TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SIKA FIBER PPM-12 DAN VISCOCRETE 3115 N TERHADAP KEKUATAN BETON

(THE IMPACT OF ADDING SIKA FIBER PPM-12 AND VISCOCRETE 3115 N ON THE CONCRETE STRENGTH)

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

Fahrur Ihza Insani
17511071

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

2023

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SIKA FIBER PPM-12 DAN VISCOCRETE 3115 N TERHADAP KEKUATAN BETON

(THE IMPACT OF ADDING SIKA FIBER PPM-12 AND VISCOCRETE 3115 N ON THE CONCRETE STRENGTH)

Disusun oleh

Fahrur Ihza Insani
17511071

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

Diuji pada tanggal 24 Januari 2023
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Ir. Helmy Akbar B., M.T.	**Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.**	**Elvis Saputra, S.T., M.T.**
NIK: 885110105	**NIK: 185111304**	**NIK: 205111302**

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

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 segala nikmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan serangkaian kegiatan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya. Shawalat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, serta pengikutnya yang telah menuntun umat manusia menuju perabadan yang lebih baik.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, banyak hambatan yang dialami penulis. Namun, berkat saran dan dukungan yang diberikan oleh banyak pihak, *alhamdulillah* Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Maka dari itu, penulis ingin 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. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah senantiasa memberikan bimbingan, saran, serta nasihat selama penyelesaian Tugas Akhir.
3. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan banyak saran dan masukan untuk Tugas Akhir ini serta memberikan bimbingan dalam menyelesaikan kegiatan perkuliahan.
4. Bapak Elvis Saputra, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan nasihat untuk menjadikan Tugas Akhir ini menjadi lebih baik lagi.
5. Seluruh dosen, pengajar, laboran, staf, dan karyawan Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan banyak ilmu serta memfasilitasi kegiatan perkuliahan.

6. Bapak Arifin Achmad dan Ibu Siti Khoirur Rohmah selaku kedua orang tua penulis yang telah memberikan banyak dukungan, motivasi, serta doa sehingga penulis dapat berada di posisi seperti sekarang ini.
7. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis berharap semoga serangkaian kegiatan penelitian yang telah terangkum dalam Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan banyak manfaat bagi seluruh pembaca dan memberikan kontribusi dalam bidang teknik sipil khususnya dalam perkembangan konstruksi beton.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 26 Januari 2023
Penulis,

Fahrur Ihza Insani
17511071

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 28 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,



Fahrur Ihza Insani

(17511071)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN ii
KATA PENGANTAR iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xiv
ABSTRAK xvi
ABSTRACT xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Tinjauan Umum 6
2.2 Penelitian Terdahulu 6
2.3 Keaslian Penelitian 10
BAB III LANDASAN TEORI 11
3.1 Beton 11
3.2 Material Penyusun Beton 12
3.2.1 Agregat 12
3.2.2 Semen Portland 14
3.2.3 Air 16
3.2.4 SikaFiber PPM-12 (*Polypropylene Fiber*) 16

3.2.5 Sika ViscoCrete 3115 N (*Superplasticizer*) 18
3.3 Beton Serat 19
3.4 Karakteristik Beton 21
3.4.1 Kuat Tekan Beton 22
3.4.2 Kuat Tarik Belah Beton 23
3.4.3 Modulus Elastisitas Beton 24
3.4.4 Kuat Lentur Beton 26
3.4.5 Slump Beton 28
3.5 Pemeriksaan Agregat 28
3.5.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar 29
3.5.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus 29
3.5.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar dan Agregat Halus 30
3.5.4 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar dan Halus 30
3.5.5 Pengujian Kadar Lumpur 31
3.6 Perencanaan Campuran Beton 31
BAB IV METODE PENELITIAN 39
4.1 Tinjauan Umum 39
4.2 Persiapan Penelitian 40
4.3 Peralatan 41
4.3.1 Peralatan Untuk Membuat Benda Uji 41
4.3.2 Peralatan Pengujian 41
4.4 Bahan Yang Digunakan 42
4.5 Lokasi Penelitian 43
4.6 Pemeriksaan Material Penyusun Beton 43
4.6.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar berdasarkan SNI-03-1969-2008 43
4.6.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus berdasarkan SNI 03-1970-2008 45
4.6.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar dan Agregat Halus berdasarkan SNI 03-1968-1990 47
4.6.4 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar dan Agregat Halus berdasarkan SNI 03-4804-1998 49

4.6.5 Pengujian Kadar Lumpur dalam Pasir berdasarkan SNI 03-4142-1996 51
4.7 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*) 52
4.8 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji 61
4.9 Pengujian Beton 63
4.9.1 Pengujian Kuat Tekan Beton berdasarkan SNI 03-1974-2011 63
4.9.2 Pengujian Kuat Tarik Beton berdasarkan SNI 03-2491-2014 64
4.9.3 Pengujian Modulus Elastisitas Beton berdasarkan SNI 03-4169-1996 65
4.9.4 Pengujian Kuat Lentur Beton berdasarkan SNI 03-4154-2014 69
4.10 Analisis dan Pembahasan 70
4.11 Penarikan Kesimpulan 71
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 72
5.1 Tinjauan Umum 72
5.2 Pemeriksaan Agregat 72
5.2.1 Pemeriksaan Agregat Kasar 72
5.2.2 Pemeriksaan Agregat Halus 76
5.3 Perencanaan Campuran Beton 80
5.4 Pengujian Slump 81
5.5 Pengujian Kuat Tekan 84
5.6 Pengujian Kuat Tarik Belah 88
5.7 Pengujian Kuat Lentur 92
5.8 Pengujian Modulus Elastisitas 96
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 101
6.1 Kesimpulan 101
6.2 Saran 102
DAFTAR PUSTAKA 103
LAMPIRAN 106

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Antara Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Telah Dilaksanakan	9
Tabel 3.1	Batas-batas Gradasi Agregat Halus	13
Tabel 3.2	Batas-batas Gradasi Agregat Kasar	14
Tabel 3.3	Bahan-bahan Penyusun Semen Portland	14
Tabel 3.5	Faktor Pengali untuk Deviasi Standar	31
Tabel 3.6	Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan FAS 0,5 dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia	33
Tabel 3.7	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Beberapa Macam Kondisi Pembetonan	35
Tabel 3.8	Perkiraan Kebutuhan Air Untuk Tiap m^3 Beton	36
Tabel 4.1	Peralatan Pembuatan Benda Uji	41
Tabel 4.2	Peralatan Pengujian Benda Uji	42
Tabel 4.3	Berat Agregat Kasar	44
Tabel 4.4	Berat Agregat Halus	46
Tabel 4.5	Analisa Saringan Agregat Kasar	47
Tabel 4.6	Analisa Saringan Agregat Halus	48
Tabel 4.7	Berat Agregat Kasar dan Berat Tabung untuk Pengujian Berat Volume Padat	49
Tabel 4.8	Berat Agregat Kasar dan Berat Tabung untuk Pengujian Berat Volume Gembur	50
Tabel 4.9	Berat Agregat Halus dan Berat Tabung untuk Pengujian Berat Volume Padat	50
Tabel 4.10	Berat Agregat Halus dan Berat Tabung untuk Pengujian Berat Volume Gembur	50
Tabel 4.11	Berat Pasir untuk Perhitungan Kadar Lumpur	52
Tabel 4.12	Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan FAS 0,5	53

Tabel 4.13 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Beberapa Macam Kondisi Pembetonan 55
Tabel 4.14 Perkiraan Kebutuhan Air Untuk Tiap m^3 Beton 55
Tabel 4.15 Rekapitulasi Perencanaan Campuran Beton 59
Tabel 4.16 Rincian Benda Uji 61
Tabel 4.17 Tegangan dan Regangan Silinder BX5-3 67
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar 73
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar 73
Tabel 5.3 Batas Gradasi Agregat Kasar 74
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar 75
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar 76
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus 76
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus 77
Tabel 5.8 Batas Daerah Gradasi Agregat Halus 78
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus 79
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus 79
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus 80
Tabel 5.12 Rekapitulasi Kebutuhan Material Setiap Varian Benda Uji 80
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Slump 83
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 84
Tabel 5.15 Kuat Tarik Belah Beton 89
Tabel 5.16 Kuat Lentur Beton 92
Tabel 5.17 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton 96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	SikaFiber PPM-12	18
Gambar 3.2	Viscocrete 3115 N	19
Gambar 3.3	Sketsa Retakan pada Beton yang Tertahan oleh Serat	20
Gambar 3.4	Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton	23
Gambar 3.5	Sketsa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	24
Gambar 3.6	Kurva Tegangan-Regangan Beton Tipikal	25
Gambar 3.7	Ilustrasi Pengujian Modulus Elastisitas	26
Gambar 3.8	Ilustrasi Pengujian Kuat Lentur Beton	27
Gambar 3.9	Cetakan Untuk Uji Slump (Kerucut Abram)	28
Gambar 3.10	Hubungan Kuat Desak dengan Faktor Air Semen untuk Benda Uji Silinder	34
Gambar 3.11	Persentase Pasir Terhadap Kadar Agregat Total Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	37
Gambar 3.12	Perkiraan Berat Isi Beton Basah Setelah Dipadatkan	38
Gambar 4.1	Diagram Alir Tahapan Penelitian	39
Gambar 4.2	Hubungan Kuat Desak dengan Faktor Air Semen untuk Benda Uji Silinder	54
Gambar 4.3	Persentase Pasir Terhadap Kadar Agregat Total Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	56
Gambar 4.4	Perkiraan Berat Isi Beton Basah Setelah Dipadatkan	57
Gambar 4.5	Sketsa Benda Uji Silinder	62
Gambar 4.6	Sketsa Benda Uji Balok	62
Gambar 4.7	Modulus Elastisitas Beton BX5-3	68
Gambar 5.1	Batas Gradasi Agregat Kasar	75
Gambar 5.2	Batas Gradasi Agregat Halus Daerah II	78
Gambar 5.3	Hasil Uji Slump BX5	82
Gambar 5.4	Hasil Uji Slump	83
Gambar 5.5	Kuat Tekan Beton VS Kadar Penambahan SikaFiber PPM-12	86

Gambar 5.6 Persentase Peningkatan Kuat Tekan Beton 86
Gambar 5.7 Benda Uji Kuat Tekan 88
Gambar 5.8 Kuat Tarik Belah Beton VS Kadar Penambahan SikaFiber PPM-12 90
Gambar 5.9 Persentase Peningkatan Kuat Tarik Belah Beton 90
Gambar 5.10 Benda Uji Kuat Tarik Belah 92
Gambar 5.11 Kuat Lentur Beton VS Kadar Penambahan SikaFiber PPM-12 94
Gambar 5.12 Persentase Peningkatan Kuat Lentur Beton 94
Gambar 5.13 Pengujian Kuat Lentur Beton 96
Gambar 5.14 Modulus Elastisitas VS Kadar Penambahan SikaFIber PPM-12 98
Gambar 5.15 Persentase Peningkatan Modulus Elastisitas Beton 98

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar Alat yang Digunakan	107
Lampiran 2	Gambar Bahan yang Digunakan	110
Lampiran 3	Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji	112
Lampiran 4	Data Hasil Pemeriksaan Material	115
Lampiran 5	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	127
Lampiran 6	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	129
Lampiran 7	Data Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton	124
Lampiran 8	Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton	134
Lampiran 9	Grafik Modulus Elastisitas Beton	178

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A = Luas Penampang Benda Uji (mm^2)

ACI = *American Concrete Institute*

ASTM = *American Society of Testing and Materials*

B = Berat Piknometer Berisi Air (gram)

b = Lebar rata-rata spesimen di daerah runtuh (mm)

Ba = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di dalam Air (gram)

Bj = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (gram)

BJ_{AH} = Berat Jenis Agregat Halus

BJ_{AK} = Berat Jenis Agregat Kasar

$BJ_{gabungan}$ = Berat Jenis Agregat Gabungan

Bk = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

Bt = Berat Piknometer Berisi Benda Uji dan Air (gram)

CTM = *Compression Testing Machine*

D = Diameter Benda Uji Silinder (mm)

d = Tinggi rata-rata spesimen di daerah runtuh

ε = Regangan

Ec = Modulus Elastisitas Beton (MPa)

ε_2 = Regangan Longitudinal yang dihasilkan pada saat S_2

FAS = Faktor Air Semen

Fct = Kuat Tarik Belah Beton (MPa)

f'c = Kuat tekan beton (MPa)

L = Tinggi Benda Uji Silinder (mm)

L_0 = Tinggi Efektif Pengukuran (mm)

M = Nilai Tambah

MHB = Modulus Kehalusan Butir

P = Beban Maksimum (N)

PCC = *Portland Composite Cement*

PPM-12 = *Polypropylene Microfiber* 12 mm

R = Modulus Runtuh (MPa)

Sd = Nilai Deviasi Standar (MPa)

SNI = Standar Nasional Indonesia

Sr = Deviasi Standar Rencana (MPa)

SSD = Berat Jenis Jenuh Kering Muka

S_1 = Kuat Tekan saat regangan longitudinal mencapai $\varepsilon = 0{,}00005$

S_2 = Kuat Tekan pada saat 40% dari beban maksimum (MPa)

W = Jumlah Air yang Dibutuhkan (liter/m^3)

W_{AH} = Berat Agregat Halus

W_{AK} = Berat Agregat Kasar

Wc = Berat Isi Beton (kg/m^3)

Wh = Perkiraan Jumlah Air untuk Agregat Halus (liter/m^3)

Wk = Perkiraan Jumlah Air untuk Agregat Kasar (liter/m^3)

W_{semen} = Berat Semen yang Dibutuhkan

ΔL = Deformasi Longitudinal (mm)

%AH = Persentase Berat Agregat Halus

%AK = Persentase Berat Agregat Kasar

ABSTRAK

Beton merupakan komponen struktur yang umum digunakan dalam sebuah konstruksi bangunan karena beberapa kelebihan yang dimilikinya. Namun, beton memiliki kelemahan dalam menahan gaya tarik dan lentur karena sifatnya yang getas. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut salah satunya adalah dengan menambahkan bahan tambah berupa serat sintetis berbahan *polypropylene* yaitu SikaFiber PPM-12 pada campuran beton. Penambahan serat pada beton mengakibatkan berkurangnya tingkat kemudahan pengerjaan dan mempersulit terjadinya segregasi. Untuk menghindari permasalahan tersebut, maka digunakan bahan tambah berupa *superplasticizer* yang merupakan salah satu produk dari *Sika Group* yaitu Sika ViscoCrete 3115 N.

Dalam penelitian ini, metode perencanaan campuran beton yang digunakan adalah metode SNI 03-2834-2000 dengan kuat tekan rencana 25 MPa dan umur perawatan beton selama 28 hari. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kadar optimum dari penambahan serat *polypropylene* dengan variasi kadar penambahan 0,5 kg/m^3, 0,6 kg/m^3, 0,7 kg/m^3, 0,8 kg/m^3, 0,9 kg/m^3, dan 1,0 kg/m^3 disertai *superplasticizer* sebanyak 0,6% terhadap berat semen ke dalam campuran beton. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi uji kuat tekan, uji kuat tarik belah, dan uji modulus elastisitas menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, serta pengujian kuat lentur menggunakan benda uji balok (panjang 40 cm, lebar 10 cm, tinggi 10 cm).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar penambahan serat *polypropylene* sebesar 0,7 kg/m^3 menghasilkan nilai tertinggi pada pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton dengan peningkatan kuat tekan sebesar 57,08%, peningkatan kuat tarik belah sebesar 31,63%, peningkatan kuat lentur sebesar 17,91%, dan peningkatan nilai modulus elastisitas terukur sebesar 27,63% terhadap beton normal tanpa bahan tambah.

Kata kunci: *Polypropylene*, SikaFiber, *Superplasticizer*, *Viscocrete*.

ABSTRACT

Concrete is a structural component that is commonly used in building construction because of some of it advantages. However, concrete has a weakness in resisting tensile and flexural forces due to its brittle characteristic. One of the solution to resolve this problem is adding an admixture such as synthetic fiber made from polypropylene named SikaFiber PPM-12 into the concrete mixture. The addition of fiber into the concrete results in a reduced level of workability and makes it difficult for segregation to occur. To avoid this problem, then an another admixture that is superplasticizer which is also the products from the Sika Group named Sika ViscoCrete 3115 N is used.

In this study, the concrete mix design method used is the SNI 03-2834-2000 with 25 MPa of design compressive strength and concrete treatment age for 28 days. This study aims to obtain the optimum level of polypropylene fibers addition with variations of 0,5 kg/m^3, 0,6 kg/m^3, 0,7 kg/m^3, 0,8 kg/m^3, 0,9 kg/m^3, and 1,0 kg/m^3 into the concrete mixture which contains superplasticizer at amount of 0.6% by cement weight. The tests carried out in this study includes compressive strength test, split tensile strength test, and modulus of elasticity test using a cylindrical specimen (15 cm diameter and 30 cm height), and flexural strength test using a beam specimen (40 cm length, 10 cm width, 10 cm height).

The results of this study indicates that the addition of 0.7 kg/m3 polypropylene fiber produces the highest value from the compressive strength, split tensile strength, flexural strength, and modulus of elasticity of concrete with 57.08% enhancement at compressive strength, 31.63% at split tensile strength, 17.91% at flexural strength, and 27,63% for modulus of elastcity against normal concrete without any admixture.

Keywords: *Polypropylene, SikaFiber, Superplasticizer, Viscocrete*.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan komponen struktur bangunan dengan ketersediaan bahan baku yang melimpah serta mudah dalam proses pengerjaannya atau pelaksanaannya. Selain itu, beton juga memiliki ketahanan yang tinggi terhadap kondisi lingkungan dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Pesatnya perkembangan teknologi kontsruksi beton menuntut manusia untuk terus menciptakan inovasi-inovasi baru dalam rangka meningkatkan kualitas atau mutu beton. Selain keuntungan-keuntungan yang dimilikinya, beton memiliki kelemahan dalam menahan gaya tarik dan lentur karena sifatnya yang getas sehingga memerlukan penanganan khusus dalam perencanaannya. Mosley dan Bungey (1989) menyatakan, kekuatan tarik beton hanya berkisar 10% dari kekuatan tekannya.

Salah satu komponen struktur bangunan yang terbuat dari beton adalah balok, balok merupakan komponen struktur yang lebih besar menerima tegangan tarik dan tegangan lentur. Saat menerima tegangan akibat pembebanan, bagian sisi balok yang menerima tegangan tarik berpotensi menimbulkan keretakan. Retakan ini yang menimbulkan korosi pada tulangan akibat kontak antara oksigen dengan baja tulangan sehingga mengurangi luas penampangnya. Berkurangnya luas penampang baja tulangan dapat mengakibatkan kekuatan tulangan tersebut berkurang sehingga tidak sesuai dengan perhitungan kekuatan dalam tahap desain.

Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut salah satunya adalah dengan menambahkan bahan tambah berupa serat sintetis pada campuran beton. Pada dasarnya, penambahan serat akan meningkatkan kuat tarik beton, hal ini karena serat akan menahan keretakan yang sering terjadi pada beton. Keretakan pada beton akan tertahan oleh serat melalui dua cara yaitu lekatan antara serat dengan pasta semen (*bond strength*) dan kekuatan dari serat itu sendiri (Purnomo dan Darmadi, 2006). Jenis serat sintetis yang umum digunakan sebagai bahan tambah adalah

SikaFiber PPM-12 yang merupakan serat polimer berbahan dasar *polypropylene* berbentuk *mono filamen* dengan diameter serat 18 µm dan panjang serat 12 mm.

Surdia & Saito (1992) menyatakan bahwa serat *polypropylene* merupakan serat paling ringan dibanding dengan jenis serat polimer lainnya, serat ini juga memiliki titik lunak yang tinggi yaitu (176°C) serta ketahanan terhadap gaya tarik, lentur, dan kekakuan yang juga lebih tinggi dibandingkan dengan jenis serat polimer lain. *ACI Committee* 544 (2018) menyatakan bahwa serat *polypropylene* telah terbukti dapat memperbaiki sifat-sifat beton antara lain: daktilitas yang berdampak pada kemampuan suatu bahan untuk menyerap energi, ketahanan terhadap beban kejut, ketahanan terhadap aus, dan ketahanan terhadap pengaruh penyusutan (*shrinkage*).

Menurut Tjokrodimuljo (2007), penambahan serat pada beton mengakibatkan berkurangnya tingkat kemudahan pengerjaan dan mempersulit terjadinya segregasi. Hal ini disebabkan oleh air yang tertahan di sekitar permukaan serat sehingga menyebabkan berkurangnya kelecakan beton dan membuat nilai slump menjadi turun. Untuk menghindari permasalahan tersebut, maka digunakan bahan tambah berupa *superplasticizer* yang merupakan salah satu produk dari *Sika Group* yaitu Sika ViscoCrete 3115 N. Sika Viscorete 3115 N merupakan salah satu bahan tambah (*admixture*) untuk beton berupa *superplasticizer* yang digunakan untuk meningkatkan kelecakan beton sehingga beton mudah dikerjakan, *superplasticizer* juga dapat mempercepat proses pengerasan dan meningkatkan *workability* beton. Sugiatmo (2017) pernah melakukan penelitian tentang penggunaan ViscoCrete dengan perolehan kadar optimum penambahannya sebesar 0,6% dari berat semen.

Berdasarkan penjelasan di atas mengenai penambahan SikaFiber PPM-12 (*polypropylene fiber*) dan Sika ViscoCrete 3115 N (*superplasticizer*) pada campuran beton, maka diperlukan penelitian untuk mengetahui besarnya pengaruh dari kombinasi penambahan kedua material tersebut secara bersamaan terhadap kekuatan beton mengingat belum ada penelitian serupa yang pernah dilakukan sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan SikaFiber PPM-12 (*polypropylene fiber*) disertai ViscoCrete 3115 N (*superplasticizer*) sebanyak 0,6% dari berat semen terhadap kekuatan beton?
2. Berapa komposisi penambahan SikaFiber PPM-12 (*polypropylene fiber*) untuk mendapatkan kekuatan beton yang optimum?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan SikaFiber PPM-12 (*polypropylene fiber*) disertai ViscoCrete 3115 N (*superplasticizer)* sebanyak 0,6% dari berat semen terhadap kekuatan beton.
2. Mengetahui komposisi penambahan SikaFiber PPM-12 (*polypropylene fiber*) untuk mendapatkan kekuatan beton yang optimum.

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang diharapkan akan didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh penambahan SikaFiber PPM-12 (*polypropylene fiber*) disertai ViscoCrete 3115 N (*superplasticizer*) pada campuran beton.
2. Menambah wawasan mengenai salah satu upaya dalam mengatasi permasalahan retak-retak bawaan yang terjadi pada beton selama proses pengerasan.
3. Menambah pengetahuan dan wawasan dalam teknologi beton terutama tentang penambahan *polypropylene fiber* pada campuran beton.
4. Menjadi referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun yang menjadi batasan-batasan dari penelitian ini agar tetap terarah dan tidak menyimpang dari tujuan adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan campuran beton sesuai dengan SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
2. Kuat tekan rencana (f'c) benda uji adalah sebesar 25 MPa.
3. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah yang berasal dari Kali Clereng, Kulonprogo, dengan diameter maksimum 20 mm.
4. Agregat halus atau pasir yang digunakan berasal dari Merapi.
5. Semen yang digunakan adalah Semen Portland Tipe 1 merek Gresik
6. Air yang digunakan adalah air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
7. *Polypropylene fiber* yang digunakan adalah produk dari *Sika Group* yaitu SikaFiber PPM-12 berbentuk *mono filamen* dengan diameter serat 18 µm dan panjang serat 12 mm.
8. Bahan tambah (*admixture*) yang digunakan adalah *superplasticizer* Sika ViscoCrete 3115 N yang merupakan *superplasticizer* generasi ketiga dari *Sika Group*.
9. Variasi komposisi penambahan SikaFiber PPM-12 (*polypropylene fiber*) adalah 0,5 kg/m^3; 0,6 kg/m^3; 0,7 kg/m^3; 0,8 kg/m^3 0,9 kg/m^3 dan 1 kg/m^3 beton.
10. Kadar komposisi penambahan Sika ViscoCrete 3115 N (*superplasticizer*) adalah 0,6% dari berat semen.
11. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam benda uji di dalam air.
12. Umur perawatan beton atau lama perendaman benda uji adalah 28 hari.
13. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan sekaligus modulus elastisitas, uji kuat tarik belah, dan uji kuat lentur.
14. Benda uji untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm sejumlah 35 buah untuk kuat tekan dan 35 buah untuk kuat tarik belah, sedangakan untuk pengujian kuat lentur digunakan benda uji berbentuk balok dengan panjang 400 mm, lebar 100 mm, dan tinggi 100 mm sejumlah 35 buah.

15. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
16. Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah peralatan yang terdapat di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton serat atau *fiber reinforced concrete* adalah beton yang terbuat dari campuran semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah berupa serat yang dicampur ke dalam adukan (Bambang Trilaksono, 1994). Tujuan utama dari penambahan serat ke dalam campuran beton adalah untuk meningkatkan kuat tarik beton yang rendah. Rendahnya kuat tarik beton berpotensi menimbulkan keretakan yang dapat mengurangi keawetan. Dengan penambahan serat, beton menjadi lebih tahan terhadap keretakan dan benturan. Penambahan serat pada beton tidak banyak menambah kuat tekannya, namun hanya meningkatkan daktilitas beton tersebut (Tjokrodimuljo, 2007).

Penambahan serat ke dalam adukan beton dapat menurunkan kelecakan, hal ini membuat proses pengadukan dan pengecoran beton menjadi sulit dilakukan. Semakin banyak penambahan serat pada campuran beton, maka semakin turun nilai slumpnya (Purnomo dan Darmadi, 2006).

Superplasticizer adalah bahan tambah (*admixture*) untuk campuran beton yang dapat berfungsi untuk meningkatkan nilai slump sehingga dapat memudahkan *workability*. *Superplasticizer* juga dapat mengurangi tingkat pemakaian air sehingga nilai faktor air semen dapat lebih rendah dengan peningkatan nilai slump, dengan ini maka mutu beton juga meningkat (Umiati dkk, 2019).

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai penggunaan serat *polypropylene* dan *superplasticizer* sebagai bahan tambah pada campuran beton sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh beberapa akademisi. Beberapa penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya beserta poin-poin yang menjadi pembeda dengan penelitian Tugas Akhir ini adalah seabagai berikut:

1. Sugiatmo (2017) melakukan penelitian tentang: *Sifat Mekanis pada Beton Self Compacting Concrete dengan Menggunakan Bahan Tambah ViscoCrete 1003*

dan ViscoFlow 3211 N. ViscoCrete 1003 merupakan versi pendahulu dari ViscoCrete 3115 N. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan kadar optimum dari penggunaan bahan tambah (*admixture*) tersebut. Parameter yang diuji pada penelitian ini adalah kuat tekan dan kuat lentur dari benda uji yang berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta balok dengan panjang 53 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm. Varian komposisi ViscoCrete yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,4%; 0,6%; 0,8%; 1,0% dan 1,2% terhadap berat semen. Pengujian dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Setelah dilakukan pengujian, didapatkan kadar komposisi optimum dari penggunaan ViscoCrete adalah sebesar 0,6% terhadap berat semen yang menghasilkan kenaikan kuat tekan beton sebesar 18,5% dari beton normal.

2. Anggoro (2019) melakukan penelitian tentang: *Pengaruh Penggunaan Serat Polypropylene Terhadap Sifat Mekanis Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan aktivator dan *fly ash* sebagai prekursor geopolimer disertai dengan penambahan serat *polypropylene* yang bervariasi terhadap kekuatan beton yang terukur berdasarkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitasnya. Variasi penambahan kadar serat *polypropylene* yang digunakan adalah 0,6; 0,9 dan 1,2 kg/m^3 yang diuji pada saat beton berumur 7,14, dan 28 hari. Metode perawatan beton yang digunakan adalah metode *ambient curing* dan *dry curing*. Hasil pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas optimum pada beton dengan umur perawatan 28 hari didapat pada kadar penambahan serat *polypropylene* sebesar 0,6 kg/m^3 yaitu sebesar 40,8125 MPa untuk kuat tekan dan 30472,92 MPa untuk nilai modulus elastisitas, hasil pengujian modulus elastisitas menunjukkan nilai yang berbanding lurus dengan hasil pengujian kuat tekan beton. Sedangkan untuk pengujian kuat tarik menunjukkan hasil yang terus meningkat seiring dengan kadar penambahan serat dengan nilai maksimum 4,116 MPa pada variasi penambahan serat 1,2 kg/m^3.
3. Yusra dkk. (2020) melakukan penelitian tentang: *Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari penambahan serat

polypropylene terhadap kekuatan beton mutu tinggi. Spesifikasi serat *polypropylene* yang digunakan adalah serat dengan panjang 12 mm dan diameter 18 mikron. Metode perencanaan campuran beton yang digunakan adalah metode *trial and error* dengan mutu beton rencana 60 MPa menggunakan FAS 0,25 yang disertai penambahan *superplasticizer* sebanyak 2% dari berat semen. Pada penelitian ini juga digunakan bahan tambah lain berupa abu kerak boiler hasil pembakaran kelapa sawit sebanyak 15% dari berat semen. Adapun variasi kadar penambahan serat *polypropylene* yang digunakan adalah 0,5%, 1% dan 1,5% dari berat semen dengan umur perawatan benda uji selama 28 hari. Dari penelitian ini didapatkan hasil nilai kuat tekan beton yang terus menurun seiring dengan kadar penambahan serat *polypropylene* dengan hasil pengujian kuat tekan secara berturut-turut sebesar 55,74 MPa, 54,87 MPa dan 50,54 MPa, nilai-nilai tersebut masih lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai kuat tekan rerata beton tanpa serat yang sebesar 57,35 MPa. Selain itu, pada penelitian ini juga dilakukan *flow test* yang menunjukkan nilai *flow* yang semakin kecil seiring dengan bertambahnya kadar serat *polypropylene*.

4. Laksono (2022) melakukan penelitian tentang: *Pengaruh Serat Polypropylene Terhadap Kekuatan Beton Ringan Beragregat Kasar Breksi Batu Apung*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat *polypropylene* terhadap kekuatan beton ringan yang menggunakan breksi batu apung sebagai pengganti agregat kasar. Pengujian yang dilakukan meliputi uji kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas yang dilakukan setelah 28 hari usia perawatan beton. Variasi kadar penambahan serat *polypropylene* adalah 0,4 kg/m^3; 0,5 kg/m^3; 0,6 kg/m^3 dan 0,7 kg/m^3. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan dan modulus elastisitas optimum didapatkan dari penambahan serat *polypropylene* sebesar 0,5 kg/m^3 dengan peningkatan sebesar 10,52% untuk nilai kuat tekan dan 54,12% untuk nilai modulus elastistasnya. Sedangkan nilai kuat tarik optimum terjadi pada varian penambahan kadar serat sebesar 0,7 kg/m^3 dengan peningkatan sebesar 27,15% terhadap beton normal tanpa bahan tambah.

Tabel 2.1 Perbedaan Antara Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Telah Dilaksanakan

Penelitian Terdahulu					Penelitian yang Dilakukan
Peneliti	Sugiatmo (2017)	Anggoro (2019)	Yusra dkk. (2020)	Laksono (2022)	Insani (2023)
Judul Penelitian	Sifat Mekanis pada Beton *Self Compacting Concrete* dengan Menggunakan Bahan Tambah ViscoCrete 1003 dan ViscoFlow 3211 N	Pengaruh Penggunaan Serat *Polypropylene* Terhadap Sifat Mekanis Beton Geopolimer Berbasis *Fly Ash*	Pengaruh Penambahan Serat *Polypropylene* pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi	Pengaruh Serat *Polypropylene* Terhadap Kekuatan Beton Ringan Beragregat Kasar Breksi Batu Apung	Pengaruh Penambahan SikaFiber PPM-12 dan Viscocrete 3115 N Sebanyak 0,6% dari Berat Semen Terhadap Kekuatan Beton
Tujuan	Untuk menemukan kadar optimum dari penggunan bahan tambah (admixture) ViscoCrete 1003 dan ViscoFlow 3211 N.	Untuk mengetahui pengaruh penambahan aktivator dan *fly ash* sebagai prekursor geopolimer disertai dengan penambahan serat *polypropylene*.	Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari penambahan serat *polypropylene* terhadap kekuatan beton mutu tinggi.	Untuk mengetahui pengaruh penambahan serat *polypropylene* terhadap kekuatan beton ringan yang menggunakan breksi batu apung sebagai pengganti agregat kasar.	Untuk mengetahui komposisi penambahan SikaFiber PPM-12 (*polypropylene fiber*) yang optimum pada campuran beton.
Parameter yang Diuji	Kuat tekan dan kuat lentur pada umur beton 28 hari.	Kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas pada umur 7, 14, dan 28 hari.	Kuat tekan dan *flow test* pada umur beton 28 hari.	Kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastistas pada umur beton 28 hari.	Kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur setelah beton berumur 28 hari.
Varian Penelitian	Varian komposisi ViscoCrete yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1,0%, dan 1,2% terhadap berat semen.	Variasi penambahan kadar serat *polypropylene* yang digunakan adalah 0,6; 0,9 dan 1,2 kg/m3 terhadap volume campuran beton.	Variasi kadar penambahan serat *polypropylene* yang digunakan adalah 0,5%, 1% dan 1,5% dari berat semen yang disertai penambahan *superplasticizer* sebanyak 2% dan abu kerak pembakaran kelapa sawit sebanyak 15% dari berat semen.	Variasi kadar penambahan serat *polypropylene* adalah 0,4 kg/m3; 0,5 kg/m3; 0,6 kg/m3 dan 0,7 kg/m3.	Varian penambahan SikaFiber PPM-12 (*polypropylene fiber*) sebesar ; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 dan 1,0 kg/m^3 beton dan penambahan ViscoCrete sebesar 0,6 % terhadap berat semen.

2.3 Keaslian Penelitian

Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya yaitu pada penelitian ini meneliti tentang pengaruh penambahan bahan tambah yaitu SikaFiber PPM-12 (*polypropylene fiber*) yang disertai dengan ViscoCrete 3115 N (*superplasticizer*) sebanyak 0,6% dari berat semen dengan tujuan untuk mendapatkan dosis optimum dari penambahan SikaFiber PPM-12 pada campuran beton. Varian penambahan SikaFiber PPM-12 yang digunakan adalah sebesar 0,5 kg/m^3; 0,6 kg/m^3; 0,7 kg/m^3; 0,8 kg/m^3 0,9 kg/m^3 dan 1 kg/m^3 beton. Sedangkan komposisi penambahan Sika ViscoCrete 3115 N sebesar 0,6% terhadap berat semen. Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan modulus elastisitas. Waktu pelaksanaan pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan keasliannya.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah untuk membentuk masa padat (SK SNI 03-2847-2002). Beton banyak digunakan sebagai bahan utama suatu bangunan. Bahan tersebut diperoleh dari pencampuran semen Portland, agregat kasar, agregat halus, air, dan terkadang disertai bahan tambahan mulai dari bahan kimia, bahan alam, hingga limbah dengan perbandingan komposisi tertentu. Campuran tersebut akan mengalami pengerasan jika dibiarkan dalam ruangan terbuka atau dituang ke dalam cetakan tertentu. Proses pengerasan ini terjadi akibat adanya reaksi kimia antara air dengan semen, proses ini berjalan selama beberapa waktu dengan pertambahan tingkat kekerasan seiring dengan berjalannya waktu (Tjokrodimuljo, 2007).

Dalam perencanaannya, beton dibagi menjadi dua jenis yaitu beton normal dan beton mutu tinggi. Beton normal adalah beton dengan berat isi sebesar 2200-2500 kg/m^3 yang tersusun dari agregat alam berupa batu pecah (SNI 03-2834-2000). Beton normal yang berkualitas baik adalah beton yang memiliki ketahanan terhadap kuat desak akibat pembebanan berupa tekanan dengan dipengaruhi oleh material-material penyusun, tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*), faktor air semen (FAS), serta bahan tambah lain (*admixture*) jika diperlukan (Prasetya, 2018).

Seiring dengan kemajuan teknologi di bidang konstruksi untuk menyesuaikan kebutuhan masyarakat, para ahli berupaya untuk meningkatkan mutu beton dari berbagai aspek seperti *strength, durability, workability, permeability,* dan lain-lain. Beberapa metode telah ditempuh demi mengupayakan peningkatan mutu beton, salah satu diantaranya adalah dengan memperbaiki mutu dari material-material penyusunnya, mulai dari material utama hingga bahan tambah. Selain meningkatkan kualitas material, penyusunan komposisi material yang tepat juga perlu diperhatikan, sehingga perlu tingkat ketelitian yang tinggi dalam menentukan komposisi bahan-bahan penyusun beton. Dalam pembuatan beton mutu tinggi,

biasanya diperlukan bahan tambah (*admixture*) untuk mencapai kualitas beton yang ditargetkan. *Polypropylene fiber* (SikaFiber PPM-12) dan *superplasticizer* (Sika ViscoCrete 3115 N) merupakan dua jenis bahan tambah yang dapat digunakan untuk meningkatkan mutu beton dengan cara mengurangi retak-retak halus akibat beban tarik dan meningkatkan *workability*.

3.2 Material Penyusun Beton

Pada umumnya beton tersusun dari 3 bahan penyusun utama yaitu agregat kasar, agregat halus, semen Portland, dan air. Bahan tambah (*admixture*) juga dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton apabila diperlukan.

3.2.1 Agregat

Agregat merupakan bahan penyusun utama dalam campuran beton dengan komposisi paling besar yaitu berkisar antara 60 - 75 %. Agregat juga berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam campuran beton. Pemillihan agregat merupakan salah satu bagian penting dalam pembuatan campuran beton karena akan sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 2007).

Agregat terbagi menjadi dua macam yaitu agregat kasar dan agregat halus yang dapat diperoleh secara alami atau buatan. Menuurut SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, di dalamnya menyatakan bahwa agregat normal yang digunakan dalam perencanaan beton harus memenuhi syarat ASTM C33M. Dimensi butiran agregat terbagi menjadi beberapa klasifikasi, dimensi butiran < 4,75 mm disebut agregat halus (pasir), dimensi butiran antara 4,75 – 40,00 mm disebut agregat kasar (kerikil). Menurut *British Standard*, batasan dimensi butiran agregat kasar dan halus adalah sebesar 4,80 mm, sedangkan batasan dimensi butiran agregat menurut Standar ASTM adalah sebesar 4,75 mm. Agregat yang akan digunakan untuk bahan pengisi beton harus mempunyai bentuk yang ideal yaitu berbentuk bulat atau mendekati kubus, permukaannya bersih, keras, kuat, ulet, serta memiliki gradasi yang baik.

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran agregat untuk perencanaan campuran beton. Gradasi agregat yang baik diperlukan untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik. Untuk agregat kasar (kerikil), gradasi butiran agregat diambil dari hasil lolos ayakan dengan diameter lubang 10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm. Sedangkan untuk agregat halus (pasir) diambil dari hasil lolos ayakan dengan diameter lubang 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm (Purnomo dan Darmadi, 2006).

Menurut Tjokrodimuljo (2007), klasifikasi distribusi agregat halus berdasarkan ukuran butirannya dibagi menjadi 4 daerah atau 4 zona sebagaimana tertera pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Batas-batas Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Berat yang Lolos Saringan (%)			
	Gradasi Zone I	Gradasi Zone II	Gradasi Zone III	Gradasi Zone IV
9,60	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: Tjokrodimuljo (2007)

Keterangan:

Daerah Gradasi Zone I : Pasir Kasar

Daerah Gradasi Zone II : Pasir Agak Kasar

Daerah Gradasi Zone III : Pasir Agak Halus

Daerah Gradasi Zone IV : Pasir Halus

Sedangkan untuk grdasi agregat kasar sebagaimana mengacu pada SNI 03-2834-2000, gradasi agregat kasar yang baik adalah yang berada dalam kadar batas yang telah ditentukan sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Batas-batas Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Berat yang Lolos Saringan		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100	-	-
38	95-100	100	-
19	37-70	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Sumber: SNI 03-2834-2000

3.2.2 Semen Portland

Secara mudahnya, kandungan semen Portland terdiri dari kapur, silika, dan alumina. Ketiga campuran bahan tersebut kemudian melalui proses pembakaran pada suhu 1550° C hingga menjadi *klinker*. Setelah itu, hasil pembakaran tersebut lalu dikeluarkan, didinginkan, dan dihaluskan hingga menjadi bubuk. Selama proses ini, biasanya semen dicampur dengan gips atau kalsium sulfat untuk mengontrol waktu pengikatan (Tjokrodimulyo, 2007). Bahan-bahan penyusun semen Portland dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Bahan-bahan Penyusun Semen Portland

Oksida	Persentase (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO_2)	17-25
Alumina (Al_2O_3)	3-8
Besi (Fe_2O_3)	0,5-6
Magnesia (MgO)	0,5-4
Sulfur (SO_3)	1-2
Soda / Potash ($Na_2O + K_2O$)	0,5-1

Sumber: Tjokrodimuljo (2007)

Menurut Astanto (2001), ada empat macam senyawa kimia penting yang mempengaruhi sifat pengikatan semen serta sifat pengerasan semen, 4 senyawa kimia tersebut adalah sebagai berikut:

1. Trikalsium Silikat (C_3S) atau $3CaO.SiO_2$
2. Dikalsium Silikat (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$
3. Trikalsium Aluminat (C_3A) atau $3CaO.Al_2O_3$

4. Tetrakalsium Aluminoferit (C_4AF) atau $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

Semen Portland di Indonesia menurut SNI 15-2049-2004 dibagi menjadi 5 jenis/tipe yaitu sebagai berikut:

1. Jenis I, yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus
2. Jenis II, yaitu semen Portland yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kadar hidasi sedang dalam penggunaannya
3. Jenis III, yaitu semen Portland yang memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi dalam penggunannya
4. Jenis IV, yaitu semen Portland yang memerlukan kalor hidrasi rendah dalam penggunaannya
5. Jenis V, yaitu semen Portland yang memerlukan tingkat ketahanan terhadap sulfat yang tinggi dalam penggunaannya

Menurut Tjokrodimuljo (2007), ada 4 faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan semen, 4 faktor tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kehalusan semen, semakin halus butiran suatu semen, maka waktu pengikatannya akan semakin cepat
2. Jumlah air, pengikatan semen akan semakin cepat apabila jumlah air dalam campuran beton semakin sedikit
3. Temperatur, semakin rendah suhu udara maka akan mempercepat proses pengikatan semen
4. Penambahan zat-zat kimia tertentu dapat mempengaruhi kecepatan pengikatan semen

Dalam penelitian ini, digunakan semen Portland Tipe I merk Gresik. Suatu semen yang dicampur dengan air akan membentuk pasta semen, sedangkan jika ditambah pasir (agregat halus) akan menjadi mortar semen, kemudian apabila ditambah lagi dengan kerikil atau batu pecah (agregat kasar) disebut beton. Semen berfungsi untuk merekatkan butiran agregat agar menjadi suatu massa padat serta untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat (Astanto, 2001).

3.2.3 Air

Air memiliki dua fungsi dalam proses pencampuran beton. Pertama, yaitu untuk memungkinkan terjadinya reaksi kimia selama proses pengikatan dan pengerasan berlangsung. Kedua, sebagai bahan pelumas antara butiran agregat agar campuran beton mudah dikerjakan dan dipadatkan. Kebutuhan air dalam campuran beton hanyalah sekitar 30% dari berat semen, kandungan air yang berlebih dalam campuran beton dapat menurunkan kekuatan beton serta membuat beton menjadi *porous*. Selain itu, kadar air yang berlebihan dalam campuran beton juga dapat membawa semen bergerak ke atas permukaan campuran beton segar setelah proses penuangan, atau disebut dengan *bleeding*. Selaput tipis yang timbul akibat *bleeding* ini akan mengurangi kelekatan antara lapis beton dan menjadi bidang sambung yang lemah (Tjokrodimuljo, 2007).

Air yang akan digunakan dalam pembuatan dan perawatan beton tidak boleh memiliki kadungan minyak, asam, alkali, garam, serta bahan-bahan lain yang berpotensi merusak beton dan baja tulangan. Dalam pembuatan beton, sebaiknya digunakan air bersih yang layak minum (PBI, 1971).

Menurut Tjokrodimuljo (2007), air yang akan digunakan dalam campuran beton sebaiknya memenuhi beberapa syarat sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur atau kandungan benda lain yang melayang dalam air lebih dari 2 gram/liter
2. Tidak memiliki kandungan garam lebih dari 15 gram/liter. Kandungan garam dalam air dapat merusak struktur beton
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter

3.2.4 SikaFiber PPM-12 (*Polypropylene Fiber*)

Serat *polypropylene* merupakan serat plastik yang terdiri dari senyawa hidrokarbon dengan rumus kimia C_3H_6 yang berbentuk filamen tunggal maupun jaring serabut tipis berbentuk jala dengan ukuran panjang berkisar antara 6-50 mm dan berdiameter antara 8-90 mikron (Hasanr dkk, 2013). Material berbentuk filamen ini akan terurai saat dicampurkan ke dalam adukan beton. Serat jenis ini dapat meningkatkan kuat tarik, kuat lentur, dan kuat tekan beton, mengurangi

keretakan akibat penyusutan, meningkat ketahanan terhadap *impact*, serta meningkakan daktilitas beton (Dina, 1999).

Menurut Tata dan Saito (1992), serat *polypropylene* memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut:

1. Termasuk ke dalam kelompok serat yang paling ringan di antara bahan polimer lainnya
2. Memiliki massa jenis sebesar 0,9-0,92
3. Memiliki massa jenis tinggi titik lunak sebesar 176°C,*T*m
4. Akan tersebar merata jika dijatuhkan di atas permukaan air
5. Memiliki kestablilan sifat-sifat kimia yang baik serta tahan terhadap berbagai bahan kimia kecuali oksida kuat
6. Memiliki kekuatan tarik, kuat lentur dan kekakuan yang lebih tinggi dibanding dengan serat polimer lain
7. Memiliki tingkat penyusutan pada pencetakan yang kecil serta memiliki ketelitian dimensi yang baik

Serat *polyproylene* yang digunakan dalam penelitian ini adalah SikaFiber PPM-12 dengan tipe *synthetic micro-fibers* atau serat mikro sintetis. Varian serat ini memiliki nilai modulus elastisitas yang lebih rendah dibanding varian serat makro sintetis yaitu berkisar antara 3-5 GPa. Serat jenis ini dapat digunakan untuk mengurangi penyusutan usia dini yang menimbulkan keretakan pada beton, serta dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap api dengan titik leleh pada 160°C. Serat mikro sintetis ini juga tidak bersifat korosif sehingga tahan terhadap karat. *Sika Services AG* menyebutkan dalam lembar data produknya bahwa rekomendasi kadar penambahan serat sintetis *polypropylene* dengan tipe *synthetic micro-fibers* berkisar antara 0,5 – 1,0 kg/m^3 beton.



Gambar 3.1 SikaFiber PPM-12

3.2.5 Sika ViscoCrete 3115 N (*Superplasticizer*)

Superplasticizer adalah bahan tambah kimia (*chemcical admixture*) yang berfungsi untuk melarutkan gumpalan-gumpalan pada campuran beton dengan cara melapisi pasta semen sehingga kandungan semen dalam adukan beton dapat tersebar secara merata, *superplasticizer* memiliki pengaruh yang cukup besar dalam meningkatkan *workability* beton. Penggunaan *superplasticizer* dalam campuran beton dapat mereduksi kadar penggunaan air hingga 40% dari kadar campuran awal. Penggunaan air yang berkurang dapat mengurangi nilai faktor air semen beton sehingga dapat menghasilkan beton dengan mutu yang lebih tinggi (Raynaldi dan Kusdian, 2019).

Cara kerja *superplasticizer* yang dapat larut dalam air adalah dengan menghasilkan gaya tolak-menolak (*dispersion*) antara partikel-partikel semen agar tidak membentuk gumpalan (*focculate*) yang berpotensi meciptakan rongga udara di dalam campuran beton. Penambahan *superplasticizer* dapat menghasilkan beton yang mengalir tanpa adanya pemisahan semen ke permukaan adukan beton yang biasa disebut segregasi/*bleeding* yang umum ditemui pada beton dengan jumlah kandungan air yang besar. Bahan tambah ini juga berfungsi untuk proses pencetakan beton di tempat-tempat yang sulit dilakukan proses penuangan campuran beton.

Pada penelitian ini, digunakan produk *superplasticizer* dari PT. Sika Indonesia yaitu ViscoCrete 3115 N yang merupakan *superplasticizer* generasi

ketiga dari Sika yang dikembangkan untuk produksi beton aliran tinggi dengan sifat retensi aliran yang sangat baik. Penggunaan *superplasticizer* jenis ini dapat memfasilitasi pengurangan air yang ekstrem pada campuran beton serta menghasilkan campuran beton kemampuan mengalir yang sangat baik dengan kohesi yang optimal dan perilaku pemadatan diri yang kuat. ViscoCrete 3115 N bekerja dengan cara menimbulkan adsorpsi pada permukaan partikel semen yang menghasilkan efek sterik. Bahan tambah ini juga tidak mengandung klorida atau bahan lain yang dapat menyebabkan korosi (PT. Sika Indonesia, 2016).

Selain beberapa keuntungan di atas, penggunaan *superplasticizer* pada campuran beton juga memiliki kelemahan yaitu tingginya kemampuan mengalir campuran beton yang dapat menimbulkan peningkatan nilai slump, selain itu penggunaan dosis yang berlebihan dapat mengurangi nilai eknomis beton serta membuat beton kehilangan kekuatan akhir akibat *setting time* yang terlalu lama. PT. Sika Indonesia menuliskan dalam brosur produknya bahwa rekomendasi kadar penggunaan Viscocrete 3115 N adalah antara 0,3 – 0,8 % dari berat semen untuk campuran beton normal dan antara 0,8 – 2,0 % dari berat semen untuk campuran *self compacting concrete*.

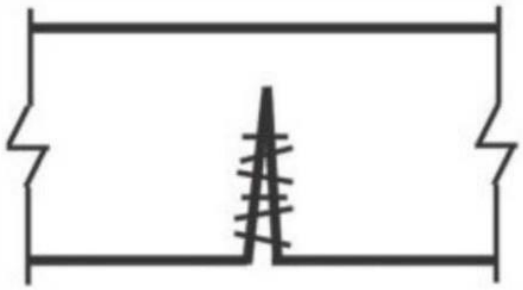


Gambar 3.2 Viscocrete 3115 N

3.3 Beton Serat

Menurut Mulyono (2015), beton serat adalah bahan komposit yang tersusun dari beton biasa dan bahan tambah lain berupa serat. Terdapat beberapa jenis serat yang dapat digunakan untuk pembuatan beton serat yang berupa serat alami

maupun serat buatan. Untuk serat alami, umumnya berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti serat kelapa, ijuk, dan lain-lain. Sedangkan untuk serat buatan, umumnya terbuat dari senyawa-senyawa polimer seperti *polypropylene* dan polyetilene yang memiliki ketahanan terhadap pengaruh cuaca. American *Concrete Institute* (2018) menyatakan bahwa material serat dalam campuran beton dapat meningkatkan kekuatan tarik, kapasitas lentur dan mengontrol lebar retakan pada beton. Menurut Sika Services AG (2014), serat yang tertanam di dalam beton memberikan efek yang siginifikan dalam menghambat munculnya retakan melalui kekuatan tarik dan ekstensibilitasnya serta mengurangi perambatan retakan makro lebih lanjut. Hal ini dapat terjadi karena posisi serat dalam campuran beton yang melintasi celah retakan dan menahan retakan di kedua sisi sehingga dapat mencegahnya melebar. Sketsa retakan beton yang tertahan oleh serat dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.3 Sketsa Retakan pada Beton yang Tertahan oleh Serat
(Sumber: *ACI 544*, 2018)

Sika Services AG (2014) menyatakan bahwa penambahan serat sintetis dengan dosis yang sesuai ke dalam campuran beton dapat memberikan peningkatan sifat-sifat beton secara signifikan yaitu sebagai berikut:

1. Memberikan kohesi yang lebih baik pada beton segar
2. Meningkatkan kuat lentur dan kuat geser pada beton
3. Meningkatkan kapasitas beban dan keuletan beton
4. Meningkatkan ketahanan terhadap api

Tjokrodimuljo (2007) menyatakan bahwa penambahan serat pada beton mengakibatkan berkurangnya tingkat kemudahan pengerjaan dan mempersulit terjadinya segregasi. Hal ini disebabkan oleh air yang tertahan di sekitar permukaan

serat sehingga menyebabkan berkurangnya kelecakan beton dan membuat nilai slump menjadi turun.

Menurut *American Concrete Institute* (2018), dalam banyak kasus tidak dibutuhkan penyesuaian *mix design* pada beton untuk melakukan penambahan serat hingga dosis maksimum sebesar 18 kg/m^3 untuk serat baja dan 2,4 kg/m^3 untuk *macro fibers*. Untuk dosis yang lebih tinggi dan jenis serat lainnya, diperlukan beberapa penyesuaian. Hal ini termasuk penambahan *water-reducing admixture* (*superplasticizer*) untuk menjaga *workability* dan nilai *slump*.

3.4 Karakteristik Beton

Beton memiliki ketahanan yang tinggi terhadap kuat tekan namun lemah terhadap kuat tarik. Pada umumnya kuat tarik beton hanya berkisar antara 9-15 % dari kuat tekannya. Maka dari itu dalam penggunaannya di dunia konstruksi, beton umumnya diperkuat dengan baja tulangan sehingga membentuk sebuah struktur komposit yang mampu menahan gaya tekan dan gaya tarik akibat pembebanan selama berjalannya fungsi bangunan. Sedangkan beton yang tidak menggunakan baja tulangan dalam perencanaannya disebut dengan beton polos (*plain concrete*).

Menurut Chu Kia Wang (1990) dalam bukunya yang berjudul "Desain Beton Bertulang" menyatakan bahwa beton memiliki beberapa karakteristik seperti sebagai berikut:

1. Beton memiliki tegangan hancur tekan yang tinggi dan tegangan hancur tarik yang rendah
2. Beton tidak dapat digunakan pada elemen konstruksi yang memikul tarikan atau momen lengkung
3. Beton sangat lemah dalam menahan gaya tarik yang berpotensi menyebabkan terjadinya retakan yang akan membesar seiring dengan berjalannya waktu
4. Beton akan mengeluarkan panas selama berlangsungnya proses hidrasi atau proses kimia pengikatan antara semen dengan air
5. Selama proses pencampuran, air berfungsi sebagai pelumas yang dapat meminimalisir gesekan antara butiran agregat sehingga proses pemadatan beton menjadi lebih mudah

6. Kadar air yang berlebihan dalam campuran beton dapat mengurangi kekuatan beton karena jarak antar ikatan partikel semen yang semakin jauh
7. Beton dengan kekuatan atau mutu tinggi dapat dicapai dengan rekayasa perbandingan campuran/komposisi yang biasa disebut dengan *mix design*
8. Tingkat kelembapan beton selama proses pengerasan harus dipertahankan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan rencana
9. Beton akan mencapai kekuatan maksimum setelah berumur 28 hari
10. Pemasangan tulangan baja ke dalam beton yang berfungsi sebagai balok bertujuan untuk menghindari keretakan lebih lanjut pada daerah yang menahan gaya tarik
11. Beton bertulang dirancang untuk menahan gaya tekan melalui sifat beton tersebut dan juga menahan gaya tarik melalui tulangan baja
12. Beton menawarkan kemampuan yang tinggi dengan biaya yang relatif tinggi
13. Masa layanan beton mencapai 50 tahun dan hampir tidak memerlukan biaya perawatan selama masa konstruksinya serta memiliki ketahanan terhadap api yang baik
14. Salah satu kekurangan beton dalam konstruksi bangunan adalah beratnya sendiri yang relatif besar
15. Kekurangan lainnya adalah perubahan volume sebagai fungsi waktu berupa penyusutan dan rangkak.

3.4.1 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton dalam menahan beban per satuan luas pada permukaan beton yang menerima pembebanan tersebut. Menurut Dipohusodo (1994), umur suatu beton mempengaruhi nilai kuat tekan beton, pada beton dengan umur 7 hari nilai kuat tekannya dapat mencapai 70% dari nilai kuat tekan maksimum, sedangkan pada beton dengan umur 14 hari nilai kuat tekannya dapat mencapai 85% dari nilai kuat tekan maksimum, dan pada umur 28 hari nilai kuat tekan beton dapat mencapai hingga 90% dari nilai kuat tekan maksimum yang direncanakan.

Menurut SNI 03-1974-2011, nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan Persamaan 3.1 sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

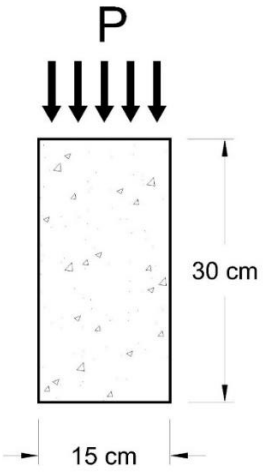
dengan:

$f'c$ = Kuat Tekan Beton (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang Benda Uji (mm^2)

Dalam penelitian ini, pengujian kuat tekan beton menggunakan sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 30 mm. Sketsa pengujian kuat tekan pada sampel beton silinder dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.4 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton

3.4.2 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik beton berpengaruh pada rambatan terjadinya keretakan pada beton. Nilai kuat tarik beton dapat diketahui melalui pengujian pecah belah silinder (*split cylinder*) (SNI 03-2491-2002). Pengujian ini dilakukan dengan cara meletakkan silinder pada alat pembebanan dengan posisi rebah. Setelah itu, benda uji silinder diberikan pembebanan dari arah vertikal pada sepanjang permukaan selimut silinder dengan penambahan pembebanan secara berangsur-angsur hingga didapat nilai maksimum pada saat benda uji silinder pecah atau terbelah oleh gaya tarik horizontal. Pengujian ini dilakukan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) dengan ketentuan yang mengacu pada SNI 03-2491-2002. Nilai kuat tarik beton dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.2 berikut:

$$Fct = \frac{2P}{\pi DL} \quad (3.2)$$

dengan:

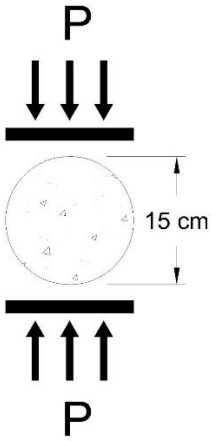
Fct = Kuat Tarik Belah Beton (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

D = Diameter Benda Uji Silinder (mm)

L = Tinggi Benda Uji Silinder (mm)

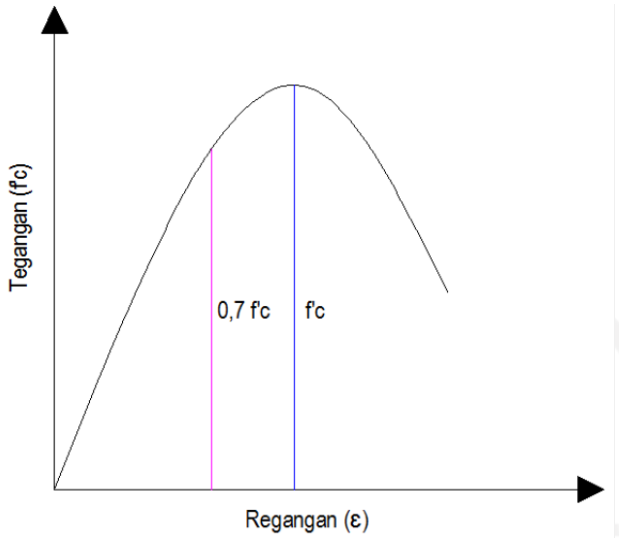
Adapun sketsa pengujian kuat tarik belah beton pada benda uji berbentuk silinder dengan diemeter 150 mm dan tinggi 300 mm dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.5 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

3.4.3 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas adalah nilai perbandingan dari besarnya tekanan yang diberikan pada suatu benda terhadap perubahan bentuk yang terjadi pada benda tersebut per satuan panjang. Modulus elastisitas merupakan tolak ukur umum terhadap sifat suatu beton (Murdock dan Brook, 1999). Menurut Nawy (1998), kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan antara titik pusat dengan suatu harga tegangan yang nilainya sekitar 0,4 f'c disebut modulus elastisitas. Pada umumnya kurva regangan dan tegangan beton yang terjadi saat nilai f'c mencapai 40% berbentuk linier, lalu pada saat nilainya sudah mendekati 70% tegangan hancur, material mulai menunjukkan tanda-tanda kehilangan kekakuannya, hal ini ditunjukkan pada ketidak linearan diagram yang dapat dilihat pada Gambar 3.4:



Gambar 3.6 Kurva Tegangan-Regangan Beton Tipikal
(Sumber: Nawy, 1998)

Modulus elastisitas dapat dihitung dengan menggunakan rumus ASTM C-469 seperti pada Persamaan 3.3 berikut:

$$Ec = \frac{S2-S1}{\varepsilon 2-0{,}00005} \tag{3.3}$$

dengan:

Ec = Modulus Elastisitas Beton (MPa)

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

S_1 = Tegangan saat regangan longitudinal mencapai ε_1 = 0,00005

ε_2 = Regangan Longitudinal yang dihasilkan pada saat S_2

Adapun rumus untuk menghitung regangan dapat dilihat pada Persamaan 3.4 sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L0} \tag{3.4}$$

dengan:

ΔL = Deformasi Longitudinal (mm)

L_0 = Tinggi Efektif Pengukuran (mm)

Sedangkan menurut SNI 2847-2019, nilai modulus elastisitas untuk beton normal yang memiliki nilai Wc antara 1440 sampai dengan 2560 kg/m^3 dapat dihitung dengan rumus pada Persamaan 3.5 dan 3.6 berikut:

$$Ec = Wc^{1,5} \times 0{,}043 \times \sqrt{f'c} \quad (3.5)$$

dan

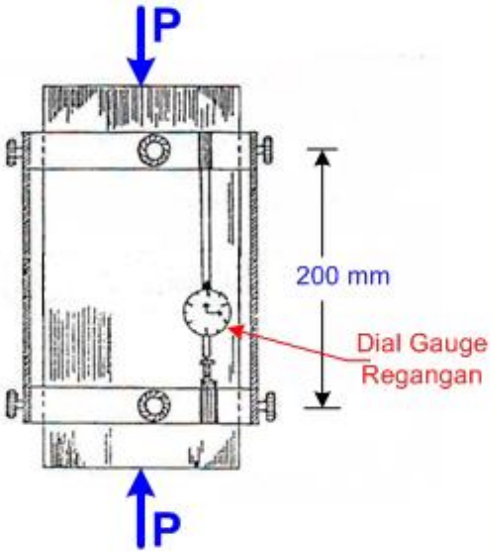
$$Ec = 4700 \times \sqrt{f'c} \quad (3.6)$$

dengan:

f'c = Kuat Tekan Beton (MPa)

Wc = Berat Isi Beton (kg/m^3)

Pengujian modulus elastisitas dilakukan secara bersamaan pada saat pengujian kuat tekan beton. Adapun ilustrasi pemasangan *dial gauge* pada benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut:

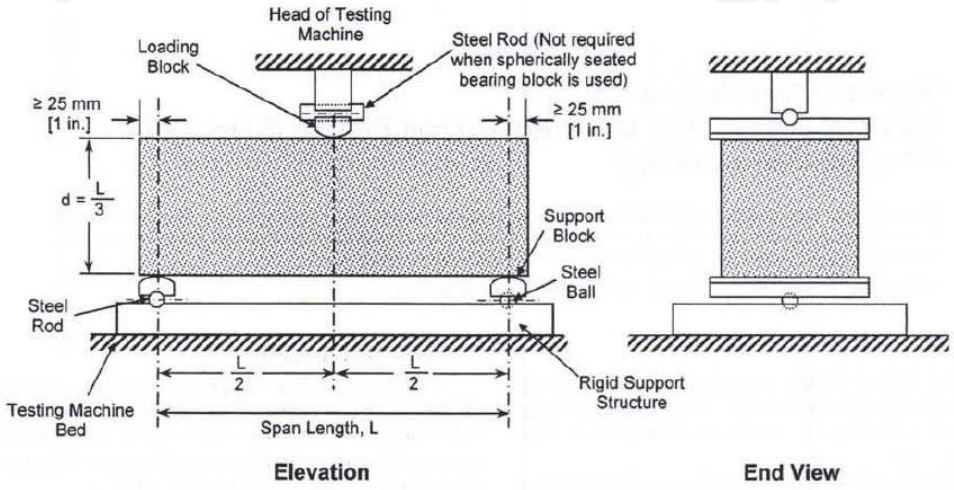


Gambar 3.7 Ilustrasi Pengujian Modulus Elastisitas
(Sumber: Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi, 2008)

3.4.4 Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan beban yang arahnya tegak lurus terhadap sumbu benda uji sampai benda uji tersebut patah, nilai kuat lentur beton dinyatakan dalam Mega

Pascal (MPa) gaya per satuan luas (SNI 4431-2011). Terdapat 2 metode pengujian berdasarkan jumlah titik pembebanan dalam mencari nilai kuat lentur beton yaitu metode pengujian dengan sistem pembebanan dua titik dan metode pengujian dengan sistem pembebanan satu titik. Pada penelitian ini, metode pengujian kuat lentur yang digunakan adalah sistem pembebanan satu titik dengan mengacu pada SNI 4154-2014 tentang Metode Uji Kekuatan Lentur Beton (Menggunakan Balok Sederhana dengan Beban Terpusat di Tengah Bentang). Ilustrasi pengujian kuat lentur beton dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut:



Gambar 3.8 Ilustrasi Pengujian Kuat Lentur Beton
(Sumber: SNI 4154-2014)

Menurut SNI 4154-2014, nilai kuat lentur beton dapat dihitung berdasarkan besarnya nilai Modulus Runtuh yang dihitung menggunakan Persamaan 3.7 berikut:

$$R = \frac{3PL}{2bd^2} \tag{3.7}$$

dengan:

R = Modulus Runtuh (MPa)

P = Beban Maksimum yang diterapkan, ditunjukkan oleh mesin uji (N)

L = Panjang Bentang (mm)

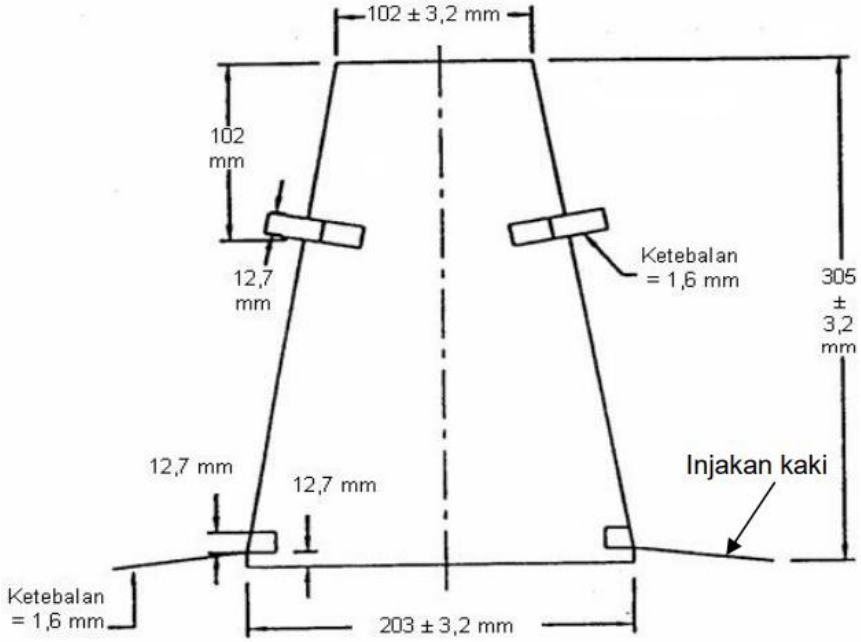
b = Lebar rata-rata spesimen di daerah runtuh (mm)

d = Tinggi rata-rata spesimen di daerah runtuh (mm)

3.4.5 Slump Beton

Slump beton adalah besarnya penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump (kerucut Abram) diangkat (SNI 1972-2008). Nilai slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan dari suatu adukan beton, hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan beton segar (*workability*). Semakin tinggi kadar air dalam adukan beton, maka nilai slump akan semakin tinggi sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan.

Pengujian slump yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada SNI 1972-2008 tentang Cara Uji Slump Beton. Sketsa alat uji slump (keurucut Abram) beserta dimensinya dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut:



Gambar 3.9 Cetakan Untuk Uji Slump (Kerucut Abram)
(Sumber: SNI 1972-2008)

3.5 Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat adalah upaya untuk mengetahui kondisi agregat yang akan digunakan untuk pembuatan beton sekaligus untuk memastikan apakah agregat yang akan digunakan memenuhi beberapa persyaratan yang telah ditentukan sebelum digunakan sebagai material penyusun beton. Adapun beberapa

pengujian terhadap agregat yang akan digunakan sebagai material penyusun beton pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.5.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dilakukan untuk mengetahui nilai berat jenis curah, berat jenis jenuh kering muka (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air. Seluruh metode dan perhitungan yang digunakan dalam pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1969-2008. Perhitungan-perhitungan yang dilakukan dalam pengujian ini menggunakan beberapa persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{\text{Bk}}{\text{Bj} - \text{Ba}} \tag{3.8}$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{\text{Bj}}{\text{Bj} - \text{Ba}} \tag{3.9}$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{\text{Bk}}{\text{Bk} - \text{Ba}} \tag{3.10}$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{\text{Bj} - \text{Bk}}{\text{Bk}} \times 100\% \tag{3.11}$$

dengan:

Bk = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

Bj = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (gram)

Ba = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di dalam Air (gram)

3.5.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dilakukan untuk mengetahui nilai berat jenis curah, berat jenis jenuh kering muka (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air. Seluruh metode dan perhitungan yang digunakan dalam pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1969-2008. Perhitungan-perhitungan yang dilakukan dalam pengujian ini menggunakan beberapa persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{\text{Bk}}{\text{B} + 500 - \text{Bt}} \tag{3.12}$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{500}{B+500-Bt} \quad (3.13)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \quad (3.14)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3.15)$$

dengan:

Bk = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

B = Berat Piknometer Berisi Air (gram)

Bt = Berat Piknometer Berisi Benda Uji dan Air (gram)

500 = Berat Benda Uji dalam Keadaan Kering Permukaan Jenuh (gram)

3.5.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar dan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan agregat kasar dan agregat halus dilakukan untuk mengetahui pembagian butir atau gradasi kedua jenis agregat menggunakan beberapa saringan dengan diameter lubang yang berbeda sehingga diperoleh ditribusi jumlah agregat berdasarkan diameter butiran serta untuk menghitung nilai modulus kehalusan butir (*finess modulus*) dengan cara menimbang berat agregat yang tertinggal pada setiap saringan. Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1968-1990. Adapun cara menghitung nilai modulus kehalusan butir (*finess modulus*) adalah menggunakan Persamaan 3.16 berikut:

$$\text{Modulus Kehalusan Butir} = \frac{\text{Jumlah Berat Tertinggal Kumulatif (\%)}}{100} \quad (3.16)$$

3.5.4 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar dan Halus

Berat volume agregat adalah nilai perbandingan antara berat dengan volume pada suatu agregat. Perhitungan berat volume agregat diperlukan untuk melakukan perhitungan perencanaan campuran beton (*mix design*). Pengujian berat volume padat dan gembur pada agregat kasar dan agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 03-4804-1998. Perhitungan untuk menghitung berat volume agregat adalah menggunakan Persamaan 3.17 berikut:

$$\text{Berat Volume (gram/cm}^3) = \frac{(\text{Berat Agregat} + Tabung) - Berat\ Tabung}{\text{Volume Tabung}} \quad (3.17)$$

3.5.5 Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur adalah pengukuran banyaknya kadar lumpur yang terkandung di dalam agregat halus (pasir). Pengujian ini dilakukan dengan cara menghitung berat agregat halus yang lolos saringan nomor 200 (0,075 mm) setelah agregat dicuci dengan air mengalir hingga air cucian menjadi bersih. Pengujian ini dilaksanakan dengan berpedoman pada SNI 03-4142-1996. Perhitungan yang dilakukan untuk menghitung kadar lumpur adalah menggunakan Persamaan 3.18 seperti berikut:

$$\text{Kadar Lumpur (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (3.18)$$

dengan:

A = Berat Kering Agregat Sebelum Dicuci (gram)

B = Berat Kering Agregat Setelah Dicuci (gram)

3.6 Perencanaan Campuran Beton

Metode perencanaan campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Tahapan-tahapan perencanaan campuran beton berdasarkan SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai kuat tekan beton (f'_c) yang direncanakan sesuai dengan syarat teknis yang dikehendaki pada umur rencana beton yaitu 28 hari.
2. Menentukan nilai deviasi standar (Sd) berdasarkan pengalaman di lapangan selama produksi beton. Nilai deviasi standar ditentukan berdasarkan jumlah pengujian yang telah dilakukan sebelumnya dengan minimal jumlah hasil pengujian sebanyak 30 hasil uji. Apabila hanya terdapat 15-29 hasil uji, nilai deviasi standar dihitung dengan faktor pengali seperti pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Sumber: SNI 03-2834-2000

Namun, apabila jumlah pengujian yang pernah dilakukan kurang dari 15 benda uji, maka nilai tambah (M) yang digunakan untuk menghitung kuat tekan rata-rata yang ditargetkan adalah tidak kurang dari 12 MPa.

3. Menghitung nilai tambah (M) untuk kuat tekan rencana yang dihitung mengunakan Persamaan 3.8 berikut:

   $$M = 1{,}64 \times Sr \quad (3.8)$$

   dengan:

   M = Nilai Tambah

   1,64 = Tetapan Statistic yang nilainya bergantung pada persentase kegagalan hasil uji dengan nilai maksimum 5%

   Sr = Deviasi Standar Rencana (MPa)

4. Menghitung nilai kuat tekan rata-rata yang direncanakan menggunakan Persamaan 3.9 berikut:

   $$f_{cr} = f'_c + M \quad (3.9)$$

   dengan:

   f_{cr} = Kuat Tekan Rata-rata yang ditargetkan (MPa)

   f'_c = Kuat Tekan yang disyaratkan (MPa)

   M = Nilai Tambah (MPa)

5. Menentukan jenis dan tipe semen yang digunakan. Penentuan penggunaan jenis dan tipe semen ini diperlukan untuk menentukan nilai fator air semen (FAS). Pada penelitian ini, digunakan Semen Portland Tipe 1.
6. Menentukan jenis agregat yang digunakan. Menurut SNI 03-2834-2000, pasir (agregat halus) diklasifikasikan menjadi 4 jenis berdasarkan gradasinya yaitu pasir halus, pasir agak halus, pasir agak kasar, dan pasir kasar. Sedangkan kerikil (agregat kasar) diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu kerikil alami dan kerikil batu pecah. Dalam penelitian ini, digunakan pasir alami dan kerikil dari batu pecah.
7. Menentukan nilai faktor air semen (FAS). Nilai FAS ditentukan dari perkiraan kekuatan tekan beton berdasarkan jenis semen dan agregat kasar yang digunakan, umur benda uji dan bentuk benda uji berdasarkan Tabel 3.6 berikut:

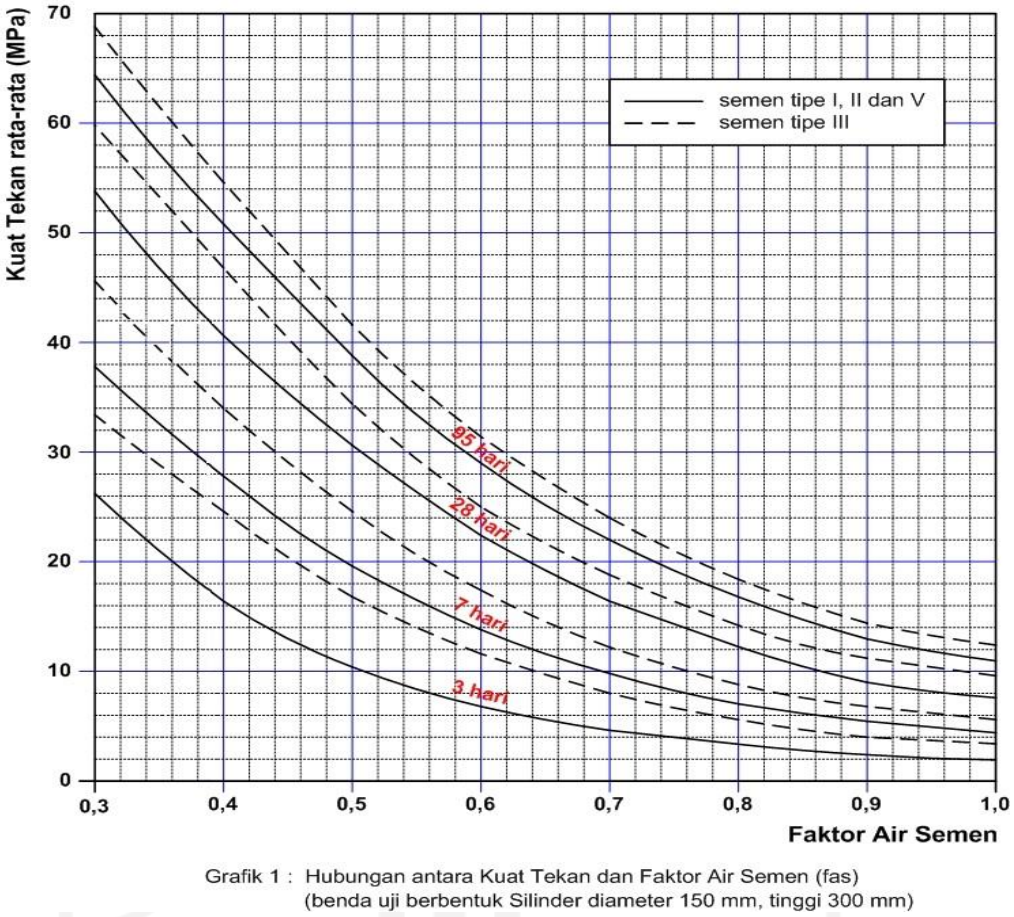
Tabel 3.6 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan FAS 0,5 dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa) Pada Umur (Hari)				Bentuk Benda Uji
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II, IV	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber: SNI 03-2834-2000

Setelah nilai perkiraan kekuatan beton didapat, selanjutnya adalah menentukan nilai FAS menggunakan grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen seperti pada Gambar 3.8 dengan cara sebagai berikut:

a. Buat garis horizontal dari nilai perkiraan kuat tekan beton sesuai Tabel 3.6 ke kanan hingga berpotongan dengan garis vertikal nilai FAS 0,5.
b. Buat garis parabola (kurva) baru pada titik potong tersebut.
c. Buat garis horizontal dari nilai kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f_{cr}) hingga menyentuh garis parabola yang telah dibuat sebelumnya.
d. Tarik garis secara tegak lurus ke bawah dari titik temu tersebut hingga didapat nilai FAS yang dicari atau FAS bebas.



Grafik 1 : Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas)
(benda uji berbentuk Silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

Gambar 3.10 Hubungan Kuat Desak dengan Faktor Air Semen untuk Benda Uji Silinder

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

8. Menentukan nilai faktor air semen (FAS) maksimum. Setelah nilai faktor air semen (FAS) didapat dari grafik di atas, selanjutnya adalah menentukan nilai faktor air semen maksimum dan jumlah semen minimum berdasarkan kondisi pembetonan yang nilainya diambil dari Tabel 3.7. Nilai faktor air semen yang digunakan adalah nilai terkecil antara nilai FAS bebas dan FAS maksimum.

Tabel 3.7 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Beberapa Macam Kondisi Pembetonan

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen Minimum Per m^3 Beton (kg)	Nilai FAS Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-gantian	325	0,55

Sumber: SNI-03-2834-2000

9. Menetapkan nilai slump. Nilai slump ditentukan berdasarkan kondisi pelaksanaan pekerjaan meliputi pengadukan, pengangkutan, penuangan, serta pemadatan. Hal ini ditujukan untuk menghasilkan adukan beton yang mudah dikerjakan.
10. Menghitung diameter maksimum dari butiran agregat dengan ketentuan bahwa ukuran maksimum butirannya tidak boleh lebih dari 1/5 kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.
11. Menghitung kadar air bebas. Kadar air bebas adalah kebutuhan air per m^3 beton. Kadar air bebas ditentukan berdasarkan data ukuran agregat maksimum, jenis kerikil yang digunakan, dan nilai slump rencana. Perhitungan kadar air bebas dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut:

$$W = \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk \qquad (3.10)$$

dengan:

W = Jumlah Air yang Dibutuhkan (liter/m^3)

Wh = Perkiraan Jumlah Air untuk Agregat Halus

Wk = Perkiraan Jumlah Air untuk Agregat Kasar

Adapun nilai Wh dan Wk didapat dari Tabel 3.8 berikut:

Tabel 3.8 Perkiraan Kebutuhan Air Untuk Tiap m^3 Beton

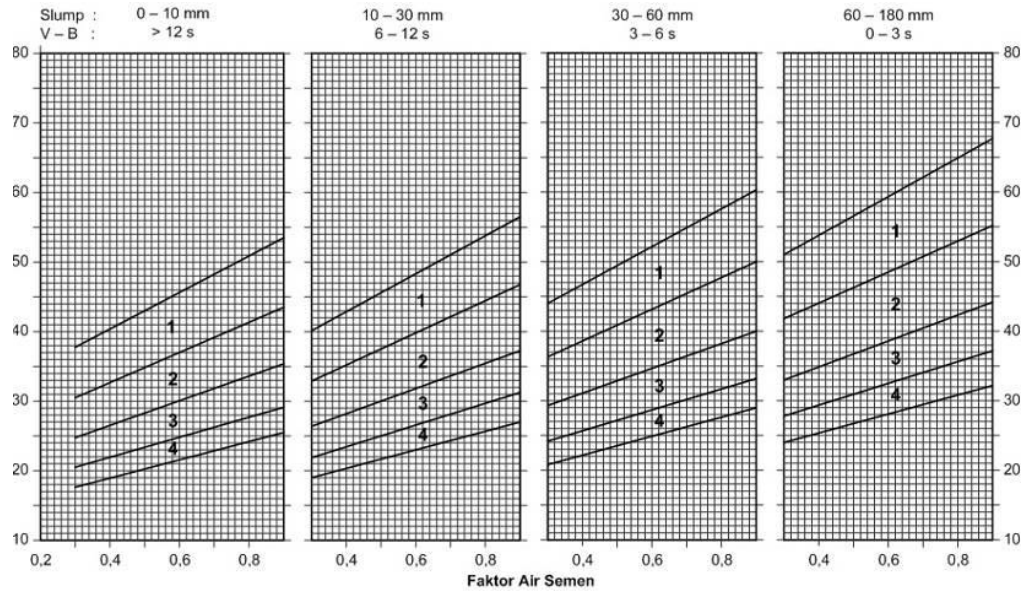
Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 – 180
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI-03-2834-2000

12. Menghitung kebutuhan semen menggunakan Persamaan 3.11 berikut:

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{fas} \quad (3.11)$$

13. Menentukan persentase jumlah agregat halus. Persentase jumlah agregat halus ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat kasar yang ditetapkan, nilai slump, nilai FAS, dan daerah gradasi agregat halus dari hasil uji saringan. Penentuan persentase jumlah agregat halus dapat dilakukan menggunakan beberapa grafik berdasarkan ukuran maksimum butir agregat kasar yang digunakan seperti salah satu contoh pada Gambar 3.9. Adapun cara menentukannya adalah sebagai berikut:
    a. Tarik garis tegak lurus searah vertikal dari nilai FAS yang digunakan hingga memotong dua buah garis batas daerah gradasi agregat halus.
    b. Tarik garis horizontal ke arah kanan dari dua buah titik perpotongan yang didapat dari langkah sebelumnya hingga didapat dua buah nilai persentase jumlah agregat halus (batas atas dan batas bawah).
    c. Hitung nilai persentase agregat halus dengan cara mengambil nilai rerata dari batas atas dan batas bawah presetase agregat halus.



Gambar 3.11 Persentase Pasir Terhadap Kadar Agregat Total Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm
(Sumber: SNI-03-2834-2000)

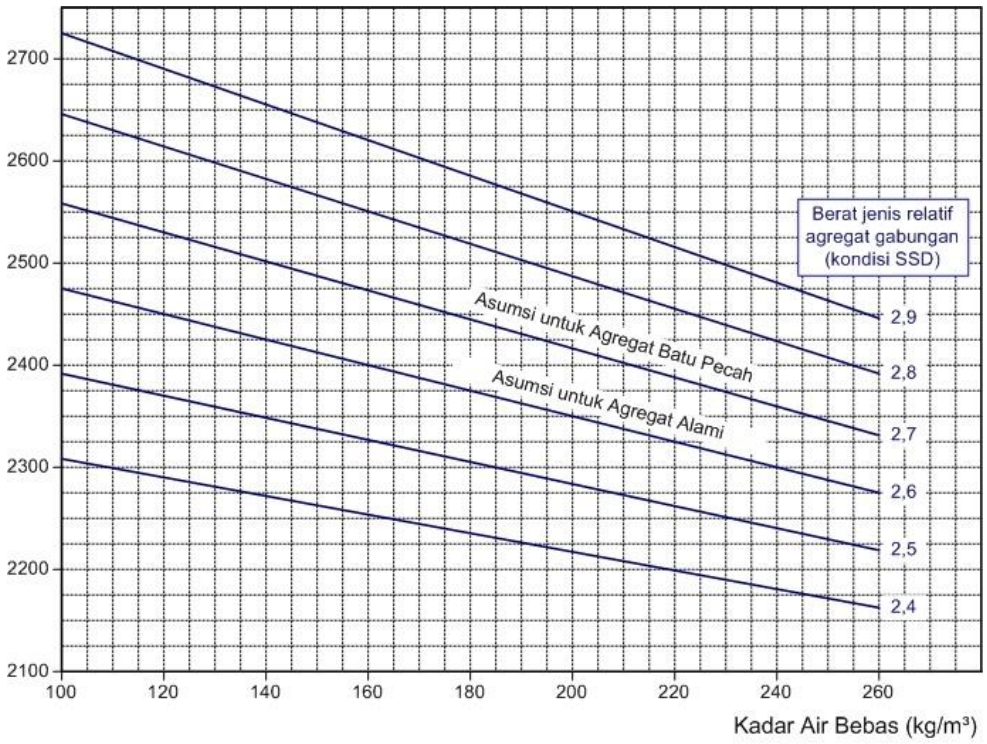
14. Menghitung berat jenis relatif gabungan menggunakan Persamaan 3.12 berikut:

$$BJ_{gabungan} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \quad (3.12)$$

dengan:

$BJ_{gabungan}$ = Berat Jenis Agregat Gabungan
BJ_{AH} = Berat Jenis Agregat Halus
BJ_{AK} = Berat Jenis Aregat Kasar

15. Menghitung berat isi beton dengan cara memasukkan berat jenis agregat gabungan dan kadar air bebas ke dalam grafik seperti pada Gambar 3.10 dengan cara sebagai berikut:
    a. Buat kurva secara proporsional berdasarkan nilai Berat Jenis Agregat Gabungan.
    b. Tarik garis lurus ke atas dari nilai Kadar Air Bebas yang telah didapat hingga menyentuh kurva yang dibuat sebelumnya.
    c. Tarik garis horizontal ke kiri dari titik potong tersebut hingga didapat nilai berat isi beton.



Gambar 3.12 Perkiraan Berat Isi Beton Basah Setelah Dipadatkan
(Sumber: SNI-03-2834-2000)

16. Menghitung proporsi campuran beton. Proporsi campuran beton adalah jumlah kebutuhan material penyusun beton. Proporsi agregat halus dan agregat kasar dalam campuran beton dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.13 dan 3.14 berikut:

$$W_{AH} = (W_{isi\ beton\ basah} - W_{semen} - W_{air}) \times \%AH \quad (3.13)$$

$$W_{AK} = (W_{isi\ beton\ basah} - W_{semen} - W_{air}) \times \%AK \quad (3.14)$$

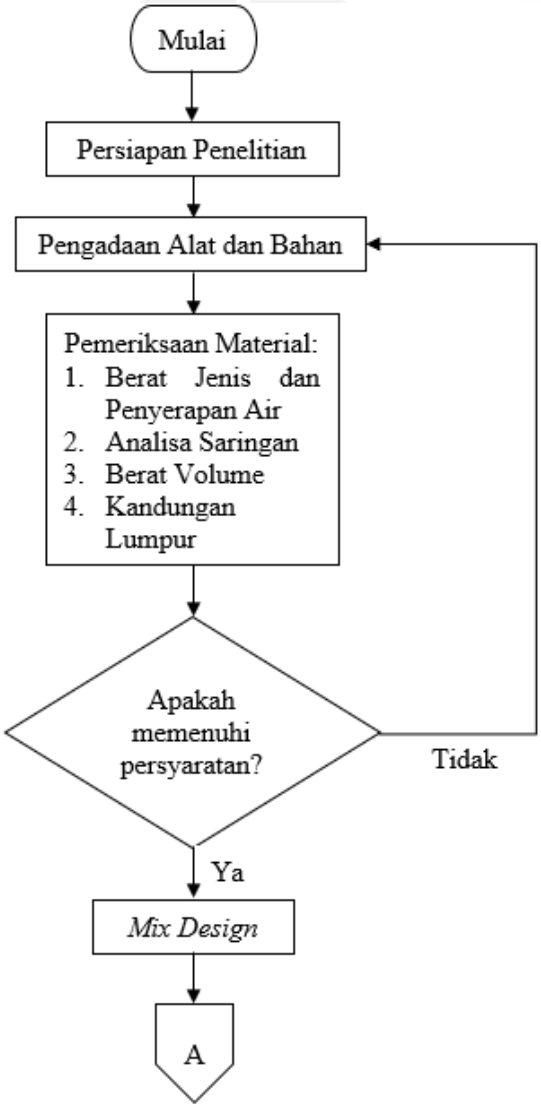
dengan:

W_{AH} = Berat Agregat Halus
W_{AK} = Berat Agregat Kasar
W_{semen} = Berat Semen
%AH = Persentase Berat Agregat Halus
%AK = Persentase Berat Agregat Kasar
$W_{isi\ beton\ basah}$ = Berat Isi Beton Basah

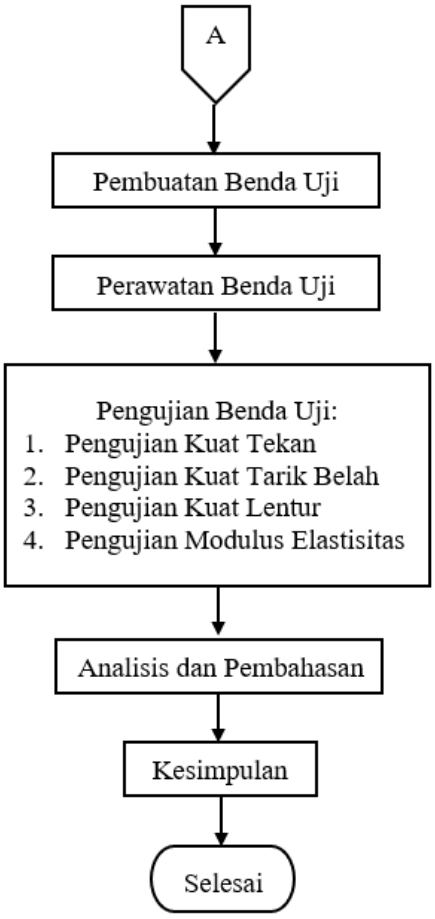
BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan lokasi pelaksanaan penelitian yang meliputi pembuatan benda uji hingga pengujian benda uji dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Secara umum, tahapan penelitian ini dapat dilihat dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian



Lanjutan Gambar 4.1

Berdasarkan bagan alir yang tertera di atas, tahapan-tahapan yang telah dilaksanakan dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini terbagi dalam beberapa tahap kegiatan sebagai berikut:

4.2 Persiapan Penelitian

Persiapan yang telah dilakukan pada tahap pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini meliputi studi pustaka mengenai pembuatan beton dengan bahan tambah yang digunakan yaitu serat *polypropylene* dan *superplasticizer*, selanjutnya melakukan pengadaan material untuk membuat benda uji meliputi pembelian semen, agregat berupa batu pecah dan pasir, serta bahan tambah (*admixture*) yang digunakan, kemudian mempersiapkan ketersediaan serta kondisi alat uji di laboratorium berupa pengecekan ketersediaan mesin uji dan pembersihan serta pelumasan cetakan-cetakan yang digunakan untuk mencetak benda uji. Setelah itu,

dilakukan pencucian kerikil dan pasir untuk mencapai batas kadar lumpur yang disyaratkan serta melakukan penjemuran agregat dengan cara dihamparkan di ruangan terbuka hingga mencapai kondisi SSD.

4.3 Peralatan

Peralatan-peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan pembuatan benda uji dan beberapa peralatan pengujian untuk benda uji sebagai berikut:

4.3.1 Peralatan Untuk Membuat Benda Uji

Beberapa peralatan yang digunakan pada penelitian ini untuk mempermudah pengerjaan pembuatan benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Peralatan Pembuatan Benda Uji

No.	Nama Alat	Kegunaan
1	Alat Tulis	Mencatat hasil pengujian dan menandai benda uji
2	Saringan Agregat	Menyaring agregat kasar dan agregat halus
3	Sekop	Memasukkan adukan beton ke dalam cetakan
4	Penggaris	Mengukur nilai slump
5	Ember	Menampung agregat kasar dan agregat halus
6	Talam	Menampung semen dan SikaFiber sebelum dicampur
7	Cetakan Silinder	Mencetak benda uji berbentuk silinder
8	Cetakan Balok	Mencetak benda uji berbentuk balok
9	Palu Karet	Memadatkan beton di dalam cetakan
10	Gelas Ukur	Mengukur takaran penambahan air dan *superplasticizer*
11	Gerobak Dorong	Mengangkut atau memindahkan material
12	Keurucut Abrams	Mencetak adukan beton untuk uji slump
13	Timbangan	Menimbang material dan berat benda uji
14	Mixer Beton	Mengaduk campuran beton hingga merata
15	Tonngkat Penumbuk	Memadatkan campuran beton di dalam cetakan
16	Oven	Mengeringkan material pembuatan benda uji
17	Cetok	Mengambil semen atau agregat untuk ditimbang
18	Jangka Sorong	Mengukur dimensi benda uji

4.3.2 Peralatan Pengujian

Peralatan-peralatan yang digunakan untuk melaksanakan beberapa pengujian terhadap benda uji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Peralatan Pengujian Benda Uji

No.	Nama Alat	Kegunaan
1	*Compression Testing Machine* (CTM)	Menguji kuat tekan dan kuat tarik beton
2	Alat Cetak Kaping	Mencetak Kaping pada benda uji
3	*Universal Testing Machine*	Menguji kuat lentur beton
4	*Dial Gauge*	Mengukur regangan beton
5	*LVDT*	Mengukur deformasi beton

4.4 Bahan Yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan sebagai bahan pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen Portland

   Semen Portland yang digunakan untuk penelitian ini adalah semen merek Gresik berjenis PCC (*Portland Composite Cement*).

2. Agregat

   Agregat yang digunakan untuk penelitian ini berupa agregat halus dan kasar. Agegat halus yang digunakan adalah yang lolos saringan no.4 (4,75 mm) yang berasal dari Gunung Merapi, agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm yang berasal dari Kali Clereng, Kulonprogo.

3. Air

   Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

4. SikaFiber PPM-12 (*polypropylene fiber*)

   SikaFiber PPM-12 (*polypropylene fiber*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat *polypropylene* merek Sika bertipe *synthetic micro fiber* yang merupakan serat *polypropylene* berbentuk filamen tunggal (*mono filament*) dengan panjang serat 12 mm dan diameter serat 18 µm. Bahan tambah ini diperoleh dari salah satu distributor resmi Sika di Yogyakarta.

5. Sika ViscoCrete 3115 N

   Bahan tambah ini merupakan *superplasticizer* merek Sika bertipe ViscoCrete 3115 N. *Superplasticizer* ini diperoleh dari PT Sika Indonesia melalui *official store* Sika Indonesia.

4.5 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini mulai dari persiapan material, pembuatan benda uji, hingga tahapan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia yang berlokasi di Kampus Terpadu UII di Jalan Kaliurang Km. 14,5, Sleman, Yogyakarta.

4.6 Pemeriksaan Material Penyusun Beton

Pemeriksaan material penyusun beton dilakukan untuk memastikan material-material yang akan digunakan layak untuk perencanaan campuran beton (*mix design*). Pengujian-pengujian yang dilakukan terhadap material penyusun beton yaitu agregat kasar dan halus adalah sebagai berikut:

4.6.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar berdasarkan SNI-03-1969-2008

Tahapan-tahapan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar beserta dengan cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji agregat kasar berupa batu pecah yang telah dicuci dan mengeringkannya di dalam oven pada suhu (110±5) ˚C
2. Mengeluarkan agregat dari oven lalu merendam agregat di dalam air pada temperatur kamar selama (24±4) jam
3. Mengeluarkan agregat dari air rendaman dan membersihkan air yang menempel di permukaan agregat menggunakan kain hingga agregat mencapai kondisi SSD
4. Menimbang agregat dalam kondisi SSD sebanyak 5000 gram (Bj)
5. Memasukkan agregat yang telah ditimbang ke dalam keranjang, kemudian memasukkan keranjang ke dalam air dengan sesekali mengguncang keranjang untuk mengeluarkan udara yang terperangkap
6. Menimbang berat agregat di dalam air (Ba)
7. Mengeluarkan agregat dari dalam air dan memasukkan ke dalam oven pada suhu (110±5) ˚C selama (24±4) jam.
8. Mengeluarkan agregat dari dalam oven untuk ditimbang beratnya (Bk)
9. Menghitung nilai Berat Jenis dan Penyerapan Air agregat kasar menggunakan Persamaan 3.8 – 3.11
10. Mengolah data

Tahapan pengolahan data hasil pengujian agregat kasar untuk menghitung berat jenis serta angka penyerapan airnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Berat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Benda Uji Kering Oven, gram (Bk)	4952
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh, gram (Bj)	5000
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di Dalam Air, gram (Ba)	3118

Selanjutnya, dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 3.8, 3.9, 3.10, dan 3.11 sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{\text{Bk}}{\text{Bj} - \text{Ba}}$$
$$= \frac{4952}{5000 - 3118}$$
$$= 2{,}63$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{\text{Bj}}{\text{Bj} - \text{Ba}}$$
$$= \frac{5000}{5000 - 3118}$$
$$= 2{,}66$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{\text{Bk}}{\text{Bk} - \text{Ba}}$$
$$= \frac{4952}{4952 - 3118}$$
$$= 2{,}70$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{\text{Bj} - \text{Bk}}{\text{Bk}} \times 100\%$$
$$= \frac{5000}{4952 - 4952} \times 100\%$$
$$= 0{,}97\%$$

Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.1.

4.6.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus berdasarkan SNI 03-1970-2008

Tahapan-tahapan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus beserta dengan cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji agregat halus yang telah dicuci dan mengeringkannya di dalam oven pada suhu (110±5) ˚C
2. Mengeluarkan agregat dari oven lalu merendam agregat di dalam air pada temperatur kamar selama (24±4) jam
3. Membuang air rendaman secara perlahan agar tidak ada butiran agregat yang terbuang
4. Mengeringkan agregat dengan cara menghamparkannya di ruangan terbuka dengan sesekali dibolak-balikkan agar keringnya merata hingga kondisi SSD
5. Memeriksa keadaan kering permukaan jenuh agregat (SSD) dengan cara memasukkan agregat ke dalam kerucut terpancung kemudian menumbuknya dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, lalu mengangkat kerucut terpancung. Apabila agregat runtuh sebagian namun masih dalam kondisi tercetak, maka agregat sudah dalam kondisi SSD
6. Memasukkan agregat dalam kondisi SSD ke dalam piknometer, lalu memasukkan air sulingan hingga 90% kapasitas piknometer, kemudian memutar atau menggulingkan piknometer untuk mengeluarkan udara yang terperangkap di dalamnya
7. Merendam piknometer di dalam air hingga mencapai suhu 25 ˚C
8. Menambahkan air ke dalam piknometer hingga tanda batas (penuh)
9. Menimbang berat piknometer berisi agregat dan air (Bt)
10. Mengeluarkan air dan agregat dari piknometer ke atas saringan
11. Memasukkan agregat ke dalam oven pada suhu suhu (110±5) ˚C selama (24±4) jam
12. Menimbang berat piknometer berisi air 100% (B)
13. Mengeluarkan agregat dari dalam oven dan menimbang beratnya (Bk)
14. Menghitung Berat Jenis dan Penyerapan Air agregat halus menggunakan Persamaan 3.12 – 3.15

15. Mengolah data

Tahapan pengolahan data hasil pengujian agregat halus untuk menghitung berat jenis serta angka penyerapan airnya adalah sebagai sebagai berikut:

Tabel 4.4 Berat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	485
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1173
Berat piknometer berisi air, gram (B)	861

Selanjutnya, dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 3.12, 3.13, 3.14, dan 3.15 sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{\text{Bk}}{\text{B} + 500 - \text{Bt}}$$
$$= \frac{485}{861 + 500 - 1173}$$
$$= 2{,}58$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{500}{\text{B} + 500 - \text{Bt}}$$
$$= \frac{500}{861 + 500 - 1173}$$
$$= 2{,}66$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{\text{Bk}}{\text{B} + \text{Bk} - \text{Bt}}$$
$$= \frac{485}{861 + 485 - 1173}$$
$$= 2{,}80$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{500 - \text{Bk}}{\text{Bk}} \times 100\%$$
$$= \frac{500 - 485}{485} \times 100\%$$
$$= 3{,}09\%$$

Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat halus secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.6.

4.6.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar dan Agregat Halus berdasarkan SNI 03-1968-1990

Tahapan-tahapan pengujian analisa saringan agregat kasar agregat halus beserta dengan cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan agregat yang telah dicuci dan mengeringkannya di dalam oven pada suhu (110±5) ˚C
2. Mengeluarkan benda uji dari oven dan mendinginkannya pada suhu ruangan
3. Menimbang agregat kering oven sebanyak 5000 gram untuk agregat kasar dan 500 gram untuk agregat halus
4. Menyusun saringan ayakan dari atas ke bawah mulai dari yang terbesar hingga terkecil dengan urutan diameter saringan 38 mm; 19 mm; 9,5 mm; 4,75 mm untuk agregat kasar dan 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm untuk agregat halus
5. Memasukkan agregat ke dalam saringan yang telah tersusun kemudian meletakkan saringan di mesin penggoyang selama 10-15 menit
6. Menghitung persentase berat benda uji yang tertahan di setiap saringan terhadap berat total benda uji setelah disaring
7. Menghitung modulus kehalusan butir menggunakan Persamaan 3.16
8. Mengolah data

   Tahapan pengolahan data hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dan agregat halus adalah sebagai sebagai berikut:

Tabel 4.5 Analisa Saringan Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40.00	0	0.00%	0.00%	100.00%
20.00	11	0.22%	0.22%	99.78%
10.00	3725	74.51%	74.73%	25.27%
4.80	1241	24.82%	99.56%	0.44%
2.40	12	0.24%	99.80%	0.20%
1.20	0	0.00%	99.80%	0.20%
0.60	0	0.00%	99.80%	0.20%

Lanjutan Tabel 4.5

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
0.30	0	0.00%	99.80%	0.20%
0.15	0	0.00%	99.80%	0.20%
Sisa	10	0.20%	100.00%	0.00%
Jumlah	4999	100.00%	673.51%	

Tabel 4.6 Analisa Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
4.80	0	0.00%	0.00%	100.00%
2.40	29	5.80%	5.80%	94.20%
1.20	72	14.40%	20.20%	79.80%
0.60	142	28.40%	48.60%	51.40%
0.30	135	27.00%	75.60%	24.40%
0.15	73	14.60%	90.20%	9.80%
Sisa	49	9.80%	100.00%	0.00%
Jumlah	500	100.00%	240.40%	

Selanjutnya, dilakukan perhitungan untuk menghitung nilai Modulus Kehalusan Butir agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan Persamaan 3.16 sebagai berikut:

a. Modulus Kehalusan Butir Agregat Kasar

$$\text{Modulus Kehalusan Butir} = \frac{\text{Jumlah Berat Tertinggal Kumulatif (\%)}}{100}$$

$$= \frac{673{,}51\%}{100}$$

$$= 6{,}74$$

b. Modulus Kehalusan Butir Agregat Halus

$$\text{Modulus Kehalusan Butir} = \frac{\text{Jumlah Berat Tertinggal Kumulatif (\%)}}{100}$$

$$= \frac{240{,}40\%}{100}$$

$$= 2{,}40$$

Hasil pengujian analisa saringan dan modulus kehalusan butir agregat secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan 5.7.

4.6.4 Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar dan Agregat Halus berdasarkan SNI 03-4804-1998

Tahapan-tahapan pengujian berat berat volume padat dan gembur untuk agregat kasar dan agregat halus beserta dengan cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan agregat dalam kondisi kering permukaan jenuh (SSD) dan penakar berbentuk silinder
2. Menimbang berat penakar dalam keadaan kosong dan menghitung volumenya
3. Untuk berat volume gembur, memasukkan agregat ke dalam tabung penakar hingga penuh dan meratakan permukaannya, kemudian menimbang berat penakar berisi agregat
4. Untuk berat volume padat, menuangkan agregat hingga mengisi 1/3 bagian penakar lalu tumbuk sebanyak 25 kali dengan batang penusuk, melanjutkan pengisian hingga penuh dengan penambahan dan penumbukkan agregat setiap 1/3 bagian penakar, kemudian meratakan permukaannya, lalu menimbang berat penakar berisi agregat
5. Menghitung berat volume padat dan berat volume gembur menggunakan Persamaan 3.17
6. Mengolah data

   Proses pengolahan data hasil pemeriksaan berat volume padat dan gembur untuk agregat kasar dan agregat halus adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Berat Agregat Kasar dan Berat Tabung untuk Pengujian Berat Volume Padat

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1) gram	10962
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	19251
Berat Agregat (W3) gram	8289
Volume Tabung (V) cm^3	5390.286

Tabel 4.8 Berat Agregat Kasar dan Berat Tabung untuk Pengujian Berat Volume Gembur

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1) gram	10731
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	18125
Berat Agregat (W3) gram	7394
Volume Tabung (V) cm^3	5356.219

Tabel 4.9 Berat Agregat Halus dan Berat Tabung untuk Pengujian Berat Volume Padat

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1) gram	10962
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	19733
Berat Agregat (W3) gram	8771
Volume Tabung (V) cm^3	5390.29

Tabel 4.10 Berat Agregat Halus dan Berat Tabung untuk Pengujian Berat Volume Gembur

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1) gram	10731
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	17698
Berat Agregat (W3) gram	6967
Volume Tabung (V) cm^3	5356.22

Selanjutnya, dilakukan perhitungan berat volume padat dan gembur untuk agregat kasar dan agregat halus menggunakan Persamaan 3.17 sebagai berikut:

a. Berat Volume Padat Agregat Kasar

$$\text{Berat Volume (gram/cm}^3\text{)} = \frac{(\text{Berat Agregat}+Tabung)-Berat\ Tabung}{\text{Volume Tabung}}$$

$$= \frac{(\ 19251\ ) - 10962}{5390{,}29}$$

$$= 1{,}538\ \text{gram/cm}^3$$

b. Berat Volume Gembur Agregat Kasar

$$\text{Berat Volume (gram/cm}^3\text{)} = \frac{(\text{Berat Agregat}+Tabung)-Berat\ Tabung}{\text{Volume Tabung}}$$

$$= \frac{(\ 18125\ ) - 10731}{5356{,}22}$$

$$= 1{,}380\ \text{gram/cm}^3$$

c. Berat Volume Padat Agregat Halus

$$\text{Berat Volume (gram/cm}^3\text{)} = \frac{(\text{Berat Agregat}+Tabung)-Berat\ Tabung}{\text{Volume Tabung}}$$

$$= \frac{(\ 19733\ ) - 10962}{5390{,}29}$$

$$= 1{,}627\ \text{gram/cm}^3$$

d. Berat Volume Gembur Agregat Halus

$$\text{Berat Volume (gram/cm}^3\text{)} = \frac{(\text{Berat Agregat}+Tabung)-Berat\ Tabung}{\text{Volume Tabung}}$$

$$= \frac{(\ 17698\ ) - 10731}{5356{,}22}$$

$$= 1{,}301\ \text{gram/cm}^3$$

Hasil perhitungan berat volume agregat kasar secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan 5.5. Sedangkan untuk berat volume agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan 5.10.

4.6.5 Pengujian Kadar Lumpur dalam Pasir berdasarkan SNI 03-4142-1996

Tahapan-tahapan pengujian kadar lumpur beserta dengan cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan agregat halus yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) dengan kondisi kering oven sebanyak 500 gram
2. Menuangkan agregat halus ke dalam saringan No.200
3. Menyiram agregat dengan air mengalir dan mengaduk agregat agar seluruh lumpur yang terkandung di dalamnya larut terbawa air hingga air cucian menjadi bersih
4. Memindahkan agregat halus dari saringan ke dalam talam hingga tidak ada butiran yang tertinggal

5. Memasukkan agregat ke dalam oven dengan suhu (110±5) ˚C hingga mencapai berat tetap
6. Mengeluarkan agregat dari oven dan menimbang berat agregat
7. Menghitung persentase kadar lumpur menggunakan Persamaan 3.18
8. Mengolah data

   Tahapan pengolahan data hasil pengujian agregat halus untuk perhitungan kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut:

Tabel 4.11 Berat Pasir untuk Perhitungan Kadar Lumpur

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Agregat Kering Oven (W1) gram	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah Dicuci (W2) gram	483

Selanjutnya, dilakukan perhitungan kadar lumpur agregat halus menggunakan Persamaan 3.18 seperti berikut:

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

$$= \frac{500-483}{500} \times 100\%$$

$$= 3{,}4\%$$

dengan:

A = Berat Kering Agregat Sebelum Dicuci (gram)

B = Berat Kering Agregat Setelah Dicuci (gram)

Hasil perhitungan kadar lumpur secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.11.

4.7 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Pelaksanaan perencanaan campuran beton (*mix design*) dilakukan berdasarkan ketentuan-ketentuan yang terdapat pada SNI 03-2834-2000. Perencanaan ini dilakukan berdasarkan hasil dari pemeriksaan material penyusun beton. Hasil dari *mix design* berupa perbandingan jumlah setiap material yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan tiap varian benda uji. Proses perhitungan perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kuat tekan rencana (*f'c*) yaitu sebesar 25 MPa dengan umur perawatan beton selama 28 hari.
2. Menentukan nilai tambah / *Margin* (M) sebesar 12 MPa karena data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar yang memenuhi persyaratan yaitu minimal 15 hasil uji tidak tersedia.
3. Menghitung kuat tekan rata-rata yang ditargetkan menggunakan Persamaan 3.9 sebagai berikut:

$$f_{cr} = f'_c + M$$
$$= 25 + 12$$
$$= 37 \text{ MPa}$$

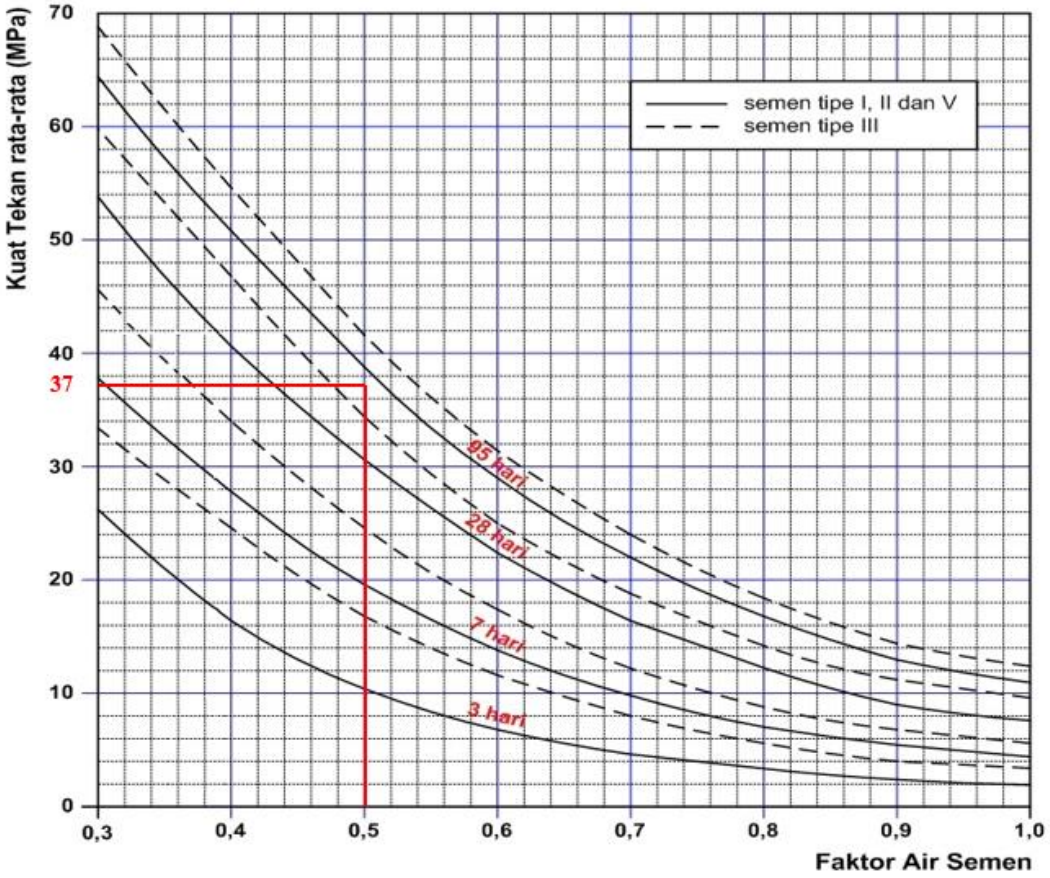
4. Menentukan jenis semen yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan semen merek Gresik tipe PCC (*Portland Composite Cement*).
5. Menentukan Jenis Agregat. Agregat kasar (kerikil) yang digunakan adalah batu pecah yang berasal dari Clereng, Kulonprogo. Sedangkan agregat halus (pasir) yang digunakan adalah pasir alami yang berasal dari Gunung Merapi.
6. Menentukan nilai Faktor Air Semen (FAS). Nilai FAS ditentukan dari perkiraan kekuatan tekan beton berdasarkan jenis semen dan agregat kasar yang digunakan, umur benda uji dan bentuk benda uji berdasarkan Tabel 4.12 berikut:

Tabel 4.12 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan FAS 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa) Pada Umur (Hari)				Bentuk Benda Uji
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II, IV	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber: SNI 03-2834-2000

Setelah nilai perkiraan kekuatan beton didapat, selanjutnya adalah menentukan nilai FAS menggunakan grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen seperti pada Gambar 4.2 seperti berikut:



Gambar 4.2 Hubungan Kuat Desak dengan Faktor Air Semen untuk Benda Uji Silinder
(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Berdasarkan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan sebesar 37 MPa untuk benda uji berupa silinder dengan umur perawatan 28 hari, jenis semen yang digunakan Tipe I serta agregat kasar yang berupa batu pecah. Maka digunakan nilai FAS sebesar 0,5.

7. Menentukan nilai FAS maksimum dan jumlah semen minimum berdasarkan jenis pembetonan seperti pada Tabel 4.13 berikut:

Tabel 4.13 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Beberapa Macam Kondisi Pembetonan

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen Minimum Per m^3 Beton (kg)	Nilai FAS Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-gantian	325	0,55

Sumber: SNI-03-2834-2000

Berdasarkan kondisi beton yang direncanakan untuk luar ruangan tanpa terlindung dari hujan dan matahari langsung, maka didapatkan jumlah semen minumum sebesar 325 kg/m^3 dan nilai FAS maksimum sebesar 0,60.

8. Menentukan nilai slump. Pada penelitian ini nilai slump yang digunakan berada dalam rentang 60-180 mm.
9. Menentukan diameter maksimum agregat. Pada penelitian ini digunakan agregat dengan diameter maksimum sebesar 20 mm.
10. Menghitung kadar air bebas berdasarkan Tabel 4.14 dan Persamaan 3.10 sebagai berikut:

Tabel 4.14 Perkiraan Kebutuhan Air Untuk Tiap m^3 Beton

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

Sumber: SNI-03-2834-2000

Setelah didapat nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (Wh) sebesar 195 kg/m^3 dan perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (Wk) sebesar 225 kg/m^3

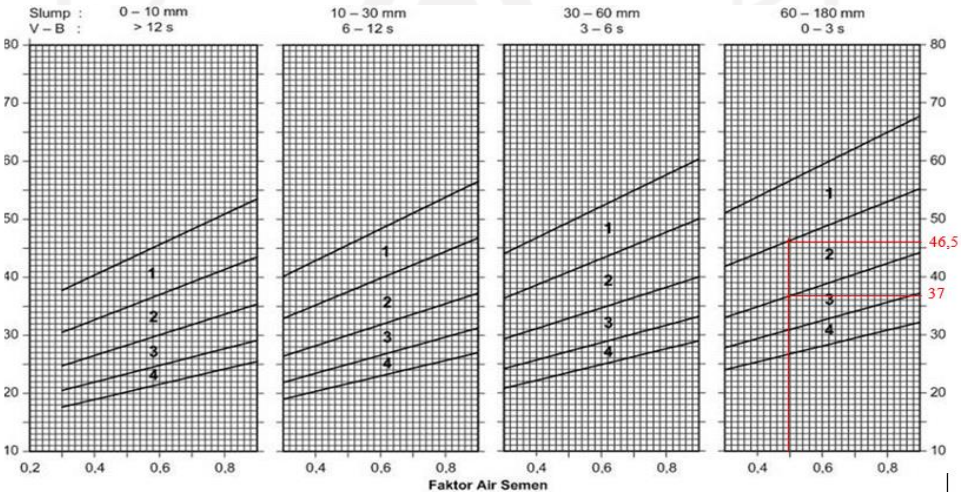
dari Tabel 4.14 di atas, maka kadar air bebas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 seperti berikut:

$$W = \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk$$
$$= \frac{2}{3}\ 195 + \frac{1}{3}\ 225$$
$$= 205\ kg/m^3$$

11. Menghitung kebutuhan semen menggunakan Persamaan 3.11 berikut:

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{FAS}$$
$$= \frac{205}{0{,}5}$$
$$= 410\ kg/m^3$$

12. Menghitung persentase kebutuhan agregat. Persentase kebutuhan agregat kasar dan agregat halus untuk campuran beton ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 4.3 dengan cara menarik garis tegak lurus searah vertikal dari nilai FAS yang digunakan hingga memotong dua buah garis batas daerah gradasi agregat halus. Selanjutnya adalah dengan menarik garis horizontal ke arah kanan dari dua buah titik perpotongan hingga didapat dua buah nilai persentase jumlah agregat halus (batas atas dan batas bawah).



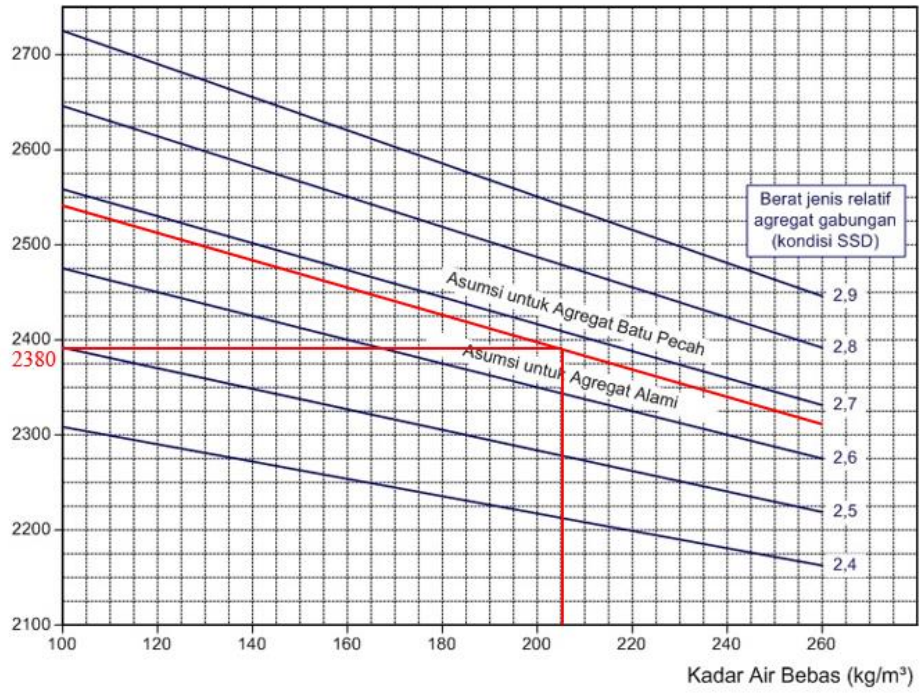
Gambar 4.3 Persentase Pasir Terhadap Kadar Agregat Total Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm
(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Nilai persentase agregat halus adalah nilai rerata dari batas atas dan batas bawah persentase agregat halus, yaitu sebesar 41,75%. Maka persentase agregat kasarnya adalah 58,25%.

13. Menghitung berat jenis relatif gabungan menggunakan Persamaan 3.12 seperti berikut:

$$BJ_{gabungan} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK})$$
$$= (41{,}75\% \times 2{,}67) + (58{,}25\% \times 2{,}66)$$
$$= 2{,}66$$

14. Menghitung berat isi beton dengan cara membuat kurva secara proporsional berdasarkan nilai berat jenis agregat gabungan ke dalam grafik pada Gambar 4.4. Selanjutnya, tarik garis lurus ke atas dari nilai kadar air bebas yang telah didapat hingga menyentuh kurva yang dibuat sebelumnya. Setelah itu, tarik garis horizontal ke kiri dari titik potong tersebut hingga didapat nilai berat isi beton.



Gambar 4.4 Perkiraan Berat Isi Beton Basah Setelah Dipadatkan
(Sumber: SNI-03-2834-2000)

15. Menghitung proporsi campuran beton. Proporsi agregat halus dan agregat kasar dalam campuran beton dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.13 dan 3.14 berikut:

W_{AH} $= (W_{isi\ beton\ basah} - W_{semen} - W_{air}) \times \%AH$
$= (2380 - 410 - 205) \times 41{,}75\%$
$= 736{,}8875\ kg/m^3$

W_{AK} $= (W_{isi\ beton\ basah} - W_{semen} - W_{air}) \times \%AK$
$= (2380 - 410 - 205) \times 58{,}25\%$
$= 1028{,}1125\ kg/m^3$

16. Proporsi campuran untuk setiap $1m^3$ beton

Air = 205 kg
Semen = 410 kg
Agregat Halus = 736,8875 kg
Agregat Kasar = 1028, 1125 kg

17. Proporsi campuran setiap $1m^3$ beton dengan tambahan angka penyusutan sebesar 15%

Air $= 205 + (205 \times 15\%)$
$= 235{,}75$ kg
Semen $= 410 + (410 \times 15\%)$
$= 471{,}5$ kg
Agregat Halus $= 736{,}8875 + (736{,}8875 \times 15\%)$
$= 847{,}421$ kg
Agregat Kasar $= 1028, 1125 + (1028{,}1125 \times 15\%)$
$= 1182{,}329$ kg

18. Proporsi campuran untuk setiap varian benda uji yang terdiri dari 10 silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, serta 5 balok dengan dimensi 40 x 10 x 10

Volume Silinder $= (0{,}25 \times \pi \times D^2 \times t) \times 10$ buah
$= (0{,}25 \times \pi \times 0{,}15^2 \times 0{,}3) \times 10$ buah
$= 0{,}053\ m^3$

Volume Balok = (p × l × t) × 5 buah

= (0,1 × 0,1 × 0,4) × 5 buah

= 0,02 m^3

Air = 235,75 × (0,053 + 0,02)

= 17,21 kg

Semen = 471,5 × (0,053 + 0,02)

= 34,419 kg

Agregat Halus = 847,421 × (0,053 + 0,02)

= 61,862 kg

Agregat Kasar = 1182,329 × (0,053 + 0,02)

= 86,31 kg

Rekapitulasi perhitungan perencanaan campuran beton (*mix design*) dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut:

Tabel 4.15 Rekapitulasi Perencanaan Campuran Beton

No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Kuat Tekan Beton yang Disyaratkan	25	MPa	ditetapkan
2	Deviasi Standar	-	MPa	
3	Nilai Tambah / Margin (M)	12	MPa	
4	Kuat Tekan Beton Rata-rata yang Ditargetkan	37	MPa	(1)+(3)
5	Jenis Semen	Tipe 1		ditetapkan
6	Jenis Agregat Halus	Alami		ditetapkan
	Jenis Agregat Kasar	Batu Pecah		ditetapkan
7	Faktor Air Semen Bebas	0,5		Tabel 2, Grafik 1 & 2
	Faktor Air Semen Maksimum	0,6		Tabel 4
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	kg/m^3	Tabel 3
12	Kadar Semen	410	kg/m^3	(11)/(8)
13	Kadar Semen Maksimum	-		
14	Kadar Semen Minimum	325	kg/m^3	Tabel 4
15	Kadar Semen Digunakan	410	kg/m^3	
16	Faktor Air Semen Disesuaikan	-		
17	Susunan Besar Butir Agregat Halus	Daerah II		Grafik 4
18	Berat Jenis Agregat Halus	2,67		
	Berat Jenis Agregat Kasar	2,66		
19	Persen Agregat Halus	41,75	%	Grafik 14
20	Berat Jenis Relatif Agregat (Gabungan) SSD	2,66		
21	Berat Isi Beton	2380	kg/m^3	Grafik 16
22	Kadar Agregat Gabungan	1765	kg/m^3	(21)-(15)-(11)

Lanjutan Tabel 4.15

No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan	
23	Kadar Agregat Halus	736,887	kg/m^3	(19)x(22)	
24	Kadar Agregat Kasar	1028,112	kg/m^3	(22)-(23)	
25		**Semen (kg)**	**Air (kg)**	**Agregat**	
				Halus (kg)	**Kasar (kg)**
	Proporsi Campuran Teoritis (Kondisi SSD)				
	* Setiap m^3	410	205	736,887	1028,112
	* Setiap Campuran Uji (15 benda uji): 0,073 m^3	29,93	14,965	53,793	75,052
26	Proporsi Campuran dengan Angka Penyusutan 15%				
	* Setiap m^3	471,5	235,75	847,421	1182,329
	* Setiap Campuran Uji (15 benda uji): 0,08395 m^3	34,419	17,21	61,862	86,31

Hasil perencanaan campuran beton secara lengkap untuk setiap varian benda uji dapat dilihat pada Tabel 5.12.

19. Proporsi penambahan SikaFiber PPM-12 dan Viscocrete 3115 N

Contoh perhitungan kadar bahan tambah (*admixture*) yang digunakan yaitu SikaFiber PPM-12 (*serat polypropylene*) dan Viscocrete 3115 N (*superplasticizer*) untuk satu varian benda uji adalah sebagai berikut:

a. SikaFiber PPM-12 (serat *polypropylene*)

BX5 = 0,5 kg/m^3 × Volume Beton BX5 dengan angka penyusutan 15%

= 0,5 kg/m^3 × 0,08395 m^3

= 0,041975 kg

= 41,975 gram

b. Viscocrete 3115 N (*superplasticizer*)

BX5 = 0,6 % × Berat Semen Varian Uji BX5

= 0,6 % × 34,419 kg

= 0,206514 kg

= 206,514 gram

Hasil perhitungan kadar bahan tambah pada setiap varian benda uji secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.12.

4.8 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

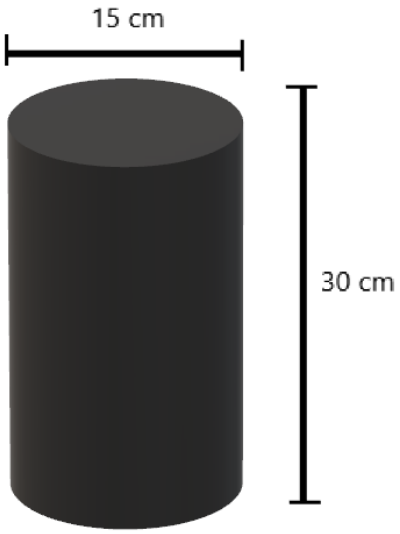
Pembuatan benda uji dimulai dengan membuat benda uji berupa beton normal tanpa bahan tambah untuk memastikan apakah material yang digunakan serta hasil perhitungan *mix design* dapat menghasilkan beton dengan kekuatan sesuai dengan nilai kuat tekan rencana. Setelah didapat benda uji beton dengan nilai kuat tekan sesuai dengan kuat tekan rencana, maka selanjutnya dapat dilakukan pembuatan varian benda uji lain dengan bahan tambah.

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah beton berbentuk silinder dan balok. Pengujian terhadap benda uji dilakukan pada saat beton berumur 28 hari, rincian jumlah benda uji yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut:

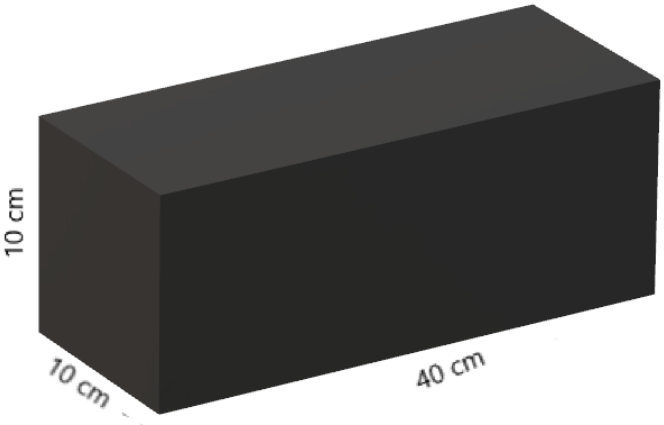
Tabel 4.16 Rincian Benda Uji

No.	Kode Benda Uji	Penamahan SikaFiber (kg/m^3)	Penambahan Sika ViscoCrete (%)	Jumlah Benda Uji Silinder (Buah)	Jumlah Benda Uji Balok (Buah)
1	B_0	0	0	10	5
2	BX_5	0,5	0,6	10	5
3	BX_6	0,6	0,6	10	5
4	BX_7	0,7	0,6	10	5
5	BX_8	0,8	0,6	10	5
6	BX_9	0,9	0,6	10	5
7	BX_{10}	1,0	0,6	10	5
Total Benda Uji				**70**	**35**

Adapun sketsa benda uji silinder dan balok yang akan digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan 4.6 berikut:



Gambar 4.5 Sketsa Benda Uji Silinder



Gambar 4.6 Sketsa Benda Uji Balok

Tahapan pekerjaan yang dilakukan selama pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Membersihkan cetakan beton dari bekas sisa pengecoran sebelumnya dan melumasinya dengan oli
2. Menimbang setiap material penyusun beton sesuai dengan hasil *mix design*
3. Memasukkan agregat ke dalam mixer dan mengaduknya hingga tercampur merata
4. Memasukkan semen dan mengaduknya hingga tercampur merata

5. Memasukkan air, serat *polypropylene* dan *superplasticizer* lalu mengaduknya selama ± 5 menit hingga campuran beton homogen
6. Mengeluarkan sebagian adukan beton untuk melakukan uji slump sesuai dengan SNI 1972-2008. Adapun tahapan pengujiannya adalah sebagai berikut:
   a. Memasukkan beton segar ke dalam cetakan kerucut terpancung
   b. Memadatkan campuran beton dengan cara menusuknya sebanyak 25 kali menggunakan batang penusuk
   c. Mengangkat cetakan dan membiarkan campuran beton mengalami penurunan pada permukaan bagian atasnya
   d. Menghitung nilai slump dengan cara mengukur jarak antara posisi permukaan semula dengan posisi permukaan setelah mengalami penurunan
7. Setelah nilai slump memenuhi nilai rencana, menuangkan beton segar ke dalam cetakan setiap 1/3 bagian cetakan dan menumbuknya sebanyak 25 kali dengan batang penumbuk serta memukul-mukul sisi luar cetakan dengan palu karet agar campuran merata dan udara yang terperangkap dalam adukan beton dapat keluar
8. Mengulangi langkah sebelumnya hingga campuran beton memenuhi cetakan dan meratakan permukaannya
9. Mendiamkan beton selama ± 24 jam hingga beton mengeras sempurna
10. Membuka cetakan beton dan memberi kode pada setiap sampel benda uji
11. Melakukan perawatan benda uji dengan cara merendam benda uji di dalam air selama 28 hari

4.9 Pengujian Beton

Pengujian-pengujian yang dilakukan pada benda uji adalah sebagai berikut:

4.9.1 Pengujian Kuat Tekan Beton berdasarkan SNI 03-1974-2011

Tahapan-tahapan pengujian kuat tekan beton beserta dengan cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Mengeluarkan benda uji dari bak perendaman
2. Mengukur dimensi dan menimbang berat benda uji
3. Melapisi permukaan bidang tekan benda uji dengan mortar belerang
4. Meletakkan benda uji pada *Compressing Testing Machine* (CTM)

5. Menjalankan mesin penambahan beban konstan hingga benda uji hancur
6. Mencatat beban maksimum yang diterima benda uji
7. Mengolah data

   Perhitungan hasil uji kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1 seperti contoh perhitungan kuat tekan benda uji silinder BX6-1 berikut ini:

   Diameter Sampel = 154,5 mm

   Beban Maksimum = 650000 N

   Luas Penampang $= 0{,}25 \times \pi \times D^2$

   $= 0{,}25 \times \pi \times 154{,}5^2$

   $= 18747{,}65\ mm^2$

   Kuat Tekan $= \frac{P}{A}$

   $= \frac{650000}{18747{,}65}$

   $= 34{,}67\ MPa$

   Kuat tekan rata-rata silinder B0 = 25,472 MPa

   Kuat tekan rata-rata silinder BX6 = 34,238 MPa

   Persentase Peningkatan $= \frac{\text{Kuat tekan rerata BX6} - \text{Kuat tekan rerata B0}}{\text{Kuat tekan rerata B0}} \times 100\%$

   $= \frac{32{,}467 - 25{,}472}{25{,}472} \times 100\%$

   $= 27{,}46\%$

   Hasil perhitungan kuat tekan beton secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.14.

4.9.2 Pengujian Kuat Tarik Beton berdasarkan SNI 03-2491-2014

Tahapan-tahapan pengujian kuat tarik beton beserta dengan cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Mengeluarkan benda uji dari bak perendaman
2. Mengukur dimensi dan menimbang berat benda uji
3. Memberi tanda pada benda uji dengan menarik garis tengah pada kedua ujung sisi silinder

4. Meletakkan benda uji pada mesin pembebanan dengan memposisikan titik tengah bidang tekan hingga tegak lurus dengan garis tengah dari benda uji
5. Menjalankan mesin dengan penambahan beban yang konstan hingga benda uji hancur
6. Mencatat beban maksimum yang diterima benda uji
7. Mengolah data

   Perhitungan hasil uji kuat tarik beton dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.2 seperti contoh perhitungan kuat tekan benda uji silinder BX9-4 berikut ini:

   Diameter Sampel = 151,3 mm

   Beban Maksimum = 210000 N

   Tinggi Sampel = 303,033 mm

$$Fct = \frac{2P}{\pi DL}$$

$$= \frac{2 \times 210000}{\pi \times 151{,}3 \times 303{,}033}$$

$$= 2{,}92 \text{ MPa}$$

   Kuat tarik rata-rata silinder B0 = 2,375 MPa

   Kuat tarik rata-rata silinder BX9 = 2,737 MPa

$$\text{Persentase Peningkatan} = \frac{\text{Kuat tarik rerata BX9} - \text{Kuat tarik rerata B0}}{\text{Kuat tarik rerata B0}} \times 100\%$$

$$= \frac{2{,}375 - 2{,}737}{2{,}375} \times 100\%$$

$$= 15{,}28\%$$

   Hasil perhitungan kuat tarik belah beton secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.15.

4.9.3 Pengujian Modulus Elastisitas Beton berdasarkan SNI 03-4169-1996

Tahapan-tahapan pengujian modulus elastisitas beton beserta dengan cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Mengeluarkan benda uji dari bak perendaman
2. Mengukur dimensi dan menimbang berat benda uji
3. Melapisi permukaan bidang tekan benda uji dengan mortar belerang

4. Memasang alat kompresometer-ekstensometer dan dial gauge serta alat pengukur deformasi atau LVDT *(Linear Variable Differential Transformer)*
5. Meletakkan benda uji pada *Compressing Testing Machine* (CTM)
6. Menjalankan mesin dengan penambahan beban yang konstan dan mencatat pembacaan deformasi pada LVDT setiap penambahan beban 10 KN hingga benda uji hancur
7. Mengolah data

   Perhitungan pengujian modulus elastisitas beton dihitung menggunakan bantuan *software* Microsoft Excel dengan menggunakan beberapa persamaan yaitu Persamaan 3.3, 3.4, 3.5 dan 3.6 seperti pada contoh perhitungan untuk benda uji silinder BX5-3 sebagai berikut:

   Beban = 10000 N

   L0 = 200 mm

   Luas Penampang = 17335,351 mm^2

   Pembacaan Dial = 10×10^{-3}

   ΔL Sebenarnya = $\frac{1}{2} \times \Delta L$

   = $\frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-3}$

   = 0,005 mm

   Regangan = $\frac{\Delta L}{L0}$

   = $\frac{0,005}{200}$

   = 0,000025 mm

   Tegangan = $\frac{P}{A}$

   = $\frac{10000}{17335,351}$

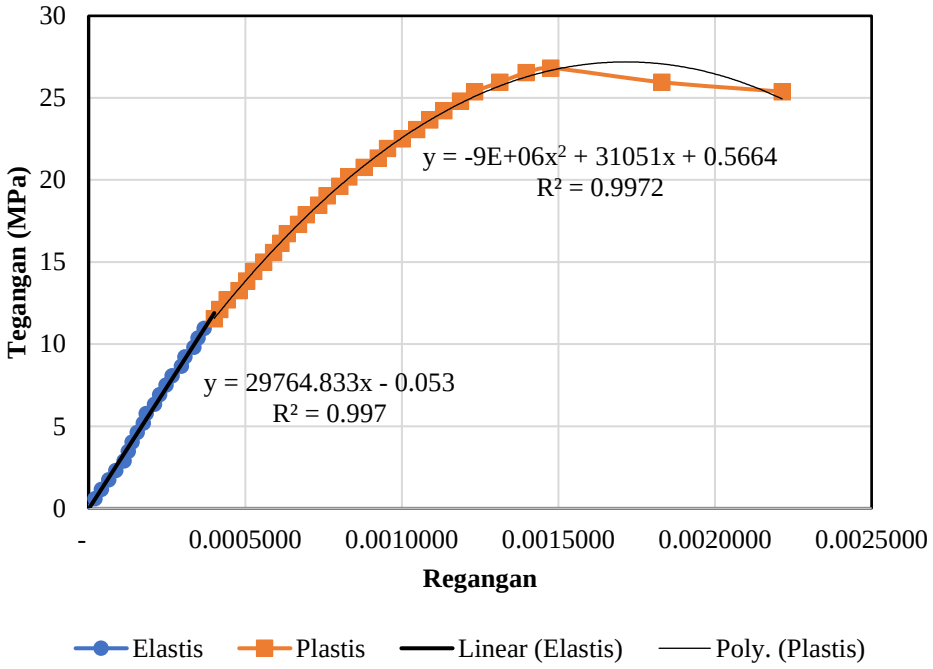
   = 0,5769 MPa

   Perhitungan Tegangan dan Regangan untuk benda uji silinder BX5-3 dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut:

Tabel 4.17 Tegangan dan Regangan Silinder BX5-3

Beban (KN)	Pembacaan Dial (µm)	Deformasi Longitudinal (ΔL) (mm)	Regangan (ΔL/L0) (mm)	Tegangan (P/A) (MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	10	0.005	0.000025	0.5769
20	18	0.009	0.000045	1.1537
30	27.5	0.01375	0.00006875	1.7306
40	36.5	0.01825	0.00009125	2.3074
50	47	0.0235	0.0001175	2.8843
60	52.5	0.02625	0.00013125	3.4611
70	57.5	0.02875	0.00014375	4.0380
80	**64**	**0.032**	**0.00016**	**4.6148**
90	71.5	0.03575	0.00017875	5.1917
100	75.5	0.03775	0.00018875	5.7686
110	85.9	0.04295	0.00021475	6.3454
120	92.4	0.0462	0.000231	6.9223
130	100.9	0.05045	0.00025225	7.4991
140	108.4	0.0542	0.000271	8.0760
150	120.4	0.0602	0.000301	8.6528
160	124.9	0.06245	0.00031225	9.2297
170	136.4	0.0682	0.000341	9.8066
180	141.4	0.0707	0.0003535	10.3834
190	**149.4**	**0.0747**	**0.0003735**	**10.9603**
200	162.4	0.0812	0.000406	11.5371
210	169.4	0.0847	0.0004235	12.1140
220	178.9	0.08945	0.00044725	12.6908
230	193.9	0.09695	0.00048475	13.2677
240	203.9	0.10195	0.00050975	13.8445
250	212.9	0.10645	0.00053225	14.4214
260	225.4	0.1127	0.0005635	14.9983
270	237.9	0.11895	0.00059475	15.5751
280	247.4	0.1237	0.0006185	16.1520
290	255.8	0.1279	0.0006395	16.7288
300	269.8	0.1349	0.0006745	17.3057
310	279.8	0.1399	0.0006995	17.8825
320	295.8	0.1479	0.0007395	18.4594
330	306.3	0.15315	0.00076575	19.0362
340	322.8	0.1614	0.000807	19.6131
350	334.3	0.16715	0.00083575	20.1900
360	353.8	0.1769	0.0008845	20.7668
370	371.8	0.1859	0.0009295	21.3437
380	383.8	0.1919	0.0009595	21.9205
390	402.3	0.20115	0.00100575	22.4974
400	420.7	0.21035	0.00105175	23.0742
410	437.7	0.21885	0.00109425	23.6511
420	455.7	0.22785	0.00113925	24.2279
430	476.7	0.23835	0.00119175	24.8048
440	494.7	0.24735	0.00123675	25.3817
450	527.2	0.2636	0.001318	25.9585
460	560.7	0.28035	0.00140175	26.5354
465	592.2	0.2961	0.0014805	26.8238
450	734	0.367	0.001835	25.9585
440	887.5	0.44375	0.00221875	25.3817

Berdasarkan hasil perhitungan regangan dan tegangan di atas, maka nilai Modulus Elastisitas beton BX5-3 dapat digambarkan dalam sebuah grafik seperti pada Gambar 4.7 berikut:



Gambar 4.7 Modulus Elastisitas Beton BX5-3

Grafik di atas menggunakan batas daerah elastis sebesar 40% dari nilai kuat tekan maksimumnya dengan persamaan regresi linier. Sedangkan untuk daerah plastis menggunakan persamaan regresi polinomial pangkat dua. Nilai tegangan terkoreksi dari grafik di atas digunakan untuk menghitung nilai modulus elastisitas dengan Persamaan 3.3 sebagai berikut:

S_1 = 1.4352 MPa

S_2 = 10,9253 MPa

ε_2 = 0,0003688

$$Ec = \frac{S2 - S1}{\varepsilon 2 - 0{,}00005}$$

$$= \frac{10{,}9235 - 1{,}4352}{0{,}0003688 - 0{,}00005}$$

= 29764,833 MPa

Sedangkan menurut SNI 2847-2019, nilai modulus elastisitas untuk beton normal yang memiliki nilai Wc antara 1440 sampai dengan 2560 kg/m^3 dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 berikut:

f'_c = 26,824 MPa

Wc = 2351,738 kg/m^3

$$Ec = Wc^{1,5} \times 0,043 \times \sqrt{f'c}$$
$$= 2351,738^{1,5} \times 0,043 \times \sqrt{26,824}$$
$$= 25398,7344 \text{ MPa}$$

$$\text{Perbandingan } E_{Uji} \text{ \& } E_{Teoritis} = \frac{\text{E Uji}}{\text{E Teoritis}} \times 100\%$$
$$= \frac{29764,833}{25398,7344} \times 100\%$$
$$= 117,19\%$$

Modulus Elastisitas Uji Rata-rata B0 = 29501,72 MPa

Modulus Elastisitas Uji Rata-rata BX5 = 28858,10 MPa

$$\text{Persentase Peningkatan} = \frac{\text{E Uji rerata BX5} - \text{E Uji rerata B0}}{\text{E Uji rerata B0}} \times 100\%$$
$$= \frac{28858,10 - 29501,72}{29501,72} \times 100\%$$
$$= -2,18\%$$

Hasil perhitungan modulus elastisitas beton secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.17.

4.9.4 Pengujian Kuat Lentur Beton berdasarkan SNI 03-4154-2014

Tahapan-tahapan pengujian kuat lentur beton beserta dengan cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Mengeluarkan benda uji dari bak perendaman
2. Mengukur dimensi dan menimbang berat benda uji
3. Memberi tanda benda uji untuk menandakan zona patahan, titik pembebanan, dan titik tumpuan

4. Meletakkan benda uji pada mesin uji dengan memposisikan letak titik pembebanan dan titik tumpuan sesuai dengan garis tanda yang telah dibuat
5. Menjalankan mesin dengan penambahan beban yang konstan hingga benda uji hancur
6. Mencatat beban maksimum yang diterima benda uji beserta lebar dan tinggi spesimen di daerah runtuh
7. Mengolah data

   Perhitungan hasil uji kuat lentur beton dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.7 seperti contoh perhitungan kuat tekan benda uji balok BX7-3 berikut ini:

   P = 11424,75 N

   L = 352,33 mm

   b = 101,5 mm

   d = 105 mm

   $$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

   $$= \frac{3 \times 11424{,}75 \times 352{,}33}{2 \times 101{,}5 \times 105^2}$$

   = 5,40 MPa

   Kuat lentur rata-rata balok B0 = 4,727 MPa

   Kuat lentur rata-rata balok BX7 = 5,573 MPa

   $$\text{Persentase Peningkatan} = \frac{\text{Kuat lentur rerata BX7} - \text{Kuat lentur rerata B0}}{\text{Kuat lentur rerata B0}} \times 100\%$$

   $$= \frac{4{,}727 - 5{,}573}{4{,}727} \times 100\%$$

   = 17,91%

   Hasil perhitungan lentur beton secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.16.

4.10 Analisis dan Pembahasan

Setelah seluruh pengujian pada benda uji selesai dan diperoleh data hasil analisis berdasarkan perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan, selanjutnya adalah menyusun pembahasan mengenai pengaruh dari penambahan SikaFiber

PPM-12 (*polypropylene fiber*) dan Sika Viscocrete 3115 N (*superplasticizer*) berdasarkan setiap hasil pengujian yang dapat dilihat pada Bab 5.

4.11 Penarikan Kesimpulan

Dalam tahap ini, hasil pembahasan dari analisis data pengujian yang telah dilakukan dibuat kesimpulannya berdasarkan tujuan awal penelitian. Setelah didapat kesimpulan dari hasil penelitian, selanjutnya adalah penulisan saran berdasarkan pengalaman yang telah dilalui selama berjalannya penelitian Tugas Akhir untuk para pembaca Laporan Tugas Akhir.

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis dan dilakukan pembahasan dari hasil analsis tersebut. Pada bab ini akan diuraikan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Adapun analisis dan pembahasan yang dilakukan meliputi hasil pengujian material penyusun beton, perhitungan perencanaan campuran beton, serta hasil pengujian kekuatan beton.

5.2 Pemeriksaan Agregat

Material agregat yang akan digunakan untuk bahan penyusun beton harus memenuhi beberapa persyaratan khusus sehingga diperlukan pemeriksaan terhadap material tersebut. Pengujian-pengujian yang dilakukan untuk melakukan pemeriksaan terhadap agregat kasar dan agregat halus adalah pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian analisa saringan, pengujian berat volume serta pemeriksaan kadar lumpur.

5.2.1 Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah dengan diameter maksimum 20 mm yang berasal dari daerah Clereng, Kulonprogo, Yogyakarta. Adapun hasil pemeriksaan terhadap agregat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agegat Kasar

   Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar yang dilakukan sesuai SNI 03-1969-2008 dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut:

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4952	4946	4949
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3118	3120	3119
Berat jenis curah (Bk / (Bj – Ba))	2.63	2.63	2.63
Berat jenis kondisi jenuh kering muka (Bj / (Bj - Ba))	2.66	2.66	2.66
Berat jenis semu (Bk / (Bk - Ba)	2.70	2.71	2.70
Penyerapan air ((Bj - Bk) / Bk x 100%)	0.97%	1.09%	1.03%

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, diperoleh nilai rata-rata berat jenis kondisi jenuh kering muka dari dua buah sampel uji senilai 2,66 dan rata-rata nilai penyerapain air sebesar 1,03%. Nilai berat jenis yang diizinkan untuk agregat normal yaitu antara 2,5–2,7 (Tjokrodimuljo, 2007). Dengan demikian, maka agregat kasar yang digunakan merupakan agregat normal karena memiliki nilai berat jenis yang memasuki rentang nilai tersebut.

2. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

   Hasil pengujian analisa saringan yang telah dilakukan pada agregat kasar sesuai dengan SNI 03-1968-1990 dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut:

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40.00	0	0.00%	0.00%	100.00%
20.00	11	0.22%	0.22%	99.78%
10.00	3725	74.51%	74.73%	25.27%
4.80	1241	24.82%	99.56%	0.44%
2.40	12	0.24%	99.80%	0.20%
1.20	0	0.00%	99.80%	0.20%
0.60	0	0.00%	99.80%	0.20%
0.30	0	0.00%	99.80%	0.20%
0.15	0	0.00%	99.80%	0.20%
Sisa	10	0.20%	100.00%	0.00%
Jumlah	4999	100.00%	673.51%	

Berdasarkan data hasil pengujian di atas, maka nilai modulus kehalusan butir untuk agregat kasar adalah sebagai berikut:

$$\text{Modulus Kehalusan Butir} = \frac{\text{Jumlah Berat Tertinggal Kumulatif (\%)}}{100}$$

$$= \frac{673{,}51\%}{100}$$

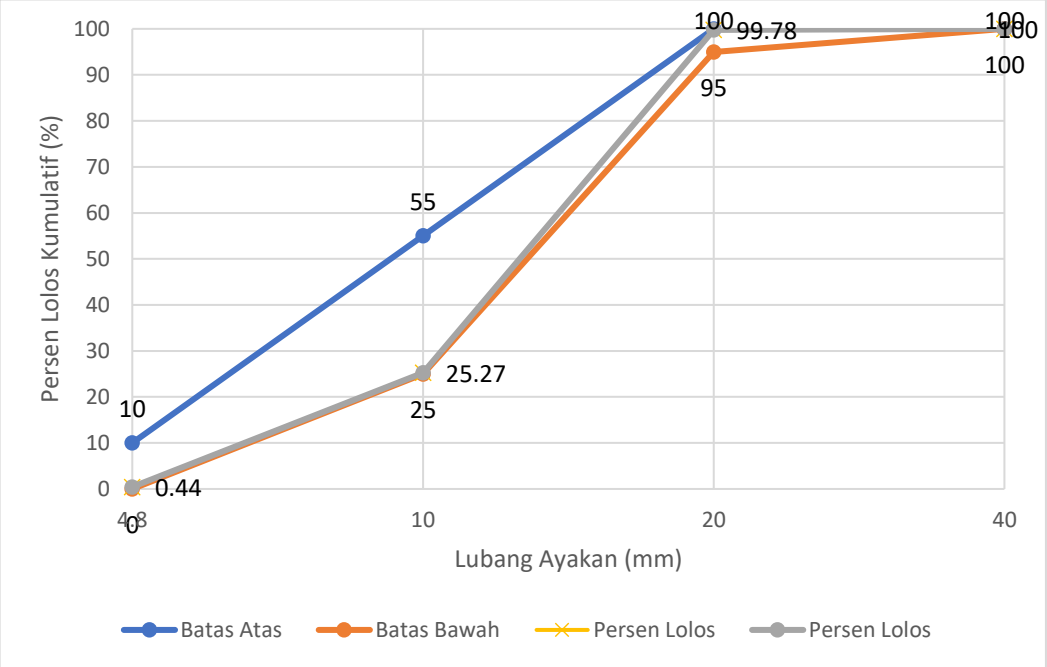
$$= 6{,}74$$

Menurut Tjokrodimuljo (2007), nilai modulus kehalusan butir agregat kasar normal berada pada rentang 6,0-7,0. Hasil pemeriksaan di atas menunjukkan bahwa nilai modulus kehalusan butirnya berada di rentang nilai tersebut yaitu senilai 6,74. Maka dari itu, agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini termasuk ke dalam agregat kasar normal. Gradasi kerikil agregat tersebut juga memenuhi syarat persen butiran agregat yang lolos ayakan atau besar butiran maksimum untuk agregat dengan diameter butiran maksimum 20 mm sesuai ketentuan pada Tabel 5.3 di bawah ini:

Tabel 5.3 Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	**Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan / Besar Butiran Maksimum:**	
	40 mm	**20 mm**
40,00	95-100	100
20,00	30-70	95-100
10,00	10-35	25-55
4,80	0-5	0-10

Grafik hubungan antara batas persentase butiran maksimum dengan persentase kumulatif agregat yang lolos berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut:



Gambar 5.1 Batas Gradasi Agregat Kasar

3. Hasil Pengujian Berat Volume Agregat Kasar

   Hasil pengujian berat volume agregat kasar meliputi berat volume padat dan berat volume gembur berdasarkan SNI 03-4804-1998 dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan 5.4 sebagai berikut:

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) gram	10962	10731	10846.50
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	19251	18881	19066.00
Berat Agregat (W3) gram	8289	8150	8219.50
Volume Tabung (V) cm^3	5390.286	5356.219	5373.25
Berat Volume Padat = (W3/V) $gram/cm^3$	1.538	1.522	1.530

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) gram	10962	10731	10846.50
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	18482	18125	18303.50
Berat Agregat (W3) gram	7520	7394	7457.00
Volume Tabung (V) cm^3	5390.286	5356.219	5373.25
Berat Volume Gembur = (W3/V) $gram/cm^3$	1.395	1.380	1.388

Berdasarkan hasil pengujian di atas, didapatkan nilai berat volume padat agregat kasar sebesar 1,53 $gram/cm^3$ dan berat volume gembur sebesar 1,388 $gram/cm^3$ atau memiliki selisih sebesar 0,142 $gram/cm^3$. Semakin kecil selisih nilai antara berat volume padat dengan berat volume gembur maka semakin baik gradasi agregat tersebut, hal ini dikarenakan tanpa adanya pemadatan pada proses penuangan agregat untuk menghitung berat volume gembur namun agregat sudah dapat mengisi sebagian besar rongga yang ada.

5.2.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir alami yang berasal dari Gunung Merapi, Yogyakarta. Adapun hasil pemeriksaan terhadap agregat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

   Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar yang dilakukan sesuai SNI 03-1970-2008 dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut:

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	485	486	485.5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1173	1011	1092
Berat piknometer berisi air, gram (B)	861	697	779

Lanjutan Tabel 5.6

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat jenis curah (Bk / (B + 500 - Bt))	2.58	2.61	2.60
Berat jenis SSD (500 / (B + 500 - Bt))	2.66	2.69	2.67
Berat jenis semu (Bk / (B + Bk - Bt)	2.80	2.83	2.81
Penyerapan air ((500 - Bk) / Bk x 100%)	3.09%	2.88%	2.99%

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, diperoleh nilai rata-rata berat jenis kondisi jenuh kering muka (SSD) agregat halus sebesar 2,67 dan rata-rata nilai penyerapain air sebesar 2,99%. Nilai berat jenis yang diizinkan untuk agregat normal yaitu antara 2,5–2,7 (Tjokrodimuljo, 2007). Dengan demikian, maka pasir yang digunakan merupakan agregat normal karena memiliki nilai berat jenis yang memasuki rentang nilai tersebut.

2. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Hasil pengujian analisa saringan yang telah dilakukan pada agregat halus sesuai dengan SNI 03-1968-1990 dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut:

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
4.80	0	0.00%	0.00%	100.00%
2.40	29	5.80%	5.80%	94.20%
1.20	72	14.40%	20.20%	79.80%
0.60	142	28.40%	48.60%	51.40%
0.30	135	27.00%	75.60%	24.40%
0.15	73	14.60%	90.20%	9.80%
Sisa	49	9.80%	100.00%	0.00%
Jumlah	500	100.00%	240.40%	

Berdasarkan data hasil pengujian di atas, maka nilai modulus kehalusan butir untuk agregat halus adalah sebagai berikut:

$$\text{Modulus Kehalusan Butir} = \frac{\text{Jumlah Berat Tertinggal Kumulatif (\%)}}{100}$$

$$= \frac{240{,}40\%}{100}$$

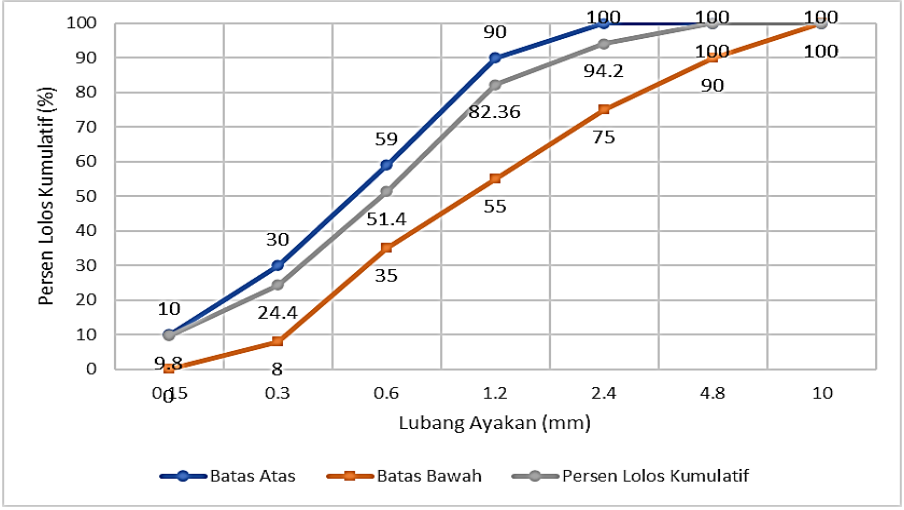
= 2,4

Menurut persyaratan pada SK SNI S-04-1989-F, modulus kehalusan butir agregat halus untuk campuran beton harus memiliki nilai antara 1,5-3,8. Hasil pemeriksaan di atas menunjukkan bahwa nilai modulus kehalusan butirnya memenuhi pesryaratan yaitu senilai 2,4. Gradasi pasir tersebut juga memenuhi syarat persen butiran yang lolos ayakan dan termasuk ke dalam Gradasi II atau merupakan pasir agak kasar berdasarkan ketentuan pada Tabel 5.8 berikut:

Tabel 5.8 Batas Daerah Gradasi Agregat Halus

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

Grafik hubungan antara persen butiran agregat yang lolos ayakan daerah gradasi II dengan persentase lolos kumulatif hasil uji saringan dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut:



Gambar 5.2 Batas Gradasi Agregat Halus Daerah II

3. Hasil Pengujian Berat Volume Agregat Halus

   Hasil pengujian berat volume agregat halus meliputi berat volume padat dan berat volume gembur berdasarkan SNI 03-4804-1998 dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan 5.10 sebagai berikut:

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) gram	10962	10731	10846.50
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	19733	19529	19631
Berat Agregat (W3) gram	8771	8798	8784.50
Volume Tabung (V) cm^3	5390.29	5356.22	5373.25
Berat Volume Padat = (W3/V) $gram/cm^3$	1.63	1.64	1.635

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) gram	10962	10731	10846.5
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	18632	17698	18165
Berat Agregat (W3) gram	7670	6967	7318.5
Volume Tabung (V) cm^3	5390.29	5356.22	5373.25
Berat Volume Gembur = (W3/V) $gram/cm^3$	1.42	1.30	1.36

Berdasarkan hasil pengujian di atas, didapatkan nilai rata-rata berat volume padat agregat halus sebesar 1,635 $gram/cm^3$ dan rata-rata berat volume gembur sebesar 1,36 $gram/cm^3$. Persyaratan nilai berat volume padat agregat untuk perencanaan beton normal adalah antara 1,5-1,8 $gram/cm^3$, maka dari itu nilai berat volume agregat halus yang digunakan pada penelitian ini telah memenuhi persyaratan tersebut.

4. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

   Hasil pengujian kandungan lumpur dalam pasir atau agregat halus berdasarkan SNI 03-4142-1996 dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut:

Tabel 5.11 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	483	485	482
Persentase yang Lolos Ayakan No. 200 ((W1-W2) / W1) x 100%	3,4%	3%	3,2%

Berdasarkan hasil pengujian di atas, kadar lumpur rata-rata dari agregat halus yang digunakan adalah sebesar 3,2%. Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982, kadar lumpur maksimum dalam pasir untuk bahan bangunan adalah 5%. Maka dari itu, kadar lumpur dari agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan tersebut.

5.3 Perencanaan Campuran Beton

Metode perencanaan campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Adapun rekapitulasi hasil perencanan campuran beton untuk 7 varian sampel beton dengan angka penyusutan 15% yang terdiri dari 1 varian beton normal dan 6 varian beton dengan bahan tambah berupa SikaFiber PPM-12 dan Sika Viscocrete 3115 N dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut:

Tabel 5.12 Rekapitulasi Kebutuhan Material Setiap Varian Benda Uji

Benda Uji	Semen	Air	Kerikil	Pasir	SikaFiber PPM-12	Viscocrete 3115 N
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(gram)	(gram)
B0	34,419	17,21	86,31	61,862	0	0
BX5	34,419	17,21	86,31	61,862	41,975	206,514
BX6	34,419	17,21	86,31	61,862	50,370	206,514
BX7	34,419	17,21	86,31	61,862	58,765	206,514
BX8	34,419	17,21	86,31	61,862	67,160	206,514
BX9	34,419	17,21	86,31	61,862	75,555	206,514
BX10	34,419	17,21	86,31	61,862	83,950	206,514
Jumlah	240,933	120,47	604,17	433,034	377,775	1445,598

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel di atas, setiap varian benda uji yang terdiri dari 10 silinder dan 5 balok dengan volume campuran 0,084 m^3 memiliki kebutuhan material semen, air, dan agregat yang sama. Sedangkan kebutuhan bahan tambah Sika Viscocrete 3115 N untuk BX5-BX10 adalah sebesar 0,6% terhadap berat semen yaitu 206,514 gram atau setara dengan 6 mL/kg semen. Material yang memiliki perbedaan proporsi untuk setiap varian benda uji adalah SikaFiber PPM-12 dengan kenaikan sebesar 0,1 kg/m^3 setiap satu varian mulai dari BX5 sebesar 0,5kg/m^3 hingga BX10 sebesar 1kg/m^3.

5.4 Pengujian Slump

Pada penelitian ini, nilai slump rencana adalah sebesar 60-180 mm. Nilai ini ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Salah satu bahan tambah yang digunakan pada penelitian ini adalah *superplasticizer*. Penambahan bahan tambah tersebut sebaiknya disertai dengan pengurangan air untuk menghasilkan nilai kekuatan beton yang lebih baik (Prasetya, 2018). Penggunaan *superplasticizer* dalam campuran beton juga dapat mereduksi kadar penggunaan air hingga 40% dari kadar campuran awal (Raynaldi dan Kusdian, 2019).

PT Sika Indonesia mengklaim bahwa penggunaan *superplasticizer* Viscocrete 3115 N dapat memfasilitasi pengurangan air yang ekstrem pada campuran beton yaitu hingga 30% serta menghasilkan campuran beton dengan kemampuan mengalir yang sangat baik dengan kohesi yang optimal dan perilaku pemadatan diri yang kuat. Namun, kemampuan mengalir campuran beton yang terlalu tinggi pada beton normal dapat membuat adukan beton terlalu cair yang terukur melalui peningkatan nilai slump hingga melebihi nilai rencana yang akan membuat beton kehilangan kekuatan akhir akibat *setting time* yang terlalu lama. Oleh karena itu, dilakukan pengendalian nilai slump pada adukan beton dalam penelitian ini dengan cara menyesuaikan penggunaan air demi menghindari hal tersebut.

Pada saat proses pembuatan benda uji beton normal tanpa bahan tambah, diperoleh nilai slump sebesar 160 mm tanpa adanya pengurangan atau penambahan air. Namun, pada saat pembuatan varian uji BX5 dengan kadar SikaFiber PPM-12

sebesar 0,5 kg/m^3 dan kadar *superplasticizer* 0,6% terhadap berat semen atau setara dengan 6 mL/kg semen, dilakukan pengurangan air sebesar 4 kg atau setara dengan 23,24% dari kadar air rencana. Adapun pengurangan air ini dilakukan untuk menghindari adukan beton yang terlalu cair setelah penambahan *superplasticizer* karena beton yang terlalu cair dapat menurunkan kekuatan akhirnya serta membuat beton menjadi *porous* atau berongga, selain itu juga karena adukan beton yang terlalu cair dapat membuat semen naik ke atas permukaan beton atau *bleeding*. Kadar air yang berlebihan dalam campuran beton juga dapat mengurangi kekuatan beton karena jarak antar ikatan partikel semen yang semakin jauh. Dengan pengurangan air tersebut, maka nilai FAS yang mulanya sebesar 0,5 berkurang menjadi 0,384 dikarenakan berkurangnya perbandingan berat air terhadap semen pada campuran beton. Nilai uji slump yang didapat adalah sebesar 170 mm, nilai tersebut sudah memenuhi nilai slump rencana yang mendekati batas maksimumnya yaitu 180 mm, sehingga dilanjutkan proses penuangan adukan beton ke dalam cetakan dengan kondisi tersebut.



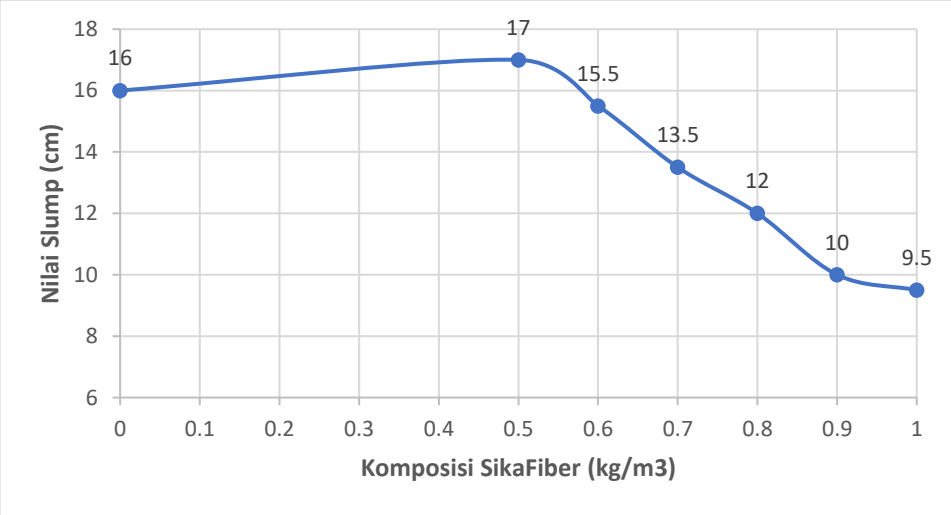
Gambar 5.3 Hasil Uji Slump BX5

Selanjutnya, untuk menjaga homogenitas seluruh varian benda uji, maka pada benda uji BX6-BX10 dilakukan pengurangan air yang sama yaitu sebesar 4 kg atau 23,24% dari kadar air rencana. Pelaksanaan pengujian slump pada campuran beton mengacu pada SNI 1972-2008. Hasil pengujian slump beserta pengurangan kadar air pada setiap varian benda uji dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut:

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Slump

Kode Benda Uji	Komposisi Bahan Tambah		Nilai Slump	Pengurangan Kadar Air	Keterangan
	SikaFiber PPM-12	Viscocrete 3115 N			
	(kg/m^3)	(%)	(cm)	(kg)	
B0	0	0	16	0	Memenuhi
BX5	0,5	0,6	17	4	Memenuhi
BX6	0,6	0,6	15,5	4	Memenuhi
BX7	0,7	0,6	13,5	4	Memenuhi
BX8	0,8	0,6	12	4	Memenuhi
BX9	0,9	0,6	10	4	Memenuhi
BX10	1,0	0,6	9,5	4	Memenuhi

Selanjutnya, dari hasil pengujian slump pada tabel di atas dapat dituangkan ke dalam grafik seperti pada Gambar 5.4 berikut:



Gambar 5.4 Hasil Uji Slump

Berdasarkan grafik hasil pengujian slump di atas, dapat dilihat bahwa nilai slump beton mengalami penurunan seiring dengan kadar penambahan SikaFiber

PPM-12 (serat *polypropylene*). Hal ini disebabkan oleh air yang tertahan di sekitar permukaan serat dan sifat kohesif yang dimiliki serat sehingga menyebabkan berkurangnya kelecakan beton dan membuat nilai slump menjadi turun. Tjokdorimuljo (1996) dalam Purnomo (2006) mengatakan bahwa kandungan serat dalam campuran beton dapat mengurangi tingkat kemudahan pengerjaannya (*workability*) serta berpotensi terjadinya segregasi.

5.5 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada setiap varian uji dengan umur perawatan selama 28 hari. Sebelum pengujian kuat tekan, dilakukan pemasangan *capping* dari bahan belerang pada setiap benda uji agar menghasilkan permukaan bidang tekan yang rata. Pelaksanan pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 03-1974-2011. Terdapat sebanyak 35 benda uji silinder yang dilakukan pengujian kuat tekan dengan hasil pengujian seperti pada Tabel 5.14 berikut:

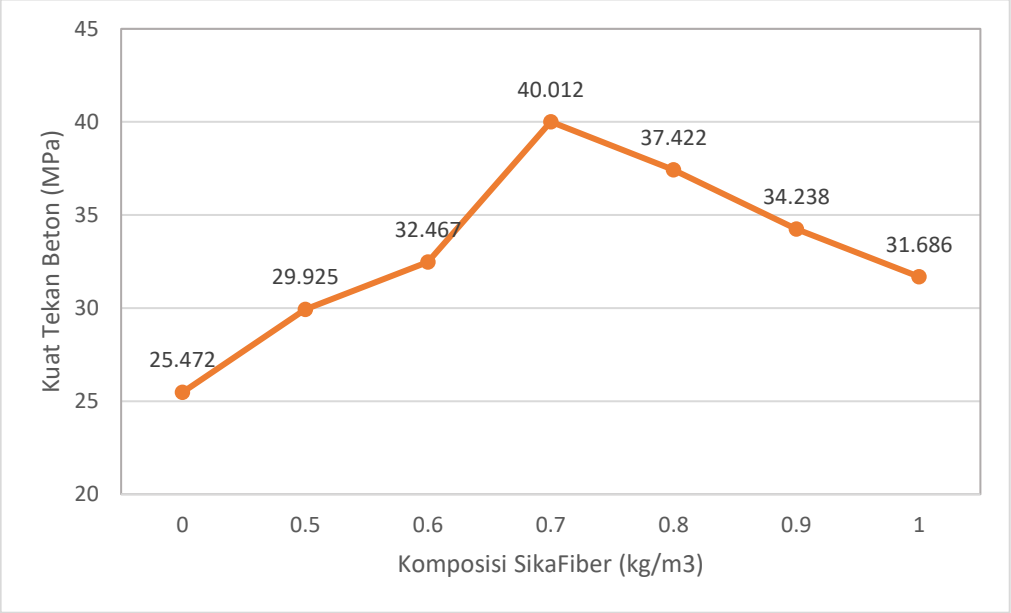
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Kode Benda Uji		Diameter Benda Uji (mm)	Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
B0	B0-1	305,00	17868,35	490000	27,42	25,472
	B0-2	302,17	17671,46	410000	23,20	
	B0-3	302,50	17987,01	455000	25,30	
	B0-4	302,83	17923,68	470000	26,22	
	B0-5	302,50	17844,67	450000	25,22	
BX5	BX5-1	301,93	17971,17	510000	28,38	29,925
	BX5-2	299,92	17935,55	550000	30,67	
	BX5-3	300,70	17335,35	465000	26,82	
	BX5-4	301,83	17589,09	505000	28,71	
	BX5-5	303,47	17832,83	625000	35,05	
BX6	BX6-1	305,97	18747,65	650000	34,67	32,467
	BX6-2	304,27	17955,33	715000	39,82	
	BX6-3	305,70	17832,83	560000	31,40	
	BX6-4	306,47	18614,41	490000	26,32	
	BX6-5	305,58	17931,59	540000	30,11	

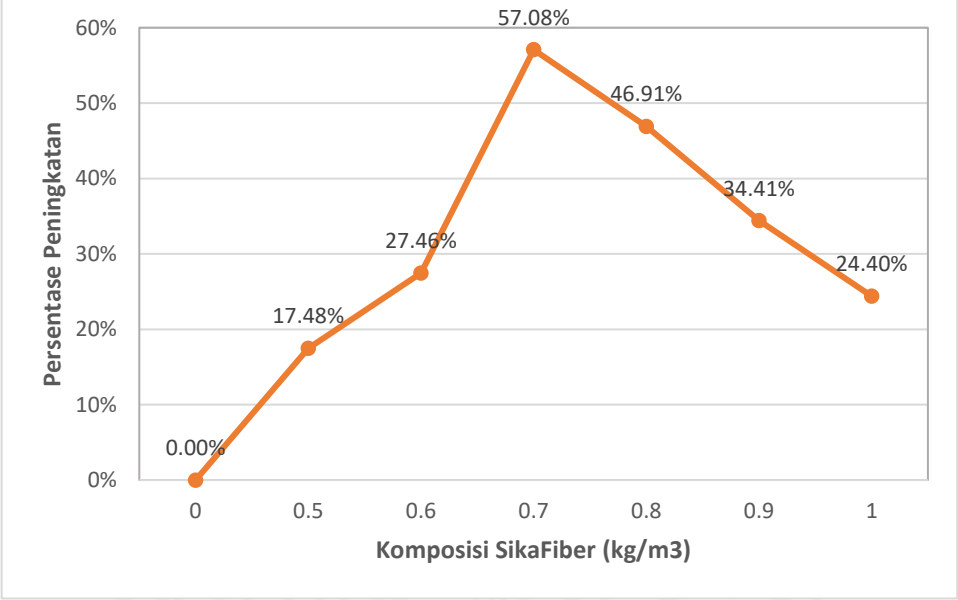
Lanjutan Tabel 5.14

Kode Benda Uji		Diameter Benda Uji (mm)	Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan Beton (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
BX7	BX7-1	300,33	17671,46	790000	44,70	40,012
	BX7-2	305,27	18405,42	660000	35,86	
	BX7-3	303,95	17892,05	725000	40,52	
	BX7-4	302,25	17750,09	710000	40,00	
	BX7-5	303,20	18217,54	710000	38,97	
BX8	BX8-1	303,13	18010,79	665000	36,92	37,422
	BX8-2	302,03	17868,35	560000	31,34	
	BX8-3	301,93	17805,23	800000	44,93	
	BX8-4	304,48	18002,87	705000	39,16	
	BX8-5	303,37	18125,95	630000	34,76	
BX9	BX9-1	303,17	18337,35	690000	37,63	34,238
	BX9-2	304,27	18042,52	505000	27,99	
	BX9-3	303,40	17836,78	610000	34,20	
	BX9-4	302,45	17967,21	720000	40,07	
	BX9-5	302,73	17892,05	560000	31,30	
BX10	BX10-1	304,50	17695,03	550000	31,08	31,686
	BX10-2	304,27	18233,49	510000	27,97	
	BX10-3	302,57	17506,91	575000	32,84	
	BX10-4	303,00	18010,79	570000	31,65	
	BX10-5	301,35	18345,35	640000	34,89	

Selanjutnya, dari hasil nilai rata-rata kuat tekan tiap varian uji berdasarkan pengujian kuat tekan pada tabel di atas dapat dituangkan ke dalam grafik seperti pada Gambar 5.5 dan 5.6 berikut:



Gambar 5.5 Kuat Tekan Beton VS Kadar Penambahan SikaFiber PPM-12



Gambar 5.6 Persentase Peningkatan Kuat Tekan Beton

Bila dilihat dari kedua grafik di atas, seluruh varian benda uji dengan bahan tambah mengalami peningkatan nilai kuat tekan dengan nilai rata-rata kuat tekan paling tinggi dihasilkan oleh varian benda uji BX7 yang memiliki kadar penambahan SikaFiber PPM-12 sebanyak 0,7 kg/m^3 dan kadar Viscocrete sebanyak 0,6% terhadap berat semen. Varian benda uji dengan rata-rata nilai kuat tekan

sebesar 40,012 MPa ini mengalami peningkatan sebesar 15,54 MPa atau setara dengan 57,08% dari kuat tekan rata-rata beton normal tanpa bahan tambah.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, seluruh varian beton dengan bahan tambah serat *polypropylene* dan *superplasticizer* mengalami peningkatan kuat tekan dibandingkan dengan beton normal tanpa bahan tambah. Hal ini disebabkan oleh penggunaan Sika Viscocrete 3115 N (*superplasticizer*) dengan pengurangan kadar air yang mengurangi nilai faktor air semen sehingga menghasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih tinggi. Selain itu, penggunaan SikaFiber PPM-12 (serat *polypropylene*) dapat mengurangi penyusutan usia dini yang dapat menimbulkan keretakan pada masa perawatan beton. Serat akan menahan keretakan yang sering terjadi pada beton, keretakan pada beton akan tertahan oleh serat melalui dua cara yaitu lekatan antara serat dengan pasta semen (*bond strength*) dan kekuatan dari serat itu sendiri (Purnomo dan Darmadi, 2006).

Penambahan kadar SikaFiber PPM-12 (serat *polypropylene*) menghasilkan kuat tekan yang terus meningkat hingga mencapai kadar optimum sebesar 0,7 kg/m^3 pada varian uji BX7, setelah itu kuat tekan beton mengalami penurunan meskipun nilainya masih tidak lebih rendah dari nilai kuat tekan beton normal tanpa bahan tambah. Penurunan nilai kuat tekan beton dengan kadar penambahan serat *polypropylene* 0,8 kg/m^3 dan seterusnya setelah mencapai nilai kuat tekan optimum diakibatkan oleh kandungan serat yang terlalu banyak dalam campuran beton sehingga membentuk gumpalan serat yang menciptakan rongga dalam adukan beton dan mengurangi kelekatan antar material.

Hasil uji kuat tekan tersebut juga menunjukkan bahwa pada varian benda uji BX7 dapat menghasilkan beton mutu tinggi dengan rata-rata nilai kuat tekan sebesar 40,012 MPa, meskipun hanya dalam batas minimumnya yaitu 40 MPa jika mengacu pada PD T-04-2004-C tentang Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi yang mengategorikan bahwa beton mutu tinggi adalah beton dengan kekuatan tekan sebesar 40-80 MPa berdasarkan benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Meskipun demikian, peningkatan nilai kuat tekan beton yang signifikan hingga 57,08% ini bukanlah tujuan utama dari dilakukannya penelitian ini yang bertujuan untuk mengurangi kelemahan sifat

beton yaitu rendahnya kekuatan tarik dan lenturnya. Namun dikarenakan penggunaan *superplasticizer* yang disertai pengurangan air ini membuat nilai FAS menurun hingga menghasilkan peningkatan kekuatan nilai kuat tekan beton yang cukup signifikan. Hal ini dapat tercapai karena semakin kecil nilai FAS dan semakin sedikit kandungan air di dalam beton, maka pori atau rongga-rongga kecil di dalam campuran beton akan semakin kecil atau sedikit sehingga daya ikat antar materialnya semakin besar.



Gambar 5.7 Benda Uji Kuat Tekan

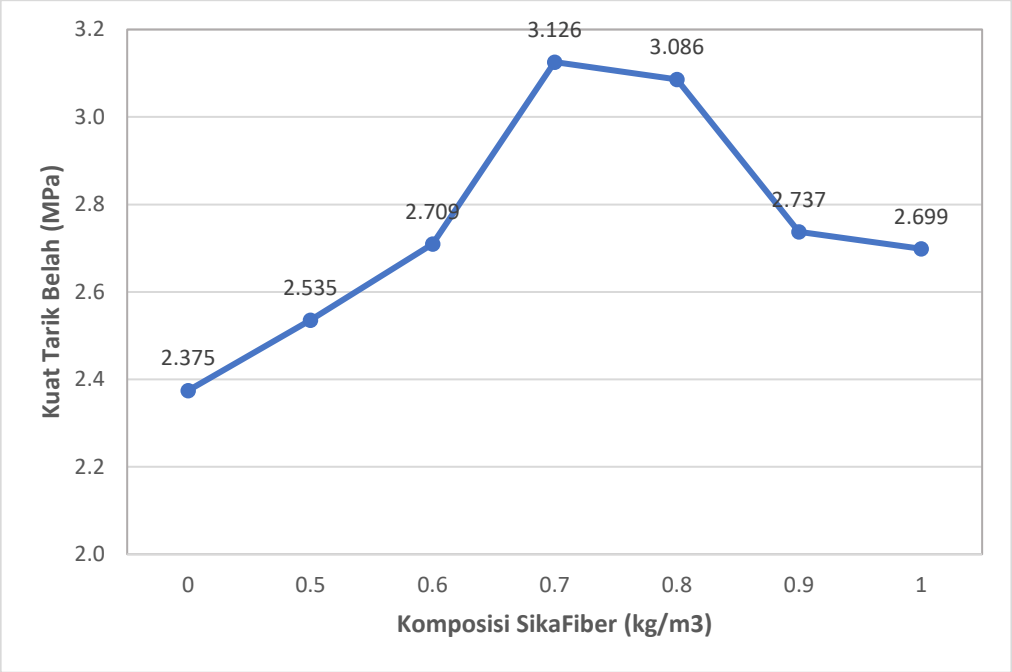
5.6 Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada setiap varian benda uji dengan umur perawatan selama 28 hari. Pelaksanaan pengujian kuat tarik belah beton mengacu pada SNI 03-2491-2014. Terdapat 7 varian benda uji yang terdiri dari 35 buah silinder yang dilakukan pengujian kuat tarik belah dengan hasil pengujian seperti pada Tabel 5.15 berikut:

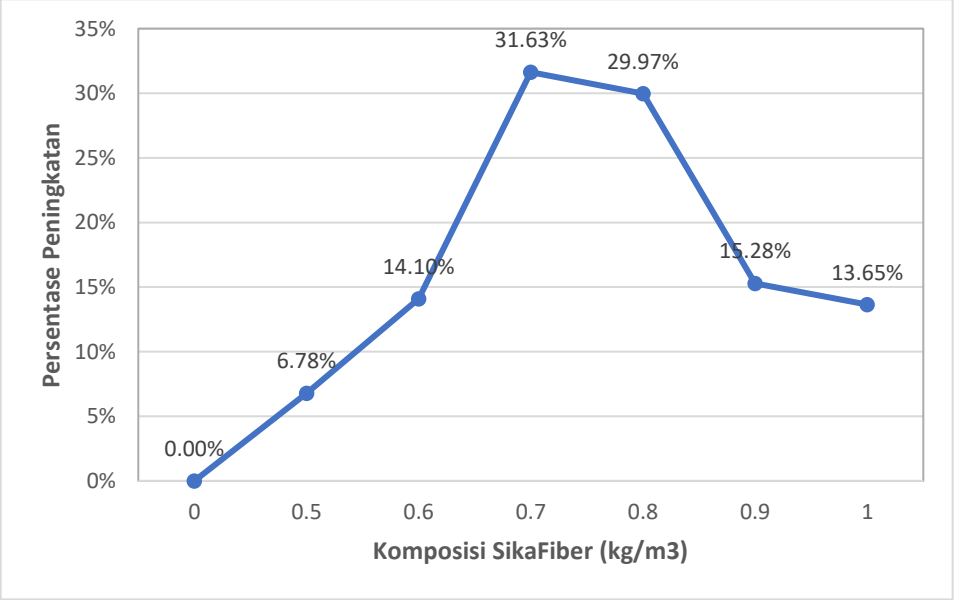
Tabel 5.15 Kuat Tarik Belah Beton

Kode Benda Uji		Diameter Benda Uji (mm)	Tinggi Benda Uji (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
B0	B0-1	150,00	302,40	181000	2,54	2,375
	B0-2	153,73	303,37	188000	2,57	
	B0-3	148,90	303,73	160000	2,25	
	B0-4	150,97	302,17	173000	2,41	
	B0-5	150,67	301,87	150000	2,10	
BX5	BX5-1	151,25	300,68	179000	2,51	2,535
	BX5-2	149,52	294,90	180000	2,60	
	BX5-3	150,82	303,23	200000	2,78	
	BX5-4	150,57	298,48	190000	2,69	
	BX5-5	149,70	306,18	151000	2,10	
BX6	BX6-1	151,38	303,05	205000	2,84	2,709
	BX6-2	151,45	304,43	188000	2,60	
	BX6-3	150,57	305,93	191000	2,64	
	BX6-4	152,28	304,93	212000	2,91	
	BX6-5	152,60	304,73	187000	2,56	
BX7	BX7-1	151,90	303,18	228000	3,15	3,126
	BX7-2	152,18	302,57	253000	3,50	
	BX7-3	146,87	305,83	220000	3,12	
	BX7-4	153,47	305,57	213000	2,89	
	BX7-5	151,20	304,95	215000	2,97	
BX8	BX8-1	152,17	303,92	254000	3,50	3,086
	BX8-2	150,80	302,50	207000	2,89	
	BX8-3	148,70	300,90	252000	3,59	
	BX8-4	152,00	305,70	187000	2,56	
	BX8-5	151,60	301,43	208000	2,90	
BX9	BX9-1	152,07	304,78	185000	2,54	2,737
	BX9-2	151,67	302,27	209000	2,89	
	BX9-3	150,57	303,28	192000	2,68	
	BX9-4	151,30	303,03	210000	2,92	
	BX9-5	151,90	304,43	192000	2,66	
BX10	BX10-1	150,27	302,62	200000	2,80	2,699
	BX10-2	152,70	304,33	204000	2,79	
	BX10-3	151,22	303,78	161000	2,23	
	BX10-4	151,00	302,23	211000	2,94	
	BX10-5	149,63	299,87	192000	2,72	

Selanjutnya, dari hasil nilai rata-rata kuat tarik belah setiap varian uji berdasarkan pengujian kuat tarik belah pada tabel di atas dapat dituangkan ke dalam grafik seperti pada Gambar 5.8 dan 5.9 berikut:



Gambar 5.8 Kuat Tarik Belah Beton VS Kadar Penambahan SikaFiber PPM-12



Gambar 5.9 Persentase Peningkatan Kuat Tarik Belah Beton

Seperti halnya pada hasil pengujian kuat tekan, seluruh varian benda uji dengan bahan tambah mengalami peningkatan nilai kuat tarik belah dengan nilai rata-rata kuat tarik belah paling tinggi dihasilkan oleh varian benda uji BX7 yang memiliki kadar penambahan SikaFiber PPM-12 sebanyak 0,7 kg/m^3 dan kadar Viscocrete sebanyak 0,6% terhadap berat semen. Varian benda uji dengan rata-rata nilai kuat tarik belah sebesar 3,126 MPa ini mengalami peningkatan sebesar 0,751 MPa atau setara dengan 31,63% dari kuat tekan rata-rata beton normal tanpa bahan tambah.

Peningkatan kuat tarik belah beton diakibatkan oleh penambahan SikaFiber PPM-12 (serat *polypropylene*), serat yang tertanam di dalam beton memberikan efek yang siginifikan dalam menghambat munculnya retakan melalui kekuatan tarik dan sifat *extensibility* atau kemampuan untuk meregang. Selain itu, peningkatan kuat tarik beton juga merupakan salah satu efek dari karena penambahan Sika Viscocrete 3115 N (*superplasticizer*) disertai pengurangan kadar air yang menghasillkan mutu beton yang lebih baik akibat berkurangnya nilai FAS. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan kadar optimum untuk penambahan serat *polypropylene* untuk meningkatkan kuat tarik belah beton adalah sebesar 0,7 kg/m^3. Setelah itu, nilai kuat tarik belah beton mengalami penurunan yang diakibatkan oleh terlalu banyaknya kadar serat dalam adukan beton yang membentuk gumpalan serat dan menciptakan rongga dalam adukan beton sehingga mengurangi kelekatan antar materialnya.

Meskipun demikian, jika dibandingkan dengan persentase peningkatan kuat tekannya, besarnya peningkatan kuat tarik beton yang didapatkan tidaklah sebesar peningkatan kuat tekannya. Bahkan jika dibandingkan dengan nilai kuat tekan optimumnya yang senilai 40,012 MPa, nilai optimum kuat tarik belah beton yang senilai 3,126 MPa ini hanyalah 7,8 % dari nilai kuat tekan tersebut. Nilai ini bahkan lebih kecil dari nilai rata-rata kuat tarik beton normal yang sekitar 10% dari nilai kuat tekannya.



Gambar 5.10 Benda Uji Kuat Tarik Belah

5.7 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada setiap varian uji dengan benda uji berbentuk balok yang memiliki panjang 40 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 10 cm. Terdapat total 35 buah balok beton yang dilakukan pengujian kuat lentur dengan sistem pembebanan satu titik. Pelaksanaan pengujian kuat lentur ini mengacu pada SNI 03-4154-2014. Hasil pengujian kuat lentur beton dapat dilihat pada Tabel 5.16 sebagai berikut:

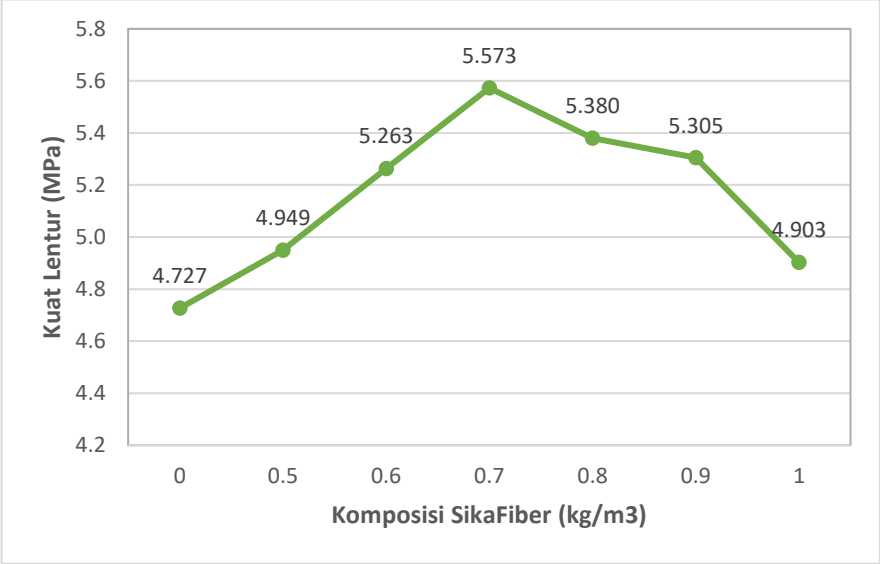
Tabel 5.16 Kuat Lentur Beton

Kode Benda Uji		Panjang Bentang (mm)	Beban Maksimum (N)	Lebar di Daerah Runtuh (mm)	Tinggi di Daerah Runtuh (mm)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-rata (MPa)
B0	B0-1	350,67	8875,02	98,71	99,78	4,75	4,727
	B0-2	350,00	8727,92	96,60	99,40	4,80	
	B0-3	329,33	9169,22	98,80	99,30	4,65	
	B0-4	330,67	8924,05	100,00	99,40	4,48	
	B0-5	331,00	9561,48	97,40	99,20	4,95	

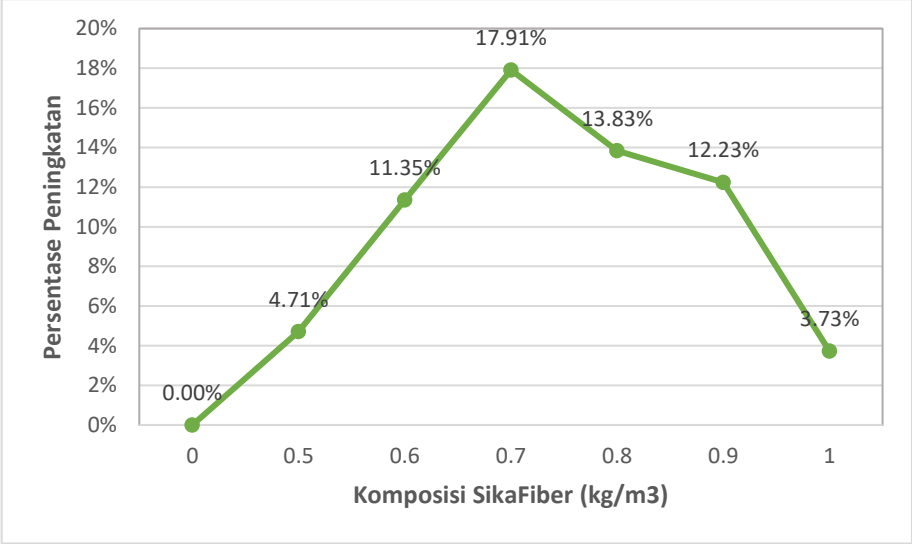
Lanjutan Tabel 5.16

Kode Benda Uji		Panjang Bentang (mm)	Beban Maksimum (N)	Lebar di Daerah Runtuh (mm)	Tinggi di Daerah Runtuh (mm)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-rata (MPa)
BX5	BX5-1	350,00	8796,57	99,00	97,70	4,89	4,949
	BX5-2	330,00	9306,51	97,40	97,70	4,96	
	BX5-3	351,67	9051,54	97,15	97,95	5,12	
	BX5-4	328,67	9247,67	97,40	97,70	4,90	
	BX5-5	330,00	9463,42	99,20	98,40	4,88	
BX6	BX6-1	350,00	11020,67	97,80	101,30	5,77	5,263
	BX6-2	348,33	9894,91	98,70	101,80	5,05	
	BX6-3	330,00	10247,95	98,60	99,70	5,18	
	BX6-4	328,33	10640,22	97,60	102,90	5,07	
	BX6-5	331,33	10395,05	99,00	99,70	5,25	
BX7	BX7-1	347,33	10591,18	99,30	103,80	5,16	5,573
	BX7-2	351,33	11620,88	98,80	102,50	5,90	
	BX7-3	352,33	11424,75	101,50	105,00	5,40	
	BX7-4	352,67	11130,55	98,30	102,40	5,71	
	BX7-5	348,33	11179,58	98,70	101,90	5,70	
BX8	BX8-1	329,33	10493,12	98,50	99,00	5,37	5,380
	BX8-2	348,67	10002,78	100,60	97,20	5,50	
	BX8-3	350,00	10100,85	98,70	99,55	5,42	
	BX8-4	346,67	9855,68	99,30	100,03	5,16	
	BX8-5	353,33	10051,82	97,65	100,06	5,45	
BX9	BX9-1	353,33	10591,18	100,02	102,20	5,37	5,305
	BX9-2	329,00	9561,48	98,00	98,50	4,96	
	BX9-3	349,44	9463,42	96,10	100,00	5,16	
	BX9-4	350,67	10346,02	99,05	97,70	5,76	
	BX9-5	348,33	10051,82	100,02	99,80	5,27	
BX10	BX10-1	331,00	9162,22	95,10	101,00	4,69	4,903
	BX10-2	331,33	9610,52	101,80	97,20	4,97	
	BX10-3	351,00	10149,88	97,00	101,00	5,40	
	BX10-4	350,33	9904,72	98,30	100,05	5,29	
	BX10-5	351,67	7698,22	97,80	99,80	4,17	

Selanjutnya, dari hasil nilai rata-rata kuat lentur setiap varian uji berdasarkan pengujian kuat lentur terhadap benda uji balok pada tabel di atas dapat dituangkan ke dalam grafik seperti pada Gambar 5.11 dan 5.12 berikut:



Gambar 5.11 Kuat Lentur Beton VS Kadar Penambahan SikaFiber PPM-12



Gambar 5.12 Persentase Peningkatan Kuat Lentur Beton

Berdasarkan hasil pengujian di atas, seluruh varian benda uji dengan bahan tambah berupa SikaFiber PPM-12 dan Sika Viscocrete 3115 N menunjukkan peningkatan kekuatan lentur jika dibandingkan dengan varian benda uji beton tanpa bahan tambah (beton normal). Peningkatan kuat lentur paling signifikan terjadi pada varian uji BX7 dengan kadar penambahan SikaFiber PPM-12 (serat *polypropylene*) sebesar 0,7 kg/m^3 dan penggunaan Viscocrete 3115 N (*superplasticizer*) sebesar 0,6% dari berat semen. Nilai kuat lentur rata-rata pada

varian uji BX7 mengalami peningkatan sebesar 17,91% atau meningkat sebesar 0,846 MPa dari nilai kuat lentur rata-rata pada beton normal tanpa bahan tambah.

Seperti halnya pada pengujian kuat tarik, peningkatan kuat lentur beton juga terjadi karena penambahan serat *polypropylene*. Serat yang tertanam dalam beton dapat menahan retakan-retakan yang muncul di area atau sisi benda uji yang mengalami gaya tarik akibat pembebanan pada saat dilakukan pengujian kuat lentur beton. Selain itu, peningkatan kuat lentur beton juga diakibatkan oleh meningkatnya mutu beton karena penggunaan *superplasticizer* disertai pengurangan kadar air yang yang membuat berkurangnya nilai Faktor Air Semen. Berdasarkan grafik hasil pengujian pada Gambar 5.11 dan 5.12, kadar penambahan serat pada campuran beton berviscocrete 3115 N untuk meningkatkan kuat lenturnya hanya optimal sampai dengan 0,7 kg/m^3, melebihi kadar tersebut kuat lentur beton terlihat mengalami penurunan meskipun hingga kadar penambahan 1,0 kg/m^3 nilai kuat lenturnya masih lebih besar dari kuat lentur beton tanpa bahan tambah. Penurunan nilai kuat lentur beton setelah mencapai kadar penambahan serat optimumnya disebabkan oleh terlalu banyaknya kandungan serat dalam campuran beton yang mengakibatkan berkurangnya kelekatan antar material dan munculnya rongga di dalam campuran karena serat yang menggumpal dalam adukan beton.

Jika dilihat dari dari Grafik Persentase Peningkatan Kuat Lentur Beton pada Gambar 5.12, peningkatan kuat lentur optimum pada benda uji yang senilai 17,91% masih lebih kecil dari peningkatan kuat tekan optimumnya yang sebesar 57,08%. Dengan demikian, efek dari penambahan *superplasticizer* sebanyak 0,6% dari berat semen masih lebih dominan dibandingkan dengan penambahan serat *polypropylene*.



Gambar 5.13 Pengujian Kuat Lentur Beton

5.8 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan pada saat pengujian kuat tekan beton, kedua pengujian ini dilakukan pada waktu yang bersamaan. Dari 5 sampel uji pada setiap varian yang digunakan untuk pengujian kuat tekan, 3 di antaranya digunakan untuk pengujian modulus elastisitas. Pelaksanaan pengujian modulus elastisitas dilaksanakan berdasarkan SNI 03-4169-1996, sedangkan untuk perhitungan nilai modulus elatisitas secara teoritis dilakukan menggunakan Persamaan 3.5 berdasarkan SNI 2847-2019. Terdapat sebanyak 21 sampel uji berbentuk silinder dengan umur perawatan 28 hari yang digunakan untuk pengujian modulus elastisitas. Adapun hasil pengujian modulus elastisitas beton dapat dilihat pada Tabel 5.17 sebagai berikut:

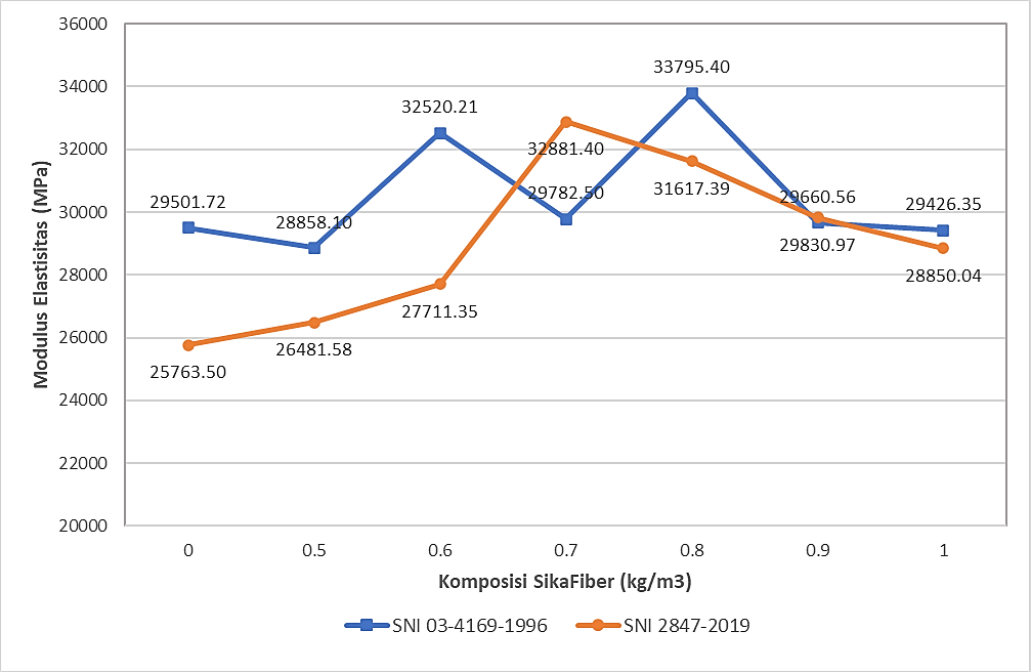
Tabel 5.17 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Kode Benda Uji		Modulus Uji (SNI 03-4169-1996)	Modulus Uji Rata-rata	Modulus Teoritis (SNI 2846-2019)	Modulus Teoritis Rata-rata	E Uji / E Teoritis	Persentase Peningkatan	
		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
							Uji	Teoritis
B0	1	32050,39	29501,72	26367,19	25763,50	115	0	0
	3	27962,34		25669,09				
	4	28492,43		25254,21				

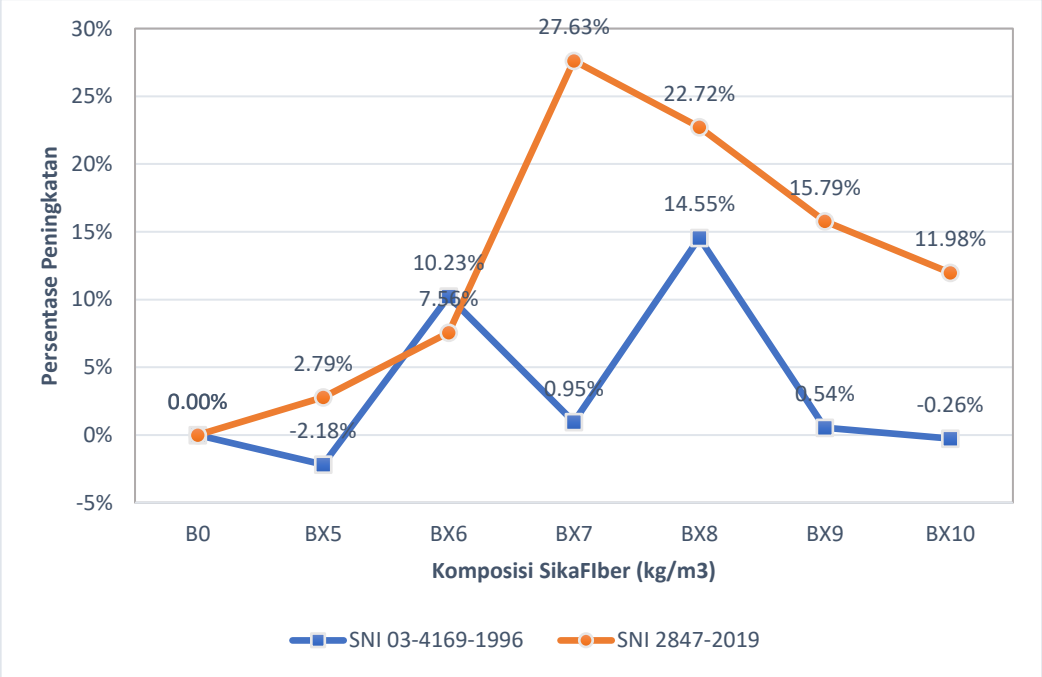
Lanjutan Tabel 5.17

Kode Benda Uji		Modulus Uji (SNI 03-4169-1996)	Modulus Uji Rata-rata	Modulus Teoritis (SNI 2846-2019)	Modulus Teoritis Rata-rata	E Uji / E Teoritis	Persentase Peningkatan	
		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
							Uji	Teoritis
BX5	1	28264,04	28858,10	26432,99	26481,58	109	-2,18	2,79
	3	29764,83		25398,73				
	4	28545,43		27613,01				
BX6	1	36090,53	32520,21	27870,59	27711,35	117	10,23	7,56
	2	37857,72		30938,90				
	4	23612,39		24324,55				
BX7	1	26957,96	29782,50	34204,08	32881,40	91	0,95	27,63
	3	34136,87		32520,38				
	4	28252,69		31919,74				
BX8	1	33295,29	33795,40	29935,48	31617,39	107	14,55	22,72
	3	38787,69		33270,67				
	4	29303,22		31646,03				
BX9	1	28817,02	29660,56	29336,42	29830,97	99	0,54	15,79
	3	25766,87		29180,86				
	4	34397,79		30975,63				
BX10	3	32878,16	29426,35	29496,23	28850,04	102	-0,26	11.98
	4	27440,49		28323,11				
	5	27960,39		28730,80				

Berdasarkan hasil pengujian modulus elastistas beton pada tabel di atas, maka selanjutnya nilai hasil pengujian dapat dituangkan ke dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 5.14 dan 5.15 seperti berikut:



Gambar 5.14 Modulus Elastisitas VS Kadar Penambahan SikaFIber PPM-12



Gambar 5.15 Persentase Peningkatan Modulus Elastisitas Beton

Berdasarkan hasil pengujian modulus elastisitas menggunakan metode SNI 03-4169-1996 serta hasil perhitungan secara teoritis menggunakan metode SNI 2847-2019 seperti pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa hasil perhitungan

modulus elastisitas uji menghasilkan nilai rerata modulus elastisitas yang sedikit lebih tinggi yaitu sebesar 30506,41 MPa jika dibandingkan dengan nilai rerata modulus elastistitas teoritis yang sebesar 29019,46 MPa. Hasil perhitungan modulus elastistas uji menggunakan metode SNI 03-4169-1996 menunjukkan nilai modulus elastisitas rerata dari masing-masing varian benda uji yang mengalami penurunan serta peningkatan yang tidak menentu atau tidak sesuai dengan pemambahan kadar serat *polypropylene* dalam campuran beton. Namun, pada hasil perhitungan modulus elastisitas secara teoritis menggunakan metode SNI 2847-2019 menunjukkan nilai modulus elastisitas yang meningkat seiring dengan penambahan kadar serat *polypropylene* hingga mencapai kadar optimum yaitu sebesar 0,7 kg/m^3 pada varian benda uji BX7 kemudian mengalami penurunan secara bertahap hingga kadar penambahan 1,0 kg/m^3 pada varian benda uji BX10. Menurut SNI 2847-2019, nilai modulus elastisitas terukur berkisar antara 80-120% dari nilai modulus elastisitas terhitungnya. Pada penelitian ini, seluruh rata-rata nilai modulus elastisitas terukurnya telah berada pada rentang nilai tersebut.

Pada metode SNI 03-4169-1996, nilai rata-rata modulus elastisitas terbesar didapatkan pada varian benda uji BX8 dengan nilai 33795,40 MPa. Sedangkan pada metode SNI 2847-2019, nilai rata-rata modulus elastisitas terbesar didapatkan pada varian benda uji BX7 dengan nilai 32881,40 MPa. Pengujian modulus elastisitas menggunakan metode SNI 03-4169-1996 dilakukan secara bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton, maka dari itu hasil perhitungan modulus elastisitasnya sesuai dengan hasil pengujian di laboratorium berdasarkan nilai deformasi yang tertera pada *LVDT (Linear Variable Differential Transformer)* setiap penambahan beban. Sedangkan untuk perhitungan modulus elastisitas teoritis menggunakan metode SNI 2847-2019 dilakukan dengan metode pendekatan empiris berdasarkan nilai berat volume beton serta nilai kuat tekan maksimum benda uji, maka dari itu peningkatan dan penurunan nilai modulus elastisitas teoritis berbanding lurus dengan peningkatan dan penurunan nilai kuat tekan maksimumnya.

Hasil pengujian modulus elastisitas dengan kedua metode di atas telah membuktikan bahwa penambahan serat *polypropylene* dan *superplasticizer* dengan kadar yang tepat pada campuran beton dapat meningkatkan nilai modulus

elastisitasnya sehingga menghasilkan beton yang lebih daktail. Meskipun demikian, peningkatan nilai modulus elastisitas ini tetaplah tidak lebih baik dari peningkatan nilai kuat tekannya. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh penambahan *superplasticizer* sebagai bahan tambah sekunder yang dalam penelitian ini memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan pengaruh dari penambahan bahan tambah utamanya yaitu serat *polypropylene*.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Pengaruh penambahan SikaFiber PPM-12 (serat *polypropylene*) disertai Sika Viscocrete 3115 N (*superplasticizer*) sebanyak 0,6% dari berat semen ke dalam campuran beton dapat meningkatkan kekuatan beton yang terukur berdasarkan seluruh hasil pengujian dengan peningkatan kuat tekan maksimum sebesar 57,08%, peningkatan kuat tarik belah sebesar 31,63%, peningkatan kuat lentur sebesar 17,91%, dan peningkatan modulus elastisitas terukur sebesar 27,63%. Penambahan kadar serat *polypropylene* juga dapat mengurangi tingkat kelecakan atau *workability* beton yang diakibatkan oleh air yang tertahan di sekitar permukaan serat, hal ini terukur berdasarkan penurunan nilai slump yang berbanding lurus dengan penambahan kadar serat. Hasil dari peningkatan kekuatan beton pada setiap pengujian juga menunjukkan bahwa peningkatan terbesar terdapat pada hasil uji kuat tekannya, hal ini menyimpulkan bahwa pengaruh dari penambahan *superplasticizer* disertai pengurangan kadar air memberikan efek yang lebih dominan daripada penambahan seratnya.
2. Komposisi penambahan SikaFiber PPM-12 (serat *polypropylene*) untuk mendapatkan kekuatan beton yang optimum adalah sebesar 0,7 kg/m^3, nilai ini didapatkan berdasarkan seluruh hasil pengujian yang menunjukkan bahwa varian benda uji BX7 atau benda uji dengan kadar penambahan serat *polypropylene* sebesar 0,7 kg/m^3 menghasilkan peningkatan kekuatan terbesar dari beton normal tanpa bahan tambah. Namun hingga kadar penambahan maksimum serat *polypropylene* yaitu sebesar 1,0 kg/m^3 masih menghasilkan kekuatan beton yang lebih baik jika dibandingkan dengan beton normal tanpa bahan tambah. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi

kadar penambahan serat yang lebih besar untuk menemukan kadar maksimum dari penambahan serat *polypropylene*.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dan pembahasan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa hal yang dapat dijadikan saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya agar mendapat hasil yang lebih baik. Adapun beberapa saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kadar pengurangan air yang optimum untuk campuran beton serat dengan bahan tambah *superplasticizer*.
2. Penggunaan bahan tambah *superplasticizer* sebanyak ≥ 0,6% dari berat semen disertai pengurangan air tidak direkomendasikan pada penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat *polypropylene* karena penambahan *superplasticizer* dengan dosis tersebut terbukti dapat memberikan efek yang lebih dominan pada peningkatan kekuatan beton sehingga menutupi pengaruh serat itu sendiri.
3. Terdapat beberapa produk lain dari Sika Indonesia ataupun produsen lain yang dapat digunakan untuk meningkatkan *workability* beton serat. Oleh karena itu, menarik untuk dilakukan penelitian lain mengenai kadar optimum penambahan SikaFiber PPM-12 (serat *polypropylene*) yang dikombinasikan dengan bahan tambah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee 544. 1982. *State of the Art Report on Fiber Reinforced Concrete, Report: ACI 544 IR-82*. American Concrete Institute. Farmington Hills.

Anggoro, R.M. 2019. Pengaruh Penggunaan Serat Polypropylene Terhadap Sifat Mekanis Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash. *Tugas Akhir*. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.

Anonim. 2008. *Buku Panduan Praktikum: Teknologi Bahan Konstruksi*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Astanto, T.B. 2001. *Konstruksi Beton Bertulang*, Edisi Pertama. Kanisius. Yogyakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 1996. *SNI 03-4169-1996: Metode Pengujian Modulus Elastisitas Statis dan Rasio Poison Beton dengan Kompresometer*. BSN. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. BSN. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-2491-2002: Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. BSN. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-2847-2002: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. BSN. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2004. *SNI 15-2049-2004: Semen portland*. BSN. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2011. *SNI 03-1974-2011: Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder yang Dicetak*. BSN. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2011. *SNI 4431-2011: Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. BSN. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 7656-2012: Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. BSN. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 2847-2013: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. BSN. Jakarta.

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

Badan Standarisasi Nasional. 2019. *SNI 2847-2019: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan.* BSN. Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum. 1971. Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.

Dina. 1999. Pengaruh Penggunaan Polypropylene Fiber Terhadap Penyusutan Pada Saat Pre-Hardening Stage. *Tugas Akhir*. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur. Surabaya.

Dipohusodo, I. 1994. Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Hasanr, H., Tatong, B. dan Tole, J. 2013. Pengaruh Penambahan Polypropylene Fiber Mesh Terhadap Sifat Mekanis Beton. *Majalah Ilmiah Mektek*. Tahun XV No. 1. Universitas Tadulako. Palu.

Kartini, W. 2007. Penggunaan Serat Polypropylene untuk Meningkatkan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Rekayasa Perecanaan*. Vol. 4 No.1. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur. Surabaya.

Laksono, A.T. 2022. Pengaruh Serat Polypropylene Terhadap Kekuatan Beton Ringan Beragregat Kasar Breksi Batu Apung. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Mosley dan Bungey. 1989. *Reinforced Concrete Design*, 4th ed. *Department of Civil Engineering. University of Liverpool.* Liverpool.

Mulyono, Tri. 2015. *Teknologi Beton: Dari Teori ke Praktek,* Cetakan Pertama. Lembaga Pengembangan Pendidikan. UNJ. Jakarta.

Murdock, L.J. dan Brook, K.M. 1999. *Bahan dan Praktek Beton*. Terjemahan oleh Ir. Stehphanus Hendarko. Erlangga. Jakarta.

Nawy, E.G. 1998. Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, Cetakan Kedua. PT. Refika Aditama. Bandung.

Prasetya, D.A. 2018. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Viscocrete 1003 Terhadap Karakteristik Beton Normal. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Purnomo, S.W. dan Darmadi, D. 2006. Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene dengan Variasi Panjang Terhadap Kekuatan Beton. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Raynaldi, D. dan Kusdian, R.D. 2019. Pengaruh Penggunaan Superplasticizer Sika Viscocrete 3115 N dan Penggantian Sebagai Semen dengan Fly Ash dalam Variasi 15%, 20%, dan 25% Terhadap Perencanaan Campuran Beton Mutu Tinggi. *Prosiding Seminar SoBAT ke-1*. LPPM USB YPKP. Bandung.

Sika AG. 2014. Concrete SikaFiber Technology. Sika Services AG. Switzerland.

Sika Indonesia. 2016. Product Data Sheet Sika Viscocrete 3115 N. PT. Sika Indonesia Head Office. Bogor.

Sugiatmo, D. 2017. Sifat Mekanis Pada Beton Self Compacting Concrete dengan Menggunakan Bahan Tambah Viscocrete 1003 dan Viscoflow 3211 N. *Thesis*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Solo.

Surdia, T. dan Saito, S. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan kedua. Pradnya Paramita. Jakarta.

Tjokrodimuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil. Biro Penerbit KMTS, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

Umiati, S., Thamrin, R. dan Harti, N. 2019. Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton. *Prosiding 6th Andalas Civil Engineering Conference*. Universitas Andalas Padang. Padang.

Wang, C. dan Salmon, C.G. 1990. *Desain Beton Bertulang*. Terjemahan oleh Hariandja Binsar. Erlangga. Jakarta.

Yusra, A., Opirina, L., Satria, A. dan Isma. 2020. Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*. Vol. 6 No.2. Universitas Teuku Umar. Meulaboh.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Alat yang Digunakan



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



Gambar L-1.2 Oven



Gambar L-1.3 Timbangan



Gambar L-1.4 *Digital Shieve Shaker*



Gambar L1.5 Cetakan Beton Silinder



Gambar L-1.6 Cetakan Beton Balok



Gambar L-1.7 Cetakan Capping



Gambar L-1.8 *Mixer* Beton



Gambar L-1.9 LVDT

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 Merek Gresik



Gambar L-2.4 SikaFiber PPM-12 (*Polypropylene Fiber*)



Gambar L-2.5 Sika Viscocrete 3115 N (*Superplasticizer*)

Lampiran 3 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-3.1 Pencampuran Bahan Penyusun Beton



Gambar L-3.2 Pengujian Slump



Gambar L-3.3 Pencetakan Beton Silinder



Gambar L-3.4 Pencetakan Beton Balok



Gambar L-3.5 Pemasangan Capping



Gambar L-3.6 Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton



Gambar L-3.7 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton



Gambar L-3.8 Pengujian Kuat Lentur Beton

Lampiran 4 Data Hasil Pemeriksaan Material

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

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

Asal Agregat	Merapi
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	485	486	485.5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1173	1011	1092
Berat piknometer berisi air, gram (B)	861	697	779
Berat jenis curah (Bk / (B + 500 - Bt))	2.58	2.61	2.60
Berat jenis SSD (500 / (B + 500 - Bt))	2.66	2.69	2.67
Berat jenis semu (Bk / (B + Bk - Bt)	2.80	2.83	2.81
Penyerapan air ((500 - Bk) / Bk x 100%)	3.09%	2.88%	2.99%

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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR
(SNI 03-1969-2008)

Asal Agregat	Celereng, Kulon Progo, DIY
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4952	4946	4949
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3118	3120	3119
Berat jenis curah (Bk / (Bj – Ba))	2.63	2.63	2.63
Berat jenis kondisi jenuh kering muka (Bj / (Bj - Ba))	2.66	2.66	2.66
Berat jenis semu (Bk / (Bk - Ba)	2.70	2.71	2.70
Penyerapan air ((Bj - Bk) / Bk x 100%)	0.97%	1.09%	1.03%

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

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

Asal Agregat	Merapi
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40.00				
20.00				
10.00				
4.80	0	0.00%	0.00%	100.00%
2.40	29	5.80%	5.80%	94.20%
1.20	72	14.40%	20.20%	79.80%
0.60	142	28.40%	48.60%	51.40%
0.30	135	27.00%	75.60%	24.40%
0.15	73	14.60%	90.20%	9.80%
Sisa	49	9.80%	100.00%	0.00%
Jumlah	500	100.00%	240.40%	

Modulus Halus Butir $= \frac{231{,}46}{100}$

$= 2{,}31$

GRADASI PASIR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah VI
10,00	100	100	100	100
4,80	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,40	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,20	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,60	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,30	5 - 20	80 - 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 VI : Pasir Halus

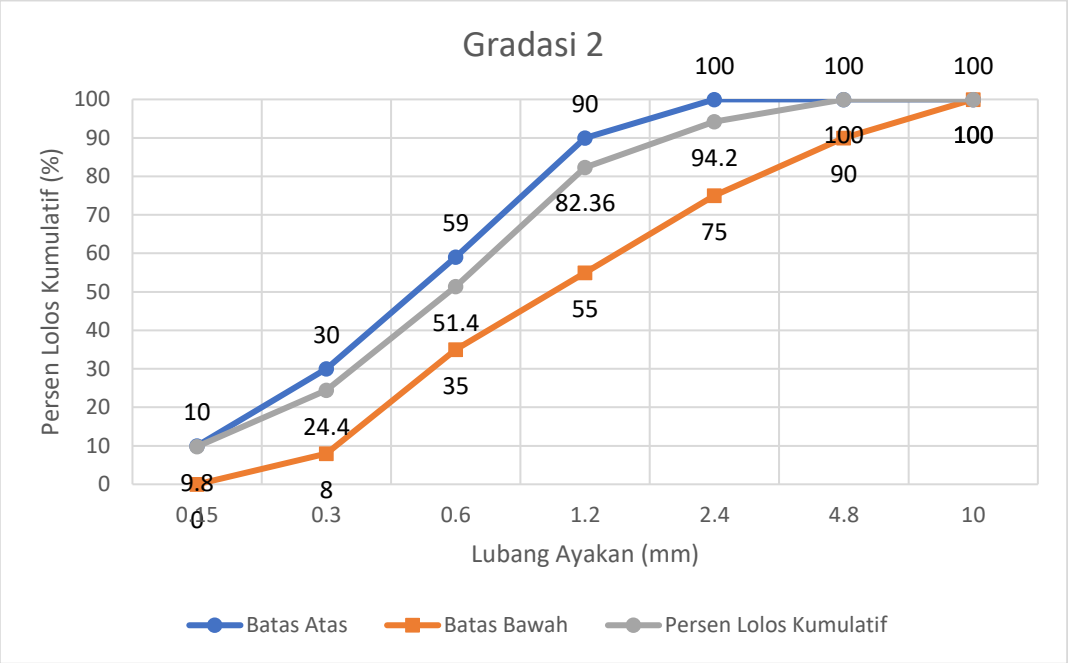
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,5 Telpon (0274) 858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

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

Hasil Analisa Saringan

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

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS (SNI 03-1968-1990)



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

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

Asal Agregat	Celereng, Kulon Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40.00	0	0.00%	0.00%	100.00%
20.00	11	0.22%	0.22%	99.78%
10.00	3725	74.51%	74.73%	25.27%
4.80	1241	24.82%	99.56%	0.44%
2.40	12	0.24%	99.80%	0.20%
1.20	0	0.00%	99.80%	0.20%
0.60	0	0.00%	99.80%	0.20%
0.30	0	0.00%	99.80%	0.20%
0.15	0	0.00%	99.80%	0.20%
Sisa	10	0.20%	100.00%	0.00%
Jumlah	4999	100.00%	673.51%	

Modulus Halus Butir $= \frac{673{,}51}{100}$

$= 6{,}74$

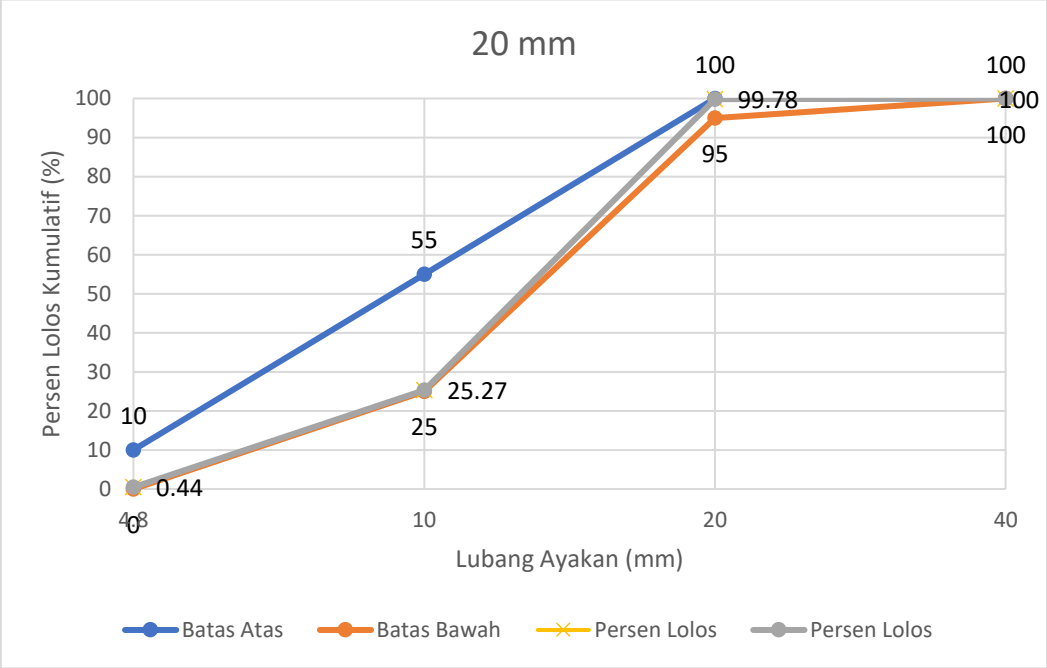
GRADASI KERIKIL

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan / Besar Butiran Maksimum :	
	40 mm	20 mm
40,00	95 - 100	100
20,00	30 - 70	95 - 100
10,00	10 - 35	25 - 55
4,80	0 - 5	0 - 10

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

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

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR (SNI 03-1968-1990)



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

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS
(SNI 03-4804-1998)

Asal Agregat	Merapi
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	**Hasil Pengamatan**		
	Sampel 1	**Sampel 2**	**Rata-rata**
Berat Tabung (W1) gram	10962	10731	10846.5
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	18632	17698	18165
Berat Agregat (W3) gram	7670	6967	7318.5
Volume Tabung (V) cm^3	5390.29	5356.22	5373.25
Berat Volume Gembur = (W3/V) $gram/cm^3$	1.42	1.30	1.36

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

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS
(SNI 03-4804-1998)

Asal Agregat	Merapi
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	**Hasil Pengamatan**		
	Sampel 1	**Sampel 2**	**Rata-rata**
Berat Tabung (W1) gram	10962	10731	10846.50
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	19733	19529	19631
Berat Agregat (W3) gram	8771	8798	8784.50
Volume Tabung (V) cm^3	5390.29	5356.22	5373.25
Berat Volume Padat = (W3/V) $gram/cm^3$	1.63	1.64	1.635

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

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT KASAR
(SNI 03-4804-1998)

Asal Agregat	Celereng, Kulon Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	**Hasil Pengamatan**		
	Sampel 1	**Sampel 2**	**Rata-rata**
Berat Tabung (W1) gram	10962	10731	10846.50
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	18482	18125	18303.50
Berat Agregat (W3) gram	7520	7394	7457.00
Volume Tabung (V) cm^3	5390.286	5356.219	5373.25
Berat Volume Gembur = (W3/V) $gram/cm^3$	1.395	1.380	1.388

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

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT KASAR
(SNI 03-4804-1998)

Asal Agregat	Celereng, Kulon Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	**Hasil Pengamatan**		
	Sampel 1	**Sampel 2**	**Rata-rata**
Berat Tabung (W1) gram	10962	10731	10846.50
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	19251	18881	19066.00
Berat Agregat (W3) gram	8289	8150	8219.50
Volume Tabung (V) cm^3	5390.286	5356.219	5373.25
Berat Volume Padat = (W3/V) $gram/cm^3$	1.538	1.522	1.530

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

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

Asal Agregat	Merapi
Keperluan	Penelitian 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	483	485	484
Persentase yang Lolos Ayakan No. 200 ((W1-W2) / W1) x 100%	3,4%	3%	3,2%

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

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

No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Kuat Tekan Beton yang Disyaratkan	25	MPa	ditetapkan
2	Deviasi Standar	-	MPa	
3	Nilai Tambah / Margin (M)	12	MPa	
4	Kuat Tekan Beton Rata-rata yang Ditargetkan	37	MPa	(1)+(3)
5	Jenis Semen	Tipe 1		ditetapkan
6	Jenis Agregat Halus	Alami		ditetapkan
	Jenis Agregat Kasar	Batu Pecah		ditetapkan
7	Faktor Air Semen Bebas	0,5		Tabel 2, Grafik 1 & 2
	Faktor Air Semen Maksimum	0,6		Tabel 4
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	kg/m^3	Tabel 3
12	Kadar Semen	410	kg/m^3	(11)/(8)
13	Kadar Semen Maksimum	-		
14	Kadar Semen Minimum	325	kg/m^3	Tabel 4
15	Kadar Semen Digunakan	410	kg/m^3	
16	Faktor Air Semen Disesuaikan	-		
17	Susunan Besar Butir Agregat Halus	Daerah II		Grafik 4
18	Berat Jenis Agregat Halus	2,67		
	Berat Jenis Agregat Kasar	2,66		
19	Persen Agregat Halus	41,75	%	Grafik 14
20	Berat Jenis Relatif Agregat (Gabungan) SSD	2,66		
21	Berat Isi Beton	2380	kg/m^3	Grafik 16
22	Kadar Agregat Gabungan	1765	kg/m^3	(21)-(15)-(11)
23	Kadar Agregat Halus	736,887	kg/m^3	(19)x(22)
24	Kadar Agregat Kasar	1028,112	kg/m^3	(22)-(23)

		Semen (kg)	**Air (kg)**	**Agregat**	
				Halus (kg)	**Kasar (kg)**
25	Proporsi Campuran Teoritis (Kondisi SSD)				
	* Setiap m^3	410	205	736,887	1028,112
	* Setiap Campuran Uji (15 benda uji): 0,073m^3	29,93	14,965	53,793	75,052
26	Proporsi Campuran dengan Penyusutan 15%				
	* Setiap m^3	471,5	235,75	847,421	1182,329
	* Setiap Campuran Uji (15 benda uji): 0,084m^3	34,419	17,21	61,862	86,31

Lampiran 5 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

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

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

Nama : Fahrur Ihza Insani
NIM : 17511071
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Kode Benda Uji		Berat (kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampang (mm^2)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan Beton (MPa)
B0	1	13,044	150,83	305,00	17868,35	490	27,42
	2	13,013	150,00	302,17	17671,46	410	23,20
	3	13,141	151,33	302,50	17987,01	455	25,30
	4	12,813	151,07	302,83	17923,68	470	26,22
	5	13,002	150,73	302,50	17844,67	450	25,22
BX5	1	12,661	151,27	301,93	17971,17	510	28,38
	2	12,465	151,12	299,92	17935,55	550	30,67
	3	12,259	148,57	300,70	17335,35	465	26,82
	4	12,405	149,65	301,83	17589,09	505	28,71
	5	12,504	150,68	303,47	17832,83	625	35,05
BX6	1	12,175	154,50	305,97	18747,65	650	34,67
	2	11,846	151,20	304,27	17955,33	715	39,82
	3	11,944	150,07	305,70	17832,83	560	31,40
	4	12,117	153,95	306,47	18614,41	490	26,32
	5	11,899	151,10	305,58	17931,59	540	30,11
BX7	1	12,838	150,00	300,33	17671,46	790	44,70
	2	13,153	153,08	305,27	18405,42	660	35,86
	3	13,143	150,93	303,95	17892,05	725	40,52
	4	12,861	150,33	302,25	17750,09	710	40,00
	5	12,887	152,30	303,20	18217,54	710	38,97
BX8	1	12,879	151,43	303,13	18010,79	665	36,92
	2	12,768	150,83	302,03	17868,35	560	31,34
	3	12,745	150,57	301,93	17805,23	800	44,93
	4	13,158	151,40	304,48	18002,87	705	39,16
	5	12,801	151,92	303,37	18125,95	630	34,76
BX9	1	12,857	152,80	303,17	18337,35	690	37,63
	2	12,890	151,57	304,27	18042,52	505	27,99
	3	12,875	150,70	303,40	17836,78	610	34,20
	4	12,761	151,25	302,45	17967,21	720	40,07
	5	12,915	150,93	302,73	17892,05	560	31,30
BX10	1	12,989	150,10	304,50	17695,03	550	31,08
	2	13,095	152,37	304,27	18233,49	510	27,97
	3	12,865	149,30	302,57	17506,91	575	32,48
	4	13,061	151,43	303,00	18010,79	570	31,65
	5	12,931	152,83	301,35	18345,35	640	34,89

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

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

Diperiksa oleh,

(Darussalam, A.Md.)

Yogyakarta, 6 Juli 2022
Kepala Laboratorium BKT,

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

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

Lampiran 6 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

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

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

Nama : Fahrur Ihza Insani
NIM : 17511071
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)	(kN)	(MPa)
B0	1	12,905	150,00	302,40	17671,46	181	2,54
	2	13,189	153,73	303,37	18562,05	188	2,57
	3	12,797	148,90	303,73	17413,23	160	2,25
	4	12,960	150,97	302,17	17899,96	173	2,41
	5	13,026	150,67	301,87	17828,89	150	2,10
BX5	1	12,275	151,25	300,68	17967,21	179	2,51
	2	12,249	149,52	294,90	17557,76	180	2,60
	3	12,599	150,82	303,23	17864,41	200	2,78
	4	12,504	150,57	298,48	17805,23	190	2,69
	5	12,395	149,70	306,18	17600,84	151	2,10
BX6	1	11,731	151,38	303,05	17998,90	205	2,84
	2	11,618	151,45	304,43	18014,76	188	2,60
	3	11,765	150,57	305,93	17805,23	191	2,64
	4	12,024	152,28	304,93	18213,55	212	2,91
	5	11,941	152,60	304,73	18289,38	187	2,56
BX7	1	12,701	151,90	303,18	18121,97	228	3,15
	2	12,774	152,18	302,57	18189,64	253	3,50
	3	12,753	146,87	305,83	16940,90	220	3,12
	4	13,151	153,47	305,57	18497,71	213	2,89
	5	12,991	151,20	304,95	17955,33	215	2,97
BX8	1	12,911	152,17	303,92	18185,65	254	3,50
	2	13,127	150,80	302,50	17860,46	207	2,89
	3	13,812	148,70	300,90	17366,48	252	3,59
	4	13,252	152,00	305,70	18145,84	187	2,56
	5	13,146	151,60	301,43	18050,46	208	2,90
BX9	1	13,254	152,07	304,78	18161,76	185	2,54
	2	12,932	151,67	303,27	18066,34	209	2,89
	3	12,856	150,57	303,28	17805,23	192	2,68
	4	13,075	151,30	303,03	17979,09	210	2,92
	5	13,060	150,90	304,43	17884,15	192	2,66
BX10	1	12,873	150,27	302,62	17734,35	200	2,80
	2	13,110	152,70	304,33	18313,36	204	2,79
	3	12,978	151,22	303,78	17959,29	161	2,23
	4	12,959	151,00	302,23	17907,86	211	2,94
	5	12,681	149,63	299,87	17585,17	192	2,71

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

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

Diperiksa oleh,

(Darussalam, A.Md.)

Yogyakarta, 6 Juli 2022
Kepala Laboratorium BKT,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

Lampiran 7 Data Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

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

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

Nama : Fahrur Ihza Insani
NIM : 17511071
Asal Instansi : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

I. Data Benda Uji

Kode Benda Uji		Berat (kg)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
B0	1	9,493	400,67	97,76	98,67
	2	9,269	400,00	96,00	99,00
	3	9,019	379,33	100,33	98,83
	4	9,009	380,67	100,53	100,87
	5	8,880	381,00	98,90	99,83
BX5	1	9,035	400,00	99,47	100,42
	2	8,418	380,00	100,42	100,23
	3	8,753	401,67	97,63	99,43
	4	8,428	378,67	101,95	99,00
	5	8,291	380,00	102,02	98,40
BX6	1	8,787	400,00	102,33	100,33
	2	8,404	398,33	99,25	102,03
	3	8,284	380,00	100,48	103,53
	4	8,352	378,33	104,73	103,97
	5	8,984	381,33	101,73	101,03
BX7	1	9,902	397,33	100,50	103,93
	2	9,641	401,33	99,27	102,23
	3	10,153	402,33	101,83	104,97
	4	9,724	402,67	99,00	103,77
	5	9,437	398,33	99,47	101,53
BX8	1	8,821	379,33	101,33	99,00
	2	9,173	398,67	101,57	98,60
	3	9,422	400,00	101,90	100,80
	4	9,368	396,67	103,93	101,33
	5	9,306	403,33	98,47	102,00
BX9	1	9,707	403,33	101,67	102,00
	2	8,681	379,00	100,27	99,20
	3	9,145	399,33	96,87	99,73
	4	9,301	400,67	101,10	99,30
	5	9,465	398,33	102,70	99,53
BX10	1	8,708	381,00	97,43	100,87
	2	9,043	381,33	103,20	96.77
	3	9,448	401,00	99,20	100,47
	4	9,536	400,33	100,93	100,80
	5	9,515	401,67	100,17	100,13

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

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

II. Data Pengujian

Kode Benda Uji		Beban Maksimum (N)	Panjang Bentang (mm)	Lebar Tampang Patah (mm)	Tinggi Tampang Patah (mm)	Kuat Lentur (MPa)
B0	1	8875,02	350,67	98,71	99,78	4,75
	2	8727,92	350,00	96,60	99,40	4,80
	3	9169,22	329,33	98,80	99,30	4,65
	4	8924,05	330,67	100,00	99,40	4,48
	5	9561,48	331,00	97,40	99,20	4,95
BX5	1	8796,57	350,00	99,00	97,70	4,89
	2	9306,51	330,00	97,40	97,70	4,96
	3	9051,54	351,67	97,15	97,95	5,12
	4	9247,67	328,67	97,40	97,70	4,90
	5	9463,42	330,00	99,20	98,40	4,88
BX6	1	11020,67	350,00	97,80	101,30	5,77
	2	9894,91	348,33	98,70	101,80	5,05
	3	10247,95	330,00	98,60	99,70	5,18
	4	10640,22	328,33	97,60	102,90	5,07
	5	10395,05	331,33	99,00	99,70	5,25
BX7	1	10591,18	347,33	99,30	103,80	5,16
	2	11620,88	351,33	98,80	102,50	5,90
	3	11424,75	352,33	101.50	105,00	5,40
	4	11130,55	352,67	98,30	102,40	5,71
	5	11179,58	348,33	98,70	101,90	5,70
BX8	1	10493,12	329,33	98,50	99,00	5,37
	2	10002,78	348,67	100,60	97,20	5,50
	3	10100,85	350,00	98,70	99,55	5,42
	4	9855,68	346,67	99,30	100,03	5,16
	5	10051,82	353,33	97,65	100,06	5,45
BX9	1	10591,18	353,33	100,02	102,20	5,37
	2	9561,48	329,00	98,00	98,50	4,96
	3	9463,42	349,33	96,10	100,00	5,16
	4	10346,02	350,67	99,05	97,70	5,76
	5	10051,82	348,33	100,02	99,80	5,27
BX10	1	9162,22	331,00	95,10	101,00	4,69
	2	9610,52	331,33	101,80	97,20	4,97
	3	10149,88	351,00	97,00	101,00	5,40
	4	9904,716	350,33	98,30	100,05	5,29
	5	7698,22	352,67	97,80	99,80	4,17

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

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

Diperiksa oleh,

(Darussalam, A.Md.)

Yogyakarta, 6 Juli 2022
Kepala Laboratorium BKT,

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

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

Lampiran 8 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
B0-1	150,83	305,00	17868,354	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	10.5	0.00525	0.00002625	0.5596
20	16.5	0.00825	0.00004125	1.1193
30	22	0.011	0.000055	1.6789
40	29	0.0145	0.0000725	2.2386
50	35	0.0175	0.0000875	2.7982
60	42	0.021	0.000105	3.3579
70	**49**	**0.0245**	**0.0001225**	**3.9175**
80	56.5	0.02825	0.00014125	4.4772
90	64	0.032	0.00016	5.0368
100	70.5	0.03525	0.00017625	5.5965
110	77	0.0385	0.0001925	6.1561
120	83.4	0.0417	0.0002085	6.7158
130	90.9	0.04545	0.00022725	7.2754
140	96.9	0.04845	0.00024225	7.8351
150	104.4	0.0522	0.000261	8.3947
160	111.4	0.0557	0.0002785	8.9544
170	117.9	0.05895	0.00029475	9.5140
180	126.4	0.0632	0.000316	10.0737
190	135.4	0.0677	0.0003385	10.6333
200	**144.4**	**0.0722**	**0.000361**	**11.1930**
210	151.9	0.07595	0.00037975	11.7526
220	160.4	0.0802	0.000401	12.3123
230	169.4	0.0847	0.0004235	12.8719
240	178.4	0.0892	0.000446	13.4316
250	189.9	0.09495	0.00047475	13.9912
260	195.9	0.09795	0.00048975	14.5509
270	205.4	0.1027	0.0005135	15.1105
280	214.4	0.1072	0.000536	15.6702
290	227.9	0.11395	0.00056975	16.2298
300	238.4	0.1192	0.000596	16.7895
310	247.9	0.12395	0.00061975	17.3491
320	260.8	0.1304	0.000652	17.9088

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
330	266.8	0.1334	0.000667	18.4684
340	273.8	0.1369	0.0006845	19.0281
350	280.3	0.14015	0.00070075	19.5877
360	289.8	0.1449	0.0007245	20.1474
370	301.3	0.15065	0.00075325	20.7070
380	311.8	0.1559	0.0007795	21.2666
390	327.3	0.16365	0.00081825	21.8263
400	347.8	0.1739	0.0008695	22.3859
410	361.8	0.1809	0.0009045	22.9456
420	376.8	0.1884	0.000942	23.5052
430	394.8	0.1974	0.000987	24.0649
440	414.8	0.2074	0.001037	24.6245
450	434.2	0.2171	0.0010855	25.1842
460	463.2	0.2316	0.001158	25.7438
470	480.7	0.24035	0.00120175	26.3035
480	517.7	0.25885	0.00129425	26.8631
490	600.6	0.3003	0.0015015	27.4228
480	699.1	0.34955	0.00174775	26.8631
470	812	0.406	0.00203	26.3035

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
B0-3	151,33	302,50	17987,014	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	16.5	0.00825	0.00004125	0.5560
20	26.5	0.01325	0.00006625	1.1119
30	38	0.019	0.000095	1.6679
40	45	0.0225	0.0001125	2.2238
50	53.5	0.02675	0.00013375	2.7798
60	62.5	0.03125	0.00015625	3.3357
70	69	0.0345	0.0001725	3.8917
80	**77**	**0.0385**	**0.0001925**	**4.4477**
90	84.4	0.0422	0.000211	5.0036
100	90.4	0.0452	0.000226	5.5596
110	95.4	0.0477	0.0002385	6.1155
120	103.4	0.0517	0.0002585	6.6715
130	108.4	0.0542	0.000271	7.2274
140	114.4	0.0572	0.000286	7.7834
150	126.4	0.0632	0.000316	8.3393
160	135.9	0.06795	0.00033975	8.8953
170	145.4	0.0727	0.0003635	9.4513
180	**156.9**	**0.07845**	**0.00039225**	**10.0072**
190	164.4	0.0822	0.000411	10.5632
200	176.4	0.0882	0.000441	11.1191
210	184.9	0.09245	0.00046225	11.6751
220	198.9	0.09945	0.00049725	12.2310
230	209.4	0.1047	0.0005235	12.7870
240	219.4	0.1097	0.0005485	13.3430
250	235.4	0.1177	0.0005885	13.8989
260	243.4	0.1217	0.0006085	14.4549
270	256.3	0.12815	0.00064075	15.0108
280	267.8	0.1339	0.0006695	15.5668
290	282.3	0.14115	0.00070575	16.1227
300	304.8	0.1524	0.000762	16.6787
310	316.8	0.1584	0.000792	17.2347
320	328.3	0.16415	0.00082075	17.7906
330	348.3	0.17415	0.00087075	18.3466
340	365.3	0.18265	0.00091325	18.9025

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	386.8	0.1934	0.000967	19.4585
360	405.8	0.2029	0.0010145	20.0144
370	420.2	0.2101	0.0010505	20.5704
380	454.7	0.22735	0.00113675	21.1264
390	484.2	0.2421	0.0012105	21.6823
400	517.7	0.25885	0.00129425	22.2383
410	561.7	0.28085	0.00140425	22.7942
420	599.1	0.29955	0.00149775	23.3502
430	674.1	0.33705	0.00168525	23.9061
440	847.5	0.42375	0.00211875	24.4621
450	1214.8	0.6074	0.003037	25.0180
455	1366.7	0.68335	0.00341675	25.2960
440	1543.6	0.7718	0.003859	24.4621
430	1767.4	0.8837	0.0044185	23.9061

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
B0-4	151,07	302,83	17923,680	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	12.5	0.00625	0.00003125	0.5579
20	18.5	0.00925	0.00004625	1.1158
30	27	0.0135	0.0000675	1.6738
40	36.5	0.01825	0.00009125	2.2317
50	41.5	0.02075	0.00010375	2.7896
60	50	0.025	0.000125	3.3475
70	**58.5**	**0.02925**	**0.00014625**	**3.9054**
80	65	0.0325	0.0001625	4.4634
90	73.5	0.03675	0.00018375	5.0213
100	78.5	0.03925	0.00019625	5.5792
110	84.4	0.0422	0.000211	6.1371
120	91.9	0.04595	0.00022975	6.6951
130	99.4	0.0497	0.0002485	7.2530
140	105.4	0.0527	0.0002635	7.8109
150	116.9	0.05845	0.00029225	8.3688
160	125.9	0.06295	0.00031475	8.9267
170	135.9	0.06795	0.00033975	9.4847
180	146.9	0.07345	0.00036725	10.0426
190	**157.9**	**0.07895**	**0.00039475**	**10.6005**
200	164.9	0.08245	0.00041225	11.1584
210	175.4	0.0877	0.0004385	11.7163
220	184.4	0.0922	0.000461	12.2743
230	195.4	0.0977	0.0004885	12.8322
240	204.4	0.1022	0.000511	13.3901
250	216.4	0.1082	0.000541	13.9480
260	223.4	0.1117	0.0005585	14.5059
270	234.4	0.1172	0.000586	15.0639
280	243.9	0.12195	0.00060975	15.6218
290	257.8	0.1289	0.0006445	16.1797
300	268.3	0.13415	0.00067075	16.7376
310	278.8	0.1394	0.000697	17.2956
320	295.3	0.14765	0.00073825	17.8535
330	304.8	0.1524	0.000762	18.4114
340	316.8	0.1584	0.000792	18.9693

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	331.3	0.16565	0.00082825	19.5272
360	346.8	0.1734	0.000867	20.0852
370	358.8	0.1794	0.000897	20.6431
380	378.8	0.1894	0.000947	21.2010
390	401.8	0.2009	0.0010045	21.7589
400	423.2	0.2116	0.001058	22.3168
410	441.2	0.2206	0.001103	22.8748
420	476.2	0.2381	0.0011905	23.4327
430	501.7	0.25085	0.00125425	23.9906
440	546.7	0.27335	0.00136675	24.5485
450	588.6	0.2943	0.0014715	25.1065
460	621.6	0.3108	0.001554	25.6644
470	685.6	0.3428	0.001714	26.2223
460	835.5	0.41775	0.00208875	25.6644
450	924.4	0.4622	0.002311	25.1065

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX5-1	151,27	301,93	17971,170	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	15.5	0.00775	0.00003875	0.5564
20	25	0.0125	0.0000625	1.1129
30	34	0.017	0.000085	1.6693
40	44.5	0.02225	0.00011125	2.2258
50	50	0.025	0.000125	2.7822
60	**55**	0.0275	0.0001375	3.3387
70	61.5	0.03075	0.00015375	3.8951
80	69	0.0345	0.0001725	4.4516
90	73	0.0365	0.0001825	5.0080
100	83.4	0.0417	0.0002085	5.5645
110	**89.9**	**0.04495**	**0.00022475**	**6.1209**
120	98.4	0.0492	0.000246	6.6774
130	105.9	0.05295	0.00026475	7.2338
140	117.9	0.05895	0.00029475	7.7903
150	122.4	0.0612	0.000306	8.3467
160	133.9	0.06695	0.00033475	8.9031
170	138.9	0.06945	0.00034725	9.4596
180	146.9	0.07345	0.00036725	10.0160
190	159.9	0.07995	0.00039975	10.5725
200	**166.9**	**0.08345**	**0.00041725**	**11.1289**
210	176.4	0.0882	0.000441	11.6854
220	191.4	0.0957	0.0004785	12.2418
230	201.4	0.1007	0.0005035	12.7983
240	210.4	0.1052	0.000526	13.3547
250	222.9	0.11145	0.00055725	13.9112
260	235.4	0.1177	0.0005885	14.4676
270	244.9	0.12245	0.00061225	15.0241
280	253.3	0.12665	0.00063325	15.5805
290	267.3	0.13365	0.00066825	16.1370
300	277.3	0.13865	0.00069325	16.6934
310	293.3	0.14665	0.00073325	17.2499
320	303.8	0.1519	0.0007595	17.8063
330	320.3	0.16015	0.00080075	18.3627
340	331.8	0.1659	0.0008295	18.9192

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	351.3	0.17565	0.00087825	19.4756
360	369.3	0.18465	0.00092325	20.0321
370	381.3	0.19065	0.00095325	20.5885
380	399.8	0.1999	0.0009995	21.1450
390	418.2	0.2091	0.0010455	21.7014
400	435.2	0.2176	0.001088	22.2579
410	453.2	0.2266	0.001133	22.8143
420	474.2	0.2371	0.0011855	23.3708
430	492.2	0.2461	0.0012305	23.9272
440	519.7	0.25985	0.00129925	24.4837
450	548.2	0.2741	0.0013705	25.0401
460	569.7	0.28485	0.00142425	25.5966
470	608.1	0.30405	0.00152025	26.1530
480	637.6	0.3188	0.001594	26.7094
490	670.6	0.3353	0.0016765	27.2659
500	753.5	0.37675	0.00188375	27.8223
510	907	0.4535	0.0022675	28.3788
500	1161.8	0.5809	0.0029045	27.8223
490	1355.2	0.6776	0.003388	27.2659

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX5-3	148,57	300,70	17335,351	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	10	0.005	0.000025	0.5769
20	18	0.009	0.000045	1.1537
30	27.5	0.01375	0.00006875	1.7306
40	36.5	0.01825	0.00009125	2.3074
50	47	0.0235	0.0001175	2.8843
60	52.5	0.02625	0.00013125	3.4611
70	57.5	0.02875	0.00014375	4.0380
80	**64**	**0.032**	**0.00016**	**4.6148**
90	71.5	0.03575	0.00017875	5.1917
100	75.5	0.03775	0.00018875	5.7686
110	85.9	0.04295	0.00021475	6.3454
120	92.4	0.0462	0.000231	6.9223
130	100.9	0.05045	0.00025225	7.4991
140	108.4	0.0542	0.000271	8.0760
150	120.4	0.0602	0.000301	8.6528
160	124.9	0.06245	0.00031225	9.2297
170	136.4	0.0682	0.000341	9.8066
180	141.4	0.0707	0.0003535	10.3834
190	**149.4**	**0.0747**	**0.0003735**	**10.9603**
200	162.4	0.0812	0.000406	11.5371
210	169.4	0.0847	0.0004235	12.1140
220	178.9	0.08945	0.00044725	12.6908
230	193.9	0.09695	0.00048475	13.2677
240	203.9	0.10195	0.00050975	13.8445
250	212.9	0.10645	0.00053225	14.4214
260	225.4	0.1127	0.0005635	14.9983
270	237.9	0.11895	0.00059475	15.5751
280	247.4	0.1237	0.0006185	16.1520
290	255.8	0.1279	0.0006395	16.7288
300	269.8	0.1349	0.0006745	17.3057
310	279.8	0.1399	0.0006995	17.8825
320	295.8	0.1479	0.0007395	18.4594
330	306.3	0.15315	0.00076575	19.0362
340	322.8	0.1614	0.000807	19.6131

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	334.3	0.16715	0.00083575	20.1900
360	353.8	0.1769	0.0008845	20.7668
370	371.8	0.1859	0.0009295	21.3437
380	383.8	0.1919	0.0009595	21.9205
390	402.3	0.20115	0.00100575	22.4974
400	420.7	0.21035	0.00105175	23.0742
410	437.7	0.21885	0.00109425	23.6511
420	455.7	0.22785	0.00113925	24.2279
430	476.7	0.23835	0.00119175	24.8048
440	494.7	0.24735	0.00123675	25.3817
450	527.2	0.2636	0.001318	25.9585
460	560.7	0.28035	0.00140175	26.5354
465	592.2	0.2961	0.0014805	26.8238
450	734	0.367	0.001835	25.9585
440	887.5	0.44375	0.00221875	25.3817

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX5-4	148,65	301,83	17589,088	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	8.5	0.00425	0.00002125	0.5685
20	16.5	0.00825	0.00004125	1.1371
30	25.5	0.01275	0.00006375	1.7056
40	36.5	0.01825	0.00009125	2.2741
50	48.5	0.02425	0.00012125	2.8427
60	**56.5**	**0.02825**	**0.00014125**	**3.4112**
70	65.5	0.03275	0.00016375	3.9797
80	70.5	0.03525	0.00017625	4.5483
90	73.5	0.03675	0.00018375	5.1168
100	76.5	0.03825	0.00019125	5.6853
110	78.5	0.03925	0.00019625	6.2539
120	88.5	0.04425	0.00022125	6.8224
130	98.9	0.04945	0.00024725	7.3909
140	108.9	0.05445	0.00027225	7.9595
150	120.4	0.0602	0.000301	8.5280
160	125.9	0.06295	0.00031475	9.0965
170	135.9	0.06795	0.00033975	9.6651
180	146.9	0.07345	0.00036725	10.2336
190	157.9	0.07895	0.00039475	10.8022
200	**165.9**	**0.08295**	**0.00041475**	**11.3707**
210	173.9	0.08695	0.00043475	11.9392
220	184.4	0.0922	0.000461	12.5078
230	197.4	0.0987	0.0004935	13.0763
240	206.9	0.10345	0.00051725	13.6448
250	219.4	0.1097	0.0005485	14.2134
260	228.4	0.1142	0.000571	14.7819
270	236.4	0.1182	0.000591	15.3504
280	249.8	0.1249	0.0006245	15.9190
290	263.8	0.1319	0.0006595	16.4875
300	271.3	0.13565	0.00067825	17.0560
310	282.8	0.1414	0.000707	17.6246
320	294.3	0.14715	0.00073575	18.1931
330	302.3	0.15115	0.00075575	18.7616
340	317.8	0.1589	0.0007945	19.3302

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	332.3	0.16615	0.00083075	19.8987
360	343.3	0.17165	0.00085825	20.4672
370	360.8	0.1804	0.000902	21.0358
380	370.8	0.1854	0.000927	21.6043
390	388.3	0.19415	0.00097075	22.1728
400	402.8	0.2014	0.001007	22.7414
410	422.7	0.21135	0.00105675	23.3099
420	433.7	0.21685	0.00108425	23.8784
430	449.7	0.22485	0.00112425	24.4470
440	468.2	0.2341	0.0011705	25.0155
450	488.7	0.24435	0.00122175	25.5840
460	512.2	0.2561	0.0012805	26.1526
470	527.7	0.26385	0.00131925	26.7211
480	553.2	0.2766	0.001383	27.2896
490	574.7	0.28735	0.00143675	27.8582
500	597.6	0.2988	0.001494	28.4267
505	632.6	0.3163	0.0015815	28.7110
490	696.1	0.34805	0.00174025	27.8582
480	936.9	0.46845	0.00234225	27.2896

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX6-1	154,50	305,97	18747,651	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	13	0.0065	0.0000325	0.5334
20	17.5	0.00875	0.00004375	1.0668
30	34	0.017	0.000085	1.6002
40	37	0.0185	0.0000925	2.1336
50	42	0.021	0.000105	2.6670
60	47.5	0.02375	0.00011875	3.2004
70	54	0.027	0.000135	3.7338
80	**59**	**0.0295**	**0.0001475**	**4.2672**
90	64	0.032	0.00016	4.8006
100	68	0.034	0.00017	5.3340
110	73.5	0.03675	0.00018375	5.8674
120	78.5	0.03925	0.00019625	6.4008
130	85.4	0.0427	0.0002135	6.9342
140	90.9	0.04545	0.00022725	7.4676
150	96.9	0.04845	0.00024225	8.0010
160	104.4	0.0522	0.000261	8.5344
170	107.9	0.05395	0.00026975	9.0678
180	114.4	0.0572	0.000286	9.6012
190	119.4	0.0597	0.0002985	10.1346
200	126.9	0.06345	0.00031725	10.6680
210	131.3	0.06565	0.00032825	11.2014
220	139.9	0.06995	0.00034975	11.7348
230	147.9	0.07395	0.00036975	12.2682
240	153.9	0.07695	0.00038475	12.8016
250	159.4	0.0797	0.0003985	13.3350
260	**168.9**	**0.08445**	**0.00042225**	**13.8684**
270	173.9	0.08695	0.00043475	14.4018
280	182.9	0.09145	0.00045725	14.9352
290	190.4	0.0952	0.000476	15.4686
300	200.4	0.1002	0.000501	16.0020
310	207.4	0.1037	0.0005185	16.5354
320	213.4	0.1067	0.0005335	17.0688
330	220.4	0.1102	0.000551	17.6022
340	226.4	0.1132	0.000566	18.1356

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	235.9	0.11795	0.00058975	18.6690
360	244.9	0.12245	0.00061225	19.2024
370	252.8	0.1264	0.000632	19.7358
380	262.8	0.1314	0.000657	20.2692
390	269.8	0.1349	0.0006745	20.8026
400	277.8	0.1389	0.0006945	21.3360
410	284.3	0.14215	0.00071075	21.8694
420	294.8	0.1474	0.000737	22.4028
430	305.8	0.1529	0.0007645	22.9362
440	314.8	0.1574	0.000787	23.4696
450	322.3	0.16115	0.00080575	24.0030
460	332.8	0.1664	0.000832	24.5364
470	349.8	0.1749	0.0008745	25.0698
480	364.3	0.18215	0.00091075	25.6032
490	377.8	0.1889	0.0009445	26.1366
500	387.3	0.19365	0.00096825	26.6700
510	395.3	0.19765	0.00098825	27.2034
520	404.8	0.2024	0.001012	27.7368
530	413.3	0.20665	0.00103325	28.2702
540	427.7	0.21385	0.00106925	28.8036
550	435.7	0.21785	0.00108925	29.3370
560	444.7	0.22235	0.00111175	29.8704
570	453.7	0.22685	0.00113425	30.4038
580	464.2	0.2321	0.0011605	30.9372
590	473.2	0.2366	0.001183	31.4706
600	491.7	0.24585	0.00122925	32.0040
610	499.7	0.24985	0.00124925	32.5374
620	511.2	0.2556	0.001278	33.0708
630	530.7	0.26535	0.00132675	33.6042
640	580.2	0.2901	0.0014505	34.1376
650	623.6	0.3118	0.001559	34.6710
640	624.6	0.3123	0.0015615	34.1376
630	625.6	0.3128	0.001564	33.6042

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX6-2	151,20	304,27	17955,333	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	8.5	0.00425	0.00002125	0.5569
20	14	0.007	0.000035	1.1139
30	20.5	0.01025	0.00005125	1.6708
40	25	0.0125	0.0000625	2.2278
50	30	0.015	0.000075	2.7847
60	35.5	0.01775	0.00008875	3.3416
70	40	0.02	0.0001	3.8986
80	44	0.022	0.00011	4.4555
90	49.5	0.02475	0.00012375	5.0124
100	57	0.0285	0.0001425	5.5694
110	**63**	**0.0315**	**0.0001575**	**6.1263**
120	69.5	0.03475	0.00017375	6.6833
130	75.5	0.03775	0.00018875	7.2402
140	82	0.041	0.000205	7.7971
150	87.9	0.04395	0.00021975	8.3541
160	96.9	0.04845	0.00024225	8.9110
170	101.9	0.05095	0.00025475	9.4679
180	106.9	0.05345	0.00026725	10.0249
190	112.9	0.05645	0.00028225	10.5818
200	118.9	0.05945	0.00029725	11.1388
210	126.9	0.06345	0.00031725	11.6957
220	133.9	0.06695	0.00033475	12.2526
230	140.9	0.07045	0.00035225	12.8096
240	147.9	0.07395	0.00036975	13.3665
250	156.9	0.07845	0.00039225	13.9234
260	162.4	0.0812	0.000406	14.4804
270	171.4	0.0857	0.0004285	15.0373
280	**176.4**	**0.0882**	**0.000441**	**15.5943**
290	186.4	0.0932	0.000466	16.1512
300	196.9	0.09845	0.00049225	16.7081
310	210.9	0.10545	0.00052725	17.2651
320	218.4	0.1092	0.000546	17.8220
330	224.4	0.1122	0.000561	18.3789
340	230.4	0.1152	0.000576	18.9359

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	245.9	0.12295	0.00061475	19.4928
360	252.3	0.12615	0.00063075	20.0498
370	258.3	0.12915	0.00064575	20.6067
380	269.3	0.13465	0.00067325	21.1636
390	275.3	0.13765	0.00068825	21.7206
400	285.3	0.14265	0.00071325	22.2775
410	292.8	0.1464	0.000732	22.8344
420	307.3	0.15365	0.00076825	23.3914
430	317.8	0.1589	0.0007945	23.9483
440	325.8	0.1629	0.0008145	24.5053
450	337.3	0.16865	0.00084325	25.0622
460	343.8	0.1719	0.0008595	25.6191
470	354.8	0.1774	0.000887	26.1761
480	364.8	0.1824	0.000912	26.7330
490	374.3	0.18715	0.00093575	27.2899
500	383.3	0.19165	0.00095825	27.8469
510	395.3	0.19765	0.00098825	28.4038
520	408.3	0.20415	0.00102075	28.9608
530	420.7	0.21035	0.00105175	29.5177
540	429.7	0.21485	0.00107425	30.0746
550	441.2	0.2206	0.001103	30.6316
560	453.2	0.2266	0.001133	31.1885
570	462.2	0.2311	0.0011555	31.7454
580	473.3	0.23665	0.00118325	32.3024
590	485.2	0.2426	0.001213	32.8593
600	498.2	0.2491	0.0012455	33.4163
610	510.2	0.2551	0.0012755	33.9732
620	528.2	0.2641	0.0013205	34.5301
630	538.7	0.26935	0.00134675	35.0871
640	556.7	0.27835	0.00139175	35.6440
650	571.2	0.2856	0.001428	36.2009
660	585.1	0.29255	0.00146275	36.7579
670	595.6	0.2978	0.001489	37.3148
680	613.1	0.30655	0.00153275	37.8718
690	628.6	0.3143	0.0015715	38.4287
700	663.1	0.33155	0.00165775	38.9856
710	711.1	0.35555	0.00177775	39.5426
700	809	0.4045	0.0020225	38.9856
690	1132.3	0.56615	0.00283075	38.4287

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX6-4	153,95	306,47	18614,41	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	14.5	0.00725	0.00003625	0.5372
20	21.5	0.01075	0.00005375	1.0744
30	30.5	0.01525	0.00007625	1.6117
40	39.5	0.01975	0.00009875	2.1489
50	48	0.024	0.00012	2.6861
60	56.5	0.02825	0.00014125	3.2233
70	65	0.0325	0.0001625	3.7605
80	75.5	0.03775	0.00018875	4.2977
90	86.4	0.0432	0.000216	4.8350
100	92.4	0.0462	0.000231	5.3722
110	105.4	0.0527	0.0002635	5.9094
120	113.4	0.0567	0.0002835	6.4466
130	**122.4**	**0.0612**	**0.000306**	**6.9838**
140	130.9	0.06545	0.00032725	7.5211
150	135.4	0.0677	0.0003385	8.0583
160	147.4	0.0737	0.0003685	8.5955
170	157.4	0.0787	0.0003935	9.1327
180	167.9	0.08395	0.00041975	9.6699
190	174.4	0.0872	0.000436	10.2071
200	**185.4**	**0.0927**	**0.0004635**	**10.7444**
210	200.9	0.10045	0.00050225	11.2816
220	207.4	0.1037	0.0005185	11.8188
230	220.4	0.1102	0.000551	12.3560
240	233.9	0.11695	0.00058475	12.8932
250	242.9	0.12145	0.00060725	13.4305
260	250.8	0.1254	0.000627	13.9677
270	267.8	0.1339	0.0006695	14.5049
280	281.3	0.14065	0.00070325	15.0421
290	296.8	0.1484	0.000742	15.5793
300	307.8	0.1539	0.0007695	16.1165
310	325.3	0.16265	0.00081325	16.6538
320	334.8	0.1674	0.000837	17.1910
330	351.3	0.17565	0.00087825	17.7282
340	366.3	0.18315	0.00091575	18.2654

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	381.3	0.19065	0.00095325	18.8026
360	391.8	0.1959	0.0009795	19.3399
370	408.3	0.20415	0.00102075	19.8771
380	424.7	0.21235	0.00106175	20.4143
390	440.7	0.22035	0.00110175	20.9515
400	464.2	0.2321	0.0011605	21.4887
410	493.7	0.24685	0.00123425	22.0259
420	528.6	0.2643	0.0013215	22.5632
430	532.8	0.2664	0.001332	23.1004
440	585.5	0.29275	0.00146375	23.6376
450	670.1	0.33505	0.00167525	24.1748
460	706.6	0.3533	0.0017665	24.7120
470	744.1	0.37205	0.00186025	25.2493
480	821.5	0.41075	0.00205375	25.7865
490	894.6	0.4473	0.0022365	26.3237
480	1019.4	0.5097	0.0025485	25.7865
470	1071.6	0.5358	0.002679	25.2493

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX7-1	150,00	300,33	17671,46	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	16	0.008	0.00004	0.5659
20	23.5	0.01175	0.00005875	1.1318
30	35.5	0.01775	0.00008875	1.6977
40	43	0.0215	0.0001075	2.2635
50	48	0.024	0.00012	2.8294
60	58.5	0.02925	0.00014625	3.3953
70	64.5	0.03225	0.00016125	3.9612
80	75.5	0.03775	0.00018875	4.5271
90	84.9	0.04245	0.00021225	5.0930
100	91.4	0.0457	0.0002285	5.6588
110	98.4	0.0492	0.000246	6.2247
120	108.9	0.05445	0.00027225	6.7906
130	117.4	0.0587	0.0002935	7.3565
140	125.9	0.06295	0.00031475	7.9224
150	133.4	0.0667	0.0003335	8.4883
160	141.4	0.0707	0.0003535	9.0541
170	**151.4**	**0.0757**	**0.0003785**	**9.6200**
180	157.9	0.07895	0.00039475	10.1859
190	164.4	0.0822	0.000411	10.7518
200	170.4	0.0852	0.000426	11.3177
210	179.4	0.0897	0.0004485	11.8836
220	191.9	0.09595	0.00047975	12.4495
230	199.4	0.0997	0.0004985	13.0153
240	211.4	0.1057	0.0005285	13.5812
250	216.9	0.10845	0.00054225	14.1471
260	221.9	0.11095	0.00055475	14.7130
270	228.9	0.11445	0.00057225	15.2789
280	236.4	0.1182	0.000591	15.8448
290	246.9	0.12345	0.00061725	16.4106
300	257.8	0.1289	0.0006445	16.9765
310	266.8	0.1334	0.000667	17.5424
320	**274.3**	**0.13715**	**0.00068575**	**18.1083**
330	283.3	0.14165	0.00070825	18.6742
340	290.3	0.14515	0.00072575	19.2401

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	299.3	0.14965	0.00074825	19.8059
360	309.8	0.1549	0.0007745	20.3718
370	320.8	0.1604	0.000802	20.9377
380	329.3	0.16465	0.00082325	21.5036
390	340.3	0.17015	0.00085075	22.0695
400	355.3	0.17765	0.00088825	22.6354
410	364.3	0.18215	0.00091075	23.2013
420	370.8	0.1854	0.000927	23.7671
430	380.8	0.1904	0.000952	24.3330
440	388.8	0.1944	0.000972	24.8989
450	402.8	0.2014	0.001007	25.4648
460	410.3	0.20515	0.00102575	26.0307
470	423.7	0.21185	0.00105925	26.5966
480	434.7	0.21735	0.00108675	27.1624
490	446.7	0.22335	0.00111675	27.7283
500	454.2	0.2271	0.0011355	28.2942
510	463.7	0.23185	0.00115925	28.8601
520	473.2	0.2366	0.001183	29.4260
530	484.2	0.2421	0.0012105	29.9919
540	494.2	0.2471	0.0012355	30.5577
550	503.2	0.2516	0.001258	31.1236
560	515.2	0.2576	0.001288	31.6895
570	527.7	0.26385	0.00131925	32.2554
580	539.7	0.26985	0.00134925	32.8213
590	552.7	0.27635	0.00138175	33.3872
600	561.7	0.28085	0.00140425	33.9531
610	572.7	0.28635	0.00143175	34.5189
620	583.6	0.2918	0.001459	35.0848
630	595.6	0.2978	0.001489	35.6507
640	607.6	0.3038	0.001519	36.2166
650	620.1	0.31005	0.00155025	36.7825
660	633.6	0.3168	0.001584	37.3484
670	647.6	0.3238	0.001619	37.9142
680	661.1	0.33055	0.00165275	38.4801
690	674.6	0.3373	0.0016865	39.0460
700	693.1	0.34655	0.00173275	39.6119
710	709.1	0.35455	0.00177275	40.1778
720	721.1	0.36055	0.00180275	40.7437
730	743.1	0.37155	0.00185775	41.3095
740	769	0.3845	0.0019225	41.8754
750	789.5	0.39475	0.00197375	42.4413
760	818	0.409	0.002045	43.0072

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
770	853	0.4265	0.0021325	43.5731
780	938.9	0.46945	0.00234725	44.1390
790	968.9	0.48445	0.00242225	44.7049
780	1070.4	0.5352	0.002676	44.1390
770	1088.8	0.5444	0.002722	43.5731

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX7-3	150,93	303,95	17892,05	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	12.5	0.00625	0.00003125	0.5589
20	15.5	0.00775	0.00003875	1.1178
30	23	0.0115	0.0000575	1.6767
40	31.5	0.01575	0.00007875	2.2356
50	38	0.019	0.000095	2.7945
60	43.5	0.02175	0.00010875	3.3534
70	51	0.0255	0.0001275	3.9124
80	56	0.028	0.00014	4.4713
90	65	0.0325	0.0001625	5.0302
100	70.5	0.03525	0.00017625	5.5891
110	76.5	0.03825	0.00019125	6.1480
120	83	0.0415	0.0002075	6.7069
130	86.9	0.04345	0.00021725	7.2658
140	**93.4**	**0.0467**	**0.0002335**	**7.8247**
150	101.9	0.05095	0.00025475	8.3836
160	105.9	0.05295	0.00026475	8.9425
170	113.4	0.0567	0.0002835	9.5014
180	119.9	0.05995	0.00029975	10.0603
190	129.4	0.0647	0.0003235	10.6192
200	137.4	0.0687	0.0003435	11.1781
210	144.9	0.07245	0.00036225	11.7371
220	152.4	0.0762	0.000381	12.2960
230	156.9	0.07845	0.00039225	12.8549
240	164.4	0.0822	0.000411	13.4138
250	174.9	0.08745	0.00043725	13.9727
260	182.9	0.09145	0.00045725	14.5316
270	190.9	0.09545	0.00047725	15.0905
280	199.9	0.09995	0.00049975	15.6494
290	**207.9**	**0.10395**	**0.00051975**	**16.2083**
300	214.4	0.1072	0.000536	16.7672
310	228.4	0.1142	0.000571	17.3261
320	234.4	0.1172	0.000586	17.8850
330	240.9	0.12045	0.00060225	18.4439
340	244.9	0.12245	0.00061225	19.0028

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	258.8	0.1294	0.000647	19.5618
360	263.3	0.13165	0.00065825	20.1207
370	272.8	0.1364	0.000682	20.6796
380	285.8	0.1429	0.0007145	21.2385
390	290.8	0.1454	0.000727	21.7974
400	299.8	0.1499	0.0007495	22.3563
410	302.3	0.15115	0.00075575	22.9152
420	311.3	0.15565	0.00077825	23.4741
430	320.8	0.1604	0.000802	24.0330
440	331.8	0.1659	0.0008295	24.5919
450	341.8	0.1709	0.0008545	25.1508
460	355.3	0.17765	0.00088825	25.7097
470	368.8	0.1844	0.000922	26.2686
480	377.8	0.1889	0.0009445	26.8276
490	390.3	0.19515	0.00097575	27.3865
500	401.3	0.20065	0.00100325	27.9454
510	405.8	0.2029	0.0010145	28.5043
520	410.8	0.2054	0.001027	29.0632
530	418.2	0.2091	0.0010455	29.6221
540	426.7	0.21335	0.00106675	30.1810
550	442.2	0.2211	0.0011055	30.7399
560	465.7	0.23285	0.00116425	31.2988
570	473.3	0.23665	0.00118325	31.8577
580	480.7	0.24035	0.00120175	32.4166
590	492.2	0.2461	0.0012305	32.9755
600	516.7	0.25835	0.00129175	33.5344
610	522.7	0.26135	0.00130675	34.0933
620	534.7	0.26735	0.00133675	34.6523
630	543.7	0.27185	0.00135925	35.2112
640	552.2	0.2761	0.0013805	35.7701
650	576.2	0.2881	0.0014405	36.3290
660	591.1	0.29555	0.00147775	36.8879
670	606.6	0.3033	0.0015165	37.4468
680	622.6	0.3113	0.0015565	38.0057
690	639.6	0.3198	0.001599	38.5646
700	645.1	0.32255	0.00161275	39.1235
710	656.6	0.3283	0.0016415	39.6824
720	675.6	0.3378	0.001689	40.2413
725	700.1	0.35005	0.00175025	40.5208
710	777	0.3885	0.0019425	39.6824
700	832.5	0.41625	0.00208125	39.1235

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX7-4	150,33	302,25	17750,09	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	18.5	0.00925	0.00004625	0.5634
20	29.5	0.01475	0.00007375	1.1268
30	37	0.0185	0.0000925	1.6901
40	44	0.022	0.00011	2.2535
50	53	0.0265	0.0001325	2.8169
60	63	0.0315	0.0001575	3.3803
70	69.5	0.03475	0.00017375	3.9436
80	77.5	0.03875	0.00019375	4.5070
90	86.9	0.04345	0.00021725	5.0704
100	93.4	0.0467	0.0002335	5.6338
110	**102.4**	**0.0512**	**0.000256**	**6.1972**
120	108.9	0.05445	0.00027225	6.7605
130	113.9	0.05695	0.00028475	7.3239
140	121.9	0.06095	0.00030475	7.8873
150	131.9	0.06595	0.00032975	8.4507
160	138.9	0.06945	0.00034725	9.0140
170	144.9	0.07245	0.00036225	9.5774
180	153.4	0.0767	0.0003835	10.1408
190	160.4	0.0802	0.000401	10.7042
200	167.9	0.08395	0.00041975	11.2676
210	176.9	0.08845	0.00044225	11.8309
220	184.4	0.0922	0.000461	12.3943
230	191.4	0.0957	0.0004785	12.9577
240	197.4	0.0987	0.0004935	13.5211
250	206.4	0.1032	0.000516	14.0844
260	214.9	0.10745	0.00053725	14.6478
270	222.9	0.11145	0.00055725	15.2112
280	**230.9**	**0.11545**	**0.00057725**	**15.7746**
290	239.9	0.11995	0.00059975	16.3379
300	250.3	0.12515	0.00062575	16.9013
310	263.3	0.13165	0.00065825	17.4647
320	270.8	0.1354	0.000677	18.0281
330	272.3	0.13615	0.00068075	18.5915
340	281.3	0.14065	0.00070325	19.1548

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	289.3	0.14465	0.00072325	19.7182
360	296.3	0.14815	0.00074075	20.2816
370	307.3	0.15365	0.00076825	20.8450
380	312.8	0.1564	0.000782	21.4083
390	320.8	0.1604	0.000802	21.9717
400	331.8	0.1659	0.0008295	22.5351
410	337.3	0.16865	0.00084325	23.0985
420	346.3	0.17315	0.00086575	23.6619
430	352.8	0.1764	0.000882	24.2252
440	361.3	0.18065	0.00090325	24.7886
450	370.8	0.1854	0.000927	25.3520
460	378.8	0.1894	0.000947	25.9154
470	385.8	0.1929	0.0009645	26.4787
480	395.8	0.1979	0.0009895	27.0421
490	404.8	0.2024	0.001012	27.6055
500	412.3	0.20615	0.00103075	28.1689
510	422.2	0.2111	0.0010555	28.7323
520	431.7	0.21585	0.00107925	29.2956
530	442.2	0.2211	0.0011055	29.8590
540	450.2	0.2251	0.0011255	30.4224
550	458.7	0.22935	0.00114675	30.9858
560	464.7	0.23235	0.00116175	31.5491
570	475.7	0.23785	0.00118925	32.1125
580	486.2	0.2431	0.0012155	32.6759
590	496.7	0.24835	0.00124175	33.2393
600	503.7	0.25185	0.00125925	33.8027
610	515.2	0.2576	0.001288	34.3660
620	529.2	0.2646	0.001323	34.9294
630	539.2	0.2696	0.001348	35.4928
640	551.2	0.2756	0.001378	36.0562
650	559.7	0.27985	0.00139925	36.6195
660	567.7	0.28385	0.00141925	37.1829
670	578.7	0.28935	0.00144675	37.7463
680	589.1	0.29455	0.00147275	38.3097
690	596.6	0.2983	0.0014915	38.8731
700	602.1	0.30105	0.00150525	39.4364
710	610.6	0.3053	0.0015265	39.9998
690	615.6	0.3078	0.001539	38.8731
680	620.1	0.31005	0.00155025	38.3097

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX8-1	151,43	303,13	18010,793	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	10	0.005	0.000025	0.5552
20	15.5	0.00775	0.00003875	1.1104
30	23.5	0.01175	0.00005875	1.6657
40	28.5	0.01425	0.00007125	2.2209
50	34.5	0.01725	0.00008625	2.7761
60	41	0.0205	0.0001025	3.3313
70	**48**	**0.024**	**0.00012**	**3.8866**
80	54	0.027	0.000135	4.4418
90	60	0.03	0.00015	4.9970
100	67	0.0335	0.0001675	5.5522
110	74.5	0.03725	0.00018625	6.1074
120	82.5	0.04125	0.00020625	6.6627
130	88.4	0.0442	0.000221	7.2179
140	93.9	0.04695	0.00023475	7.7731
150	101.9	0.05095	0.00025475	8.3283
160	106.9	0.05345	0.00026725	8.8836
170	115.9	0.05795	0.00028975	9.4388
180	122.9	0.06145	0.00030725	9.9940
190	127.9	0.06395	0.00031975	10.5492
200	135.4	0.0677	0.0003385	11.1045
210	142.4	0.0712	0.000356	11.6597
220	151.9	0.07595	0.00037975	12.2149
230	158.4	0.0792	0.000396	12.7701
240	166.9	0.08345	0.00041725	13.3253
250	173.4	0.0867	0.0004335	13.8806
260	179.4	0.0897	0.0004485	14.4358
270	**186.4**	**0.0932**	**0.000466**	**14.9910**
280	195.9	0.09795	0.00048975	15.5462
290	206.9	0.10345	0.00051725	16.1015
300	213.9	0.10695	0.00053475	16.6567
310	219.9	0.10995	0.00054975	17.2119
320	227.9	0.11395	0.00056975	17.7671
330	237.4	0.1187	0.0005935	18.3223
340	247.4	0.1237	0.0006185	18.8776

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	254.3	0.12715	0.00063575	19.4328
360	264.3	0.13215	0.00066075	19.9880
370	272.3	0.13615	0.00068075	20.5432
380	284.8	0.1424	0.000712	21.0985
390	295.3	0.14765	0.00073825	21.6537
400	309.8	0.1549	0.0007745	22.2089
410	323.8	0.1619	0.0008095	22.7641
420	333.8	0.1669	0.0008345	23.3194
430	346.8	0.1734	0.000867	23.8746
440	356.8	0.1784	0.000892	24.4298
450	370.3	0.18515	0.00092575	24.9850
460	382.3	0.19115	0.00095575	25.5402
470	399.3	0.19965	0.00099825	26.0955
480	413.3	0.20665	0.00103325	26.6507
490	425.7	0.21285	0.00106425	27.2059
500	445.2	0.2226	0.001113	27.7611
510	460.7	0.23035	0.00115175	28.3164
520	473.7	0.23685	0.00118425	28.8716
530	491.2	0.2456	0.001228	29.4268
540	511.7	0.25585	0.00127925	29.9820
550	526.7	0.26335	0.00131675	30.5372
560	543.2	0.2716	0.001358	31.0925
570	569.2	0.2846	0.001423	31.6477
580	586.1	0.29305	0.00146525	32.2029
590	603.6	0.3018	0.001509	32.7581
600	632.6	0.3163	0.0015815	33.3134
610	662.6	0.3313	0.0016565	33.8686
620	688.1	0.34405	0.00172025	34.4238
630	713.6	0.3568	0.001784	34.9790
640	743.6	0.3718	0.001859	35.5342
650	783	0.3915	0.0019575	36.0895
660	826.5	0.41325	0.00206625	36.6447
665	875.5	0.43775	0.00218875	36.9223
650	1017.4	0.5087	0.0025435	36.0895
640	1079.9	0.53995	0.00269975	35.5342

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX8-3	150,57	301,93	17805,23	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	11	0.0055	0.0000275	0.5616
20	17.5	0.00875	0.00004375	1.1233
30	21	0.0105	0.0000525	1.6849
40	28	0.014	0.00007	2.2465
50	33.5	0.01675	0.00008375	2.8082
60	41.5	0.02075	0.00010375	3.3698
70	45	0.0225	0.0001125	3.9314
80	51.5	0.02575	0.00012875	4.4931
90	57	0.0285	0.0001425	5.0547
100	**62.5**	**0.03125**	**0.00015625**	**5.6163**
110	65.5	0.03275	0.00016375	6.1780
120	71	0.0355	0.0001775	6.7396
130	75.5	0.03775	0.00018875	7.3012
140	82	0.041	0.000205	7.8629
150	88.9	0.04445	0.00022225	8.4245
160	95.9	0.04795	0.00023975	8.9861
170	101.9	0.05095	0.00025475	9.5478
180	108.9	0.05445	0.00027225	10.1094
190	115.9	0.05795	0.00028975	10.6710
200	121.9	0.06095	0.00030475	11.2327
210	127.9	0.06395	0.00031975	11.7943
220	136.4	0.0682	0.000341	12.3559
230	142.9	0.07145	0.00035725	12.9176
240	148.9	0.07445	0.00037225	13.4792
250	154.9	0.07745	0.00038725	14.0408
260	161.9	0.08095	0.00040475	14.6025
270	169.9	0.08495	0.00042475	15.1641
280	179.4	0.0897	0.0004485	15.7257
290	186.4	0.0932	0.000466	16.2874
300	194.9	0.09745	0.00048725	16.8490
310	201.9	0.10095	0.00050475	17.4106
320	**208.9**	**0.10445**	**0.00052225**	**17.9722**
330	213.9	0.10695	0.00053475	18.5339
340	219.4	0.1097	0.0005485	19.0955

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	224.9	0.11245	0.00056225	19.6571
360	231.9	0.11595	0.00057975	20.2188
370	232.4	0.1162	0.000581	20.7804
380	239.9	0.11995	0.00059975	21.3420
390	246.9	0.12345	0.00061725	21.9037
400	255.8	0.1279	0.0006395	22.4653
410	264.8	0.1324	0.000662	23.0269
420	276.3	0.13815	0.00069075	23.5886
430	286.3	0.14315	0.00071575	24.1502
440	293.8	0.1469	0.0007345	24.7118
450	300.3	0.15015	0.00075075	25.2735
460	308.3	0.15415	0.00077075	25.8351
470	321.3	0.16065	0.00080325	26.3967
480	327.8	0.1639	0.0008195	26.9584
490	336.8	0.1684	0.000842	27.5200
500	342.3	0.17115	0.00085575	28.0816
510	349.8	0.1749	0.0008745	28.6433
520	357.3	0.17865	0.00089325	29.2049
530	365.3	0.18265	0.00091325	29.7665
540	372.8	0.1864	0.000932	30.3282
550	381.3	0.19065	0.00095325	30.8898
560	391.8	0.1959	0.0009795	31.4514
570	400.3	0.20015	0.00100075	32.0131
580	409.3	0.20465	0.00102325	32.5747
590	421.7	0.21085	0.00105425	33.1363
600	431.7	0.21585	0.00107925	33.6980
610	447.7	0.22385	0.00111925	34.2596
620	445.7	0.22285	0.00111425	34.8212
630	467.7	0.23385	0.00116925	35.3829
640	476.2	0.2381	0.0011905	35.9445
650	491.2	0.2456	0.001228	36.5061
660	503.2	0.2516	0.001258	37.0678
670	511.2	0.2556	0.001278	37.6294
680	521.7	0.26085	0.00130425	38.1910
690	535.2	0.2676	0.001338	38.7527
700	549.7	0.27485	0.00137425	39.3143
710	561.2	0.2806	0.001403	39.8759
720	574.7	0.28735	0.00143675	40.4376
730	586.6	0.2933	0.0014665	40.9992
740	596.1	0.29805	0.00149025	41.5608
750	609.6	0.3048	0.001524	42.1225
760	631.1	0.31555	0.00157775	42.6841

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
760	631.1	0.31555	0.00157775	42.6841
770	648.6	0.3243	0.0016215	43.2457
780	667.6	0.3338	0.001669	43.8074
790	700.6	0.3503	0.0017515	44.3690
800	726.1	0.36305	0.00181525	44.9306
790	779.5	0.38975	0.00194875	44.3690

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX8-4	151,40	304,48	18002,86	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	11.5	0.00575	0.00002875	0.5555
20	18.5	0.00925	0.00004625	1.1109
30	22	0.011	0.000055	1.6664
40	32	0.016	0.00008	2.2219
50	**39**	**0.0195**	**0.0000975**	**2.7773**
60	47.5	0.02375	0.00011875	3.3328
70	55.5	0.02775	0.00013875	3.8883
80	62.5	0.03125	0.00015625	4.4437
90	69.5	0.03475	0.00017375	4.9992
100	76.5	0.03825	0.00019125	5.5547
110	85.9	0.04295	0.00021475	6.1101
120	94.9	0.04745	0.00023725	6.6656
130	98.4	0.0492	0.000246	7.2211
140	107.9	0.05395	0.00026975	7.7765
150	116.4	0.0582	0.000291	8.3320
160	124.4	0.0622	0.000311	8.8875
170	130.4	0.0652	0.000326	9.4429
180	138.9	0.06945	0.00034725	9.9984
190	145.9	0.07295	0.00036475	10.5539
200	150.9	0.07545	0.00037725	11.1093
210	161.4	0.0807	0.0004035	11.6648
220	168.4	0.0842	0.000421	12.2203
230	177.9	0.08895	0.00044475	12.7757
240	183.9	0.09195	0.00045975	13.3312
250	192.9	0.09645	0.00048225	13.8867
260	202.4	0.1012	0.000506	14.4421
270	207.9	0.10395	0.00051975	14.9976
280	**219.9**	**0.10995**	**0.00054975**	**15.5531**
290	226.9	0.11345	0.00056725	16.1085
300	241.9	0.12095	0.00060475	16.6640
310	248.4	0.1242	0.000621	17.2195
320	252.3	0.12615	0.00063075	17.7749
330	262.3	0.13115	0.00065575	18.3304
340	268.8	0.1344	0.000672	18.8859

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	276.8	0.1384	0.000692	19.4413
360	289.3	0.14465	0.00072325	19.9968
370	299.8	0.1499	0.0007495	20.5523
380	311.3	0.15565	0.00077825	21.1078
390	321.3	0.16065	0.00080325	21.6632
400	329.3	0.16465	0.00082325	22.2187
410	341.3	0.17065	0.00085325	22.7742
420	350.3	0.17515	0.00087575	23.3296
430	365.3	0.18265	0.00091325	23.8851
440	381.3	0.19065	0.00095325	24.4406
450	392.8	0.1964	0.000982	24.9960
460	403.3	0.20165	0.00100825	25.5515
470	415.8	0.2079	0.0010395	26.1070
480	427.2	0.2136	0.001068	26.6624
490	437.7	0.21885	0.00109425	27.2179
500	451.2	0.2256	0.001128	27.7734
510	462.1	0.23105	0.00115525	28.3288
520	474.7	0.23735	0.00118675	28.8843
530	485.2	0.2426	0.001213	29.4398
540	500.2	0.2501	0.0012505	29.9952
550	515.7	0.25785	0.00128925	30.5507
560	531.2	0.2656	0.001328	31.1062
570	546.7	0.27335	0.00136675	31.6616
580	561.2	0.2806	0.001403	32.2171
590	576.2	0.2881	0.0014405	32.7726
600	600.6	0.3003	0.0015015	33.3280
610	613.1	0.30655	0.00153275	33.8835
620	629.6	0.3148	0.001574	34.4390
630	647.6	0.3238	0.001619	34.9944
640	671.1	0.33555	0.00167775	35.5499
650	697.1	0.34855	0.00174275	36.1054
660	717.6	0.3588	0.001794	36.6608
670	743.6	0.3718	0.001859	37.2163
680	779.5	0.38975	0.00194875	37.7718
690	827	0.4135	0.0020675	38.3272
700	875	0.4375	0.0021875	38.8827
705	950.9	0.47545	0.00237725	39.1604
690	1055.9	0.52795	0.00263975	38.3272
680	1192.3	0.59615	0.00298075	37.7718

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX9-1	152,80	303,17	18337,35	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	16.5	0.00825	0.00004125	0.5453
20	25.5	0.01275	0.00006375	1.0907
30	33	0.0165	0.0000825	1.6360
40	41	0.0205	0.0001025	2.1813
50	49.5	0.02475	0.00012375	2.7267
60	55.5	0.02775	0.00013875	3.2720
70	65.5	0.03275	0.00016375	3.8173
80	70.5	0.03525	0.00017625	4.3627
90	77.5	0.03875	0.00019375	4.9080
100	86.9	0.04345	0.00021725	5.4534
110	94.4	0.0472	0.000236	5.9987
120	100.9	0.05045	0.00025225	6.5440
130	107.9	0.05395	0.00026975	7.0894
140	115.9	0.05795	0.00028975	7.6347
150	122.4	0.0612	0.000306	8.1800
160	130.4	0.0652	0.000326	8.7254
170	**137.9**	**0.06895**	**0.00034475**	**9.2707**
180	145.9	0.07295	0.00036475	9.8160
190	149.9	0.07495	0.00037475	10.3614
200	156.4	0.0782	0.000391	10.9067
210	165.9	0.08295	0.00041475	11.4520
220	171.9	0.08595	0.00042975	11.9974
230	181.4	0.0907	0.0004535	12.5427
240	187.9	0.09395	0.00046975	13.0880
250	195.9	0.09795	0.00048975	13.6334
260	204.9	0.10245	0.00051225	14.1787
270	218.4	0.1092	0.000546	14.7240
280	**226.9**	**0.11345**	**0.00056725**	**15.2694**
290	235.4	0.1177	0.0005885	15.8147
300	238.9	0.11945	0.00059725	16.3601
310	251.3	0.12565	0.00062825	16.9054
320	255.8	0.1279	0.0006395	17.4507
330	267.3	0.13365	0.00066825	17.9961
340	274.8	0.1374	0.000687	18.5414

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	280.8	0.1404	0.000702	19.0867
360	291.8	0.1459	0.0007295	19.6321
370	302.3	0.15115	0.00075575	20.1774
380	310.8	0.1554	0.000777	20.7227
390	319.3	0.15965	0.00079825	21.2681
400	331.8	0.1659	0.0008295	21.8134
410	338.8	0.1694	0.000847	22.3587
420	349.3	0.17465	0.00087325	22.9041
430	360.8	0.1804	0.000902	23.4494
440	369.8	0.1849	0.0009245	23.9947
450	382.3	0.19115	0.00095575	24.5401
460	396.8	0.1984	0.000992	25.0854
470	408.8	0.2044	0.001022	25.6307
480	420.7	0.21035	0.00105175	26.1761
490	429.7	0.21485	0.00107425	26.7214
500	432.7	0.21635	0.00108175	27.2668
510	445.7	0.22285	0.00111425	27.8121
520	456.2	0.2281	0.0011405	28.3574
530	469.7	0.23485	0.00117425	28.9028
540	479.7	0.23985	0.00119925	29.4481
550	491.2	0.2456	0.001228	29.9934
560	500.2	0.2501	0.0012505	30.5388
570	511.2	0.2556	0.001278	31.0841
580	528.7	0.26435	0.00132175	31.6294
590	541.2	0.2706	0.001353	32.1748
600	551.2	0.2756	0.001378	32.7201
610	573.7	0.28685	0.00143425	33.2654
620	587.1	0.29355	0.00146775	33.8108
630	606.1	0.30305	0.00151525	34.3561
640	625.1	0.31255	0.00156275	34.9014
650	645.6	0.3228	0.001614	35.4468
660	674.6	0.3373	0.0016865	35.9921
670	701.1	0.35055	0.00175275	36.5374
680	760	0.38	0.0019	37.0828
690	859	0.4295	0.0021475	37.6281
680	1325.2	0.6626	0.003313	37.0828
670	1427.6	0.7138	0.003569	36.5374

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX9-3	150,70	303,40	17836,78	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	24.5	0.01225	0.00006125	0.5606
20	32	0.016	0.00008	1.1213
30	42.5	0.02125	0.00010625	1.6819
40	50.5	0.02525	0.00012625	2.2426
50	62.5	0.03125	0.00015625	2.8032
60	**70.5**	**0.03525**	**0.00017625**	**3.3638**
70	78.5	0.03925	0.00019625	3.9245
80	84.9	0.04245	0.00021225	4.4851
90	93.4	0.0467	0.0002335	5.0458
100	103.4	0.0517	0.0002585	5.6064
110	114.4	0.0572	0.000286	6.1670
120	120.4	0.0602	0.000301	6.7277
130	126.9	0.06345	0.00031725	7.2883
140	135.4	0.0677	0.0003385	7.8490
150	144.9	0.07245	0.00036225	8.4096
160	151.4	0.0757	0.0003785	8.9702
170	159.4	0.0797	0.0003985	9.5309
180	167.9	0.08395	0.00041975	10.0915
190	177.4	0.0887	0.0004435	10.6521
200	186.9	0.09345	0.00046725	11.2128
210	196.4	0.0982	0.000491	11.7734
220	206.9	0.10345	0.00051725	12.3341
230	215.4	0.1077	0.0005385	12.8947
240	**222.9**	**0.11145**	**0.00055725**	**13.4553**
250	232.9	0.11645	0.00058225	14.0160
260	240.9	0.12045	0.00060225	14.5766
270	245.4	0.1227	0.0006135	15.1373
280	253.3	0.12665	0.00063325	15.6979
290	266.8	0.1334	0.000667	16.2585
300	275.8	0.1379	0.0006895	16.8192
310	283.8	0.1419	0.0007095	17.3798
320	287.8	0.1439	0.0007195	17.9405
330	290.3	0.14515	0.00072575	18.5011
340	301.3	0.15065	0.00075325	19.0617

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	310.3	0.15515	0.00077575	19.6224
360	318.3	0.15915	0.00079575	20.1830
370	331.8	0.1659	0.0008295	20.7437
380	340.8	0.1704	0.000852	21.3043
390	350.3	0.17515	0.00087575	21.8649
400	361.8	0.1809	0.0009045	22.4256
410	375.8	0.1879	0.0009395	22.9862
420	390.8	0.1954	0.000977	23.5469
430	399.8	0.1999	0.0009995	24.1075
440	409.3	0.20465	0.00102325	24.6681
450	426.2	0.2131	0.0010655	25.2288
460	438.2	0.2191	0.0010955	25.7894
470	449.2	0.2246	0.001123	26.3501
480	458.7	0.22935	0.00114675	26.9107
490	474.2	0.2371	0.0011855	27.4713
500	489.2	0.2446	0.001223	28.0320
510	503.7	0.25185	0.00125925	28.5926
520	519.2	0.2596	0.001298	29.1532
530	531.7	0.26585	0.00132925	29.7139
540	546.2	0.2731	0.0013655	30.2745
550	560.2	0.2801	0.0014005	30.8352
560	574.7	0.28735	0.00143675	31.3958
570	597.1	0.29855	0.00149275	31.9564
580	628.6	0.3143	0.0015715	32.5171
590	652.6	0.3263	0.0016315	33.0777
600	690.6	0.3453	0.0017265	33.6384
610	756.5	0.37825	0.00189125	34.1990
600	954.9	0.47745	0.00238725	33.6384
590	1136.3	0.56815	0.00284075	33.0777

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX9-4	151,25	302,45	17967,21	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	11	0.0055	0.0000275	0.5566
20	15.5	0.00775	0.00003875	1.1131
30	20.5	0.01025	0.00005125	1.6697
40	25	0.0125	0.0000625	2.2263
50	32.5	0.01625	0.00008125	2.7828
60	39.5	0.01975	0.00009875	3.3394
70	45.5	0.02275	0.00011375	3.8960
80	51.5	0.02575	0.00012875	4.4526
90	57.5	0.02875	0.00014375	5.0091
100	65	0.0325	0.0001625	5.5657
110	70.5	0.03525	0.00017625	6.1223
120	78.5	0.03925	0.00019625	6.6788
130	84.4	0.0422	0.000211	7.2354
140	90.4	0.0452	0.000226	7.7920
150	96.9	0.04845	0.00024225	8.3485
160	103.9	0.05195	0.00025975	8.9051
170	111.4	0.0557	0.0002785	9.4617
180	**117.4**	**0.0587**	**0.0002935**	**10.0182**
190	124.9	0.06245	0.00031225	10.5748
200	131.9	0.06595	0.00032975	11.1314
210	137.9	0.06895	0.00034475	11.6880
220	145.4	0.0727	0.0003635	12.2445
230	153.9	0.07695	0.00038475	12.8011
240	160.4	0.0802	0.000401	13.3577
250	168.4	0.0842	0.000421	13.9142
260	172.4	0.0862	0.000431	14.4708
270	174.9	0.08745	0.00043725	15.0274
280	180.4	0.0902	0.000451	15.5839
290	**187.4**	**0.0937**	**0.0004685**	**16.1405**
300	198.4	0.0992	0.000496	16.6971
310	205.9	0.10295	0.00051475	17.2537
320	215.9	0.10795	0.00053975	17.8102
330	224.4	0.1122	0.000561	18.3668
340	230.4	0.1152	0.000576	18.9234

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	240.4	0.1202	0.000601	19.4799
360	249.9	0.12495	0.00062475	20.0365
370	257.3	0.12865	0.00064325	20.5931
380	269.3	0.13465	0.00067325	21.1496
390	279.3	0.13965	0.00069825	21.7062
400	288.3	0.14415	0.00072075	22.2628
410	297.8	0.1489	0.0007445	22.8193
420	308.3	0.15415	0.00077075	23.3759
430	319.3	0.15965	0.00079825	23.9325
440	328.3	0.16415	0.00082075	24.4891
450	341.8	0.1709	0.0008545	25.0456
460	355.3	0.17765	0.00088825	25.6022
470	364.8	0.1824	0.000912	26.1588
480	377.8	0.1889	0.0009445	26.7153
490	387.8	0.1939	0.0009695	27.2719
500	399.3	0.19965	0.00099825	27.8285
510	410.8	0.2054	0.001027	28.3850
520	422.7	0.21135	0.00105675	28.9416
530	433.2	0.2166	0.001083	29.4982
540	437.7	0.21885	0.00109425	30.0547
550	448.7	0.22435	0.00112175	30.6113
560	462.2	0.2311	0.0011555	31.1679
570	478.2	0.2391	0.0011955	31.7245
580	495.2	0.2476	0.001238	32.2810
590	508.7	0.25435	0.00127175	32.8376
600	526.2	0.2631	0.0013155	33.3942
610	539.2	0.2696	0.001348	33.9507
620	556.2	0.2781	0.0013905	34.5073
630	572.7	0.28635	0.00143175	35.0639
640	589.6	0.2948	0.001474	35.6204
650	610.6	0.3053	0.0015265	36.1770
660	632.1	0.31605	0.00158025	36.7336
670	647.1	0.32355	0.00161775	37.2902
680	677.6	0.3388	0.001694	37.8467
690	702.1	0.35105	0.00175525	38.4033
700	735.1	0.36755	0.00183775	38.9599
710	765.6	0.3828	0.001914	39.5164
720	798	0.399	0.001995	40.0730
710	872.5	0.43625	0.00218125	39.5164

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX10-3	149,30	302,57	17506,91	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	11	0.0055	0.0000275	0.5712
20	16.5	0.00825	0.00004125	1.1424
30	24	0.012	0.00006	1.7136
40	31	0.0155	0.0000775	2.2848
50	37	0.0185	0.0000925	2.8560
60	43.5	0.02175	0.00010875	3.4272
70	**50**	**0.025**	**0.000125**	**3.9984**
80	57	0.0285	0.0001425	4.5696
90	65	0.0325	0.0001625	5.1408
100	71.5	0.03575	0.00017875	5.7120
110	78.5	0.03925	0.00019625	6.2832
120	84.9	0.04245	0.00021225	6.8544
130	92.9	0.04645	0.00023225	7.4256
140	100.4	0.0502	0.000251	7.9968
150	106.4	0.0532	0.000266	8.5680
160	112.4	0.0562	0.000281	9.1392
170	120.4	0.0602	0.000301	9.7105
180	126.4	0.0632	0.000316	10.2817
190	135.4	0.0677	0.0003385	10.8529
200	141.4	0.0707	0.0003535	11.4241
210	148.9	0.07445	0.00037225	11.9953
220	155.9	0.07795	0.00038975	12.5665
230	**164.4**	**0.0822**	**0.000411**	**13.1377**
240	172.9	0.08645	0.00043225	13.7089
250	180.4	0.0902	0.000451	14.2801
260	184.4	0.0922	0.000461	14.8513
270	192.9	0.09645	0.00048225	15.4225
280	199.9	0.09995	0.00049975	15.9937
290	209.4	0.1047	0.0005235	16.5649
300	217.4	0.1087	0.0005435	17.1361
310	224.9	0.11245	0.00056225	17.7073
320	232.4	0.1162	0.000581	18.2785
330	242.9	0.12145	0.00060725	18.8497
340	254.3	0.12715	0.00063575	19.4209

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	263.8	0.1319	0.0006595	19.9921
360	273.3	0.13665	0.00068325	20.5633
370	280.3	0.14015	0.00070075	21.1345
380	290.3	0.14515	0.00072575	21.7057
390	299.3	0.14965	0.00074825	22.2769
400	307.3	0.15365	0.00076825	22.8481
410	316.8	0.1584	0.000792	23.4193
420	329.3	0.16465	0.00082325	23.9905
430	336.3	0.16815	0.00084075	24.5617
440	345.3	0.17265	0.00086325	25.1329
450	353.3	0.17665	0.00088325	25.7041
460	363.3	0.18165	0.00090825	26.2753
470	373.8	0.1869	0.0009345	26.8465
480	383.8	0.1919	0.0009595	27.4177
490	396.8	0.1984	0.000992	27.9889
500	408.3	0.20415	0.00102075	28.5602
510	413.8	0.2069	0.0010345	29.1314
520	418.7	0.20935	0.00104675	29.7026
530	420.7	0.21035	0.00105175	30.2738
540	421.7	0.21085	0.00105425	30.8450
550	423.7	0.21185	0.00105925	31.4162
560	432.7	0.21635	0.00108175	31.9874
570	456.7	0.22835	0.00114175	32.5586
575	486.7	0.24335	0.00121675	32.8442
560	558.7	0.27935	0.00139675	31.9874
550	599.6	0.2998	0.001499	31.4162

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX10-4	151,43	303,00	18010,79	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	17	0.0085	0.0000425	0.5552
20	27	0.0135	0.0000675	1.1104
30	33.5	0.01675	0.00008375	1.6657
40	41	0.0205	0.0001025	2.2209
50	47	0.0235	0.0001175	2.7761
60	56.5	0.02825	0.00014125	3.3313
70	**65**	**0.0325**	**0.0001625**	**3.8866**
80	72.5	0.03625	0.00018125	4.4418
90	79.5	0.03975	0.00019875	4.9970
100	87.9	0.04395	0.00021975	5.5522
110	95.4	0.0477	0.0002385	6.1074
120	102.9	0.05145	0.00025725	6.6627
130	112.4	0.0562	0.000281	7.2179
140	120.4	0.0602	0.000301	7.7731
150	128.9	0.06445	0.00032225	8.3283
160	135.9	0.06795	0.00033975	8.8836
170	144.4	0.0722	0.000361	9.4388
180	152.4	0.0762	0.000381	9.9940
190	160.9	0.08045	0.00040225	10.5492
200	169.4	0.0847	0.0004235	11.1045
210	179.4	0.0897	0.0004485	11.6597
220	188.4	0.0942	0.000471	12.2149
230	**195.4**	**0.0977**	**0.0004885**	**12.7701**
240	202.9	0.10145	0.00050725	13.3253
250	214.4	0.1072	0.000536	13.8806
260	220.9	0.11045	0.00055225	14.4358
270	227.9	0.11395	0.00056975	14.9910
280	236.4	0.1182	0.000591	15.5462
290	247.9	0.12395	0.00061975	16.1015
300	257.8	0.1289	0.0006445	16.6567
310	265.3	0.13265	0.00066325	17.2119
320	273.3	0.13665	0.00068325	17.7671
330	283.8	0.1419	0.0007095	18.3223
340	294.3	0.14715	0.00073575	18.8776

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	307.3	0.15365	0.00076825	19.4328
360	320.3	0.16015	0.00080075	19.9880
370	329.3	0.16465	0.00082325	20.5432
380	338.8	0.1694	0.000847	21.0985
390	346.8	0.1734	0.000867	21.6537
400	358.3	0.17915	0.00089575	22.2089
410	370.8	0.1854	0.000927	22.7641
420	381.8	0.1909	0.0009545	23.3194
430	389.8	0.1949	0.0009745	23.8746
440	401.3	0.20065	0.00100325	24.4298
450	411.3	0.20565	0.00102825	24.9850
460	422.7	0.21135	0.00105675	25.5402
470	434.2	0.2171	0.0010855	26.0955
480	438.2	0.2191	0.0010955	26.6507
490	449.2	0.2246	0.001123	27.2059
500	461.7	0.23085	0.00115425	27.7611
510	468.7	0.23435	0.00117175	28.3164
520	476.2	0.2381	0.0011905	28.8716
530	491.2	0.2456	0.001228	29.4268
540	503.7	0.25185	0.00125925	29.9820
550	515.7	0.25785	0.00128925	30.5372
560	530.7	0.26535	0.00132675	31.0925
570	542.2	0.2711	0.0013555	31.6477
560	557.2	0.2786	0.001393	31.0925
550	567.7	0.28385	0.00141925	30.5372

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana f'c = 25 MPa

Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas (mm^2)	L0 (mm)
BX10-5	152,83	301,35	18345,35	200,00

II. Data Pengujian

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
0	0	0	0	0.0000
10	12.5	0.00625	0.00003125	0.5451
20	18.5	0.00925	0.00004625	1.0902
30	24	0.012	0.00006	1.6353
40	35.5	0.01775	0.00008875	2.1804
50	42	0.021	0.000105	2.7255
60	**49.5**	**0.02475**	**0.00012375**	**3.2706**
70	58.5	0.02925	0.00014625	3.8157
80	67	0.0335	0.0001675	4.3608
90	75.5	0.03775	0.00018875	4.9059
100	85.4	0.0427	0.0002135	5.4510
110	93.4	0.0467	0.0002335	5.9961
120	102.4	0.0512	0.000256	6.5412
130	111.4	0.0557	0.0002785	7.0863
140	114.4	0.0572	0.000286	7.6314
150	115.9	0.05795	0.00028975	8.1765
160	122.9	0.06145	0.00030725	8.7216
170	134.9	0.06745	0.00033725	9.2667
180	142.4	0.0712	0.000356	9.8117
190	149.4	0.0747	0.0003735	10.3568
200	157.9	0.07895	0.00039475	10.9019
210	166.4	0.0832	0.000416	11.4470
220	176.9	0.08845	0.00044225	11.9921
230	182.9	0.09145	0.00045725	12.5372
240	191.4	0.0957	0.0004785	13.0823
250	202.4	0.1012	0.000506	13.6274
260	**207.9**	**0.10395**	**0.00051975**	**14.1725**
270	217.9	0.10895	0.00054475	14.7176
280	226.4	0.1132	0.000566	15.2627
290	234.9	0.11745	0.00058725	15.8078
300	244.9	0.12245	0.00061225	16.3529
310	252.8	0.1264	0.000632	16.8980
320	260.8	0.1304	0.000652	17.4431
330	269.3	0.13465	0.00067325	17.9882
340	279.8	0.1399	0.0006995	18.5333

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

LAPORAN PENGAMATAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Beban	Pembacaan Dial	Deformasi Longitudinal (ΔL)	Regangan (ΔL/L0)	Tegangan (P/A)
(KN)	(μm)	(mm)	(mm)	(MPa)
350	287.3	0.14365	0.00071825	19.0784
360	296.3	0.14815	0.00074075	19.6235
370	307.3	0.15365	0.00076825	20.1686
380	318.8	0.1594	0.000797	20.7137
390	327.3	0.16365	0.00081825	21.2588
400	337.3	0.16865	0.00084325	21.8039
410	351.3	0.17565	0.00087825	22.3490
420	363.3	0.18165	0.00090825	22.8941
430	376.8	0.1884	0.000942	23.4392
440	385.8	0.1929	0.0009645	23.9843
450	397.3	0.19865	0.00099325	24.5294
460	409.3	0.20465	0.00102325	25.0745
470	425.2	0.2126	0.001063	25.6196
480	435.7	0.21785	0.00108925	26.1647
490	449.2	0.2246	0.001123	26.7098
500	464.7	0.23235	0.00116175	27.2549
510	477.7	0.23885	0.00119425	27.8000
520	492.7	0.24635	0.00123175	28.3451
530	505.7	0.25285	0.00126425	28.8902
540	521.7	0.26085	0.00130425	29.4352
550	541.2	0.2706	0.001353	29.9803
560	557.7	0.27885	0.00139425	30.5254
570	576.2	0.2881	0.0014405	31.0705
580	595.6	0.2978	0.001489	31.6156
590	615.5	0.30775	0.00153875	32.1607
600	649.1	0.32455	0.00162275	32.7058
610	674.1	0.33705	0.00168525	33.2509
620	714.6	0.3573	0.0017865	33.7960
630	758.5	0.37925	0.00189625	34.3411
640	871	0.4355	0.0021775	34.8862
630	951.4	0.4757	0.0023785	34.3411
620	1038.4	0.5192	0.002596	33.7960

Diperiksa oleh,

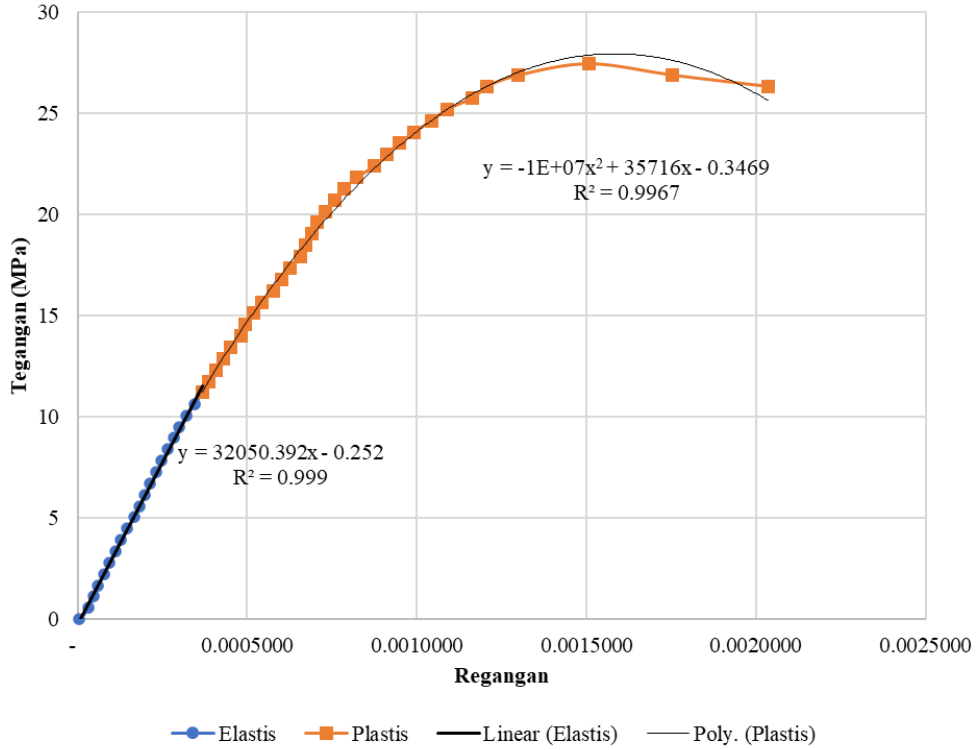
(Darussalam, A.Md.)

Yogyakarta, 6 Juli 2022
Kepala Laboratorium BKT,

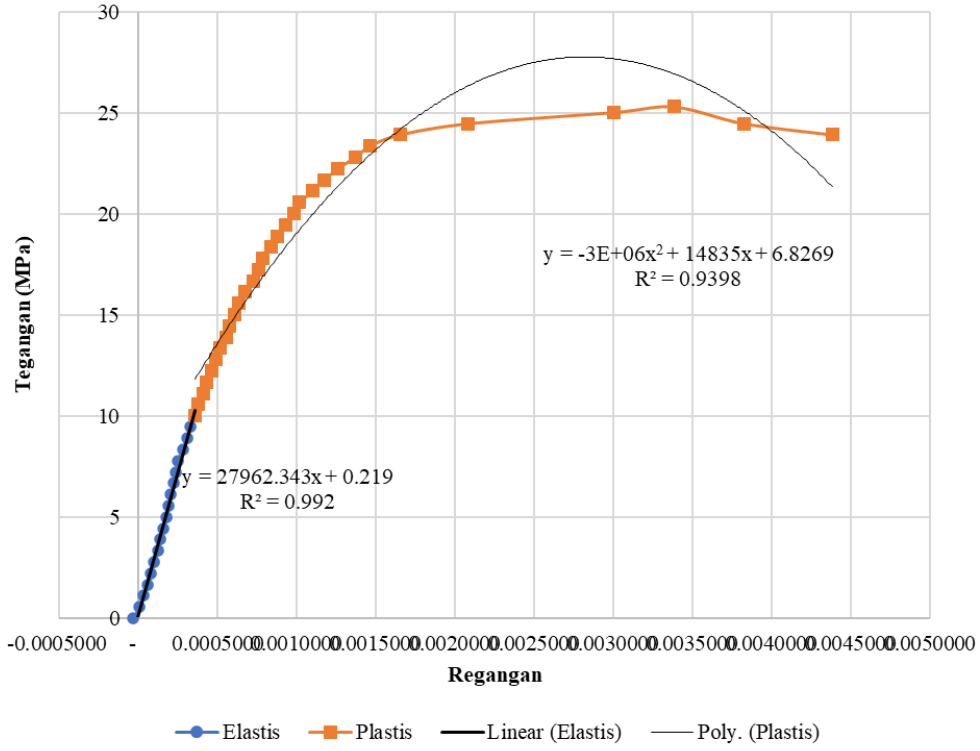
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

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

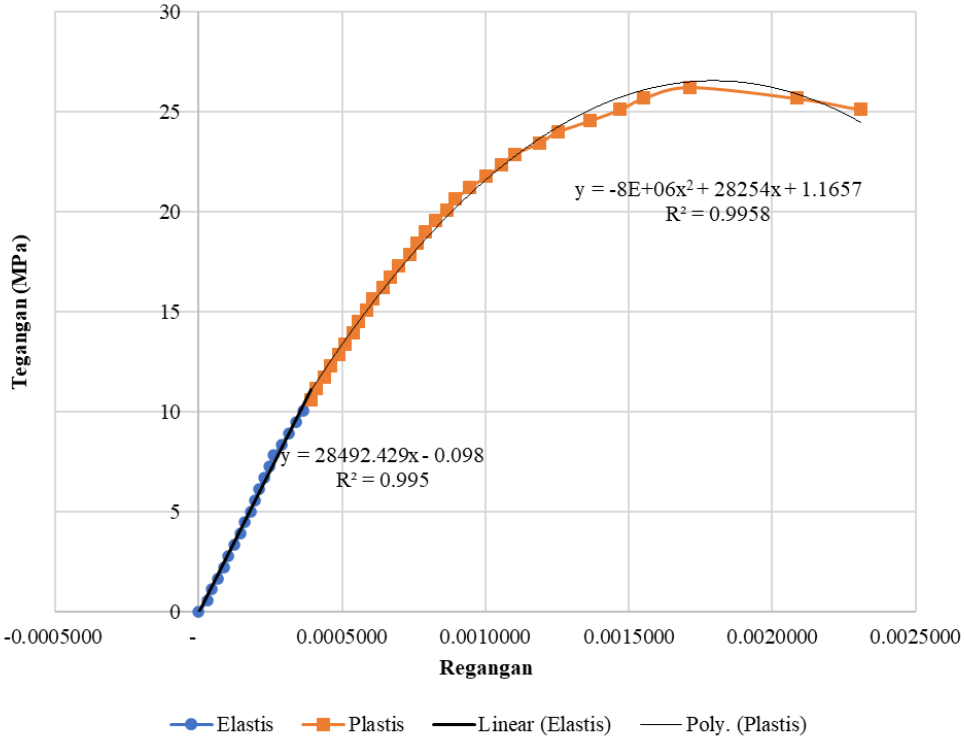
Lampiran 9 Grafik Modulus Elastisitas Beton



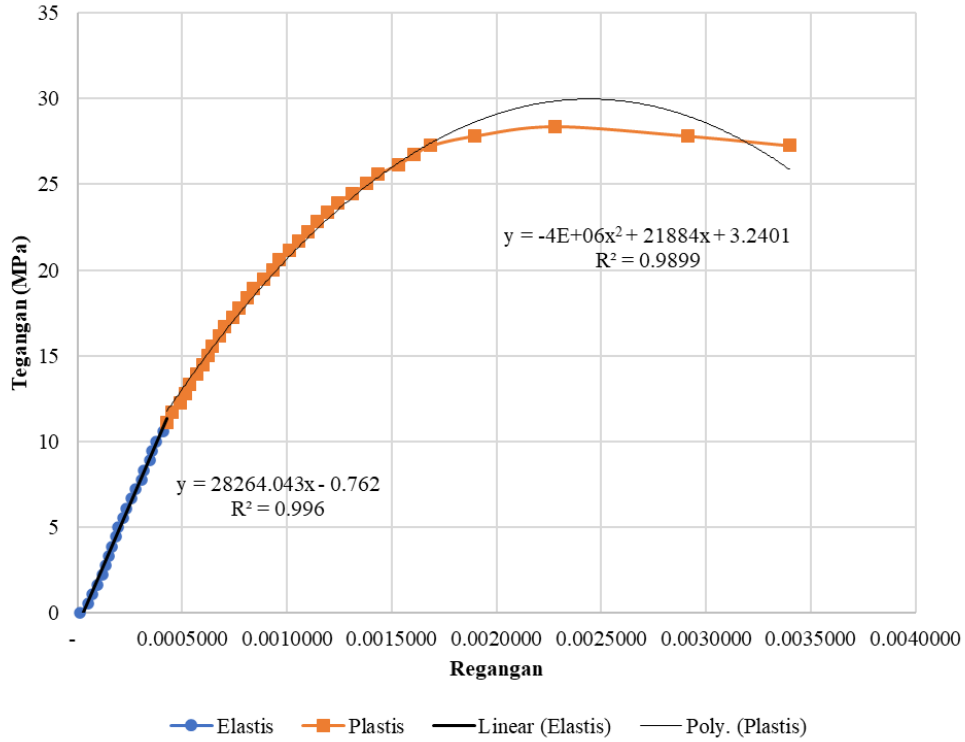
Gambar L-9.1 Grafik Modulus Elastisitas B0-1



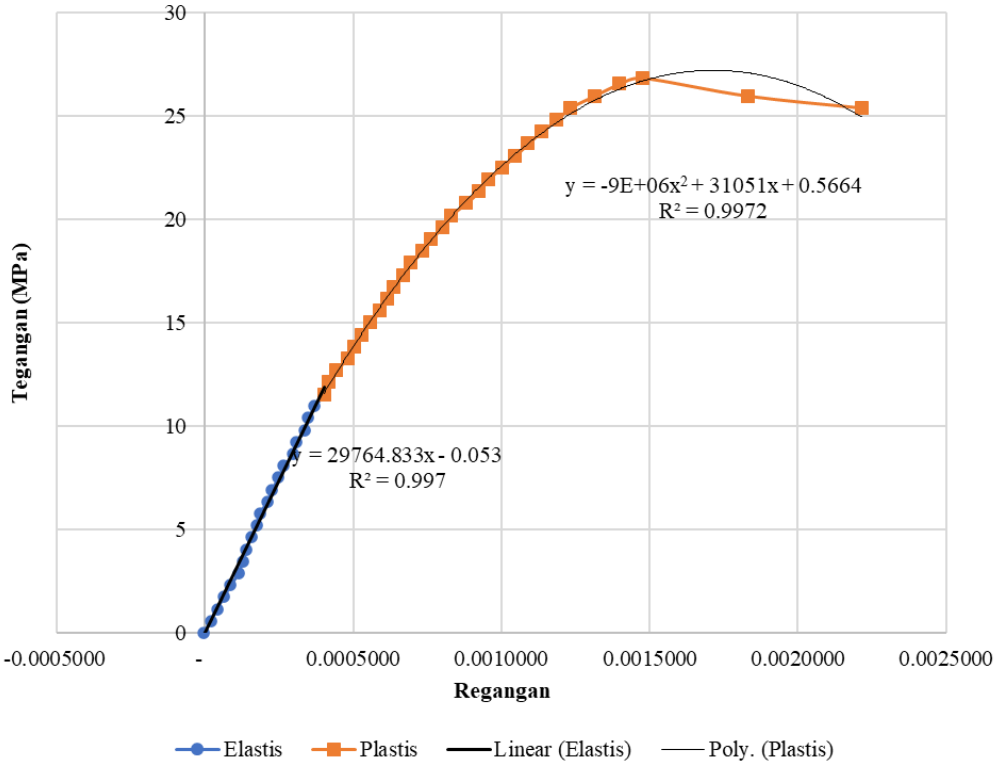
Gambar L-9.2 Grafik Modulus Elastisitas B0-3



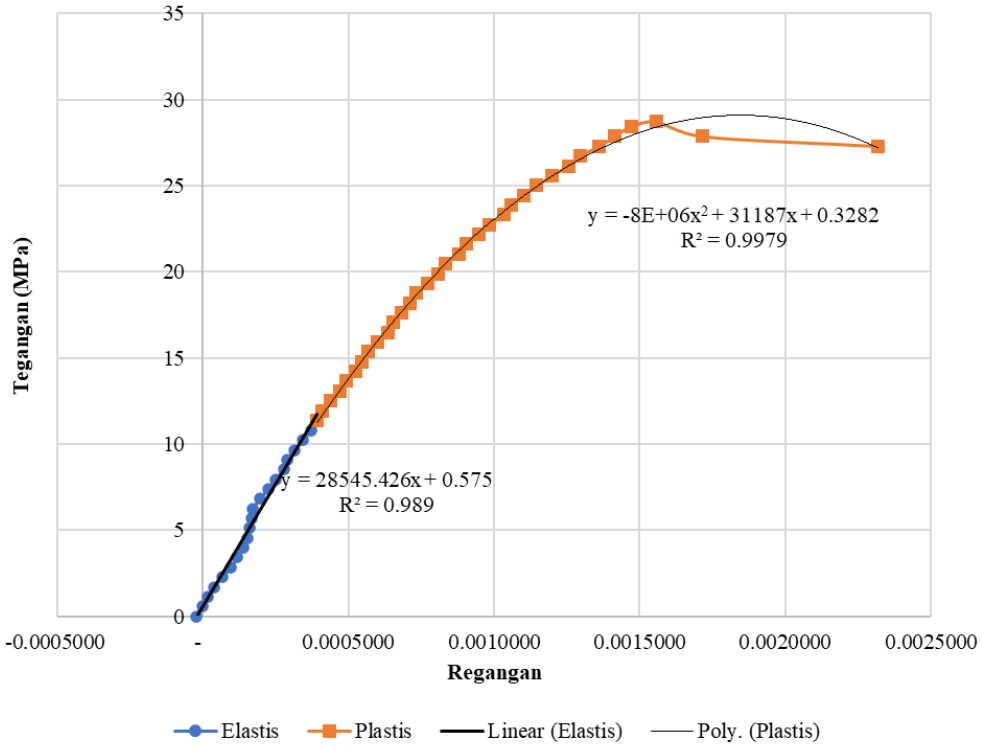
Gambar L-9.3 Grafik Modulus Elastisitas B0-4



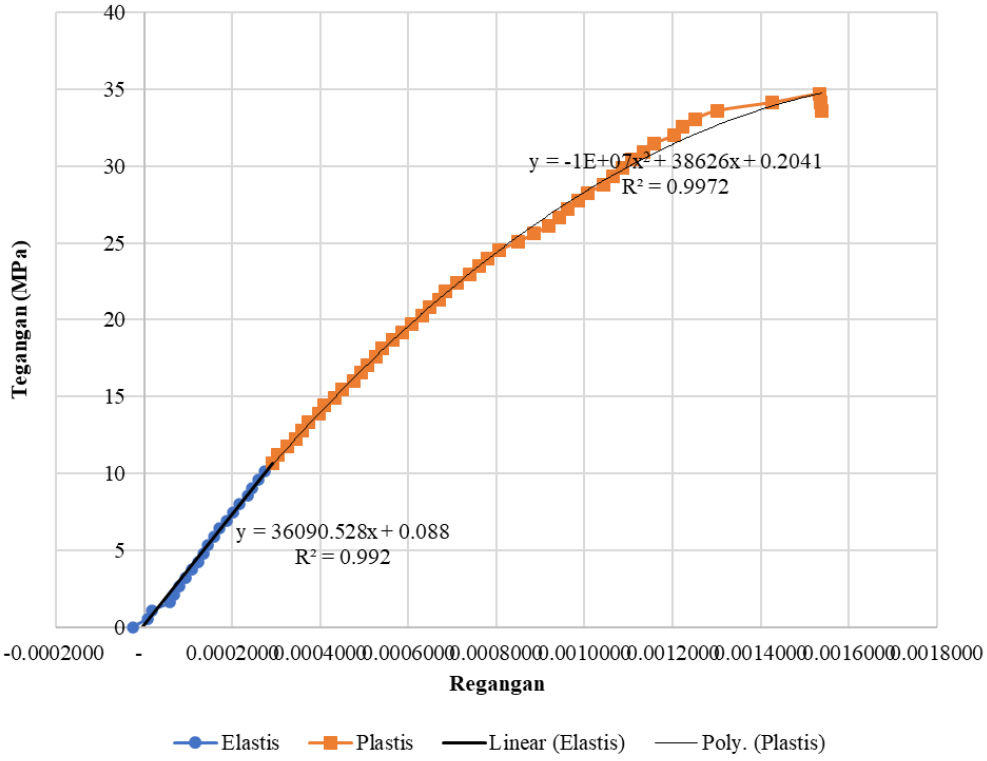
Gambar L-9.4 Grafik Modulus Elastisitas BX5-1



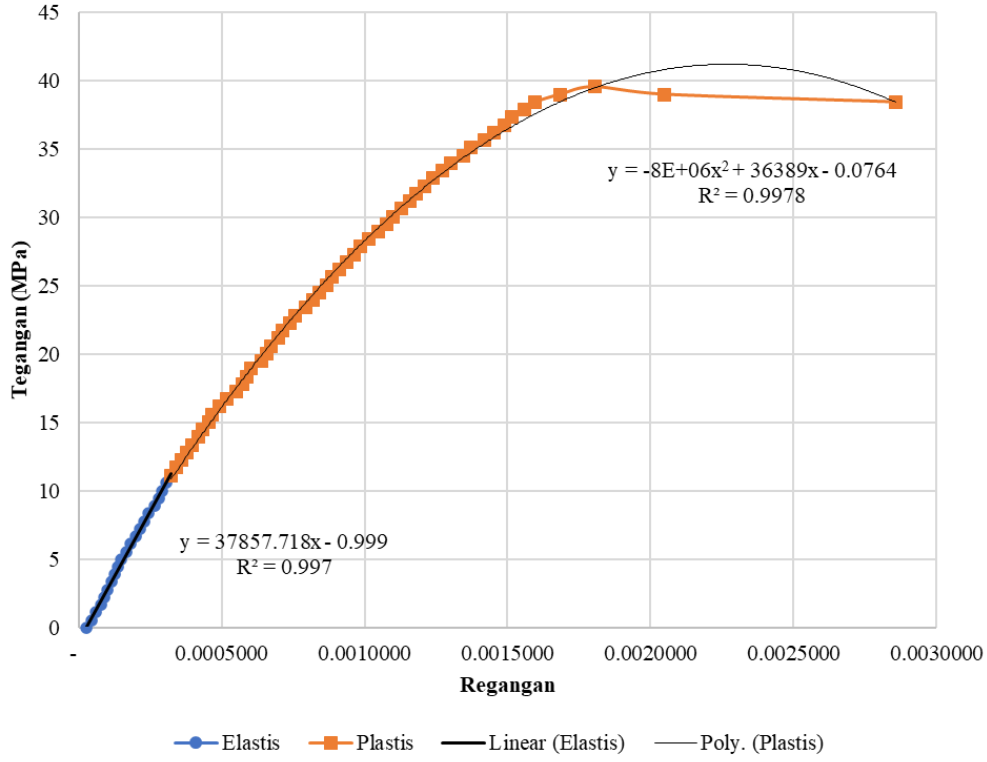
Gambar L-9.5 Grafik Modulus Elastisitas BX5-3



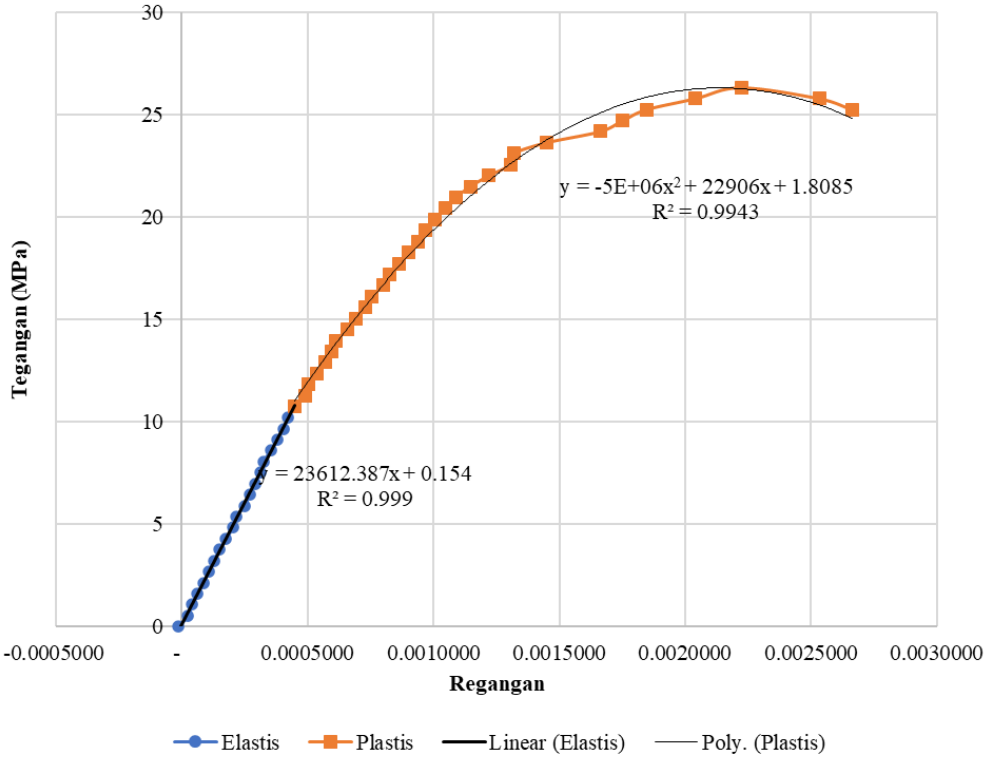
Gambar L-9.6 Grafik Modulus Elastisitas BX5-4



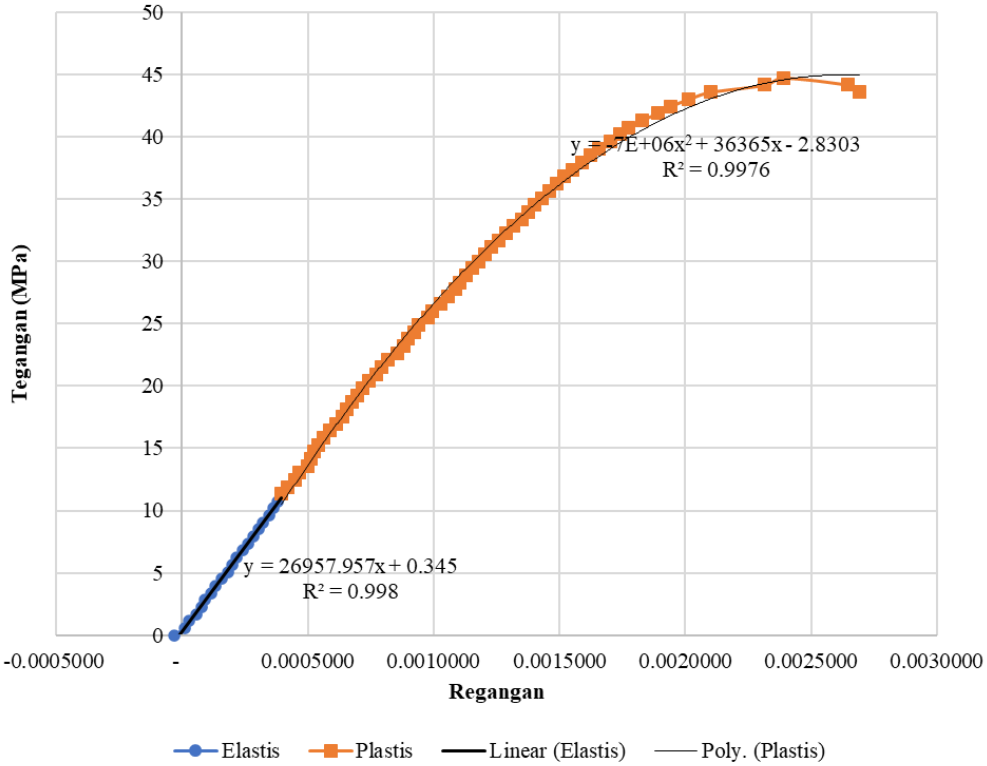
Gambar L-9.7 Grafik Modulus Elastisitas BX6-1



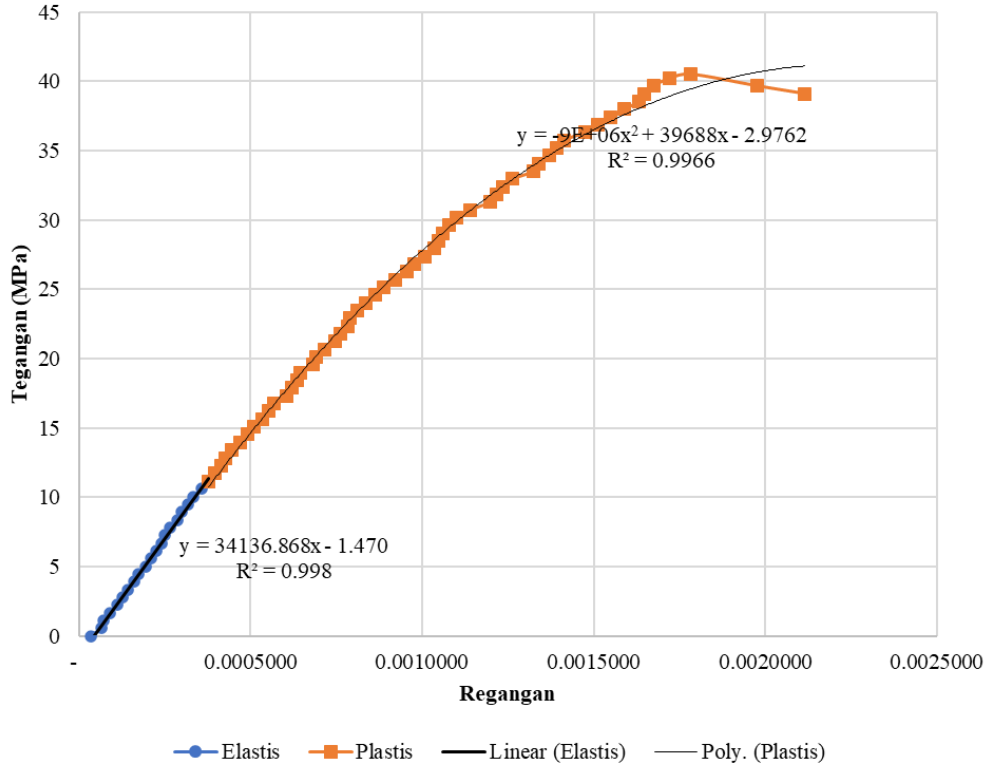
Gambar L-9.8 Grafik Modulus Elastisitas BX6-2



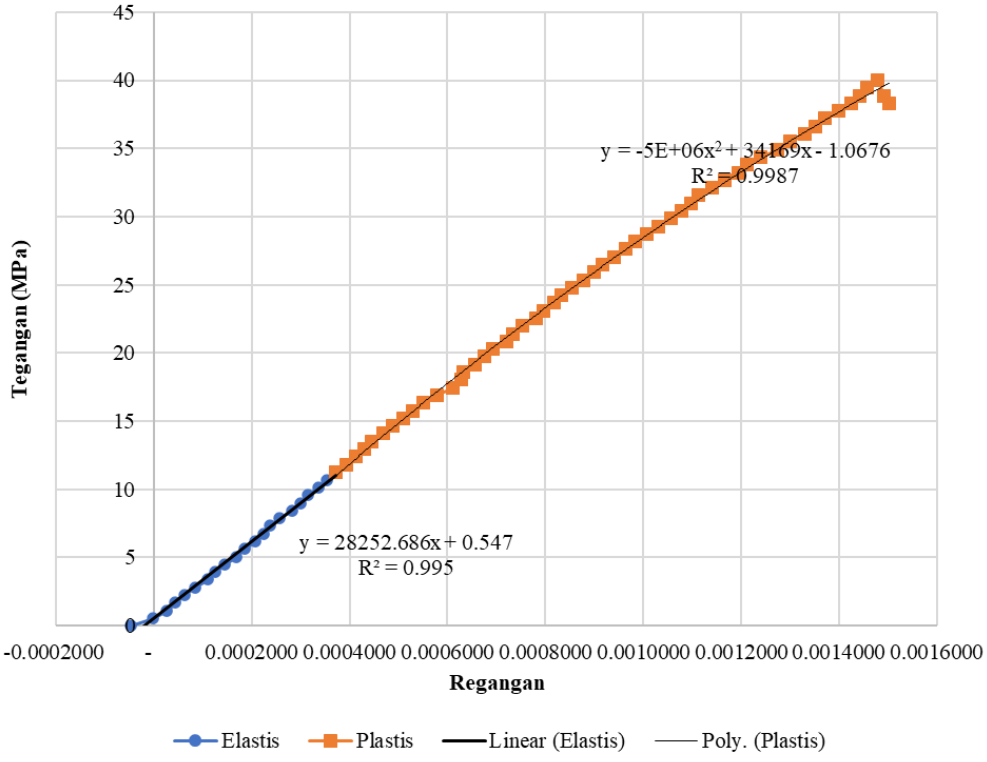
Gambar L-9.9 Grafik Modulus Elastisitas BX6-4



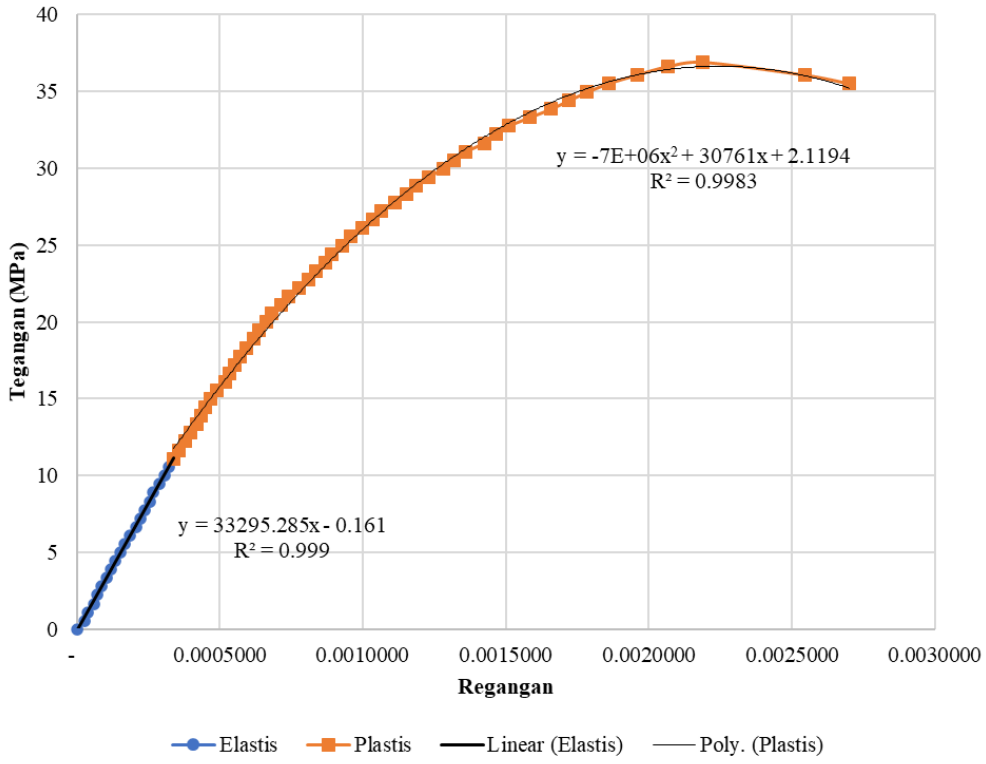
Gambar L-9.10 Grafik Modulus Elastisitas BX7-1



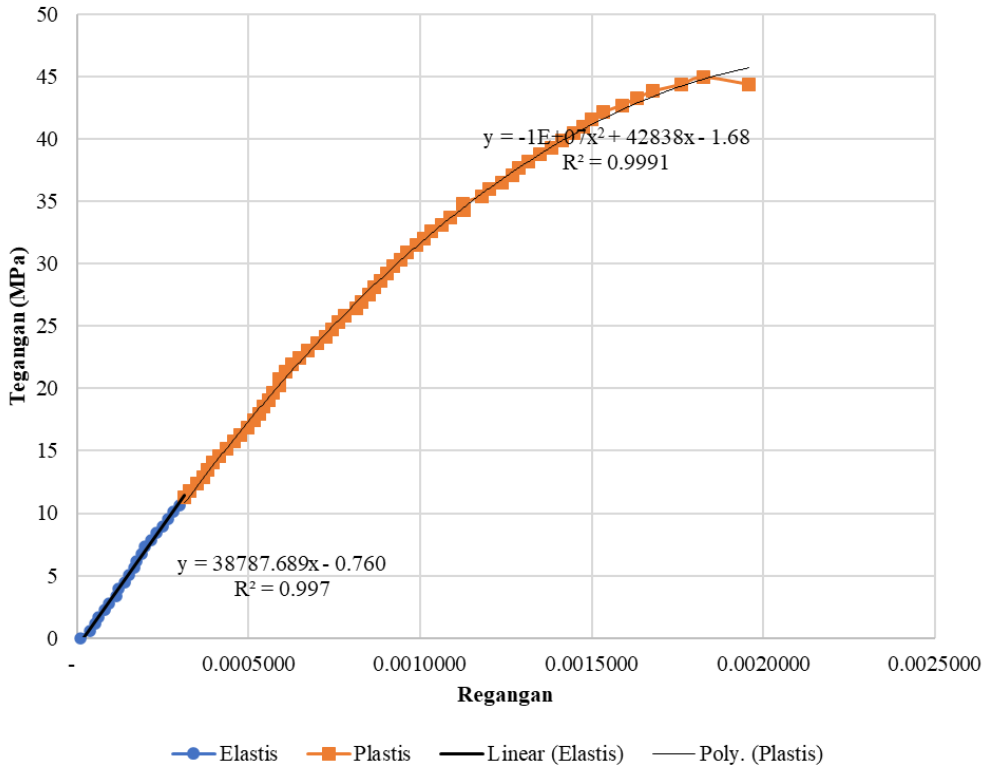
Gambar L-9.11 Grafik Modulus Elastisitas BX7-3



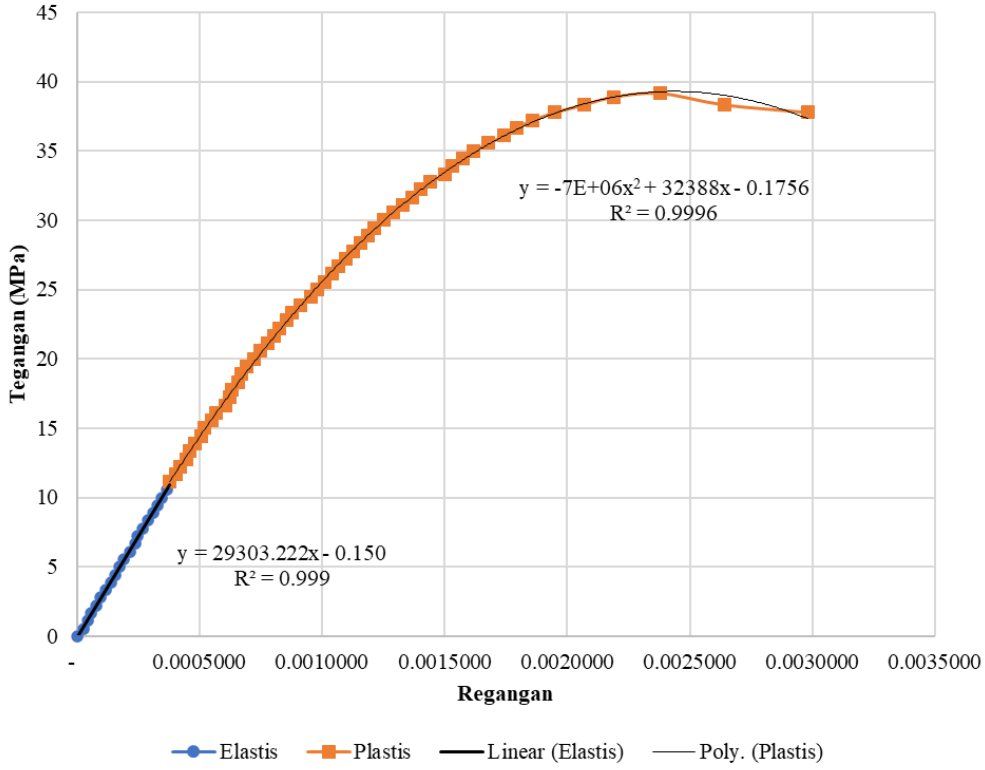
Gambar L-9.12 Grafik Modulus Elastisitas BX7-4



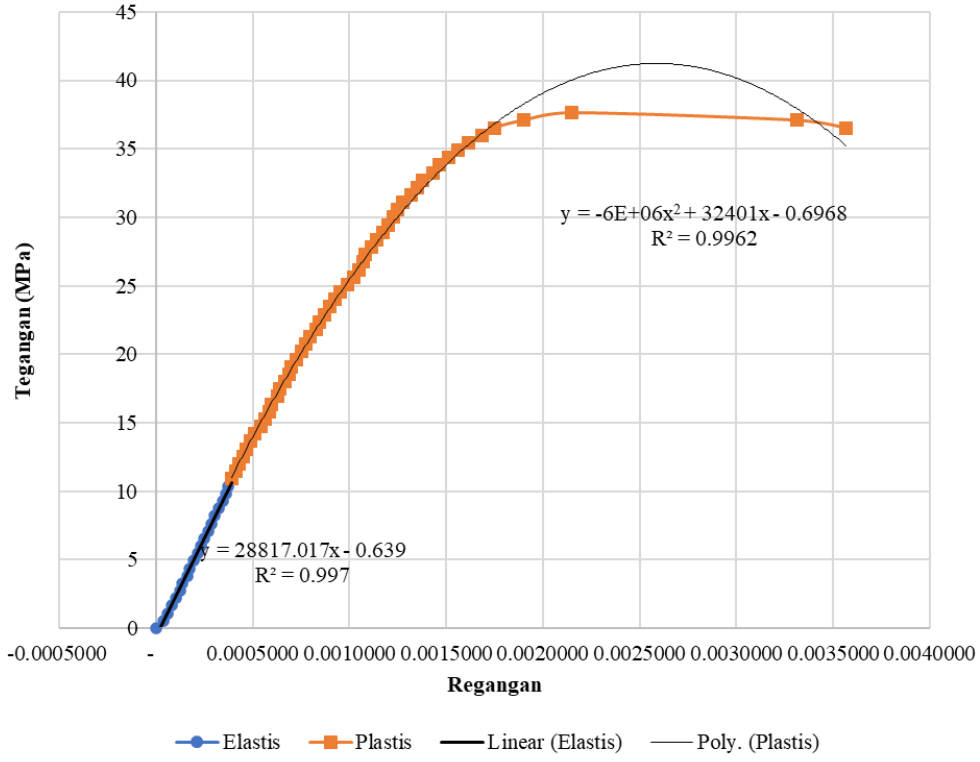
Gambar L-9.13 Grafik Modulus Elastisitas BX8-1



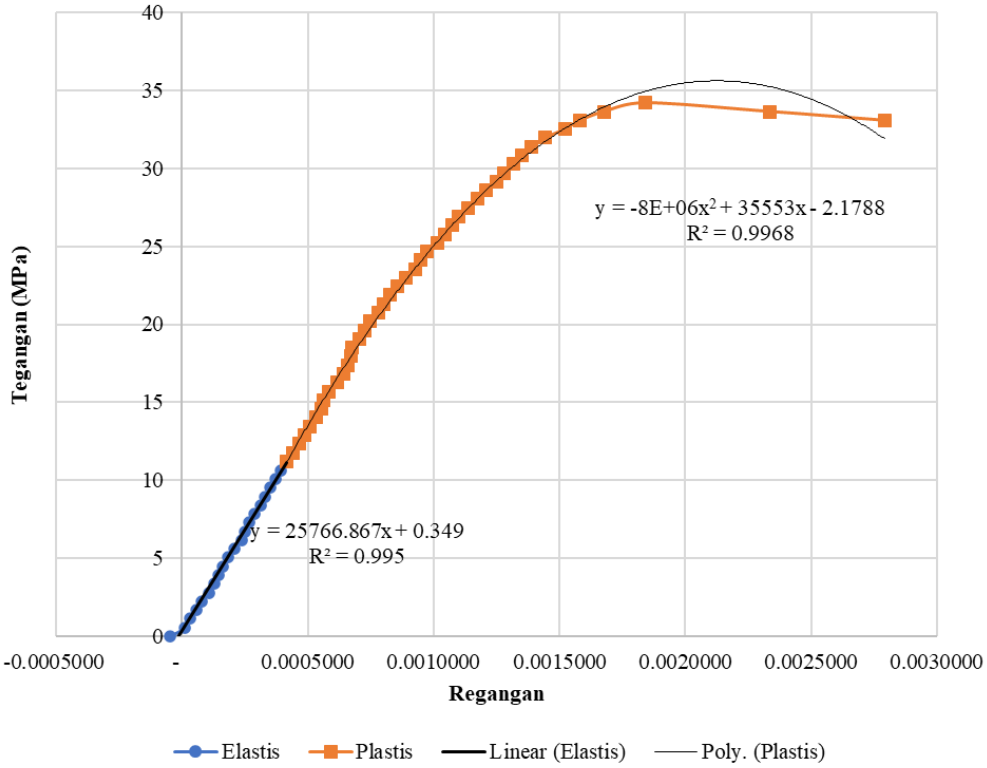
Gambar L-9.14 Grafik Modulus Elastisitas BX8-3



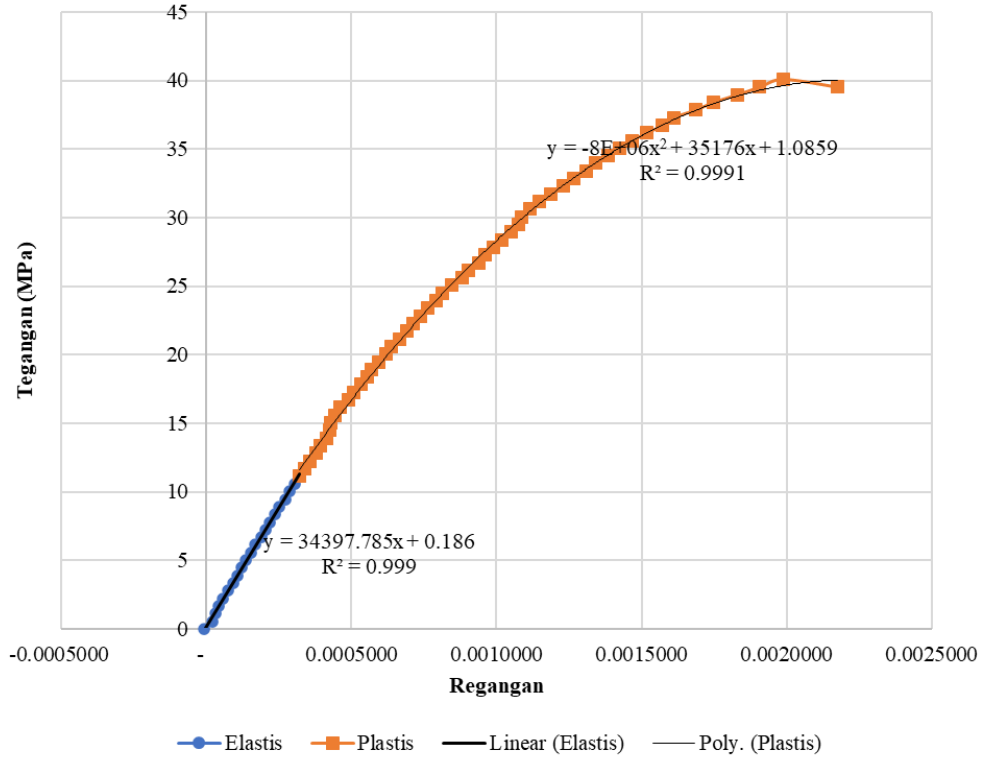
Gambar L-9.15 Grafik Modulus Elastisitas BX8-4



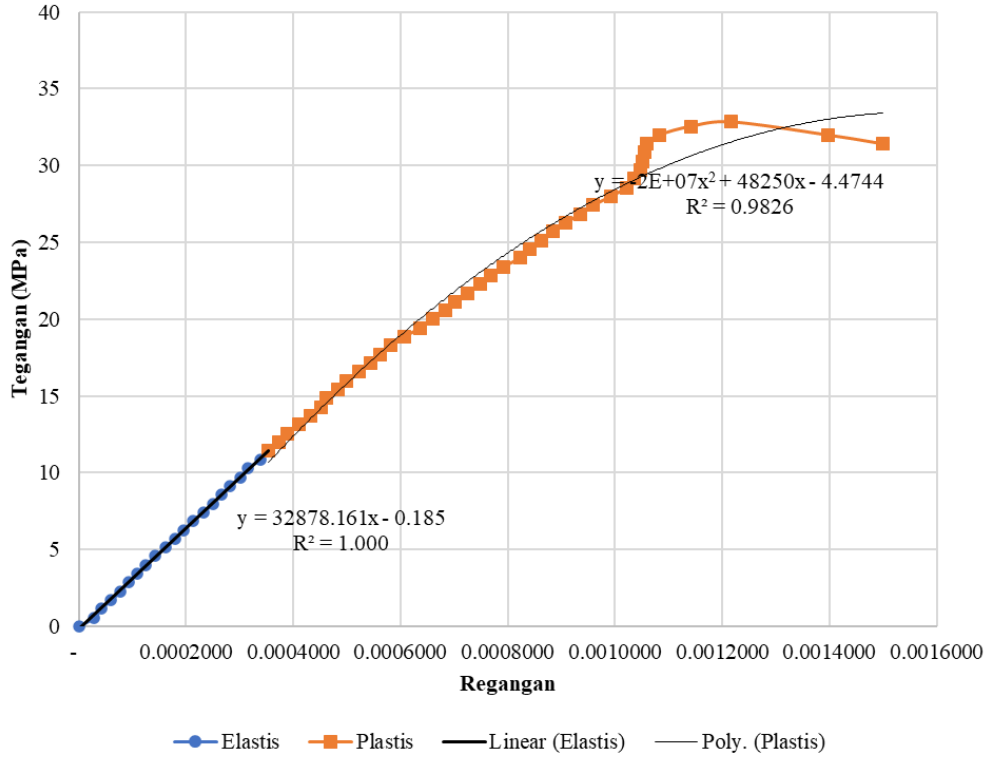
Gambar L-9.16 Grafik Modulus Elastisitas BX9-1



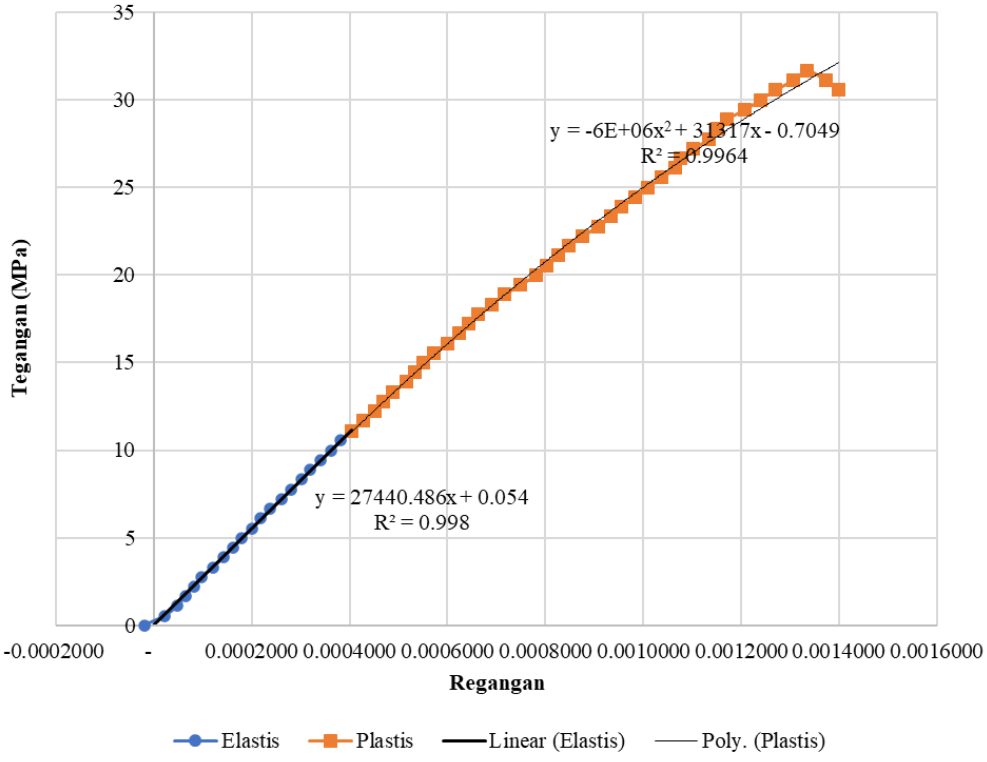
Gambar L-9.17 Grafik Modulus Elastisitas BX9-3



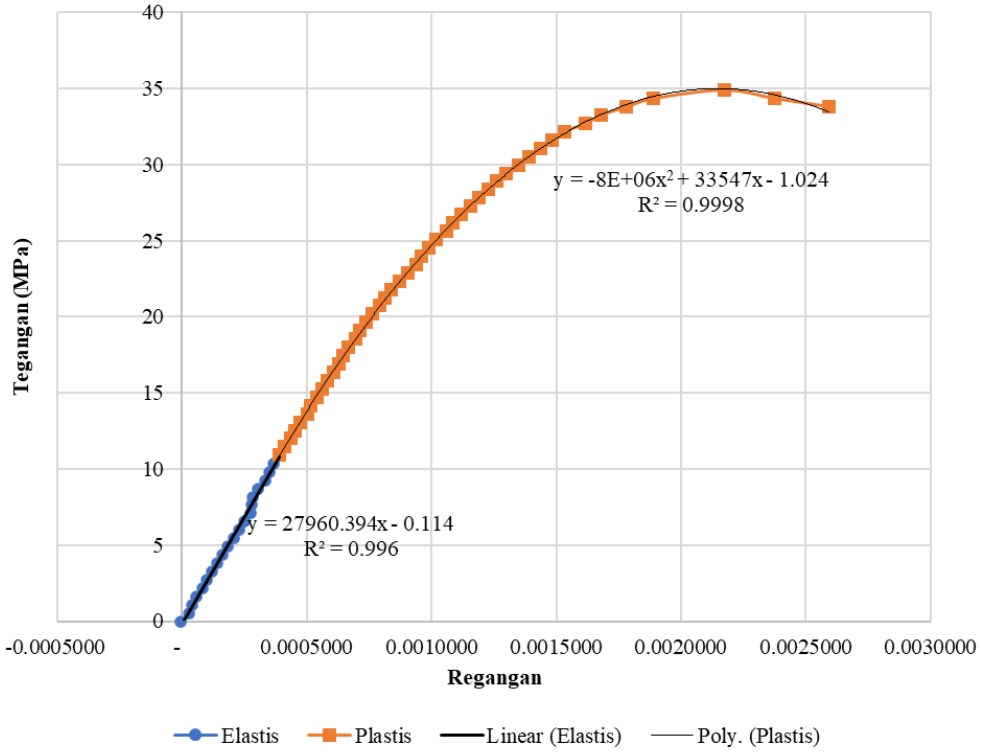
Gambar L-9.18 Grafik Modulus Elastisitas BX9-4



Gambar L-9.19 Grafik Modulus Elastisitas BX10-3



Gambar L-9.20 Grafik Modulus Elastisitas BX10-4



Gambar L-9.21 Grafik Modulus Elastisitas BX10-5