

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK BOTOL AIR MINERAL TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK DAN KUAT LENTUR BETON (*THE EFFECT OF ADDING MINERAL WATER PLASTIC WASTE ON THE COMPRESSIVE STRENGTH, TENSILE STRENGTH, AND FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE*)

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



Mufida Rahma Widiarini
17511101

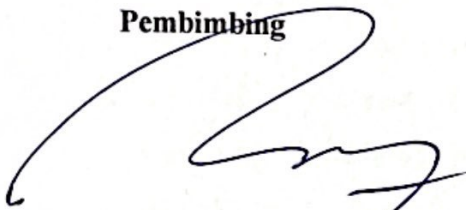
**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN


PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK
BOTOL AIR MINERAL TERHADAP KUAT TEKAN,
KUAT TARIK DAN KUAT LENTUR BETON
(THE EFFECT OF ADDING MINERAL WATER
PLASTIC WASTE ON THE COMPRESSIVE
STRENGTH, TENSILE STRENGTH, AND FLEXURAL
STRENGTH OF CONCRETE)



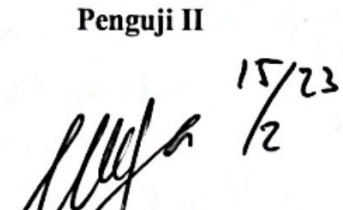
Pembimbing


Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.
NIK: 155111306

Penguji I


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

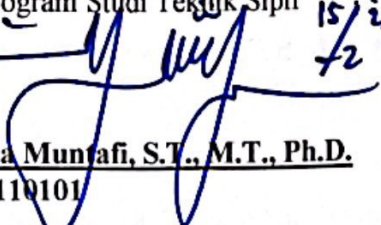
Penguji II


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



Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil


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

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayah-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 terang benderang seperti sekarang ini.

Laporan Tugas Akhir ini disusun dengan maksud untuk memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini banyak hambatan dan rintangan yang dihadapi oleh penulis, namun berkat saran, kritik, dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :


1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, nasihat, serta motivasi selama penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu membimbing serta memberikan saran dan motivasi 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 Malik Musthofa, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan koreksi sehingga Tugas Akhir ini menjadi lebih baik serta telah memberikan nasihat dan motivasi kepada penulis.

6. Bapak Darussalam dan Suwarno selaku Laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yang telah membantu penulis selama proses pengumpulan data pengujian.
7. Seluruh dosen, pengajar, asisten, serta staf dan karyawan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yang telah memberikan ilmu serta memfasilitasi penulis selama masa kuliah.
8. Bapak Widiarto Tri Saksono, S.P. M.M.A dan Ibu Titik Windarini, M.Pd. yang selalu memberikan do'a, dukungan, motivasi serta semangat kepada penulis hingga selesainya Tugas Akhir ini. Terima kasih atas segala do'a dan kasih sayang yang tiada henti hingga penulis mencapai titik seperti sekarang ini.
9. Semua sahabat dan teman yang tidak dapat disebutkan satu per satu dalam memberikan bantuan dan dukungan selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan ridho-NYA kepada kita semua.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 10 Februari 2023
Penulis,



Mufida Rahma Widiarini
(17511101)

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tugas Akhir yang penulis susun sebagai syarat untuk menyelesaikan studi tingkat Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai 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, saya bersedia menerima sanksi termasuk pencabutan gelar akademik yang penulis sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 10 Februari 2023

Yang membuat pernyataan,



Mufida Rahma Widiarini

(17511101)

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan penelitian	4
1.4 Manfaat penelitian	4
1.5 Batasan penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya	10
BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Pengertian Beton	15
3.2 Bahan Penyusun Beton	16
3.2.1 Semen	16
3.2.2 Air	17
3.2.3 Agregat	18
3.2.4 Bahan Tambah	23
3.3 Serat	24
3.4 Beton Serat	25

3.5 Plastik jenis <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	25
3.6 Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Lentur Beton	26
3.6.1 Kuat Tekan Beton	26
3.6.2 Kuat Tarik Belah Beton	27
3.6.3 Kuat Lentur Beton	28
BAB IV METODE PENELITIAN	32
4.1 Umum	32
4.2 Tahap Pengambilan Data	32
4.2.1 Data Primer	32
4.2.2 Data Sekunder	32
4.3 Variabel Penelitian	33
4.4 Bahan dan Benda Uji	33
4.4.1 Bahan	33
4.4.2 Benda Uji	34
4.5 Peralatan	34
4.6 Tahapan Penelitian	35
4.6.1 Persiapan	35
4.6.2 Pemeriksaan Agregat Halus	35
4.6.3 Pemeriksaan Agregat Kasar	38
4.6.4 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	39
4.7 Pembuatan Benda Uji	40
4.8 Perawatan Benda Uji	40
4.9 Pengujian Benda Uji	41
4.10 Pengolahan Data	43
4.11 Analisis Data	43
4.12 Pembahasan	43
4.13 Kesimpulan dan Saran	43
4.14 Bagan Alir Penelitian	43
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	46
5.1 Tinjauan Umum	46
5.2 Pengujian Agregat Halus	46

5.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air	46
5.2.2 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	48
5.2.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	48
5.2.4 Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Halus	51
5.3 Pengujian Agregat Kasar	52
5.3.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	53
5.3.2 Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar	54
5.3.3 Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Kasar	57
5.4 Pengujian Cacahan Botol <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	58
5.4.1 Pengujian Berat Volume Gembur Cacahan Botol <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	58
5.4.2 Pengujian Berat Volume Padat Cacahan Botol <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	60
5.5 Perencanaan Campuran Beton	62
5.6 Hasil Pengujian Slump	73
5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	75
5.7.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Cacahan Botol PET Panjang 1 cm	78
5.7.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Cacahan Botol PET Panjang 2 cm	79
5.7.3 Pembahasan Secara Keseluruhan Pengujian Kuat Tekan Beton	80
5.8 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	81
5.8.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi Cacahan Botol PET Panjang 1 cm	84
5.8.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi Cacahan Botol PET Panjang 2 cm	85
5.8.3 Pembahasan Secara Keseluruhan Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	86
5.9 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton	87
5.9.1 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi Serat Cacahan Botol PET 1 cm	89

5.9.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi Serat Cacahan	
Botol PET 2 cm	90
5.9.3 Pembahasan Secara Keseluruhan Pengujian Kuat Lentur Beton	91
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	93
Daftar Pustaka	95
LAMPIRAN	98



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Perbandingan Kuat Tarik Variasi Rata-Rata dengan Beton Normal	7
Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	12
Tabel 3.1 Tabel Gradasi Agregat Halus	19
Tabel 3. 2 Tabel Gradasi Agregat Kasar	21
Tabel 4.1 Jumlah Sampel Benda Uji	34
Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	47
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	48
Tabel 5.3 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1	49
Tabel 5.4 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2	49
Tabel 5.5 Daerah Gradasi Agregat Halus	50
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	52
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	52
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	53
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 1	54
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 2	55
Tabel 5.11 Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar	57
Tabel 5.12 Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar	57
Tabel 5.13 Pengujian Berat Volume Gembur Cacahan Botol <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET) Panjang 1 cm	59
Tabel 5.14 Pengujian Berat Volume Gembur Cacahan Botol <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET) Panjang 2 cm	59
Tabel 5.15 Pengujian Berat Volume Padat Cacahan Botol <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET) Panjang 1 cm	61
Tabel 5.16 Pengujian Berat Volume Padat Cacahan Botol <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET) Panjang 2 cm	61
Tabel 5.17 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan $f_{as} = 0,5$	63

Tabel 5. 18 Hasil Perkiraan Kebutuhan Kadar Air Bebas (kg/ m ³)	64
Tabel 5.19 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus	65
Tabel 5.20 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	71
Tabel 5.21 Rekapitulasi Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	72
Tabel 5. 22 Rekapitulasi Kebutuhan Material Campuran Beton	73
Tabel 5.23 Hasil Pengujian Slump	74
Tabel 5.24 Data Benda Uji Kuat Tekan Beton	76
Tabel 5.25 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	77
Tabel 5.26 Persentase Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Cacahan Botol Plastik PET terhadap Beton Normal	80
Tabel 5.27 Data Benda Uji Kuat Tarik Belah Beton	82
Tabel 5.28 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton	83
Tabel 5.29 Persentase Kuat Tarik Beton dengan Penambahan Cacahan Botol Plastik PET terhadap Beton Normal	86
Tabel 5.30 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton	88
Tabel 5.31 Persentase Kuat Lentur Beton dengan Penambahan Cacahan Botol Plastik PET terhadap Beton Normal	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kemasan Botol Plastik Air Mineral	2
Gambar 3.1 Kode angka satu pada plastik jenis <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	26
Gambar 3.2 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton	27
Gambar 3.3 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Beton	28
Gambar 3.4 Sketsa Pengujian Kuat Lentur Beton Dua Titik Pembebanan	30
Gambar 3.5 Sketsa Pengujian Kuat Lentur Beton Satu Titik Pembebanan	31
Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian	44
Gambar 5.1 Proses Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	47
Gambar 5.2 Proses Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus	48
Gambar 5.3 Gradasi Agregat Halus Sampel 1	51
Gambar 5.4 Gradasi Agregat Halus Sampel 2	51
Gambar 5.5 Agregat Kasar Clereng	53
Gambar 5.6 Gradasi Agregat Kasar Sampel 1	56
Gambar 5.7 Gradasi Agregat Kasar Sampel 2	56
Gambar 5.8 Proses Pengujian Berat Volume Agregat Kasar	57
Gambar 5.9 Proses Pengujian Berat Volume Gembur Cacahan Botol <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	59
Gambar 5.10 Proses Pengujian Berat Volume Padat Cacahan Botol <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	61
Gambar 5.11 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	64
Gambar 5.12 Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	66
Gambar 5.13 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan	67
Gambar 5.14 Nilai Slump	74
Gambar 5.15 Nilai Kuat Tekan Beton Variasi Panjang 1 cm	78
Gambar 5.16 Nilai Kuat Tekan Beton Variasi Panjang 2 cm	79
Gambar 5.17 Nilai Kuat Tarik Belah Beton Variasi Panjang 1 cm	84

Gambar 5.18 Nilai Kuat Tarik Belah Beton Variasi Panjang 2 cm	85
Gambar 5. 19 Nilai Kuat Lentur Beton Variasi Panjang 1 cm	89
Gambar 5.20 Nilai Kuat Lentur Beton Variasi Panjang 2 cm	90



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Alat yang Digunakan	99
Lampiran 2 Gambar Bahan yang Digunakan	103
Lampiran 3 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji	105
Lampiran 4 Data Hasil Pemeriksaan Bahan	111
Lampiran 5 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	131
Lampiran 6 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	133
Lampiran 7 Data Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton	135



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luas penampang benda uji (mm)
ASTM	= <i>American Society of Testing and Materials</i>
b	= Lebar tampang bidang patah (mm)
B _j	= Berat jenis
B _{JAG}	= Berat jenis agregat gabungan
B _{JAH}	= Berat jenis agregat halus
B _{JAK}	= Berat jenis agregat kasar
BN	= Beton normal
BLM 1-0,2	= Beton campuran PET panjang 1 cm dengan penambahan 0,2%
BLM 1-0,4	= Beton campuran PET panjang 1 cm dengan penambahan 0,4%
BLM 1-0,6	= Beton campuran PET panjang 1 cm dengan penambahan 0,6%
BLM 1-0,8	= Beton campuran PET panjang 1 cm dengan penambahan 0,8%
BLM 2-0,2	= Beton campuran PET panjang 2 cm dengan penambahan 0,2%
BLM 2-0,4	= Beton campuran PET panjang 2 cm dengan penambahan 0,4%
BLM 2-0,6	= Beton campuran PET panjang 2 cm dengan penambahan 0,6%
BLM 2-0,8	= Beton campuran PET panjang 2 cm dengan penambahan 0,8%
c	= Jarak antara tampang lintang patah dan tumpuan terdekat (mm)
CTM	= <i>Compressing Test Machine</i>
d	= Diameter benda uji (mm)
FAS	= Faktor Air Semen
f ['] c	= Kuat tekan beton (MPa)
f ['] cr	= Kuat tekan beton rata-rata direncanakan (MPa)
f _{ct}	= Kuat tarik belah (MPa)
f _{lt}	= Kuat lentur benda uji (MPa)
h	= Tinggi tampang bidang patah (mm)
L	= Jarak bentang antara dua perletakan (mm)
MHB	= Modulus halus butir
P	= beban maksimum (N)

PCC	= <i>Portland Composite Cement</i>
PET	= <i>Polyethylene Terephthalate</i>
SSD	= <i>Saturated Surface Cement</i>
SNI	= <i>Standar Nasional Indonesia</i>



ABSTRAK

Perkembangan zaman terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju salah satunya di bidang konstruksi. Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang sering digunakan karena memiliki nilai kuat tekan yang tinggi, akan tetapi lemah terhadap kuat tarik dan kuat lentur. Penggunaan bahan tambah dalam campuran beton diharapkan dapat meningkatkan mutu dan kualitas beton yang direncanakan. Penambahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) adalah salah satu upaya dalam mengurangi sampah plastik yang penggunaannya banyak di masyarakat.

Dalam penelitian penambahan PET pada campuran beton bertujuan untuk mengetahui pengaruh terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur. Variasi persentase penambahan sebesar 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, dan 0,8% dan variasi panjang cacahan 1 cm dan 2 cm dengan lebar 1-2 mm. Benda uji yang digunakan adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan balok beton dengan panjang 40 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 10 cm. Perencanaan campuran beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dengan kuat tekan rencana sebesar 25 MPa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penambahan PET pada beton mengalami penurunan kuat tekan beton, namun meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur. Nilai slump yang menurun dari 11 cm sampai 5,5 cm seiring dengan penambahan cacahan PET. Kuat tekan beton pada beton normal sebesar 29,243 MPa, sedangkan dengan penambahan PET panjang 1 cm pada persentase 0,4% sebesar 27,899 MPa dan dengan panjang 2 cm persentase 0,6% sebesar 26,942 MPa. Nilai kuat tarik belah penambahan PET tertinggi pada panjang 1 cm dengan persentase 0,4% sebesar 2,937 MPa dan pada panjang 2 cm dengan persentase 0,6% sebesar 2,804 MPa. Nilai kuat lentur beton penambahan PET tertinggi pada panjang 1 cm dengan persentase 0,4% sebesar 5,014 MPa dan pada panjang 2 cm dengan persentase 0,6% sebesar 4,826 MPa.

Kata Kunci : Botol Plastik, *Polyethylene Terephthalate*, Kuat Tekan, Kuat Tarik, Kuat Lentur

ABSTRACT

The development of the times continues to increase along with increasingly advanced technological developments, one of which is in the field of construction. Concrete is a building material that is often used because it has a high compressive strength value, but is weak in tensile strength and flexural strength. The use of additives in the concrete mixture is expected to improve the quality and quality of the planned concrete. The addition of *Polyethylene Terephthalate* (PET) is an effort to reduce plastic waste, which is widely used in society.

In the research, the addition of PET to the concrete mix aims to determine the effect on compressive strength, tensile strength, and flexural strength. Variations in the percentage of addition of 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%, and 0.8% and variations in the length of the chopped 1 cm and 2 cm with a width of 1-2 mm. The test object used was a concrete cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm and a concrete block with a length of 40 cm, a width of 10 cm, and a height of 10 cm. The design of the concrete mixture uses the SNI 03-2834-2000 method with a design compressive strength of 25 MPa.

The results showed that the effect of adding PET to concrete decreased the compressive strength of concrete, but increased the tensile strength and flexural strength. The slump value decreased from 11 cm to 5.5 cm as the PET was added. The compressive strength of concrete in normal concrete is 29.243 MPa, while with the addition of 1 cm long PET at a percentage of 0.4% it is 27.899 MPa and with a length of 2 cm the percentage is 0.6% 26.942 MPa. The highest split tensile strength value of the addition of PET was at 1 cm length with a percentage of 0.4% of 2.937 MPa and at 2 cm length with a percentage of 0.6% of 2.804 MPa. The highest value of flexural strength of concrete with the addition of PET was at 1 cm long with a percentage of 0.4% at 5.014 MPa and at 2 cm at a length with a percentage of 0.6% at 4.826 MPa.

Keywords: Plastic Bottles, *Polyethylene Terephthalate*, Compressive Strength, Tensile Strength, Flexural Strength

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman terus meningkat erat kaitannya dengan perkembangan teknologi yang semakin maju salah satunya di bidang konstruksi. Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang sering digunakan. Penggunaan beton sebagai salah satu bahan konstruksi digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan raya, dan lain-lain.

Beton adalah campuran material yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen, dan air dan atau bahan tambah tertentu (*admixture*). Bahan tambah yang ditambahkan pada campuran beton sangat bervariasi mulai dari serat, bahan kimia tambahan, sampai bahan buangan non-kimia pada suatu perbandingan tertentu.

Menurut ACI (*American Concrete Institute*), bahan tambah selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Penggunaan bahan tambah dalam campuran beton mempertimbangkan dosis atau takaran sehingga tidak menyebabkan kerusakan yang dapat mempengaruhi mutu dan kualitas beton yang direncanakan.

Beton serat merupakan beton yang ditambahkan serat ke dalam campurannya. Beton serat bertujuan untuk memperbaiki atau menaikkan sifat mekanik beton, sehingga beton tahan terhadap gaya tekan, gaya lentur, dan gaya tarik yang terjadi pada beton (Sularto, 2012). Serat adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang dan utuh. Serat dibagi menjadi dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis.

Polyethylene Terephthalate (PET) merupakan salah satu serat sintetis. *Polyethylene Terephthalate* (PET) adalah salah satu jenis serat yang umum digunakan. PET atau PETE merupakan plastik dengan kode angka 1. PET terdapat pada botol plastik minuman, kemasan makanan, botol minyak goreng,

botol jus dan sejenisnya. Penggunaan botol ini direkomendasikan hanya sekali pemakaian. Secara umum plastik PET bersifat tahan lama, kuat, ringan, dan mudah dibentuk saat suhu panas (Lalu Syamsul Hadi 2018). Kemasan botol air mineral dapat dilihat pada Gambar 1.1 sebagai berikut.



Gambar 1.1 Kemasan Botol Plastik Air Mineral

Daur ulang plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) menjadi barang yang lebih berguna menjadi salah satu solusi dalam pemanfaatan barang secara lebih maksimal. Pemanfaatan plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) salah satunya dengan menambahkan ke dalam campuran beton. Ukuran serat plastik yang dimasukkan ke dalam beton antara 5 hingga 10 μm dan panjangnya 5 hingga 30 mm (Shi Yin, dkk). Menurut ACI 544.1 R-96 beton cor dapat menampung 0,4 persen volume serat sintetis dengan campuran minimal sesuai proporsi. Pemanfaatan limbah botol plastik bekas atau PET dalam teknologi beton disamping dapat menambah kekuatan pada beton juga mengurangi limbah atau sampah plastik (Lestariono, B.M. 2008).

Menurut Syarif Hidayatullah, Alex Kurniawandy, dan Ermiyati (2017), *workability* beton menurun seiring penambahan serat cacahan botol plastik 1- 3 mm dengan panjang 5 cm disebabkan karena penambahan fraksi yang mengisi rongga kosong pada beton. Nilai kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur tetap mengalami peningkatan dibandingkan dari beton normal. Menurut Rocky Armidion dan Tanjung Rahayu (2018), nilai kuat tarik belah beton campuran limbah botol plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) mengalami kenaikan

sampai mencapai batas optimum kemudian menurun karena terlalu banyaknya campuran serat cacahan botol plastik. Penurunan yang terjadi mengakibatkan berkurangnya volume beton sehingga fungsi dari bahan-bahan beton menjadi berkurang.

Menurut Elsi Modesta dan Zaidir (2019) beton dengan penambahan serat akan mengurangi berat beton karena semakin banyak serat yang ditambahkan semakin kecil berat isi beton tersebut. Peningkatan nilai kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton sebesar 11,666 % dan 25,507 % dari beton normal.

Menurut Khalis Zargar dan Dr. Sandeep Singla (2020), penambahan cacahan PET semakin menurunkan nilai slump. Semakin banyak ditambahkan cacahan PET yang ukurannya tidak seragam maka dapat menurunkan kuat tekan dan kuat lentur beton. Menurut Noviyanthi Handayani, Amelia Faradila, Imam Juari, Dian Larasati (2021), penambahan serat limbah *Polyethylene Terephthalate* (PET) dapat meningkatkan berat isi beton dibandingkan beton normal. Penambahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) untuk sampel yang dibuat secara bersamaan akan memperkecil nilai kuat tekan beton.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh presentase penambahan cacahan botol plastik terhadap sifat mekanik beton normal. Ukuran serat botol plastik dengan lebar 1-2 mm dan panjang 1 cm dan 2 cm. Presentase penambahan serat botol plastik sebesar 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, dan 0,8%. Sifat mekanik yang akan ditinjau pada penelitian ini adalah kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur. Mutu beton yang digunakan pada penelitian ini adalah 25 MPa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penambahan cacahan botol plastik air mineral terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton?
2. Berapa panjang cacahan botol plastik air mineral untuk mendapatkan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur yang optimum?

3. Berapa persentase penambahan cacahan botol plastik air mineral untuk mendapatkan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton yang optimum?

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh penambahan cacahan botol plastik air mineral PET terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton
2. Mengetahui panjang cacahan botol plastik air mineral PET untuk mendapatkan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur yang optimum
3. Mengetahui presentase penambahan cacahan botol plastik air mineral PET untuk mendapatkan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton yang optimum

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengurangi limbah botol air mineral dan mendaur ulang menjadi bahan yang lebih berguna.
2. Memanfaatkan limbah botol air mineral sebagai bahan tambah campuran beton
3. Menambah pengetahuan tentang penggunaan bahan tambah beton dalam campuran beton.

1.5 Batasan penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sifat mekanik yang diamati pada penelitian ini adalah kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur.
2. Penggunaan mutu beton dengan $F_c' 25$ MPa
3. Semen yang digunakan adalah Semen Portland merek Tiga Roda Tipe I
4. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng
5. Agregat halus yang digunakan berasal dari Gunung Merapi
6. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
7. Bahan tambah yang digunakan adalah cacahan botol air mineral yang merek

le minerale ukuran 600 ml

8. Lebar cacahan botol plastik adalah 1-2 mm dengan variasi panjang sebesar 1 cm dan 2 cm
9. Variasi presentase cacahan limbah botol air mineral yang digunakan pada sampel sebesar 0 %, 0,2 %, 0,4 %, 0,6%, dan 0,8% terhadap berat beton
10. Metode dalam pembuatan campuran beton sesuai SNI 03-2834-2000
11. Benda uji pada pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton menggunakan silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm
12. Benda uji pada pengujian kuat lentur beton menggunakan balok beton berdimensi panjang 40 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 10 cm
13. Pengujian dilakukan pada usia beton 28 hari
14. Sampel yang digunakan sebanyak 3 buah setiap variasi agregat sehingga total benda uji sebanyak 81 buah
15. Pengujian kuat tekan beton sesuai dengan SNI 03-1974-2011 tentang Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder
16. Pengujian kuat tarik beton sesuai dengan SNI 03-2491-2014 tentang Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Specimen Beton Silinder
17. Pengujian kuat lentur beton sesuai dengan SNI 03-4154-2014 tentang Metode Uji Kekuatan Lentur Beton (Menggunakan Balok Sederhana dengan Beban Terpusat di Tengah Bentang)
18. Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture atau additive*). Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan. Dalam meningkatkan mutu kuat tekan dan kuat tarik beton dapat dilakukan dengan menambahkan bahan tambah ke campuran beton tersebut. Salah satu bahan tambah yang dapat ditambahkan ke dalam campuran beton adalah limbah plastik botol air mineral dengan jenis plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET). Untuk itu peneliti melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan limbah plastik botol air mineral terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton.

2.2 Penelitian Terdahulu

Sebelum melakukan penelitian, terdapat beberapa referensi penelitian terdahulu yang dijadikan acuan dalam menjalankan penelitian yang akan dilaksanakan. Beberapa penelitian yang digunakan menjadi referensi adalah sebagai berikut.

1. Pemanfaatan Limbah Botol Plastik sebagai Bahan Serat pada Beton

Syarif Hidayatullah, Alex Kurniawandy, Ermiyanti (2017) melakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Limbah Botol Plastik sebagai Bahan Serat pada Beton”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur pada beton yang pengujiannya dilakukan pada umur 28 hari. Bahan tambah yang digunakan pada penelitian ini menggunakan cacahan botol plastik dengan ukuran cacahan 1-3 mm dan panjang 5 cm. Variasi presentase yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 0 %, 0,2

%, 0,4 %, 0,6 %, 0,8%, dan 1%. Benda uji yang digunakan pada pengujian kuat tekan dan tarik belah menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji yang digunakan pada pengujian kuat lentur menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 60 cm x15 cm x15 cm.

Pada penelitian ini didapatkan hasil nilai kuat tekan meningkat kadar penambahan optimumnya pada 0,6% dari volume agregat. Nilai kuat tarik belah meningkat kadar penambahan optimumnya pada 0,6% dari volume agregat. Nilai kuat lentur beton meningkat kadar penambahan optimumnya pada 0,8 % dari volume agregat.

2. Peningkatan Nilai Kuat Tarik Belah Beton dengan Campuran Limbah Botol Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Rocky Armidion dan Tanjung Rahayu (2018) melakukan penelitian dengan judul “Peningkatan Nilai Kuat Tarik Belah Beton dengan Campuran Limbah Botol Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET)”. Penelitian ini dilakukan dengan menguji pengaruh variasi presentase penambahan cacahan botol plastik terhadap kuat tarik belah beton. Presentase penambahan cacahan botol plastik dengan 0%, 0,5%, 0,6%, dan 0,7%. Masing-masing variasi presentase menggunakan 3 sampel dengan benda uji beton berbentuk silinder 15 cm x 30 cm. Total benda uji yang digunakan pada pengujian ini adalah 12 buah. Bahan tambahan cacahan botol plastik yang digunakan berukuran 1-3 mm dan panjang 5 cm. Mutu beton yang digunakan sebesar 20 MPa dan diuji pada umur 28 hari. Hasil penelitian perbandingan kuat tarik variasi rata-rata dengan beton normal dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Perbandingan Kuat Tarik Variasi Rata-Rata dengan Beton Normal

Cacahan Botol Plastik PET (%)	Kuat Tarik Rata-Rata	Selisih kuat tarik dari beton normal rata-rata (%)
0	2,233	0
0,5	2,413	8,06
0,6	2,753	23,29
0,7	2,56	14,64

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa hasil kuat tarik belah beton mengalami peningkatan pada presentase 0.6 %. Pada presentase 0,6 % nilai kuat tarik belah beton meningkat sebesar 23,29 % dari beton normal dengan nilai 2,753 MPa karena jumlah cacahan serat botol plastik PET yang mengandung sifat polimer meningkatkan kuat tarik belah beton. Nilai kuat tarik belah pada presentase 0,7% menurun dari presentase 0,6% karena terlalu banyaknya campuran serat cacahan botol plastik yang mengakibatkan berkurangnya volume beton menjadi berkurang.

3. Pengaruh Penggunaan Botol Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) Sebagai Tambahan Serat Terhadap Kekuatan Beton

Elsi Modesta dan Zaidir (2019) melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Botol Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) Sebagai Tambahan Serat Terhadap Kekuatan Beton“. Penelitian ini menggunakan serat botol plastik kemasan air mineral jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) sebagai bahan tambah campuran beton. Pada penelitian ini penulis menganalisa dan membandingkan pengaruh penggunaan bahan serat cacahan botol plastik kemasan air mineral jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) yang digunakan bentuk cacahan ukuran 1-3 mm dengan panjang 2,5 cm. Presentase penambahan yang digunakan sebesar 0%; 0,25%; 0,5%; dan 1%. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu uji tekan dan uji tarik belah beton. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Pada penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa beton dengan penambahan serat akan mengurangi berat beton, karena semakin banyak serat yang ditambahkan semakin kecil berat isi beton tersebut. Beton dengan penambahan serat dari plastik PET mengalami peningkatan nilai kuat tekan. Peningkatan optimum terjadi pada presentase 0,5% yaitu sebesar 11,666% dari beton normal. Beton dengan penambahan serat PET mengalami peningkatan nilai kuat tarik belah beton. Peningkatan optimum terjadi pada penambahan serat sebesar 0,5% yaitu sebesar 25,507% dari beton normal

4. *Impact of PET Plastic Waste on Mechanical Properties of Mix Concrete Design*

Khalis Zargar dan Dr. Sandeep Singla (2020) melakukan penelitian yang berjudul “*Impact of PET Plastic Waste on Mechanical Properties of Mix Concrete Design*”. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk membantu mengurangi limbah plastik yang ada di bumi dan juga membantu menyiapkan campuran beton dengan penggunaan bahan plastik untuk membuat balok, pelat, dan lain lain. Campuran yang dibuat dengan presentase 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dari total campuran. Botol dan gelas plastik dicacah menggunakan mesin pencacah plastik. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan setelah 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Pada penelitian ini ditarik kesimpulan bahwa seiring ditambahkan PET maka nilai slump semakin menurun. Nilai kuat tekan dan nilai kuat lentur terus menurun seiring bertambahnya rasio penambahan PET. Nilai kuat lentur tertinggi terdapat pada penambahan PET sebesar 0%, dimana penambahan PET tidak digunakan pada campuran tersebut.

5. *Perilaku Kuat tekan Beton Normal terhadap Penambahan Serat Botol Plastik Jenis PET*

Noviyanthy Handayani, Amelia Faradila, Imam Juari, dan Dian Larasati (2021) melakukan penelitian yang berjudul “*Perilaku Kuat Tekan Beton Normal terhadap Penambahan Serat Botol Plastik Jenis PET*”. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kuat tekan beton terhadap penambahan cacahan limbah botol plastik PET pada umur beton 28 hari. Variasi penambahan cacahan limbah botol plastik PET sebesar 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8% dan 1% terhadap volume silinder beton dengan masing-masing 3 sampel setiap variasi beton. Selain penambahan cacahan limbah botol plastik PET dengan beberapa variasi, penelitian ini juga memperhatikan air campuran beton dan perawatan beton yang memiliki pH berkisar 5-7 atau kondisi asam netral sesuai kondisi air yang berada di Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah, dimana air pada kondisi asam dapat

menyebabkan pengerosan beton. Ukuran cacahan botol air mineral yang digunakan sebesar 1 mm- 3mm dengan panjang 2,5 cm.

Beton yang digunakan dalam pengujian adalah beton normal dengan kuat tekan rencana ($f'_c = 20$ MPa). Benda uji yang digunakan berupa benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Air rendaman yang digunakan selalu berganti setiap 3 hari sekali untuk menstabilkan pH air berkisar diantara 5,0 -7,0 dalam kondisi asam mendekati netral.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengaruh penambahan serat PET terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada beton dengan penambahan serat PET sebanyak 0,2% dan 0,4% dan juga beton dengan penambahan serat PET 0,6% dan 0,8%. Dari hasil pembacaan kuat tekan terlihat bahwa beton dengan penambahan serat PET sebanyak 0,2% memiliki kuat tekan yang lebih besar dari beton dengan penambahan serat PET 0,4%. Pada variasi penambahan 0,6% dan 0,8% yang dibuat bersamaan, beton dengan penambahan serat PET 0,8%. Sehingga dengan adanya penambahan serat PET untuk sampel yang dibuat secara bersama akan memperkecil nilai kuat tekan beton tersebut.

2.3 Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian berjudul Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Botol Air Mineral Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Kuat Lentur belum pernah dilakukan sebelumnya. Perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah menggunakan variasi panjang cacahan botol plastik PET dan variasi persentase penambahan terhadap volume beton. Variasi panjang yang digunakan yaitu sebesar 1 cm dan 2 cm. Sedangkan variasi persentase penambahan cacahan botol plastik PET limbah botol air mineral yaitu sebesar 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, dan 0,8%. Pada penelitian ini cacahan limbah botol plastik air mineral akan dicacah secara manual menggunakan gunting. Ukuran cacahan botol plastik botol air mineral yang digunakan dengan lebar 1-2 mm dengan variasi panjang sebesar 1 cm dan 2 cm. Botol air mineral yang akan digunakan dengan merek le minerale ukuran 600 ml.

Pengujian yang dilakukan yaitu dengan pengujian kuat tekan beton, pengujian kuat tarik belah beton, dan pengujian kuat lentur beton. Benda uji yang digunakan pada pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton dengan menggunakan silinder beton ukuran 15 cm x 30 cm. Benda uji yang digunakan pada pengujian kuat lentur beton menggunakan balok beton ukuran 40 cm x 10 cm x 10 cm. Pengujian dilaksanakan setelah perendaman selama 28 hari. Perbandingan penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.



Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penulis	Syarif Hidayatullah, Alex Kurniawandy, Ermiyanti (2017)	Rocky Armidion dan Tanjung Rahayu (2018)	Elsi Modesta dan Zaidir (2019)	Khalis Zargar dan Dr. Sandeep Singla (2020)	Noviyanthi Handayani, Amelia Faradila, Imam Juari, dan Dian Larasati (2021)	Mufida Rahma Widiarini (2022)
Judul Penelitian	Pemanfaatan Limbah Botol Plastik sebagai Bahan Serat pada Beton	Peningkatan Nilai Kuat Tarik Belah Beton dengan Campuran Limbah Botol Plastik <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	Pengaruh Penggunaan Botol Plastik <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET) Sebagai Tambahan Serat Terhadap Kekuatan Beton	<i>Impact of PET Plastic Waste on Mechanical Properties of Mix Concrete Design</i>	Perilaku Kuat tekan Beton Normal terhadap Penambahan Serat Botol Plastik Jenis PET	Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Botol Air Mineral terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Kuat Lentur Beton
Tujuan penelitian	Untuk mengetahui nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur pada beton yang pengujiannya dilakukan pada umur 28 hari	Untuk mengetahui presentase penambahan cacahan limbah botol plastik PET yang menghasilkan kuat tarik belah tertinggi dan untuk mengetahui presentase peningkatan kuat tarik belah beton dengan cacahan limbah botol plastik PET dibanding dengan beton normal	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh PET terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton	Penelitian ini bertujuan untuk membantu mengurangi limbah plastik yang ada di bumi dan juga membantu menyiapkan campuran beton dengan penggunaan bahan plastik untuk membuat balok, pelat, dan lain lain.	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kuat tekan beton terhadap penambahan cacahan limbah botol plastik PET pada umur beton 28 hari.	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh presentase penambahan cacahan limbah botol plastik terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton.
Parameter Yang Uji	Kuat tekan beton, kuat tarik beton, dan kuat lentur beton	Kuat tarik belah beton	Kuat tekan dan kuat tarik belah beton	Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton	Kuat tekan beton	Kuat tekan beton, kuat tarik beton, dan kuat lentur beton

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penulis	Syarif Hidayatullah, Alex Kurniawandy, Ermiyanti (2017)	Rocky Armidion dan Tanjung Rahayu (2018)	Elsi Modesta dan Zaidir (2019)	Khalis Zargar dan Dr. Sandeep Singla (2020)	Noviyanthy handayani, Amelia Faradila, Imam Juari, dan Dian Larasati (2021)	Mufida Rahma Widiarini (2022)
Ukuran cacahan botol plastik yang digunakan	1-3 mm dengan panjang 5 cm	1-3 mm dengan panjang 5 cm	1- 3 mm dengan panjang 25 mm	Cacahan tidak seragam menggunakan mesin pencacah		lebar 1-2 mm dengan panjang 1 cm dan 2 cm
Metode Penelitian	Metode penelitian yang digunakan dengan pemeriksaan karakteristik material, <i>mix design</i> beton dengan Fas 0,5. Proses pengadukan benda uji dan uji slump. Pembuatan benda uji beton berbentuk silinder dan balok untuk uji kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur. Perawatan benda uji, pengujian kuat tekan kuat tarik belah dan kuat lentur pada umur 28 hari.	Metode penelitian yang digunakan dengan pengujian agregat, <i>mix design</i> dengan mutu beton yang direncanakan 20 MPa. Pembuatan benda uji, perawatan beton, pengujian kuat tarik belah beton pada umur 28 hari	Metode penelitian yang digunakan dengan pengujian karakteristik material penyusun beton, <i>mix design</i> dengan mutu beton yang direncanakan 25 MPa. Pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan pengujian kuat tekan beton setelah umur 7, 14 dan 28 hari.	Metode penelitian yang digunakan dengan persentase penambahan sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dari total campuran. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan setelah 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.	Metode penelitian yang digunakan dengan pengujian karakteristik material penyusun beton, pengujian derajat keasaman (pH) air yang digunakan pada proses pembuatan dan perawatan sampel beton. <i>Mix design</i> dengan mutu beton yang direncanakan 20 MPa. Pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan pengujian kuat tekan beton setelah umur 28 hari.	Penelitian ini dilakukan dengan proses perencanaan campuran sesuai dengan SNI 03-2834-2000 Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Proses pengujian sifat mekanik beton berupa kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton. Mutu beton yang direncanakan 25 MPa. Pengujian benda uji akan dilakukan setelah perendaman 28 hari.

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penulis	Syarif Hidayatullah, Alex Kurniawandy, Ermiyanti (2017)	Rocky Armidion dan Tanjung Rahayu (2018)	Elsi Modesta dan Zaidir (2019)	Khalis Zargar dan Dr. Sandeep Singla (2020)	Noviyanthy handayani, Amelia Faradila, Imam Juari, dan Dian Larasati (2021)	Mufida Rahma Widiarini (2022)
Hasil Penelitian	Hasil penelitian yang didapatkan kuat tekan beton tertinggi adalah pada jumlah serat 0,6%, meningkat sebesar 9,47% dari beton normal. Kuat tarik belah beton tertinggi adalah pada jumlah serat 0,6% meningkat sebesar 39,53 % dari beton normal. Kuat lentur beton tertinggi adalah pada jumlah serat 0,8% meningkat sebesar 19,44% dari beton normal.	Kuat tarik belah beton dengan campuran cacahan botol plastik PET menghasilkan nilai yang optimum yaitu pada presentase 0,6% dengan nilai rata-rata 2,753 MPa. Kuat tarik belah beton dengan campuran cacahan PET sebanyak 0,6% meningkat sebesar 23,29% dari beton normal	Hasil penelitian yang didapatkan pengaruh penambahan serat PET terhadap kuat tekan beton meningkat dengan peningkatan optimum pada presentase 0,5% untuk nilai kuat tarik belah beton meningkat dan mengalami peningkatan optimum pada presentase penambahan 0,5%.	Hasil penelitian ini ditarik kesimpulan bahwa seiring ditambahkannya PET maka nilai slump semakin menurun dari nilai 6,96 cm hingga 5,12 cm. Nilai kuat tekan dan nilai kuat lentur terus menurun seiring dengan penambahan PET. Nilai kuat lentur tertinggi terdapat pada penambahan PET sebesar 0%, dimana penambahan PET tidak digunakan pada campuran tersebut.	Hasil penelitian yang didapatkan pengaruh penambahan serat PET terhadap kuat tekan beton meningkat pada presentase penambahan cacahan botol plastik 0,2%, 0,4%, 0,6%, dan 0,8%. Dengan adanya penambahan serat PET pada sampel yang dibuat secara bersamaan akan memperkecil nilai kuat tekan beton tersebut.	

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran (*admixture*) (SNI 2847:2019). Secara sederhana beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil). Kadang-kadang ditambahkan pula campuran bahan lain (*admixture*) untuk memperbaiki kualitas beton (Asroni 2010).

Beton yang bermutu baik mempunyai beberapa kelebihan diantaranya mempunyai kuat tekan tinggi, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, tahan aus, dan tahan terhadap cuaca (panas, dingin, sinar matahari, hujan). Beton juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu lemah terhadap kuat tarik, mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, sulit kedap air secara sempurna, dan bersifat getas (Tjokrodinuljo, 1996).

Beton tersusun dari agregat kasar dan agregat halus. Semen dan air membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat, agregat kasar dan halus berfungsi sebagai bahan pengisi dan penguat. Variasi ukuran agregat dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik sesuai dengan standar analisa saringan dari ASTM (*America Society of Testing Materials*). Pemilihan bahan ini sendiri akan mempengaruhi konstruksi dari segi kemudahan pengerjaan (*workability*), karena dari segi kemudahan pengerjaan ini sendiri terdapat banyak variasi yang memenuhi yaitu dari segi kualitas, harga dan mutu beton itu sendiri.

Beton merupakan material yang banyak digunakan sebagai bahan konstruksi. Banyaknya penggunaan beton karena beton terbuat dari bahan-bahan yang umumnya mudah diperoleh dan mudah diolah. Beton memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penggunaannya. Kelebihan beton adalah dapat memikul beban yang berat, tahan terhadap suhu yang tinggi, biaya pemeliharaan yang

relatif murah, dan dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan kekurangan dari beton adalah berat, kuat tarik yang rendah, daya pantul suara yang besar, dan sulit merubah bentuk yang sebelumnya telah dibuat.

3.2 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton umumnya adalah campuran antara semen, pasir, kerikil, dan air. Namun dengan penambahan limbah plastik botol air mineral untuk meningkatkan performa beton itu sendiri. Bahan material penyusun beton adalah sebagai berikut.

3.2.1 Semen

Semen adalah bahan perekat atau lem yang dapat merekatkan bahan-bahan material lain seperti batu bata dan batu korel sehingga dapat membentuk sebuah bangunan. Semen portland adalah salah satu semen hidraulis karena kemampuannya mengikat atau bereaksi dengan air dan mengeras dalam air, dan tahan terhadap air serta stabil di dalam air.

Berdasarkan SNI 15-2049-2004, semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen, terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Semen merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oksid besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis. (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1989).

Fungsi utama semen adalah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa yang kompak atau padat dan mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat (Mulyono, 2003). Semen dibagi menjadi 5 jenis menurut SNI 15-2049-2004 sebagai berikut.

1. Jenis I : Semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II : Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang
3. Jenis III : Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi
4. Jenis IV : Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah
5. Jenis V : Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan persyaratan sangat tahan terhadap sulfat

3.2.2 Air

Air merupakan bahan penting dalam pembuatan campuran beton karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan naik keatas permukaan adukan beton. Agregat menempati 70-75% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*) dan ekonomis. Agregat halus adalah agregat yang lebih kecil dari ukuran 5 mm (Nugraha dan Antoni, 2007).

Fungsi air dalam pembuatan beton adalah untuk melarutkan semen sehingga membentuk pasta (bereaksi dengan semen) yang kemudian mengikat seluruh agregat dari yang paling besar sampai yang paling halus dan menjadi bahan pelumas diantara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dalam proses pengadukan, penuangan, maupun pemadatan. Selain itu, air juga diperlukan dalam proses hidrasi semen. Syarat air yang digunakan dalam campuran semen telah ditentukan dalam SNI 03-6861-2002 sebagai berikut.

- a. Harus bersih, tidak mengandung minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual

- b. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi misalnya lumpur lebih dari 2 gram/liter
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya)
- d. Perbandingan antara kuat tekan adukan beton dengan air suling dan kuat tekan beton dengan air yang diperiksa tidak melebihi 10% dari penurunannya
- e. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 0,05 gram/liter

3.2.3 Agregat

Agregat merupakan bahan penyusun beton yang presentase penggunaannya paling banyak. Agregat menempati 70-75% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*) dan ekonomis. Agregat halus adalah agregat yang lebih kecil dari ukuran 5 mm (Nugraha dan Antoni, 2007). Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar sehingga karakteristik dan sifat agregat memiliki pengaruh langsung terhadap sifat-sifat beton. Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir, dan lain sebagainya) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan. Agregat dibagi menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar.

1. Agregat Halus

Agregat halus merupakan batuan halus yang terdiri dari butiran sebesar 0,14-5mm yang didapat dari hasil disintegrasi (penghancuran) batu alam (*natural sand*) atau dapat juga memecahkannya (*artificial sand*) tergantung dari kondisi pembentuk yang terjadi.

Agregat halus adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus berasal

dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (*stone crusher*). Pasir alam merupakan agregat halus yang lolos dari ayakan no.4 (lebih kecil dari 3/16 inci) dimana besar butirannya berkisar antara 0,15 sampai 5 mm (SNI 03-2847-2002). Persyaratan gradasi agregat halus menurut SNI 03-2834-2000 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 3.1 Tabel Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan	Persen Butir Agregat yang Lolos			
	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

Agregat halus dalam bahan penyusun beton bertujuan :

- a. Memberikan sifat dapat dikerjakan dan keseragaman campuran
- b. Membantu semen dalam merekatkan agregat kasar
- c. Mencegah terjadinya segregasi pada pasta semen dengan agregat kasar

Sebelum melakukan pembuatan campuran beton dilakukan pengujian agregat halus untuk mendapatkan mutu beton yang baik. Beberapa pemeriksaan yang dilakukan dalam pengujian agregat halus adalah sebagai berikut.

- a. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Pemeriksaan berat jenis agregat halus dilakukan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air dalam agregat halus. Ketentuan tahapan pemeriksaan berat jenis agregat halus menurut SNI 03-1970-2008 adalah sebagai berikut.

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{Bk}{B + S - Bt} \quad (3.1)$$

$$\text{Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan} = \frac{S}{B + S - Bt} \quad (3.2)$$

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

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

Keterangan :

Bk : berat benda uji kering oven (gram)

B : berat piknometer berisi air (gram)

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

S : berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

b. Pemeriksaan Modulus Halus Butir

Pemeriksaan modulus halus butir dilakukan untuk menentukan pembagian butir/gradasi agregat halus dengan saringan. Nilai modulus butir agregat mempunyai nilai antara 1,5 sampai 3,8 (Tjokrodinuljo, 1992). Semakin besar nilai modulus kehalusan agregat maka semakin besar pula ukuran butir-butir agregatnya sehingga jumlah bahan pengikat yang diperlukan akan semakin sedikit. Tahapan pemeriksaan modulus halus butir menurut SNI 03-1968-1990 adalah sebagai berikut.

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{\text{jumlah berat tertinggal kumulatif}}{100} \quad (3.5)$$

c. Pemeriksaan Kadar Lumpur dalam Pasir

Pemeriksaan kadar lumpur dalam pasir dilakukan untuk menentukan besarnya (persentase) kadar lumpur dalam pasir yang digunakan sebagai campuran beton. Menurut PUBLI 1982 berat lolos saringan 200 untuk pasir maksimal sebesar 5%. Pemeriksaan kadar lumpur menurut SNI 03-4141-1996 adalah sebagai berikut.

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

Keterangan :

A : berat kering sebelum dicuci (gram)

B : berat kering setelah dicuci (gram)

2. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan batuan besar yang terdiri dari batuan sebesar $> 4,80$ mm, serta ukuran maksimum sebesar 40 mm. Agregat kasar berfungsi sebagai bahan pengisi ± 70 % volume beton, memberikan stabilitas volume dan keawetan, serta memberikan kekuatan pada beton.

Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, atau beton semen hidrolis yang dipecah. Kerikil merupakan hasil desintegrasi alami dari batu-batuan sedangkan batu pecah merupakan hasil dari batu yang dipecah menjadi pecahan-pecahan berukuran lebih dari 5 mm. Agregat kasar menurut SNI 03-2847-2002 adalah agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5,00 mm sampai 40 mm.

Agregat kasar yang baik dipengaruhi oleh berat jenis curah yang merupakan perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C berat volume gembur yang merupakan indeks dari massa agregat persatuan. Volume dalam kondisi tidak padat dan volume padat yang merupakan indeks dan massa agregat persatuan volume dalam kondisi padat. Persyaratan gradasi agregat kasar menurut SNI 03-2834-2000 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Tabel Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran Agregat yang Lolos Ayakan/ Besar Butiran Maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	35-70	95-100
10	10-40	30-60
4,8	0-5	0-10

Sebelum melakukan pembuatan campuran beton dilakukan pengujian agregat kasar untuk mendapatkan mutu beton yang baik. Beberapa pemeriksaan yang dilakukan dalam pengujian agregat kasar adalah sebagai berikut.

a. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

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

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (3.7)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{B_j}{(B_j - B_a)} \quad (3.8)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{B_k}{(B_k - B_a)} \quad (3.9)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100 \% \quad (3.10)$$

Keterangan :

B_k : berat benda uji kering oven (gram)

B_j : berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

B_a : berat benda uji dalam air (gram)

b. Pemeriksaan Modulus Halus Butir

Pemeriksaan modulus halus butir dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan saringan. Pemeriksaan modulus halus butir agregat kasar menurut SNI 03-1968-1990 adalah sebagai berikut.

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{\text{jumlah berat tertinggal kumulatif}}{100} \quad (3.11)$$

3.2.4 Bahan Tambah

Bahan tambah (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya (SNI 18-1990-03). Menurut ACI (*American Concrete Institute*), bahan tambah adalah mineral selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung.

Tujuan penggunaan bahan tambah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton segar dan atau beton keras, sehingga didapatkan sifat-sifat fisik khusus beton yaitu kemudahan pengerjaan (*workability*), waktu pengikatan (memperlambat/ mempercepat), pengerasan, kekedapan, dan keawetan.

Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu. Salah satu bahan tambah yang dipergunakan adalah bahan tambah serat. Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastik (*polypropylene*), atau potongan kawat baja (Mulyono, 2003). Material selain air, agregat, atau semen hidrolis, yang digunakan sebagai bahan penyusun beton dan ditambahkan pada beton sebelum atau selama pencampurannya untuk memodifikasi properti (SNI 03-2847-2019). Menurut Tjokrodimuljo (1996) bahan tambah dibedakan menjadi 3 golongan yaitu sebagai berikut.

- a. Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixtures*) merupakan bahan tambah yang bersifat kimiawi. Bahan tambah kimia dicampurkan pada adukan beton agar diperoleh sifat-sifat yang berbeda pada beton dalam keadaan segar maupun setelah mengeras. Sifat-sifat yang dimaksud adalah pengerjaan yang lebih mudah dan waktu pengikatan yang lebih lambat atau cepat. Contoh bahan tambah kimia yang dimasukkan ke dalam campuran beton adalah *superplastilizer*. Penggunaan *superplastilizer* untuk meningkatkan kelecakan, mengurangi jumlah air yang diperlukan dalam pencampuran (faktor air semen), mencegah timbulnya *bleeding* dan segregasi, dan lain-lain.
- b. Pozolan (*pozzolan*) merupakan bahan tambah yang berasal dari alam atau buatan sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang reaktif.

Pozolan tidak memiliki sifat semen, tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi suatu masa padat yang tidak larut dalam air. Pozolan dapat ditambahkan pada campuran beton (sampai batas tertentu dapat menggantikan semen), untuk memperbaiki kelecakan (*workability*), membuat beton menjadi lebih kedap air, dan lain-lain. Pozolan yang saat ini telah banyak diteliti dan digunakan antara lain *silica fume*, *fly ash*, tras alam, dan abu sekam padi. Serat (*fibre*) merupakan bahan tambah yang berupa asbestos, gelas atau kaca, plastik, baja atau serat tumbuh-tumbuhan (raji dan ijuk). penambahan serat ini dimaksudkan untuk meningkatkan keawetan, durabilitas beton, misalnya pada perkerasan jalan raya atau lapangan udara, *spillway* serta pada bagian struktur beton yang tipis untuk mencegah timbulnya keretakan. Menurut Tjokrodinuljo (2007) tujuan penambahan serat ke dalam beton adalah sebagai berikut.

- 1) Menambah kuat tarik, karena beton merupakan bahan yang kuat tariknya rendah
- 2) Menambah daktilitas, karena beton merupakan bahan yang getas
- 3) Menambah ketahanan terhadap retak, karena kuat tarik beton sangat rendah berakibat beton mudah retak, yang pada akhirnya mudah dimasuki air, sehingga dapat mengurangi keawetan pada beton.

3.3 Serat

Serat adalah bahan yang terdiri dari molekul-molekul polimer panjang dan memiliki sifat mekanik yang kuat. Serat digunakan dalam berbagai aplikasi dalam kehidupan, contohnya pembuatan kertas, pembuatan tekstil, bahan bangunan, dan komponen elektronik.

Serat dibagi menjadi dua yaitu serat alami dan serat sintetis. Serat alami adalah serat yang diproduksi oleh tumbuh-tumbuhan, hewan, dan proses geologis. Serat alami dapat mengalami pelapukan. Contoh serat alami adalah katun dan kain rami berasal dari serat tumbuhan yang digunakan sebagai bahan pembuatan kertas dan tekstil. Sedangkan serat sintetis adalah serat buatan manusia yang lebih tahan lama dibandingkan dengan serat alam.

Serat sintetis dibagi menjadi dua yaitu serat mineral dan serat polimer. Serat mineral contohnya adalah serat logam yang dapat dibuat menjadi tembaga, emas, atau perak. Serat polimer adalah satu jenis serat sintetis yang dibuat melalui proses kimia. Salah satu contoh serat polimer adalah *Polyethylene Terephthalate* (PET) yang digunakan untuk membuat botol plastik.

3.4 Beton Serat

Beton serat adalah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat dalam beton itu berguna untuk mencegah adanya retak-retak sehingga menjadikan beton serat lebih daktil daripada beton biasa (Kardiyono, 1994). Prinsip penambahan serat adalah memberi tulangan pada beton yang disebar merata ke dalam adukan beton dengan orientasi random untuk mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini di daerah tarik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan (Soroshian dan Bayasi, 1987).

Sifat-sifat yang kurang baik dari beton yaitu getas, praktis, tidak mampu menahan tegangan tarik dan momen lentur dapat diperbaiki dengan menambahkan fiber lokal yang terbuat dari potongan - potongan kawat pada adukan beton. Selain itu tingkat perbaikan yang diperoleh dengan menambahkan fiber lokal tidak kalah dengan hasil-hasil yang dilaporkan di luar negeri dengan menggunakan *steel fibre* yang asli (Suhendro, 1991).

3.5 Plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Polyethylene terephthalate (PET) merupakan salah satu jenis serat. Serat adalah suatu jenis bahan yang berupa potongan panjang dan menyerupai jaringan. Jenis plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) merupakan salah satu jenis plastik yang memiliki kode angka satu pada segitiga berpanah. Botol plastik air mineral merek le minerale memiliki kode angka 1 yang berarti botol air mineral tersebut masuk ke dalam jenis plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET).

Plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) dirancang untuk penggunaan sekali pakai. Apabila sering dipakai atau digunakan untuk menyimpan air yang panas akan mengakibatkan zat polimer pada botol tersebut akan meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik dan dapat meningkatkan risiko

pertumbuhan bakteri. Zat karsinogenik merupakan zat yang dapat mengakibatkan kanker.

Polyethylene Terephthalate (PET) merupakan *Polyster* termoplastik yang di produksi secara komersial melalui produk kondensasi yang dikarakterisasi dengan banyaknya ikatan ester yang didistribusikan sepanjang rantai utama polimer. *Polyethylene Tertepthalate* (PET) merupakan bahan dasar dari botol minuman plastik, dengan nama IUPAC-nya Polioksi etilen neokistereftaol (Lestario, B.M. 2008). *Polyethylene Terephthalate* (PET) merupakan bahan kemasan yang aman dan dapat didaur ulang menjadi produk lain. Sifat dari PET adalah kekuatan yang tinggi, kaku, dimensinya stabil, tahan bahan kimia dan panas, serta memiliki sifat elektrikal yang baik. Penggunaan *Polyethylene Terephthalate* (PET) sangat luas antara lain botol-botol air mineral, kemasan sirup, saus, selai, dan minyak makan.



Gambar 3.1 Kode angka satu pada plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET)

3.6 Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Lentur Beton

3.6.1 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tertentu. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Sifat kuat tekan beton menjadi sifat yang paling penting dalam kualitas beton. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2005).

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut ini. Berikut adalah penentuan nilai kuat tekan beton berdasarkan SNI 03-1974-2011.

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (3.12)$$

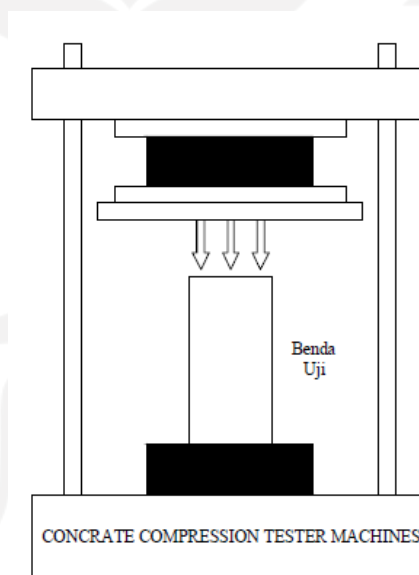
Keterangan :

f_c' = kuat tekan (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

Beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75% volume beton (Dipohusodo, 1996).



Gambar 3.2 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton

3.6.2 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik beton adalah sifat penting dalam beton yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak di dalam struktur. Sifat kuat tarik dipengaruhi oleh mutu betonnya. Kuat tarik ditentukan dengan menggunakan percobaan

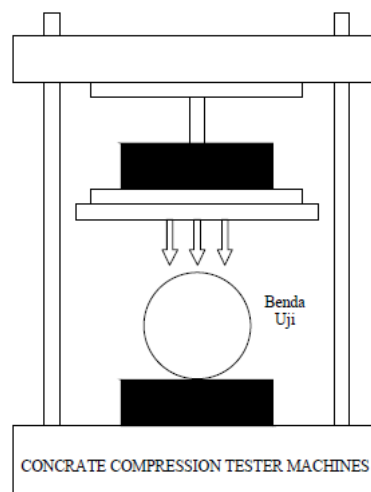
pembebanan silinder, dimana silinder dengan ukuran yang sama dengan benda uji dalam percobaan kuat tekan diletakkan pada sisinya diatas mesin uji dan beban tekan dikerjakan secara merata dalam arah diameter di sepanjang benda uji.

Kuat tarik belah benda uji silinder beton adalah 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 (SK SNI 03-2491-2002). Berdasarkan Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (SK SNI 03-2491- 2002), maka untuk mendapatkan nilai kuat tarik masing-masing benda uji menggunakan rumus seperti di bawah ini.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL} \quad (3.13)$$

Keterangan :

- f_{ct} = kuat tarik belah beton pada umur 28 hari (N/mm^2)
- P = beban maksimum (N)
- L = tinggi silinder beton (mm)
- D = diameter silinder beton (mm)



Gambar 3.3 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Beton

3.6.3 Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan kepadanya sampai benda uji patah. Nilai dari kuat lentur berdasarkan nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji. Pada metode pengujian kuat lentur beton normal terdapat dua cara pengujian yaitu sistem dua titik pembebanan (SNI 03-4431-2011) dan sistem satu titik pembebanan (SNI 03-4154-2014). Penggunaan metode sebagai acuan dalam melaksanakan pengujian kuat lentur di laboratorium. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh nilai kuat lentur beton normal dalam keperluan perencanaan dan pelaksanaan pembuatan beton. Rumus-rumus yang digunakan pada pengujian kuat lentur beton adalah sebagai berikut.

1. Sistem Pembebanan Dua Titik

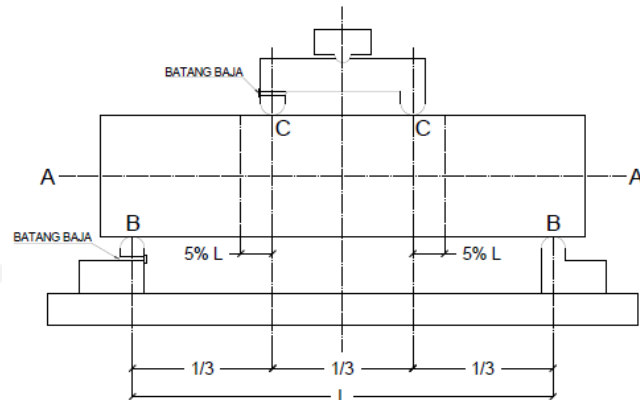
- a. Bila setelah pengujian patahnya benda uji berada di daerah pusat pada $1/3$ jarak titik perletakan pada bagian tarik beton, maka dihitung dengan rumus :

$$f_{lt} = \frac{P.L}{b.h^2} \quad (3.14)$$

- b. Bila setelah pengujian benda uji patahnya diluar pusat (diluar $1/3$ jarak titik perletakan) dibagian tarik beton, dan jarak antara titik patah dan titik pusat (beban) kurang dari 5 % jarak titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung dengan rumus :

$$f_{lt} = \frac{3.P.c}{b.h^2} \quad (3.15)$$

- c. Untuk benda uji setelah pengujian kuat lentur patah diluar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik patah dan titik pembebanan lebih dari 5 % bentang, maka hasil pengujian tidak dipergunakan.



Gambar 3.4 Sketsa Pengujian Kuat Lentur Beton Dua Titik Pembebanan

2. Sistem Pembebanan Satu Titik

- a. Bila setelah pengujian kuat lentur patahnya benda uji tepat berada di bawah beban (di tengah benda uji), maka dihitung dengan rumus :

$$f_{lt} = \frac{3.P.L}{2.b.h^2} \quad (3.16)$$

- b. Bila akibat pengujian benda uji patah tidak tepat di bawah beban dibagian tarik beton, dan jarak antara titik patah dan titik beban kurang dari 10% jarak titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung dengan rumus :

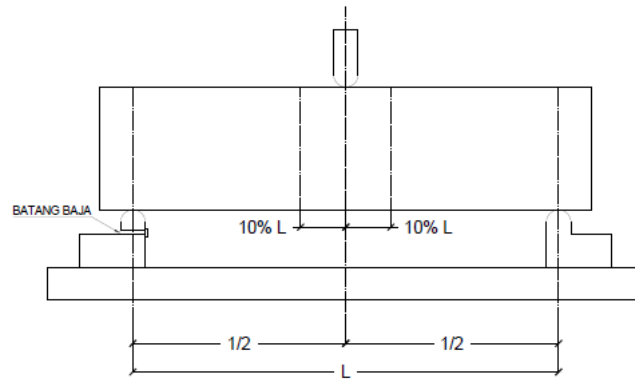
$$f_{lt} = \frac{3.P.c}{b.h^2} \quad (3.17)$$

- c. Untuk benda uji akibat pengujian patah tidak tepat dibawah beban pada bagian tarik beton dan jarak antara titik patah dan titik beban lebih dari 10 % bentang, maka hasil pengujian tidak dipergunakan.

Dengan :

- f_{lt} : Kuat lentur benda uji
 P : beban maksimum
 L : jarak (bentang) antara dua perletakan
 B : lebar tampang lintang patah
 h : tinggi tampang lintang patah

- c : jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan terdekat, diukur pada empat titik pada sisi dari bentang



Gambar 3.5 Sketsa Pengujian Kuat Lentur Beton Satu Titik Pembebanan

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian bertujuan untuk memberikan gambaran rancangan penelitian agar dalam pelaksanaan penelitian dapat berjalan secara teratur dan lebih sistematis. Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian dengan metode eksperimen di laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh penambahan limbah plastik botol air mineral terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton.

4.2 Tahap Pengambilan Data

Pada penelitian ini dibutuhkan dua jenis data yang kemudian dianalisis secara mendalam yaitu data primer dan data sekunder.

4.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh peneliti secara langsung dari sumber atau pihak pertama. Data primer pada penelitian ini berasal dari pengujian benda uji secara langsung di laboratorium. Pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan data primer adalah sebagai berikut.

1. Pengujian berat jenis, analisis saringan, dan kadar lumpur agregat kasar dan agregat halus
2. Pembuatan *mix design*
3. Pembuatan benda uji beton
4. Perawatan beton
5. Melakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton.

4.2.2 Data Sekunder

Data sekunder berbeda dengan data primer yang harus terjun langsung pada pembuatan benda uji di laboratorium. Data sekunder didapat melalui studi

literatur dari berbagai sumber berupa buku dan jurnal yang dibutuhkan dalam proses penelitian.

4.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Variabel bebas, meliputi persentase cacahan limbah plastik botol air mineral yang ditambahkan pada campuran beton dan panjang ukuran cacahan botol plastik air mineral
2. Variabel tetap, meliputi tipe semen, bentuk dan dimensi benda uji, kuat tekan rencana ($f'c$) = 25 MPa, dan botol plastik yang digunakan merek le minerale 600 ml
3. Variabel terikat, meliputi kuat tekan beton, kuat tarik beton, dan kuat lentur beton

4.4 Bahan dan Benda Uji

4.4.1 Bahan

Bahan yang digunakan untuk sampel beton pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Semen
Semen berfungsi sebagai bahan pengikat dan pengisi pada campuran beton. Pada penelitian ini semen yang akan digunakan yaitu semen *portland* merek Tiga Roda
2. Agregat Kasar
Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan batu pecah yang berasal dari Clereng, Kulon Progo
3. Agregat halus
Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan pasir yang berasal dari Gunung Merapi
4. Air
Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi FTSP UII.
5. *Polyethylene terephthalate* (PET)

Plastik jenis *Polyethylene terephthalate* (PET) yang digunakan pada penelitian ini berasal dari kemasan botol air mineral. Botol air mineral yang digunakan dengan merek le minerale ukuran 600 ml. Botol air mineral akan dicacah secara manual dengan menggunakan gunting. Cacahan botol air mineral yang digunakan dalam bentuk cacahan berukuran lebar 1-2 mm dengan panjang 1 cm dan 2 cm.

4.4.2 Benda Uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini yaitu silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm dan balok beton dengan ukuran 40 cm x 10 cm x 10 cm. Pengujian akan dilakukan saat benda uji beton berusia 28 hari. Masing-masing sampel terdapat 3 benda uji dengan total benda uji adalah 81 buah.

Tabel 4.1 Jumlah Sampel Benda Uji

Jenis	Variasi Panjang Serat PET (cm)	Persentase Penambahan PET (%)	Jumlah Pengujian Kuat Tekan Beton	Jumlah Pengujian Kuat Tarik Beton	Jumlah Pengujian Kuat Lentur Beton
Beton Normal (Kontrol)	0	0	3	3	3
Beton Eksperimen	1	0,2	3	3	3
		0,4	3	3	3
		0,6	3	3	3
		0,8	3	3	3
	2	0,2	3	3	3
		0,4	3	3	3
		0,6	3	3	3
		0,8	3	3	3
Benda Uji			27	27	27
Total Benda Uji			81		

4.5 Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Timbangan, digunakan untuk menimbang material dan benda uji
2. Alat tulis, digunakan untuk menulis dan memberi tanda pada benda uji

3. Penggaris, digunakan untuk mengukur tinggi dalam pengujian *slump test*
4. Saringan agregat halus, digunakan untuk mengayak agregat halus
5. Saringan agregat kasar, digunakan untuk mengayak agregat kasar
6. Cetakan silinder, digunakan untuk mencetak benda uji beton berbentuk silinder
7. Cetakan balok, digunakan untuk mencetak benda uji beton berbentuk balok
8. Mesin aduk beton, digunakan untuk mengaduk campuran beton
9. Ember, digunakan sebagai tempat air, agregat halus, dan agregat kasar
10. Kerucut abrams, digunakan dalam pengujian *slump test*
11. Tongkat penumbuk, digunakan untuk memadatkan campuran beton
12. Cetok, digunakan untuk meratakan campuran beton dalam cetakan
13. Palu karet, digunakan untuk memadatkan campuran beton pada cetakan
14. Sekop, digunakan untuk mengaduk dan memasukkan campuran beton ke dalam cetakan
15. Alat pelapis (*capping*), untuk *capping* benda uji
16. Alat perletakan balok, digunakan untuk menguji kuat lentur beton dengan satu titik pembebanan
17. *Compressing Test Machine* (CTM), digunakan untuk menguji kuat tekan dan kuat tarik beton

4.6 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan secara terstruktur sehingga memudahkan selama proses penelitian. Tahapan penelitian dapat dilihat sebagai berikut.

4.6.1 Persiapan

Tahap persiapan penelitian diawali dengan melakukan studi pustaka dengan hal-hal yang berkaitan dengan penelitian yang dilaksanakan dan persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Studi pustaka ini berupa penelitian terdahulu yang telah dilakukan serta dasar teori yang dapat mendukung penelitian yang dilakukan.

4.6.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut.

1. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Pemeriksaan berat jenis agregat halus dilakukan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air dalam agregat halus. Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis agregat halus adalah sebagai berikut.

- a. Menyiapkan agregat halus kemudian mengeringkan agregat halus ke dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$
- b. Mendinginkan agregat pada suhu ruang, kemudian rendam agregat di dalam air selama 24 ± 4 jam
- c. Membuang air perendaman dengan hati-hati, jangan sampai ada butiran yang terbuang. Kemudian menebarkan agregat di atas talam dan dikeringkan di udara yang panas dengan cara membalik-balikkan sampai keadaan kering permukaan jenuh
- d. Memeriksa keadaan kering permukaan jenuh dengan cara memasukkan agregat ke dalam kerucut terpancung, kemudian dipadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali dan diratakan permukaannya. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai apabila kerucut terpancung diangkat, agregat halus runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak
- e. Ketika keadaan agregat telah mencapai keadaan kering permukaan jenuh, kemudian memasukkan sampel sebanyak 500 gram ke dalam piknometer. Kemudian memasukkan air suling sampai 90 % isi piknometer, memutar piknometer sambil mengguncangkannya sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.
- f. Merendam piknometer ke dalam air dan mengukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar 25 %
- g. Menambahkan air sampai tanda batas piknometer
- h. Menimbang piknometer yang berisi agregat halus dan air dengan kode Bt
- i. Mengeluarkan agregat dari piknometer dan mengeringkan agregat halus ke dalam oven
- j. Mendinginkan dan menimbang berat agregat halus dengan kode Bk

k. Menimbang berat piknometer penuh berisi air dengan kode B

l. Rumus perhitungan berat jenis dapat dilihat pada Rumus 3.1

2. Pemeriksaan Modulus Halus Butir

Pemeriksaan modulus halus butir dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan saringan. Langkah-langkah pemeriksaan modulus halus butir adalah sebagai berikut.

- a. Mengeringkan agregat ke dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$
- b. Mengeluarkan agregat dari dalam oven dan mendinginkan pada suhu ruangan selama 1-3 jam
- c. Menimbang agregat sebesar 2000 gram
- d. Menyusun saringan dari ukuran paling besar dari atas ke bawah, yaitu diameter 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 dan pan
- e. Memasukkan agregat kedalam saringan paling atas kemudian menggoyangkan set saringan dengan mesin penggoyang selama 10-15 menit
- f. Mengeluarkan agregat tertahan dari setiap saringan kemudian mencatat dan menimbang agregat
- g. Rumus perhitungan pemeriksaan modulus halus butir dapat dilihat pada rumus 3.5

3. Pemeriksaan Kadar Lumpur dalam Pasir

Pemeriksaan kadar lumpur dalam pasir dilakukan untuk menentukan presentase kandungan lumpur yang ada dalam pasir. Langkah-langkah pemeriksaan kadar lumpur dalam pasir adalah sebagai berikut.

- a. Menyiapkan agregat halus yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) dalam keadaan kering oven sebanyak 500 gram
- b. Meletakkan agregat ke dalam saringan kemudian mengalirkan air di atasnya
- c. Menggerakkan agregat dalam saringan dengan aliran air, sehingga bagian yang halus menembus saringan No.200 dan bagian yang kasar tertinggal di saringan
- d. Mengulangi pekerjaan hingga air pencucian tetap jernih
- e. Mengeringkan agregat dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$

- f. Mencatat dan menimbang berat agregat yang telah kering
- g. Rumus perhitungan pemeriksaan kadar lumpur dalam pasir dapat dilihat pada rumus 3.6

4.6.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Pemeriksaan berat jenis agregat kasar dilakukan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air dalam agregat kasar. Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis agregat kasar adalah sebagai berikut.

- a. Menimbang agregat sebanyak 5000 gram kemudian mencuci agregat untuk menghilangkan debu yang melekat pada permukaan agregat
- b. Mengeringkan agregat dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$
- c. Mengeluarkan agregat dari dalam oven dan dinginkan pada suhu ruangan, kemudian rendam agregat di dalam air selama (24 ± 4) jam
- d. Mengeluarkan agregat dari dalam air dan mengeringkan agregat dengan kain penyerap sampai lapisan air pada permukaan agregat hilang, sehingga agregat dalam keadaan kering jenuh permukaan (SSD)
- e. Menimbang agregat kering permukaan jenuh (Bj)
- f. Meletakkan agregat ke dalam wadah, menggoncangkan agregat kasar untuk mengeluarkan udara yang terperangkap, kemudian menentukan beratnya di dalam air (Ba)
- g. Mengeringkan agregat dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ selama (24 ± 4) jam. Kemudian menimbang agregat (Bk)
- h. Rumus berat jenis agregat kasar dapat dilihat pada rumus 3.7

2. Pemeriksaan Modulus Halus Butir

Pemeriksaan modulus halus butir agregat kasar dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan saringan. Langkah-langkah pemeriksaan modulus halus butir agregat kasar adalah sebagai berikut.

- a. Mengeringkan agregat dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$
- b. Mengeluarkan agregat dari dalam oven, kemudian mendinginkan agregat pada suhu ruangan
- c. Menimbang agregat kasar sebesar 5000 gram
- d. Menyusun saringan dari lubang diameter paling besar dari atas ke bawah
- e. Memasukkan agregat pada saringan paling atas kemudian menggoyangkan set saringan dengan mesin pengguncang selama 10-15 menit
- f. Mengeluarkan agregat dari masing-masing saringan, kemudian mencatat berat tertahan agregat pada masing-masing saringan
- g. Rumus perhitungan pemeriksaan modulus halus butir agregat kasar adapat dilihat pada rumus 3.11

4.6.4 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) menggunakan metode yang mengacu pada SNI 03-2834-2000. Tahapan yang dilakukan dalam perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut.

1. Menetapkan kuat tekan beton ($f'c$)
2. Menentukan jenis semen yang digunakan
3. Menentukan agregat halus yang digunakan
4. Menentukan agregat kasar yang digunakan
5. Menentukan nilai faktor air semen
6. Menentukan tinggi nilai *slump test*
7. Menentukan nilai deviasi standar
8. Menentukan nilai tambah (M)
9. Menentukan nilai kuat tekan rerata ($f'cr$)
10. Menentukan nilai kadar air
11. Menentukan kebutuhan semen yang digunakan
12. Menentukan presentase agregat halus dan agregat kasar yang digunakan
13. Menentukan berat isi beton
14. Menentukan proporsi campuran beton

4.7 Pembuatan Benda Uji

Langkah – langkah yang dilakukan dalam pembuatan benda uji dengan penambahan cacahan plastik botol air mineral adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan cetakan yang akan digunakan.
- b. Masing-masing bahan ditimbang sesuai dengan jumlah bahan yang ditetapkan dari hasil rancang campur beton (*concrete mix design*)
- c. Semua bahan yang telah ditimbang kemudian dicampur dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*) dilakukan dengan cara menjalankan mesin aduk terlebih dahulu kemudian masukan agregat kasar dan sejumlah air adukan, kemudian menambahkan agregat halus, semen, dan seluruh sisa air adukan. Untuk pembuatan benda uji beton serat, serat dicampur sedikit demi sedikit hingga campuran homogen.
- d. Setelah adukan merata dan homogen, melakukan pengujian slump dengan menggunakan kerucut Abrams kemudian dilakukan pengukuran dengan mengukur tinggi keruntuhan adonan beton yang tadinya dimasukkan kedalam kerucut.
- e. Setelah selesai menguji slump, memasukan kembali campuran kedalam wadah adukan.
- f. Mengaduk kembali dengan sendok semen atau sekop sampai adukan rata dan homogen.
- g. Melakukan pencetakan benda uji. Pengisian adukan dilakukan tiga tahap masing-masing 1/3, 2/3 dan penuh cetakan. Kemudian dipadatkan dengan tongkat baja sebanyak 25 kali sampai cetakan penuh.
- h. Permukaan beton diratakan dengan tongkat perata sehingga permukaan atas adukan beton rata dengan bagian atas cetakan.
- i. Setelah selesai mencetak cetakan yang sudah terisi penuh dengan adonan beton dihentakkan sehingga menjadi lebih rata.

4.8 Perawatan Benda Uji

Perawatan beton adalah suatu metode pekerjaan yang bertujuan untuk menjaga permukaan beton segar selalu lembab dan jangan sampai terkena panas

dari matahari secara langsung, sejak adukan beton dipadatkan hingga beton dianggap cukup keras. Pada penelitian ini perawatan beton dilakukan dengan cara memasukkan beton ke dalam bak berisi air selama 28 hari. Setelah 28 hari, benda uji dikeluarkan dari dalam bak dan dikeringkan terlebih dahulu sebelum diuji.

4.9 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Kuat Desak Beton (SNI 03-1974-2011)

Pengujian kuat desak beton dilakukan setelah usia beton mencapai 28 hari. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan besarnya beban tekan maksimum dari suatu benda uji beton per satuan luasnya. Metode uji yang digunakan pada analisa ini menggunakan standar metode pengetesan kuat tekan dengan menggunakan benda uji silinder ukuran 15 cm x 30 cm. Pelaksanaan pengujian kuat desak adalah sebagai berikut.

- a. Mengukur dan mencatat dimensi masing-masing benda uji
- b. Menimbang berat masing-masing benda uji
- c. Meletakkan benda uji pada mesin uji desak, kemudian menghidupkan mesin uji desak dan dilakukan pembebanan secara berangsur-angsur
- d. Mencatat beban maksimum yang terjadi pada masing-masing benda uji pada saat benda uji mulai mengalami keretakan

2. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (SNI 03-2491-2014)

Pengujian kuat tarik ditentukan dengan menggunakan pembebanan pada silinder beton, dengan cara benda uji diletakkan pada sisi diatas mesin uji dan beban tekan diberikan secara merata sepanjang benda uji. Pelaksanaan pengujian kuat tarik belah adalah sebagai berikut.

- a. Mengukur dan mencatat dimensi pada masing-masing benda uji
- b. Menimbang berat pada masing-masing benda uji
- c. Meletakkan benda uji pada mesin uji desak, kemudian menghidupkan mesin uji desak dan dilakukan pembebanan secara berangsur-angsur
- d. Mencatat beban maksimum yang terjadi pada masing-masing benda uji pada

saat benda uji mulai mengalami keretakan

3. Pengujian Kuat Lentur Beton (SNI 03-4154-2014)

Pengujian kuat lentur beton dilakukan dengan satu titik pembebanan. Pengujian ini untuk mengukur kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan kepadanya sampai benda uji patah. Pelaksanaan pengujian kuat lentur adalah sebagai berikut.

- a. Sebelum pengujian dilakukan benda uji disiapkan dengan cara mengukur dan mencatat dimensi penampang benda uji. Menimbang berat masing-masing benda uji. Membuat garis-garis melintang sebagai tanda dan petunjuk titik-titik perletakan, titik-titik pembebanan, dan titik titik sejauh 10% dari jarak bentang di luar titik perletakan beban untuk sistem pembebanan satu titik beban.
- b. Meletakkan blok tumpuan di atas meja mesin uji desak bagian bawah, dengan jarak antaa kedua blok tumpuan tertentu sesuai dengan panjang benda uji.
- c. Menempatkan benda uji yang sudah ditimbang, diukur, dan diberi tanda diatas dua blok tumpuan/perletakan, sedemikian sehingga letak benda uji tepat pada pusat tumpuan, dengan kedudukan sisi benda uji pada waktu pengecoran berada dibagian samping.
- d. Meletakkan blok beban pada titik pembebanan pada benda uji, sesuai dengan jumlah beban.
- e. Menjalankan mesin tekan, mengatur titik beban uji dari mesin tekanselingga tepat ditengah-tengah blok beban. Pembebanan diatur sedemikian sehingga tidak menimbulkan beban kejut.
- f. Kecepatan pembebanan harus kontinu. Pada pembebanan sampai $\pm 50\%$ dari beban maksimum yang diperkirakan, kecepatan pembebanan boleh lebih cepat dari 6 kN per-menit. Setelah itu sampai terjadi keruntuhan balok uji, kecepatan pembebanan harus diatur antara 4,3 kN s.d 6 kN per-menit.
- g. Setelah benda uji patah, menghentikan pembebanan dan mencatat beban maksimum yang menyebabkan benda uji patah.

4.10 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dari data yang didapatkan dari hasil penelitian di laboratorium. Proses pengolahan data menggunakan bantuan program *Microsoft Excel* dan dilakukan sesuai dengan teori dan peraturan-peraturan yang berlaku. Data hasil pengolahan yang telah dilakukan analisis berupa nilai kuat tekan beton, kuat tarik beton, dan kuat lentur beton.

4.11 Analisis Data

Setelah pengolahan data dilakukan kemudia hasil pengolahan data tersebut dianalisis sesuai dengan teori dan peraturan-peraturan yang berlaku. Analisis data dilakukan dengan membandingkan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah cacahan botol air mineral. Data hasil analisis berupa nilai kuat tekan beton, nilai kuat tarik beton, dan nilai kuat lentur beton.

4.12 Pembahasan

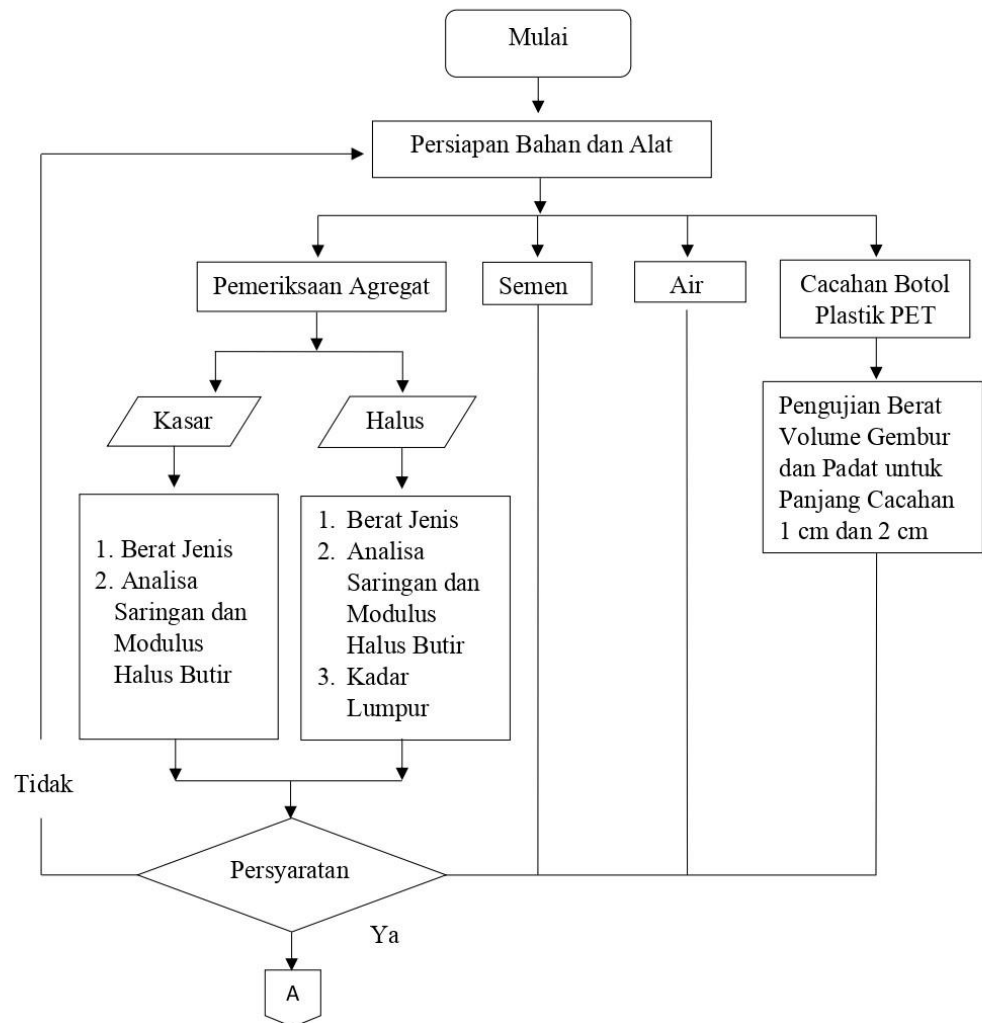
Dari hasil analisis antara beton normal dengan beton dengan variasi panjang serat botol plastik sepanjang 1 cm dan 2 cm. Variasi persentase penambahan cacahan botol air mineral sebesar 0 %, 0,2 %, 0,4 %, 0,6 %, dan 0,8% terhadap berat beton. Kemudian dilakukan pembahasan untuk menjawab seluruh rumusan masalah yang ada. Pembahasan yang dilakukan yaitu apakah penambahan cacahan botol plastik air mineral dapat mempengaruhi nilai kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton.

4.13 Kesimpulan dan Saran

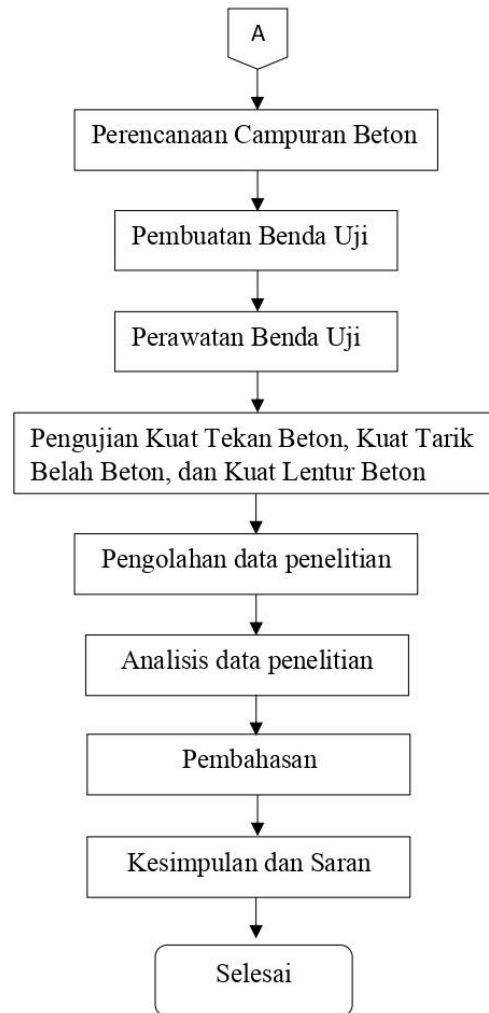
Kesimpulan dan saran merupakan tahapan terakhir dari penelitian ini. Pada tahap ini dibuat suatu kesimpulan berdasarkan data hasil analisis sesuai dengan teori dan peraturan yang berlaku. Selain kesimpulan pada tahap ini juga dibuat saran yang dapat membangun bagi penelitian selanjutnya.

4.14 Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian ini dapat dilihat secara keseluruhan pada bentuk bagan alir penelitian yang dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini akan dijabarkan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan peneliti saat melakukan penelitian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik. Pada penelitian ini dilakukan tahapan-tahapan yang meliputi pemeriksaan bahan penyusun beton, perencanaan campuran beton, dan pengujian kuat tekan beton, pengujian kuat tarik beton, dan pengujian kuat lentur beton.

5.2 Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat halus yang digunakan pada penelitian ini sebagai material penyusun beton. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Merapi. Pengujian agregat halus yang dilakukan meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian modulus halus butir agregat halus, pengujian berat volume gembur dan padat agregat halus, serta pengujian lolos saringan no 200 (pengujian kandungan lumpur dalam agregat halus).

5.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1970-2008. Proses pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.



Gambar 5.1 Proses Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	497	497	497
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1153	1025	1089
Berat piknometer berisi air, gram (B)	838	710	774
Berat jenis curah ($Bk/(B+500-Bt)$)	2,686	2,686	2,686
Berat jenis kering muka ($500/(B+500-Bt)$)	2,703	2,703	2,703
Berat jenis semu ($Bk/(B+Bk-Bt)$)	2,731	2,731	2,731
Penyerapan air ($((500-Bk)/(Bk \times 100\%))$)	0,604 %	0,604 %	0,604 %

Berdasarkan Tabel 5.1 diperoleh hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air dengan berat jenis curah rata-rata sebesar 2,686, berat jenis kering muka rata-rata sebesar 2,703, berat jenis semu rata-rata sebesar 2,731, dan penyerapan air sebesar 0,604 %. Menurut Nugraha (2007) berat jenis agregat adalah 2,4-2,9 untuk agregat normal. Berdasarkan syarat tersebut berat jenis agregat halus yang digunakan memenuhi syarat sebagai agregat normal.

5.2.2 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 03-4142 1996. Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian 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	477	488	482,5
Presentasi yang lolos ayakan no. 200	4,6	2,4	3,5

Berdasarkan hasil pengujian kadar lumpur agregat halus didapatkan kadar lumpur sebesar 3,5%. Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia 1982 pada buku Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi menyatakan persyaratan kandungan lumpur kurang dari 5%, maka agregat halus yang digunakan campuran beton telah memenuhi persyaratan.

5.2.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan agregat halus dilakukan dengan tujuan untuk menentukan modulus halus butir dan gradasi sesuai dengan SNI 03-1968-1990 tentang Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Proses pengujian analisis saringan agregat halus dapat dilihat pada Gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 5.2 Proses Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus

Hasil pengujian analisis saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1

Lubang ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,000	0,000	100,000
20		0,000	0,000	100,000
10		0,000	0,000	100,000
4,8	6	0,3	0,300	99,700
2,4	80	4,000	4,300	95,700
1,2	328	16,400	20,700	79,300
0,6	568	28,400	49,100	50,900
0,3	498	24,900	74,000	26,000
0,15	368	18,400	92,400	7,600
Pan	152	7,600		
Jumlah	2000	100,000	240,800	

Tabel 5.4 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2

Lubang ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,000	0,000	100,000
20		0,000	0,000	100,000
10		0,000	0,000	100,000
4,8	7	0,350	0,350	99,650
2,4	76	3,800	4,150	95,850
1,2	279	13,950	18,100	81,900
0,6	585	29,250	47,350	52,650
0,3	514	25,700	73,050	26,950
0,15	333	16,650	89,700	10,300
Pan	206	10,300		
Jumlah	2000	100,000	232,700	

Berdasarkan Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 didapatkan nilai modulus halus butir (MHB) adalah sebagai berikut.

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB) sampel 1} = \frac{\text{Jumlah Berat tertinggal Kumulatif}}{100}$$

$$= \frac{240,800}{100}$$

$$= 2,408$$

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB) sampel 2} = \frac{\text{Jumlah Berat tertinggal Kumulatif}}{100}$$

$$= \frac{232,700}{100}$$

$$= 2,327$$

$$\text{Modulus Halus Butir Rata-Rata} = \frac{2,408+2,327}{2}$$

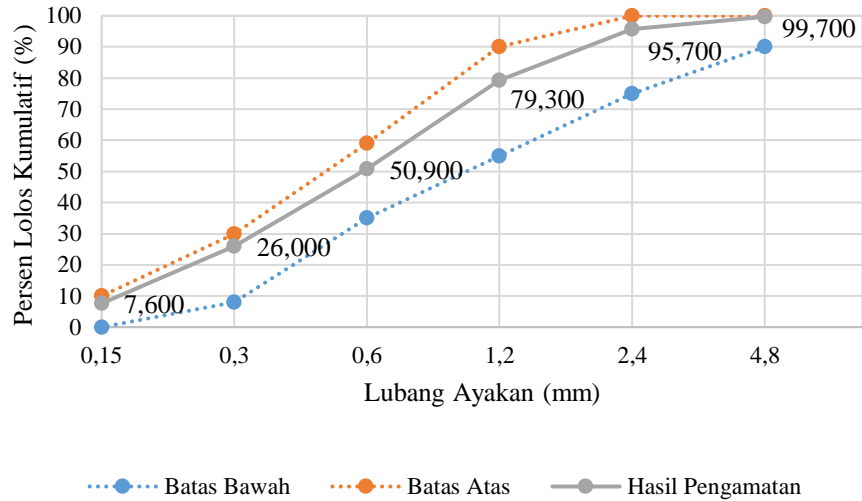
$$= 2,368$$

Nilai modulus halus butir (MHB) agregat halus rata-rata sebesar 2,368. Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F nilai modulus halus butir memiliki nilai antara 1,5-3,8 maka nilai modulus halus butir sebesar 2,368 telah memenuhi persyaratan. Hasil nilai modulus halus butir digunakan untuk mengetahui daerah gradasi agregat halus. Daerah gradasi dari agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

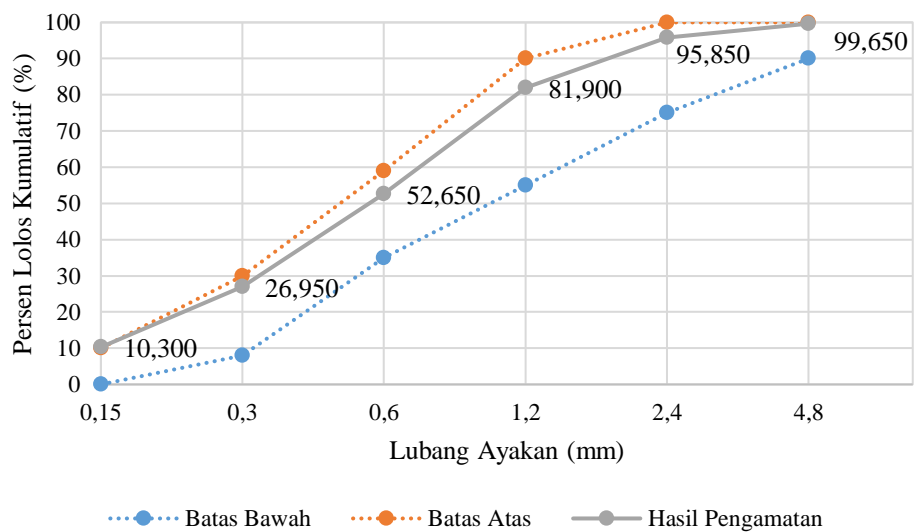
Tabel 5.5 Daerah Gradasi Agregat Halus

GRADASI PASIR				
Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos ayakan			
	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

(Sumber : SNI 03 2834-2000)



Gambar 5.3 Gradasi Agregat Halus Sampel 1



Gambar 5.4 Gradasi Agregat Halus Sampel 2

5.2.4 Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Halus

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

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengukuran	Satuan
Diameter silinder	15	cm
Tinggi silinder	30	cm
Berat tabung (W1)	5917	gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	13516	gram
Berat agregat (W3)	7599	gram
Volume tabung (V)	5301,438	cm ³
Berat volume gembur (W3/V)	1,433	gram/cm ³

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengukuran	Satuan
Diameter Silinder	15	cm
Tinggi Silinder	30	cm
Berat tabung (W1)	5917	gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	14422	gram
Berat agregat (W3)	8505	gram
Volume tabung (V)	5301,438	cm ³
Berat volume padat (W3/V)	1,604	gram/cm ³

Berdasarkan hasil analisis pengujian berat volume gembur dan padat agregat halus pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 didapatkan hasil berat volume gembur sebesar 1.433 gram/cm³ dan berat volume padat sebesar 1,604 gram/cm³. Dari kedua pengujian tersebut didapatkan bahwa nilai berat volume padat lebih besar daripada nilai berat volume gembur, hal tersebut dikarenakan pada saat pengujian berat volume padat dilakukan penumbukan setiap 1/3 bagian tabung sebanyak 25 kali tumbukan hingga penuh. Penumbukan tersebut mengakibatkan pemadatan sehingga rongga-rongga udara dapat terisi oleh agregat halus. Menurut SNI 03-4804-1998 syarat untuk berat volume pada agregat halus sebesar 1,2-1,7 gram/cm³, sehingga agregat halus Merapi yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

5.3 Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar pada penelitian ini menggunakan agregat yang berasal dari Clereng. Pengujian agregat kasar dilakukan untuk mengetahui karakteristik

agregat kasar yang digunakan pada penelitian. Pengujian agregat kasar yang dilakukan meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, analisa saringan agregat kasar, dan pengujian berat volume gembur dan padat agregat kasar.



Gambar 5.5 Agregat Kasar Clereng

5.3.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dilaksanakan berdasarkan SNI 03-1970-2008 tentang Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Pengujian ini menggunakan agregat kasar yang berasal dari Clereng. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4940	4946	4943
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3118	3097	3107.5
Berat jenis curah (Bk/Bj-Ba))	2,625	2,599	2,612
Berat jenis kering muka (Bj/(Bj-Ba))	2,657	2,627	2,642
Berat jenis semu (Bk/(Bk-Ba))	2,711	2,675	2,693
Penyerapan air ((Bj-Bk)/(Bk x 100 %))	1,215 %	1,092 %	1,153 %

Berdasarkan Tabel 5.8 hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar didapatkan nilai rata-rata untuk berat jenis curah sebesar 2,612, berat

jenis kering muka sebesar 2,642, berat jenis semu sebesar 2,693 , dan penyerapan air sebesar 1,153 %. Menurut SNI 03-1970-1990 persyaratan berat jenis normal berada dalam rentang 2,5-2,7 untuk berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), maka berat jenis agregat kasar yang digunakan sebesar 2,642 telah memenuhi persyaratan.

5.3.2 Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisis saringan agregat kasar dilaksanakan dengan tujuan untuk menentukan modulus halus butir dan gradasi sesuai dengan SNI 03-1968-1990 tentang Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Hasil pengujian analisis saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian 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	52	1,040	1,040	98,960
10	3617	72,340	73,380	26,620
4,8	1293	25,860	99,240	0,760
2,4	0	0,000	99,240	0,760
1,2	0	0,000	99,240	0,760
0,6	0	0,000	99,240	0,760
0,3	0	0,000	99,240	0,760
0,15	0	0,000	99,240	0,760
Pan	38	0,760		
Jumlah	5000	100,000	669,860	

Tabel 5.10 Hasil Pengujian 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	40	0,800	0,800	99,200
10	3521	70,420	71,220	28,780
4,8	1427	28,540	99,760	0,240
2,4	0,000	0,000	99,760	0,240
1,2	0,000	0,000	99,760	0,240
0,6	0,000	0,000	99,760	0,240
0,3	0,000	0,000	99,760	0,240
0,15	0,000	0,000	99,760	0,240
Pan	12	0,240		
Jumlah	5000	100,000	670,580	

Berdasarkan Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 didapatkan nilai modulus halus butir adalah sebagai berikut.

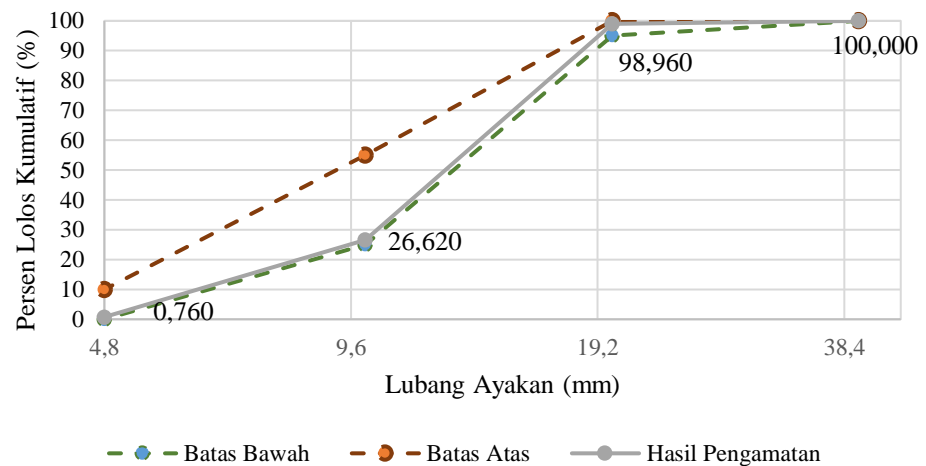
$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir (MHB) sampel 1} &= \frac{\text{Jumlah Berat tertinggal Kumulatif}}{100} \\ &= \frac{669,860}{100} \\ &= 6,699 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir (MHB) sampel 2} &= \frac{\text{Jumlah Berat tertinggal Kumulatif}}{100} \\ &= \frac{670,580}{100} \\ &= 6,706 \end{aligned}$$

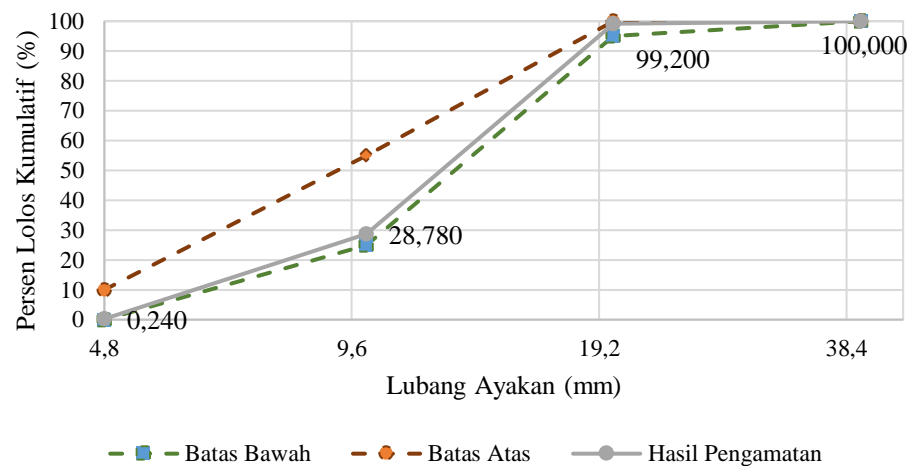
$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir Rata-Rata} &= \frac{6,699+6,706}{2} \\ &= 6,702 \end{aligned}$$

Nilai modulus halus butir (MHB) agregat kasar rata-rata sebesar 6,702. Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F modulus halus butir agregat kasar memiliki nilai antara 5,0-8,0. Nilai modulus halus butir clereng yang digunakan dalam penelitian telah memenuhi persyaratan. Hasil nilai modulus halus butir agregat

kasar (MHB) digunakan untuk mengetahui ukuran agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton. Persyaratan gradasi agregat kasar menurut SNI 03-2834-2000 sebagai berikut Tabel 3.2 Tabel Gradasi Agregat Kasar. Perbandingan persentase lolos kumulatif terhadap persen butiran dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 sebagai berikut.



Gambar 5.6 Gradasi Agregat Kasar Sampel 1



Gambar 5.7 Gradasi Agregat Kasar Sampel 2

5.3.3 Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Kasar

Pengujian berat volume gembur dan padat agregat kasar dilaksanakan berdasarkan pada SNI 03-4804-1998. Proses pengujian berat volume dapat dilihat pada gambar 5.8 sebagai berikut.



Gambar 5.8 Proses Pengujian Berat Volume Agregat Kasar

Hasil pengujian berat volume gembur dan padat agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 sebagai berikut.

Tabel 5.11 Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengukuran	Satuan
Diameter silinder	15	cm
Tinggi silinder	30	cm
Berat tabung (W1)	5917	gram
Berat Tabung + agregat SSD (W2)	13246	gram
Berat agregat (W3)	7329	gram
Volume tabung (V)	5301,483	cm ³
Berat volume gembur (W3/V)	1,382	gram/cm ³

Tabel 5.12 Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengukuran	Satuan
Diameter silinder	15	cm
Tinggi silinder	30	cm
Berat tabung (W1)	5917	gram

Lanjutan Tabel 5.12 Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengukuran	Satuan
Berat Tabung + agregat SSD (W2)	14188	gram
Berat agregat (W3)	8271	gram
Volume tabung (V)	5301,438	cm ³
Berat volume padat (W3/V)	1,560	gram/cm ³

Berdasarkan Tabel 5.11 didapatkan nilai berat volume gembur agregat kasar sebesar 1,382 gram/cm³ dan pada Tabel 5.12 didapatkan nilai berat volume padat sebesar 1,560 gram/cm³. Dari kedua pengujian tersebut didapatkan bahwa nilai berat volume gembur lebih kecil daripada nilai berat volume padat. Hal tersebut dikarenakan pada saat pengujian berat volume padat dilakukan penumbukan setiap 1/3 bagian tabung sebanyak 25 kali tumbukan hingga penuh. Penumbukan tersebut mengakibatkan pemadatan sehingga rongga-rongga udara dapat terisi oleh agregat kasar. Menurut SNI 03-4804-1998 syarat untuk berat volume pada agregat kasar sebesar 1,2-1,7 gram/cm³, sehingga agregat kasar Clereng yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

5.4 Pengujian Cacahan Botol *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Pengujian cacahan botol *Polyethylene Terephthalate* (PET) yang dilaksanakan adalah pengujian berat volume gembur dan padat.

5.4.1 Pengujian Berat Volume Gembur Cacahan Botol *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Pengujian berat volume gembur cacahan botol *Polyethylene Terephthalate* (PET) dilaksanakan bertujuan untuk mendapatkan nilai indeks dari massa agregat persatuan volume dalam kondisi tidak padat atau gembur. Pelaksanaan pengujian berat volume gembur cacahan botol PET dilaksanakan dengan cara memasukkan cacahan botol PET ke dalam silinder beton kemudian dilakukan penimbangan sebelum silinder beton diisi oleh cacahan botol PET dan setelah diisi dengan cacahan botol PET. Pengujian berat volume gembur dilaksanakan dengan menggunakan cacahan botol PET lebar 1-2 mm dengan panjang 1 cm dan 2 cm.



Gambar 5.9 Proses Pengujian Berat Volume Gembur Cacahan Botol *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Hasil pengujian berat volume gembur cacahan botol *Polyethylene Terephthalate* (PET) untuk panjang 1 cm dan 2 cm dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 sebagai berikut

Tabel 5.13 Pengujian Berat Volume Gembur Cacahan Botol *Polyethylene Terephthalate* (PET) Panjang 1 cm

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Diameter silinder	10,3	cm
Tinggi silinder	20,03	cm
Berat tabung (W1)	5229	gram
Berat Tabung + agregat SSD (W2)	5586	gram
Berat agregat (W3)	357	gram
Volume tabung (V)	1668,958	cm ³
Berat volume gembur (W3/V)	0,214	gram/cm ³

Tabel 5.14 Pengujian Berat Volume Gembur Cacahan Botol *Polyethylene Terephthalate* (PET) Panjang 2 cm

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Diameter silinder	10,3	cm
Tinggi silinder	20,03	cm
Berat tabung (W1)	5232	gram
Berat Tabung + agregat SSD (W2)	5419	gram
Berat agregat (W3)	187	gram

Lanjutan Tabel 5.14 Pengujian Berat Volume Gembur Cacahan Botol Polyethylene Terephthalate (PET) Panjang 2 cm

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Volume tabung (V)	1668,958	cm ³
Berat volume gembur (W3/V)	0,112	gram/cm ³

Berdasarkan Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 didapatkan bahwa nilai berat volume gembur cacahan botol PET untuk panjang 1 cm dan 2 cm adalah 0,112 gram/cm³ dan 0,214 gram/cm³. Nilai berat volume gembur cacahan botol PET panjang 1 cm lebih besar daripada panjang 2 cm dikarenakan ukuran cacahan 1 cm yang lebih kecil daripada 2 cm sehingga lebih banyak cacahan botol PET yang dapat mengisi rongga dibandingkan dengan panjang 2 cm.

5.4.2 Pengujian Berat Volume Padat Cacahan Botol *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Proses pengujian berat volume gembur cacahan botol *Polyethylene Terephthalate* (PET) dapat dilihat pada Gambar 5.10 sebagai berikut. Pelaksanaan pengujian berat volume padat cacahan botol PET dilaksanakan dengan cara memasukkan cacahan botol PET ke dalam silinder beton kemudian dilakukan penimbangan sebelum silinder beton diisi oleh cacahan botol PET dan setelah diisi dengan cacahan botol PET. Pada pengujian berat volume padat cacahan botol PET diisi setiap 1/3 bagian silinder kemudian dilakukan penumbukan sebanyak 25 kali hingga penuh. Pengujian berat volume gembur dilaksanakan dengan menggunakan cacahan botol PET lebar 1-2 mm dengan panjang 1 cm dan 2 cm.



Gambar 5.10 Proses Pengujian Berat Volume Padat Cacahan Botol *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Hasil pengujian berat volume padat *Polyethylene Terephthalate* (PET) untuk panjang 1 cm dan 2 cm dapat dilihat pada Tabel 5.15 dan Tabel 5.16 dan sebagai berikut.

Tabel 5.15 Pengujian Berat Volume Padat Cacahan Botol *Polyethylene Terephthalate* (PET) Panjang 1 cm

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Diameter silinder	10,3	cm
Tinggi silinder	20,03	cm
Berat tabung (W1)	5229	gram
Berat Tabung + agregat SSD (W2)	5675	gram
Berat agregat (W3)	446	gram
Volume tabung (V)	1668,958	cm ³
Berat volume padat (W3/V)	0,267	gram/cm ³

Tabel 5.16 Pengujian Berat Volume Padat Cacahan Botol *Polyethylene Terephthalate* (PET) Panjang 2 cm

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Diameter silinder	10,3	cm
Tinggi silinder	20,03	cm
Berat tabung (W1)	5232	gram
Berat Tabung + agregat SSD (W2)	5510	gram
Berat agregat (W3)	0,278	gram

**Lanjutan Tabel 5.16 Pengujian Berat Volume Padat Cacahan Botol
Polyethylene Terephthalate (PET) Panjang 2 cm**

Uraian	Hasil Pengamatan	Satuan
Volume tabung (V)	1668,958	cm ³
Berat volume padat (W3/V)	0,167	gram/cm ³

Berdasarkan Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 didapatkan bahwa nilai berat volume padat cacahan botol PET untuk panjang 1 cm dan 2 cm adalah 0,267 gram/cm³ dan 0,167 gram/cm³. Nilai berat volume padat cacahan botol PET panjang 1 cm lebih besar daripada panjang 2 cm dikarenakan ukuran cacahan 1 cm yang lebih kecil daripada 2 cm sehingga lebih banyak cacahan botol PET yang dapat mengisi rongga dibandingkan dengan panjang 2 cm.

5.5 Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini perencanaan campuran beton (*mix design*) menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-2834-2000. Perhitungan dalam perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut. Perhitungan untuk menentukan campuran beton adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan rencana ($f'c$) yang digunakan sebesar 25 MPa dan proses pengujian dilakukan pada umur rencana 28 hari.
2. Nilai tambah margin (M) yang digunakan sebesar 12 MPa, karena jumlah sampel yang direncanakan kurang dari 15 buah.
3. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan ($f'cr$)

$$f'cr = f'c + M$$

$$f'cr = 25 + 12$$

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

4. Semen yang digunakan dalam campuran beton seharusnya menggunakan semen tipe I, tetapi karena keterbatasan dalam mendapatkan semen tipe I maka diganti dengan semen PCC merek PCC Tiga Roda yang kekuatannya setara dengan semen *portland* tipe I.
5. Jenis agregat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut.
 - a. Agregat halus yang digunakan yaitu pasir alami yang berasal dari Merapi
 - b. Agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah yang berasal dari Clereng

6. Nilai faktor air semen (fas)

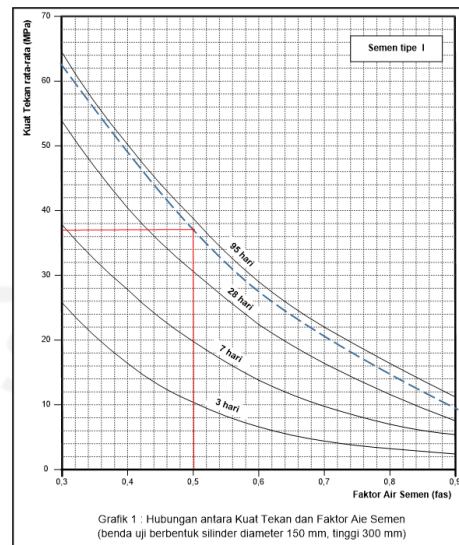
Berdasarkan Tabel 5.17 dengan jenis semen yaitu semen portland tipe I, jenis agregat kasar batu pecah, dan umur beton 28 hari maka di dapatkan nilai kuat tekan sebesar 37 MPa pada fas = 0,5.

Tabel 5.17 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan fas = 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)					Bentuk Uji
		Pada Umur (hari)				Bentuk Uji	
		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 kuat tekan didapatkan sebesar 37 MPa dengan fas 0,5 dapat dilihat pada Tabel 5.17. Kemudian ditarik garis horizontal pada nilai f'_{cr} sebesar 37 MPa sampai menyentuh garis putus-putus, setelah itu ditarik garis vertikal ke bawah sampai menyentuh nilai faktor air semen. Berdasarkan grafik hubungan kuat tekan dan faktor air semen didapatkan nilai faktor air semen sebesar 0,5. Hubungan kuat tekan dan faktor air semen dapat dilihat pada Gambar 5.11 Sebagai berikut.



Gambar 5.11 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

7. Nilai slump rencana yang digunakan pada penelitian ini sebesar 60-180 mm
8. Kadar air bebas agregat campuran

Ukuran agregat maksimum adalah 20 mm dan nilai slump yang ditentukan adalah 60-180 mm. Dari tabel 5.18 Didapatkan nilai perkiraan jumlah agregat halus (W_h) sebesar 195 kg/m^3 dan perkiraan jumlah agregat kasar (W_k) sebesar 225 kg/m^3 .

Tabel 5. 18 Hasil Perkiraan Kebutuhan Kadar Air Bebas (kg/ m^3)

Ukuran Maksimum Agregat	Jenis Batuan	Slump			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	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)

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

9. Kadar semen minimum

Penentuan kadar semen minimum ditentukan berdasarkan jenis pembetonan pada Tabel 5.19 sebagai berikut.

Tabel 5.19 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum per-m ³ beton (kg)	Nilai fas maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruang bangunan		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		tabel 6

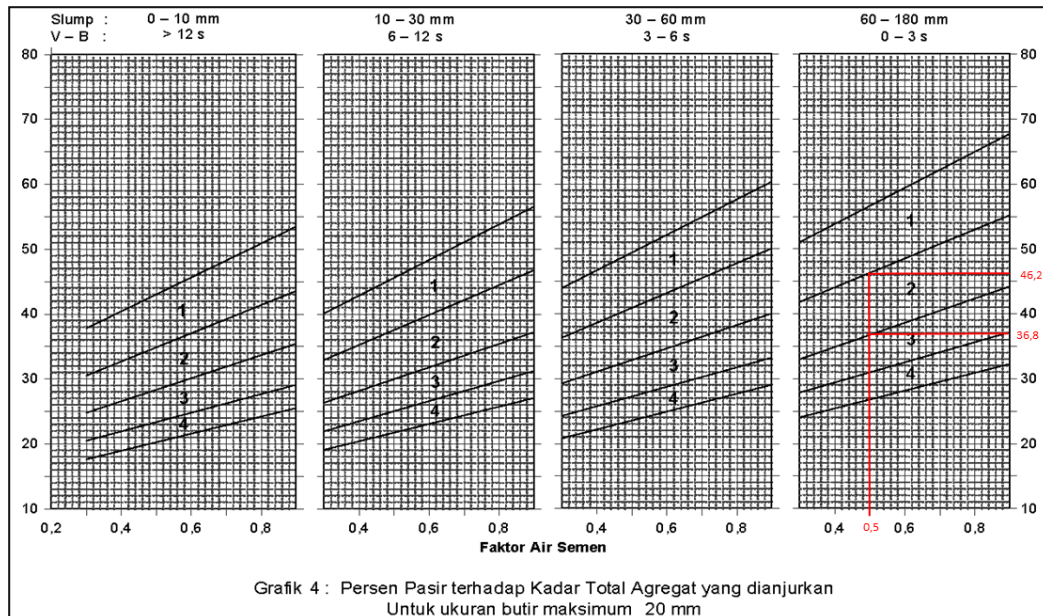
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Berdasarkan Tabel 5.19 beton yang direncanakan di luar ruangan bangunan tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung memiliki jumlah semen minimum per-m³ sebesar 325 kg dan nilai fas maksimum sebesar 0,6. Perhitungan jumlah semen yang digunakan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Semen} &= \frac{\text{Nilai kadar air bebas}}{\text{Faktor air semen}} \\
 &= \frac{205}{0,5} \\
 &= 410,000 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

10. Presentase Agregat Halus dan Kasar

Nilai presentase agregat halus dengan mengacu pada slump 60-180 mm, faktor air semen 0,5, ukuran butir maksimum sebesar 20 mm berada pada gradasi 2.



Gambar 5.12 Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Nilai presentase agregat halus dilakukan dengan menarik garis vertikal pada nilai faktor air semen yang ditentukan sebesar 0,5 hingga memotong garis batas atas dan batas bawah untuk gradasi 2. Setelah itu, menarik garis horizontal ke kanan hingga mendapatkan presentase agregat halus pada batas atas dan batas bawah. Presentase agregat halus yang didapatkan untuk batas atas dan batas bawah sebesar 46,2% dan 36,8%. Nilai yang digunakan adalah nilai rata-rata sebesar 41,5%.

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

11. Berat jenis agregat gabungan

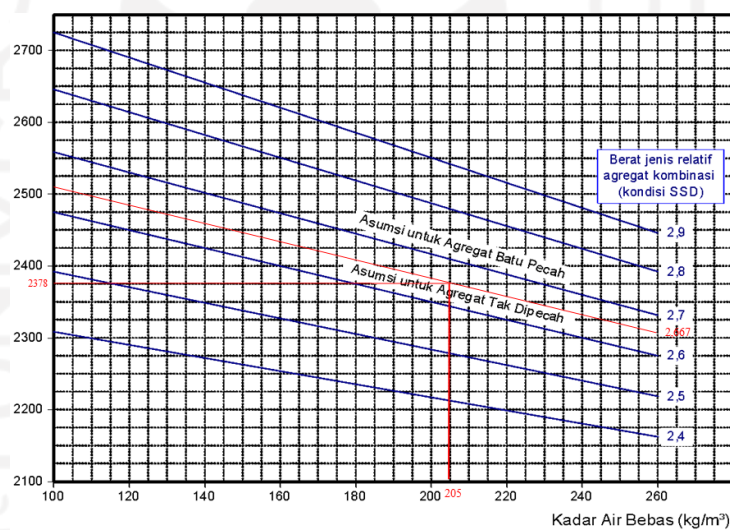
$$\text{Berat jenis agregat halus (} b_{j\text{agregat halus}} \text{)} = 2,703$$

$$\text{Berat jenis agregat kasar (} b_{j\text{agregat kasar}} \text{)} = 2,642$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis agregat gabungan (} b_{j_{\text{agregat gabungan}}} \text{)} &= \frac{p}{100} b_{j_{\text{ag halus}}} + \frac{K}{100} b_{j_{\text{ag kasar}}} \\
 &= \frac{41,5}{100} 2,703 + \frac{58,5}{100} 2,642 \\
 &= 2,667
 \end{aligned}$$

12. Berat isi beton

Nilai berat isi beton ditentukan berdasarkan Gambar 5.13 dengan memperhatikan nilai kadar air bebas dan berat jenis agregat gabungan. Penentuan nilai berat isi beton dilakukan dengan membuat garis bantu untuk nilai berat jenis agregat gabungan sebesar 2,667 sehingga dapat menarik garis vertikal pada kadar air bebas sebesar 205 kg/cm³ ke atas hingga menyentuh garis bantu. Kemudian menarik garis horizontal ke kiri sampai menyentuh nilai berat isi beton basah. Berdasarkan Gambar 5.13 didapatkan nilai berat isi beton sebesar 2378 kg/m³.



Gambar 5.13 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

13. Proporsi Agregat Gabungan

Proporsi agregat gabungan adalah proporsi campuran agregat halus dan agregat kasar yang didapatkan dengan mengurangi berat isi beton dengan kadar semen dan kebutuhan air. Perhitungan proporsi agregat gabungan dengan persamaan sebagai berikut.

Proporsi agregat gabungan = berat isi beton-kadar semen-kadar air

$$= 2378 - 410 - 205$$

$$= 1763,000 \text{ kg/m}^3$$

14. Proporsi Agregat Halus

Nilai proporsi agregat halus ditentukan dengan mengalikan persentase agregat halus terhadap proporsi agregat gabungan. Perhitungan proporsi agregat halus

dapat dilihat dengan persamaan sebagai berikut.

Proporsi Agregat halus = persentase agregat halus x persentase agregat gabungan

$$= 41,5\% \times 1763$$

$$= 731,645 \text{ kg/m}^3$$

Nilai proporsi agregat kasar ditentukan dengan mengurangi proporsi agregat gabungan dengan proporsi agregat halus. Perhitungan proporsi agregat kasar menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Proporsi agregat kasar} = \text{proporsi agregat gabungan} - \text{proporsi agregat halus}$$

$$= 1763,000 - 731,645$$

$$= 1031,355 \text{ kg/m}^3$$

15. Proporsi campuran (setiap 1 m³)

Proporsi campuran setiap 1 m³ sebagai berikut.

a. Semen = 410,000 kg

b. Air = 205 kg

c. Agregat halus = 731,645 kg

d. Agregat kasar = 1031,355 kg

16. Proporsi campuran beton dengan angka penyusutan dalam penelitian ini digunakan sebesar 30%. Proporsi campuran setiap 1 m³ sebagai berikut.

a. Semen = 533,000 kg

b. Air = 266,500 kg

c. Agregat halus = 951,139 kg

d. Agregat kasar = 1340,762 kg

17. Proporsi campuran setiap varian sebanyak 6 silinder dan 3 balok. Perhitungan volume setiap varian adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Volume 6 buah silinder} &= 6 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\ &= 6 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,30 \\ &= 0,03181 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume 3 buah balok} &= 3 \times p \times l \times t \\ &= 3 \times 0,4 \times 0,1 \times 0,1 \\ &= 0,012 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total volume setiap varian} &= \text{volume 6 silinder} + \text{volume 3 balok} \quad (5.1) \\ &= 0,03181 + 0,012 \\ &= 0,04381 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berat masing-masing bahan dalam setiap variasi (6 silinder dan 3 balok)

$$\begin{aligned} \text{a. Semen} &= \text{volume untuk setiap } 1 \text{ m}^3 \times \text{total volume setiap varian} \\ &= 533,000 \times 0,04381 \\ &= 23,350 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Air} &= \text{volume untuk setiap } 1 \text{ m}^3 \times \text{total volume setiap varian} \\ &= 266,500 \times 0,04381 \\ &= 11,675 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Agregat halus} &= \text{volume untuk setiap } 1 \text{ m}^3 \times \text{total volume setiap varian} \\ &= 951,139 \text{ kg} \times 0,04381 \\ &= 41,668 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Agregat kasar} &= \text{volume untuk setiap } 1 \text{ m}^3 \times \text{total volume setiap varian} \\ &= 1340,762 \times 0,04381 \\ &= 58,737 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. Total berat material} &= \text{berat semen} + \text{berat air} + \text{berat agregat halus} + \\ &\quad \text{berat agregat kasar} \quad (5.2) \\ &= 23,350 + 11,675 + 41,668 + 58,737 \\ &= 135,42999 \text{ kg} \end{aligned}$$

18. Proporsi penambahan cacahan botol PET

Variasi penambahan cacahan botol PET pada penelitian ini sebesar 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, dan 0,8% terhadap berat volume beton. Cacahan botol plastik PET yang digunakan berukuran lebar 1-2 mm dengan panjang 1 cm dan 2 cm. Perhitungan berat volume beton dan berat bahan yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 5.1 dan persamaan 5.2 diatas.

Total volume beton	= 0,04381 m ³
Total berat material	= 135,429 kg
Persentase penambahan PET 0 %	= persentase penambahan × total berat material = 0% × 135,429 = 0 kg
Persentase penambahan PET 0,2 %	= persentase penambahan × total berat material = 0,2% × 135,429 = 0,27086 kg = 270,859 gram
Persentase penambahan PET 0,4 %	= persentase penambahan × total berat material = 0,4% × 135,429 = 0,54172 kg = 541,719 gram
Persentase penambahan PET 0,6 %	= persentase penambahan × total berat material = 0,6% × 135,429 = 0,8125 kg = 812,579 gram
Persentase penambahan PET 0,8 %	= persentase penambahan × total berat material = 0,8% × 135,429

= 1,0834 kg

= 1083,439 gram

19. Hasil rekapitulasi perhitungan perencanaan campuran beton (*mix design*) dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut

Tabel 5.20 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	25	MPa	ditetapkan
2	Deviasi Standar (S)	7	MPa	
3	Nilai Tambah/Margin (M)	12	MPa	
4	Kuat Tekan Brton Rata-rata yang direncanakan	37	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	0,5		Tabel 2 dan grafik 1 dan 2
	Faktor Air Semen Maksimum	0,6		
8	Faktor Air Semen Digunakan	0,5		
9	Slump	60-180	mm	ditetapkan
10	Ukuran Agregat Maksimum	20	mm	ditetapkan
11	Kadar Air Bebas	205		tabel 3
12	Kadar Semen	410,000	kg/m ³	(11):(8)
13	Kadar Semen Maksimum	-		
14	Kadar Semen Minimum	325		tabel 4
15	Kadar Semen Digunakan	410,000	kg/m ³	
16	Faktor Air Semen Disesuaikan	-		
17	Susunan Besar Butir Agregat Halus	2		Daerah gradasi
18	Berat Jenis Agregat Halus	2,703		
	Berat Jenis Agregat Kasar	2,642		
19	Persen Agregat Halus digunakan	41,5	%	grafik 13 / 14 /15

Lanjutan Tabel 5.20 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan
20	Berat Jenis Relatif Agregat (Gabungan) SSD	2,667		
21	Berat Isi Beton	2378		grafik 16
22	Kadar Agregat Gabungan	1763,000	kg/m ³	(21)-(15)-(11)
23	Kadar Agregat Halus	731,645	kg/m ³	(19)*(22)
24	Kadar Agregat Kasar	1031,355	kg/m ³	(22)-(23)

20. Rekapitulasi perencanaan campuran beton (*mix design*) dengan angka penyusutan adalah sebagai berikut.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

No	Uraian	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat	
				Halus (kg)	Kasar (kg)
1	Proporsi Campuran Teoritis (Agregat Kondisi SSD)				
	*Setiap m ³	410,000	205,000	731,645	1031,355
	*Setiap m ³	17,962	8,981	32,052	45,182
2	Proporsi Campuran dengan Angka Penyusutan (30%)				
	*Setiap m ³	533,000	266,500	951,139	1340,762
	*Setiap campuran uji (9 benda uji) : 0,04381 m ³	23,350	11,675	41,668	58,737
	Perbandingan	1	0.5	1.785	2.516

21. Rekapitulasi kebutuhan material campuran beton dapat dilihat pada Tabel 5.23 sebagai berikut.

Tabel 5. 22 Rekapitulasi Kebutuhan Material Campuran Beton

PROPORSI CAMPURAN YANG DIGUNAKAN								
Sampel benda uji (buah)	Volume (m ³)	Variasi panjang serat cacahan botol PET (cm)	Variasi persentase penambahan serat cacahan botol PET (%)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Semen (kg)	Air (kg)	PET (kg)
9	0,04381	0	0	41,668	58,737	23,350	11,675	0
9	0,04381	1	0,2	41,668	58,737	23,350	11,675	0,2701
9	0,04381		0,4	41,668	58,737	23,350	11,675	0,5417
9	0,04381		0,6	41,668	58,737	23,350	11,675	0,8126
9	0,04381		0,8	41,668	58,737	23,350	11,675	1,083
9	0,04381		0,2	41,668	58,737	23,350	11,675	0,2701
9	0,04381	2	0,4	41,668	58,737	23,350	11,675	0,5417
9	0,04381		0,6	41,668	58,737	23,350	11,675	0,8126
9	0,04381		0,8	41,668	58,737	23,350	11,675	1,083
9	0,04381		0,2	41,668	58,737	23,350	11,675	0,2701

Berdasarkan Tabel 5.23 komposisi kebutuhan material campuran beton penambahan serat cacahan botol PET dengan masing-masing sampel sebanyak 9 buah dengan volume sebesar 0,04381 m³. Setiap variasi memiliki komposisi agregat halus, agregat kasar, semen, dan air yang sama. Untuk agregat halus sebesar 41,668 kg, agregat kasar sebesar 58,737 kg, semen sebesar 23,350 kg, dan air sebesar 11,675. Perbedaan setiap variasi terdapat pada komposisi penambahan serat cacahan botol PET guna untuk mengetahui pengaruh penambahan cacahan botol plastik PET tersebut pada campuran beton.

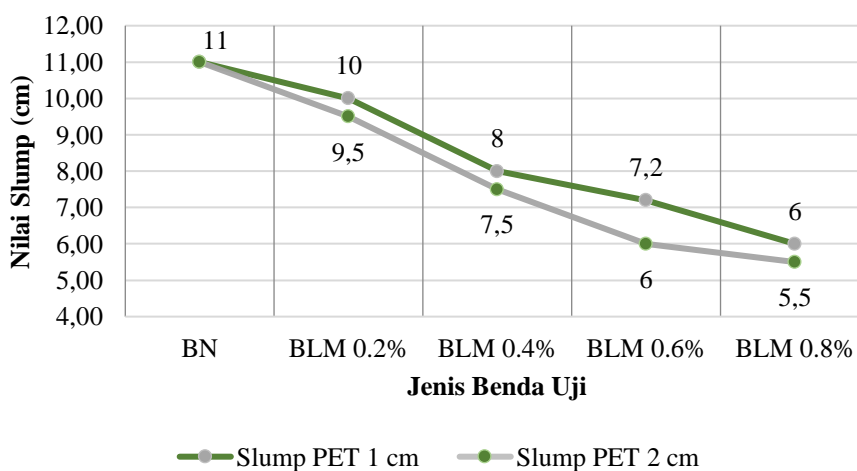
5.6 Hasil Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan sebuah adukan beton dan untuk mengetahui *workability* beton segar. Pengujian slump dilakukan dengan mengukur selisih tinggi adukan beton dengan tinggi cetakan setelah dilakukan cetakan uji slump.

Tabel 5.23 Hasil Pengujian Slump

Kode Benda Uji	Variasi Panjang Serat (cm)	Persentase Penambahan PET (%)	Tinggi Slump (cm)
BN	0	0	11
BLM 1 - 0,2	1	0,2	10
BLM 1 - 0,4		0,4	8
BLM 1 - 0,6		0,6	7,2
BLM 1 - 0,8		0,8	6
BLM 2 - 0,2	2	0,2	9,5
BLM 2 - 0,4		0,4	7,5
BLM 2 - 0,6		0,6	6
BLM 2 - 0,8		0,8	5,5

Berdasarkan data pada Tabel 5.23 diperoleh grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.14 sebagai berikut.



Gambar 5.14 Nilai Slump

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa semakin banyak persentase penambahan serat cacahan botol PET terhadap volume beton maka nilai slump semakin turun sehingga tingkat pengerjaan beton semakin sulit. Penurunan nilai slump disebabkan seiring bertambahnya cacahan botol PET dalam campuran beton maka PET akan mengisi ronggga pada campuran yang mengakibatkan campuran beton semakin kental. Semakin kental campuran beton maka *workability* semakin menurun.

5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah umur beton 28 hari. Benda uji yang digunakan pada pengujian kuat tekan beton sebanyak 27 buah dari masing-masing variasi persentase penambahan cacahan botol PET sebesar 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8% dari volume beton dengan panjang serat cacahan botol PET 1 cm dan 2 cm dengan lebar 1-2 mm. Sebelum pengujian kuat tekan beton bagian permukaan atas benda uji dilapisi belerang yang telah dicairkan pada permukaan yang belum rata (*capping*). Data dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.25 dan Tabel 5.26. Perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat tekan dilakukan dengan persamaan (3.12). Berikut merupakan perhitungan kuat tekan beton pada BN-1.

Berat silinder	= 12,861 kg
Diameter	= 15,170 cm ²
Tinggi	= 30,127 cm
Beban Maksimum	= 505000 N
Luas Penampang	= $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
	= $\frac{1}{4} \times \pi \times 151,70^2$
	= 18074,282 mm ²
Berat Volume	= $\frac{\text{berat} \times 10^9}{\text{luas penampang} \times \text{tinggi}}$
	= $\frac{12,861 \times 10^9}{18074,282 \times 30,127}$
	= 2361,906 kg/cm ³
Kuat Tekan	= $\frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas penampang}}$
	= $\frac{505000}{18074,282}$
	= 27,940 MPa

Tabel 5.24 Data Benda Uji Kuat Tekan Beton

Kode Benda Uji		Berat Benda Uji	Diameter	Tinggi	Luas Penampang
		(kg)	(mm)	(mm)	(mm ²)
BN	1	12,861	151,700	301,267	18074,282
	2	12,868	151,333	300,533	17987,014
	3	12,954	150,533	303,633	17797,346
BLM 1 - 0,2	1	12,806	149,767	301,267	17616,524
	2	12,762	150,833	301,767	17868,354
	3	12,594	150,000	298,300	17671,459
BLM 1 - 0,4	1	12,964	151,500	303,233	18026,655
	2	12,903	151,167	303,233	17947,417
	3	12,797	149,700	303,167	17600,844
BLM 1 - 0,6	1	12,941	151,033	303,500	17915,771
	2	12,838	150,733	301,800	17844,669
	3	12,355	148,833	301,433	17397,638
BLM 1 - 0,8	1	12,898	151,833	305,167	18106,067
	2	12,744	150,133	301,833	17702,889
	3	12,678	151,300	305,267	17979,091
BLM 2 - 0,2	1	12,846	148,767	304,600	17382,056
	2	12,684	150,567	302,300	17805,229
	3	12,753	150,467	301,667	17781,585
BLM 2 - 0,4	1	12,683	149,533	304,133	17561,674
	2	12,715	150,233	300,667	17726,479
	3	12,760	150,767	302,900	17852,562
BLM 2 - 0,6	1	12,750	150,100	302,067	17695,028
	2	12,727	150,617	301,483	17817,056
	3	12,827	150,367	304,967	17757,958
BLM 2 - 0,8	1	12,510	151,233	305,233	17963,251
	2	12,885	150,333	306,000	17750,086
	3	12,846	151,667	304,567	18066,339

Tabel 5.25 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

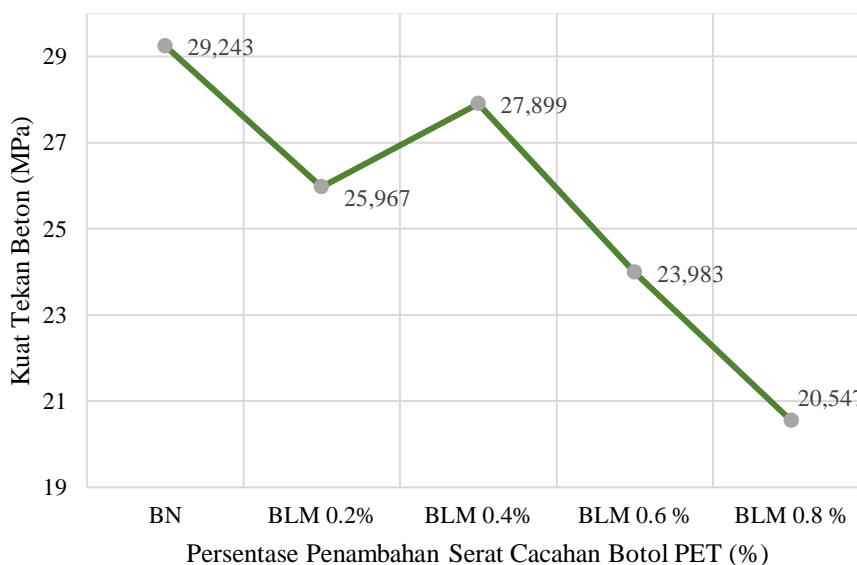
Kode Benda Uji		Berat Volume	Berat Volume Rata-Rata	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
		(kg/m ³)	(kg/m ³)	kN	(MPa)	(MPa)
BN	1	2361,906	2379,843	505	27,940	29,243
	2	2380,451		560	31,134	
	3	2397,172		510	28,656	
BLM 1 - 0,2	1	2412,916	2389,615	420	23,841	25,967
	2	2366,807		425	23,785	
	3	2389,120		535	30,275	
BLM 1 - 0,4	1	2371,630	2380,255	485	26,905	27,899
	2	2370,892		540	30,088	
	3	2398,243		470	26,703	
BLM 1 - 0,6	1	2379,982	2373,235	440	24,559	23,983
	2	2383,799		420	23,536	
	3	2355,923		415	23,854	
BLM 1 - 0,8	1	2334,324	2343,104	340	18,778	20,547
	2	2385,033		360	20,336	
	3	2309,956		405	22,526	
BLM 2 - 0,2	1	2426,257	2386,747	410	23,588	23,598
	2	2356,517		455	25,554	
	3	2377,467		385	21,652	
BLM 2 - 0,4	1	2374,609	2373,312	410	23,346	24,088
	2	2385,660		465	26,232	
	3	2359,668		405	22,686	
BLM 2 - 0,6	1	2385,372	2374,414	510	28,822	26,942
	2	2369,337		455	25,537	
	3	2368,534		470	26,467	
BLM 2 - 0,8	1	2281,605	2329,494	390	21,711	21,015
	2	2372,261		380	21,408	
	3	2334,616		360	19,927	

Berdasarkan Tabel 5.26 di atas didapatkan nilai kuat tekan beton dengan persentase penambahan cacahan botol PET dengan panjang serat 1 cm dengan persentase 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, dan 0,8% secara berturut-turut sebesar 29,243 MPa, 25,967 MPa, 27,899 MPa, 23,983 MPa, dan 20,547 MPa. Nilai kuat tekan beton dengan persentase penambahan cacahan botol PET dengan panjang serat 2

cm dengan persentase 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, dan 0,8% secara berturut-turut sebesar 29,243 MPa, 23,598 MPa, 24,088 MPa, 26,942 MPa, dan 21,015 MPa.

5.7.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Cacahan Botol PET Panjang 1 cm

Nilai kuat tekan beton tertinggi pada beton tanpa penambahan serat cacahan botol PET sebesar 29,243 MPa. Nilai kuat tekan beton tertinggi dengan penambahan serat cacahan botol PET panjang 1 cm pada persentase 0,4% sebesar 27,899 MPa meskipun tidak melampaui beton tanpa penambahan cacahan botol plastik PET tetapi telah melampaui kuat tekan rencana yaitu sebesar 25 MPa. Nilai kuat tekan terendah pada persentase 0,8% sebesar 20,547 MPa. Berdasarkan hasil kuat tekan beton rata-rata pada Tabel 5.26, nilai-nilai tersebut diplotkan menjadi grafik nilai kuat tekan beton variasi panjang 1 cm yang dapat dilihat pada Gambar 5.15 sebagai berikut.



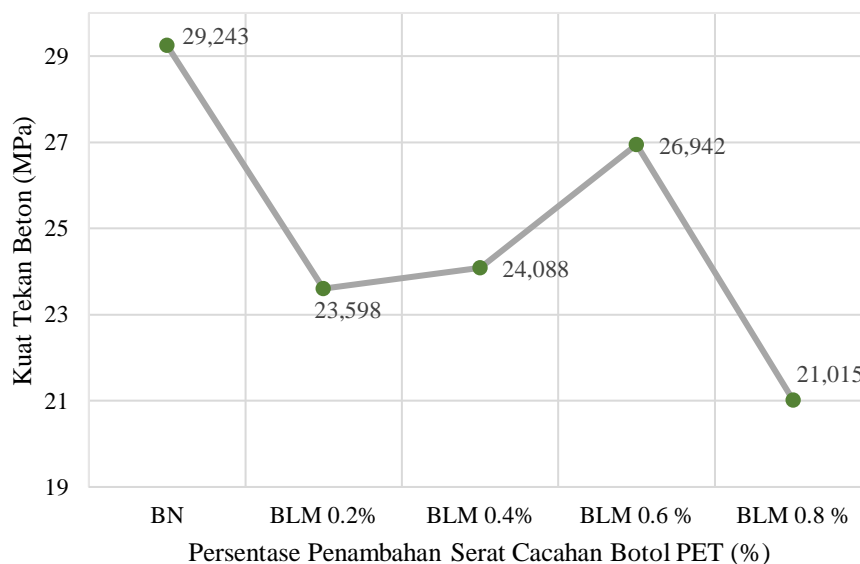
Gambar 5.15 Nilai Kuat Tekan Beton Variasi Panjang 1 cm

Berdasarkan Gambar 5.15 beton dengan penambahan cacahan botol plastik PET menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah daripada kuat tekan beton normal. Penambahan cacahan botol plastik PET pada campuran beton dapat menurunkan nilai kuat tekan beton. Penurunan nilai kuat tekan dipengaruhi oleh berat cacahan botol plastik PET yang semakin banyak. Semakin bertambahnya

berat cacahan botol plastik PET yang terkandung dalam campuran beton menyebabkan bertambahnya volume rongga maka kuat tekan beton semakin menurun. Penurunan kuat tekan beton disebabkan karena ketidakseimbangan antara bahan campuran dimana terdapat banyak serat yang mengisi benda uji sehingga menyebabkan pasir dan semen tidak bisa mengikat secara maksimal.

5.7.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Cacahan Botol PET Panjang 2 cm

Nilai kuat tekan beton tertinggi pada beton tanpa penambahan serat cacahan botol PET sebesar 29,243 MPa. Nilai kuat tekan beton tertinggi dengan penambahan serat cacahan botol PET panjang 2 cm pada persentase 0,6% sebesar 26,942 MPa meskipun tidak melampaui beton normal tetapi telah melampaui kuat tekan rencana yaitu sebesar 25 MPa. Nilai kuat tekan terendah pada persentase 0,8% sebesar 21,015 MPa. Berdasarkan hasil kuat tekan beton rata-rata pada Tabel 5.25, nilai-nilai tersebut diplotkan menjadi grafik nilai kuat tekan beton variasi panjang 2 cm yang dapat dilihat pada Gambar 5.16 sebagai berikut.



Gambar 5.16 Nilai Kuat Tekan Beton Variasi Panjang 2 cm

Berdasarkan Gambar 5.16 beton dengan penambahan cacahan botol plastik PET menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih rendah daripada nilai kuat tekan beton normal. Penambahan cacahan botol plastik PET pada campuran beton dapat

menurunkan nilai kuat tekan beton. Penurunan nilai kuat tekan dipengaruhi oleh volume cacahan botol plastik PET yang semakin banyak. Semakin bertambahnya volume cacahan botol plastik PET yang terkandung dalam campuran beton menyebabkan bertambahnya volume rongga maka kuat tekan beton semakin menurun. Semakin banyaknya volume cacahan botol plastik PET mengakibatkan serat tidak tercampur merata sehingga dapat menurunkan kuat tekan beton. Permukaan cacahan botol plastik PET yang licin menyebabkan antara campuran beton dengan cacahan botol plastik tidak dapat mengikat secara sempurna.

5.7.3 Pembahasan Secara Keseluruhan Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan pembahasan diatas, dapat diketahui nilai tertinggi pengujian kuat tekan pada penambahan cacahan botol plastik PET panjang 1 cm berada pada persentase penambahan 0,4%, sedangkan pada penambahan cacahan botol plastik PET panjang 2 cm berada pada persentase penambahan 0,6%. Persentase kenaikan kuat tekan beton dengan penambahan cacahan botol plastik PET terhadap beton normal dapat dilihat pada Tabel 5.27 sebagai berikut.

Tabel 5.26 Persentase Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Cacahan Botol Plastik PET terhadap Beton Normal

Variasi Kadar Penambahan PET	Persentase Kuat Tekan terhadap BN (%)	
	Panjang 1 cm	Panjang 2 cm
0%	0.000	0.000
0,2%	-11,203	-19,305
0,4%	-4,598	-17,629
0,6%	-17,987	-7,869
0,8%	-29.739	-28,136

Berdasarkan Tabel 5.27 diatas didapatkan bahwa nilai persentase tertinggi penambahan cacahan botol PET panjang 1 cm pada persentase 0,4 % lebih tinggi sebesar -4,598% dibandingkan dengan nilai persentase tertinggi penambahan cacahan botol PET panjang 2 cm pada persentase 0,6% sebesar -7,869%. Pengujian kuat tekan beton yang dilakukan pada penambahan cacahan botol plastik PET panjang 1 cm dan panjang 2 menunjukkan bahwa dengan penambahan cacahan botol plastik PET nilai kuat tekan yang dihasilkan lebih

rendah dibandingkan beton tanpa penambahan cacahan botol plastik PET. Pengujian kuat tekan beton yang telah dilakukan membuktikan bahwa dengan penambahan cacahan botol plastik PET menurunkan nilai kuat tekan beton. Hal ini dikarenakan permukaan cacahan botol plastik PET licin sehingga ikatan antar agregat pada campuran beton tidak dapat mengikat secara sempurna.

5.8 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik beton dilakukan setelah umur beton 28 hari. Benda uji yang digunakan pada pengujian kuat tarik beton sebanyak 27 buah dari masing-masing variasi persentase penambahan cacahan botol PET sebesar 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8% dari volume beton dengan panjang serat cacahan botol PET 1 cm dan 2 cm dengan lebar 1 mm. Perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah beton dilakukan dengan persamaan (3.13). Berikut merupakan perhitungan kuat tarik belah beton pada silinder 4 BN serat cacahan botol plastik PET 0%.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat silinder} &= 13,144 \text{ kg} \\
 \text{Diameter} &= 15,153 \text{ cm} \\
 \text{Tinggi} &= 30,503 \text{ cm} \\
 \text{Beban maksimum} &= 210000 \text{ N} \\
 \text{Luas Penampang} &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\
 &= 0,25 \times \pi \times 151,53^2 \\
 &= 18034,588 \text{ mm}^2 \\
 \text{Berat Volume} &= \frac{\text{berat} \times 10^9}{\text{luas penampang} \times \text{tinggi}} \\
 &= \frac{13,144 \times 10^9}{18034,588 \times 305,03} \\
 &= 2389,318 \\
 \text{Kuat Tarik Belah} &= \frac{2 \times \text{Beban maksimum}}{\pi \times L \times D} \\
 &= \frac{2 \times 210000}{\pi \times 305,03 \times 151,53} \\
 &= 2,892 \text{ kg/cm}^3 \\
 \text{Kuat tarik rata-rata beton BN} &= 2,643 \text{ MPa} \\
 \text{Kuat tarik rata-rata beton BLM 1-0,2\%} &= 2,571 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase kuat tarik} &= \frac{\text{Kuat tarik rerata BLM 1-0,2\%}-\text{Kuat tarik rerata BN}}{\text{Kuat tarik rerata BN}} \\ &= \frac{2,571-2,643}{2,643} \\ &= -2,723\% \end{aligned}$$

Tabel 5.27 Data Benda Uji Kuat Tarik Belah Beton

Kode Benda Uji		Berat Benda Uji	Diameter	Tinggi	Luas Penampang
		(kg)	(mm)	(mm)	(mm ²)
BN	4	13,144	151,533	305,033	18034,588
	5	12,755	150,267	303,900	17734,346
	6	12,704	148,400	302,233	17296,478
BLM 1 - 0,2	4	12,825	149,867	301,500	17640,057
	5	12,744	149,600	299,733	17577,337
	6	12,846	150,467	303,367	17781,585
BLM 1 - 0,4	4	12,810	150,133	302,267	17702,889
	5	12,805	150,767	304,200	17852,562
	6	12,913	150,867	303,100	17876,252
BLM 1 - 0,6	4	12,734	151,033	301,900	17915,771
	5	12,627	150,200	300,833	17718,614
	6	12,636	149,767	301,400	17616,524
BLM 1 - 0,8	4	12,698	150,600	304,367	17813,113
	5	12,940	150,800	304,833	17860,457
	6	12,759	151,233	302,467	17963,251
BLM 2 - 0,2	4	12,781	150,400	303,367	17765,832
	5	12,754	149,567	299,133	17569,504
	6	12,693	150,733	300,933	17844,669
BLM 2 - 0,4	4	12,718	150,433	303,867	17773,708
	5	12,724	149,733	302,433	17608,683
	6	12,731	150,567	304,300	17805,229
BLM 2 - 0,6	4	12,780	150,583	304,350	17809,171
	5	12,741	149,667	300,583	17593,006
	6	12,865	150,133	305,467	17702,889
BLM 2 - 0,8	4	12,749	150,367	302,300	17757,958
	5	12,733	149,500	303,767	17553,845
	6	12,657	150,733	301,500	17844,669

Tabel 5.28 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton

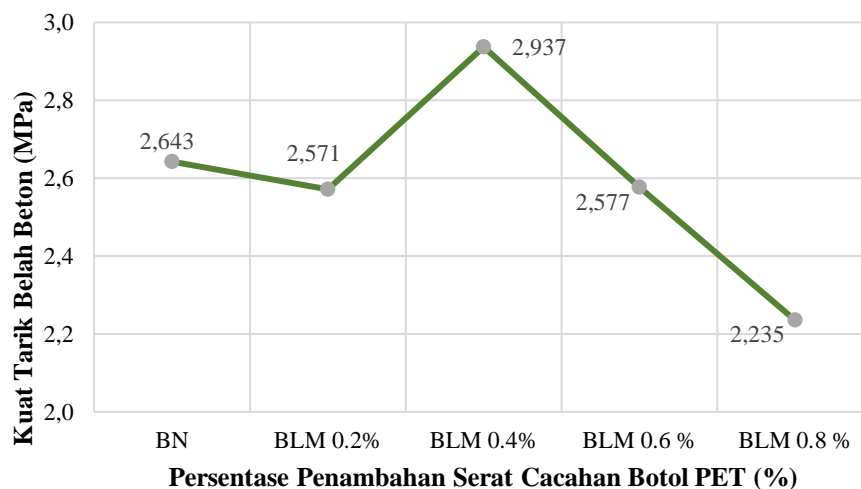
Kode Benda Uji		Berat Volume	Berat Volume Rata-Rata	Beban Maksimum	Kuat Tarik	Kuat Tarik Rata-Rata
		(kg/m ³)	(kg/m ³)	kN	(MPa)	(MPa)
BN	4	2389,318	2395,387	210	2,892	2,643
	5	2366,653		175	2,440	
	6	2430,191		183	2,597	
BLM 1 - 0,2	4	2411,405	2403,896	197	2,776	2,571
	5	2418,899		170	2,414	
	6	2381,385		181	2,524	
BLM 1 - 0,4	4	2393,948	2378,347	203	2,848	2,937
	5	2357,870		220	3,054	
	6	2383,223		209	2,910	
BLM 1 - 0,6	4	2354,324	2367,681	168	2,346	2,577
	5	2368,888		199	2,804	
	6	2379,831		183	2,581	
BLM 1 - 0,8	4	2342,062	2355,697	163	2,264	2,235
	5	2376,727		170	2,354	
	6	2348,303		150	2,088	
BLM 2 - 0,2	4	2371,436	2387,277	181	2,525	2,477
	5	2426,734		177	2,519	
	6	2363,663		170	2,386	
BLM 2 - 0,4	4	2354,820	2364,601	180	2,507	2,597
	5	2389,280		193	2,713	
	6	2349,703		185	2,571	
BLM 2 - 0,6	4	2357,837	2382,074	187	2,598	2,804
	5	2409,343		204	2,887	
	6	2379,040		211	2,929	
BLM 2 - 0,8	4	2374,898	2371,780	179	2,507	2,335
	5	2387,912		168	2,355	
	6	2352,529		153	2,143	

Berdasarkan Tabel 5.29 di atas didapatkan nilai kuat tarik beton dengan persentase penambahan cacahan botol PET dengan panjang serat 1 cm dengan persentase 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, dan 0,8% secara berturut-turut sebesar 2,643

MPa, 2,571 MPa, 2,937 MPa, 2,577 MPa, dan 2,235 MPa. Nilai kuat tekan beton dengan persentase penambahan cacahan botol PET dengan panjang serat 2 cm dengan persentase 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, dan 0,8% secara berturut-turut sebesar 2,643 MPa, 2,477 MPa, 2,597 MPa, 2,804 MPa, dan 2,335 MPa.

5.8.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi Cacahan Botol PET Panjang 1 cm

Nilai kuat tarik beton tertinggi pada beton tanpa penambahan serat cacahan botol PET sebesar 2,643 MPa. Nilai kuat tarik beton tertinggi dengan penambahan serat cacahan botol PET panjang 1 cm pada persentase 0,4% sebesar 2,937 MPa. Nilai kuat tekan terendah pada persentase 0,8% sebesar 2,235 MPa. Berdasarkan hasil kuat tarik beton rata-rata pada Tabel 5.29, nilai-nilai tersebut diplotkan menjadi grafik nilai kuat tarik beton variasi panjang 1 cm yang dapat dilihat pada Gambar 5.17 sebagai berikut.



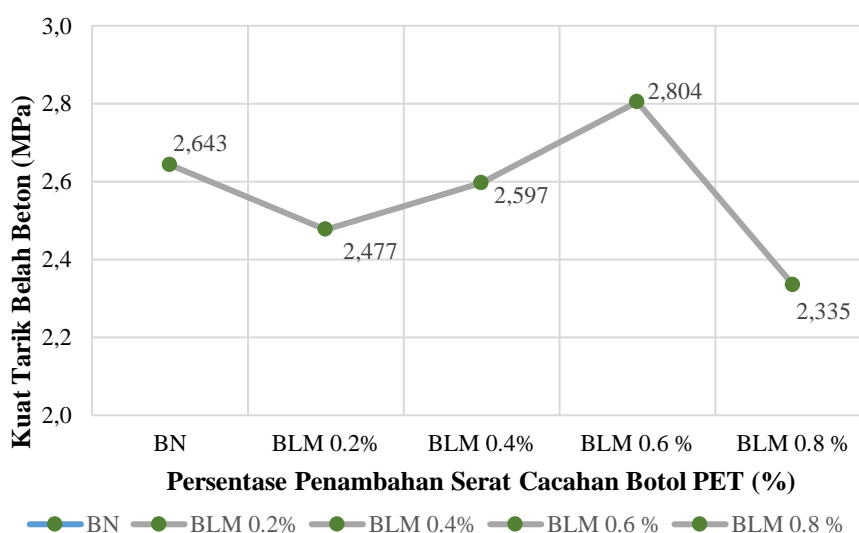
Gambar 5.17 Nilai Kuat Tarik Belah Beton Variasi Panjang 1 cm

Berdasarkan Gambar 5.17 didapatkan bahwa nilai kuat tarik belah beton penambahan cacahan botol plastik PET panjang 1 cm pada persentase 0,4% sebesar 2,937 MPa lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kuat tarik belah beton normal. Penambahan serat cacahan botol PET lebih dari 0,4% terhadap berat volume beton menyebabkan penurunan kuat tarik belah beton. Pada pengujian kuat tarik belah retak benda uji tanpa penambahan serat cacahan botol PET

mengalami retakan hingga beban maksimum, sedangkan pada benda uji dengan penambahan serat cacahan botol PET mengalami retakan secara perlahan karena tegangan tarik ditahan oleh adanya serat cacahan botol PET dalam campuran beton masih tetap melekat, benda uji retak namun tidak langsung terbelah karena dengan adanya serat cacahan botol PET pada beton tersebut mampu menahan beton tersebut terbelah secara langsung.

5.8.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi Cacahan Botol PET Panjang 2 cm

Nilai kuat tarik beton tertinggi pada beton tanpa penambahan serat cacahan botol PET sebesar 2,643 MPa. Nilai kuat tarik beton tertinggi dengan penambahan serat cacahan botol PET panjang 2 cm pada persentase 0,6% sebesar 2,804 MPa. Nilai kuat tekan terendah pada persentase 0,8% sebesar 2,335 MPa. Berdasarkan hasil kuat tarik beton rata-rata pada Tabel 5.29, nilai-nilai tersebut diplotkan menjadi grafik nilai kuat tarik beton variasi panjang 2 cm yang dapat dilihat pada Gambar 5.18 sebagai berikut.



Gambar 5.18 Nilai Kuat Tarik Belah Beton Variasi Panjang 2 cm

Berdasarkan Gambar 5.18 nilai kuat tarik belah beton rata-rata beton tanpa penambahan serat cacahan botol PET sebesar 2,643 MPa. Nilai kuat tarik belah beton tertinggi pada penambahan serat cacahan botol PET persentase 0,6%

sebesar 2,804 MPa dan melampaui nilai kuat tarik belah beton tanpa penambahan serat cacahan botol PET. Nilai kuat tarik belah terendah pada persentase penambahan serat cacahan botol PET 0,8% sebesar 2,335 MPa.

Penambahan serat cacahan botol PET lebih dari 0,6% terhadap volume beton menyebabkan penurunan kuat tarik belah beton. Pada pengujian kuat tarik belah retak benda uji tanpa penambahan serat cacahan botol PET mengalami retakan hingga beban maksimum, sedangkan pada benda uji dengan penambahan serat cacahan botol PET mengalami retakan secara perlahan karena tegangan tarik ditahan oleh adanya serat cacahan botol PET dalam campuran beton masih tetap melekat, benda uji retak namun tidak langsung terbelah karena dengan adanya serat cacahan botol PET pada beton tersebut mampu menahan beton tersebut terbelah secara langsung.

5.8.3 Pembahasan Secara Keseluruhan Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan pembahasan diatas, dapat diketahui nilai tertinggi pada pengujian kuat tarik belah pada penambahan cacahan botol plastik PET panjang 1 cm berada pada persentase penambahan 0,4%, sedangkan pada penambahan cacahan botol plastik PET panjang 2 cm berada pada persentase penambahan 0,6%. Persentase kenaikan kuat tarik belah beton dengan penambahan cacahan botol plastik PET terhadap beton normal dapat dilihat pada Tabel 5.30 sebagai berikut.

Tabel 5.29 Persentase Kuat Tarik Beton dengan Penambahan Cacahan Botol Plastik PET terhadap Beton Normal

Variasi Kadar Penambahan PET	Persentase Kuat Tarik terhadap BN (%)	
	Panjang 1 cm	Panjang 2 cm
0%	0,000	0,000
0,2%	-2,723	-6,299
0,4%	11,121	-1,751
0,6%	-2,512	6,104
0,8%	-15,432	-11,655

Berdasarkan Tabel 5.30 diatas didapatkan bahwa nilai persentase tertinggi penambahan cacahan botol PET panjang 1 cm pada persentase 0,4 % sebesar 11,121% lebih tinggi dibandingkan dengan nilai persentase tertinggi penambahan cacahan botol PET panjang 2 cm pada persentase 0,6% sebesar 6,104%. Pengujian kuat tarik beton yang dilakukan pada penambahan cacahan botol plastik PET panjang 1 cm dan panjang 2 cm menunjukkan bahwa dengan penambahan cacahan botol plastik PET nilai kuat tarik yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan beton tanpa penambahan cacahan botol plastik PET, namun pada persentase tertentu nilai kuat tarik meningkat. Hal ini dikarenakan cacahan botol plastik PET yang berada dalam campuran beton saling mengikat menjadikan pada saat benda uji diberikan beban maksimum tidak sampai terbelah secara langsung.

5.9 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton dilakukan setelah beton umur 28 hari. Pengujian kuat lentur dilakukan dengan sistem pembebanan satu titik pada benda uji balok. Pengujian ini dilaksanakan berdasarkan SNI 03-2823-1992. Beton yang telah diangkat dan dikeringkan permukaan akan dilakukan pengujian kuat lentur. Total sampel untuk pengujian kuat lentur berjumlah 27 sampel berbentuk balok berukuran 40×10×10 cm. Pengujian kuat lentur dilakukan dengan sistem pembebanan 1 titik untuk mendapatkan beban maksimum. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, pola keretakan pengujian patahnya benda uji tepat berada dibawah beban (ditengah benda uji) sehingga menggunakan persamaan 3.16. Contoh perhitungan kuat lentur beton pada sampel 1 dapat dilihat sebagai berikut.

1. Kuat lentur beton normal

$$f_{lt} = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

$$\begin{aligned} P &= 990 \text{ kgf} \\ &= 990 \times 9,81 \\ &= 9711,9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$f_{lt} = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

$$= \frac{3.9711,9.320}{2.96,667.99,167^2}$$

$$= 4,904 \text{ MPa}$$

Tabel 5.30 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

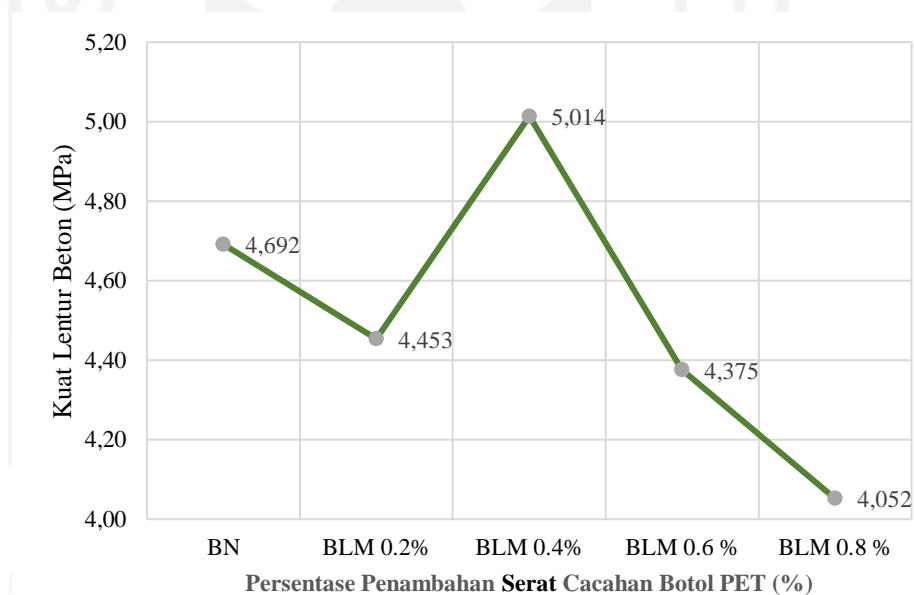
Kode Benda Uji		Beban Maksimum (kgf)	Lebar Tampang Patah (mm)	Tinggi Tampang Patah (mm)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)
BN	7	990	96,667	99,167	4,904	4,692
	8	970	97,067	100,800	4,631	
	9	1002.5	102,533	100,700	4,540	
BLM 1 - 0,2	7	950	99,667	99,000	4,579	4,453
	8	985	98,667	101,667	4,548	
	9	920	100,333	101,000	4,233	
BLM 1 - 0,4	7	1035	99,667	100,000	4,890	5,014
	8	1070	100,333	98,333	5,193	
	9	1025	99,333	99,000	4,958	
BLM 1 - 0,6	7	915	99,333	99,333	4,396	4,375
	8	950	98,667	99,333	4,595	
	9	890	100,000	100,667	4,136	
BLM 1 - 0,8	7	880	100,000	100,000	4,144	4,052
	8	850	98,333	100,000	4,070	
	9	815	98,000	99,667	3,942	
BLM 2 - 0,2	7	925	100,833	102,033	4,149	4,306
	8	980	101,000	102,233	4,371	
	9	910	99,667	98,867	4,398	
BLM 2 - 0,4	7	950	97,933	100,967	4,481	4,568
	8	935	98,000	101,567	4,355	
	9	1020	98,367	100,133	4,870	
BLM 2 - 0,6	7	1050	101,767	101,117	4,752	4,826
	8	1085	98,767	101,600	5,011	
	9	1035	101,083	101,133	4,714	
BLM 2 - 0,8	7	820	98,000	99,667	3,966	4,117
	8	855	100,333	100,000	4,013	
	9	910	98,000	100,000	4,372	

Berdasarkan Tabel 5.31 di atas didapatkan nilai kuat lentur beton dengan persentase penambahan cacahan botol PET dengan panjang cacahan 1 cm dengan persentase 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, dan 0,8% secara berturut-turut sebesar 4,692

MPa, 4,453 MPa, 5,014 MPa, 4,375 MPa, dan 4,052 MPa. Nilai kuat tekan beton dengan persentase penambahan cacahan botol PET dengan panjang serat 2 cm dengan persentase 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, dan 0,8% secara berturut-turut sebesar 4,692 MPa, 4,306 MPa, 4,568 MPa, 4,826 MPa, dan 4,117 MPa.

5.9.1 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi Serat Cacahan Botol PET 1 cm

Nilai kuat lentur beton tertinggi pada beton tanpa penambahan serat cacahan botol PET sebesar 4,692 MPa. Nilai kuat lentur beton tertinggi dengan penambahan serat cacahan botol PET panjang 1 cm pada persentase 0,4% sebesar 5,014 MPa. Nilai kuat tekan terendah pada persentase 0,8% sebesar 4,052 MPa. Berdasarkan hasil kuat lentur beton rata-rata pada Tabel 5.30, nilai-nilai tersebut diplotkan menjadi grafik nilai kuat tarik beton variasi panjang 1 cm yang dapat dilihat pada Gambar 5.19 sebagai berikut.



Gambar 5. 19 Nilai Kuat Lentur Beton Variasi Panjang 1 cm

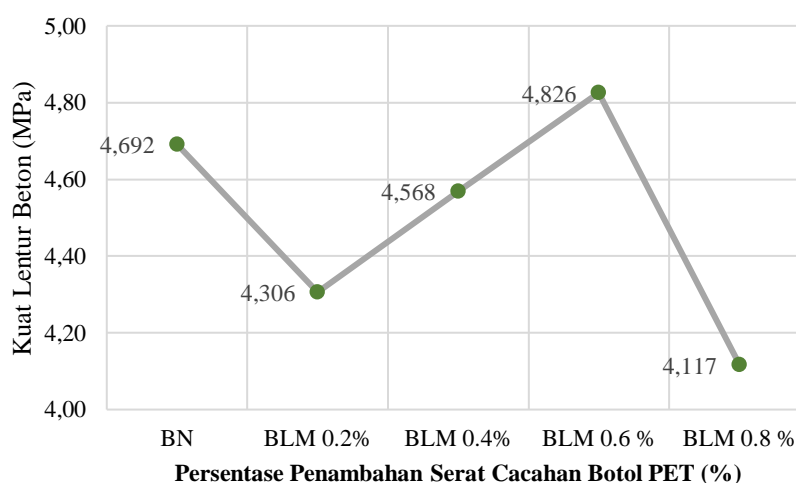
Berdasarkan Gambar 5.19 nilai kuat lentur beton rata-rata tanpa penambahan serat cacahan botol PET sebesar 4,692 MPa. Setelah penambahan cacahan botol PET nilai kuat lentur turun, namun pada penambahan cacahan botol PET panjang 1 cm sebesar 0,4% nilai kuat lentur naik menjadi 5,014 MPa. Nilai kuat lentur beton tertinggi pada penambahan serat cacahan botol PET persentase

0,4% sebesar 5,014 MPa dan melampaui nilai kuat lentur beton tanpa penambahan serat cacahan botol PET. Nilai kuat lentur terendah pada persentase penambahan serat cacahan botol PET 0,8% sebesar 4,052 MPa.

Pada pengujian kuat lentur beton benda uji tanpa penambahan serat cacahan botol PET mengalami retakan hingga patah saat mencapai beban maksimum, sedangkan pada benda uji dengan penambahan serat cacahan botol PET mengalami retakan secara perlahan karena tegangan tarik ditahan oleh adanya serat cacahan botol PET dalam campuran beton masih tetap melekat, benda uji retak namun tidak langsung terbelah karena dengan adanya serat cacahan botol PET pada beton tersebut mampu menahan beton tersebut terbelah secara langsung dikarenakan masih ada cacahan botol plastik PET yang melekat pada campuran beton.

5.9.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi Serat Cacahan Botol PET 2 cm

Nilai kuat lentur beton tertinggi pada beton tanpa penambahan serat cacahan botol PET sebesar 4,692 MPa. Nilai kuat lentur beton tertinggi dengan penambahan serat cacahan botol PET panjang 2 cm pada persentase 0,6% sebesar 4,826 MPa. Nilai kuat tekan terendah pada persentase 0,8% sebesar 4,117 MPa. Berdasarkan hasil kuat tarik beton rata-rata pada Tabel 5.30, nilai-nilai tersebut diplotkan menjadi grafik nilai kuat tarik beton variasi panjang 2 cm yang dapat dilihat pada Gambar 5.20 sebagai berikut.



Gambar 5.20 Nilai Kuat Lentur Beton Variasi Panjang 2 cm

Berdasarkan Gambar 5.20 nilai kuat lentur beton rata-rata tanpa penambahan serat cacahan botol PET sebesar 4,692 MPa. Nilai kuat lentur beton tertinggi pada penambahan serat cacahan botol PET persentase 0,6% sebesar 4,826 MPa dan melampaui nilai kuat lentur beton tanpa penambahan serat cacahan botol PET. Nilai kuat lentur terendah pada persentase penambahan serat cacahan botol PET 0,8% sebesar 4,117 MPa.

Pengujian lentur dilaksanakan dengan memberikan pembebanan pada benda uji balok sampai beban maksimum. Setelah mencapai beban maksimum balok mengalami keruntuhan diikuti dengan suara patahan. Pada balok dengan penambahan cacahan botol plastik PET ketika diberikan beban hingga mencapai beban maksimum balok uji tidak segera runtuh. Keruntuhan pada balok dengan penambahan cacahan botol plastik terjadi secara perlahan namun balok uji tidak langsung patah dikarenakan masih ada cacahan botol plastik PET yang melekat pada campuran beton.

5.9.3 Pembahasan Secara Keseluruhan Pengujian Kuat Lentur Beton

Berdasarkan pembahasan diatas, dapat diketahui nilai tertinggi pada pengujian kuat lentur beton pada penambahan cacahan botol plastik PET panjang 1 cm berada pada persentase penambahan 0,4%, sedangkan pada penambahan cacahan botol plastik PET panjang 2 cm berada pada persentase penambahan 0,6%. Persentase kenaikan kuat tarik belah beton dengan penambahan cacahan botol plastik PET terhadap beton normal dapat dilihat pada Tabel 5.32 sebagai berikut.

Tabel 5.31 Persentase Kuat Lentur Beton dengan Penambahan Cacahan Botol Plastik PET terhadap Beton Normal

Variasi Kadar Penambahan PET	Persentase Kuat Lentur terhadap BN (%)	
	Panjang 1 cm	Panjang 2 cm
0%	0.000	0.000
0,2%	-5,081	-8,213
0,4%	6,861	-2,626
0,6%	-6,742	2,854

Lanjutan Tabel 5.31 Persentase Kuat Lentur Beton dengan Penambahan Cacahan Botol Plastik PET terhadap Beton Normal

Variasi Kadar Penambahan PET	Persentase Kuat Lentur terhadap BN (%)	
	Panjang 1 cm	Panjang 2 cm
0,8%	-13,633	-12,246

Berdasarkan Tabel 5.32 diatas didapatkan bahwa nilai persentase tertinggi penambahan cacahan botol PET panjang 1 cm pada persentase 0,4 % sebesar 6,861% lebih tinggi dibandingkan dengan nilai persentase tertinggi penambahan cacahan botol PET panjang 2 cm pada persentase 0,6% sebesar 2,854%. Pengujian kuat lentur beton yang dilakukan pada penambahan cacahan botol plastik PET panjang 1 cm dan panjang 2 cm menunjukkan bahwa dengan penambahan cacahan botol plastik PET nilai kuat lentur yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan beton tanpa penambahan cacahan botol plastik PET, namun pada persentase tertentu nilai kuat lentur meningkat. Hal ini dikarenakan cacahan botol plastik PET yang berada dalam campuran beton saling mengikat menjadikan pada saat benda uji diberikan beban maksimum tidak sampai patah secara langsung.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Penambahan cacahan botol plastik PET pada pengujian kuat tekan beton tidak dapat melampaui beton normal. Nilai tertinggi pada penambahan cacahan botol plastik dengan panjang 1 cm berada pada persentase 0,4% sebesar 27,899 MPa menurun sebesar 4,598% dari beton normal dan pada panjang 2 cm dengan persentase 0,6% sebesar 26,942 MPa menurun sebesar 7,869% dari beton normal.
2. Penambahan cacahan botol plastik PET pada pengujian kuat tarik belah beton dengan panjang 1 cm dan 2 cm dapat melampaui beton normal. Nilai optimum untuk penambahan cacahan botol plastik PET pada panjang 1 cm dengan persentase 0,4 % sebesar 2,937 MPa meningkat sebesar 11,121% dari beton normal dan pada panjang 2 cm dengan persentase 0,6% sebesar 2,821 MPa meningkat sebesar 6,104% dari beton normal.
3. Pengujian kuat lentur beton dengan penambahan cacahan botol plastik PET dengan panjang 1 cm dan 2 cm dapat melampaui beton normal. Nilai optimum untuk penambahan cacahan botol plastik PET pada panjang 1 cm dengan persentase 0,4% sebesar 5,014 MPa meningkat sebesar 6,861% dari beton normal dan pada panjang 2 cm dengan persentase 0,6% sebesar 4,826 MPa meningkat sebesar 2,854% dari beton normal.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian penambahan cacahan botol plastik PET pada beton untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Untuk penelitian selanjutnya diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variasi panjang dengan persentase penambahan cacahan botol plastik PET yang lebih beragam.
2. Memperhatikan dalam pelaksanaan campuran cacahan botol plastik PET ke dalam campuran beton agar dapat tercampur secara merata (homogen).
3. Memperhatikan dalam pembuatan bahan tambah cacahan botol plastik PET agar ukurannya tetap seragam.



Daftar Pustaka

- ACI Commite 544.1R-96. 1996 *State Of The Art Report On Fiber Reinforced Concrete*. Farmington Hills: American Concrete Institute
- Apriliya, R., Bahri Bahar, S., & Sayfullah, M. (2021). *Pengaruh Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Bahan Tambah Botol Plastik Kemasan Air Mineral Jenis Polyethylene Terephthalate (Pet)*
- Elsi, M. 2019. *Pengaruh Penggunaan Botol Plastik Polyethylene Terephthalate (PET) Sebagai Tambahan Serat Terhadap Kekuatan Beton*. Doctoral dissertation Universitas Andalas
- Handayani, N., Faradila, A., Juari, I., Larasati, D., Palangkaraya, U. M., Rta, J., Km, M., & Raya, P. (n.d.). *Perilaku Kuat Tekan Beton Normal Terhadap Penambahan Serat Botol Plastik Jenis PET*.
- Hidayatullah, S., Kurniawandy, A., Jurusan Teknik Sipil, M., Teknik, F., & Riau, U. (2017). PEMANFAATAN LIMBAH BOTOL PLASTIK SEBAGAI BAHAN SERAT PADA BETON. In *Jom FTEKNIK* (Vol. 4, Issue 1).
- Nibudey, R. N., Nagarnaik, P. B., Parbat, D. K., & Pande, A. M. (2014). *COMPRESSIVE STRENGTH AND SORPTIVITY PROPERTIES OF PET FIBER REINFORCED CONCRETE*. In *International Journal of Advances in Engineering & Technology* (Vol. 7).
- PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) UNTUK BAHAN TAMBAHAN PEMBUATAN PAVING BLOCK *Use of Polyethylene Terephthalate Plastic Waste (PET) for Additional Material Of Paving Block*. (n.d.).
- Sina, D. A. ., Udiana, I. M., & Costa, B. D. Da. (2012). Pengaruh Penambahan Cacahan Limbah Plastik Jenis High Density Polyethylene (Hdpe) Pada Kuat Lentur Beton. *Teknik Sipil*, 1(4), 47–60.
- Zargar, K., & Singla, S. (n.d.). (2020). *Impact Of PET Plastic Waste On Mechanical Properties Of Mix Concrete Design*.
- SNI 03-2847-2019 *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. 2019. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 03-2834-2000 *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. 2000. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 03-1974-2011 *Cara Uji Kuat Tekan beton dengan benda Uji Silinder*. 2011. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta

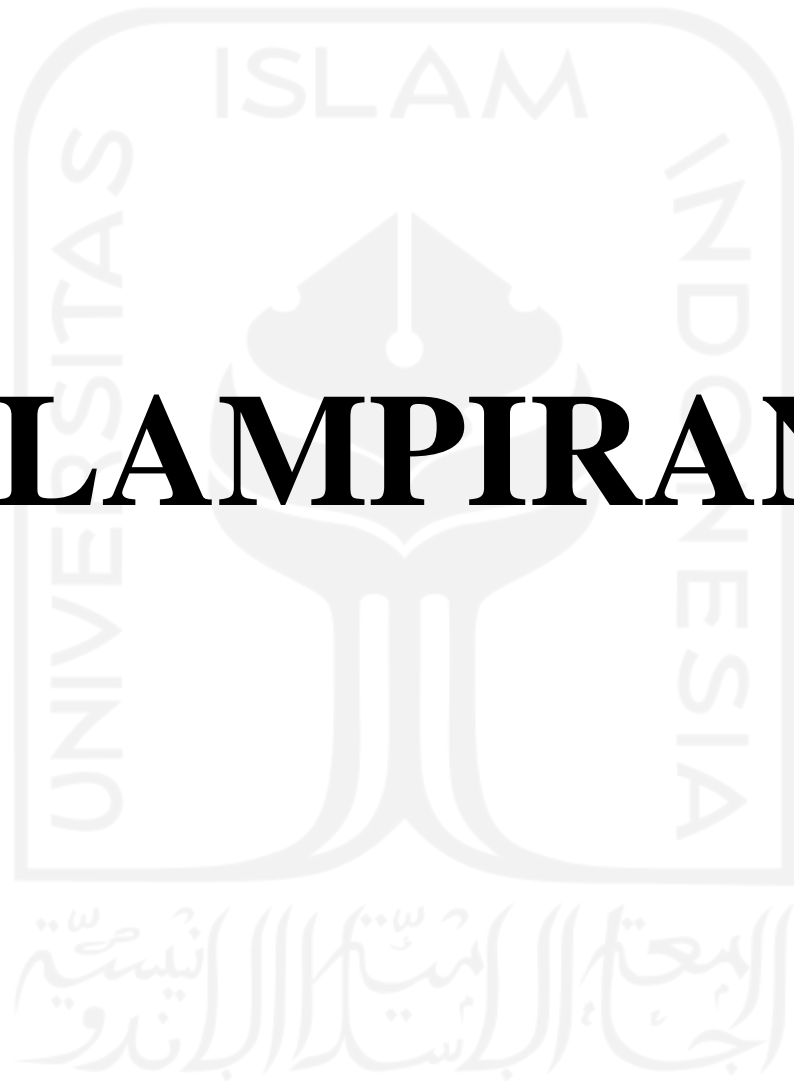
- SNI 03-1970-2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.* 2008. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 15-2049-2004 Semen Portland.* 2004. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 03-6861-2002 Spesifikasi Bahan Bangunan - Bagian B Bahan bangunan dari Besi dan Baja.* 2002. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.* 1990. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 03-4141-1996 Uji Fisis Kadar Lumpur.* 1996. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 03-1669-2008 Cara Uji Berat Jenis dan penyerapan Air Agregat Kasar.* 2008. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 03-2491-2002 Metode pengujian Kuat Tarik Belah Beton.* 2002. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 03-2495-1991 Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton.* 1991. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.* 1990. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 03-1972-1990 Pengujian Slump Beton.* 1990. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat.* 2019. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SNI 03-2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.* 2019. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- SK SNI S-18-1990-03 Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton.* 1990. Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta.
- SNI 03-4431-1997 Metode Pengujian Kuat Lentur Normal dengan Dua Titik Pembebanan.* 1997. Badan Standar Nasional
- SNI 03-1971-1990 Metode Pengujian Kadar Air Agregat.* 1990. Badan Standar Nasional
- SNI 03-4433-1997 Spesifikasi Beton Siap Pakai.* 1997. Dewan Standarisasi Nasional
- SNI 7656:2012 Tata Cara pemilihan Campuran untuk Beton Normal, beton Berat dan Beton Massa.* 1990. Badan Standar Nasional
- SNI 03-2491-2014 Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen beton Silinder.* 2014. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta

SNI 03-4154-1996 Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Dibebani Terpusat Langsung. 2014. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta

SNI 03-4154-2014 Metode Uji Kekuatan Lentur Beton (Menggunakan Balok Sederhana dengan Beban Terpusat di Tengah Bentang. 2014. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta



LAMPIRAN



Lampiran 1 Alat-Alat yang Digunakan



Gambar L-1.1 *Compressing Testing Machine (CTM)*



Gambar L-1.2 *Universal Testing Machine (UTM)*



Gambar L-1.3 *Mixer*



Gambar L-1.4 Oven



Gambar L-1.5 Piknometer



Gambar L-1.6 Timbangan



Gambar L-1.7 Saringan Agregat



Gambar L-1.8 Kerucut Abrams



Gambar L-1.9 Cetakan Silinder Beton



Gambar L-1.10 Cetakan Balok Beton

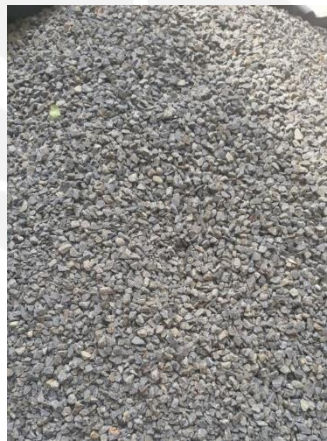


Gambar L-1.11 Cetakan *Capping* Silinder

Lampiran 2 Gambar Bahan yang Digunakan



Gambar L-2.1 Agregat Halus Merapi



Gambar L-2.2 Agregat Kasar Clereng



Gambar L-2.3 Semen Tiga Roda



Gambar L-2.4 Cacahan PET Panjang 1 cm



Gambar L-2.5 Cacahan PET Panjang 2 cm

الجمهورية الإسلامية البوسنية والهرساقية
UNIVERSITAS

Lampiran 3 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji**Gambar L-3.1 Hasil Penimbangan Material Penyusun Beton****Gambar L-3.2 Pelumasan pada Cetakan Silinder Beton****Gambar L-3.3 Pencampuran Material Penyusun Beton**



Gambar L-3.4 Penambahan PET ke dalam Campuran Beton



Gambar L-3.5 Pengujian Slump



Gambar L-3.6 Pengisian dan Pematatan Beton pada Cetakan



Gambar L-3.7 Hasil Proses Pembuatan Benda Uji



Gambar L-3.8 Pengukuran Dimensi Benda Uji



Gambar L-3.9 Penimbangan Benda Uji



Gambar L-3.10 Persiapan Benda Uji Pengujian Kuat Lentur



Gambar L-3.11 Perendaman Benda Uji



Gambar L-3.12 Proses Melapisi Permukaan Beton dengan Belerang



Gambar L-3.13 Proses Pengujian Kuat Tekan Beton



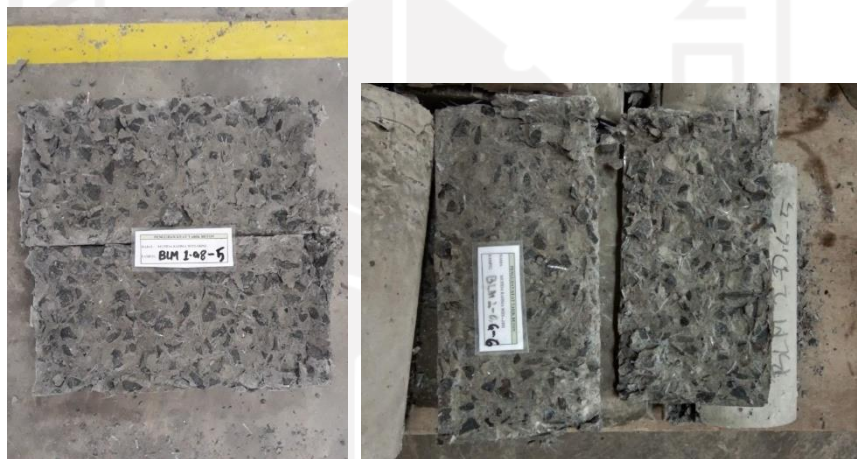
Gambar L-3.14 Proses Pengujian Kuat Tarik Beton



Gambar L-3.15 Proses Pengujian Kuat Lentur Beton



Gambar L-3.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar L-3.17 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton



Gambar L-3.18 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

Lampiran 4 Data Hasil Pemeriksaan Bahan


LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kalurung 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)	497	497	497
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1153	1025	1089
Berat piknometer berisi air, gram (B)	838	710	774
Berat jenis curah (Bk/(B+500-Bt))	2,686	2,686	2,686
Berat jenis kering muka (500/(B+500-Bt))	2,703	2,703	2,703
Berat jenis semu, (Bk/(B+Bk-Bt))	2,731	2,731	2,731
Penyerapan air, ((500-Bk)/(Bk x 100))	0,604	0,604	0,604

**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		0,000	0,000	100,000
20		0,000	0,000	100,000
10		0,000	0,000	100,000
4,8	6	0,300	0,300	99,700
2,4	80	4,000	4,300	95,700
1,2	328	16,400	20,700	79,300
0,6	568	28,400	49,100	50,900
0,3	498	24,900	74,000	26,000
0,15	368	18,400	92,400	7,600
Pan	152	7,600		
Jumlah	2000	100,000	240,800	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{240,800}{100}$$

$$= 2,408$$

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

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		0,000	0,000	100,000
20		0,000	0,000	100,000
10		0,000	0,000	100,000
4,8	7	0,350	0,350	99,650
2,4	76	3,800	4,150	95,850
1,2	279	13,950	18,100	81,900
0,6	585	29,250	47,350	52,650
0,3	514	25,700	73,050	26,950
0,15	333	16,650	89,700	10,300
Pan	206	10,300		
Jumlah	2000	100,000	232,700	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{232,700}{100} \\
 &= 2,327
 \end{aligned}$$

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:

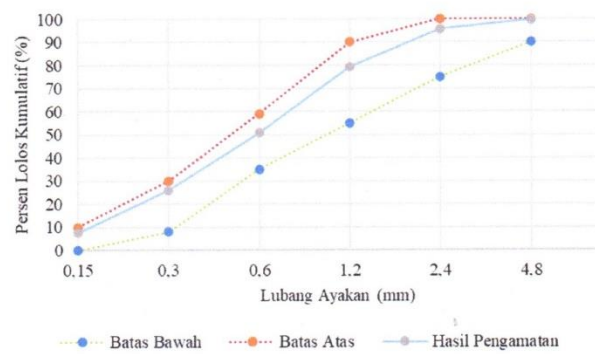
- Daerah I : Pasir Kasar
- Daerah II : Pasir Agak Kasar
- Daerah III : Pasir Agak Halus
- Daerah IV : Pasir Halus

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

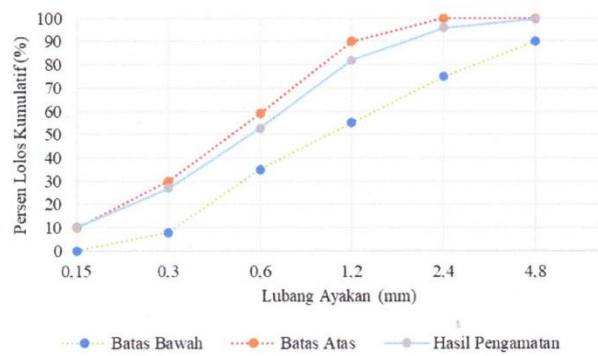


MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS
(SNI 03-1968-1990)

Hasil Analisis Saringan:

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

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



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	477	488	482,5
Persentase yang lolos ayakan No. 200 $[(W1-W2/W1)] \times 100$	4,6	2,4	3,5

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)	5917 gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	13516 gram
Berat agregat (W3)	7599 gram
Volume tabung (V)	5301,438 cm ³
Berat volume gembur (W3/V)	1,433 gram/cm ³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{7599}{5301,438} \\
 &= 1,433 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

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)	5917 gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	14422 gram
Berat agregat (W3)	8505 gram
Volume tabung (V)	5301,438 cm ³
Berat volume padat (W3/V)	1,604 gram/cm ³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{8505}{5301,438} \\
 &= 1,604 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

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

Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	4940	4946	4943
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3118	3097	3107,5
Berat jenis curah (Bk/(Bj-Ba))	2,625	2,599	2,612
Berat jenis kering muka (Bj/(Bj-Ba))	2,657	2,627	2,642
Berat jenis semu, (Bk/(Bk-Ba))	2,711	2,675	2,693
Penyerapan air, ((Bj-Bk)/(Bk x 100))	1,215	1,092	1,153

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

Asal Kerikil	Clereng
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	52	1,040	1,040	98,960
10	3617	72,340	73,380	26,620
4,8	1293	25,860	99,240	0,760
2,4	0	0,000	99,240	0,760
1,2	0	0,000	99,240	0,760
0,6	0	0,000	99,240	0,760
0,3	0	0,000	99,240	0,760
0,15	0	0,000	99,240	0,760
Pan	38	0,760		
Jumlah	5000	100,000	669,860	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{669,860}{100}$$

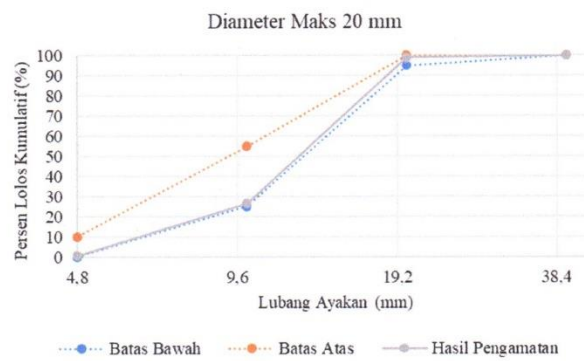
$$= 6,699$$

Gradasi Agregat Kasar

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

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

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR



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

Asal Kerikil	Clereng
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	40	0,800	0,800	99,200
10	3521	70,420	71,220	28,780
4,8	1427	28,540	99,760	0,240
2,4	0,000	0,000	99,760	0,240
1,2	0,000	0,000	99,760	0,240
0,6	0,000	0,000	99,760	0,240
0,3	0,000	0,000	99,760	0,240
0,15	0,000	0,000	99,760	0,240
Pan	12	0,240		
Jumlah	5000	100,000	670,580	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{670,580}{100}$$

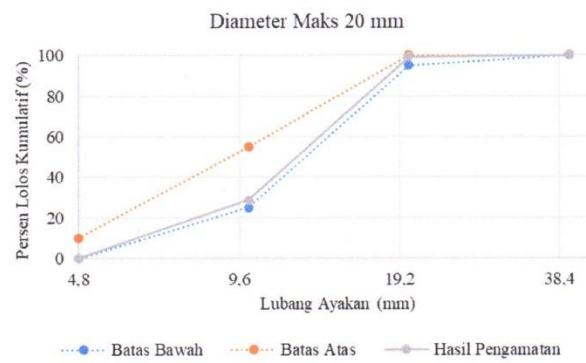
$$= 6,706$$

Gradasi Agregat Kasar

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

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

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR



PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT KASAR

Asal kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15 cm
Tinggi Silinder	30 cm

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1)	5917 gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	13246 gram
Berat agregat (W3)	7329 gram
Volume tabung (V)	5301,438 cm ³
Berat volume gembur (W3/V)	1,382 gram/cm ³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{7329}{5301,438} \\
 &= 1,382 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT KASAR

Asal kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15 cm
Tinggi Silinder	30 cm

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1)	5917 gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	14188 gram
Berat agregat (W3)	8271 gram
Volume tabung (V)	5301,438 cm ³
Berat volume padat (W3/V)	1,560 gram/cm ³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{8271}{5301,438} \\
 &= 1,560 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



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

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR PET PANJANG 2 CM

Asal PET	Cacahan Botol Air Mineral Merek Le Minerale Ukuran 600 ml Panjang 2 cm
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	10,3 cm
Tinggi Silinder	20,03 cm

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1)	5232 gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	5419 gram
Berat agregat (W3)	187 gram
Volume tabung (V)	1668,958 cm ³
Berat volume gembur (W3/V)	0,112 gram/cm ³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{187}{1668,958} \\
 &= 0,112 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



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

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT PET PANJANG 2 CM

Asal PET	Cacahan Botol Air Mineral Merek Le Minerale Ukuran 600 ml Panjang 2 cm
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	10,3 cm
Tinggi Silinder	20,03 cm

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1)	5232 gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	5510 gram
Berat agregat (W3)	278 gram
Volume tabung (V)	1668,958 cm ³
Berat volume padat (W3/V)	0,167 gram/cm ³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{278}{1668,958} \\
 &= 0,167 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$



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

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR PET PANJANG 1 CM

Asal PET	Cacahan Botol Air Mineral Merek Le Minerale Ukuran 600 ml Panjang 1 cm
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	10,3 cm
Tinggi Silinder	20,03 cm

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1)	5229 gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	5586 gram
Berat agregat (W3)	357 gram
Volume tabung (V)	1668,958 cm ³
Berat volume gembur (W3/V)	0,214 gram/cm ³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{357}{1668,958} \\
 &= 0,214 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT PET PANJANG 1 CM

Asal PET	Cacahan Botol Air Mineral Merek Le Minerale Ukuran 600 ml Panjang 1 cm
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	10,3 cm
Tinggi Silinder	20,03 cm

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1)	5229 gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	5675 gram
Berat agregat (W3)	446 gram
Volume tabung (V)	1668,958 cm ³
Berat volume padat (W3/V)	0,267 gram/cm ³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{446}{1668,958} \\
 &= 0,267 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

FORMULIR PERENCANAAN CAMPURAN BETON
(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	25	Mpa	ditetapkan
2	Deviasi Standar (s)	7	Mpa	
3	Nilai Tambah/Margin(M)	12	Mpa	
4	Kuat Tekan Beton Rata-rata yang direncanakan	37	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	0,5		tabel 2 dan grafik 1 dan 2
	Faktor Air Semen Maksimum	0,6		
8	Faktor Air Semen Digunakan	0,5		
9	Slump	60-180	mm	ditetapkan
10	Ukuran Agregat Maksimum	20	mm	ditetapkan
11	Kadar Air Bebas	205		tabel 3
12	Kadar Semen	410,000	kg/m ³	(11):(8)
13	Kadar Semen Maksimum	-		
14	Kadar Semen Minimum	325		tabel 4
15	Kadar Semen Digunakan	410,000	kg/m ³	
16	Faktor Air Semen Disesuaikan	-		
17	Susunan Besar Butir Agregat Halus	2		Daerah gradasi
18	Berat Jenis Agregat Halus	2,703		
	Berat Jenis Agregat Kasar	2,642		
19	Persen Agregat Halus digunakan	41,5	%	grafik 13 / 14 / 15
20	Berat Jenis Relatif Agregat (Gabungan) SSD	2,667		
21	Berat Isi Beton	2378		grafik 16
22	Kadar Agregat Gabungan	1763,000	kg/m ³	(21)-(15)-(11)
23	Kadar Agregat Halus	731,645	kg/m ³	(19)*(22)
24	Kadar Agregat Kasar	1031,355	kg/m ³	(22)-(23)

No	Uraian	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat	
				Halus (kg)	Kasar (kg)
	Proporsi Campuran Teoritis (Agregat Kondisi SSD)				
25	* Setiap m ³	410,000	205,000	731,645	1031,355
	* Setiap Campuran Uji (9 benda uji) : 0,06556 m ³	17,962	8,981	32,052	45,182
	Proporsi Campuran dengan Angka Penyusutan (30%)				
26	* Setiap m ³	533,000	266,500	951,139	1340,762
	* Setiap Campuran Uji (9 benda uji) : 0,06556 m ³	23,350	11,675	41,668	58,737
	Perbandingan	1	0,5	1,785	2,516

Lampiran 5 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton



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

Nama : Mufida Rahma Widiarini
NIM : 17511101
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Kode Benda Uji	Berat	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan
	(kg)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(N)	(MPa)
BN 1	12,861	151,700	301,267	18074,282	505000	27,940
BN 2	12,868	151,333	300,533	17987,014	560000	31,134
BN 3	12,954	150,533	303,633	17797,346	510000	28,656
BLM 2 - 0,2 - 1	12,806	149,767	301,267	17616,524	420000	23,841
BLM 2 - 0,2 - 2	12,762	150,833	301,767	17868,354	425000	23,785
BLM 2 - 0,2 - 3	12,594	150,000	298,300	17671,459	535000	30,275
BLM 2 - 0,4 - 1	12,964	151,500	303,233	18026,655	485000	26,905
BLM 2 - 0,4 - 2	12,903	151,167	303,233	17947,417	540000	30,088
BLM 2 - 0,4 - 3	12,797	149,700	303,167	17600,844	470000	26,703
BLM 2 - 0,6 - 1	12,941	151,033	303,500	17915,771	440000	24,559
BLM 2 - 0,6 - 2	12,838	150,733	301,800	17844,669	420000	23,536
BLM 2 - 0,6 - 3	12,355	148,833	301,433	17397,638	415000	23,854
BLM 2 - 0,8 - 1	12,898	151,833	305,167	18106,067	340000	18,778
BLM 2 - 0,8 - 2	12,744	150,133	301,833	17702,889	360000	20,336
BLM 2 - 0,8 - 3	12,678	151,300	305,267	17979,091	405000	22,526
BLM 2 - 0,2 - 1	12,846	148,767	304,600	17382,056	410000	23,588
BLM 2 - 0,2 - 2	12,684	150,567	302,300	17805,229	455000	25,554
BLM 2 - 0,2 - 3	12,753	150,467	301,667	17781,585	385000	21,652
BLM 2 - 0,4 - 1	12,683	149,533	304,133	17561,674	410000	23,346
BLM 2 - 0,4 - 2	12,715	150,233	300,667	17726,479	465000	26,232
BLM 2 - 0,4 - 3	12,76	150,767	302,900	17852,562	405000	22,686

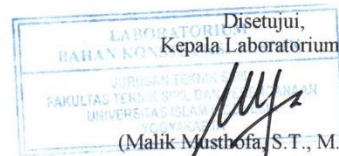

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpun (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

Kode Benda Uji	Berat	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan
	(kg)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(N)	(MPa)
BLM 2 - 0,6 - 1	12,75	150,100	302,067	17695,028	510000	28,822
BLM 2 - 0,6 - 2	12,727	150,617	301,483	17817,056	455000	25,537
BLM 2 - 0,6 - 3	12,827	150,367	304,967	17757,958	470000	26,467
BLM 2 - 0,8 - 1	12,51	151,233	305,233	17963,251	390000	21,711
BLM 2 - 0,8 - 2	12,885	150,333	306,000	17750,086	380000	21,408
BLM 2 - 0,8 - 3	12,846	151,667	304,567	18066,339	360000	19,927

Diperiksa,
Laboran



(Darussalam, A.Md.)



Dijetujui,
Kepala Laboratorium

(Malik Musthofa, S.T., M.Eng.)

Lampiran 6 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton



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


Nama : Mufida Rahma Widiarini
NIM : 17511101
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Kode Benda Uji	Berat	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tarik Belah Beton
	(kg)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(N)	(MPa)
BN 4	13,144	151,533	305,033	18034,588	210000	2,892
BN 5	12,755	150,267	303,900	17734,346	175000	2,440
BN 6	12,704	148,400	302,233	17296,478	183000	2,597
BLM 1 - 0,2 - 4	12,825	149,867	301,500	17640,057	197000	2,776
BLM 1 - 0,2 - 5	12,744	149,600	299,733	17577,337	170000	2,414
BLM 1 - 0,2 - 6	12,846	150,467	303,367	17781,585	181000	2,524
BLM 1 - 0,4 - 4	12,810	150,133	302,267	17702,889	203000	2,848
BLM 1 - 0,4 - 5	12,805	150,767	304,200	17852,562	220000	3,054
BLM 1 - 0,4 - 6	12,913	150,867	303,100	17876,252	209000	2,910
BLM 1 - 0,6 - 4	12,734	151,033	301,900	17915,771	168000	2,346
BLM 1 - 0,6 - 5	12,627	150,200	300,833	17718,614	199000	2,804
BLM 1 - 0,6 - 6	12,636	149,767	301,400	17616,524	183000	2,581
BLM 1 - 0,8 - 4	12,698	150,600	304,367	17813,113	163000	2,264
BLM 1 - 0,8 - 5	12,940	150,800	304,833	17860,457	170000	2,354
BLM 1 - 0,8 - 6	12,759	151,233	302,467	17963,251	150000	2,088
BLM 2 - 0,2 - 4	12,781	150,400	303,367	17765,832	181000	2,525
BLM 2 - 0,2 - 5	12,754	149,567	299,133	17569,504	177000	2,519
BLM 2 - 0,2 - 6	12,693	150,733	300,933	17844,669	170000	2,386
BLM 2 - 0,4 - 4	12,718	150,433	303,867	17773,708	180000	2,507
BLM 2 - 0,4 - 5	12,724	149,733	302,433	17608,683	193000	2,713
BLM 2 - 0,4 - 6	12,731	150,567	304,300	17805,229	185000	2,571


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


Kode Benda Uji	Berat	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tarik Belah Beton
	(kg)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(kN)	(MPa)
BLM 2 - 0,6 - 4	12,780	150,583	304,350	17809,171	187000	2,598
BLM 2 - 0,6 - 5	12,741	149,667	300,583	17593,006	204000	2,887
BLM 2 - 0,6 - 6	12,865	150,133	305,467	17702,889	211000	2,929
BLM 2 - 0,8 - 4	12,749	150,367	302,300	17757,958	179000	2,507
BLM 2 - 0,8 - 5	12,733	149,500	303,767	17553,845	168000	2,355
BLM 2 - 0,8 - 6	12,657	150,733	301,500	17844,669	153000	2,143

Diperiksa,
Laboran


 (Darussalam, A.Md.)

Disetujui,

Kepala Laboratorium


 (Malik Musthofa, S.T., M.Eng.)

Lampiran 7 Data Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton



LAPORAN PENGUJIAN KUAT LENTUR BALOK BETON DENGAN SISTEM PEMBEBANAN SATU TITIK (SNI 03-4154-2014)

Nama : Mufida Rahma Widiarini
NIM : 17511101
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

I. Data Benda Uji

Mutu Beton Rencana = 25 Mpa

Kode Benda Uji	Berat	Panjang	Lebar	Tinggi
	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)
BN 7	9,760	401,000	100,667	102,667
BN 8	9,612	403,667	98,993	102,033
BN 9	9,910	401,000	101,467	102,333
BLM 1 - 0,2 - 7	9,533	402,333	101,000	99,333
BLM 1 - 0,2 - 8	9,578	403,333	99,000	100,000
BLM 1 - 0,2 - 9	9,754	400,000	100,667	100,000
BLM 1 - 0,4 - 7	9,349	400,667	99,333	100,333
BLM 1 - 0,4 - 8	9,088	381,000	100,667	98,333
BLM 1 - 0,4 - 9	9,064	398,333	99,000	98,000
BLM 1 - 0,6 - 7	8,695	379,333	98,333	99,000
BLM 1 - 0,6 - 8	9,323	401,000	100,000	100,667
BLM 1 - 0,6 - 9	9,373	400,000	100,000	99,333
BLM 1 - 0,8 - 7	9,410	400,667	101,000	102,900
BLM 1 - 0,8 - 8	9,154	399,667	98,667	101,733
BLM 1 - 0,8 - 9	8,851	380,000	97,000	99,667
BLM 2 - 0,2 - 7	9,633	401,667	101,000	102,533
BLM 2 - 0,2 - 8	9,944	405,667	99,767	104,000
BLM 2 - 0,2 - 9	9,236	379,000	100,700	99,100
BLM 2 - 0,4 - 7	9,461	401,667	100,667	100,333
BLM 2 - 0,4 - 8	9,400	399,667	98,333	100,500
BLM 2 - 0,4 - 9	9,107	398,333	100,000	99,333
BLM 2 - 0,6 - 7	9,120	381,667	100,667	102,667
BLM 2 - 0,6 - 8	9,300	378,333	98,993	102,033
BLM 2 - 0,6 - 9	9,231	400,333	101,467	102,333

Kode Benda Uji	Berat	Panjang	Lebar	Tinggi
	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)
BLM 2 - 0,8 - 7	9,118	400,000	100,000	100,000
BLM 2 - 0,8 - 8	9,014	380,667	101,000	98,000
BLM 2 - 0,8 - 9	8,979	397,333	97,667	99,333

II. Data Pengujian

Kode Benda Uji	Beban Maksimum	Panjang Bentang	Lebar Tampang Patah	Tinggi Tampang Patah	Kuat Lentur
	(N)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)
BN 7	9707,940	320,000	96,667	99,167	4,904
BN 8	9511,820	320,000	97,067	100,800	4,631
BN 9	9830,515	320,000	102,533	100,700	4,540
BLM 1 - 0,2 - 7	9315,700	320,000	99,667	99,000	4,579
BLM 1 - 0,2 - 8	9658,910	320,000	98,667	101,667	4,548
BLM 1 - 0,2 - 9	9021,520	320,000	100,333	101,000	4,233
BLM 1 - 0,4 - 7	10149,210	320,000	99,667	100,000	4,890
BLM 1 - 0,4 - 8	10492,420	320,000	100,333	98,333	5,193
BLM 1 - 0,4 - 9	10051,150	320,000	99,333	99,000	4,958
BLM 1 - 0,6 - 7	8972,490	320,000	99,333	99,333	4,396
BLM 1 - 0,6 - 8	9315,700	320,000	98,667	99,333	4,595
BLM 1 - 0,6 - 9	8727,340	320,000	100,000	100,667	4,136
BLM 1 - 0,8 - 7	8629,280	320,000	100,000	100,000	4,144
BLM 1 - 0,8 - 8	8335,100	320,000	98,333	100,000	4,070
BLM 1 - 0,8 - 9	7991,890	320,000	98,000	99,667	3,942
BLM 2 - 0,2 - 7	9070,550	320,000	100,833	102,033	4,149
BLM 2 - 0,2 - 8	9609,880	320,000	101,000	102,233	4,371
BLM 2 - 0,2 - 9	8923,460	320,000	99,667	98,867	4,398
BLM 2 - 0,4 - 7	9315,700	320,000	97,933	100,967	4,481
BLM 2 - 0,4 - 8	9168,610	320,000	98,000	101,567	4,355
BLM 2 - 0,4 - 9	10002,120	320,000	98,367	100,133	4,870
BLM 2 - 0,6 - 7	10296,300	320,000	101,767	101,117	4,752
BLM 2 - 0,6 - 8	10639,510	320,000	98,767	101,600	5,011
BLM 2 - 0,6 - 9	10149,210	320,000	101,083	101,133	4,714



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 JURUSAN 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 LENTUR BALOK BETON DENGAN SISTEM
 PEMBEBANAN SATU TITIK
 (SNI 03-4154-2014)

Kode Benda Uji	Beban Maksimum	Panjang Bentang	Lebar Tampang Patah	Tinggi Tampang Patah	Kuat Lentur
	(N)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)
BLM 2 - 0,8 - 7	8040,920	320,000	98,000	99,667	3,966
BLM 2 - 0,8 - 8	8384,130	320,000	100,333	100,000	4,013
BLM 2 - 0,8 - 9	8923,460	320,000	98,000	100,000	4,372

Diperiksa,
 Laboran

(Darussalam, A.Md.)

Disetujui,
 Kepala Laboratorium



(Malik Musthofa, S.T., M.Eng.)