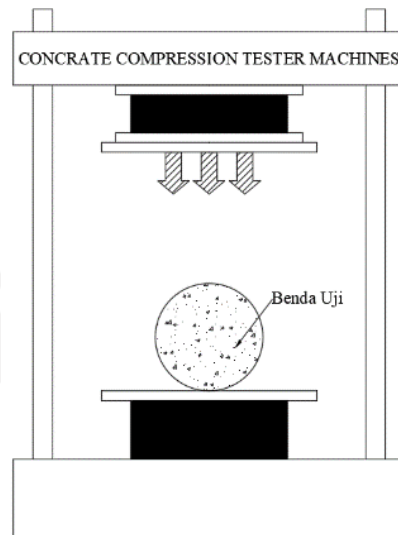
$P$  : beban maksimum (N) dan

$A$  : luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ ).

### 3.11 Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah digunakan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton yang menggunakan agregat ringan. Nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan (SNI 03-2491-2014). Sketsa pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini.





**Gambar 3.5 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**

Adapun cara untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah beton berdasarkan SNI 03-2491-2014 dengan menggunakan persamaan berikut.

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (3.25)$$

keterangan:

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

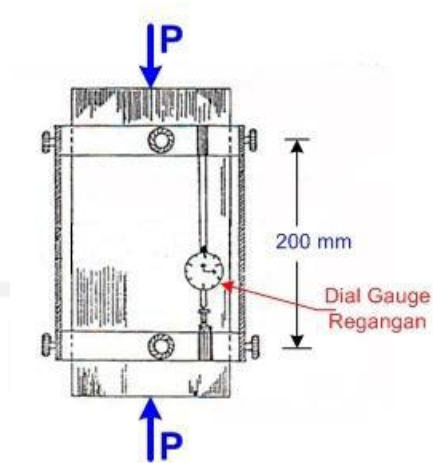
$P$  : beban maksimum (N),

$L$  : panjang benda uji silinder (mm), dan

$D$  : diameter benda uji silinder (mm).

### 3.12 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton merupakan nilai tegangan dibagi regangan beton dalam kondisi elastis, dimana tegangan mencapai 40% dari kuat tekan maksimum (SNI 03-4169-1996). Modulus elastisitas dihitung dengan menggunakan alat kompresometer, yaitu alat pengukur deformasi longitudinal dari benda uji yang terdiri dari dua buah elemen lingkaran, batang pengunci, batang indikator, dan alat ukur (*dial gauge*). Gambar benda uji dan alat kompresometer dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



**Gambar 3.6 Benda Uji dan Alat Kompresometer**

(Sumber: Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi UII, 2021)

Adapun cara untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas beton berdasarkan SNI 03-4169-1996 dengan menggunakan persamaan berikut.

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,00005} \quad (3.26)$$

keterangan:

$E_c$  = modulus elastisitas beton (MPa),

$S_2$  = Tegangan pada saat 40% dari beban maksimum (MPa),

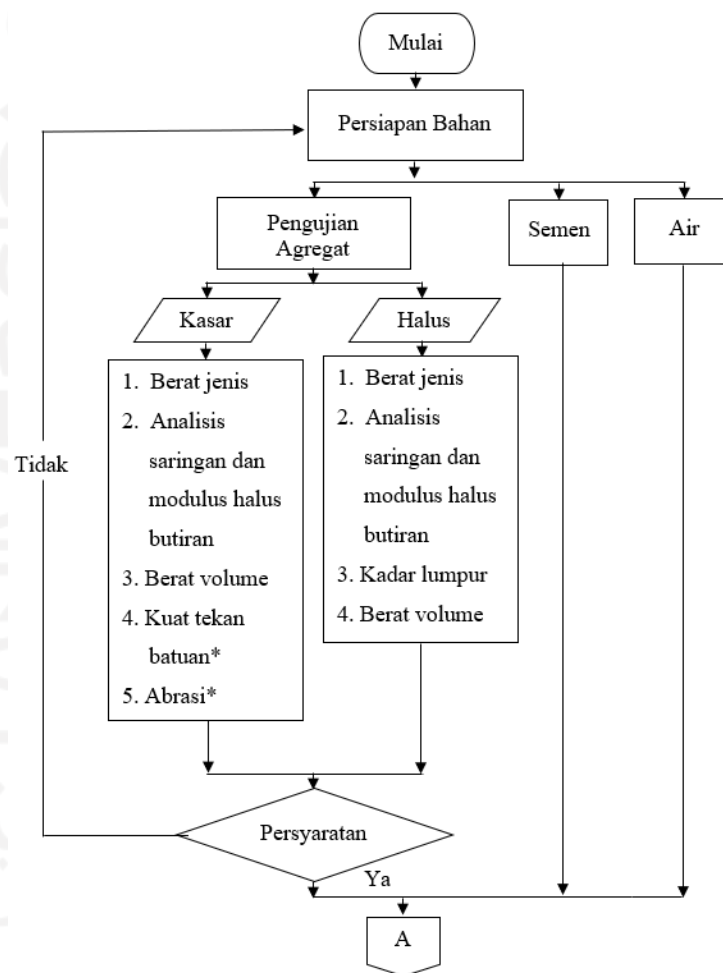
$S_1$  = Tegangan pada saat regangan longitudinal mencapai 0,00005 (MPa), dan

$\varepsilon_2$  = regangan longitudinal yang dihasilkan pada saat  $S_2$ .

## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1 Umum

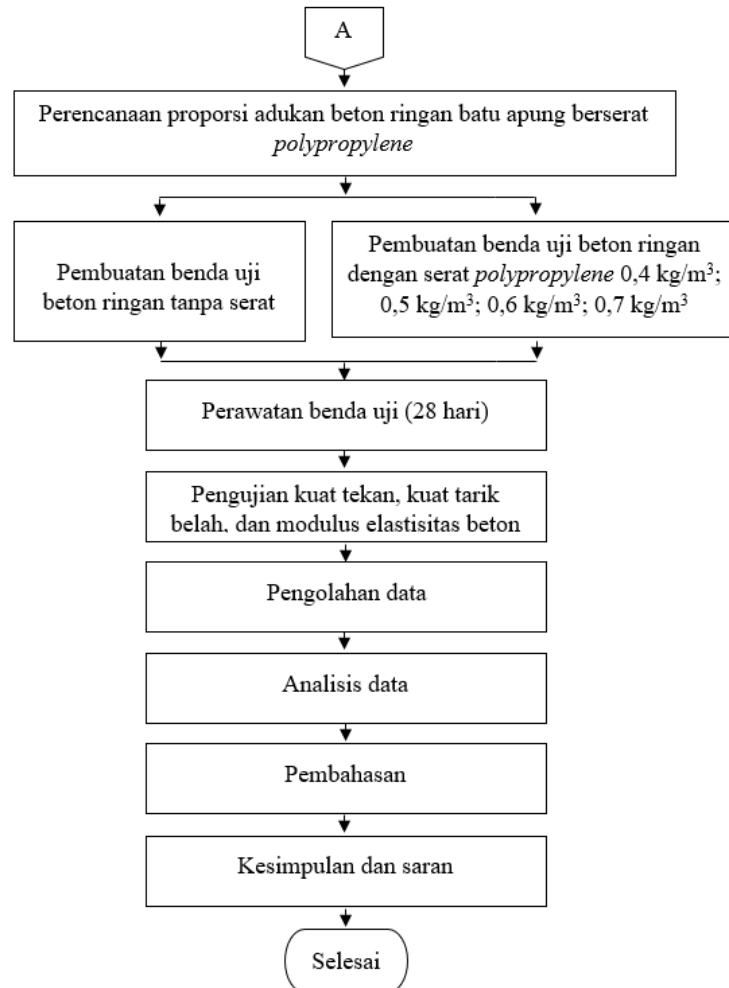
Penelitian beton ini dilakukan secara skematis sesuai dengan diagram alir penelitian pada Gambar 4.1 berikut ini.



**Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian**

Keterangan:

\*pengujian hanya dilakukan untuk mengetahui kekuatan agregat breksi batu apung dibanding dengan agregat normal sehingga diabaikan dalam penentuan agregat tersebut memenuhi persyaratan atau tidak.



**Lanjutan Gambar 4.1**

#### 4.2 Bahan Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini bahan dan material yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Semen *portland* merek Semen Gresik,
2. Agregat halus dari Gunung Merapi dengan diameter maksimum 4,8 mm,
3. Agregat kasar breksi batu apung formasi batuan Semilir dengan diameter maksimum 20 mm,
4. Serat *polypropylene monofilament* merek *Fosroc PPF* berukuran panjang 12 mm, dan
5. Air dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Universitas Islam Indonesia.

### 4.3 Peralatan

Pada penelitian ini peralatan yang digunakan dalam menunjang pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2 berikut.

**Tabel 4.1 Peralatan Pembuatan Benda Uji**

No	Nama Alat	Kegunaan
1	Alat tulis	Menulis dan menandai benda uji.
2	Saringan agregat halus	Mengayak agregat halus.
3	Saringan agregat kasar	Mengayak agregat kasar.
4	Cetakan silinder	Mencetak benda uji silinder beton.
5	Ember	Menampung agregat halus maupun kasar.
6	Palu karet	Memadatkan adukan pada cetakan silinder.
7	Kerucut abrams	Pengujian <i>slump test</i> .
8	Gerobak dorong	Memudahkan saat mengangkat material
9	<i>Mixer</i> beton	Pembuatan campuran beton
10	Sekop	Mengaduk dan memasukkan adonan ke dalam cetakan
11	Cetok (sendok semen)	Meratakan campuran beton saat dimasukkan ke dalam cetakan.
12	Tongkat penumbuk	Memadatkan benda uji.
13	Penggaris	Mengukur tinggi dalam pengujian <i>slump test</i> .
14	Timbangan	Menimbang material dan benda uji.
15	<i>Stone Crusher</i>	Memecah agregat kasar

**Tabel 4.2 Peralatan Pengujian Benda Uji**

No	Nama Alat	Kegunaan
1	Oven	Mengeringkan benda uji dari kadar air.
2	Cetakan <i>capping</i>	<i>Capping</i> benda uji.
3	<i>Compressing Test Machine (CTM)</i>	Menguji kuat tekan dan kuat tarik beton.
4	<i>Dial Gauge</i>	Membaca regangan beton.

### 4.4 Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan benda uji berupa beton silinder sebanyak 50 buah beton silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian

beton dilakukan setelah umur beton 28 hari dengan rincian benda uji yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

**Tabel 4.3 Rincian Benda Uji**

No	Kode Benda Uji	Jumlah Breksi Batu Apung (%)	Serat <i>Polypropylene</i> (kg/m <sup>3</sup> )	Jumlah Sampel (buah)
1	BA <sub>0</sub>	100	0	10
2	BA <sub>0,4</sub>	100	0,4	10
3	BA <sub>0,5</sub>	100	0,5	10
4	BA <sub>0,6</sub>	100	0,6	10
5	BA <sub>0,7</sub>	100	0,7	10
Total				50

Keterangan:

BA<sub>0</sub> = Beton dengan campuran 100% breksi batu apung dari berat agregat kasar dan 0 kg/m<sup>3</sup> serat *polypropylene* dari volume beton,

BA<sub>0,4</sub> = Beton dengan campuran 100% breksi batu apung dari berat agregat kasar dan 0,4 kg/m<sup>3</sup> serat *polypropylene* dari volume beton,

BA<sub>0,5</sub> = Beton dengan campuran 100% breksi batu apung dari berat agregat kasar dan 0,5 kg/m<sup>3</sup> serat *polypropylene* dari volume beton,

BA<sub>0,6</sub> = Beton dengan campuran 100% breksi batu apung dari berat agregat kasar dan 0,6 kg/m<sup>3</sup> serat *polypropylene* dari volume beton, dan

BA<sub>0,7</sub> = Beton dengan campuran 100% breksi batu apung dari berat agregat kasar dan 0,7 kg/m<sup>3</sup> serat *polypropylene* dari volume beton.

Pada penelitian ini masing-masing komposisi/varian beton silinder sebanyak 5 buah digunakan untuk pengujian kuat tekan beton sekaligus pengujian modulus elastisitas (diambil 3 buah dari 5 buah benda uji kuat tekan beton) dan sebanyak 5 buah digunakan untuk pengujian kuat tarik belah beton.

#### 4.5 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

#### 4.5.1 Persiapan

Persiapan yang dilakukan meliputi persiapan studi pustaka, persiapan literatur, persiapan alat dan bahan, serta persiapan laboratorium. Pada tahap persiapan ini juga dilakukan pemecahan agregat breksi batu apung hingga diperoleh ukuran yang direncanakan, yaitu agregat yang lolos saringan 20 mm dan tertahan pada saringan 4,75 mm. Agregat breksi batu apung (kerikil) yang jumlahnya telah sesuai rencana, maka dilakukan pencucian untuk membersihkan agregat dari lumpur dan membuat agregat dalam kondisi jenuh kering muka (*saturated surface dry-SSD*) dengan cara membiarkan agregat terhampar dan terkena udara.

#### 4.5.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus (pasir) dari Gunung Merapi yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi sebagai berikut:

##### 1. Pemeriksaan berat jenis agregat halus

Adapun prosedur pelaksanaan pemeriksaan berat jenis agregat halus adalah sebagai berikut.

- a. Menyiapkan agregat halus dan mengeringkan agregat dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ \text{C}$ .
- b. Mendinginkan agregat halus pada suhu ruangan, kemudian merendam dalam air selama 24 jam.
- c. Membuang air perendaman dengan hati-hati, sehingga tidak ada butiran yang terbang. Menebarkan agregat halus di atas talem dan mengeringkan di udara panas dengan cara membalik-balikanya hingga agregat dalam keadaan kering jenuh permukaan (SSD).
- d. Memeriksa keadaan kering permukaan jenuh dengan memasukkan agregat halus ke dalam kerucut terpancung, kemudian dipadatkan dengan penumbuk sebanyak 25 kali. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai apabila kerucut diangkat, benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- e. Setelah pasir dalam keadaan SSD, mengambil sampel sebanyak 500 gram dan memasukkannya ke dalam piknometer, memasukkan air suling sampai 90% isi piknometer, kemudian piknometer diputar sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.

- f. Menambahkan air pada piknometer sampai mencapai tanda batas.
  - g. Menimbang piknometer berisi air dan benda uji (agregat halus) yang dilambangkan dengan BT.
  - h. Mengeluarkan benda uji dan dikeringkan dalam oven.
  - i. Mendinginkan benda uji dan menimbang (BK).
  - j. Menimbang berat piknometer penuh berisi air (B).
  - k. Menghitung berat jenis dengan rumus pada Persamaan 3.1.
2. Analisis saringan dan modulus halus butiran
- Adapun prosedur pelaksanaan pengujian modulus halus butiran agregat halus adalah sebagai berikut.
- a. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ \text{C}$ .
  - b. Mendinginkan benda uji pada suhu kamar.
  - c. Menimbang agregat halus kering oven sebanyak 2000 gram.
  - d. Menyusun saringan/ayakan dari ukuran diameter besar dari atas ke bawah, yaitu 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm dan pan.
  - e. Menuangkan sampel uji pada susunan saringan paling atas dan menggoyangkan rangkaian saringan dengan mesin penggoyang selama 10-15 menit.
  - f. Menimbang masing-masing butiran yang tertahan atau tidak lolos saringan.
3. Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat lolos saringan 200
- Adapun prosedur pemeriksaan kadar lumpur adalah sebagai berikut.
- a. Menyiapkan agregat halus lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dalam keadaan kering oven sebanyak 500 gram.
  - b. Meletakkan benda uji dalam saringan No. 200 dan mengalirkan air di atasnya.
  - c. Menggerakkan benda uji dalam saringan dengan aliran air sehingga bagian yang halus dapat lolos saringan No. 200 dan bagian kasar tertinggal di saringan.
  - d. Mengulangi pekerjaan di atas hingga air pencucian tetap jernih.
  - e. Mengeringkan benda uji yang tertinggal di saringan ke dalam oven.
  - f. Menghitung kadar lumpur dengan rumus pada Persamaan 3.6.
4. Pemeriksaan berat volume gembur dan padat



Adapun prosedur pemeriksaan berat volume gembur dan padat agregat halus adalah sebagai berikut.

a. Berat volume gembur

- 1) Menyiapkan agregat halus dalam kondisi kering permukaan (SSD).
- 2) Mengisi penakar dengan agregat yang telah disiapkan sampai penuh.
- 3) Meratakan permukaan penakar dengan batang perata.
- 4) Menimbang berat penakar dan isinya serta berat penakar sendiri.
- 5) Menghitung berat isi gembur dengan rumus pada Persamaan 3.7.

b. Berat volume padat

- 1) Menyiapkan agregat halus dalam kondisi kering permukaan (SSD).
- 2) Mengisi penakar setiap 1/3 bagian dan ditumbuk dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali.
- 3) Langkah (2) dilakukan hingga penuh.
- 4) Meratakan permukaan penakar dengan batang perata.
- 5) Menimbang berat penakar dan isinya serta berat penakar sendiri.
- 6) Menghitung berat isi padat dengan rumus pada Persamaan 3.7.

#### 4.5.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi sebagai berikut:

1. Pemeriksaan berat jenis agregat kasar

Adapun prosedur pelaksanaan pemeriksaan berat jenis agregat kasar adalah sebagai berikut.

- a. Mencuci benda uji untuk menghilangkan debu.
- b. Mengeringkan agregat dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ \text{C}$ .
- c. Mendinginkan agregat kasar pada suhu ruangan, kemudian merendam dalam air selama 24 jam.
- d. Mengeluarkan benda uji dari air dan mengeringkan dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang sehingga agregat dalam keadaan kering jenuh permukaan (SSD).
- e. Menimbang benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh/SSD ( $B_j$ ) sebanyak 5000 gram.

- f. Meletakkan benda uji dalam keranjang air, menggoncangkan batunya supaya udara yang terperangkap keluar, kemudian mengukur beratnya didalam air (Ba).
  - g. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ \text{C}$ , kemudian menimbang benda uji (Bk).
  - h. Menghitung berat jenis agregat kasar dengan rumus pada Persamaan 3.8.
2. Analisis saringan dan modulus halus butiran
- Adapun prosedur pelaksanaan pengujian modulus halus butiran agregat kasar adalah sebagai berikut.
- a. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ \text{C}$ .
  - b. Mendinginkan benda uji pada suhu kamar.
  - c. Menimbang agregat kasar kering oven sebanyak 5000 gram.
  - d. Menyusun saringan/ayakan dari ukuran diameter besar dari atas ke bawah, yaitu 38 mm; 19 mm; 9,5 mm; 4,75 mm dan pan.
  - e. Menuangkan sampel uji pada susunan saringan paling atas dan menggoyangkan rangkaian saringan dengan mesin penggoyang selama 10-15 menit.
  - f. Menimbang masing-masing butiran yang tertahan atau tidak lolos saringan.
3. Pemeriksaan berat volume gembur dan padat
- Adapun prosedur pemeriksaan berat volume gembur dan padat agregat kasar adalah sebagai berikut.
- a. Berat volume gembur
    - 1) Menyiapkan agregat kasar dalam kondisi kering permukaan (SSD).
    - 2) Mengisi penakar dengan agregat yang telah disiapkan sampai penuh dan hindarkan terjadinya pemisahan dari butir agregat.
    - 3) Meratakan permukaan penakar dengan batang perata.
    - 4) Menimbang berat penakar dan isinya serta berat penakar sendiri.
    - 5) Menghitung berat isi gembur dengan rumus pada Persamaan 3.7.
  - b. Berat volume padat
    - 1) Menyiapkan agregat kasar dalam kondisi kering permukaan (SSD).

- 2) Mengisi penakar setiap  $\frac{1}{3}$  bagian dan ditumbuk dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali.
  - 3) Langkah (2) dilakukan hingga penuh.
  - 4) Meratakan permukaan penakar dengan batang perata.
  - 5) Menimbang berat penakar dan isinya serta berat penakar sendiri.
  - 6) Menghitung berat isi padat dengan rumus pada Persamaan 3.7.
4. Pemeriksaan kuat tekan batuan agregat breksi batu apung
- Adapun prosedur pemeriksaan kuat tekan batuan agregat breksi batu apung adalah sebagai berikut.
- a. Membuat benda uji berukuran diameter 5 cm dan tinggi 10 cm dengan cara *core drill* pada batuan.
  - b. Mengeringkan benda uji pada suhu ruangan sekitar 5-6 hari.
  - c. Menimbang dan mengukur benda uji.
  - d. Melapisi (*coating*) permukaan atas benda uji dengan mortar belerang supaya permukaan rata dan halus.
  - e. Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris.
  - f. Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan.
  - g. Pembebanan dilakukan hingga benda uji hancur, dan mencatat beban maksimum yang terjadi ketika pembebanan.
  - h. Menghitung nilai kuat tekan batuan agregat kasar dengan Persamaan 3.13 dan 3.14.
5. Pemeriksaan abrasi agregat kasar dengan mesin Los Angeles
- Adapun prosedur pemeriksaan abrasi agregat kasar dengan mesin Los Angeles adalah sebagai berikut.
- a. Menyiapkan agregat kasar kondisi kering oven tertahan saringan 12,5 mm sebanyak 2500 gram dan tertahan saringan 9,5 mm sebanyak 2500 gram.
  - b. Memasukkan benda uji dengan total berat 5000 gram ke dalam mesin abrasi Los Angeles.
  - c. Memasukkan bola baja sebanyak 11 buah ke dalam mesin abrasi Los Angeles.
  - d. Memutar mesin hingga 500 putaran.

- e. Menyaring benda uji setelah diputar pada mesin abrasi Los Angeles dengan saringan No. 12 (1,70 mm).
- f. Menimbang benda uji yang tertahan pada saringan No.12 (1,70 mm).
- g. Menghitung nilai abrasi dengan Persamaan 3.15.

#### 4.5.4 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dilakukan dengan menggunakan metode SNI 03-2834-2000 karena agregat yang digunakan tidak sepenuhnya menggunakan agregat ringan pada agregat halus dan kasar tetapi hanya menggunakan agregat ringan pada agregat kasarnya saja, dan juga guna mengetahui kekuatan beton ringan beragregat kasar breksi batu apung formasi Semilir dengan penambahan serat *polypropylene* ketika direncanakan dengan metode SNI 03-2834-2000. Proses perencanaan campuran beton secara lengkap dapat dilihat pada sub bab 4.5.7.

#### 4.5.5 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Benda uji pada penelitian ini dibuat menjadi 2 jenis campuran yaitu beton ringan berserat *polypropylene* dan beton ringan tanpa serat *polypropylene*. Pada penelitian ini memiliki 5 variasi kadar serat *polypropylene* yaitu  $0 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,4 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,5 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,6 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,7 \text{ kg/m}^3$  dari volume beton. Setiap variasi serat *polypropylene* dibuat 10 sampel silinder beton dengan dimensi 15 x 30 cm. Benda uji dilakukan perawatan beton dengan cara merendam benda uji dalam air selama umur 28 hari.

Adapun prosedur pembuatan benda uji adalah sebagai berikut.

1. Material ditimbang sesuai dengan perencanaan desain yang telah direncanakan
2. Memasukkan agregat kasar (breksi batu apung) dan halus terlebih dahulu ke dalam *mixer* dan diputar selama  $\pm 2$  menit hingga homogen.
3. Memasukkan semen, air, dan serat *polypropylene* (untuk beton berserat) ke dalam *mixer* dan diputar hingga beton tercampur merata.
4. Mengeluarkan beton segar yang telah homogen dari *mixer* dan dilakukan *slump test*.

5. Setelah *slump test* memenuhi/sesuai rencana, beton segar dituangkan ke dalam cetakan silinder setiap 1/3 bagian tinggi cetakan dan kemudian ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali secara merata, hal tersebut dilakukan hingga penuh.
6. Meratakan permukaan beton dan didiamkan supaya beton mengeras sempurna selama  $24 \pm 8$  jam.
7. Membuka cetakan dan melakukan perawatan beton dengan cara direndam dalam air selama 28 hari.

#### 4.5.6 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji yang telah dibuat meliputi sebagai berikut.

##### 1. Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mengetahui besaran beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tertentu oleh mesin tekan. Adapun cara pengujian kuat tekan beton yang dilakukan berdasarkan SNI-03-1974-2011 adalah sebagai berikut.

- a. Mengambil benda uji dari tempat perawatan beton dan membersihkan dari kotoran yang menempel pada benda uji.
- b. Menimbang dan mengukur benda uji.
- c. Melapisi (*couting*) permukaan atas benda uji dengan mortar belerang supaya permukaan rata dan halus.
- d. Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris.
- e. Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan, penambahannya sekitar  $2-4 \text{ kg/cm}^2$  per detik.
- f. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur, dan mencatat beban maksimum yang terjadi ketika pembebanan.

##### 2. Pengujian kuat tarik belah beton

Pengujian kuat tarik belah beton bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji secara mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan. Adapun cara pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan berdasarkan SNI-03-2491-2014 adalah sebagai berikut.

- a. Mengambil benda uji dari tempat perawatan beton dan membersihkan dari kotoran yang menempel pada benda uji.
  - b. Menimbang dan mengukur benda uji.
  - c. Memberi tanda pada benda uji. Menarik garis tengah pada setiap sisi ujung benda uji.
  - d. Meletakkan pelat di atas meja tekan bagian bawah mesin uji tekan.
  - e. Meletakkan sebuah bantalan bantu pembebanan di atas meja tekan bagian bawah dari mesin tekan.
  - f. Meletakkan benda uji sedemikian rupa hingga tanda garis tengah pada benda uji terlihat tegak lurus terhadap titik tengah bantalan bantu pembebanan.
  - g. Meletakkan sebuah bantalan bantu pembebanan di atas benda uji.
  - h. Mengatur posisi pengujian hingga mencapai kondisi proyeksi dari bidang yang diberi tanda oleh garis tengah pada kedua ujung benda uji tepat berpotongan dengan titik tengah meja penekan bagian atas dari mesin benda uji.
  - i. Menjalankan mesin uji tekan dengan pemberian beban secara konstan, tanpa hentakan, dengan kecepatan berkisar antara 50-100 kN per menit sampai benda uji terbelah/hancur.
  - j. Mencatat beban maksimum saat pengujian.
3. Pengujian modulus elastisitas beton
- Pengujian modulus elastisitas beton bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan dibagi regangan beton dalam kondisi elastis. Adapun cara pengujian modulus elastisitas beton yang dilakukan berdasarkan SNI-03-4169-1996 adalah sebagai berikut.
- a. Mengukur diameter benda uji dengan jangka sorong pada 3 posisi ukur.
  - b. Mengukur panjang benda uji.
  - c. Menimbang benda uji.
  - d. Memasang alat kompresometer-ekstensometer dan alat pengukur deformasi (*dial gauge*) pada benda uji.
  - e. Meletakkan benda uji pada mesin uji tekan secara simetris.

- f. Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan, penambahannya sekitar 2-4 kg/cm<sup>2</sup> per detik.
- g. Mencatat regangan/deformasi setiap peningkatan beban 10 kN.

#### 4.5.7 Pengolahan Data

Pada tahap ini, data yang didapatkan dari penelitian yang dilaksanakan di laboratorium dilakukan pengolahan data sesuai dengan teori dan standar peraturan yang berlaku dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Excel*. Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut.

##### 1. Pengujian agregat halus

- a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Data yang dihasilkan dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus kemudian dilakukan pengolahan dengan menggunakan Persamaan 3.1, 3.2, 3.3 dan 3.4 berikut.

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis curah} &= \frac{Bk}{B+500-Bt} \\ &= \frac{479}{837+500-1143} \\ &= 2,469 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis jenuh kering permukaan} &= \frac{500}{B+500-Bt} \\ &= \frac{500}{837+500-1143} \\ &= 2,577 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis semu} &= \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \\ &= \frac{479}{837+479-1143} \\ &= 2,769 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air} &= \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \\ &= \frac{500-479}{479} \times 100\% \\ &= 4,384 \end{aligned}$$

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.1.

b. Pengujian kadar lumpur agregat halus

Data yang dihasilkan dari pemeriksaan kadar lumpur agregat halus kemudian dilakukan pengolahan dengan menggunakan Persamaan 3.6 berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur} &= \frac{A-B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{500-491}{491} \times 100\% \\ &= 1,8\% \end{aligned}$$

Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.2.

c. Pengujian analisis saringan dan modulus halus butiran agregat halus

Data yang dihasilkan dari pemeriksaan analisis saringan dan modulus halus butiran agregat halus kemudian dilakukan pengolahan dengan menggunakan Persamaan 3.5 berikut.

$$\begin{aligned} \text{MHB Halus Sampel 1} &= \frac{\text{Jumlah berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{236,004}{100} \\ &= 2,360 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MHB Halus Sampel 2} &= \frac{\text{Jumlah berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{243,172}{100} \\ &= 2,432 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MHB Rata-Rata} &= \frac{2,360 + 2,432}{2} \\ &= 2,396 \end{aligned}$$

Hasil pengujian analisis saringan agregat halus secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4.



d. Pengujian berat volume gembur dan padat agregat halus

Data yang dihasilkan dari pemeriksaan berat volume gembur dan padat agregat halus kemudian dilakukan pengolahan dengan menggunakan Persamaan 3.7 berikut.

$$\begin{aligned}\text{Berat volume gembur} &= \frac{G-T}{V} \\ &= \frac{17459-10974}{5301,4376} \\ &= 1,223 \text{ gram/cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat volume padat} &= \frac{G-T}{V} \\ &= \frac{19025-10974}{5301,4376} \\ &= 1,519 \text{ gram/cm}^3\end{aligned}$$

Hasil pengujian berat volume agregat halus secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7.

2. Pengujian agregat kasar

a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Data yang dihasilkan dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar kemudian dilakukan pengolahan dengan menggunakan Persamaan 3.8, 3.9, 3.10 dan 3.11 berikut.

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis curah} &= \frac{Bk}{Bj - Ba} \\ &= \frac{3812}{5000 - 2112} \\ &= 1,320\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD)} &= \frac{Bj}{Bj - Ba} \\ &= \frac{5000}{5000 - 2112} \\ &= 1,731\end{aligned}$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba}$$

$$= \frac{3812}{3812-2112}$$

$$= 2,242$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

$$= \frac{5000-3812}{3812} \times 100\%$$

$$= 31,165\%$$

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.8.

b. Pengujian analisis saringan dan modulus halus butiran agregat kasar

Data yang dihasilkan dari pemeriksaan analisis saringan dan modulus halus butiran agregat kasar kemudian dilakukan pengolahan dengan menggunakan Persamaan 3.12 berikut.

$$\text{MHB Kasar Sampel 1} = \frac{\text{Jumlah berat tertinggal kumulatif}}{100}$$

$$= \frac{649,180}{100}$$

$$= 6,492$$

$$\text{MHB Kasar Sampel 2} = \frac{\text{Jumlah berat tertinggal kumulatif}}{100}$$

$$= \frac{656,594}{100}$$

$$= 6,566$$

$$\text{MHB Rata-Rata} = \frac{6,492 + 6,566}{2}$$

$$= 6,529$$

Hasil pengujian analisis saringan agregat kasar secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10.

c. Pengujian kuat tekan batuan breksi batu apung

Data yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan batuan breksi batu apung formasi Semilir kemudian dilakukan pengolahan dengan menggunakan Persamaan 3.13 dan Persamaan 3.14 berikut.

**Tabel 4.4 Data Benda Uji Kuat Tekan Batuan Breksi Batu Apung**

Benda Uji	Berat (kg)	Diameter (cm)				Tinggi (cm)				Beban Maks (kN)
		1	2	3	Rerata	1	2	3	Rerata	
1-BBA	0,311	5,010	5,020	5,020	5,017	9,960	9,950	10,030	9,980	17,652
2-BBA	0,316	5,010	5,040	5,010	5,020	10,130	10,150	10,120	10,133	11,278
3-BBA	0,306	5,010	5,015	5,010	5,012	9,930	9,980	10,174	10,028	12,945
4-BBA	0,308	5,050	5,050	4,980	5,027	10,130	10,160	10,090	10,127	12,356
5-BBA	0,313	5,060	5,030	5,034	5,041	10,050	10,020	10,040	10,037	19,961

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{17,6520}{19,7661} \\
 &= 0,8930 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan koreksi} &= \frac{\text{Kuat tekan}}{\left(0,88 + \left(0,24 \frac{D}{H}\right)\right)} \\
 &= \frac{0,8930}{\left(0,88 + \left(0,24 \frac{5,017}{10,030}\right)\right)} \\
 &= 0,8936 \text{ kN/cm}^2 \\
 &= 8,9362 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian kuat tekan batuan breksi batu apung secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.12.

d. Pengujian abrasi agregat kasar breksi batu apung

Data yang dihasilkan dari pengujian abrasi agregat kasar breksi batu apung formasi Semilir kemudian dilakukan pengolahan dengan menggunakan Persamaan 3.15 berikut.

$$\text{Keausan Sampel 1} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

$$= \frac{5000-2300}{5000} \times 100\%$$

$$= 54\%$$

$$\text{Keausan Sampel 2} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

$$= \frac{5000-2386}{5000} \times 100\%$$

$$= 52,28\%$$

$$\text{Keausan Rata-rata} = \frac{\text{Keausan sampel 1} + \text{Keausan sampel 2}}{2}$$

$$= \frac{54+52,28}{2}$$

$$= 53,14\%$$

Hasil pengujian abrasi agregat kasar breksi batu apung secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.14.

e. Pengujian berat volume gembur dan padat agregat kasar

Data yang dihasilkan dari pemeriksaan berat volume gembur dan padat agregat kasar kemudian dilakukan pengolahan dengan menggunakan Persamaan 3.7 berikut.

$$\text{Berat volume gembur} = \frac{G-T}{V}$$

$$= \frac{15145-10974}{5301,4376}$$

$$= 0,789 \text{ gram/cm}^3$$

$$\text{Berat volume padat} = \frac{G-T}{V}$$

$$= \frac{15694-10974}{5301,4376}$$

$$= 0,890 \text{ gram/cm}^3$$

Hasil pengujian berat volume agregat kasar secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Tabel 5.17.

### 3. Perencanaan campuran beton (*mix design*)

Pada penelitian ini perencanaan campuran beton (*mix design*) dilakukan dengan menggunakan SNI 03-2834-2000. Perhitungan perencanaan campuran beton pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Kuat tekan rencana ( $f'c$ ) = 20 MPa dan benda uji dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari.
- b. Nilai tambah margin ( $M$ ) diambil 12 MPa karena benda uji yang direncanakan kurang dari 15 buah.
- c. Kuat tekan rencana beton yang ditargetkan ( $f'cr$ )

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

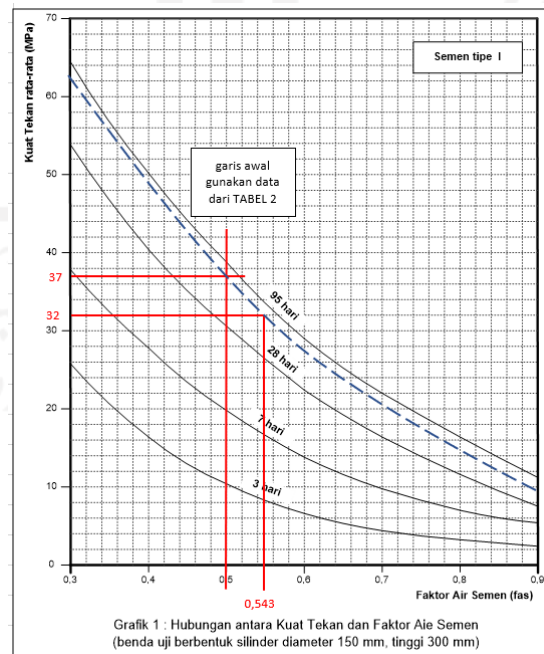
- d. Semen yang digunakan seharusnya semen *portland* tipe I tetapi karena keterbatasan untuk memperoleh semen tersebut maka diganti dengan semen PCC merek Semen Gresik yang memiliki kekuatan setara dengan semen *portland* tipe I.
- e. Jenis agregat yang digunakan sebagai berikut.
  - 1) agregat halus pasir alami dari Gunung Merapi, dan
  - 2) agregat kasar berupa batu pecah (breksi batu apung formasi Batuan Semilir)
- f. Faktor air semen ( $fas$ )  
Berdasarkan Tabel 4.4 untuk tipe semen I, jenis agregat kasar batu pecah, bentuk benda uji silinder dan umur beton 28 hari didapatkan kekuatan tekan 37 MPa pada  $fas = 0,5$ .

**Tabel 4.5 Hasil Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan fas = 0,5**

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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Nilai kekuatan tekan sebesar 37 MPa dan fas = 0,5 yang didapatkan dari Tabel 4.5 diplotkan pada Gambar 4.2 sehingga mendapatkan garis bantu yang berupa garis putus-putus. Kemudian ditarik garis horizontal pada nilai  $f'_{cr}$  sebesar 32 MPa sampai menyentuh garis bantu putus-putus, setelah itu dibuat garis vertikal ke bawah sampai ketemu nilai faktor air semen. Berdasarkan Gambar 4.2 di bawah ini didapatkan nilai faktor air semen sebesar 0,543.

**Gambar 4.2 Hasil Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen**

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

g. Nilai *slump* yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan *slump* rencana sebesar 60-180 mm

h. Kadar air bebas agregat campuran

Ukuran agregat maksimum adalah 20 mm dan nilai *slump* yang ditentukan adalah 60-180 mm sehingga dari Tabel 4.6 diperoleh nilai perkiraan jumlah air agregat halus ( $W_h$ ) adalah  $195 \text{ kg/m}^3$  dan untuk agregat kasar ( $W_k$ ) adalah  $225 \text{ kg/m}^3$  sehingga nilai kadar air bebas diperoleh dari persamaan berikut.

**Tabel 4.6 Hasil Perkiraan Kebutuhan Kadar Air Bebas (kg/m<sup>3</sup>)**

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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air bebas} &= \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \\
 &= \frac{2}{3} 195 + \frac{1}{3} 225 \\
 &= 205 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

i. Kadar semen minimum

Kadar semen minimum ditentukan berdasarkan jenis pembetonan yang akan dilakukan seperti pada Tabel 4.7 berikut.

**Tabel 4.7 Hasil Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan fas Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus**

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum per-m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai fas maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		

Lanjutan Tabel 4.7

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum per-m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai fas maksimum
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah		
a. mengalami pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		tabel 6

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

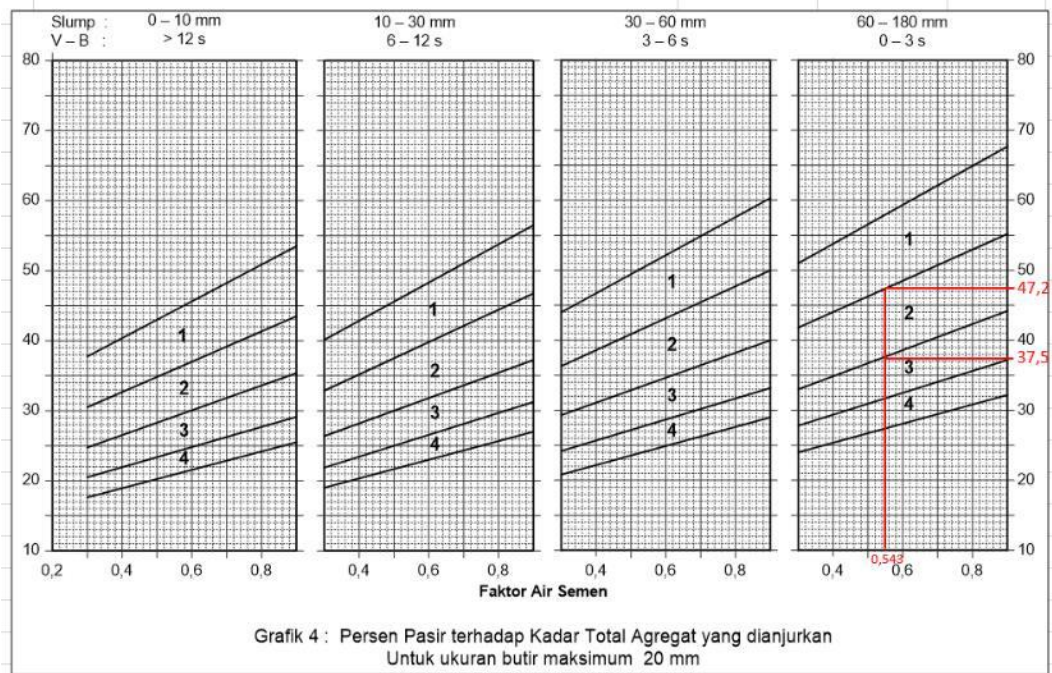
Beton yang direncanakan di luar ruangan dan tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung dari Tabel 4.7 mempunyai jumlah semen minimum per-m<sup>3</sup> sebesar 325 kg dan nilai faktor air semen maksimum sebesar 0,6. Maka berdasarkan persamaan di bawah, jumlah semen yang digunakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar semen} &= \text{jumlah kebutuhan air} / \text{faktor air semen} \\
 &= 205 / 0,543 \\
 &= 377,532 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

j. Persentase agregat halus dan kasar

Dengan mengacu pada slump 60-180 mm, faktor air semen 0,543 dan ukuran butir maksimum sebesar 20 mm serta agregat halus berada pada gradasi 2 maka persentase agregat halus terhadap agregat total sesuai pada Gambar 4.3 berikut.





**Gambar 4.3 Hasil Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm**

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Nilai persentase agregat didapatkan dengan cara menarik garis vertikal pada nilai faktor air semen yang ditentukan yaitu sebesar 0,543 hingga menyentuh garis batas atas dan batas bawah untuk agregat gradasi 2. Setelah itu, dibuat garis horizontal hingga mendapatkan persentase agregat halus pada batas atas dan batas bawah. Persentase agregat halus yang didapat dari Gambar 4.3 yaitu 47,2% dan 37,5%. Nilai yang digunakan adalah nilai rata-rata yaitu 42,35%.

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai persentase agregat kasar} &= 100\% - \text{persentase agregat halus} \\
 &= 100\% - 42,35\% \\
 &= 57,65\%
 \end{aligned}$$

k. Berat jenis agregat gabungan

$$\text{Berat jenis agregat halus (} b_{\text{ag-halus}} \text{)} = 2,545$$

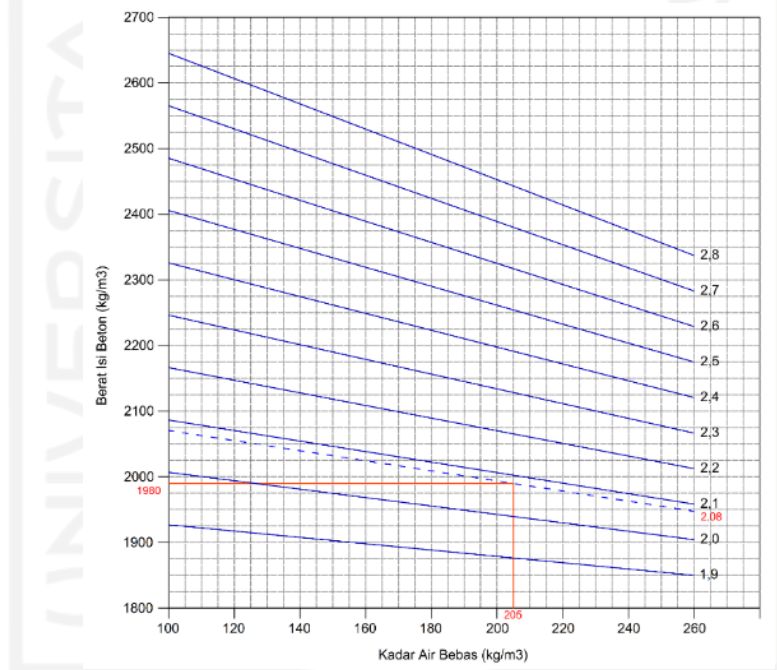
$$\text{Berat jenis agregat kasar (} b_{\text{ag-kasar}} \text{)} = 1,738$$

$$\text{Berat jenis agregat gabungan (} b_{\text{ag-gab}} \text{)} = \frac{P}{100} \cdot b_{\text{ag-halus}} + \frac{K}{100} \cdot b_{\text{ag-kasar}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{42,35}{100} \cdot 2,545 + \frac{57,65}{100} \cdot 1,738 \\
 &= 2,080
 \end{aligned}$$

#### l. Berat isi beton

Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.4 dengan kadar air bebas 205 kg/m<sup>3</sup> dan berat jenis relatif agregat sebesar 2,080. Karena grafik pada SNI-03-2834-2000 tidak terdapat berat jenis 2,080 maka grafik tersebut saya perpanjang menjadi sebagai berikut.



**Gambar 4.4 Hasil Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan**

Berdasarkan Gambar 4.4 berat isi beton basah didapatkan dengan cara membuat garis berdasarkan data kadar air bebas dan berat jenis agregat sebesar 1980 kg/m<sup>3</sup>.

#### m. Proporsi agregat gabungan

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat gabungan} &= \text{berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kebutuhan air} \\
 &= 1980 - 377,532 - 205 \\
 &= 1397,468 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

## n. Proporsi agregat halus

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat halus} &= \% \text{ agregat halus} \times \text{agregat gabungan} \\
 &= 42,35\% \times 1397,468 \\
 &= 591,828 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

## o. Proporsi agregat kasar

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat kasar} &= \% \text{ agregat kasar} \times \text{agregat gabungan} \\
 &= 57,65\% \times 1397,468 \\
 &= 805,640 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

p. Proporsi campuran (setiap 1 m<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Semen} &= 377,532 \text{ kg} \\
 2) \text{ Air} &= 205 \text{ kg} \\
 3) \text{ Agregat halus} &= 591,828 \text{ kg} \\
 4) \text{ Agregat kasar} &= 805,640 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

q. Proporsi campuran dengan angka penyusutan dalam penelitian ini digunakan sebesar 25%, maka didapatkan susunan campuran proporsi untuk setiap 1 m<sup>3</sup> sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Semen} &= 377,532 \text{ kg} \times 1,25 \\
 &= 471,915 \text{ kg} \\
 2) \text{ Air} &= 205 \text{ kg} \times 1,25 \\
 &= 256,250 \text{ kg} \\
 3) \text{ Agregat halus} &= 591,828 \text{ kg} \times 1,25 \\
 &= 739,785 \text{ kg} \\
 4) \text{ Agregat kasar} &= 805,640 \text{ kg} \times 1,25 \\
 &= 1007,050 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- r. Proporsi campuran setiap varian, pada penelitian ini digunakan benda uji silinder sebanyak 10 buah untuk setiap varian.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 10 silinder (D=0,15 m; t=0,30 m)} &= 10 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= 10 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,30 \\
 &= 0,05301 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Berat masing-masing bahan dalam setiap variasi (10 silinder)

- 1) Semen  $= \text{Volume untuk setiap } 1 \text{ m}^3 \times \text{volume benda uji}$   
 $= 471,915 \times 0,05301$   
 $= 25,018 \text{ kg}$
- 2) Air  $= \text{Volume untuk setiap } 1 \text{ m}^3 \times \text{volume benda uji}$   
 $= 256,250 \times 0,05301$   
 $= 13,585 \text{ kg}$
- 3) Agregat halus  $= \text{Volume untuk setiap } 1 \text{ m}^3 \times \text{volume benda uji}$   
 $= 739,785 \times 0,05301$   
 $= 39,219 \text{ kg}$
- 4) Agregat kasar  $= \text{Volume untuk setiap } 1 \text{ m}^3 \times \text{volume benda uji}$   
 $= 1007,050 \times 0,05301$   
 $= 53,388 \text{ kg}$

- s. Hasil rekapitulasi perhitungan perencanaan campuran beton (*mix design*) dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini.

**Tabel 4.8 Rekapitulasi Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)**

Formulir Rencana Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> )					
SNI-03-2834-2000					
No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan	
1	Kuat Tekan Beton yang Disyaratkan	20	MPa	ditetapkan	
2	Deviasi Standar (s)	-	MPa		
3	Nilai Tambah/Margin(M)	12	MPa		
4	Kuat Tekan Beton Rata-rata yang Ditargetkan	32	MPa	(1)+(3)	
5	Jenis Semen	Type 1		ditetapkan	
6	Jenis Agregat Halus	Alami		ditetapkan	
	Jenis Agregat Kasar	batu pecah		ditetapkan	
7	Faktor Air Semen Bebas	0,543		tabel 2 dan grafik 1 dan 2	
	Faktor Air Semen Maksimum	0,6			
8	Faktor Air Semen Digunakan	0,543			
9	Slump	100	mm	ditetapkan	
10	Ukuran Agregat Maksimum	20	mm	ditetapkan	
11	Kadar Air Bebas	205		tabel 3	
12	Kadar Semen	377,532	kg/m <sup>3</sup>	(11):(8)	
13	Kadar Semen Maksimum	-			
14	Kadar Semen Minimum	325		tabel 4	
15	Kadar Semen Digunakan	377,532	kg/m <sup>3</sup>		
16	Faktor Air Semen Disesuaikan	-			
17	Susunan Besar Butir Agregat Halus	Daerah II		Daerah gradasi	
18	Berat Jenis Agregat Halus	2,545			
	Berat Jenis Agregat Kasar	1,738			
19	Persen Agregat Halus	42,35	%	grafik 13 / 14 / 15	
20	Berat Jenis Relatif Agregat (Gabungan) SSD	2,080			
21	Berat Isi Beton	1980	kg/m <sup>3</sup>	grafik 16	
22	Kadar Agregat Gabungan	1397,468	kg/m <sup>3</sup>	(21)-(15)-(11)	
23	Kadar Agregat Halus	591,828	kg/m <sup>3</sup>	(19)*(22)	
24	Kadar Agregat Kasar	805,640	kg/m <sup>3</sup>	(22)-(23)	
25	Proporsi Campuran Teoritis (Agregat Kondisi SSD)				
	* Setiap m <sup>3</sup>	377,532	205,000	591,828	805,640
	* Setiap Campuran Uji (10 benda uji) : 0,05301 m <sup>3</sup>	20,015	10,868	31,375	42,711
26	Proporsi Campuran dengan Angka Penyusutan (25%)				
	* Setiap m <sup>3</sup>	471,915	256,250	739,785	1007,050
	* Setiap Campuran Uji (10 benda uji) : 0,05301 m <sup>3</sup>	25,018	13,585	39,219	53,388
	Perbandingan	1	0,543	1,568	2,134

Hasil perencanaan campuran beton secara lengkap untuk masing-masing material dapat dilihat pada Tabel 5.18.

#### 4. Kuat tekan beton

Pengolahan data untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton dilakukan menggunakan Persamaan 3.24. Data benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

**Tabel 4.9 Data Benda Uji Kuat Tekan Beton**

Kode Benda Uji		Berat	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum
		(kg)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N)
BA-0	1	10,383	149,417	301,650	17534,2813	230000
	2	10,301	149,750	300,833	17612,6029	235000
	3	10,401	150,933	301,983	17892,0543	200000
	4	10,289	149,900	300,217	17647,9046	177000
	5	10,159	149,233	300,900	17491,2787	213000
BA-0,4	1	10,303	150,817	300,467	17864,4050	180000
	2	10,456	149,667	304,550	17593,0061	219000
	3	10,433	149,883	302,400	17643,9804	260000
	4	10,485	150,600	300,150	17813,1131	227000
	5	10,426	150,917	301,533	17888,1031	262000
BA-0,5	1	10,384	149,767	300,217	17616,5236	203000
	2	10,255	150,617	300,933	17817,0560	245000
	3	10,429	150,967	301,200	17899,9581	251000
	4	10,503	150,133	301,633	17702,8886	245000
	5	10,354	150,050	302,400	17683,2416	230000
BA-0,6	1	10,348	150,750	299,700	17848,6150	210000
	2	10,307	149,717	300,267	17604,7629	191000
	3	10,092	150,000	297,367	17671,4587	223000
	4	10,248	150,317	301,900	17746,1503	242000
	5	10,154	149,000	299,350	17436,6246	245000
BA-0,7	1	10,529	151,333	303,317	17987,0142	236000
	2	10,486	151,183	302,600	17951,3748	225000
	3	10,565	150,850	300,483	17872,3027	214000
	4	10,658	150,583	304,550	17809,1706	207000
	5	10,334	150,550	298,767	17801,2870	200000

Contoh perhitungan kuat tekan beton pada beton BA-0,5 sampel 1 dapat dilihat di bawah ini.

Berat silinder = 10,384 kg

Diameter = 149,77 mm

Tinggi = 300,22 mm

Beban maksimum = 203000 N

Luas penampang =  $0,25 \times \pi \times D^2$

$$= 0,25 \times \pi \times 149,767^2$$

$$= 17616,524 \text{ mm}^2$$

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{berat} \times 10^9}{\text{luas penampang} \times \text{tinggi}}$$

$$= \frac{10,384 \times 10^9}{17616,524 \times 30,022}$$

$$= 1963,404 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kuat tekan} = \frac{\text{Beban maksimum}}{\text{luas penampang}}$$

$$= \frac{203000}{17616,524}$$

$$= 11,523 \text{ MPa}$$

Kuat tekan rata-rata beton BA-0 = 12,930 MPa

Kuat tekan rata-rata beton BA-0,5 = 13,229 MPa

$$\text{Persentase kuat tekan} = \frac{\text{Kuat tekan rerata BA-0,5} - \text{Kuat tekan rerata BA-0}}{\text{Kuat tekan rerata BA-0}}$$

$$= \frac{13,228 - 12,930}{12,930}$$

$$= 10,523 \%$$

Hasil pengujian kuat tekan beton secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.20.

##### 5. Kuat tarik belah beton

Pengolahan data untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah beton dilakukan menggunakan Persamaan 3.25. Data benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Data Benda Uji Kuat Tarik Belah Beton

Kode Benda Uji		Berat	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum
		(kg)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N)
BA-0	6	10,291	149,817	300,600	17628,288	71000
	7	10,422	150,400	303,967	17765,832	60000
	8	10,512	151,217	303,167	17959,292	65000
	9	10,401	151,200	302,633	17955,333	54000
	10	10,494	150,300	302,733	17742,215	55000
BA-0,4	6	10,231	150,333	301,300	17750,086	65000
	7	10,340	150,550	302,417	17801,287	73000
	8	10,205	149,783	300,483	17620,445	63000
	9	10,152	148,900	300,133	17413,228	60000
	10	10,324	149,400	299,883	17530,370	55000
BA-0,5	6	10,104	151,400	301,650	18002,865	56000
	7	10,489	150,917	302,400	17888,103	72000
	8	10,371	148,733	301,267	17374,268	65000
	9	10,349	149,400	299,050	17530,370	69000
	10	10,526	150,417	301,417	17769,770	83000
BA-0,6	6	10,370	150,000	301,000	17671,459	78000
	7	10,682	150,550	303,733	17801,287	64000
	8	10,285	148,567	303,117	17335,351	72000
	9	10,378	150,350	300,317	17754,022	74000
	10	10,395	150,450	300,667	17777,646	63000
BA-0,7	6	10,163	150,433	302,683	17773,708	102000
	7	10,670	150,317	301,783	17746,150	65000
	8	10,564	149,950	302,400	17659,680	73000
	9	10,371	150,417	302,250	17769,770	73000
	10	10,502	149,367	300,350	17522,548	74000

Contoh perhitungan kuat tarik belah beton pada beton BA-0,5 sampel 1 dapat dilihat di bawah ini.

Berat silinder = 10,104 kg

Diameter = 151,40 mm

Tinggi = 301,65 mm

Beban maksimum = 56000 N

Luas penampang =  $0,25 \times \pi \times D^2$

=  $0,25 \times \pi \times 151,40^2$



$$= 18002,865 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Berat volume} &= \frac{\text{berat} \times 10^9}{\text{luas penampang} \times \text{tinggi}} \\ &= \frac{10,104 \times 10^9}{18002,865 \times 301,65} \\ &= 1860,580 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan} &= \frac{2 \times \text{Beban maksimum}}{\pi \times L \times D} \\ &= \frac{2 \times 56000}{\pi \times 301,65 \times 151,40} \\ &= 0,781 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{Kuat tarik rata-rata beton BA-0} = 0,853 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tarik rata-rata beton BA-0,5} = 0,971 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase kuat tekan} &= \frac{\text{Kuat tarik rerata BA-0,5} - \text{Kuat tarik rerata BA-0}}{\text{Kuat tarik rerata BA-0}} \\ &= \frac{0,971 - 0,853}{0,971} \\ &= 13,946 \% \end{aligned}$$

Hasil pengujian kuat tarik belah beton secara lengkap pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.22.

#### 6. Modulus elastisitas beton

Contoh pengolahan data pengujian modulus elastisitas beton pada beton varian BA-0,5 silinder 2 menghasilkan data yang dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut.

$$\text{Beban} = 10000\text{N}$$

$$\text{Lo} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Luas penampang} = 17817,056 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pembacaan dial} = 11 \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} \Delta L \text{ sebenarnya} &= \frac{1}{2} \times \Delta L \\ &= \frac{1}{2} \times 11 \times 10^{-3} \\ &= 0,0055 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Regangan} &= \frac{\Delta L}{L_0} \\
 &= \frac{0,0055}{200} \\
 &= 0,0000275 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{10000}{17817,056} \\
 &= 0,5613 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

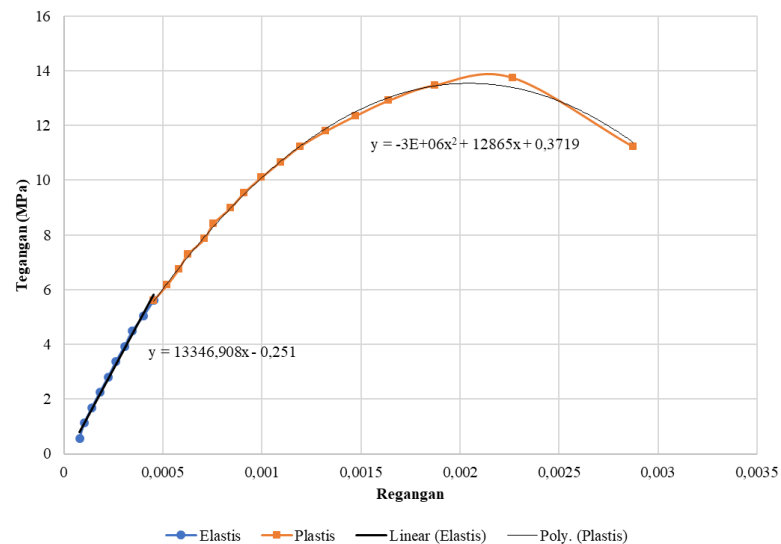
**Tabel 4.11 Regangan dan Tegangan Sampel BA-0,5 Silinder 2**

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya ((1/2)* $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	11	0,0055	0,0000275	0,5613
20	20000	21	0,0105	0,0000525	1,1225
30	30000	36	0,018	0,00009	1,6838
40	40000	52	0,026	0,00013	2,2450
50	50000	69	0,0345	0,0001725	2,8063
60	60000	84,4	0,0422	0,000211	3,3676
70	70000	101,9	0,05095	0,00025475	3,9288
80	80000	117,9	0,05895	0,00029475	4,4901
90	90000	140,4	0,0702	0,000351	5,0513
100	100000	160,9	0,08045	0,00040225	5,6126
110	110000	188,4	0,0942	0,000471	6,1739
120	120000	211,4	0,1057	0,0005285	6,7351
130	130000	230,4	0,1152	0,000576	7,2964
140	140000	263,8	0,1319	0,0006595	7,8576
150	150000	281,8	0,1409	0,0007045	8,4189
160	160000	316,3	0,15815	0,00079075	8,9802
170	170000	343,8	0,1719	0,0008595	9,5414
180	180000	378,8	0,1894	0,000947	10,1027
190	190000	417,2	0,2086	0,001043	10,6639
200	200000	456,2	0,2281	0,0011405	11,2252
210	210000	508,2	0,2541	0,0012705	11,7865
220	220000	568,7	0,28435	0,00142175	12,3477

Lanjutan Tabel 4.11

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya ((1/2)* $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
230	230000	635,6	0,3178	0,001589	12,9090
240	240000	728,6	0,3643	0,0018215	13,4702
245	245000	885,5	0,44275	0,00221375	13,7509
200	200000	1129,8	0,5649	0,0028245	11,2252

Berdasarkan Tabel 4.11 dari nilai regangan dan tegangan dapat dicari nilai modulus elastisitas beton dari sebuah grafik yang dibuat dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Excel* yang grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.5. Grafik tersebut dibuat menggunakan batas daerah 40% kuat tekan maksimumnya untuk daerah elastis dengan persamaan regresi linier dan persamaan regresi polinomial pangkat 2 untuk daerah plastis.



Gambar 4.5 Tegangan-Regangan Varian BA-0,5 Silinder 2

Berdasarkan data yang diperoleh dari persamaan regresi linier untuk daerah elastis dan persamaan regresi polynomial pangkat 2 untuk daerah plastis pada Gambar 4.5 dilakukan koreksi sehingga didapatkan nilai untuk menghitung nilai modulus elastisitas beton menurut Persamaan 3.26 pada SNI 03-4169-1996 sebagai berikut.

$$S_1 = 0,41635 \text{ MPa}$$

$$S_2 = 5,80516 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_1 = 0,00005$$

$$\varepsilon_2 = 0,00045$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastisitas } (E_c) &= \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \\ &= \frac{5,80516 - 0,41635}{0,00045 - 0,00005} \\ &= 13346,908 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Nilai modulus elastisitas beton varian BA-0,5 silinder 2 berdasarkan rumus pendekatan empiris dari SNI-2847-2019 untuk beton dengan berat volume di antara 1400-2560 kg/m<sup>3</sup> dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Berat volume } (W_c) = 1912,623 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kuat tekan } (f_c') = 13,751 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastisitas teoritis } (E_c) &= w_c^{1,5} \times 0,043 \times \sqrt{f_c'} \\ &= 1912,623^{1,5} \times 0,043 \times \sqrt{13,751} \\ &= 13337,599 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{Modulus elastisitas uji rerata BA-0} = 7625,253 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulus elastisitas uji rerata BA-0,5} = 11752,027 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase modulus elastisitas} &= \frac{\text{Modulus rerata BA-0,5} - \text{Modulus rerata BA-0}}{\text{Modulus rerata BA-0}} \\ &= \frac{11752,027 - 762,253}{762,253} \\ &= 54,12 \% \end{aligned}$$

Hasil modulus elastisitas beton secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.23.

## **BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **5.1 Umum**

Pada bab ini akan dijabarkan hasil penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi. Pengujian yang dilakukan peneliti pada penelitian ini meliputi pengujian bahan penyusun beton, perencanaan campuran beton, dan pengujian kekuatan beton. Pengujian bahan penyusun beton dilakukan guna untuk mengetahui karakteristik bahan yang digunakan dalam penelitian ini. Pengujian kekuatan beton dilakukan guna untuk mendapatkan beban hancur beton yang telah dibuat.

### **5.2 Pengujian Agregat Halus**

Pengujian agregat halus ini dilakukan guna mengetahui karakteristik agregat halus yang digunakan pada penelitian ini. Jenis agregat halus yang dipakai yaitu agregat halus yang berasal dari Merapi. Pengujian agregat halus yang dilakukan meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, kadar lumpur, analisis saringan/modulus halus butir agregat halus serasat berat volume gembur dan padat.

#### **5.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air**

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 03-1970-2008. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

**Tabel 5.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus**

<b>Uraian</b>	<b>Hasil Pengamatan</b>		
	<b>Sampel 1</b>	<b>Sampel 2</b>	<b>Rata-Rata</b>
Berat pasir mutlak, gram (Bk)	476	479	477,5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1140	1143	1141,5
Berat piknometer berisi air, gram (B)	839	837	838

Lanjutan Tabel 5.1

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat jenis curah ( $B_k/(B+500-B_t)$ )	2,392	2,469	2,431
Berat jenis kering muka ( $500/(B+500-B_t)$ )	2,513	2,577	2,545
Berat jenis semu ( $B_k/(B+B_k-B_t)$ )	2,720	2,769	2,744
Penyerapan air ( $(500-B_k)/(B_k \times 100\%)$ )	5,042%	4,384%	4,713%

Berdasarkan Tabel 5.1 menunjukkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus, yaitu diperoleh hasil berat jenis curah rata-rata sebesar 2,431, berat jenis kering muka sebesar 2,545, berat jenis semu sebesar 2,744, dan penyerapan air sebesar 4,713%. Hal ini menyatakan bahwa agregat halus yang digunakan termasuk agregat normal karena nilai berat jenis kering muka masih di dalam batas yang diizinkan yaitu antara 2,5-2,7 (Tjokrodinuljo, 2021).

#### 5.2.2 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan menggunakan metode dari SNI 03-4142-1996. Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Kadar Lumpur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	491	491	491
Persentase yang lolos ayakan No.200	1,8	1,8	1,8

Berdasarkan Tabel 5.2 hasil pengujian kadar lumpur agregat halus didapatkan kadar lumpur pada agregat halus yang berasal dari Merapi sebesar 1,8%. Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 dalam Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi menyatakan bahwa agregat halus yang diperbolehkan untuk bahan penyusun beton harus memiliki kandungan lumpur kurang dari 5%. Kandungan lumpur yang tinggi pada suatu agregat halus dapat mempengaruhi

kekuatan beton dikarenakan ikatan pasta semen dan agregat halus diisi oleh lumpur yang terkandung pada agregat.

### 5.2.3 Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus

Pengujian analisis saringan agregat halus dilakukan untuk mengetahui nilai modulus halus butir (MHB) agregat berdasarkan SNI 03-1968-1990. Hasil pengujian analisis saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 berikut ini.

**Tabel 5.3 Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 1**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
20	0	0,000	0,000	100,000
10	0	0,000	0,000	100,000
4,8	4	0,200	0,200	99,800
2,4	85	4,256	4,457	95,543
1,2	274	13,721	18,177	81,823
0,6	562	28,142	46,319	53,681
0,3	571	28,593	74,912	25,088
0,15	340	17,026	91,938	8,062
Pan	161	8,062		
<b>Jumlah</b>	1997	100,000	236,004	

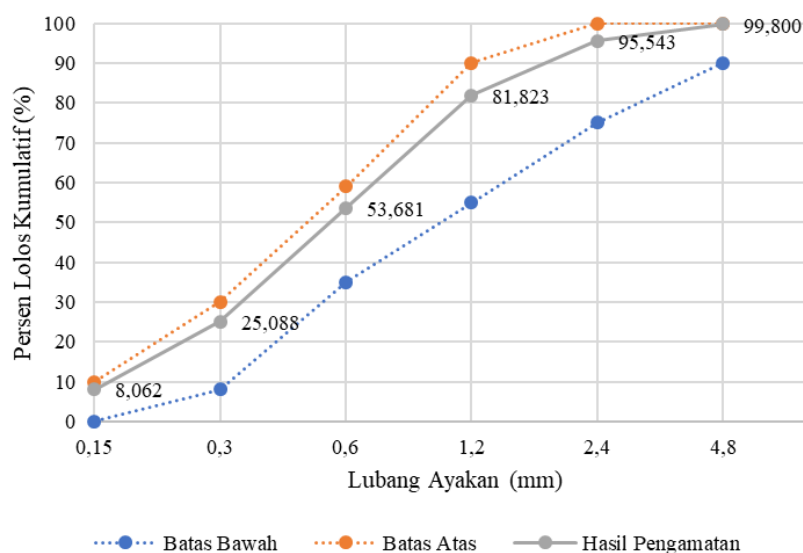
**Tabel 5.4 Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 2**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
20		0,000	0,000	100,000
10		0,000	0,000	100,000
4,8	1	0,050	0,050	99,950
2,4	87	4,352	4,402	95,598
1,2	332	16,608	21,011	78,989
0,6	558	27,914	48,924	51,076
0,3	526	26,313	75,238	24,762
0,15	366	18,309	93,547	6,453
Pan	129	6,453		
<b>Jumlah</b>	1999	100,000	243,172	

Nilai Modulus Halus Butiran (MHB) rata-rata diperoleh sebesar 2,396 dan masuk dalam persyaratan yang ditetapkan yaitu 1,5-3,8 (SK SNI S-04-1989-F). Hasil pengujian analisis saringan agregat halus juga menunjukkan bahwa agregat halus yang berasal dari Merapi masuk dalam gradasi daerah II yaitu jenis pasir agak kasar. Spesifikasi gradasi daerah II dan grafik gradasi agregat halus yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.5, Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 berikut ini.

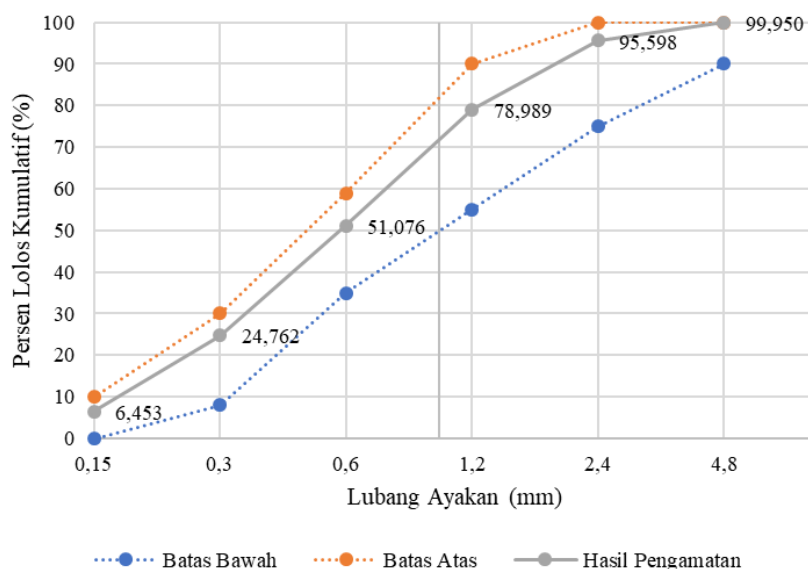
**Tabel 5.5 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus Daerah II**

Lubang Ayakan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif			
	Batas Atas	Hasil Sampel 1	Hasil Sampel 2	Batas Bawah
4,8	100	99,800	99,950	90
2,4	100	95,543	95,598	75
1,2	90	81,823	78,989	55
0,6	59	53,681	51,076	35
0,3	30	25,088	24,762	8
0,15	10	8,062	6,453	0



**Gambar 5.1 Gradasi Agregat Halus Sampel 1**





**Gambar 5.2 Gradasi Agregat Halus Sampel 2**

#### 5.2.4 Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Halus

Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus Merapi dilaksanakan berdasarkan metode SNI 03-4804-1998. Hasil pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus Merapi dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 berikut ini.

**Tabel 5.6 Berat Volume Gembur Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Berat tabung (W1)	10974	gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	17459	gram
Berat agregat (W3)	6485	gram
Volume tabung (V)	5301,4376	cm <sup>3</sup>
Berat volume gembur (W3/V)	1,2233	gram/cm <sup>3</sup>

**Tabel 5.7 Berat Volume Padat Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Berat tabung (W1)	10974	gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	19025	gram
Berat agregat (W3)	8051	gram
Volume tabung (V)	5301,4376	cm <sup>3</sup>
Berat volume padat (W3/V)	1,5186	gram/cm <sup>3</sup>

Berdasarkan hasil analisis pengujian berat volume gembur dan berat volume padat diperoleh masing-masing sebesar 1,2233 gram/cm<sup>3</sup> dan 1,5186 gram/cm<sup>3</sup>. Berat volume gembur memiliki nilai yang lebih kecil dari berat volume padat karena dalam pengujian berat volume padat, agregat dimasukkan ke dalam tabung dan dilakukan penumbukan setiap 1/3 bagian tabung sebanyak 25 kali. Penumbukan tersebut berfungsi untuk mengurangi rongga-rongga udara pada agregat tersebut sehingga nilai berat volume padat lebih besar dari berat volume gembur. Berat volume padat pada agregat normal berkisar 1,5-1,8 sehingga berat volume padat agregat halus Merapi yang digunakan telah memenuhi persyaratan yang ada.

### 5.3 Pengujian Agregat Kasar Breksi Batu Apung

Pengujian agregat kasar ini dilakukan guna mengetahui karakteristik agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini. Jenis agregat kasar yang dipakai yaitu agregat kasar yang berasal breksi batu apung formasi Semilir. Pengujian agregat kasar yang dilakukan meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, analisis saringan/modulus halus butir agregat kasar, *coredrill*, abrasi agregat kasar breksi batu apung serta berat volume gembur dan padat.

#### 5.3.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar breksi batu apung dilakukan berdasarkan SNI 03-1969-2008. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

**Tabel 5.8 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	3791	3812	3801,5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	2133	2112	2122,5
Berat jenis curah (Bk/(Bj-Ba))	1,322	1,320	1,321
Berat jenis kering muka (Bj/(Bj-Ba))	1,744	1,731	1,738
Berat jenis semu (Bk/(Bk-Ba))	2,286	2,242	2,264
Penyerapan air ((Bj-Bk)/(Bk x 100%))	31,891	31,165	31,528

Berdasarkan Tabel 5.8 di atas menunjukkan bahwa agregat yang terbuat dari breksi batu apung formasi Semilir ini memiliki berat jenis SSD sebesar 1,738. Menurut Tjokrodinuljo (2021), agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 sehingga agregat breksi batu apung formasi Semilir dapat dikatakan sebagai agregat ringan karena memiliki berat jenis sebesar 1,738.

### 5.3.2 Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Breksi Batu Apung

Pengujian analisis saringan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui nilai modulus halus butir (MHB) agregat yang dilakukan berdasarkan SNI 03-1968-1990. Hasil pengujian analisis saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 berikut ini.

**Tabel 5.9 Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 1**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,000	0,000	100,000
20	101	2,021	2,021	97,979
10	3642	72,869	74,890	25,110
4,8	1024	20,488	95,378	4,622
2,4	0	0,000	95,378	
1,2	0	0,000	95,378	
0,6	0	0,000	95,378	
0,3	0	0,000	95,378	
0,15	0	0,000	95,378	
Pan	231	4,622		
<b>Jumlah</b>	4998	100,000	649,180	

**Tabel 5.10 Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 2**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,000	0,000	100,000
20	184	3,682	3,682	96,318
10	3564	71,323	75,005	24,995
4,8	1065	21,313	96,318	3,682
2,4	0,000	0,000	96,318	
1,2	0,000	0,000	96,318	
0,6	0,000	0,000	96,318	

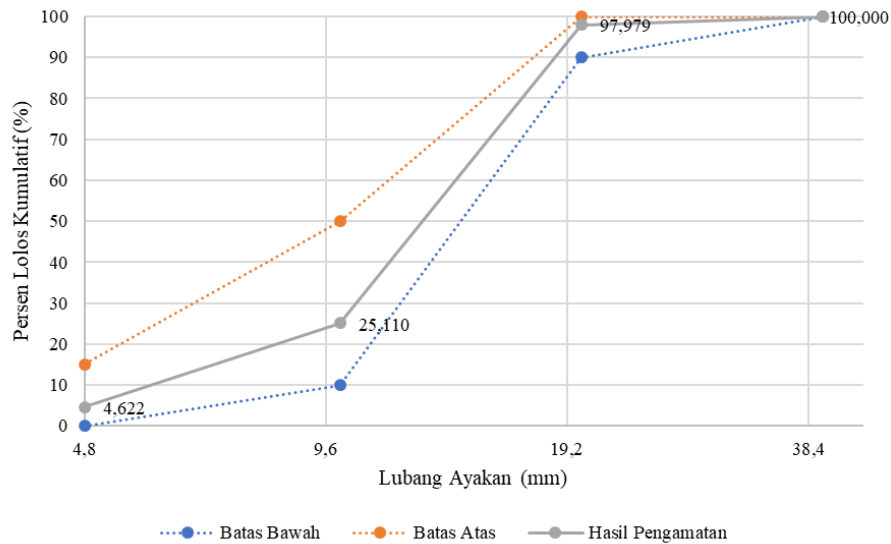
Lanjutan Tabel 5.10

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
0,3	0,000	0,000	96,318	
0,15	0,000	0,000	96,318	
Pan	184	3,682		
<b>Jumlah</b>	4997	100,000	656,594	

Nilai MHB agregat kasar breksi batu apung rata-rata diperoleh sebesar 6,529 dan masuk dalam persyaratan yang ditetapkan yaitu 5-8 (SK SNI S-04-1989-F). Agregat kasar yang digunakan yaitu dengan besar butir maksimum 20 mm. Hasil pengujian analisis saringan agregat juga menunjukkan bahwa agregat kasar breksi batu apung formasi Semilir masuk dalam agregat gradasi 20 mm. Spesifikasi gradasi besar butir maksimum 20 mm dan grafik gradasi agregat kasar yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.11, Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 berikut ini.

**Tabel 5.11 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar dengan Besar Butir Maksimum 20 mm**

Lubang Ayakan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif			
	Batas Atas	Hasil Sampel 1	Hasil Sampel 2	Batas Bawah
40	100	100	100	100
20	100	97,979	96,318	90
10	50	25,110	24,995	10
4,8	15	4,622	3,682	0



**Gambar 5.3 Gradasi Agregat Kasar Sampel 1**



**Gambar 5.4 Gradasi Agregat Kasar Sampel 2**

### 5.3.3 Pengujian Kuat Tekan Batuan Breksi Batu Apung Formasi Semilir

Pengujian kuat tekan breksi batu apung formasi Semilir dilakukan berdasarkan SNI 2825-2008 untuk mengetahui kekuatan breksi batu apung yang akan digunakan sebagai agregat kasar dalam penelitian ini. Pengujian kuat tekan diawali dengan membuat benda uji silinder berukuran diameter 5 cm dan tinggi 10 cm dengan cara *dicore drill*. Benda uji tersebut kemudian didiamkan selama 5-6

hari dalam suhu ruangan sebelum dilakukan pengujian. Setelah didiamkan, kemudian benda uji dilakukan pengujian dengan mesin kompresi dan dianalisis untuk mendapatkan nilai kuat tekan batuan.

Data benda uji dan hasil pengujian kuat tekan batuan breksi batu apung formasi Semilir dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini.

**Tabel 5.12 Kuat Tekan Batuan Breksi Batu Apung**

Benda Uji	Beban Maksimum		Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (kN/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Koreksi	
	(kgf)	(kN)			(kN/cm <sup>2</sup> )	(MPa)
<b>1-BBA</b>	1800	17,6520	19,7661	0,8930	0,8936	8,9362
<b>2-BBA</b>	1150	11,2776	19,7923	0,5698	0,5692	5,6917
<b>3-BBA</b>	1320	12,9448	19,7267	0,6562	0,6562	6,5617
<b>4-BBA</b>	1260	12,3564	19,8450	0,6226	0,6221	6,2210
<b>5-BBA</b>	2000	19,6133	19,9609	0,9826	0,9831	9,8313
Rata-Rata						7,4484

Berdasarkan Tabel 5.12 batuan breksi batu apung formasi Semilir memiliki kekuatan rata-rata sebesar 7,4484 MPa dimana nilai tersebut di bawah dari agregat normal. Menurut Riyadi dan Amalia (2005), suatu agregat normal mempunyai kuat tekan batuan sebesar 15 MPa – 40 MPa.

#### 5.3.4 Pengujian Abrasi Agregat Kasar Breksi Batu Apung

Pengujian abrasi dilakukan berdasarkan SNI 2417-2008 guna mengetahui angka keausan agregat breksi batu apung formasi Semilir yang akan digunakan pada penelitian ini. Pengujian abrasi dilakukan menggunakan mesin abrasi Los Angeles dengan gradasi tertentu. Daftar gradasi dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 berikut ini.

**Tabel 5.13 Daftar Gradasi dan Berat Benda Uji Abrasi**

Ukuran saringan				Gradasi dan berat benda uji ( gram)						
Lolos saringan		Tertahan saringan		A	B	C	D	E	F	G
mm	inci	mm	inci							
75	3,0	63	2 1/2	-	-	-	-	2500±50	-	-
63	2 1/2	50	2,0	-	-	-	-	2500 ± 50	-	-
50	2,0	37,5	1 1/2	-	-	-	-	5000 ± 50	5000 ± 50	-
37,5	1 1/2	25	1	1250±25	-	-	---	-	5000 ± 25	5000 ± 25
25	1	19	3/4	1250±25	-	-	-	-	-	5000 ± 25
19	3/4	12,5	1/2	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
12,5	1/2	9,5	3/8	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
9,5	3/8	6,3	¼	-	-	2500±10	-	-	-	-
6,3	1/4	4,75	No.4	-	-	2500±10	2500±10	-	-	-
4,75	No. 4	2,36	No. 8	-	-	-	2500±10	-	-	-
Total				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±10	10000±10	10000±10
Jumlah bola				12	11	8	6	12	12	12
Berat bola (gram)				5000±25	4584±25	3330±20	2500±15	5000±25	5000±25	5000±25

(Sumber: SNI 2417-2008)

**Tabel 5.14 Abrasi Agregat Breksi Batu Apung**

Ukuran Saringan				Jumlah Putaran = 500 Putaran	
Lolos Saringan		Tertahan Saringan		Sampel 1	Sampel 2
mm	inci	mm	inci	gram	gram
75	3	63	2 1/2		
63	2 1/2	50	2		
50	2	37,5	1 1/2		
37,5	1 1/2	25	1		
25	1	19	3/4		
19	3/4	12,5	1/2	2500	2500
12,5	1/2	9,5	3/8	2500	2500
9,5	3/8	6,3	1/4		
6,3	1/4	4,75	No. 4		
4,75	No. 4	2,36	No. 8		
Jumlah berat (A)				5000	5000
Berat tertahan saringan No. 12 sesudah percobaan (B)				2300	2386
Keausan [(A-B)/A] × 100				54	52,28
Keausan Rata-Rata (%)				53,14	

Berdasarkan Tabel 5.14 menunjukkan bahwa nilai keausan rata-rata agregat breksi batu apung sebesar 53,14%. Nilai tersebut masih belum memenuhi syarat abrasi maksimum berdasarkan SII.0052-08 untuk beton kelas I yaitu 50%. Jika dibandingkan dengan abrasi agregat clereng yang memiliki nilai abrasi 18,69% yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.15, agregat breksi batu apung tergolong agregat yang memiliki kekuatan relatif rendah untuk campuran beton.

**Tabel 5.15 Abrasi Agregat Clereng**

Ukuran Saringan				Jumlah Putaran = 500 Putaran	
Lolos Saringan		Tertahan Saringan		Sampel 1	Sampel 2
mm	inci	mm	inci	gram	gram
75	3	63	2 1/2		
63	2 1/2	50	2		
50	2	37,5	1 1/2		
37,5	1 1/2	25	1		
25	1	19	3/4		
19	3/4	12,5	1/2	2500	2500
12,5	1/2	9,5	3/8	2500	2500
9,5	3/8	6,3	1/4		
6,3	1/4	4,75	No. 4		
4,75	No. 4	2,36	No. 8		
Jumlah berat (A)				5000	5000
Berat tertahan saringan No. 12 sesudah percobaan (B)				4065	4066
Keausan $[(A-B)/A] \times 100$				18,7	18,68
Keausan Rata-Rata (%)				18,69	

### 5.3.5 Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Kasar Breksi Batu Apung

Pelaksanaan pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat kasar breksi batu apung formasi Semilir dilaksanakan berdasarkan SNI 03-4804-1998. Hasil pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat breksi batu apung dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Tabel 5.17 berikut.

**Tabel 5.16 Berat Volume Gembur Agregat Kasar**

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Berat tabung (W1)	10974	gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	15145	gram
Berat agregat (W3)	4171	gram
Volume tabung (V)	5301,4376	cm <sup>3</sup>
Berat volume gembur (W3/V)	0,7868	gram/cm <sup>3</sup>

**Tabel 5.17 Berat Volume Padat Agregat Kasar**

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Berat tabung (W1)	10974	gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	15694	gram
Berat agregat (W3)	4720	gram
Volume tabung (V)	5301,4376	cm <sup>3</sup>
Berat volume padat (W3/V)	0,8903	gram/cm <sup>3</sup>



Berdasarkan hasil analisis pengujian berat volume agregat kasar breksi batu apung diperoleh berat volume gembur sebesar  $0,7868 \text{ gram/cm}^3$  dan berat volume padat sebesar  $0,8903 \text{ gram/cm}^3$ . Berat volume gembur memiliki nilai yang lebih kecil dari berat volume padat karena dalam pengujian berat volume padat, agregat dimasukkan ke dalam tabung dan dilakukan penumbukan setiap  $1/3$  bagian tabung sebanyak 25 kali. Penumbukan tersebut berfungsi untuk mengurangi rongga-rongga udara pada agregat. Berat volume gembur agregat breksi batu apung memenuhi persyaratan agregat ringan untuk beton struktural menurut SNI 03-2461-2014 yaitu kurang dari  $880 \text{ kg/m}^3$  dengan nilai sebesar  $0,7868 \text{ gram/cm}^3$  atau  $786,8 \text{ kg/m}^3$ .

#### 5.4 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton dilakukan untuk mengetahui proporsi campuran yang sesuai dengan kuat tekan beton rencana. Setiap campuran beton terdapat perbedaan pada variasi penambahan serat *polypropylene*. Variasi penambahan serat *polypropylene* yang digunakan pada penelitian ini yaitu  $0 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,4 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,5 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,6 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,7 \text{ kg/m}^3$  dari volume beton. Hasil rekapitulasi kebutuhan masing-masing material campuran beton dengan bahan tambah serat *polypropylene* dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini.

**Tabel 5.18 Rekapitulasi Kebutuhan Material Campuran Beton**

PROPORSI CAMPURAN YANG DIGUNAKAN							
Sampel Silinder	Volume	Variasi Serat	Agregat Halus	Agregat Kasar	Semen	Air	Polypropylene
(buah)	( $\text{m}^3$ )	( $\text{kg/m}^3$ )	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
10	0,05301	0	39,219	53,388	25,018	13,585	0
10	0,05301	0,4	39,219	53,388	25,018	13,585	0,0265
10	0,05301	0,5	39,219	53,388	25,018	13,585	0,0331
10	0,05301	0,6	39,219	53,388	25,018	13,585	0,0398
10	0,05301	0,7	39,219	53,388	25,018	13,585	0,0464
Jumlah			196,096	266,941	125,091	67,925	0,146

Berdasarkan Tabel 5.18 komposisi kebutuhan campuran beton ringan beragregat kasar breksi batu apung untuk masing-masing variasi memiliki komposisi pasir, kerikil, semen dan air yang sama yaitu dibuat 10 sampel silinder

dengan volume sebesar 0,05301 m<sup>3</sup>, agregat halus sebanyak 39,219 kg, agregat kasar sebanyak 53,388 kg, semen sebanyak 25,018 dan air sebanyak 13,585 kg. Perbedaan antara masing-masing variasi hanya terdapat pada komposisi serat *polypropylene* yang ditambahkan guna mengetahui pengaruh serat tersebut pada campuran beton ringan beragregat kasar breksi batu apung.

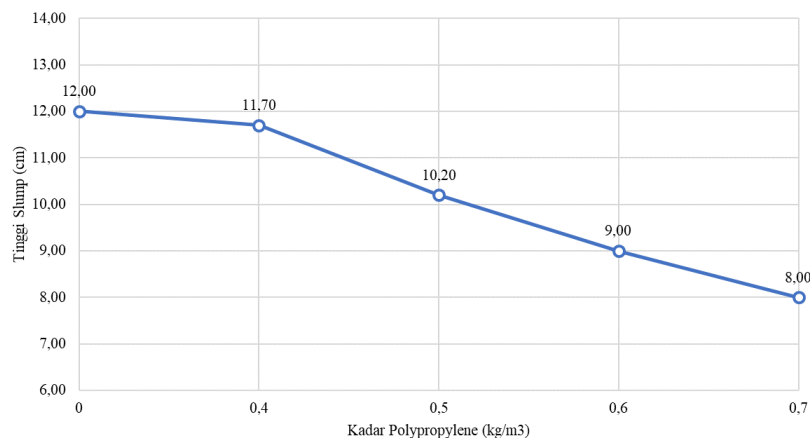
### 5.5 Hasil Pengujian *Slump*

*Slump* beton merupakan penurunan ketinggian pada permukaan atas beton yang diukur sesegera mungkin setelah cetakan pengujian *slump* diangkat. Pengujian *slump* dilakukan guna mengetahui tingkat kelecakan (*workability*) beton segar. Semakin tinggi nilai *slump* yang dihasilkan maka beton tersebut semakin encer dan mudah untuk dikerjakan, begitu juga sebaliknya. Syarat nilai *slump test* yang digunakan yaitu 10 cm ± 2 cm. Hasil pengujian nilai *slump* dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

**Tabel 5.19 Pengujian *Slump***

Kode Sampel	Komposisi Campuran		Tinggi Slump (cm)	Keterangan
	Breksi Batu Apung (%)	Serat <i>Polypropylene</i> (kg/m <sup>3</sup> )		
BA-0	100	0	12,00	Memenuhi
BA-0,4	100	0,4	11,70	Memenuhi
BA-0,5	100	0,5	10,20	Memenuhi
BA-0,6	100	0,6	9,00	Memenuhi
BA-0,7	100	0,7	8,00	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 5.19 diperoleh grafik hasil pengujian *slump* yang dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut ini.



**Gambar 5.5 Pengujian Nilai Slump**

Pada pencampuran adukan beton yang dilakukan, penambahan bahan tambah serat *polypropylene* tidak mengurangi komposisi campuran beton normal yang telah direncanakan. Hal tersebut bertujuan untuk melihat kondisi campuran beton segar akibat penambahan serat *polypropylene*. Berdasarkan Gambar 5.5 hasil pengujian *slump* seluruh variasi memiliki nilai *slump* yang memenuhi persyaratan yang ditentukan. Seiring dengan bertambahnya serat *polypropylene* yang ditambahkan pada campuran beton mengakibatkan nilai *slump* akan semakin menurun. Penurunan ini terjadi karena karakteristik dari serat *polypropylene* yang mengikat mortar penyusun campuran beton yang mengakibatkan campuran beton semakin kental dan mengurangi kemampuan alir serta kemampuan mengisi ruang sehingga tingkat kelecakan (*workability*) beton menjadi semakin kecil.

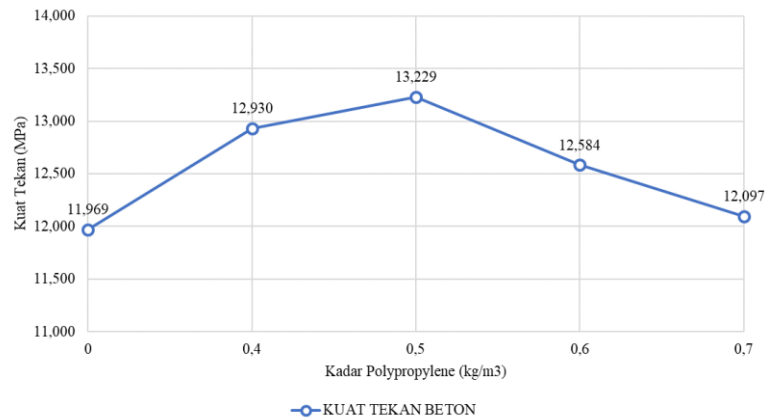
## 5.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah umur beton 28 hari. Benda uji yang dilakukan pengujian kuat tekan beton sebanyak 25 benda uji dengan masing-masing varian sebanyak 5 benda uji. Sebelum pengujian dilakukan, bagian permukaan atas benda uji dilakukan *capping* atau dilapisi dengan belerang terlebih dahulu agar permukaan bidang tekan menjadi rata. Data dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

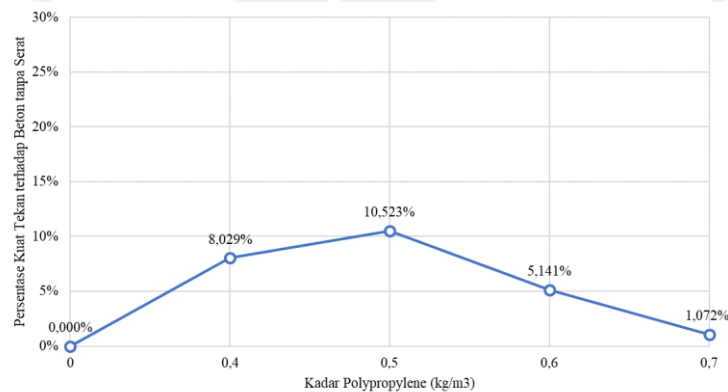
**Tabel 5.20 Pengujian Kuat Tekan Beton**

Kode Benda Uji		Berat Volume	Berat Volume Rata-rata	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	Persentase Kuat Tekan terhadap BA-0
		(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(MPa)	(MPa)	(%)
BA-0	1	1963,051	1940,882	13,117	11,969	0,000%
	2	1944,151		13,343		
	3	1925,005		11,178		
	4	1941,982		10,030		
	5	1930,222		12,177		
BA-0,4	1	1919,459	1944,065	10,076	12,930	8,029%
	2	1951,493		12,448		
	3	1955,379		14,736		
	4	1961,057		12,743		
	5	1932,939		14,647		
BA-0,5	1	1963,404	1942,716	11,523	13,229	10,523%
	2	1912,623		13,751		
	3	1934,353		14,022		
	4	1966,934		13,840		
	5	1936,264		13,007		
BA-0,6	1	1934,484	1932,590	11,766	12,584	5,141%
	2	1949,822		10,849		
	3	1920,492		12,619		
	4	1912,810		13,637		
	5	1945,340		14,051		
BA-0,7	1	1929,887	1947,133	13,121	12,097	1,072%
	2	1930,382		12,534		
	3	1967,291		11,974		
	4	1965,049		11,623		
	5	1943,054		11,235		

Berdasarkan Tabel 5.20 diperoleh grafik hasil pengujian kuat tekan beton yang dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 berikut ini.



**Gambar 5.6 Pengujian Kuat Tekan Beton**



**Gambar 5.7 Hubungan Persentase Kuat Tekan dan Kadar Serat**

Berdasarkan hasil analisis pengujian di atas, nilai kuat tekan beton ringan beragregat kasar breksi batu apung dengan penambahan serat *polypropylene* 0,4 kg/m<sup>3</sup>; 0,5 kg/m<sup>3</sup>; 0,6 kg/m<sup>3</sup>, dan 0,7 kg/m<sup>3</sup> terhadap volume beton mengalami kenaikan kuat tekan jika dibandingkan dengan kuat tekan beton tanpa tambahan serat *polypropylene* sebesar 11,969 MPa dengan nilai berturut-turut sebesar 12,930 MPa; 13,229 MPa; 12,584 MPa; dan 12,097 MPa.

Penambahan serat *polypropylene* pada beton dapat meningkatkan kekuatan beton seiring dengan bertambahnya kadar serat hingga titik optimum pada varian serat *polypropylene* 0,5 kg/m<sup>3</sup> dan mulai mengalami penurunan kekuatan setelah varian 0,5 kg/m<sup>3</sup> yaitu pada varian 0,6 kg/m<sup>3</sup> dan 0,7 kg/m<sup>3</sup>. Kuat tekan beton rata-rata paling kecil pada varian serat *polypropylene* 0 kg/m<sup>3</sup> sebesar 11,969 MPa, sedangkan kuat tekan beton rata-rata optimum pada varian serat *polypropylene* 0,5

$\text{kg/m}^3$  sebesar 13,229 MPa atau meningkat 13,945% dari beton dengan serat *polypropylene* 0  $\text{kg/m}^3$ . Peningkatan kekuatan beton pada penambahan serat sebesar 0,4  $\text{kg/m}^3$  dan 0,5  $\text{kg/m}^3$  dikarenakan serat *polypropylene* dapat tercampur dengan merata dan dapat mengikat material-material beton secara baik. Akan tetapi pada variasi 0,6  $\text{kg/m}^3$  dan 0,7  $\text{kg/m}^3$  mulai mengalami penurunan kekuatan dikarenakan kadar serat tersebut sudah mulai tidak efektif dan berlebihan. Penggunaan serat yang berlebihan pada campuran beton dapat mengurangi kekuatan beton itu sendiri, karena dapat menyebabkan serat yang dimasukkan mengalami penggumpalan yang akan mengakibatkan lekatan antara masing-masing material beton menjadi berkurang.

Berdasarkan hasil kuat tekan pada kadar optimum, beton belum bisa dikategorikan sebagai beton ringan struktural dikarenakan nilai kuat tekan yang didapatkan sebesar 13,229 MPa dan berat volume beton sebesar 1942,716  $\text{kg/m}^3$  masih belum memenuhi nilai kuat tekan minimal dan berat volume maksimal berdasarkan SNI 03-3449-2002 yaitu berturut-turut sebesar 17,24 MPa dan 1850  $\text{kg/m}^3$ .

Seluruh variasi benda uji beton ringan beragregat kasar breksi batu apung formasi Semilir tidak dapat dikatakan sebagai beton ringan struktural karena belum memenuhi persyaratan SNI yang berlaku. Hal tersebut bisa terjadi dikarenakan beberapa faktor, yaitu:

1. Jenis agregat kasar yang digunakan yaitu agregat breksi batu apung yang memiliki kekuatan yang lebih rendah dari agregat normal, terbukti dari pengujian kuat tekan (*core drill*) batuan dan pengujian abrasi agregat breksi batu apung pada sub sub bab 5.3.3 dan 5.3.4.
2. Perencanaan campuran beton (*mix design*) yang dilakukan menggunakan SNI 03-2834-2000 yaitu perencanaan campuran beton normal. Hasil yang didapatkan mungkin bisa lebih baik jika dalam perencanaan campuran beton menggunakan SNI 03-3449-2002 yaitu perencanaan campuran beton ringan dengan agregat ringan.
3. Pemadatan yang kurang maksimal sehingga terdapat rongga-rongga kosong pada benda uji yang mengakibatkan kuat tekan beton menurun.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hidayat (2013) mengenai pengaruh komposisi agregat kasar (breksi baru apung) terhadap kuat tekan beton yang menghasilkan nilai kuat tekan beton pada variasi 100% agregat kasar breksi batu apung sebesar 18,42 MPa dimana nilai tersebut memenuhi syarat SNI beton ringan struktural yaitu lebih dari 17,24 MPa. Jika dibandingkan dengan penelitian yang saya lakukan dengan hasil nilai kuat tekan optimum sebesar 13,229 MPa. Nilai tersebut lebih kecil dari hasil penelitian Hidayat karena pada penelitian saya hanya menggunakan bahan tambah serat *polypropylene* saja, sedangkan pada penelitian Hidayat menggunakan bahan tambah *superplasticizer* yang dapat meningkatkan kuat tekan beton lebih tinggi jika dibandingkan dengan serat *polypropylene*.

Menurut Tjokrodinuljo (2021), berdasarkan kuat tekannya beton dibagi menjadi beberapa jenis seperti pada Tabel 5.21 berikut.

**Tabel 5.21 Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekan**

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton sederhana ( <i>plain concrete</i> )	Sampai 10 MPa
Beton normal (beton biasa)	15 – 30 MPa
Beton pra tegang	30 – 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 MPa

(Sumber: Tjokrodinuljo, 2021)

Berdasarkan Tabel 5.21 meskipun seluruh varian benda uji pada penelitian ini belum memenuhi persyaratan SNI 03-3449-2002 sebagai beton ringan struktural, beton tersebut dapat dikatakan lebih baik dari beton sederhana karena kuat tekan yang dihasilkan lebih dari 10 MPa akan tetapi belum dapat dikatakan sebagai beton normal karena kuat tekan yang dihasilkan kurang dari 15 MPa.

## 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan setelah umur beton 28 hari. Benda uji yang dilakukan pengujian kuat tekan beton sebanyak 25 benda uji dengan

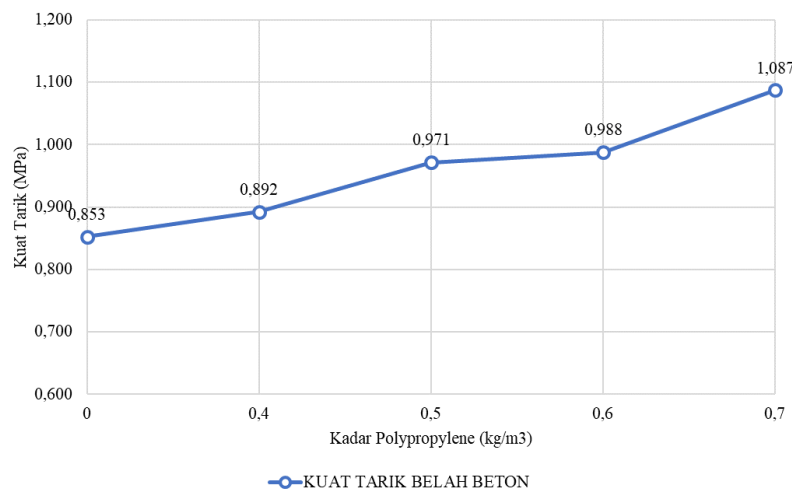
masing-masing varian sebanyak 5 benda uji. Data dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut.

**Tabel 5.22 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**

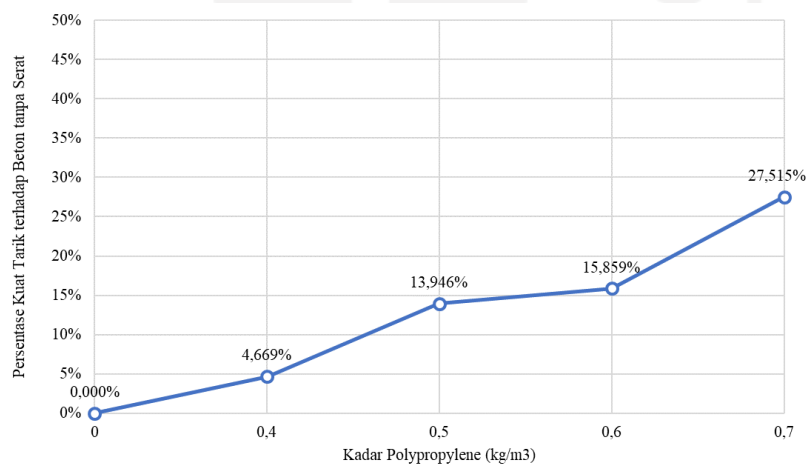
Kode Benda Uji		Berat Volume	Berat Volume Rata-rata	Kuat Tarik	Kuat Tarik Rata-Rata	Persentase Kuat Tarik terhadap BA-0
		(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(MPa)	(MPa)	(%)
BA-0	6	1942,041	1934,106	1,004	0,853	0,000%
	7	1929,921		0,836		
	8	1930,700		0,903		
	9	1914,101		0,751		
	10	1953,768		0,770		
BA-0,4	6	1913,016	1933,494	0,914	0,892	4,669%
	7	1920,717		1,021		
	8	1927,417		0,891		
	9	1942,487		0,855		
	10	1963,833		0,782		
BA-0,5	6	1860,580	1944,059	0,781	0,971	13,946%
	7	1939,046		1,004		
	8	1981,358		0,923		
	9	1974,074		0,983		
	10	1965,234		1,165		
BA-0,6	6	1949,575	1954,744	1,100	0,988	15,859%
	7	1975,644		0,891		
	8	1957,320		1,018		
	9	1946,424		1,043		
	10	1944,755		0,887		
BA-0,7	6	1889,102	1957,211	1,426	1,087	27,515%
	7	1992,347		0,912		
	8	1978,171		1,025		
	9	1930,957		1,022		
	10	1995,479		1,050		

Berdasarkan Tabel 5.22 diperoleh grafik hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 berikut ini.





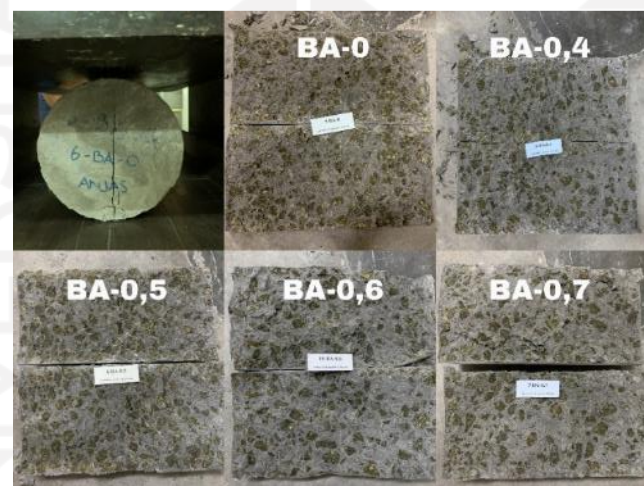
**Gambar 5.8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**



**Gambar 5.9 Hubungan Persentase Kuat Tarik Belah dan Kadar Serat**

Berdasarkan hasil analisis pengujian tarik belah beton di atas, secara keseluruhan nilai kuat tarik belah beton terus mengalami kenaikan seiring bertambahnya kadar serat *polypropylene* yang ditambahkan pada beton ringan beragregat kasar breksi batu apung. Secara lengkap, nilai kuat tarik belah beton pada penambahan serat *polypropylene* sebanyak 0 kg/m<sup>3</sup>, 0,4 kg/m<sup>3</sup>; 0,5 kg/m<sup>3</sup>; 0,6 kg/m<sup>3</sup>, dan 0,7 kg/m<sup>3</sup> berturut-turut sebesar 0,853 MPa; 0,892 MPa; 0,971 MPa; 0,988 MPa; dan 1,087 MPa. Nilai kuat tarik belah rata-rata paling kecil terdapat pada varian serat *polypropylene* 0 kg/m<sup>3</sup> sebesar 0,853 MPa. Nilai kuat tarik belah rata-rata paling tinggi terdapat pada varian penambahan serat *polypropylene* 0,7 kg/m<sup>3</sup> sebesar 1,087 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 27,515% dibandingkan

dengan beton tanpa tambahan serat *polypropylene*. Peningkatan kuat tarik belah beton seiring bertambahnya kadar serat dikarenakan serat *polypropylene* dapat menambah daktilitas dan memperbaiki daya ikat matriks beton pada saat *pre-hardening stage* sehingga mengurangi terjadinya keretakan pada beton. Berdasarkan Gambar 5.10 di bawah, kondisi agregat kasar breksi batu apung yang lepas jauh lebih sedikit karena sebagian besar agregat mengalami pecah ketika dilakukan pengujian kuat tarik belah. Hal tersebut menandakan bahwa memang agregat kasar breksi batu apung ini memiliki kekuatan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan agregat clereng maupun merapi.



**Gambar 5.10 Kondisi Agregat Setelah di Uji Kuat Tarik Belah**

### 5.8 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

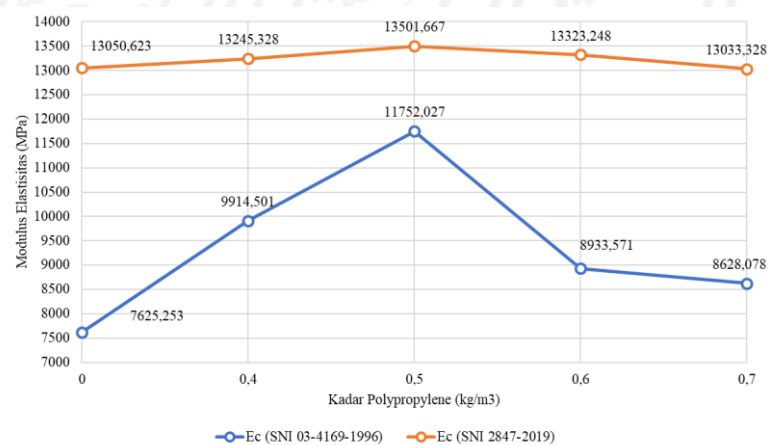
Pengujian modulus elastisitas beton dilaksanakan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton setelah umur 28 hari dengan menggunakan alat kompresometer yang dipasang pada benda uji silinder beton. Setiap varian benda uji diambil 3 sampel untuk dilakukan pengujian modulus elastisitas beton. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya perubahan panjang arah longitudinal (aksial) dan nilai regangan beton diperoleh dari pembacaan *dial gauge* dengan kelipatan beban yang diberikan pada beton hingga beban mengalami penurunan. Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-4169-1996 yang akan menghasilkan data berupa regangan dan tegangan aksial yang terjadi ketika

pengujian benda uji. Hasil analisis perhitungan nilai modulus elastisitas beton secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

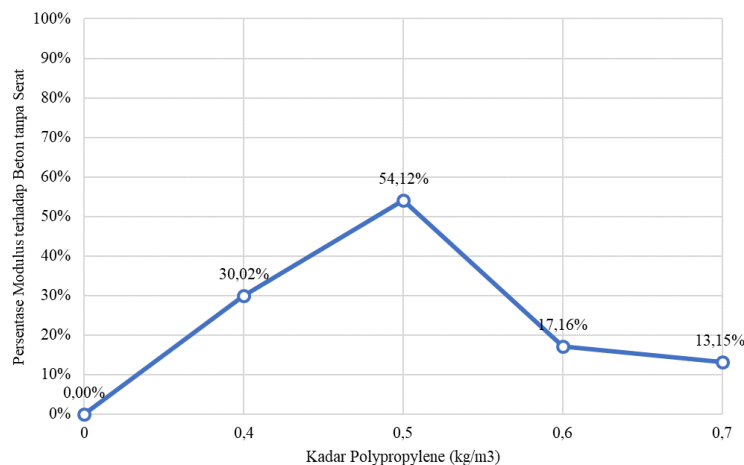
**Tabel 5.23 Pengujian Modulus Elastisitas Beton**

Kode Sampel	No. Sampel	Modulus Elastisitas					
		Uji (SNI 03-4169-1996)	Uji Rata-Rata	Teoritis (SNI-2846-2019)	Teoritis Rata-Rata	E uji / E teoritis	Persentase Modulus Elastisitas terhadap BA-0
		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)
BA-0	1	8731,544	7625,253	13545,209	13050,623	58,43	0,00
	2	6679,529		13464,352			
	3	7464,687		12142,307			
BA-0,4	1	8508,207	9914,501	14272,601	13245,328	74,85	30,02
	2	9814,308		11478,330			
	3	11420,989		13985,053			
BA-0,5	1	13346,908	11752,027	13337,599	13501,667	87,04	54,12
	2	9631,619		13954,500			
	3	12277,553		13212,901			
BA-0,6	1	7993,600	8933,571	12855,931	13323,248	67,05	17,16
	2	8418,113		13284,091			
	3	10388,999		13829,724			
BA-0,7	1	7005,336	8628,078	13205,127	13033,328	66,20	13,15
	2	7801,448		12983,387			
	3	11077,449		12911,470			

Berdasarkan Tabel 5.23 diperoleh grafik hasil pengujian modulus elastisitas beton yang dapat dilihat pada Gambar 5.11 dan Gambar 5.12 berikut ini.



**Gambar 5.11 Pengujian Modulus Elastisitas Beton**



**Gambar 5.12 Hubungan Persentase Modulus Elastisitas dan Kadar Serat**

Berdasarkan Gambar 5.11 pengujian modulus elastisitas beton yang diperoleh dari hasil analisis menurut metode SNI 03-4169-1996 menunjukkan hasil yang lebih kecil jika dibandingkan modulus elastisitas teoritis sesuai SNI-2847-2019 karena pada SNI-2847-2019, penghitungan nilai modulus elastisitas beton menggunakan rumus pendekatan empiris dari nilai kuat tekan beton dan berat volume beton. Pada metode SNI 03-4169-1996 pengujian modulus elastisitas beton diperoleh dari kondisi yang terjadi pada benda uji saat pengujian kuat tekan beton.

Nilai modulus elastisitas beton menunjukkan bahwa suatu beton mampu menerima beban yang cukup besar dengan mengalami regangan yang kecil. Pada pengujian ini nilai modulus elastisitas beton paling tinggi menurut perhitungan SNI-03-4169-1996 dan teoritis SNI-2847-2019 terdapat pada varian serat *polypropylene* 0,5 kg/m<sup>3</sup> dengan nilai rata-rata berturut-turut sebesar 11752,027 MPa dan 13501,667 MPa, sedangkan nilai modulus elastisitas beton paling kecil menurut perhitungan SNI-03-4169-1996 dan teoritis SNI-2847-2019 terdapat pada varian serat *polypropylene* 0 kg/m<sup>3</sup> dengan nilai rata-rata berturut-turut sebesar 7625,253 MPa dan 13050,623 MPa. Kenaikan nilai modulus elastisitas beton terjadi pada penambahan serat sebanyak 0,4 kg/m<sup>3</sup> dan 0,5 kg/m<sup>3</sup> terhadap penambahan serat 0 kg/m<sup>3</sup> dengan nilai berturut-turut sebesar 30,02% dan 54,12%. Pada penambahan serat sebanyak 0,6 kg/m<sup>3</sup> dan 0,7 kg/m<sup>3</sup> menunjukkan adanya penurunan nilai modulus elastisitas berturut-turut sebesar 17,16% dan 13,15%. Hal

tersebut menunjukkan bahwa serat *polypropylene* mampu meningkatkan nilai modulus elastisitas beton hingga pada kadar serat optimum sehingga beton menjadi lebih daktil. Berdasarkan SNI-2847-2019 nilai modulus elastisitas beton terukur berkisar antara 80% hingga 120% dari nilai modulus elastisitas beton terhitung. Pada penelitian ini nilai modulus elastisitas beton terukur yang masuk dalam kategori antara 80% hingga 120% hanya pada varian serat *polypropylene* 0,5 kg/m<sup>3</sup> dengan nilai sebesar 87,04%.



## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan serta pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengaruh serat *polypropylene* pada beton ringan beragregat kasar breksi batu apung yang direncanakan dengan SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut.
  - a. Penambahan serat *polypropylene* pada beton ringan beragregat kasar breksi batu apung formasi Semilir membuat kuat tekan dan modulus elastisitas beton mengalami peningkatan pada penambahan serat sebesar  $0,4 \text{ kg/m}^3$  dan  $0,5 \text{ kg/m}^3$  dan mulai mengalami penurunan pada kadar serat  $0,6 \text{ kg/m}^3$  dan  $0,7 \text{ kg/m}^3$  dengan peningkatan tertinggi sebesar 10,523%. Sedangkan pada kuat tarik belah beton terus mengalami peningkatan kekuatan seiring dengan bertambahnya serat *polypropylene* yaitu  $0,4 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,5 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,6 \text{ kg/m}^3$  dan  $0,7 \text{ kg/m}^3$  dengan peningkatan tertinggi sebesar 27,515%. Sehingga dapat dikatakan bahwa penambahan serat *polypropylene* pada beton ringan beragregat kasar breksi batu apung lebih efektif dalam meningkatkan kuat tarik belah beton.
  - b. Beton ringan beragregat kasar breksi batu apung formasi Semilir yang direncanakan dengan SNI 03-2834-2000 belum dapat dikatakan sebagai beton ringan struktural karena beton ringan breksi batu apung memiliki nilai kuat tekan  $< 17,24 \text{ MPa}$  dan berat volume beton  $> 1850 \text{ kg/m}^3$ .
2. Nilai kuat tekan beton optimum terdapat pada kadar serat *polypropylene*  $0,5 \text{ kg/m}^3$  dengan nilai sebesar 13,229 MPa atau meningkat sebesar 10,523% dari beton tanpa penambahan serat *polypropylene*. Nilai kuat tarik belah beton tertinggi terdapat pada kadar serat *polypropylene*  $0,7 \text{ kg/m}^3$  dengan nilai sebesar 1,087 MPa atau meningkat sebesar 27,515% dari beton tanpa penambahan serat

*polypropylene*. Nilai modulus elastisitas beton optimum terdapat pada penambahan serat *polypropylene*  $0,5 \text{ kg/m}^3$  dengan nilai modulus elastisitas beton sebesar 11752,027 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 54,12% dari beton tanpa penambahan serat *polypropylene*.

3. Berat volume beton ringan beragregat kasar breksi batu apung formasi Semilir dengan penambahan serat *polypropylene*  $0 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,4 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,5 \text{ kg/m}^3$ ;  $0,6 \text{ kg/m}^3$ ; dan  $0,7 \text{ kg/m}^3$  yang direncanakan menggunakan SNI 03-2834-2000 memiliki nilai berat volume beton dengan nilai berturut-turut sebesar 1940,882; 1944,065; 1942,716; 1932,590; dan  $1947,133 \text{ kg/m}^3$  sehingga belum dapat dikatakan sebagai beton ringan struktural jika ditinjau dari berat volume.

## 6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil saran untuk penelitian selanjutnya supaya mendapatkan hasil yang lebih baik. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penambahan bahan tambah lainnya seperti *superplasticizer* atau bahan tambah lainnya yang bisa meningkatkan kelecakan beton.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh penambahan serat *polypropylene* pada interval variasi yang lebih rapat.
3. Perlu dilakukan penelitian beton ringan beragregat kasar breksi batu apung yang direncanakan dengan menggunakan SNI 03-3449-2002 untuk mendapatkan campuran yang sesuai dengan penggunaan agregat ringan.

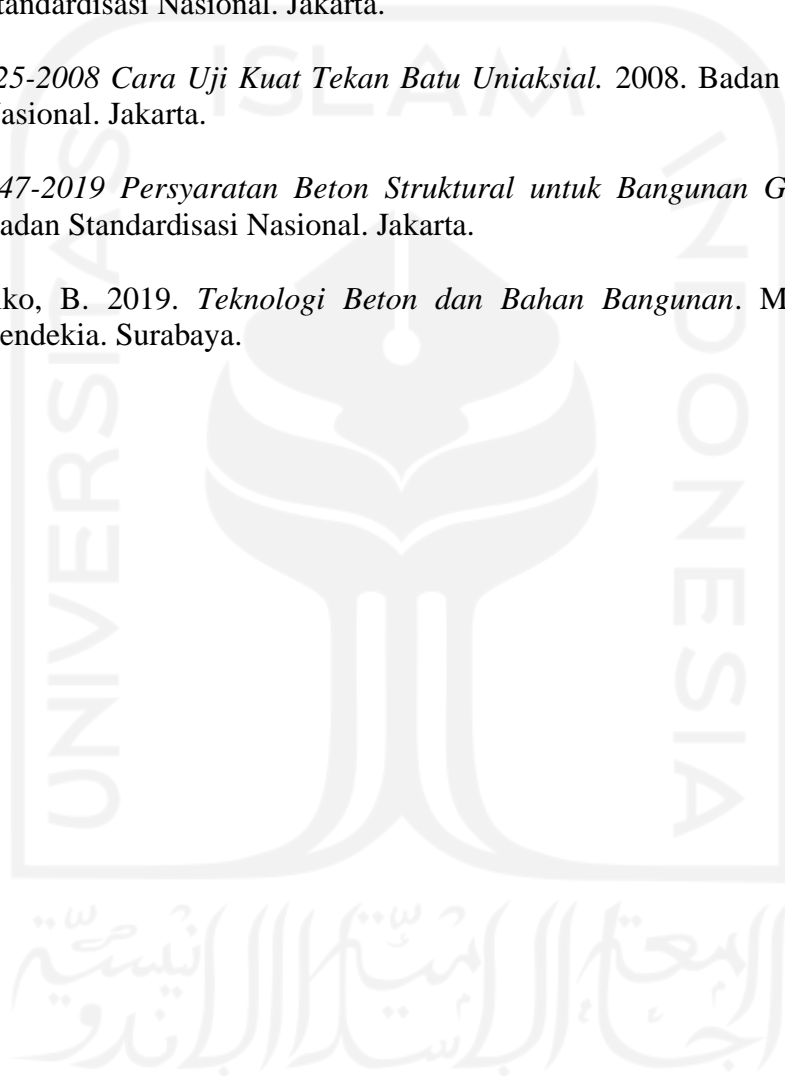
## DAFTAR PUSTAKA

- Adianto, Y.L.D. dan Joewono, T.B. 2006. Penelitian Pendahuluan Hubungan Penambahan Serat Polymeric Terhadap Karakteristik Beton Normal. *Civil Engineering Dimension*. Vol.8 No.1:34-40.
- Alfansuri, A.R. dan Warhono, A. 2017. Pemanfaatan Batu Apung dalam Pembuatan Beton Ringan dengan Penambahan Lumpur Sidoarjo (Lusi) Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan dan Porositas. *Rekats*. Vol.2 No.1:1-11.
- Badan Standardisasi Nasional. 1989. *SK S-04-1989-F: Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam*. Jakarta
- Gunawan, P, dkk. 2014. Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas. *Matriks Teknik Sipil*. Vol. 2 No.2:206-213.
- Hasan, dkk. 2013. Pengaruh Penambahan Polypropylene Fiber Mesh Terhadap Sifat Mekanis Beton. *Mektek*. Vol. 15 No.1.
- Hidayat, A.N. 2013. Pengaruh Komposisi Agregat Kasar (Breksi Batu Apung dan Batu Pecah) Terhadap Berat Jenis dan Kuat Tekan. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Kartini, W. 2007. Penggunaan Serat Polypropylene untuk Meningkatkan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*. Vol.4 No.1.
- Khairizal, dkk. 2015. Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Sifat Mekanis Beton Normal. *Jom FTEKNIK*. Vol. 2 No.2:1-11.
- Lomboan, dkk. 2016. Pengaruh Kuat Tekan Mortar dan Beton Ringan dengan Menggunakan Agregat Ringan Batu Apung dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 4 No.4:271-278.
- Miswar, K. 2020. Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Material Beton Ringan. *PORTAL Jurnal Teknik Sipil*. Vol.12 No.1:25-32.
- Prasetyo, H.P. 2019. Kuat Tekan Beton pada *Cold Joint Horizontal Cast* dengan Perkuatan Serat *Polypropylene*. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

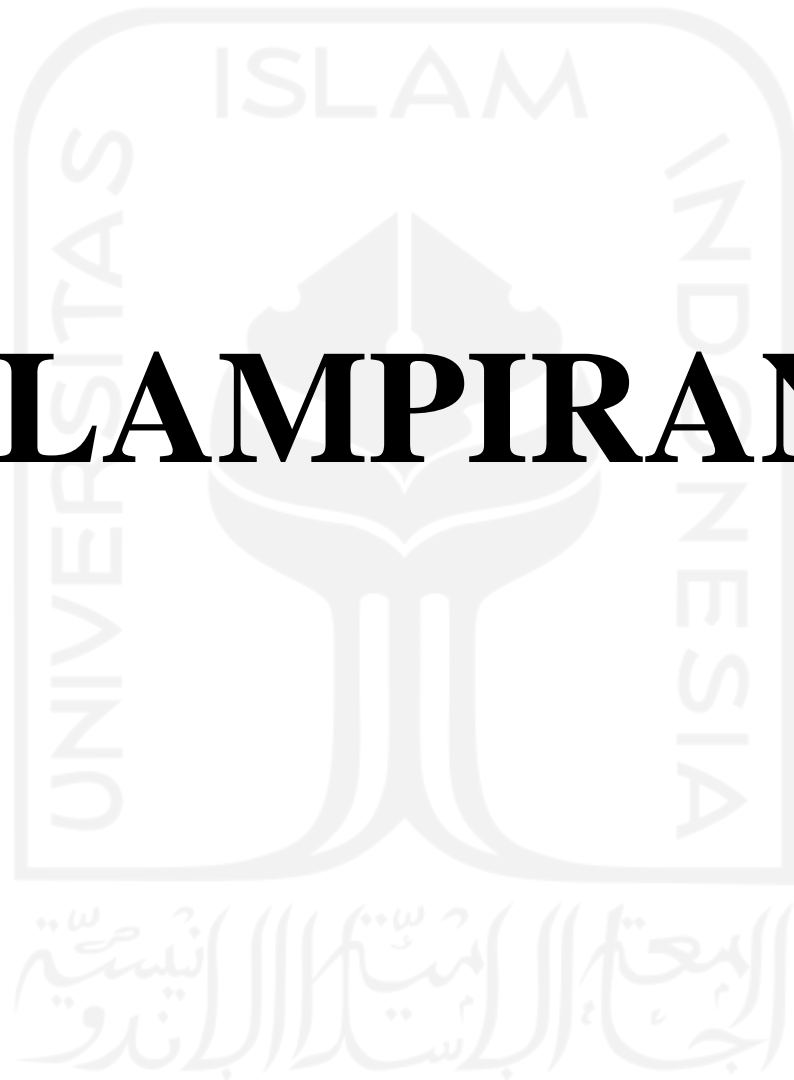


- Purnomo dan Hisyam. 2014. Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen pada Campuran Beton Ditinjau dari Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah Beton. *Jurnal Fropil*. Vol. 2 No.1:45-55.
- Riyadi, M dan Amalia. 2005. *Teknologi Beton I*. Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta. Jakarta.
- Tjokrodinuljo, K. 2021. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit KMTS Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Wicaksono, H.T dan Anggara, E.C. 2003. Pengaruh Penggunaan Agregat Batu Apung Semilir Terhadap Kinerja Beton Ringan Berserat Bambu Ori. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- SNI 03-1968-1990 *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. 1990. Pusjatan Balitbang Pekerjaan Umum. Jakarta.
- SNI 03-1969-2008 *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. 2008. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-1970-2008 *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. 2008. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-1974-2011 *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. 2011. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-2461-2014 *Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Struktural*. 2014. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-2491-2014 *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. 2014. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-2834-2000 *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. 2000. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-3449-2002 *Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan*. 2002. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-4142-1996 *Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)*. Pusjatan Balitbang Pekerjaan Umum. Jakarta.
- SNI 03-4169-1996 *Metode Pengujian Modulus Elastisitas Statis dan Rasio Poison Beton dengan Kompresometer*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-4804-1998 *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*. 1998. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

- SNI 15-2049-2004 Semen Portland*. 2004. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2417-2008 Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. 2008. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2461-2014 Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Struktural*. 2014. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2825-2008 Cara Uji Kuat Tekan Batu Uniaksial*. 2008. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. 2019. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Sujatmiko, B. 2019. *Teknologi Beton dan Bahan Bangunan*. Media Sahabat Cendekia. Surabaya.



# LAMPIRAN



**Lampiran 1 Gambar Alat yang Digunakan****Gambar L-1.1 Piknometer****Gambar L-1.2 Timbangan****Gambar L-1.3 Saringan**



**Gambar L-1.4 Mesin Saringan**



**Gambar L-1.5 Oven**



**Gambar L-1.6 Troli Barang**



**GambarL-1.7 Mixer/Mesin Pengaduk Beton**



**Gambar L-1.8 Cetakan Silinder Beton**



**Gambar L-1.9 Alat Pengujian Slump**



**Gambar L-1.10 LVDT**



**Gambar L-1.11 Cetakan *Capping* Silinder**



**Gambar L-1.12 *Compressing Testing Machine* (CTM)**



**Gambar L-1.13 Stone Crusher**





**Lampiran 2 Gambar Bahan yang Digunakan****Gambar L-2.1 Serat *Polypropylene*****Gambar L-2.2 Semen Portland Merek Gresik****Gambar L-2.3 Agregat Halus, Pasir Merapi**



**Gambar L-2.4 Bongkahan Breksi Batu Apung**



**Gambar L-2.5 Agregat Halus, Breksi Batu Apung**



**Gambar L-2.6 Air**



**Gambar L-2.7 Belerang**



**Lampiran 3 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji****Gambar L-3.1 Hasil Penimbangan Material Penyusun Beton****Gambar L-3.2 Pemberian Pelumas Pada Cetakan****Gambar L-3.3 Pencampuran Material Penyusun Beton**



**Gambar L-3.4 Pengujian Slump**



**Gambar L-3.5 Pemasukan Beton pada Cetakan**



**Gambar L-3.6 Hasil Proses Pembuatan Benda Uji**



**Gambar L-3.7 Pengukuran Dimensi Benda Uji**



**Gambar L-3.8 Perendaman Benda Uji**



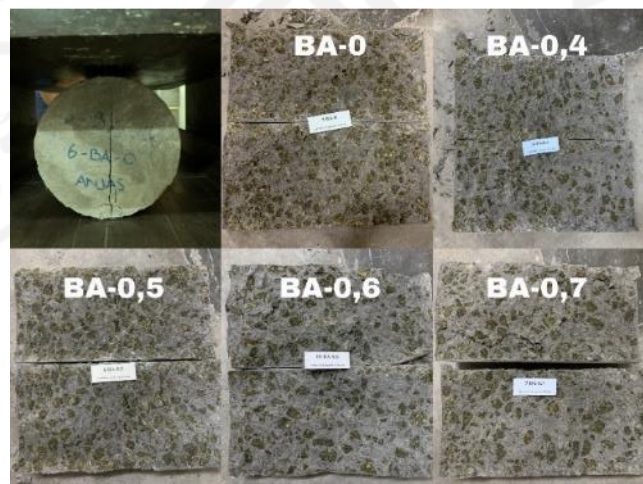
**Gambar L-3.9 Proses Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton**



**Gambar L-3.10 Proses Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**



**Gambar L-3.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton**



**Gambar L-3.12 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**

## Lampiran 4 Data Hasil Pemeriksaan Bahan



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

### PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS (SNI 03-1970-2008)

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	476	479	477,5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1140	1143	1141,5
Berat piknometer berisi air, gram (B)	839	837	838
Berat jenis curah $(Bk/(B+500-Bt))$	2,392	2,469	2,431
Berat jenis kering muka $(500/(B+500-Bt))$	2,513	2,577	2,545
Berat jenis semu, $(Bk/(B+Bk-Bt))$	2,720	2,769	2,744
Penyerapan air, $((500-Bk)/(Bk \times 100))$	5,042%	4,384%	4,713%





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS  
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40				
20				
10				
4,8	4	0,2	0,200	99,800
2,4	85	4,256	4,457	95,543
1,2	274	13,721	18,177	81,823
0,6	562	28,142	46,319	53,681
0,3	571	28,593	74,912	25,088
0,15	340	17,026	91,938	8,062
Pan	161	8,062		
<b>Jumlah</b>	1997	100,00	236,004	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{236,004}{100}$$

$$= 2,360$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 2,360 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 1,5 - 3,8 (SK SNI S-04-1989-F).

**Gradasi Agregat Halus**

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

Keterangan:

Daerah I : Pasir Kasar  
Daerah II : Pasir Agak Kasar  
Daerah III : Pasir Agak Halus  
Daerah IV : Pasir Halus



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS  
 (SNI 03-1968-1990)**

**Hasil Analisis Saringan:**

Pasir masuk daerah : Daerah 2  
 Jenis Pasir : Pasir Agak Kasar

**GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS**





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS  
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40				
20				
10				
4,8	1	0,050	0,050	99,950
2,4	87	4,352	4,402	95,598
1,2	332	16,608	21,011	78,989
0,6	558	27,914	48,924	51,076
0,3	526	26,313	75,238	24,762
0,15	366	18,309	93,547	6,453
Pan	129	6,453		
<b>Jumlah</b>	1999	100,000	243,172	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{234,172}{100}$$

$$= 2,432$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 2,432 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 1,5 - 3,8 (SK SNI S-04-1989-F).

**Gradasi Agregat Halus**

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

Keterangan:

Daerah I : Pasir Kasar  
Daerah II : Pasir Agak Kasar  
Daerah III : Pasir Agak Halus  
Daerah IV : Pasir Halus



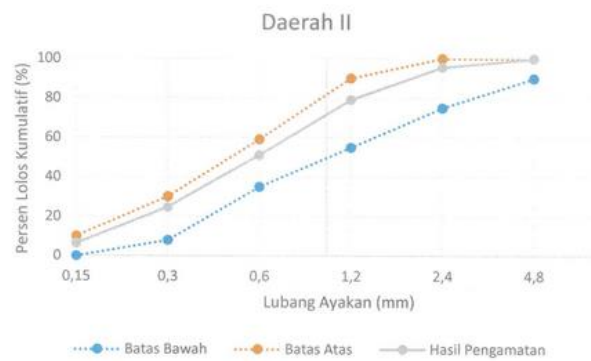
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS  
 (SNI 03-1968-1990)**

**Hasil Analisis Saringan:**

Pasir masuk daerah : Daerah 2  
 Jenis Pasir : Pasir Agak Kasar

**GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS**





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO.200 / UJI KANDUNGAN  
 LUMPUR DALAM PASIR  
 (SNI 03-4142-1996)**

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Ukuran Butir Maksimum	Berat Minimum	Keterangan
4,80 mm	500 gram	Pasir
9,60 mm	1000 gram	Kerikil
19,20 mm	1500 gram	Kerikil
38,00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	491	491	491
Persentase yang lolos ayakan No. 200 $[(W1-W2/W1)] \times 100$	1,8%	1,8%	1,8%



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

### PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15 cm
Tinggi Silinder	30 cm

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1)	10974 gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	17459 gram
Berat agregat (W3)	6485 gram
Volume tabung (V)	5301,438 cm <sup>3</sup>
Berat volume gembur (W3/V)	1,223 gram/cm <sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{6485}{5301,438} \\
 &= 1,223 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

### PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15 cm
Tinggi Silinder	30 cm

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1)	10974 gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	19025 gram
Berat agregat (W3)	8051 gram
Volume tabung (V)	5301,438 cm <sup>3</sup>
Berat volume padat (W3/V)	1,519 gram/cm <sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{8051}{5301,438} \\
 &= 1,519 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR  
 (SNI 03-1970-2008)**

Asal Breksi Batu Apung	Daerah Tebing Breksi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	3791	3812	3801,5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	2133	2112	2122,5
Berat jenis curah (Bk/(Bj-Ba))	1,322	1,320	1,321
Berat jenis kering muka (Bj/(Bj-Ba))	1,744	1,731	1,738
Berat jenis semu, (Bk/(Bk-Ba))	2,286	2,242	2,264
Penyerapan air, ((Bj-Bk)/(Bk x 100))	31,891%	31,165%	31,528%





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR  
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Breksi Batu Apung	Daerah Tebing Breksi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,000	0,000	100,000
20	208	4,162	4,162	95,838
10	3605	72,129	76,291	23,709
4,8	1132	22,649	98,940	1,060
2,4	0,000	0,000	98,940	1,060
1,2	0,000	0,000	98,940	1,060
0,6	0,000	0,000	98,940	1,060
0,3	0,000	0,000	98,940	1,060
0,15	0,000	0,000	98,940	1,060
Pan	53	1,060		
<b>Jumlah</b>	<b>4998</b>	<b>100,000</b>	<b>674,090</b>	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{674,090}{100}$$

$$= 6,741$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 6,741 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 6 – 7,1 (SK SNI S-04-1989-F).

**Tabel 1 Persyaratan gradasi untuk agregat ringan untuk beton struktural**

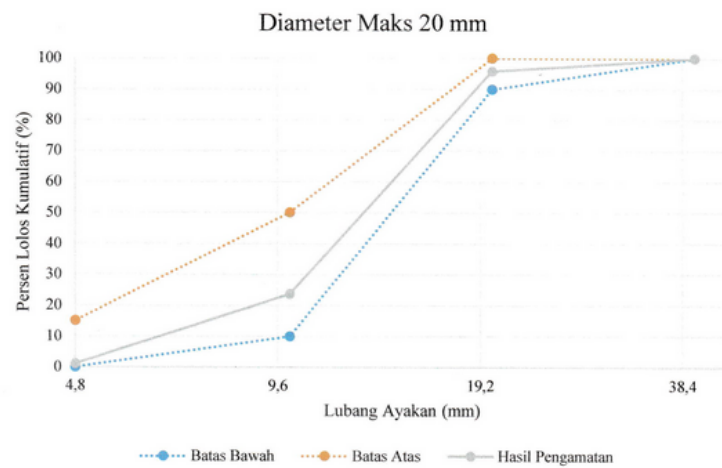
Ukuran nominal	Persentase (massa) yang lolos ayakan dengan lubang persegi									
	25,0 mm (1 in.)	19,0 mm (3/4 in.)	12,5 mm (1/2 in.)	9,5 mm (3/8 in.)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 15)	600 µm (No. 50)	150 µm (No. 100)	75 µm (No. 200)
Agregat halus 4,75 – 0 mm	—	—	—	100	85 – 100	—	40 – 80	10 – 35	5 – 25	—
Agregat kasar:										
25,0 – 4,75 mm	95–100	—	25 – 60	—	0 – 10	—	—	—	—	0 – 10
19,0 – 4,75 mm	100	90–100	—	10 – 50	0 – 15	—	—	—	—	0 – 10
12,5 – 4,75 mm	—	100	90 – 100	40 – 80	0 – 20	0 – 10	—	—	—	0 – 10
9,5 – 2,36 mm	—	—	100	80 – 100	5 – 40	0 – 20	0 – 10	—	—	0 – 10
Agregat kombinasi halus dan kasar: 12,5 – 0 mm	—	100	95 – 100	—	50 – 80	—	—	5 – 20	2 – 15	0 – 10
9,5 – 0 mm	—	—	100	90 – 100	65 – 90	35 – 65	—	10 – 25	5 – 15	0 – 10



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR  
(SNI 03-1968-1990)**

**GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR**





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR  
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Breksi Batu Apung	Daerah Tebing Breksi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,000	0,000	100,000
20	184	3,682	3,682	96,318
10	3564	71,323	75,005	24,995
4,8	1065	21,313	96,318	3,682
2,4	0,000	0,000	96,318	3,682
1,2	0,000	0,000	96,318	3,682
0,6	0,000	0,000	96,318	3,682
0,3	0,000	0,000	96,318	3,682
0,15	0,000	0,000	96,318	3,682
Pan	184	3,682		
<b>Jumlah</b>	<b>4997</b>	<b>100,000</b>	<b>656,594</b>	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{656,594}{100}$$

$$= 6,566$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 6,566 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 6 – 7,1 (SK SNI S-04-1989-F).

**Tabel 1 Persyaratan gradasi untuk agregat ringan untuk beton struktural**

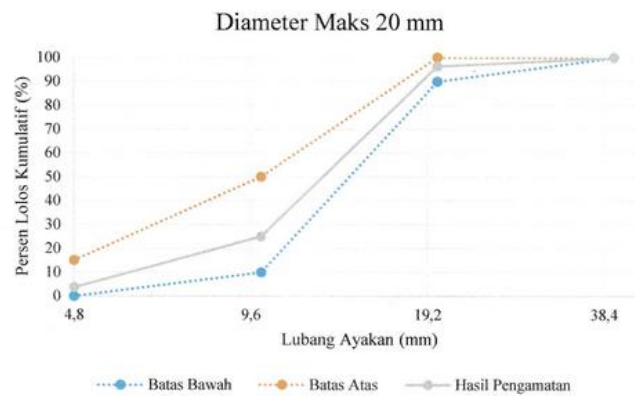
Ukuran nominal	Persentase (massa) yang lolos ayakan dengan lubang persegi									
	25,0 mm (1 in.)	19,0 mm (3/4 in.)	12,5 mm (1/2 in.)	9,5 mm (3/8 in.)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)	150 µm (No. 100)	75 µm (No. 200)
Agregat halus 4,75 – 0 mm	...	...	...	100	85 – 100	...	40 – 80	10 – 35	5 – 25	...
Agregat kasar: 25,0 - 4,75 mm	95-100	...	25 – 60	...	0 – 10	...	...	...	...	0 – 10
19,0 - 4,75 mm	100	90-100	...	10 – 50	0 – 15	...	...	...	...	0 – 10
12,5 - 4,75 mm	...	100	90 – 100	40 – 80	0 – 20	0 – 10	...	...	...	0 – 10
9,5 - 2,36 mm	...	...	100	80 – 100	5 – 40	0 – 20	0 – 10	...	...	0 – 10
Agregat kombinasi halus dan kasar: 12,5 – 0 mm	...	100	95 – 100	...	50 – 80	...	...	5 – 20	2 – 15	0 – 10
9,5 – 0 mm	...	...	100	90 – 100	65 – 90	35 – 65	...	10 – 25	5 – 15	0 – 10



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR  
(SNI 03-1968-1990)**

**GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR**





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR  
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Breksi Batu Apung	Daerah Tebing Breksi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	3

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,000	0,000	100,000
20	101	2,021	2,021	97,979
10	3642	72,869	74,890	25,110
4,8	1024	20,488	95,378	4,622
2,4	0,000	0,000	95,378	4,622
1,2	0,000	0,000	95,378	4,622
0,6	0,000	0,000	95,378	4,622
0,3	0,000	0,000	95,378	4,622
0,15	0,000	0,000	95,378	4,622
Pan	231	4,622		
<b>Jumlah</b>	<b>4998</b>	<b>100,000</b>	<b>649,180</b>	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{649,180}{100}$$

$$= 6,492$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 6,492 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 5 - 8 (SK SNI S-04-1989-F).

**Tabel 1 Persyaratan gradasi untuk agregat ringan untuk beton struktural**

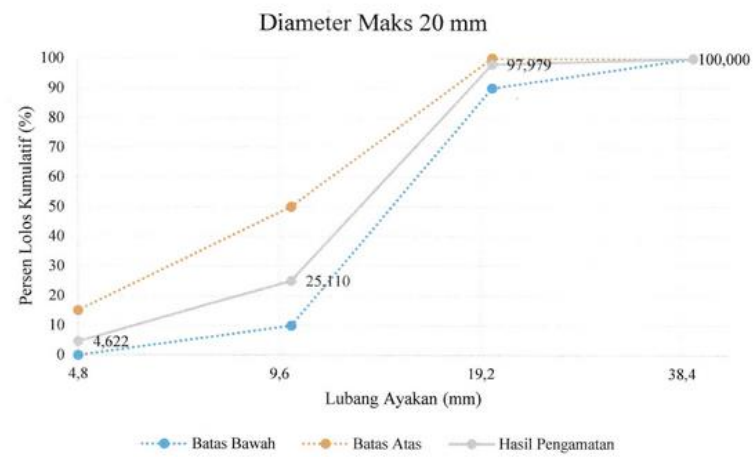
Ukuran nominal	Persentase (massa) yang lolos ayakan dengan lubang persegi									
	25,0 mm (1 in.)	19,0 mm (3/4 in.)	12,5 mm (1/2 in.)	9,5 mm (3/8 in.)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)	150 µm (No. 100)	75 µm (No. 200)
Agregat halus: 4,75 - 0 mm	...	...	...	100	65 - 100	...	40 - 80	10 - 35	5 - 25	...
Agregat kasar: 25,0 - 4,75 mm	95 - 100	...	25 - 60	...	0 - 10	...	...	...	0 - 10	...
19,0 - 4,75 mm	100	90 - 100	...	10 - 50	0 - 15	...	...	...	0 - 10	...
12,5 - 4,75 mm	...	100	90 - 100	40 - 80	0 - 20	0 - 10	...	...	0 - 10	...
9,5 - 2,36 mm	...	...	100	80 - 100	5 - 40	0 - 20	0 - 10	...	0 - 10	...
Agregat kombinasi halus dan kasar: 12,5 - 0 mm	...	100	95 - 100	...	50 - 80	...	...	5 - 20	2 - 15	0 - 10
9,5 - 0 mm	...	...	100	90 - 100	65 - 90	35 - 65	...	10 - 25	5 - 15	0 - 10



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR  
 (SNI 03-1968-1990)**

**GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR**





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

### PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT KASAR

Asal kerikil	Breksi Batu Apung Formasi Batuan Semilir
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15 cm
Tinggi Silinder	30 cm

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1)	10974 gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	15145 gram
Berat agregat (W3)	4171 gram
Volume tabung (V)	5301,438 cm <sup>3</sup>
Berat volume gembur (W3/V)	0,7868 gram/cm <sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{4171}{5301,438} \\
 &= 0,7868 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

### PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT KASAR

Asal kerikil	Breksi Batu Apung Formasi Batuan Semilir
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15 cm
Tinggi Silinder	30 cm

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1)	10974 gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	15694 gram
Berat agregat (W3)	4720 gram
Volume tabung (V)	5301,438 cm <sup>3</sup>
Berat volume padat (W3/V)	0,8903 gram/cm <sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{4720}{5301,438} \\
 &= 0,8903 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

**KEAUSAN AGREGAT KASAR BREKSI BATU APUNG DENGAN MESIN LOS  
ANGELES  
(SNI 2417-2008)**

Asal Breksi Batu Apung	Daerah Tebing Breksi
Keperluan	Tugas Akhir

Ukuran Saringan				Jumlah Putaran = 500 Putaran	
Lolos Saringan		Tertahan Saringan		Sampel 1	Sampel 2
mm	inci	mm	inci	gram	gram
75	3	63	2 1/2		
63	2 1/2	50	2		
50	2	37,5	1 1/2		
37,5	1 1/2	25	1		
25	1	19	3/4		
19	3/4	12,5	1/2	2500	2500
12,5	1/2	9,5	3/8	2500	2500
9,5	3/8	6,3	1/4		
6,3	1/4	4,75	No. 4		
4,75	No. 4	2,36	No. 8		
Jumlah berat (A)				5000	5000
Berat tertahan saringan No. 12 sesudah percobaan (B)				2300	2386
Keausan $[(A-B)/A] \times 100$				54	52,28
Keausan Rata-Rata (%)				53,14	



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14.5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

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

Formulir Rencana Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> )				
SNI-03-2834-2000				
No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Kuat Tekan Beton yang Disyaratkan	20	MPa	ditetapkan
2	Deviasi Standar (s)	-	MPa	
3	Nilai Tambah/Margin(M)	12	MPa	
4	Kuat Tekan Beton Rata-rata yang Ditargetkan	32	MPa	(1)+(3)
5	Jenis Semen	Type 1		ditetapkan
6	Jenis Agregat Halus	Alami		ditetapkan
	Jenis Agregat Kasar	batu pecah		ditetapkan
7	Faktor Air Semen Bebas	0,543		tabel 2 dan grafik 1 dan 2
	Faktor Air Semen Maksimum	0,6		
8	Faktor Air Semen Digunakan	0,543		
9	Slump	100	mm	ditetapkan
10	Ukuran Agregat Maksimum	20	mm	ditetapkan
11	Kadar Air Bebas	205		tabel 3
12	Kadar Semen	377,532	kg/m <sup>3</sup>	(11):(8)
13	Kadar Semen Maksimum	-		
14	Kadar Semen Minimum	325		tabel 4
15	Kadar Semen Digunakan	377,532	kg/m <sup>3</sup>	
16	Faktor Air Semen Disesuaikan	-		
17	Susunan Besar Butir Agregat Halus	Daerah II		Daerah gradasi
18	Berat Jenis Agregat Halus	2,545		
	Berat Jenis Agregat Kasar	1,738		
19	Persen Agregat Halus	42,35	%	grafik 13 / 14 / 15
20	Berat Jenis Relatif Agregat (Gabungan) SSD	2,080		
21	Berat Isi Beton	1980	kg/m <sup>3</sup>	grafik 16
22	Kadar Agregat Gabungan	1397,468	kg/m <sup>3</sup>	(21)-(15)-(11)
23	Kadar Agregat Halus	591,828	kg/m <sup>3</sup>	(19)*(22)
24	Kadar Agregat Kasar	805,640	kg/m <sup>3</sup>	(22)-(23)

No	Uraian	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat	
				Halus (kg)	Kasar (kg)
25	Proporsi Campuran Teoritis (Agregat Kondisi SSD)				
	* Setiap m <sup>3</sup>	377,532	205,000	591,828	805,640
	* Setiap Campuran Uji (10 benda uji): 0,05301 m <sup>3</sup>	20,015	10,868	31,375	42,711
26	Proporsi Campuran dengan Angka Penyusutan (25%)				
	* Setiap m <sup>3</sup>	471,915	256,250	739,785	1007,050
	* Setiap Campuran Uji (10 benda uji): 0,05301 m <sup>3</sup>	25,018	13,585	39,219	53,388

## Fosroc PPF\*



constructive solutions

### High performance micro polypropylene fibre

#### Uses

Fosroc PPF is primarily used as a crack controlling additive for cementitious materials. Typical applications are:

- crack control in readymix concrete, precast concrete, conventional shotcrete, screeds, rendering mortars, micro-silica concrete
- concrete slabs, pavements, driveways, imprinted concrete
- water retaining structures, marine concrete etc.
- patch repair, thin section walling etc.

#### Advantages

- Cost effective - replaces anti crack wire mesh
- User friendly - decreases construction time and labour
- Versatile - Inhibits intrinsic cracking in concrete, improves finishing characteristics, concrete durability and acts as a rust proof.
- Disperses uniformly throughout the mix and does not rust.

#### Standards compliance

Fosroc PPF complies with the requirements of ASTM C111.6

#### Description

Fosroc PPF, is a high performance micro polypropylene fibre, developed as a crack controlling additive for cementitious materials. It is available as monofilament 12mm in length for concrete and 6mm in length for plaster and mortar. It is used to inhibit the formation of small cracks which can occur through plastic shrinkage, premature drying and early thermal changes, in order to provide utilization of the intrinsic properties of the hardened cementitious material.

Fosroc PPF is based on selected raw materials and manufactured under controlled conditions to give a consistent product.

Fosroc PPF is supplied in two sizes:

- 12mm fibre length is designed for concrete mixes, with aggregate size greater than 5mm
- 6mm fibre length is designed for mortar mixes.

#### Specification

Where shown on the contract documents, concrete shall be manufactured using Fosroc PPF, a high performance micro polypropylene fibre. The crack controlling additive shall meet the requirements of ASTM C111.6 and have a tensile strength of minimum 300 N/m<sup>2</sup>.

#### Properties

<i>Form</i>	: Virgin Polypropylene fibre
<i>Specific gravity</i>	: 0.91 g/cm <sup>3</sup>
<i>Alkali content</i>	: Nil
<i>Sulphate content</i>	: Nil
<i>Air Entrainment</i>	: Air content of concrete will not be significantly increased
<i>Chloride content</i>	: Nil
<i>Fibre thickness</i>	: 18 and 30 microns
<i>Youngs Modulus</i>	: 5500 - 7000 MPa
<i>Tensile Strength</i>	: 350 N/mm <sup>2</sup>
<i>Melting Point</i>	: 160°C

#### Dosage

The optimum dosage of Fosroc PPF to meet specific requirements should always be determined by trial mixes using the materials and conditions that will be experienced in use.

As a guide to trials, the following dosage levels of Fosroc PPF are recommended.

#### Product

<i>Fibre length</i>	: 12mm 6mm
<i>Aggregate size, max</i>	: 32mm
<i>Dosage</i>	
12mm fibres	: 0.6 / 0.91 kg/m <sup>3</sup>
6mm fibres	: 1 kg/m <sup>3</sup>
<i>Typical areas of application</i>	: Ready mix concrete

#### Use at other dosages

Dosages outside the typical ranges quoted above can be used to meet particular requirements. Contact Fosroc for advice.

#### Effects of overdosing

Overdosing of Fosroc PPF will generally produce a reduction in workability, and an increase in the cohesiveness of the mix.

## Fosroc PPF\*

### Technical support

Fosroc offers a comprehensive technical support service to specifiers, end users and contractors. It is also able to offer on-site technical assistance, an AutoCAD facility and dedicated specification assistance in locations all over the world.

### Estimating

#### Supply

Fosroc PPF 12mm fibres : 0.6kg and 0.91kg bags

Fosroc PPF 6mm fibres : 1kg bags

All bags are supplied in cardboard box containers.

### Storage

Should be stored in warehouse conditions below 35 °C.

### Additional Information

Fosroc manufactures a wide range of complementary products which include :

- waterproofing membranes & waterstops
- joint sealants & filler boards
- cementitious & epoxy grouts
- specialised flooring materials

Fosroc additionally offers a comprehensive package of products specifically designed for the repair and refurbishment of damaged concrete. Fosroc's 'Systematic Approach' to concrete repair features the following :

- hand-placed repair mortars
- spray grade repair mortars
- fluid micro-concretes
- chemically resistant epoxy mortars
- anti-carbonation/anti-chloride protective coatings
- chemical and abrasion resistant coatings

For further information on any of the above, please consult your local Fosroc office - as below.



### PT. Fosroc Indonesia

Jl. Akasia II Blok A8 No. 1  
Delta Silicon Industrial Park  
Lippo Cikarang  
Bekasi 17550  
Indonesia

[www.fosroc.com](http://www.fosroc.com)

### Important note

Fosroc products are guaranteed against defective materials and manufacture and are sold subject to its standard terms and conditions of sale, copies of which may be obtained on request. Whilst Fosroc endeavours to ensure that any advice, recommendation, specification or information it may give is accurate and correct, it cannot, because it has no direct or continuous control over where or how its products are applied, accept any liability either directly or indirectly arising from the use of its products, whether or not in accordance with any advice, specification, recommendation or information given by it.

#### telephone:

+ 62 21 897 2103

+ 62 22 520 1308

+ 62 31 502 9142

#### fax:

+ 62 21 897 2107

+ 62 22 522 2713

+ 62 31 502 2711

#### email:

[indonesia@fosroc.com](mailto:indonesia@fosroc.com)



Registered Office: Jl. Akasia II Blok A8 No. 1, Delta Silicon Industrial Park, Lippo Cikarang, Bekasi 17550, Indonesia

FO S/1202/04/R

## Lampiran 5 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

### LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER BETON (SNI 03-1974-2011)

Nama : Anjas Tri Laksono  
NIM : 17 511 130  
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia  
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Kode Benda Uji		Berat	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan Beton
		(kg)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N)	(MPa)
BA-0	1	10,383	149,417	301,650	17534,2813	230000	13,117
	2	10,301	149,750	300,833	17612,6029	235000	13,343
	3	10,401	150,933	301,983	17892,0543	200000	11,178
	4	10,289	149,900	300,217	17647,9046	177000	10,030
	5	10,159	149,233	300,900	17491,2787	213000	12,177
BA-0,4	1	10,303	150,817	300,467	17864,4050	180000	10,076
	2	10,456	149,667	304,550	17593,0061	219000	12,448
	3	10,433	149,883	302,400	17643,9804	260000	14,736
	4	10,485	150,600	300,150	17813,1131	227000	12,743
	5	10,426	150,917	301,533	17888,1031	262000	14,647
BA-0,5	1	10,384	149,767	300,217	17616,5236	203000	11,523
	2	10,255	150,617	300,933	17817,0560	245000	13,751
	3	10,429	150,967	301,200	17899,9581	251000	14,022
	4	10,503	150,133	301,633	17702,8886	245000	13,840
	5	10,354	150,050	302,400	17683,2416	230000	13,007



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14.5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER BETON  
 (SNI 03-1974-2011)

Kode Benda Uji	Berat	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan Beton	
	(kg)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N)	(MPa)	
BA-0,6	1	10,348	150,750	299,700	17848,6150	210000	11,766
	2	10,307	149,717	300,267	17604,7629	191000	10,849
	3	10,092	150,000	297,367	17671,4587	223000	12,619
	4	10,248	150,317	301,900	17746,1503	242000	13,637
	5	10,154	149,000	299,350	17436,6246	245000	14,051
BA-0,7	1	10,529	151,333	303,317	17987,0142	236000	13,121
	2	10,486	151,183	302,600	17951,3748	225000	12,534
	3	10,565	150,850	300,483	17872,3027	214000	11,974
	4	10,658	150,583	304,550	17809,1706	207000	11,623
	5	10,334	150,550	298,767	17801,2870	200000	11,235

Diperiksa,  
 Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui,  
 Kepala Laboratorium



(Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng)

## Lampiran 6 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 cks.3250 & 3259 Yogyakarta

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

Nama : Anjas Tri Laksono  
NIM : 17 511 130  
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia  
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Kode Benda Uji		Berat	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tarik Beton
		(kg)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N)	(MPa)
BA-0	6	10,291	149,817	300,600	17628,288	71000	1,004
	7	10,422	150,400	303,967	17765,832	60000	0,836
	8	10,512	151,217	303,167	17959,292	65000	0,903
	9	10,401	151,200	302,633	17955,333	54000	0,751
	10	10,494	150,300	302,733	17742,215	55000	0,770
BA-0,4	6	10,231	150,333	301,300	17750,086	65000	0,914
	7	10,340	150,550	302,417	17801,287	73000	1,021
	8	10,205	149,783	300,483	17620,445	63000	0,891
	9	10,152	148,900	300,133	17413,228	60000	0,855
	10	10,324	149,400	299,883	17530,370	55000	0,782
BA-0,5	6	10,104	151,400	301,650	18002,865	56000	0,781
	7	10,489	150,917	302,400	17888,103	72000	1,004
	8	10,371	148,733	301,267	17374,268	65000	0,923
	9	10,349	149,400	299,050	17530,370	69000	0,983
	10	10,526	150,417	301,417	17769,770	83000	1,165



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpom (0274) 858444 eks. 3250 & 3259 Yogyakarta

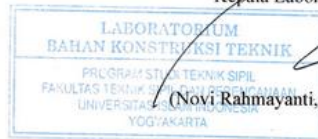
LAPORAN PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH SILINDER BETON  
 (SNI 03-2491-2014)

Kode Benda Uji	Berat	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tarik Beton	
	(kg)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N)	(MPa)	
BA-0,6	6	10,370	150,000	301,000	17671,459	78000	1,100
	7	10,682	150,550	303,733	17801,287	64000	0,891
	8	10,285	148,567	303,117	17335,351	72000	1,018
	9	10,378	150,350	300,317	17754,022	74000	1,043
	10	10,395	150,450	300,667	17777,646	63000	0,887
BA-0,7	6	10,163	150,433	302,683	17773,708	102000	1,426
	7	10,670	150,317	301,783	17746,150	65000	0,912
	8	10,564	149,950	302,400	17659,680	73000	1,025
	9	10,371	150,417	302,250	17769,770	73000	1,022
	10	10,502	149,367	300,350	17522,548	74000	1,050

Diperiksa,  
 Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Dijetujui,  
 Kepala Laboratorium



(Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng)



## Lampiran 7 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

### LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN SERAT POLYPROPYLENE 0 kg/m<sup>3</sup> (SNI 03-4169-1996)

**Pengirim** : Anjas Tri Laksono  
**NIM** : 17 511 130  
**Asal Instansi** : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia  
**Keperluan** : Penelitian Tugas Akhir

#### I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f_c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
1-BA0	149,417	301,650

#### II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	37,5	0,01875	0,00009375	0,5703
20	20000	55	0,0275	0,0001375	1,1406
30	30000	83,4	0,0417	0,0002085	1,7109
40	40000	106,9	0,05345	0,00026725	2,2812
50	50000	140,9	0,07045	0,00035225	2,8516
60	60000	165,9	0,08295	0,00041475	3,4219
70	70000	190,4	0,0952	0,000476	3,9922
80	80000	212,9	0,10645	0,00053225	4,5625
90	90000	241,9	0,12095	0,00060475	5,1328
100	100000	266,8	0,1334	0,000667	5,7031
110	110000	301,3	0,15065	0,00075325	6,2734
120	120000	328,3	0,16415	0,00082075	6,8437
130	130000	357,3	0,17865	0,00089325	7,4140
140	140000	389,3	0,19465	0,00097325	7,9844
150	150000	433,7	0,21685	0,00108425	8,5547
160	160000	471,7	0,23585	0,00117925	9,1250
170	170000	505,2	0,2526	0,001263	9,6953
180	180000	560,2	0,2801	0,0014005	10,2656
190	190000	602,6	0,3013	0,0015065	10,8359
200	200000	680,6	0,3403	0,0017015	11,4062
210	210000	733,1	0,36655	0,00183275	11,9765
220	220000	838,5	0,41925	0,00209625	12,5469
230	230000	1123,8	0,5619	0,0028095	13,1172
200	200000	1175,3	0,58765	0,00293825	11,4062



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14.5 Telpon (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
 SERAT POLYPROPYLENE 0 kg/m<sup>3</sup>  
 (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f'_c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
2-BA0	149,750	300,833

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	47	0,0235	0,0001175	0,5678
20	20000	80,5	0,04025	0,00020125	1,1356
30	30000	115,4	0,0577	0,0002885	1,7033
40	40000	152,9	0,07645	0,00038225	2,2711
50	50000	179,4	0,0897	0,0004485	2,8389
60	60000	209,9	0,10495	0,00052475	3,4067
70	70000	249,9	0,12495	0,00062475	3,9744
80	80000	287,3	0,14365	0,00071825	4,5422
90	90000	319,8	0,1599	0,0007995	5,1100
100	100000	360,8	0,1804	0,000902	5,6778
110	110000	393,8	0,1969	0,0009845	6,2455
120	120000	433,7	0,21685	0,00108425	6,8133
130	130000	480,2	0,2401	0,0012005	7,3811
140	140000	524,7	0,26235	0,00131175	7,9489
150	150000	578,2	0,2891	0,0014455	8,5166
160	160000	621,1	0,31055	0,00155275	9,0844
170	170000	657,1	0,32855	0,00164275	9,6522
180	180000	708,1	0,35405	0,00177025	10,2200
190	190000	754	0,377	0,001885	10,7877
200	200000	815	0,4075	0,0020375	11,3555
210	210000	892,5	0,44625	0,00223125	11,9233
220	220000	970,4	0,4852	0,002426	12,4911
230	230000	1108,8	0,5544	0,002772	13,0588
235	235000	1358,7	0,67935	0,00339675	13,3427
200	200000	1665,5	0,83275	0,00416375	11,3555



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpom (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
 SERAT POLYPROPYLENE 0 kg/m<sup>3</sup>  
 (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f'_c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
3-BA0	150,933	301,983

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	22,5	0,01125	0,00005625	0,5589
20	20000	39,5	0,01975	0,00009875	1,1178
30	30000	75	0,0375	0,0001875	1,6767
40	40000	94,9	0,04745	0,00023725	2,2356
50	50000	128,4	0,0642	0,000321	2,7945
60	60000	158,9	0,07945	0,00039725	3,3534
70	70000	193,4	0,0967	0,0004835	3,9124
80	80000	228,9	0,11445	0,00057225	4,4713
90	90000	258,8	0,1294	0,000647	5,0302
100	100000	287,8	0,1439	0,0007195	5,5891
110	110000	311,8	0,1559	0,0007795	6,1480
120	120000	345,8	0,1729	0,0008645	6,7069
130	130000	373,8	0,1869	0,0009345	7,2658
140	140000	408,8	0,2044	0,001022	7,8247
150	150000	440,7	0,22035	0,00110175	8,3836
160	160000	482,2	0,2411	0,0012055	8,9425
170	170000	521,2	0,2606	0,001303	9,5014
180	180000	576,7	0,28835	0,00144175	10,0603
190	190000	660,6	0,3303	0,0016515	10,6192
200	200000	818,5	0,40925	0,00204625	11,1781
150	150000	890,5	0,44525	0,00222625	8,3836



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
SERAT *POLYPROPYLENE* 0,4 kg/m<sup>3</sup>  
(SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f'c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
1-BA0,4	150,817	300,467

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	26,5	0,01325	0,00006625	0,5598
20	20000	40,5	0,02025	0,00010125	1,1195
30	30000	62	0,031	0,000155	1,6793
40	40000	87,4	0,0437	0,0002185	2,2391
50	50000	109,9	0,05495	0,00027475	2,7989
60	60000	137,9	0,06895	0,00034475	3,3586
70	70000	157,4	0,0787	0,0003935	3,9184
80	80000	188,9	0,09445	0,00047225	4,4782
90	90000	226,4	0,1132	0,000566	5,0380
100	100000	263,3	0,13165	0,00065825	5,5977
110	110000	292,3	0,14615	0,00073075	6,1575
120	120000	332,8	0,1664	0,000832	6,7173
130	130000	388,8	0,1944	0,000972	7,2770
140	140000	451,2	0,2256	0,001128	7,8368
150	150000	505,2	0,2526	0,001263	8,3966
160	160000	593,6	0,2968	0,001484	8,9564
170	170000	688,1	0,34405	0,00172025	9,5161
180	180000	1060,4	0,5302	0,002651	10,0759
150	150000	1145,4	0,5727	0,0028635	8,3966



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
SERAT POLYPROPYLENE 0,4 kg/m<sup>3</sup>  
(SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f'c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
3-BA0,4	149,883	302,400

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	42,5	0,02125	0,00010625	0,5668
20	20000	71,5	0,03575	0,00017875	1,1335
30	30000	96,9	0,04845	0,00024225	1,7003
40	40000	124,4	0,0622	0,000311	2,2671
50	50000	151,9	0,07595	0,00037975	2,8338
60	60000	178,9	0,08945	0,00044725	3,4006
70	70000	206,4	0,1032	0,000516	3,9674
80	80000	231,4	0,1157	0,0005785	4,5341
90	90000	253,3	0,12665	0,00063325	5,1009
100	100000	284,3	0,14215	0,00071075	5,6677
110	110000	309,8	0,1549	0,0007745	6,2344
120	120000	337,8	0,1689	0,0008445	6,8012
130	130000	366,3	0,18315	0,00091575	7,3680
140	140000	386,8	0,1934	0,000967	7,9347
150	150000	425,7	0,21285	0,00106425	8,5015
160	160000	450,2	0,2251	0,0011255	9,0682
170	170000	481,2	0,2406	0,001203	9,6350
180	180000	524,2	0,2621	0,0013105	10,2018
190	190000	553,7	0,27685	0,00138425	10,7685
200	200000	596,6	0,2983	0,0014915	11,3353
210	210000	639,1	0,31955	0,00159775	11,9021
220	220000	705,6	0,3528	0,001764	12,4688
230	230000	770	0,385	0,001925	13,0356
240	240000	836	0,418	0,00209	13,6024
250	250000	912	0,456	0,00228	14,1691
260	260000	1088,8	0,5444	0,002722	14,7359
200	200000	1190,4	0,5952	0,002976	11,3353



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
SERAT *POLYPROPYLENE* 0,4 kg/m<sup>3</sup>  
(SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f'c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
5-BA0,4	150,917	301,533

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	23	0,0115	0,0000575	0,5590
20	20000	39,5	0,01975	0,00009875	1,1181
30	30000	65	0,0325	0,0001625	1,6771
40	40000	75	0,0375	0,0001875	2,2361
50	50000	94,9	0,04745	0,00023725	2,7952
60	60000	119,4	0,0597	0,0002985	3,3542
70	70000	135,4	0,0677	0,0003385	3,9132
80	80000	152,4	0,0762	0,000381	4,4722
90	90000	182,4	0,0912	0,000456	5,0313
100	100000	197,9	0,09895	0,00049475	5,5903
110	110000	220,9	0,11045	0,00055225	6,1493
120	120000	258,3	0,12915	0,00064575	6,7084
130	130000	288,8	0,1444	0,000722	7,2674
140	140000	322,3	0,16115	0,00080575	7,8264
150	150000	341,3	0,17065	0,00085325	8,3855
160	160000	377,3	0,18865	0,00094325	8,9445
170	170000	415,8	0,2079	0,0010395	9,5035
180	180000	461,2	0,2306	0,001153	10,0626
190	190000	483,7	0,24185	0,00120925	10,6216
200	200000	534,7	0,26735	0,00133675	11,1806
210	210000	585,1	0,29255	0,00146275	11,7396
220	220000	638,6	0,3193	0,0015965	12,2987
230	230000	701,6	0,3508	0,001754	12,8577
240	240000	773,5	0,38675	0,00193375	13,4167
250	250000	859	0,4295	0,0021475	13,9758
260	260000	970,4	0,4852	0,002426	14,5348
262	262000	1048,4	0,5242	0,002621	14,6466
200	200000	1495,1	0,74755	0,00373775	11,1806



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
SERAT *POLYPROPYLENE* 0,5 kg/m<sup>3</sup>  
(SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f'c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
2-BA0,5	150,617	300,933

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	11	0,0055	0,0000275	0,5613
20	20000	21	0,0105	0,0000525	1,1225
30	30000	36	0,018	0,00009	1,6838
40	40000	52	0,026	0,00013	2,2450
50	50000	69	0,0345	0,0001725	2,8063
60	60000	84,4	0,0422	0,000211	3,3676
70	70000	101,9	0,05095	0,00025475	3,9288
80	80000	117,9	0,05895	0,00029475	4,4901
90	90000	140,4	0,0702	0,000351	5,0513
100	100000	160,9	0,08045	0,00040225	5,6126
110	110000	188,4	0,0942	0,000471	6,1739
120	120000	211,4	0,1057	0,0005285	6,7351
130	130000	230,4	0,1152	0,000576	7,2964
140	140000	263,8	0,1319	0,0006595	7,8576
150	150000	281,8	0,1409	0,0007045	8,4189
160	160000	316,3	0,15815	0,00079075	8,9802
170	170000	343,8	0,1719	0,0008595	9,5414
180	180000	378,8	0,1894	0,000947	10,1027
190	190000	417,2	0,2086	0,001043	10,6639
200	200000	456,2	0,2281	0,0011405	11,2252
210	210000	508,2	0,2541	0,0012705	11,7865
220	220000	568,7	0,28435	0,00142175	12,3477
230	230000	635,6	0,3178	0,001589	12,9090
240	240000	728,6	0,3643	0,0018215	13,4702
245	245000	885,5	0,44275	0,00221375	13,7509
200	200000	1129,8	0,5649	0,0028245	11,2252



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
SERAT *POLYPROPYLENE* 0,5 kg/m<sup>3</sup>  
(SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f'_c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
4-BA0,5	150,133	301,633

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	52,5	0,02625	0,00013125	0,5649
20	20000	72,5	0,03625	0,00018125	1,1298
30	30000	95,9	0,04795	0,00023975	1,6946
40	40000	121,4	0,0607	0,0003035	2,2595
50	50000	143,9	0,07195	0,00035975	2,8244
60	60000	160,9	0,08045	0,00040225	3,3893
70	70000	187,9	0,09395	0,00046975	3,9542
80	80000	215,9	0,10795	0,00053975	4,5190
90	90000	234,9	0,11745	0,00058725	5,0839
100	100000	264,8	0,1324	0,000662	5,6488
110	110000	287,3	0,14365	0,00071825	6,2137
120	120000	308,8	0,1544	0,000772	6,7786
130	130000	336,3	0,16815	0,00084075	7,3434
140	140000	370,8	0,1854	0,000927	7,9083
150	150000	395,3	0,19765	0,00098825	8,4732
160	160000	418,2	0,2091	0,0010455	9,0381
170	170000	451,2	0,2256	0,001128	9,6030
180	180000	479,7	0,23985	0,00119925	10,1678
190	190000	517,7	0,25885	0,00129425	10,7327
200	200000	556,2	0,2781	0,0013905	11,2976
210	210000	588,1	0,29405	0,00147025	11,8625
220	220000	621,6	0,3108	0,001554	12,4274
230	230000	657,6	0,3288	0,001644	12,9922
240	240000	705,1	0,35255	0,00176275	13,5571
245	245000	761,5	0,38075	0,00190375	13,8395
200	200000	824,2	0,4121	0,0020605	11,2976





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 858444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
 SERAT *POLYPROPYLENE* 0,5 kg/m<sup>3</sup>  
 (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f'c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
5-BA0,5	150,050	302,400

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	18,5	0,00925	0,00004625	0,5655
20	20000	36,5	0,01825	0,00009125	1,1310
30	30000	53	0,0265	0,0001325	1,6965
40	40000	67,5	0,03375	0,00016875	2,2620
50	50000	84,9	0,04245	0,00021225	2,8275
60	60000	103,4	0,0517	0,0002585	3,3930
70	70000	123,9	0,06195	0,00030975	3,9586
80	80000	148,9	0,07445	0,00037225	4,5241
90	90000	164,9	0,08245	0,00041225	5,0896
100	100000	187,4	0,0937	0,0004685	5,6551
110	110000	210,9	0,10545	0,00052725	6,2206
120	120000	242,4	0,1212	0,000606	6,7861
130	130000	263,8	0,1319	0,0006595	7,3516
140	140000	308,8	0,1544	0,000772	7,9171
150	150000	353,3	0,17665	0,00088325	8,4826
160	160000	411,8	0,2059	0,0010295	9,0481
170	170000	482,7	0,24135	0,00120675	9,6136
180	180000	544,2	0,2721	0,0013605	10,1791
190	190000	586,6	0,2933	0,0014665	10,7446
200	200000	640,6	0,3203	0,0016015	11,3101
210	210000	701,6	0,3508	0,001754	11,8757
220	220000	748,6	0,3743	0,0018715	12,4412
230	230000	834,5	0,41725	0,00208625	13,0067
200	200000	922,4	0,4612	0,002306	11,3101



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
SERAT *POLYPROPYLENE* 0,6 kg/m<sup>3</sup>  
(SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f'c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
3-BA0,5	150,050	302,400

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	48,5	0,02425	0,00012125	0,5659
20	20000	77	0,0385	0,0001925	1,1318
30	30000	108,9	0,05445	0,00027225	1,6977
40	40000	140,4	0,0702	0,000351	2,2635
50	50000	161,9	0,08095	0,00040475	2,8294
60	60000	203,4	0,1017	0,0005085	3,3953
70	70000	219,9	0,10995	0,00054975	3,9612
80	80000	244,4	0,1222	0,000611	4,5271
90	90000	274,8	0,1374	0,000687	5,0930
100	100000	304,8	0,1524	0,000762	5,6588
110	110000	334,8	0,1674	0,000837	6,2247
120	120000	372,8	0,1864	0,000932	6,7906
130	130000	401,3	0,20065	0,00100325	7,3565
140	140000	441,7	0,22085	0,00110425	7,9224
150	150000	475,7	0,23785	0,00118925	8,4883
160	160000	520,2	0,2601	0,0013005	9,0541
170	170000	553,2	0,2766	0,001383	9,6200
180	180000	602,1	0,30105	0,00150525	10,1859
190	190000	642,6	0,3213	0,0016065	10,7518
200	200000	701,6	0,3508	0,001754	11,3177
210	210000	778,5	0,38925	0,00194625	11,8836
220	220000	889	0,4445	0,0022225	12,4495
223	223000	1050,9	0,52545	0,00262725	12,6192
150	150000	1193,8	0,5969	0,0029845	8,4883



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks.3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
SERAT *POLYPROPYLENE* 0,6 kg/m<sup>3</sup>  
(SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f'c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
4-BA0,5	150,317	301,900

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	45,5	0,02275	0,00011375	0,5635
20	20000	73,5	0,03675	0,00018375	1,1270
30	30000	107,4	0,0537	0,0002685	1,6905
40	40000	138,4	0,0692	0,000346	2,2540
50	50000	161,4	0,0807	0,0004035	2,8175
60	60000	197,4	0,0987	0,0004935	3,3810
70	70000	210,9	0,10545	0,00052725	3,9445
80	80000	233,9	0,11695	0,00058475	4,5080
90	90000	263,8	0,1319	0,0006595	5,0715
100	100000	287,3	0,14365	0,00071825	5,6350
110	110000	314,8	0,1574	0,000787	6,1985
120	120000	348,3	0,17415	0,00087075	6,7620
130	130000	377,8	0,1889	0,0009445	7,3255
140	140000	410,8	0,2054	0,001027	7,8890
150	150000	451,7	0,22585	0,00112925	8,4525
160	160000	471,7	0,23585	0,00117925	9,0160
170	170000	516,2	0,2581	0,0012905	9,5795
180	180000	556,7	0,27835	0,00139175	10,1430
190	190000	599,1	0,29955	0,00149775	10,7065
200	200000	628,1	0,31405	0,00157025	11,2700
210	210000	688,6	0,3443	0,0017215	11,8336
220	220000	739,1	0,36955	0,00184775	12,3971
230	230000	824	0,412	0,00206	12,9606
240	240000	900,5	0,45025	0,00225125	13,5241
242	242000	1031,9	0,51595	0,00257975	13,6368
200	200000	1142,8	0,5714	0,002857	11,2700



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
SERAT POLYPROPYLENE 0,6 kg/m<sup>3</sup>  
(SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f_c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
5-BA0,5	149,000	299,350

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	28	0,014	0,00007	0,5735
20	20000	43	0,0215	0,0001075	1,1470
30	30000	59,5	0,02975	0,00014875	1,7205
40	40000	77	0,0385	0,0001925	2,2940
50	50000	95,9	0,04795	0,00023975	2,8675
60	60000	117,9	0,05895	0,00029475	3,4410
70	70000	142,9	0,07145	0,00035725	4,0145
80	80000	161,4	0,0807	0,0004035	4,5880
90	90000	193,4	0,0967	0,0004835	5,1615
100	100000	228,4	0,1142	0,000571	5,7351
110	110000	260,8	0,1304	0,000652	6,3086
120	120000	293,8	0,1469	0,0007345	6,8821
130	130000	330,3	0,16515	0,00082575	7,4556
140	140000	370,3	0,18515	0,00092575	8,0291
150	150000	411,3	0,20565	0,00102825	8,6026
160	160000	455,2	0,2276	0,001138	9,1761
170	170000	498,7	0,24935	0,00124675	9,7496
180	180000	556,7	0,27835	0,00139175	10,3231
190	190000	610,6	0,3053	0,0015265	10,8966
200	200000	680,1	0,34005	0,00170025	11,4701
210	210000	748,1	0,37405	0,00187025	12,0436
220	220000	814	0,407	0,002035	12,6171
230	230000	900	0,45	0,00225	13,1906
240	240000	1052,9	0,52645	0,00263225	13,7641
245	245000	1213,8	0,6069	0,0030345	14,0509
200	200000	1573,6	0,7868	0,003934	11,4701



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
SERAT *POLYPROPYLENE* 0,7 kg/m<sup>3</sup>  
(SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f'_c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
1-BA0,7	151,333	303,317

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	46	0,023	0,000115	0,5560
20	20000	77,5	0,03875	0,00019375	1,1119
30	30000	108,9	0,05445	0,00027225	1,6679
40	40000	139,4	0,0697	0,0003485	2,2238
50	50000	165,4	0,0827	0,0004135	2,7798
60	60000	189,9	0,09495	0,00047475	3,3357
70	70000	237,4	0,1187	0,0005935	3,8917
80	80000	269,8	0,1349	0,0006745	4,4477
90	90000	299,3	0,14965	0,00074825	5,0036
100	100000	333,3	0,16665	0,00083325	5,5596
110	110000	375,8	0,1879	0,0009395	6,1155
120	120000	417,7	0,20885	0,00104425	6,6715
130	130000	457,2	0,2286	0,001143	7,2274
140	140000	496,7	0,24835	0,00124175	7,7834
150	150000	551,2	0,2756	0,001378	8,3393
160	160000	599,1	0,29955	0,00149775	8,8953
170	170000	661,6	0,3308	0,001654	9,4513
180	180000	750	0,375	0,001875	10,0072
190	190000	837	0,4185	0,0020925	10,5632
200	200000	927,9	0,46395	0,00231975	11,1191
210	210000	1025,2	0,5126	0,002563	11,6751
220	220000	1124,6	0,5623	0,0028115	12,2310
230	230000	1204	0,602	0,00301	12,7870
236	236000	1298,2	0,6491	0,0032455	13,1206
200	200000	1420,2	0,7101	0,0035505	11,1191



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
 SERAT *POLYPROPYLENE* 0,7 kg/m<sup>3</sup>  
 (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f'c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
2-BA0,7	151,183	302,600

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	28,5	0,01425	0,00007125	0,5571
20	20000	49,5	0,02475	0,00012375	1,1141
30	30000	61,5	0,03075	0,00015375	1,6712
40	40000	74,5	0,03725	0,00018625	2,2282
50	50000	94,9	0,04745	0,00023725	2,7853
60	60000	115,4	0,0577	0,0002885	3,3424
70	70000	135,4	0,0677	0,0003385	3,8994
80	80000	165,9	0,08295	0,00041475	4,4565
90	90000	190,9	0,09545	0,00047725	5,0135
100	100000	218,9	0,10945	0,00054725	5,5706
110	110000	250,8	0,1254	0,000627	6,1277
120	120000	292,8	0,1464	0,000732	6,6847
130	130000	332,8	0,1664	0,000832	7,2418
140	140000	372,8	0,1864	0,000932	7,7988
150	150000	427,7	0,21385	0,00106925	8,3559
160	160000	495,2	0,2476	0,001238	8,9130
170	170000	571,7	0,28585	0,00142925	9,4700
180	180000	664,8	0,3324	0,001662	10,0271
190	190000	772,6	0,3863	0,0019315	10,5841
200	200000	858,2	0,4291	0,0021455	11,1412
210	210000	957,6	0,4788	0,002394	11,6983
220	220000	1051,4	0,5257	0,0026285	12,2553
225	225000	1167,4	0,5837	0,0029185	12,5339
200	200000	1345,2	0,6726	0,003363	11,1412



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpn (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON RINGAN TAMBAHAN  
SERAT POLYPROPYLENE 0,7 kg/m<sup>3</sup>  
(SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana  $f'c = 20$  MPa

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)
3-BA0,7	150,850	300,483

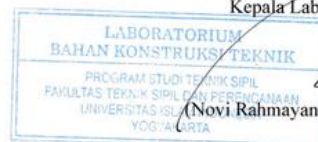
II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial .....x10 <sup>-3</sup>	$\Delta L$ Sebenarnya (1/2 $\Delta L$ )(mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ )(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	33,5	0,01675	0,00008375	0,5595
20	20000	51,5	0,02575	0,00012875	1,1190
30	30000	68,5	0,03425	0,00017125	1,6786
40	40000	88,4	0,0442	0,000221	2,2381
50	50000	112,9	0,05645	0,00028225	2,7976
60	60000	142,9	0,07145	0,00035725	3,3571
70	70000	178,9	0,08945	0,00044725	3,9167
80	80000	220,4	0,1102	0,000551	4,4762
90	90000	256,8	0,1284	0,000642	5,0357
100	100000	308,3	0,15415	0,00077075	5,5952
110	110000	349,8	0,1749	0,0008745	6,1548
120	120000	408,3	0,20415	0,00102075	6,7143
130	130000	459,7	0,22985	0,00114925	7,2738
140	140000	520,2	0,2601	0,0013005	7,8333
150	150000	608,1	0,30405	0,00152025	8,3929
160	160000	705,6	0,3528	0,001764	8,9524
170	170000	837	0,4185	0,0020925	9,5119
180	180000	947,4	0,4737	0,0023685	10,0714
190	190000	1057,6	0,5288	0,002644	10,6310
200	200000	1186,4	0,5932	0,002966	11,1905
210	210000	1325,2	0,6626	0,003313	11,7500
214	214000	1468,1	0,73405	0,00367025	11,9738
200	200000	1612,6	0,8063	0,0040315	11,1905

Diperiksa,  
Laboran

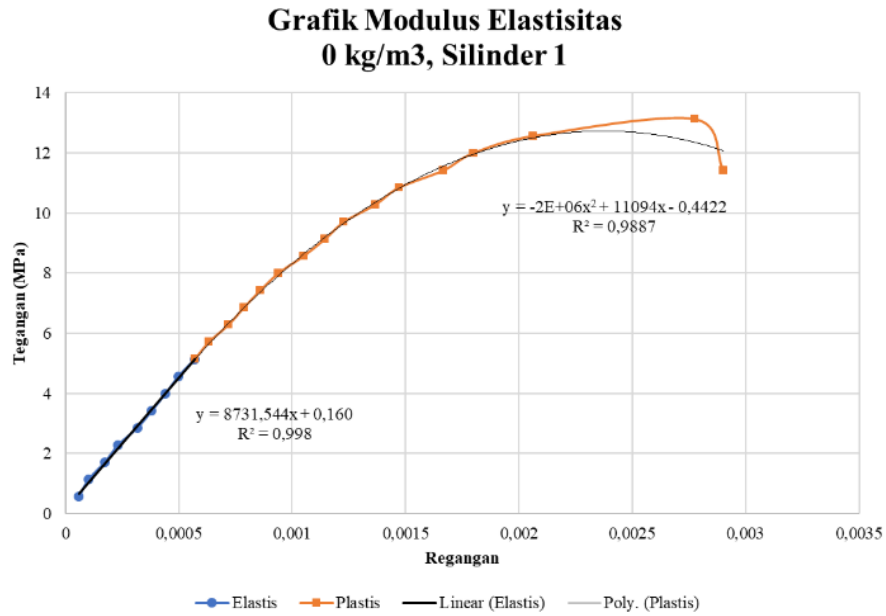
(Darussalam, A.Md.)

Disetujui,  
Kepala Laboratorium

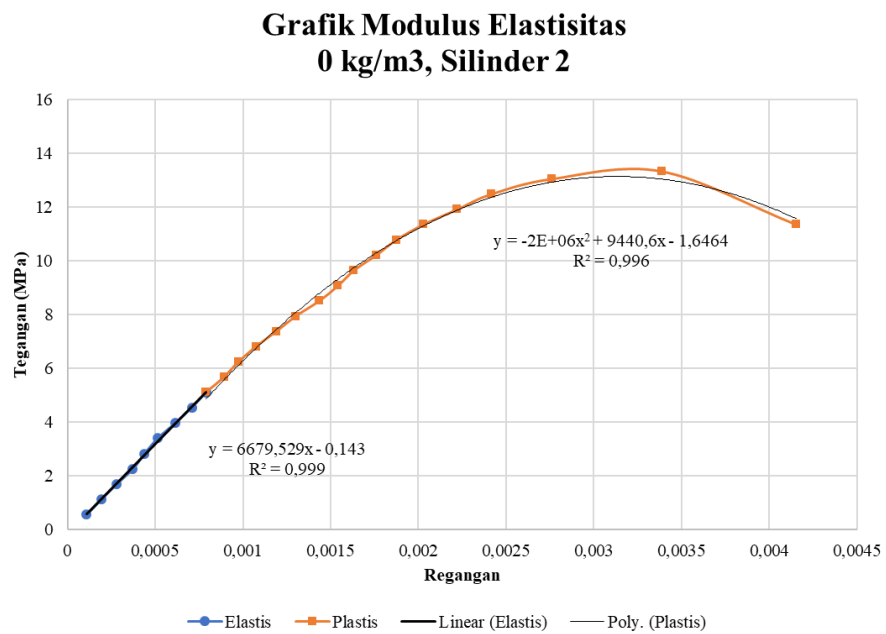


(Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng)

## Lampiran 8 Grafik Modulus Elastisitas Beton



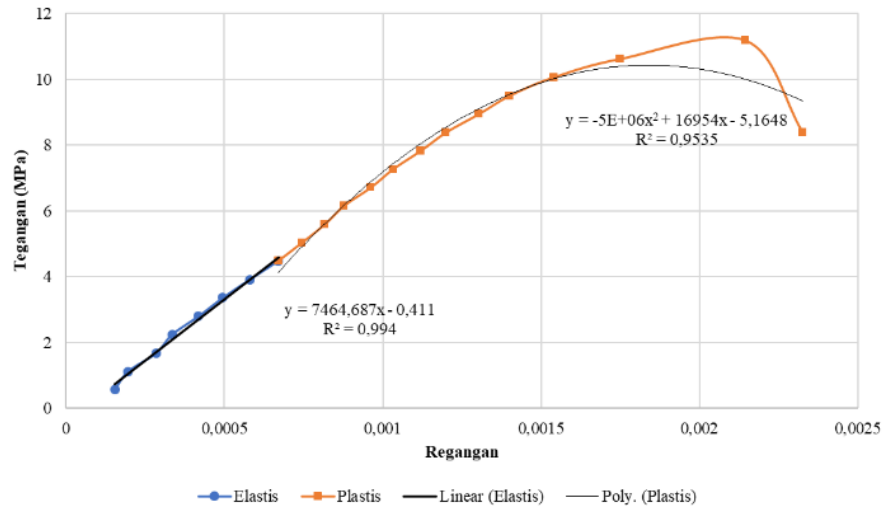
**Gambar L-8.1 Modulus Elastisitas 0 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 1**



**Gambar L-8.2 Modulus Elastisitas 0 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 2**

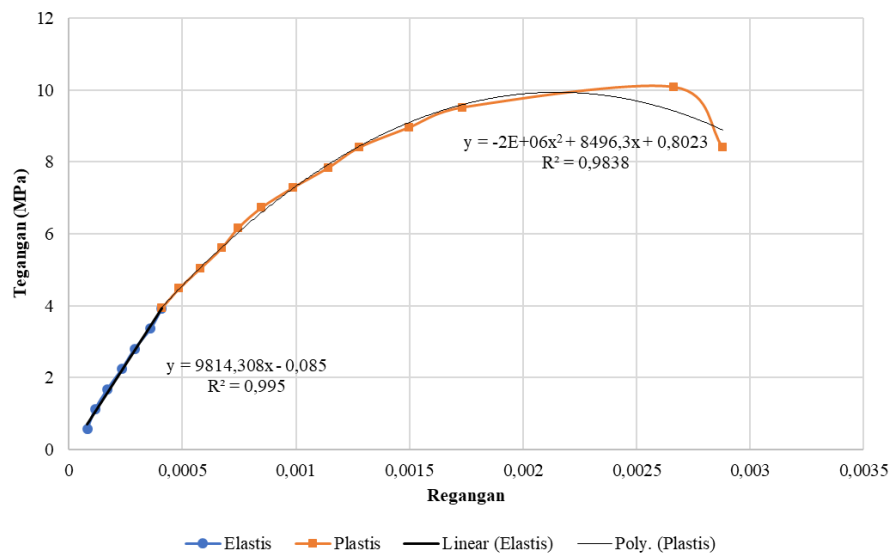


**Grafik Modulus Elastisitas  
0 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 3**



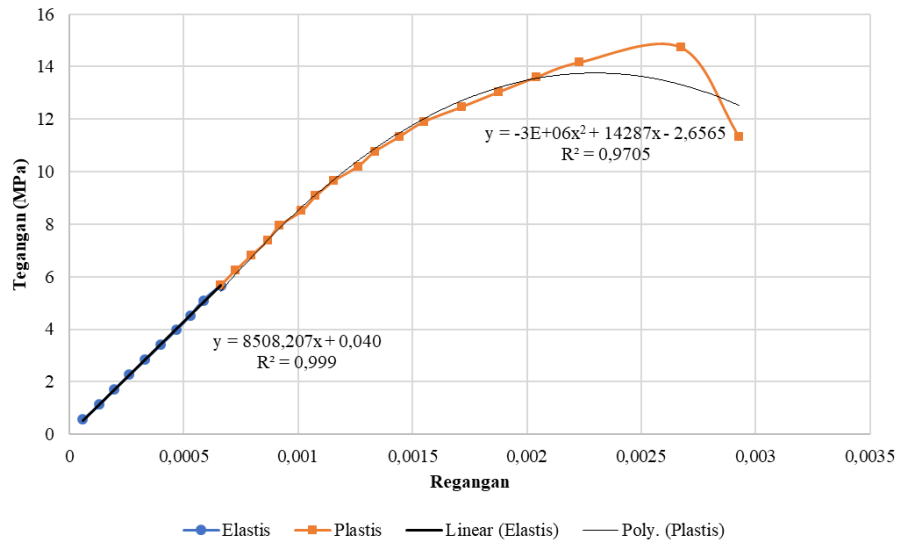
**Gambar L-8.3 Modulus Elastisitas 0 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 3**

**Grafik Modulus Elastisitas  
0,4 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 1**



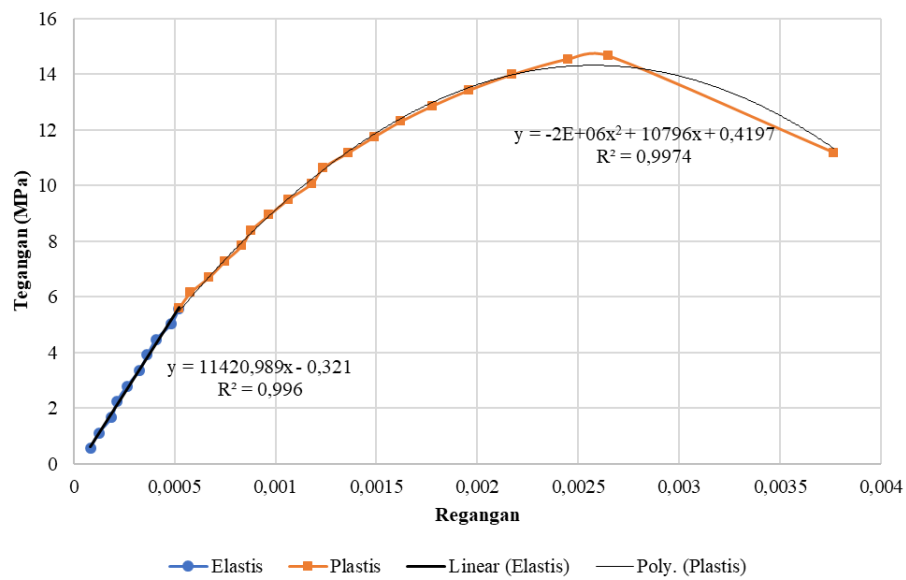
**Gambar L-8.4 Modulus Elastisitas 0,4 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 1**

**Grafik Modulus Elastisitas  
0,4 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 2**



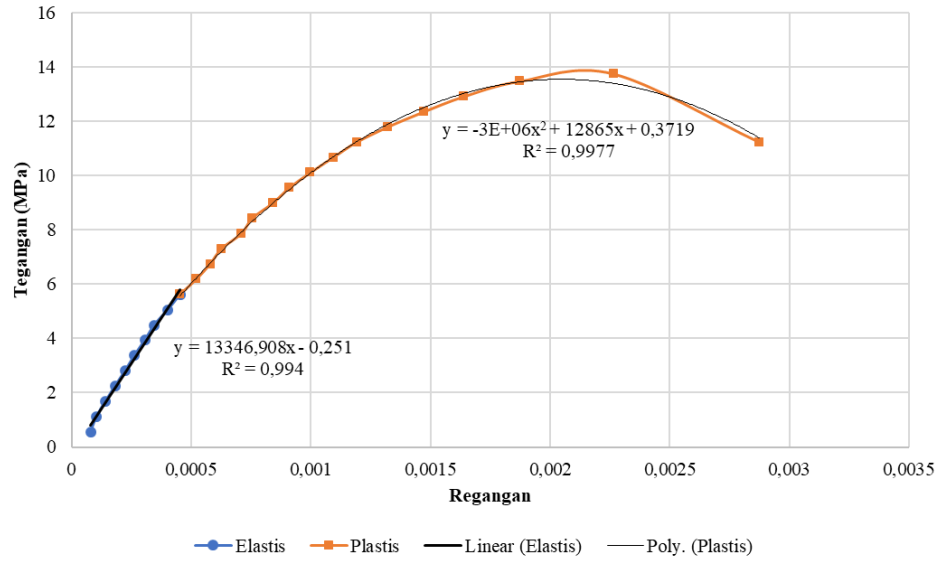
**Gambar L-8.5 Modulus Elastisitas 0,4 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 2**

**Grafik Modulus Elastisitas  
0,4 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 3**



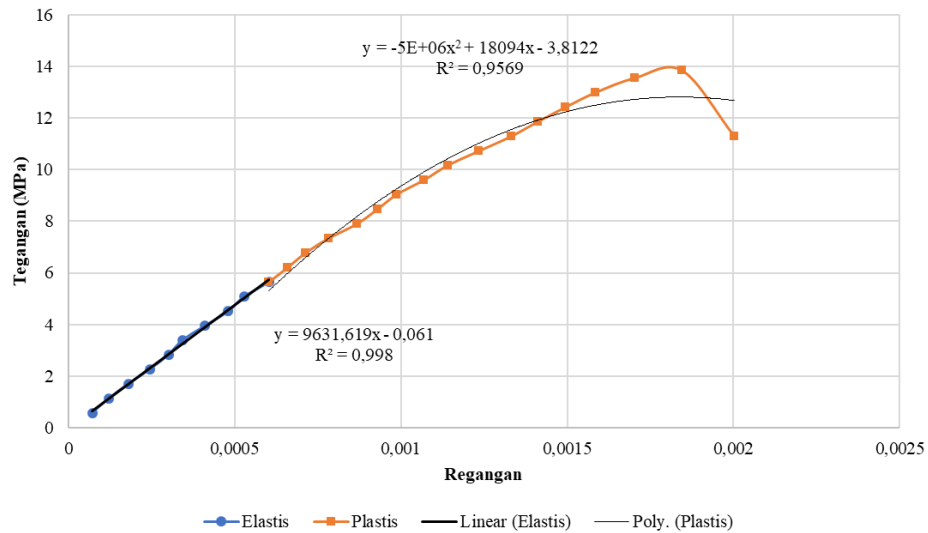
**Gambar L-8.6 Modulus Elastisitas 0,4 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 3**

**Grafik Modulus Elastisitas  
0,5 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 1**



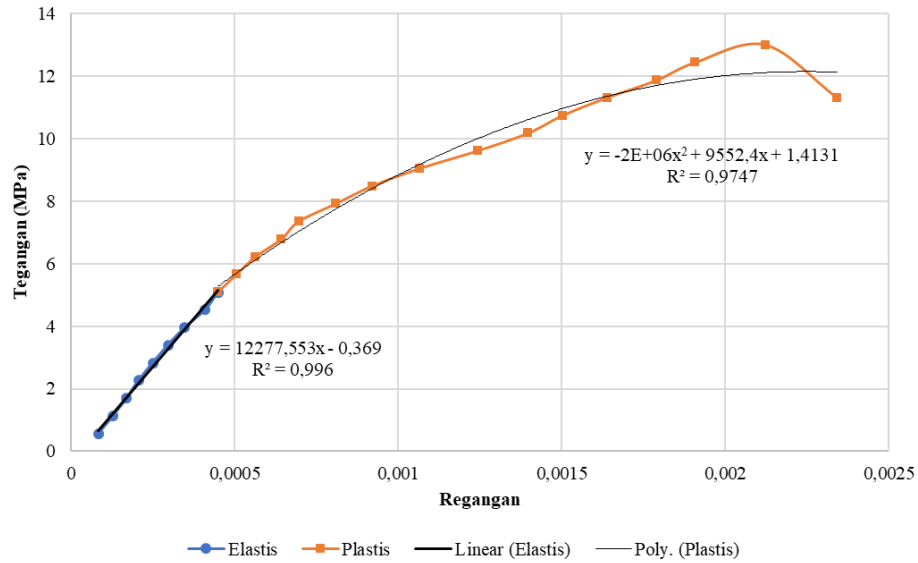
**Gambar L-8.7 Modulus Elastisitas 0,5 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 1**

**Grafik Modulus Elastisitas  
0,5 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 2**



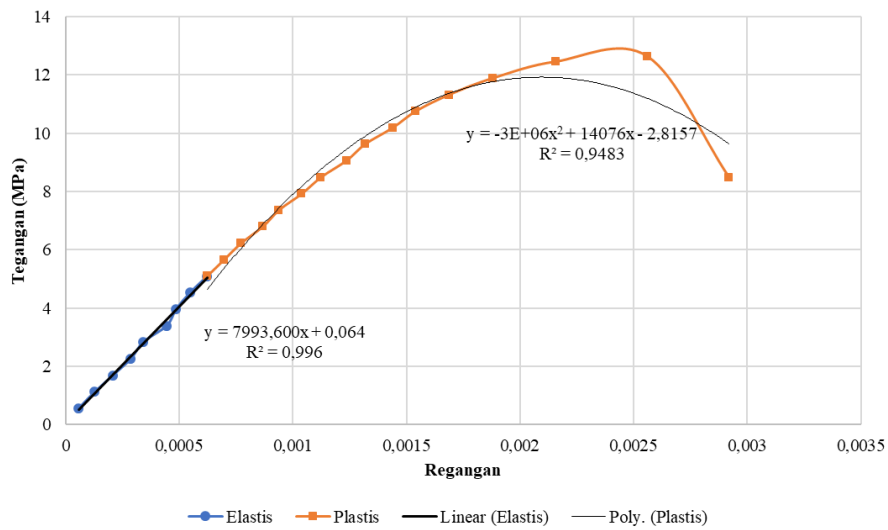
**Gambar L-8.8 Modulus Elastisitas 0,5 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 2**

**Grafik Modulus Elastisitas  
0,5 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 3**



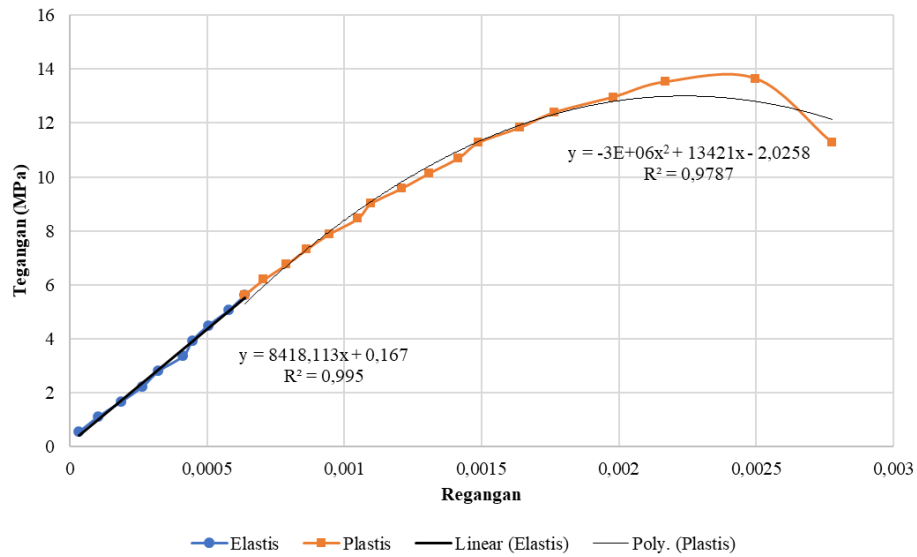
**Gambar L-8.9 Modulus Elastisitas 0,5 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 3**

**Grafik Modulus Elastisitas  
0,6 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 1**



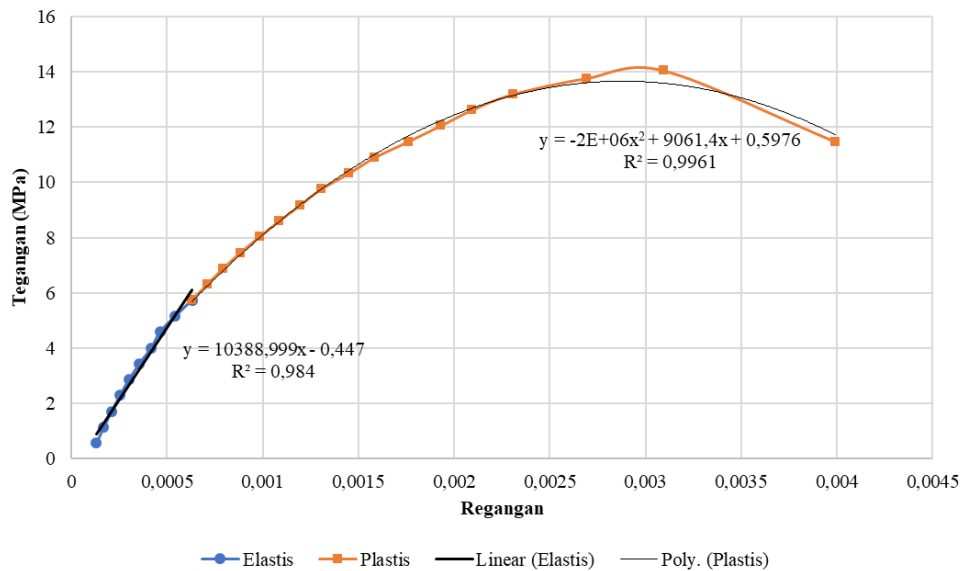
**Gambar L-8.10 Modulus Elastisitas 0,6 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 1**

**Grafik Modulus Elastisitas  
0,6 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 2**



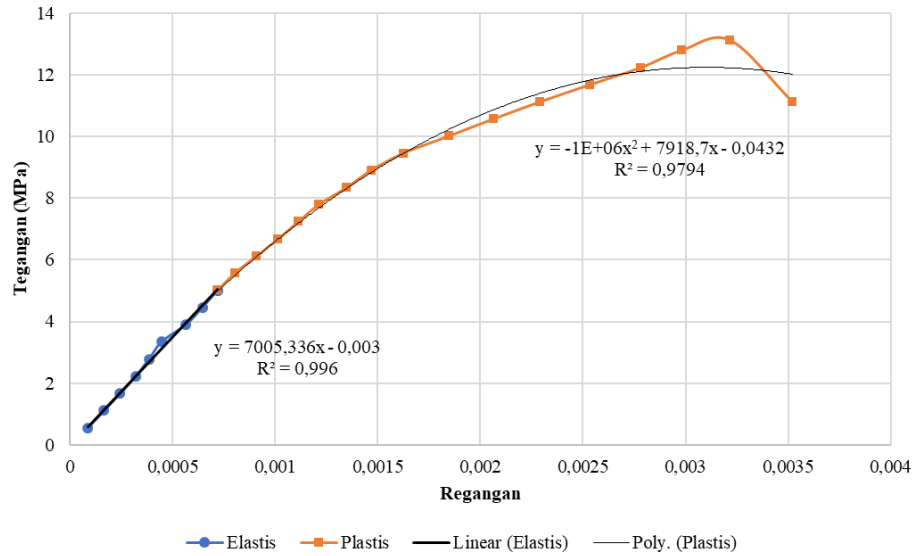
**Gambar L-8.11 Modulus Elastisitas 0,6 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 2**

**Grafik Modulus Elastisitas  
0,6 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 3**



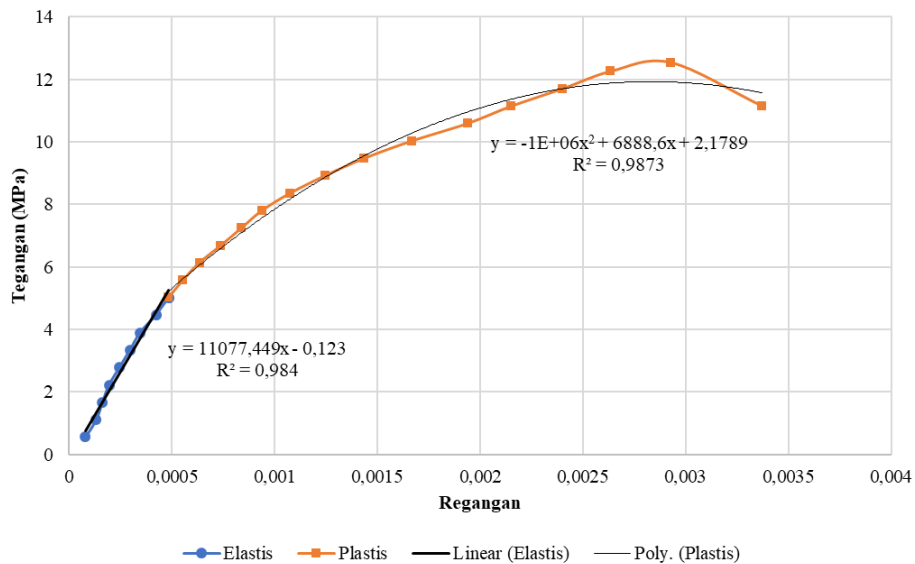
**Gambar L-8.12 Modulus Elastisitas 0,6 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 3**

**Grafik Modulus Elastisitas  
0,7 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 1**



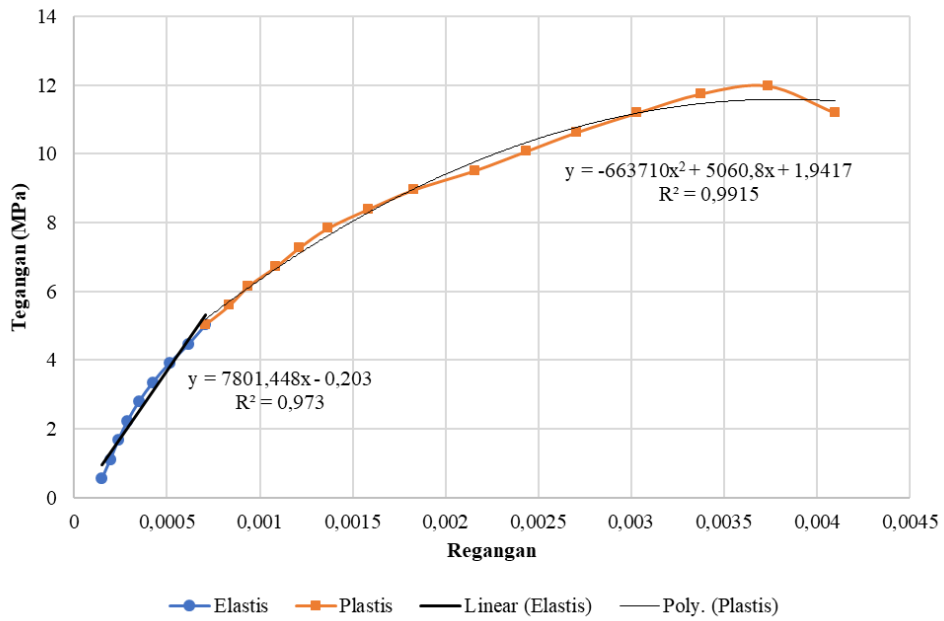
**Gambar L-8.13 Modulus Elastisitas 0,7 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 1**

**Grafik Modulus Elastisitas  
0,7 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 2**



**Gambar L-8.14 Modulus Elastisitas 0,7 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 2**

### Grafik Modulus Elastisitas 0,7 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 3



Gambar L-8.15 Modulus Elastisitas 0,7 kg/m<sup>3</sup>, Silinder 3

