TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SIKA VISCOCRETE 1003, *SILICA FUME*, DAN SERBUK KACA PADA *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC) MUTU TINGGI

(*THE EFFECT OF ADDITION OF SIKA VISCOCRETE 1003, GLASS POWDER, AND SILICA FUME ON HIGH STRENGTH SELF COMPACTING CONCRETE)*

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

Achmad Puspa Agung
19511002

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SIKA VISCOCRETE 1003, *SILICA FUME*, DAN SERBUK KACA PADA *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC) MUTU TINGGI

(*THE EFFECT OF ADDITION OF SIKA VISCOCRETE 1003, GLASS POWDER, AND SILICA FUME ON HIGH STRENGTH SELF COMPACTING CONCRETE)*

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

Achmad Puspa Agung
19511002

Disetujui :

Pembimbing

Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE, Ph.D.
Tanggal : 15 Juni 2024

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SIKA VISCOCRETE 1003, *SILICA FUME*, DAN SERBUK KACA PADA *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC) MUTU TINGGI

(*THE EFFECT OF ADDITION OF SIKA VISCOCRETE 1003, GLASS POWDER, AND SILICA FUME ON HIGH STRENGTH SELF COMPACTING CONCRETE)*

Disusun oleh

Achmad Puspa Agung
19511002

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

Diuji pada tanggal 11 Juni 2024
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE, Ph.D.	Astriana Hardawati S.T., M.Eng.	Malik Mushthofa, S.T., M.Eng.
NIK: 855110201	NIK:165111301	NIK:185111302

19.06.24

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 11 Juni 2024

Yang membuat pernyataan,



Achmad Puspa Agung

(19511002)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan mengucapkan puji syukur atas Kehadirat Allah SWT karena atas Rahmat dan Hidayah-Nya, Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Penambahan Sika *Viscocrete* 1003, *Silica Fume*, dan, Serbuk Kaca pada *Self Compacting Concrete* (SCC) Mutu Tinggi dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan untuk mendapatkan gelar sarjana Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya saran, kritik, dan dukungan semangat dari berbagai pihak. Terimakasih yang sedalam-dalamnya diberikan kepada:

1. Bapak Prof. Ir Mochamad Teguh, MSCE, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak bimbingan, nasihat, saran, serta memberikan banyak ilmu, dan motivasi yang membangun selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Astriana Hardawati S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji I dan Bapak Malik Mushthofa, S.T., M Eng. selaku Dosen Penguji II.
3. Mas Zakki, Mas Amirul Yachya, Mas Aji, Pak Daru, Pak Warno, dan Pak Hari selaku Laboran pada Laboratorium bahan konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas islam Indonesia yang telah membantu selama penelitian berlangsung.
4. Bapak Dr. dr. Bambang Hastha Yoga Legawa Budiman, SpKJ dan ibu Sukmawati Haryanie, S.Sos. selaku orang tua saya tercinta yang selalu menjadi sosok luar biasa dalam memberikan doa, dukungan, semangat, dan kasih sayang untuk keberhasilan anak-anaknya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
5. Kakak saya Bestari Bunga Dewi S.Ked dan adik saya Diatrie Padma Sari yang terus memberikan doa, semangat, dan dukungan kepada saya,

sehingga saya dapat lebih bersemangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Sahabat seperjuangan saya Aldi Ramandia P, Ade Risky D, Bayu Sidianto, Daffa Fikri A, Hamim Farchan Noor R, Haris Ahmad K, Harfat Rahmayuda, Herjuno Jatiko, Junyan Nirwan, Muhammad Ghifary A, Naufal Afif Bagus W, Pratisto Ganang N, Risky Arianto, Tegar Fadillah, Tabri Budi D, Bima A, Indra W, dan Muhamad Saiful Rizki A yang sudah banyak membantu saya selama masa perkuliahan S1 dan membantu saya selama penelitian Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2019 Universitas Islam Indonesia yang turut memberikan saran dan dukungan sehingga memudahkan saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Kritik dan saran yang bersifat membangun dan bermanfaat diharapkan oleh penulis, dengan tujuan perbaikan. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Yogyakarta, 11 Juni 2024

Penulis,



Achmad Puspa Agung

19511002

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ii
KATA PENGANTAR iii
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR LAMPIRAN x
DAFTAR NOTASI xi
ABSTRAK xiv
ABSTRACT xv
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 5
2.1 Tinjauan Umum 5
2.2 Referensi SCC 5
2.2.1 Penelitian terhadap Pengaruh Bahan-Tambah pada Beton SCC 5
2.2.2 Penelitian Pengaruh Serbuk Kaca pada Beton 8
2.3 Keaslian Penelitian 9
BAB III LANDASAN TEORI 15
3.1 Material Beton 15
3.2 Material Penyusun Beton SCC 15
3.2.1 *Beton Self Compacting Concrete* (SCC) 15
3.2.2 Komposisi Beton SCC 17
3.2.3 Semen Portland 18
3.2.4 Agregat Halus 19
3.2.5 Agregat Kasar 22
3.2.6 Air 25

3.3 Bahan-tambah 25
3.3.1 *Silica Fume* 27
3.3.2 *Superplasticizer* 27
3.3.3 Serbuk Kaca 27
3.4 Rencana Campuran Beton SCC Mutu Tinggi (*Mix Design*) 28
3.5 Pengujian *Slump-Flow* 31
3.6 Pengujian *V-Funnel* 32
3.7 Pengujian Beton 33
3.7.1 Pengujian Kuat Desak 33
3.7.2 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton 33
3.7.3 Pengujian Modulus Elastisitas 34
3.7.4 Pengujian Penyerapan Air pada Beton 36
BAB IV METODE PENELITIAN 37
4.1 Umum 37
4.2 Bahan-Bahan yang Digunakan 37
4.3 Peralatan 38
4.4 Lokasi Penelitian 39
4.5 Rancangan Benda Uji 39
4.6 Tahapan Penelitian 40
4.6.1 Pengujian Agregat 40
4.6.2 Pembuatan Sampel dan Perawatan 41
4.6.3 Pelaksanaan Pengujian 41
4.6.4 Kerangka Konsep Penelitian 43
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 45
5.1 Tinjauan Umum 45
5.2 Pengujian Agregat 45
5.2.1 Pengujian Agregat Halus 45
5.2.2 Pengujian Agregat Kasar 52
5.3 Desain Campuran Beton SCC Mutu Tinggi 57
5.4 Komposisi Campuran Beton SCC Mutu Tinggi 61
5.5 Pengujian Sampel Beton SCC *Trial* 63
5.6 Pengujian Beton SCC Mutu Tinggi 65

5.6.1 Pengujian *Slump Flow* 65
5.6.2 Pengujian *V-Funnel* 66
5.6.3 Pengujian Kuat Desak Beton 67
5.6.4 Pengujian Tarik Belah Beton 70
5.6.5 Pengujian Modulus Elastisitas 74
5.6.6 Pengujian Penyerapan Air pada Beton 83
5.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian 85
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 88
6.1 Kesimpulan 88
6.2 Saran 89
DAFTAR PUSTAKA 90
LAMPIRAN 93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kondisi Beton setelah Diuji Desak dan Tarik Belah..... 6
Gambar 2.2 Hasil *Slump Flow* 6
Gambar 2.3 Hasil *Uji Slump Flow* 7
Gambar 2.4 Kondisi Beton setelah Diuji Tarik Belah dan Tekan..... 8
Gambar 2.5 Beton setelah dilakukan Pengujiana Tarik Belah dan Uji Desak..... 9
Gambar 3.1 Perbandingan Porsi Beton SCC dengan Beton Kovensional 16
Gambar 3.2 Alat Uji Slump Flow 32
Gambar 3.3 Alat Uji V-funnel 33
Gambar 3.4 Grafik Kurva Hubungan Tegangan Regangan Beton 34
Gambar 3.5 Modulus Sekan dan Modulus Tangen Beton 35
Gambar 4.1 *Flowchart* tahapan penelitian..... 44
Gambar 5.1 Gradasi Agregat Halus Sampel 1 47
Gambar 5.2 Gradasi Agregat Halus Sampel 2 48
Gambar 5.3 Gradasi Agregat Kasar Sampel 1 54
Gambar 5.4 Gradasi Agregat Kasar Sampel 2 54
Gambar 5.5 Pengujian *Slump Flow Trial 1* Hingga *Trial 4*..... 64
Gambar 5.6 Pengujian *Slump Flow Trial 5* Hingga *Trial 8*..... 64
Gambar 5.7 Pengujian *Slump Flow*..... 65
Gambar 5.8 Pengujian *V-funnel* 67
Gambar 5.9 Pengujian Kuat Desak 68
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Kuat Desak Beton Kontrol dengan Beton Variasi Usia 28 Hari..... 69
Gambar 5.11 Pengujian Kuat Tarik 71
Gambar 5.12 Perbandingan Beton Kontrol dan Beton Variasi Serbuk Kaca 72
Gambar 5.13 Perbandingan Kuat Tarik Belah dan Kuat Desak..... 73
Gambar 5.14 Hasil Pengujian Tarik Belah pada Beton 73
Gambar 5.15 Pengujian Modulus Elastisitas 74
Gambar 5.16 Grafik Regangan Tegangan Sampel Uji BK1..... 78
Gambar 5.17 Grafik Perbandingan Hasil Modulus Elastisitas..... 82
Gambar 5. 18 Pengujian Penyerapan Air..... 83
Gambar 5.19 Grafik Rata- rata Penyerapan Air..... 85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian 11
Tabel 3.1 Sifat-Sifat Beton SCC (Okamura & Ozawa, 1994) 17
Tabel 3.2 Kriteria SCC Menurut EFNARC 17
Tabel 3.3 Fraksi volume Agregat Kasar Optimum (SNI 03-6468-2000) 29
Tabel 3.4 Estimasi Kadar Air Dan Adar Udara (SNI 03-6468-2000) 29
Tabel 3.5 Rasio (W/C) Disarankan (Campuran Tanpa Superplasticizer) (SNI 03-6468 2000) 30
Tabel 3.6 Rasio (W/C) Disarankan (Campuran Dengan Superplasticizer) (SNI 03-6468-2000) 31
Tabel 4.1 Rincian Benda Uji 40
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1 46
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2 46
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus 48
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air *Agregat* Halus 50
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur 51
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat 51
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1 52
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2 53
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar 56
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur 57
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Berat Volume Padat 57
Tabel 5.12 Komposisi Campuran Beton SCC 62
Tabel 5.13 Hasil Pengujian *Trial* Sampel Beton SCC 63
Tabel 5.14 Hasil Pengujian *Slump Flow* Beton SCC 65
Tabel 5.15 Hasil Pengujian *V-funnel* Beton SCC 66
Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton SCC 68
Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton SCC 71
Tabel 5.18 Hubungan tegangan regangan sampel uji BK1 74
Tabel 5.19 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Modulus Elastistas ASTM C-469-94 79
Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Prediksi Modulus Elastistas 81
Tabel 5.21 Rekapitulasi Hasil Pengujian Penyerapan Air 84
Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian 87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penggunaan Laboratorium 94
Lampiran 2 Hasil Pemeriksaan Agregat 95
Lampiran 3 Hasil Pengujian Desak 106
Lampiran 4 Hasil Pengujian Tarik Belah 110
Lampiran 5 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas 111
Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian 158

DAFTAR NOTASI

BAB 1

f'c	= kuat desak rata-rata yang disyaratkan (MPa)
SCC	= *self compacting concrete*
SNI	= standar nasional indonesia

BAB 2

EFNARC	= *The European Federation of National Associations Representing for Concrete*
K-600	= beton dengan mutu 49 kN
SCC	= *self compacting concrete*
SNI	= Standar Nasional Indonesia

BAB 3

A	= berat kering sebelum dicuci (gr)
ASTM	= *American Society for Testing and Material*
a	= berat agregat kering mutlak sebelum diayak (gr)
B	= berat kering setelah dicuci (gr).
Bk	= berat benda uji kering oven (gr).
Bt	= berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)
b	= berat agregat kering setelah sebelum diayak (gr)
D	= diameter benda uji silinder (mm).
dmax	= diameter maksimum, mm
d max	= jarak diameter terbesar lingkaran slump flow.
d perpendicular	= jarak diameter yang tegak lurus dari d max
E	= modulus elastisitas.
EFNARC	= *The European Federation of National Associations Representing for Concrete*
FAS	= faktor air semen
f'c	= kuat desak rata-rata yang disyaratkan (MPa)
f'cr	= kuat desak rata-rata yang ditargetkan (MPa)
f'ct	= kuat tarik belah (MPa)

L	= pajang benda uji silinder (mm).
P	= beban maksimum (N),
P_A	= absorsi beton (%).
PBI	= Peraturan Beton Bertulang Indonesia
S	= deviasi standar
SCC	= *self compacting concrete*
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SSD	= berat jenis kering permukaan jenuh
S_1	= tegangan Ketika rengangan $0{,}000050$ (MPa).
S_2	= tegangan Ketika 40% dari beban ultimate (MPa).
V	= kadar rongga udara.
V	= volume silinder (cm3).
Wc	= berat volume beton normal
W1	= berat agregat tanpa dipadatkan (gr).
W2	= berat agregat dengan di padatkan(gr).
∑(%kumulatif)	= berat tertinggal kumulatif (%)
ε_2	= regangan akibat tekanan S_2.

BAB 4

BK	= beton kontrol
BV1	= beton variasi satu
BV2	= beton variasi dua
BV3	= beton variasi tiga
BV4	= beton variasi empat
BV5	= beton variasi lima
BV6	= beton variasi enam
SCC	= *self compacting concrete*
SNI	= Standar Nasional Indonesia

BAB 5

ASTM	= *American Society for Testing and Material*
B	= berat piknometer berisi air (gr).
Bk	= berat benda uji kering oven (gr).

Bt	= berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)
CTM	= *compression testing machine*
EFNARC	= *The European Federation of National Associations Representing for Concrete*
FHWA	= *Federal Highway Administration*
MHB	= modulus halus butir
NBR-6118	= *Norma Brasileria Regulamentadora 6118*
SCC	= *self compacting concrete*
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SSD	= berat jenis kering permukaan jenuh
V	= kadar rongga udara.
W1	= berat agregat tanpa dipadatkan (gr).
W2	= berat agregat dengan di padatkan(gr).

BAB 6

ASTM	= *American Society for Testing and Material*
FHWA	= *Federal Highway Administration*
NBR-6118	= *Norma Brasileria Regulamentadora 6118*
MPa	= *megapascal*
SCC	= *self compacting concrete*

ABSTRAK

Proses pembuatan beton konvensional membutuhkan pemadatan manual atau getaran mekanis untuk mengisi rongga-rongga cetakan dengan baik dan menghilangkan rongga udara yang dapat merusak kekuatan struktur. Untuk mengatasi kendala ini, teknologi beton *Self Compacting Concrete* (SCC) dikembangkan. Beton SCC mudah mengalir pada cetakan dan mengisi celah sempit antara tulangan tanpa memerlukan mesin pemadatan. Penelitian ini, menggunakan bahan-tambah serbuk kaca sebagai *filler*, karena mengandung silika yang dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan beton SCC mutu tinggi dengan bahan-tambah serbuk kaca sebagai *filler*. Campuran beton SCC disusun sesuai dengan standar SNI-6468-2000 dengan target kuat tekan 42 MPa, dengan variasi persentase serbuk kaca 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15%. Dalam komposisi beton, digunakan juga *silica fume* dan *superplasticizer* tipe *viscorete1003*. Beton diuji pada usia 28 hari setelah pencampuran, dengan tujuan untuk mengetahui kuat tekan, kekuatan tarik belah, modulus elastisitas, dan penyerapan air.

Berdasarkan hasil penelitian, beton dengan penambahan 2,5% serbuk kaca sebagai *filler* memiliki kinerja terbaik dalam hal kuat tekan dan kuat tarik belah. Pada pengujian modulus elastistas beton SCC mutu tinggi, terdapat perbedaan dalam hasil karena penggunaan metode mengacu pada ASTM-C469-94, SNI-2847-2019, FHWA (2000), dan NBR-6118 (2003). Pengujian penyerapan air pada beton SCC menunjukkan bahwa nilai daya serap beton kontrol sebesar 1,01%. Namun, untuk variasi beton dengan tambahan serbuk kaca, nilai penyerapan tertinggi terjadi pada beton dengan kandungan serbuk kaca 15%, yaitu sebesar 1,841%. Sementara itu, nilai penyerapan air terendah tercatat pada beton dengan kandungan serbuk kaca 2,5%, dengan presentase sebesar 1,072%.

Kata kunci: serbuk kaca, beton SCC mutu tinggi, *viscocrete*1003

ABSTRACT

The conventional concrete manufacturing process requires manual compaction or mechanical vibration to properly fill the mold cavities and eliminate air voids that can impair the strength of the structure. To overcome this obstacle, Self Compacting Concrete (SCC) technology was developed. SCC concrete flows easily in the formwork and fills the narrow gaps between the reinforcement without the need for a compaction machine. In this research, glass powder was used as filler, because it contains silica that can affect the compressive strength of concrete.

This research shown to evaluate the strength of high-strength SCC concrete with glass powder as filler. The SCC concrete mixture was prepared in accordance with the SNI-6468-2000 standard with a target compressive strength of 42 MPa, with variations in the percentage of glass powder of 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, and 15%. In the concrete composition, silica fume and superplasticizer type viscorete1003 were also used. The concrete was tested at 28 days after mixing, to determine the compressive strength, split tensile strength, modulus of elasticity, and water absorption.

Based on the results, concrete with the addition of 2.5% glass powder as filler had the best performance in terms of compressive strength and split tensile strength. In testing the modulus of elasticity of high quality SCC concrete, there are differences in results due to the use of methods referring to ASTM-C469-94, SNI-2847-2019, FHWA (2000), and NBR-6118 (2003). Water absorption testing of SCC concrete shows that the absorption value of control concrete is 1.01%. However, for concrete variations with additional glass powder, the highest absorption value occurred in concrete with 15% glass powder content, which amounted to 1.841%. Meanwhile, the lowest water absorption value was recorded in concrete with 2.5% glass powder content, with a percentage of 1.072%.

***Keywords**: glass powder, high strength SCC concrete, viscocrete1003*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan industri konstruksi yang pesat, semakin banyak inovasi yang diperkenalkan, salah satunya inovasi dalam pembangunan gedung bertingkat tinggi. Untuk menunjang kekuatan pada gedung bertingkat umumnya pembuatan kolom dan shearwall (dinding geser) membutuhkan beton dengan kualitas yang baik, serta membutuhkan beton dengan kuat tekan tinggi. Sehingga, beberapa upaya dibutuhkan untuk menghasilkan beton dengan kondisi yang baik dan memiliki kekuatan yang baik. Salah satu upaya yang dapat digunakan yaitu dengan menggunakan beton mutu tinggi dalam pembangunan gedung tersebut (Pamungkas, 2024).

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling umum digunakan dalam berbagai proyek konstruksi, seperti gedung, jembatan, jalan, dan infrastruktur lainnya. Beton sering digunakan karena material yang digunakan mudah didapatkan selain itu beton memiliki karaktertistik kuat tekan yang tinggi. Beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan-tambah membentuk massa padat (SNI 2834 2000).

Dalam proses pembuatan beton konvensional, pemadatan manual atau getaran mekanis diperlukan untuk memastikan beton mengisi rongga-rongga cetakan dengan baik dan menghilangkan rongga udara yang dapat mengurangi kekuatan struktur. Meskipun beton konvensional telah digunakan secara luas, namun metode pemadatan ini seringkali menyulitkan dalam beberapa kondisi, seperti cetakan dengan bentuk yang kompleks, area sempit, dan beton dengan tingkat kekentalan yang tinggi.

Dalam upaya mengatasi kendala tersebut, teknologi beton *Self Compacting Concrete* (SCC) dikembangkan. Beton SCC adalah jenis beton yang mudah

mengalir pada cetaka, mudah mengisi celah-celah sempit antar tulangan dengan berat sendirinya sehingga tidak memerlukan pemadatan (Lianasari dan Sarira. 2019). Teknologi ini memungkinkan beton mengisi seluruh bidang cetakan dengan sempurna dan merata, bahkan pada kondisi yang sulit dijangkau oleh metode pemadatan konvensional (Bhamakerti, 2021). Dengan begitu, beton SCC dapat mengurangi kerja manual dan meningkatkan efisiensi dalam proses pengecoran, sehingga dapat menghemat waktu dan biaya.

Selain efisiensi dalam pengecoran, beton SCC juga menawarkan beberapa keunggulan lainnya. Kekuatan dan ketahanan beton SCC setara dengan beton konvensional, bahkan dalam beberapa kasus, beton SCC dapat mencapai kekuatan yang lebih tinggi (Sika Indonesia, 2018). Namun, penggunaan beton SCC juga memerlukan penyesuaian dalam formulasi dan properti materialnya. Bahan-tambah seperti *superplasticize*r dan *pozzolan* contohnya *silica fume* sering digunakan dalam campuran beton SCC untuk mencapai karakteristik aliran yang baik dan kuat tekan yang optimal.

Hasil dari pengecoran beton konvensional dan beton SCC, masih ditemukan adanya rongga sehingga beton menjadi tidak padat. Pada penelitian ini digunakan serbuk kaca sebagai *filler* untuk memenuhi rongga pada beton SCC. Serbuk kaca yang digunakan berukuran 0,075mm (lolos saringan no. 200) agar dapat memenuhi rongga yang sempit sehingga menambah kepadatan beton.

Berdasarkan pertimbangan tersebut penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan bahan-tambahan tertentu pada beton SCC. Penelitian ini menggunakan bahan-tambah berupa *superpalcticizer* tipe 1003 dari PT. Sika Indonesia. Selain penggunaan *superplasticizer*, akan dilakukan juga penambahan *Silica Fume* dan Serbuk Kaca sebagai *filler*.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian yang dilakukan oleh Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE, Ph.D., yang juga bertindak sebagai dosen pembimbing dalam penulisan tugas akhir ini. Penelitian sebelumnya telah memberikan dasar yang kuat untuk perluasan penelitian ini, dan penelitian ini diharapkan akan memperkaya pengetahuan dan pemahaman tentang beton SCC mutu tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggunaan *sika viscocrete* 1003, *silica fume*, dan serbuk kaca terhadap kuat desak, kuat tarik, dan modulus elastisitas pada beton SCC?
2. Berapa kadar optimum penambahan *sika viscocrete* 1003, serbuk kaca, dan *silica fume* agar mencapai kuat desak, kuat tarik, dan modulus elastisitas, beton SCC?
3. Bagaimana pengaruh penyerapan air pada beton SCC terhadap kuat desak, kuat tarik, dan modulus elastisitas?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari tugas akhir ini sebagai berikut.

1. Pengujian eksperimen terhadap pengaruh penggunaan *sika viscocrete* 1003, *silica fume*, dan serbuk kaca terhadap kuat desak, modulus elastisitas, dan kuat tarik belah beton SCC.
2. Memperoleh karakateristik beton SCC optimum atas penambahan serbuk kaca.
3. Memperoleh pengaruh penyerapan air terhadap hasil pengujian kuat desak, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton SCC.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang di lakukan adalah sebagai berikut.

1. Bermanfaat sebagai referensi penelitian beton SCC mutu tinggi untuk dikembangkan dalam penelitian di masa depan dengan menggunakan substitusi atau penggantian material lain, yang dapat meningkatkan karakteristiknya.

2. Menambah pengetahuan mengenai pengaruh penggunaan *sika viscocrete* 1003, *silica fume*, dan serbuk kaca, terhadap karakteristik beton SCC (kuat desak, kuat tarik, modulus elastisitas) beton SCC.
3. Menambah pengetahuan mengenai pengaruh penyerapan air pada beton SCC terhadap hasil pengujian (kuat desak, kuat tarik, dan modulus elastisitas).

1.5 Batasan Penelitian

Batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton yang direncanakan *f'c* = 42MPa.
2. Serbuk kaca sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5% dan, 15%.
3. Agregat halus berasal dari Sungai Progo, Kulon Progo, DIY.
4. Agregat kasar krikil Clereng jagungan.
5. Serbuk kaca yang digunakan berasal dari kaca dan botol kaca lolos saringan 200.
6. Digunakan *viscocrete* (*superplasticizer*) tipe 1003 produk dari PT. Sika Indonesia.
7. Digunakan SikaFume *(silica fume)* produk dari PT. Sika Indonesia.
8. Digunakan 1 jenis semen PCC yaitu merek semen Gresik.
9. Penggunaan air berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
10. Digunakan *concrete mixer* sebagai alat pencampuran beton SCC.
11. Digunakan alat uji *slump-flow test* milik Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Indonesia.
12. *Mix design* menggunakan metode SNI 03-6468-2000.
13. Umur rencana beton 7, 14, 21, dan 28 hari.
14. Penggunaan alat uji *V-funnel test* milk Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
15. Pengujian penyerapan air, kuat desak, modulus elastisitas, dan tarik belah.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton *Self Compacting Concrete* atau biasa disebut dengan beton SCC merupakan beton yang mampu mengalir dan memadat sendiri tanpa menggunakan mesin *vibrator*. Beton ini sangat cocok digunakan dalam pembangunan konstruksi pada kondisi yang sulit dijangkau beton dengan metode pemadatan konvensional. Beton SCC juga menawarkan beberapa keunggulan lainnya. Kekuatan dan ketahanan beton SCC setara dengan beton konvensional, bahkan dalam beberapa kasus, beton SCC dapat mencapai kekuatan yang lebih tinggi (Sika Indonesia, 2018).

2.2 Referensi SCC

Dalam tugas akhir yang merupakan penelitian mengenai perencanaan pembuatan beton SCC mutu tinggi dengan campuran serbuk kaca, *viscocrete* 1003 dan *silica fume*, terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Penelitian-penelitian tersebut memberikan banyak referensi dan sumber terhadap perencanaan yang dilakukan. Adapun penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya adalah sebagai berikut.

2.2.1 Penelitiaan terhadap pengaruh bahan-tambah pada beton SCC

1. Bhamakerti (2021), latar belakangan penelitian ini berkaitan dengan banyak sisa dari asbes yang tidak terpakai setelah pekerjaan konstruksi selesai. Tujuan dari penelitian ini mengetahui dampak penggunaan bahan-tambah limbah asbes, *silica fume*, dan *superplasticizer* terhadap kuat lentur balok pada beton SCC bertulang. Dalam penelitian ini, digunakan campuran *silica fume* dan *superplasticizer*, serta penambahan asbes, sebanyak 5%, dari berat semen. Pengujian dilakukan pada balok berukuran 200 x 20 x 30 cm dengan baja tulangan ulir dan polos. Berdasarkan hasil penelitian, beton SCC

dengan kadar asbes 5% menunjukkan sifat fisik yang lebih *fleksibel* dibandingkan dengan beton SCC tanpa asbes sebanyak 5%.

2. Hartanto (2021), latar belakang dari penelitian ini untuk mengetahui karakterisitik dari beton SCC setelah diberi bahan-tambah berupa batu kapur dan *silica fume*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik beton SCC menggunakan bahan-tambahan batu kapur dan *silica fume*. Pengujian dilaksanakan untuk menilai kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan modulus elastisitas beton SCC. Berdasarkan hasil pengujian beton SCC dengan bahan-tambah, beton dengan campuran *silica fume* menunjukan hasil yang tinggi dibandingkan dengan penambahan batu kapur. Hasil pengujian *slump flow*, desak, dan tarik belah dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar 2.1 Kondisi Beton setelah Diuji Desak dan Tarik Belah
(Sumber: Hartanto, 2021)



Gambar 2.2 Hasil *Slump Flow*
(Sumber: Hartanto, 2021)

3. Safitri (2022), latar belakang penelitian ini untuk memanfaatkan limbah abu ampas tebu dari PT. Gunung Madu Plantations dan diharapkan dapat mengurangi biaya pembangunan konstruksi beton. Penelitian ini membahas pengaruh bahan-tambah limbah abu ampas tebu terhadap kuat lentur pada beton SCC. Beton SCC merupakan jenis beton yang mampu memadat sendiri dan memiliki sebaran yang efektif, tetapi memiliki kelemahan pada kuat lentur. Dalam penelitian ini, Safitri menggunakan limbah abu ampas tebu sebagai pengganti sebagian semen untuk meningkatkan nilai kuat lentur beton SCC. Persentase abu ampas tebu yang digunakan sebanyak (0%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5%). Hasil pengujian kuat lentur menunjukan variasi campuran abu ampas tebu 7,5% mencapai nilai optimum dibandingkan dengan variasi campuran abu ampas tebu 12,5%. Hal ini disebabkan karena banyaknya penambahan abu ampas tebu yang semakin banyak. Hasil pengujian *slump flow* beton SCC dengan bahan-tambah limbah abu ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Hasil Uji *Slump Flow*
(Sumber: Safitri, 2022)

4. Pamungkas (2024), penelitian ini mempunyai latar belakang pengaruh pengguaan bahan-tambah *superplasticsizer* 3115N dan sikafume terhadap beton SCC mutu K-600. Tujuan dari penelitian ini Untuk menentukan proporsi campuran yang sesuai dengan kuat tekan beton rencana K600 dengan penambahan sikafume dengan kadar 6%-10% dan penambahan *superplasticizer viscocrete* 3115N dengan kadar 0,9%. Hasil penelitian

yang dilakukan Pamungkas menunjukkan pada variasi sikafume 10% tidak dapat dikatakan dalam beton SCC karena tidak memenuhi persyaratan EFNARC 2005. Kuat tekan optimum ada pada variasi 7% sebesar 56,32 MPa, kuat tarik optimum ada pada variasi 7% sebesar 5,521 MPa, serta kuat lentur optimum ada pada variasi 7% sebesar 5,840 MPa.

2.2.2 Penelitian pengaruh serbuk kaca pada beton

1. Jamaluddin (2022), latar belakang dilakukan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah kaca sebagai campuran beton dalam upaya pengelolaan limbah dan pengurangan penggunaan semen yang kurang ramah lingkungan. Penelitian bertujuan mengetahui dampak variasi komposisi serbuk kaca sebagai *substitusi parsial* agregat halus dan *silica fume* sebagai *substitusi parsial* semen pada campuran beton. Serbuk kaca digunakan sebagai pengganti sebagian pasir dalam campuran beton dengan variasi persentase 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat pasir. Selain itu, 10% berat semen digantikan dengan *silica fume* untuk mengurangi penggunaan semen. Hasil dari penelitian ini menunjukan semakin banyak penggunaan serbuk kaca pada beton maka kuliatas beton akan menurun. Hasil pengujian kuat tarik belah dan tekan dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Kondisi Beton setelah Diuji Tarik Belah dan Tekan
(Sumber: Jamaluddin, 2022)

2. Nuruddin (2022), penelitian mengenai dampak penggunaan serbuk kaca pada campuran beton mutu tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kekuatan campuran beton dengan penambahan *silica fume*,

viscocerete tipe 3115N, dan serbuk kaca sebagai *filler*. Presentase variasi penggunaan serbuk kaca pada penelitian ini adalah (0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%,). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk kaca sebesar 5% dari berat semen memberikan hasil optimal pada kuat tekan dan kuat tarik belah. Pada variasi tersebut, beton mencapai kuat tekan sebesar 47,07 MPa dan kuat tarik belah mencapai 3,91 MPa. Modulus elastisitas pada campuran beton dengan 5% serbuk kaca sebagai *filler* adalah 36165 MPa, sedangkan pada beton kontrol adalah 34834,8 MPa. Berdasarkan penelitian ini, disimpulkan bahwa penggunaan 5% serbuk kaca sebagai *filler* menghasilkan campuran beton dengan kuat tekan dan kuat tarik belah yang optimal, serta modulus elastisitas yang memuaskan. Hasil pengujian tarik belah dan desak beton dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Beton setelah dilakukan Pengujiana Tarik Belah dan Uji Desak
(Sumber: Nuruddin, 2022)

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan beberapa penelitian sejenis yang telah dirujuk dalam, penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya yang telah di publikasi oleh Bhamakerti (2021), Hartanto (2021), Safitri (2022), Jamaaluddin (2022), Nuruddin (2022), Pamungkas (2024). Penelitian ini akan menguji terkait kuat desak, kuat tarik belah, modulus elastisitas, dan penyerapan air beton SCC mutu tinggi dengan adanya variasi tambahan, yaitu *viscocrete* 1003, *silica fume*, dan serbuk kaca. Perbedaan

penelitian-penelitian sebelumnya dan penelitian yang akan dilakukan dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian

Penelitian Terdahulu							**Rencana Penelitian Saat ini**
Penelitian	Bhamakerti (2021)	Hartanto (2021)	Safitri (2022)	Jamaluddin (2022)	Nuruddin (2022)	Pamungkas (2024)	Agung (2024)
Judul Penelitian	Pengaruh Pemanfataan Bahan Tambahan Limbah Asbes, *Silica Fume*, dan *Superplasticizer* terhadap Kuat Lentur Balok Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) Bertulang	Pengaruh Penggunaan Batu Kapur dan SikaFume Sebagai *Filler* Pada Beton SCC	Pengaruh Bahan Tambahan Limbah Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Lentur *Self Compacting Concrete (SCC).*	Pengaruh Variasi Komposisi Serbuk Kaca Sebagai *subtitusi Parsial* Agregat Halus dan *Silica Fume* Sebagai *Subtitusi Parsial* Semen pada Campuran Beton Normal	Pengaruh Penggunaan Serbuk Kaca Pada Campuran Beton Mutu Tinggi	Pengaruh Variasi Bahan Tambah SikaFume dan *Superplasticizer* (Viscocrete 3115N) pada Beton SCC dengan Mutu K-600	Pengaruh Penambahan Sika *Viscocrete* 1003, *Silica Fume*, dan Serbuk Kaca pada *Self Compacting Concrete* (Scc) Mutu Tinggi
Jenis Pengujian yang dilakukan	Kuat Lentur	Kuat Tekan, Kuat Tarik, Modulus Elastis dan Kuat Lentur	Kuat Lentur	Kuat Tekan, Modulus Elastis, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur	Kuat Tekan, Modulus Elastis, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur	Kuat Tekan, Kuat Tarik silinder, dan Kuat Lentur Balok	Kuat Tekan, Modulus Elastis, Kuat Tarik Belah, dan Penyerapan Air
Kuat Tekan Rencana Penelitian	33,20MPa	30MPa	33MPa	25MPa	45MPa	49,8MPa	42MPa

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian

Penelitian Terdahulu							**Rencana Penelitian Saat ini**
Penelitian	Bhamakerti (2021)	Hartanto (2021)	Safitri (2022)	Jamaluddin (2022)	Nuruddin (2022)	Pamungkas (2024)	Agung (2024)
Benda Uji	Balok 20 cm x 20 cm x 30 cm	Silinder Diameter 15 cm, tinggi 30 cm dan Balok 10 cm x 10 cm x 40 cm	Balok 10 cm x 10 cm x 40 cm	Silinder Diameter 15 cm, tinggi 30 cm dan Balok 15 cm x 15 cm x 60 cm	Silinder Diameter 15 cm, dan tinggi 30 cm	Silinder diameter 15 cm, tinggi 30cm dan Balok 10 cm x 10 cm x 40 cm	Silinder diameter 15 cm, tinggi 30 cm dan Kubus 15 cm x 15 cm
Umur Rencana Beton	28 hari	14 dan 28 hari	14 dan 28 hari	28 hari	28 hari	28 hari	28 hari
Metode	Perhitungan dengan *mix design*,dan pengujian kuat lentur beton	Perhitungan dengan *mix design*, pengujian *slump flow*, pengujian *v-funne*l, pengujian *l-box*, dan pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, pengujian modulus, dan pengujian kuat lentur beton	Perhitungan dengan *mix design*,dan pengujian kuat lentur beton	Perhitungan dengan *mix design*,dan pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, ,modulus elastisitas beton, dan pengujian kuat lentur beton.	Perhitungan dengan *mix design*,dan pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, serta modulus elastisitas beton	Perhitungan dengan *mix design*, pengujian *slump flow*, pengujian *v-funnel*, pengujian *l-box*, dan pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, serta kuat lentur beton.	Perhitungan dengan *mix design*, pengujian *slump flow*, pengujian *v-funnel* dan pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, modulus elastisitas beton, dan penyerapan air beton.

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian

Penelitian Terdahulu							**Rencana Penelitian Saat ini**
Penelitian	Bhamakerti (2021)	Hartanto (2021)	Safitri (2022)	Jamaluddin (2022)	Nuruddin (2022)	Pamungkas (2024)	Agung (2024)
Material Pembentuk	Agregat halus, agegat kasar, semen, air, dan bahan-tambah *Viscocrete 3115N*, sikafume, serta limbah asbes	Agregat halus, agegat kasar, semen, air, dan bahan-tambah *Viscocrete 3115N*, sikafume, serta serbuk kaca	Agregat halus, agegat kasar, semen, air, dan bahan-tambah *Viscocrete 3115N*, dan abu ampas tebu	Agregat halus, agegat kasar, semen, air, dan bahan-tambah *Silica fume*, serta serbuk kaca	Agregat halus, agegat kasar, semen, air, dan bahan-ambah *Viscocrete 3115N*, sikafume, serta serbuk kaca	Agregat halus, agegat kasar, semen, air, dan bahan-tambah *Viscocrete* 3115N, sikafume.	Agregat halus, agegat kasar, semen, air, dan bahan-tambah *Viscocrete 1003*, sikafume, serta serbuk kaca
Acuan Standar *Mix design*	SNI 03-2843-2000	SNI 03-2843-2000	SNI 03-2843-2000	SNI 03-2843-2000	SNI 03-6468-2000	SNI 03-2843-2000	SNI 03-6468-2000
Tujuan Penelitian	Menentukan nilai kuat lentur beton setelah diberi limbah asbes, membandingkan nilai kuat lentur antara beton sebelum dan sesudah diberi limbah asbes, menggambarkan bentuk pola retak beton sebelum dan Sesudah diberi limbah asbes	Penelitian ini bertujuan membandingkan kekuatan dan karakteristik beton SCC dengan tambahan sikafume, batu kapur, dan keduanya, berdasarkan pengembangan dari penelitian sebelumnya.	Menentukan nilai kuat lentur beton setelah diberi limbah abu ampas tebu, membandingkan nilai kuat lentur beton sebelum dan sesudah diberikan limbah, menggambarkan sesudah diberi limbah abu ampas tebu	Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi nilai kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, modulus elastisitas beton, serta efek penambahan serbuk kaca dan *silica fume* pada campuran beton setelah 28 hari	Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan hasil kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas dari sampel silinder beton	Untuk menentukan proporsi campuran yang sesuai dengan kuat tekan beton rencana K600 dengan penambahan sikafume dengan kadar 6%-10% dan penambahan *superplasticizer viscocrete 3115N* dengan kadar 0,9%	Menentukan pengaruh penambahan sika *viscocrete* 1003, serbuk kaca, dan *silica fume* terhadap kuat desak, modulus elastisitas, kuat tarik belah, dan penyerapan air beton SCC mutu tinggi.

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian

Hasil Penelitian	Nilai P eksperimental setelah diberi bubuk limbah asbes memiliki nilai yang sedikit lebih kecil daripada sebelum Diberi bubuk limbah asbes, tetapi setelah diberi bubuk limbah asbes, nilai lendutan balok yang terjadi lebih baik daripada balok tanpa diberi bubuk limbah asbes.	Pengujian menunjukkan bahwa penggunaan sikafume sebagai bahan-tambah lebih cocok daripada serbuk kapur untuk tambahan semen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa varian dengan sikafume memberikan hasil terbaik. Namun, penggunaan serbuk kapur tidak memenuhi persyaratan dari EFNARC, sehingga tidak layak untuk karakteristik beton SCC	Abu ampas tebu meningkatkan kualitas campuran beton SCC, seperti terlihat dari pengujian *slump flow*. Selain itu, abu ampas tebu juga meningkatkan nilai kuat lentur beton SCC. Pada variasi 7,5%, nilai tertinggi kuat lentur tercapai dengan 3,5044 MPa pada umur 14 hari dan 4,1836 MPa pada umur 28 hari. Dengan kata lain, abu ampas tebu memiliki pengaruh pada beton SCC pada kadar tertentu dan kondisi semen yang memadai	Campuran beton dengan penambahan 5% serbuk kaca dan 10% *silica fume* mencapai hasil tertinggi pada pengujian. Nilai puncak tercapai pada kuat tekan (29,42 MPa), kuat tarik belah (2,78 MPa), kuat lentur (4,38 MPa), dan modulus elastisitas (25,224.36 MPa). Campuran beton normal mencapai 25,78 MPa pada kuat tekan, 2,53 MPa pada kuat tarik belah, 3,70 MPa pada kuat lentur, dan 23,485.05 MPa pada modulus elastisitas	Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi beton dengan 5% serbuk kaca sebagai *filler* mencapai nilai tertinggi pada kuat tekan (47,07 MPa) dan kuat tarik belah (3,91 MPa). Modulus elastisitas berdasarkan kuat tekan terbesar atau optimum dan berat volume beton adalah 36165 MPa dan 32244,01 MPa, sedangkan modulus elastisitas berdasarkan berat volume maksimum pada beton kontrol adalah 34834,8 MPa. Persentase serbuk kaca optimum pada penambahan sebesar 5% dari berat semen.	Hasil penelitian ini menunjukkan pada variasi sikafume 10% tidak dapat dikatakan dalam beton SCC karena tidak memenuhi persyaratan EFNARC 2005. Kuat tekan optimum ada pada variasi 7% sebesar 56,32 MPa, kuat tarik optimum ada pada variasi 7% sebesar 5,521 MPa, serta kuat lentur optimum ada pada variasi 7% sebesar 5,840 MPa	Hasil penelitian, beton dengan penambahan 2,5% serbuk kaca sebagai *filler* memiliki kinerja terbaik dalam hal kuat tekan dan kuat tarik belah. Pada pengujian modulus elastistas beton SCC mutu tinggi, terdapat perbedaan dalam hasil karena penggunaan metode. Pengujian penyerapan air pada beton SCC menunjukkan bahwa nilai daya serap beton kontrol (BK) sebesar 1,01%. Namun, untuk variasi beton dengan tambahan serbuk kaca, nilai penyerapan tertinggi terjadi pada BV6, yaitu sebesar 1,841% (dengan kandungan serbuk kaca 15%). Sementara itu, nilai penyerapan air terendah tercatat pada BV1, dengan presentase sebesar 1,072%.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Material Beton

Menurut SNI 2847 (2019), beton merupakan campuran dari semen portland maupun semen hidrolis lainnya, air, agregat kasar dan halus, dengan atau tanpa bahan-tambah (*admixture*) lainnya. Perhitungan, seperti jumlah bahan atau material yang digunakan dengan kondisi tertentu harus direncanakan dengan tepat karena akan memengaruhi kekuatan beton. Menurut Neville & Brooks (1987), beton adalah sebuah material konstruksi yang terbuat dari agregat halus dan kasar yang terikat bersama oleh *matriks* semen. *Matriks* semen ini terbentuk dari pencampuran semen dengan air, yang kemudian mengalami proses *hidrasi* dan mengeras menjadi sebuah material yang kuat dan tahan lama.

3.2 Material Penyusun Beton SCC

3.2.1 *Beton Self Compacting Concrete* (SCC)

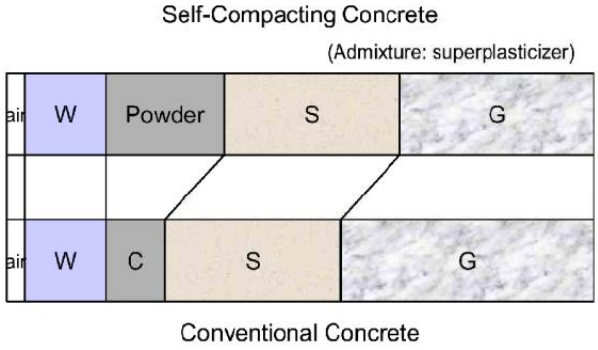
SCC merupakan beton yang memadat dengan sendiri serta dapat mengalir dengan mudah, sehingga dapat menjangkau daerah yang sulit di jangkau tanpa menggunakan bantuan alat *vibrator*. Kelebihan ini membuat beton SCC jauh lebih efektif daripada beton konvensional, serta mengurangi rongga yang ada di dalam area pengecoran. Selain itu, penggunaan beton SCC juga lebih mudah dibandingkan dengan beton konvensional.

Awal mula teknologi beton SCC terjadi pada tahun 1990an di Jepang. Pada tahun 1983 di Jepang, terdapat permasalahan mengenai durabilitas pada beton. Masalah yang terjadi yaitu rongga udara yang biasanya terdapat di dalam area pengecoran, dan beton tidak mampu mengisi rongga udara tersebut sehingga mengakibatkan kekuatan beton berkurang. Tahun 1988, Jepang memperkenalkan beton dengan spesifikasi beton segar yang dapat memadat sendiri (Bhamakerti,

2021). Pada tahun 1990, beton *Self Compacting Concrete* (SCC) diperkenalkan di Okamura sebagai usaha untuk mengatasi permasalahan pengecoran di Jepang. Campuran beton SCC lebih encer daripada beton konvesional yang membuat campuran beton SCC dapat mengisi rongga udara dan mengisi permukaan yang diinginkan dengan rata tanpa terjadi *bleeding* serta dapat mengalir mengisi celah-celah tulangan tanpa terjadi pemisahan material.

Komposisi beton menjadi perbedaan yang paling utama antara beton konvensional dengan beton SCC, yaitu penggunaan bahan pengisi yang sangat besar dimana pasir halus yang berperan sebagai bahan pengisi ini dengan ukuran maksimum diameter 0,125 (dmax ≤ 0,125 mm). Banyak porsi pada bahan pengisi ini yaitu 40% dari volume total campuran beton. Porsi bahan pengisi sangat besar sehingga menyebabkan campuran beton berperilaku sebagai pasta

Perbandingan beton SCC dengan beton konvensional dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Perbandingan Porsi Beton SCC dengan Beton Kovensional
(Sumber: Okamura dan Ouchi, 2003)

Dari Gambar 3.1, dapat disimpulkan bahwa perbedaan campuran beton SCC dengan beton konvensional yaitu terdapat *powder* terhadap semen (C) dan porsi agregat kasarnya. Beton SCC membutuhkan lebih sedikit agregat kasar, sedangkan powder adalah semen yang dicampur dengan bahan-bahan halus lainnya dengan diameter maksimal 0,125 mm seperti *silica fume* dan *fly ash*. Bahan lain yang digunakan untuk *admixture* yaitu *superplasticizer*. Jumlah pasir (S) dan Air (W) pada kedua jenis beton tersebut tidak ada perbedaan yang banyak bahkan sama

Menurut Okamura dan Ozawa (1994), suatu campuran beton dapat dikatakan *Self Compacting Concrete* (beton memadat sendiri) apabila memenuhi kriteria yang dapat dilihat padahal Tabel 3.1 (Safitri, 2022).

Tabel 3.1 Sifat-Sifat Beton SCC (Okamura & Ozawa, 1994)

Beton segar	Beton Keras
Filling ability, kemampuan campuran beton segar untuk mengisi ruangan tanpa alat penggetar	Memiliki tingkat penyerapan dan permeabilitas yang rendah
Passing ability, kemampuan campuran beton segar untuk melewati tulangan	Memiliki tingkat durabilitas yang tinggi
Segregation resistance, campuran beton yang tidak mengalami pemisahan material atau segregasi	Mampu membentuk campuran beton yang homogen

(Sumber: Safitri, 2022)

The European Federation of National Associations Representing for Concrete (EFNARC) juga menetapkan kriteria teknis dari beton SCC yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kriteria SCC Menurut EFNARC

No	Metode Pengujian	Rentang nilai		Satuan
		Minimal	Maksimal	
1	*Slump – flow*	650	800	mm
2	T50 *Slump-flow*	2	5	detik
3	*V-funne*l	6	12	detik

(Sumber: EFNARC, 2005)

3.2.2 Komposisi Beton SCC

Komposisi campuran beton SCC dengan tambahan serbuk kaca *silica fume* dan *superplasticsizer* sama dengan material campuran beton konvensional. Terdiri dari semen, krikil, pasir, dan air. Beton SCC adalah beton yang memiliki

workability tinggi serta kekuatan sejak awal sudah besar, sehingga tidak memerlukan air dan semen yang banyak.

Menurut Sugiharto dkk (2001), untuk mendapatkan campuran beton dengan tingkat *workability* dan kekuatan awal yang tinggi, perlu diperhatikan persyaratan material berikut ini

1. Agregat halus dibatasi jumlahnya kurang lebih 40% dari volume beton.
2. Agregat kasar dibatasi jumlahnya kurang lebih 50% dari campuran beton.
3. Gradasi agregat kasar yaitu 5-20 mm yang berfungsi untuk tingkat penyebaran pada campuran SCC dan kekuatan pada beton.
4. Ditambahkan bahan pengisi *(filler*) pada campuran beton, antara lain *fly ash* dan *silica fume*, hal ini ditujukan untuk meningkatkan keawetan (*durabilitas*) dan kekuatan tekan beton.
5. Penggunaan *superplasticizer* pada campuran beton berfungsi untuk meningkatkan *workability* dan menekan faktor air semen agar mendapatkan kekuatan awal yang besar.

Kesimpulan dari penjelasan di atas bahwa pemilihan campuran untuk membuat beton SCC harus dilakukan dengan teliti, serta saat mencampurkan bahan harus dilakukan dengan hati-hati.

3.2.3 Semen Portland

Menurut SNI 2049 (2015), semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling Bersama-sama dengan bahan-tambah berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan-tambah lain.

Dalam konteks pengelompokan, semen dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu semen hidraulis dan semen non-hidraulis. Semen hidraulis adalah jenis semen yang mengikat dan mengeras ketika terpapar air. Sementara itu, semen non-hidraulis adalah jenis semen yang mengikat dan mengeras ketika terpapar udara.

Semen Portland terdapat 5 tipe yang berbeda berdasarkan SNI 2049 2015. Lima tipe semen tersebut adalah sebagai berikut:

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

3.2.4 Agregat Halus

Agregat halus atau pasir yaitu agergat yang semua butirannya lolos pada ayakan no.4 dan mempunyai butir paling besar 4,75 mm (SNI 1970, 2008). Agregat halus memiliki kisaran ukuran antara 0,063 mm hingga 4,75 mm dan terdiri dari pasir halus (*Fine sand*) dan pasir kasar (*Coarse sand*). Menurut PBI 1971, persyaratan umum agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton sebagai berikut.

1. Agregat halus terdiri dari butiran yang besarnya beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang di tentukan dalam pasal 3.5 ayat 1(PBI, 1971), harus memenuhi syarat yaitu,
   a. Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat,
   b. Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat, dan
   c. Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar 80%-95% berat.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat kering. Ketika kandungan lumpur melebihi 5% dan agregat tersebut digunakan

untuk campuran beton maka agregat halus tersebut harus dicuci terlebih dahulu.

3. Agregat halus harus terdiri dari butir butri yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
4. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk–petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan - bahan yang diakui.
5. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organis terlalu banyak serta harus dibuktikan dengan percobaan warna dari ABRAMS-HARDER dengan larutan natrium hidroksida (NaOH)3%.

Berikut merupakan urutan pengujian agregat halus

1. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

   Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan saringan. Pengertiannya sebagai berikut.

   Analisa saringan adalah penentuan prosentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan, kemudian angka-angka prosentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

   Cara menghitungnnya dapat dilihat pada Persamaan 3.1 sampai 3.2 sebagai berikut.

   $$\text{Presentase berat hilang} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3.1)$$

   $$\text{Modulus halus butir} = \frac{\sum(\%\text{kumulatif})-100}{100} \quad (3.2)$$

   Keterangan:

   a = berat agregat kering mutlak sebelum diayak (gr).

   b = berat agregat kering setelah diayak (gr).

   $\sum(\%\text{kumulatif})$ = berat tertinggal kumulatif (%).

2. Pengujian Lolos Saringan No. 200

   Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan prosentase kandungan lumpur dalam pasir sebagai syarat untuk bahan konstruksi bangunan. Perhitungannya dapat dilihat pada Persamaan 3.3.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan:

A = berat kering sebelum dicuci (gr).

B = berat kering setelah dicuci (gr).

3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

   Tujuan pengujian ini untuk mengukur berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air dalam agregat halus. Berikut adalah pengertiannya.

   a. Berat jenis curah adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C.
   b. Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) adalah perbandingan antara berat agregat jenuh kering permukaan dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C.
   c. Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama denga nisi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C.
   d. Penyerapan adalah perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap agregat kering, dinyatakan dalam persen.

   Cara menghitungnya dapat dilihat pada Persamaan 3.4 sampai 3.7.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B+500-Bt} \quad (3.4)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{500}{B+500-Bt} \quad (3.5)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \quad (3.6)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3.7)$$

   Keterangan:

   Bk = berat benda uji kering oven (gr).

   B = berat piknometer berisi air (gr).

   Bt = berat piknometer berisi benda uji dan air (gr).

500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr).

4. Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus

   Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan berat volume padat/gembur agregat halus. Pengertiannya adalah sebagai berikut.

   a. Berat volume padat adalah nilai indek dari massa agregat per-satuan volume dalam kondisi padat.
   b. Berat volume gembur adalah nilai indek dari massa agregat per-satuan volume dalam kondisi tidak padat/gembur.

   Cara menghitungnya dapat dilihat pada Persamaan 3.8 dan 3.9.

$$\text{Berat isi gembur} = \frac{W1}{v} \quad (3.8)$$

$$\text{Berat isi padat} = \frac{W2}{v} \quad (3.9)$$

   Keterangan:

   W1 = berat agregat tanpa dipadatkan (gr).

   W2 = berat agregat dengan di padatkan(gr).

   V = volume silinder (cm^3).

3.2.5 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci) (SNI 1969, 2008). menurut PBI 1971, persyaratan umum agregat kasar yang digunakan sebagai campuran beton adalah seperti yang tercantum di bawah ini.

1. Agregat kasar berupa kerikil yang berasal dari batu-batuan alami, atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu.
2. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering).

4. Tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
5. Agregat kasar harus terdiri dari butir butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan, harus memenuhi syarat berikut
   a. Sisa di atas ayakan 31,5 mm, harus 0% berat.
   b. Sisa di atas ayakan 4 mm, harus berkisaran antara 90% dan 98%.
   c. Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.

Urutan pengujian agregat kasar sebagai berikut

1. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

   Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan saringan. Pengertiannya sebagai berikut.

   Analisa saringan adalah penentuan prosentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan, kemudian angka-angka prosentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

   Cara menghitungnnya dapat diihat pada Persamaan 3.10 sampai 3.11.

   $$\text{Presentase berat hilang} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3.10)$$

   $$\text{Modulus halus butir} = \frac{\sum(\%\text{kumulatif})-100}{100} \quad (3.11)$$

   Keterangan:

   a = berat agregat kering mutlak sebelum diayak (gr).

   b = berat agregat kering setelah diayak (gr).

   $\sum(\%\text{kumulatif})$ = berat tertinggal kumulatif (%).

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

   Tujuan pengujian ini untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air dalam agregat kasar. Berikut adalah pengertiannya.

   a. Berat jenis curah adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C.

b. Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) adalah perbandingan antara berat agregat jenuh kering permukaan dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C.
c. Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama denga nisi agregat dalam keadaan kering oada suhu 25°C.
d. Penyerapan adalah perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap agregat kering, dinyatakan dalam persen.

Cara menghitungnya dapat dilihat pada Persamaan 3.12 sampai 3.15.

Berat jenis curah $= \frac{A}{B-C}$ (3.12)

Berat jenis jenuh kering permukaan $= \frac{B}{B-C}$ (3.13)

Berat jenis semu $= \frac{A}{A-C}$ (3.14)

Penyerapan $= \frac{B-A}{A} \times 100\%$ (3.15)

Keterangan:

A= berat benda uji kering mutlak (gr).

B = berat jenuh kering permukaan (gr).

C = berat benda uji dalam air(gr).

3. Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan berat volume padat/gembur agregat kasar. Pengertiannya adalah sebagai berikut.

a. Berat volume padat adalah nilai indek dari massa agregat per-satuan volume dalam kondisi padat.
b. Berat volume gembur adalah nilai indek dari massa agregat per-satuan volume dalam kondisi tidak padat/gembur.

Cara menghitungnya dapat dilihat pada Persamaan 3.16 dan 3.17.

Berat isi gembur $= \frac{W1}{v}$ (3.16)

Berat isi padat $= \frac{W2}{v}$ (3.17)

Keterangan:

W1 = berat agregat tanpa dipadatkan (gr).

W2 = berat agregat dengan dipadatkan (gr).

v = volume silinder (cm^3).

3.2.6 Air

Fungsi air pada campuran beton *self-compacting concrete* (SCC) adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan. Persyaratan air sesuai Peraturan beton Bertulang Indonesia 1971 dalam Safitri, K. (2022), adalah sebagai berikut

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3.3 Bahan-tambah

Bahan-tambah (*admixture*) adalah bahan selain semen, agregat, dan air yang dicampurkan kedalam campuran beton. Tujuan menambahkan bahan tambah adalah untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari campuran beton segar dan beton keras. Bahan-tambah biasanya memakai zat kimia dan bahan mineral.

Bahan-tambah terdapat 2 jenis, yaitu bahan-tambah alami dan bahan-tambah kimia. Uraian penjelasan bahan-tambah alami dan bahan-tambah kimia adalah sebagai berikut.

1. Bahan-tambah alami yang sering digunakan untuk campuran beton terbuat dari mineral. Tujuannya yakni mengurangi penggunaan semen, mengurangi suhu akibat reaksi hidrasi, menambah kelecakan beton segar, atau mengurangi *bleeding*.
2. Bahan-tambah kimia. Menurut standar *American Society for Testing and Material* (ASTM), terdapat 7 jenis bahan tambah kimia untuk campuran beton. Penjabaran jenis bahan-tambah kimia adalah sebagai berikut.

a. Tipe A, *water-reducing admixtures*, adalah bahan-tambah yang mengurangi pencampur yang diperlukan guna menghasilkan beton dengan konsisten tertentu. Bahan-tambah ini biasa disebut *water reducer* atau *plasticizer.*
b. Tipe B, *Retarder*, adalah bahan-tambah guna memperlambat proses pengikatan beton. Bahan ini digunakan apabila dibutuhkan waktu yang cukup lama antara pencampuran beton dengan penuangan adukan atau kondisi dimana jarak antara pengadukan beton ke penuangan adukan cukup jauh atau mengalami hambatan.
c. Tipe C, *Accelerator*, yaitu bahan-tambah guna mempercepatkan proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan apabila adukan dilakukan di bawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan pengerasan segera. Bahan-tambah akselerator yaitu *calcium chloride* (CaCl2), *Aluminium Chlorida, Natrium Sulfat*, dan *Aluminium Sulfat.*
d. Tipe D, *Water Reducer Retarder* (WRR), yaitu bahan kimia tambahan guna mengurangi air dan memperlambat proses ikatan. Pengaruh pada beton adalah kekuatan tekan, *setting time* dimana *retarder* menghambat *setting time.*
e. Tipe E, *water reducer accelerator*, yaitu bahan kimia tambahan guna mengurangi air dan mempecepat proses ikatan. Jika diberi bahan-tambah ini, pengaruh pada beton adalah kekuatan, *setting time, workability*, *air entrainment, bleeding*, panas hidrasi, perubahan volume, dan *durability.*
f. Tipe F, *high range water reducer*, yaitu bahan-tambah kimia yang digunakan untuk mengurangi kadar air sampai 12% atau lebih. Penggunaan bahan-tambah ini, diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh adukan dengan kekentalan adukan yang lebih encer dengan faktor air semen sama sehingga kekuatan beton yang diperoleh lebih tinggi. Contoh bahan-tambah ini adalah *superplasticizer.*

g. Tipe G, *high range water reducer retarder*, bahan-tambah kimia yang berfungsi ganda yaitu mengurangi air dan memperlambat pengikatan dan pengerasan beton. Bahan-tambah ini berupa gabungan *superplasticizer* dengan memperlambat waktu pengikatan beton. Bahan-tambah ini digunakan jika dilakukan pengecoran ditempat yang sangat terbatas.

3.3.1 *Silica Fume*

Pada penelitian ini menggunakan *silica fume* dari PT. Sika Indonesia dengan produk bernama SikaFume. Produk ini merupakan jenis *silica fume* yang telah dikembangkan melalui teknologi terkini. SikaFume ini dirancang untuk peningkatkan performa beton dengan meningkatkan kepadatan, ketahanan, dan kuat tekan. Salah satu keunggulan utama dari SikaFume adalah kemampuannya dalam meningkatkan *workability* beton dalam jangka waktu yang lebih lama, meningkatkan kohesi dan stabilitas beton segar, serta mengurangi permeabilitasnya. Selain itu, beton yang menggunakan SikaFume juga memiliki kekuatan awal yang tinggi. PT. Sika Indonesia menyarankan penggunaan SikaFume sebesar 3-10% dari berat semen.

3.3.2 *Superplasticizer*

Pada penelitian ini menggunakan *Superplasticizer* dari PT. Sika Indonesia dengan produk *Sika ViscoCrete 1003*. *Sika ViscoCrete 1003* merupakan generasi terbaru dari *superplasticizer* untuk beton dan mortar. *Sika ViscoCrete 1003* memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik, dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya.

3.3.3 Serbuk Kaca

Pada peneltian ini menggunakan serbuk kaca sebagai *filler* pada beton SCC mutu tinggi. Serbuk kaca yang akan digunakan sebagai *filler*, harus lolos saringan nomor 200. Serbuk kaca merupakan bahan bubuk yang dihasilkan dari penghancuran kaca jenis kaca bening menjadi partikel yang sangat halus. Serbuk kaca memiliki komposisi kimia yang hampir serupa dengan semen. Komposisi tersebut mencakup *Silika* (SiO_2), *alumunium oksida* (Al_2O_3), besi oksida (F_2O_3), dan

kalsium oksida atau kapur (CaO). Pada serbuk kaca unsur kimiawi yang paling banyak adalah *silika* (Setiahutama, 2022). *Silika* sendiri dapat memengaruhi kuat desak pada beton.

3.4 Rencana Campuran Beton SCC Mutu Tinggi (*Mix Design*)

Perencanaan campuran pada beton SCC mutu tinggi menggunakan SNI 03-6468-2000. SNI 03-6468-2000 digunakan agar campuran beton dapat menghasilkan beton dengan mutu tinggi. Langkah perencanaan dapat dilihat sebagai berikut.

1. Menetapkan kuat desak *(f'c)* pada beton usia 28 hari.
2. Menentukan kuat desak beton yang direncanakan.

   Kuat desak perlu di rencanakan agar nilai kuat desak yang dicapai dapat memenuhi rencana atau melebihi target. Ada dua cara untuk menghitung kuat desak yang di targetkan. Jika sampel dibuat dengan campuran di laboratorium, maka digunakan Persamaan 3.18 di bawah. Jika sampel campuran dibuat berdasarkan pengalaman di lapangan, maka digunakan Persamaan 3.19.

   $$f_{cr} = \frac{f'_c + 9{,}66\text{MPa}}{0{,}90} \quad (3.18)$$

   $$f_{cr} = f'_c + 1{,}34 \times S \quad (3.19)$$

   Keterangan:

   f_{cr} = kuat desak rata-rata yang ditargetkan (MPa),

   f'_c = kuat desak rata-rata yang disyaratkan (MPa), dan

   S = deviasi standar.
3. Menentukan nilai *slump*.

   Slump untuk beton mutu tinggi tanpa *superplasticizer* adalah 50-100 mm. Untuk beton mutu tinggi dengan *superplasticizer*, nilai *slump* boleh melebihi 200 mm.
4. Menentukan agregat kasar maksimum.

   Ukuran agregat kasar maksimum untuk kuat tekan rata-rata <62,1 MPa adalah 20-25 mm. Ukuran agregat kasar maksimum untuk kuat tekan rata-

rata >62,1 MPa adalah 10-15 mm. Ukuran agregat kasar ini sesuai dengan SNI 03-2947-1992, yaitu:

a. 1/5 lebar minimum acuan,
b. 1/3 tebal pelat beton, dan
c. ¾ jarak bersih minimum antar tulangan.

5. Menentukan kadar agregat kasar optimum.

   Kadar agregat kasar optimum digunakan bersamaan dengan agregat halus yang memiliki modulus halus butir 2,5-3,2. Berat agregat kasar padat kering oven per-m3 beton adalah besarnya fraksi volume padat kering oven dikali berat isi padat kering oven (kg/m3). Tabel fraksi volume agregat kasar optimum dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Fraksi volume Agregat Kasar Optimum (SNI 03-6468-2000)

Ukuran (mm)	**10**	**15**	**20**	**25**
Fraksi volume padat kering oven	0,65	0,68	0,72	075

6. Menentukan estimasi kadar air dan kadar udara.

   Menentukan estimasi kadar air dan kadar udara dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Estimasi Kadar Air Dan Adar Udara (SNI 03-6468-2000)

Air Pencampur (liter/m^3)					**Keterangan**
Slump	**Ukuran Agregat Kasar Maksimum**				
(mm)	10	15	20	25	
25-50	184	175	169	166	
50-75	190	184	175	172	
75-100	196	190	181	178	
Kadar Udara	3,0	2,5	2,0	1,5	Tanpa *Superlasticizer*
(%)	2,5	2,0	1,5	1,0	Dengan *Superplasticizer*

Berikut ini perhitungan koreksi rongga udara dan kadar air dapat dilihat pada persamaan 3.20 dan 3.21.

$$V=\frac{\text{[1-Berat isi kering oven]}}{\text{berat jenis relatif (kering)}}\times 100 \qquad (3.20)$$

$$\text{koreksi}=[v-35]\times 4{,}75 \qquad (3.21)$$

Keterangan:

V = kadar rongga udara.

Keperluan total air dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.22.

Kebutuhan total air = estimasi kebutuhan air + koreksi kadar air (3.22)

7. Menentukan faktor air semen (FAS)

Menentukan FAS dapat diperoleh menggunakan interpolasi kuat desak rencana, ukuran butir agregat kasar maksimum, dan usia rencana beton. Apabila menggunakan s*uperplasticizer* nilai FAS akan berbubah karena, *superplasticizer* berpengaruh terhadap kadar air yang akan digunakan. Nilai (w/c) bahan-tambah tanpa *superplasticsizer* dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut. Sedangkan nilai (w/c) campuran bahan-tambah dengan *superplasticsizer* dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.5 Rasio (W/C) Disarankan (Campuran Tanpa Superplasticizer) (SNI 03-6468-2000)

Kekuatan Lapangan f'_{cr} (MPa)		**(w/c)**			
		Ukuran Agregat Kasar Maksimum (mm)			
		10	**15**	**20**	**25**
48,3	28 hari	0,42	0,41	0,40	0,39
	56 hari	0,46	0,45	0,44	0,43
55,2	28 hari	0,35	0,34	0,33	0,33
	56 hari	0,38	0,37	0,36	0,35
62,1	28 hari	0,30	0,29	0,29	0,28
	56 hari	0,33	0,32	0,32	0,30
69	28 hari	0,26	0,26	0,25	0,25
	56 hari	0,29	0,28	0,27	0,26

Tabel 3.6 Rasio (W/C) Disarankan (Campuran Dengan Superplasticizer) (SNI 03-6468-2000)

Kekuatan Lapangan f'_{cr} (MPa)		**(w/c)**			
		Ukuran Agregat Kasar Maksimum (mm)			
		10	**15**	**20**	**25**
48,3	28 hari	0,50	0,48	0,45	0,43
	56 hari	0,55	0,52	0,48	0,46
55,2	28 hari	0,44	0,42	0,40	0,38
	56 hari	0,48	0,45	0,42	0,40
62,1	28 hari	0,38	0,36	0,35	0,34
	56 hari	0,42	0,39	0,37	0,36
69	28 hari	0,33	0,32	0,31	0,3
	56 hari	0,37	0,35	0,33	0,32
75,9	28 hari	0,30	0,29	0,27	0,27
	56 hari	0,33	0,31	0,29	0,29
82,8	28 hari	0,27	0,26	0,25	0,25
	56 hari	0,30	0,28	0,27	0,26

8. Menghitung kadar material bersifat semen

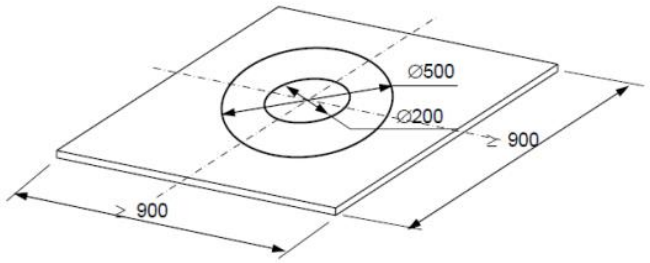
   Material dengan kandungan semen dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.23.

$$\text{kadar bahan bersifat semen} = \frac{\text{keperluan air total}}{\text{rasio } (\frac{w}{c})} \quad (3.23)$$

3.5 Pengujian *Slump-Flow*

Pengujian *slump flow* digunakan untuk menilai nilai *slump* beton, yaitu kemampuan beton untuk mengalir secara bebas pada permukaan. Selain pengujian *slump flow*, dilakukan juga pengujian T_{50} secara bersamaan. T_{50} adalah waktu yang diperlukan oleh beton saat mengalir untuk mencapai diameter 500 mm, rentang waktunya 2-5 detik. Semakin sedikit waktu pada pengujian T_{50} maka, kemampuan beton dalam mengalir akan semakin besar. Selain mendapatkan T_{50} hal yang juga perlu diukur adalah nilai diameter akhir dari beton ketika beton tersebut berhenti

mengalir. Diameter akhir ini harus memenuhi syarat yang telah ditentukan, yaitu sebesar 650 hingga 800 mm (EFNARC 2005). Gambar alat uji *slump flow* dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan rumus perhitungan dapat dilihat pada Persamaan 3.24.



Gambar 3.2 Alat Uji *Slump Flow*
(Sumber: EFNARC, 2005)

$$\textit{Slump flow} = \frac{1}{2}\,(\text{d max} + \text{d perpendicular}) \qquad (3.24)$$

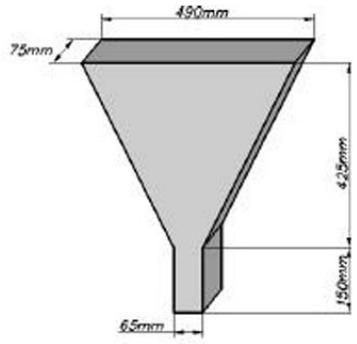
Keterangan:

d max = jarak diameter terbesar lingkaran *slump flow*.

d perpendicular = jarak diameter yang tegak lurus dari d max.

3.6 Pengujian *V-Funnel*

Pengujian *v-funnel* dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan aliran beton dengan ukuran agregat maksimum 20 mm dan mengukur waktu yang diperlukan beton untuk mengalir melalui alat tersebut (EFNARC 2005). Dalam pengujian ini, beton segar dimasukan kedalam alat *v-funnel* hingga mencapai kapasitas penuh, lalu bagian bawahnya dibuka agar beton segar dapat mengalir, dan waktu yang diperlukan dihitung menggunakan *stopwatch* hingga alat *v-funnel* kosong. Waktu mengalir pada alat *v-funnel* ini harus memenuhi syarat yang telah ditentukan, yaitu selama 6 hingga 12 detik (EFNARC 2005). Gambar alat uji *v-funnel* dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3* Alat Uji *V-funnel
(Sumber: EFNARC, 2005)

3.7 Pengujian Beton

Pada penelitian ini dilaksanakan 4 macam pengujian. Kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, dan penyerapan air.

3.7.1 Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah pengujian untuk mendapatkan kuat tekan beton dengan benda uji berbentuk silinder maupun kubus yang dibuat dan sudah melewati proses *curring*. Tujuan pengujian ini untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton dengan prosedur yang benar. Cara menghitungnya dapat dilihat pada Persamaan 3.25.

$$f'_c = \frac{P}{A} \tag{3.25}$$

keterangan:

$f'c$ = kuat tekan beton (MPa),

P = beban maksimum (N), dan

A = luas penampang benda uji (mm^2).

3.7.2 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan meletakan benda uji sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan. Tujuan pengujian ini untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton. Kuat tarik belah dihitung menggunakan Persamaan 3.26.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (3.26)$$

Keterangan:

f_{ct} = kuat tarik belah (MPa).

P = beban maksimum (N).

L = pajang benda uji silinder (mm).

D = diameter benda uji silinder (mm).

3.7.3 Pengujian Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton adalah nilai tegangan dibagi regangan beton dalam kondisi elastis. Tujuan pengujian ini adalah mendapatkan nilai modulus elastisitas untuk keperluan perencanaan struktur beton. Menurut ASTM C-469-94, nilai modulus elastisitas pada beton dapat dihitung dengan Persamaan 3.27 dan gambar grafik kurva hubungan tegangan regangan beton dapat dilihat pada Gambar 3.4.

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0{,}000050} \quad (3.27)$$

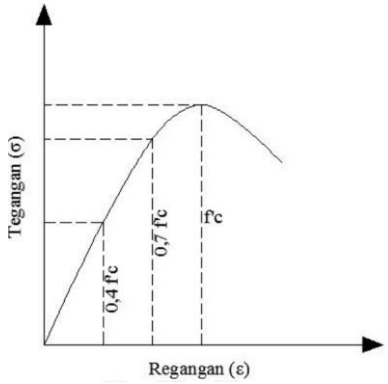
Keterangan:

E = modulus elastisitas.

S_2 = tegangan Ketika 40% dari beban ultimate (MPa).

S_1 = tegangan Ketika rengangan $0{,}000050$ (MPa).

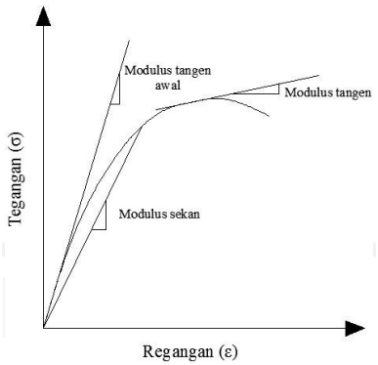
ε_2 = regangan akibat tekanan S_2.



Gambar 3.4 Grafik Kurva Hubungan Tegangan Regangan Beton
(Sumber: Nawy, 1990)

Kurva tersebut merupakan kurva linier pada taraf pembebanan awal, sehingga modulus elastisitas pada kurva tersebut yaitu garis singgung pada kurva

tegangan-regangan dari titik pusat. Kemiringan garis singgung tersebut didefinisikan sebagai modulus tangen awal. Jika dibuat modulus tangen pada titik pusat dengan tegangan sekitar 0,4 × *f'c* maksimum, maka disebut modulus elastisitas sekan beton. Modulus sekan ini merupakan hasil dari modulus elastisitas yang ditinjau. Modulus tangen dan modulus sekan dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Modulus Sekan dan Modulus Tangen Beton
(Sumber: Nawy, 1990)

Menurut SNI 03-2847-2019 modulus elastisitas juga dapat dihitung dengan rumus Persamaan 3.28 jika diketahui berat volumenya dan Persamaan 3.29 jika tidak diketahui berat volume

1. Jika diketahui berat volume

   $Ec = Wc^{1,5} \times 0{,}043 \times \sqrt{f'c}$ (3.28)

   Keterangan:

   Untuk Wc dengan rentang 1400-2560 $^{kg}/_{m^3}$

   Ec = modulus elastisitas beton (MPa).

   Wc = berat volume beton normal ($^{kg}/_{m^3}$).

   f'c = kuat tekan beton (MPa).

2. Jika tidak diketahui berat volumenya

   $Ec = 4700 \times \sqrt{f'c}$ (3.29)

   Keterangan:

   Ec = modulus elastisitas beton (MPa).

   f'c = kuat tekan beton (MPa).

Menurut FHWA (2000) dan NBR-6118 (2003) modulus elastisitas juga dapat dihitung dengan rumus pada Persamaan 3.30 dan 3.31 berikut.

$$Ec = 3837 \times \sqrt{f'c} \quad (3.30)$$

Keterangan:

Ec = modulus elastisitas beton (MPa).

$f'c$ = kuat tekan beton (MPa).

$$Ec = 5600 \times \sqrt{f'c} \quad (3.31)$$

Keterangan:

Ec = modulus elastisitas beton (MPa).

f'c = kuat tekan beton (MPa).

3.7.4 Pengujian Penyerapan Air pada Beton

Pengujian penyerapan air merupakan proses masuknya air kedalam beton melalui pori-pori pada permukaan beton. Semakin banyak pori-pori pada permukaan beton maka akan semakin besar nilai penyerapan air yang terjadi. Pengujian penyerapan air dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.32.

$$P_A = \frac{B-A}{A} \times 100\% \quad (3.32)$$

Keterangan:

P_A = absorsi beton (%).

B = berat kering permukaan di udara setelah direndam (gram).

A = berat kering oven (gram).

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian merupakan suatu langkah untuk menyelesaikan penelitian dengan maksud mencari jawaban dari suatu permasalahan dengan mengidentifikasi dan menganalisis suatu permasalahan yang diteliti. Secara umum langkah penelitian sebagai berikut

1. Persiapan, meliputi penyediaan material dan bahan, peralatan, serta standar yang akan digunakan untuk alat dan bahan yang akan digunakana.
2. Pelaksanaan meliputi pembuatan sampel benda uji, pengecekan nilai *slump flow,* dan *v-funnel* pada beton SCC.
3. Pengujian, tahap ini dilaksanakan setelah benda uji selesai dibuat dan telah di lakukan perawatan. Pengujian yang di lakukan yaitu uji kuat tekan, tarik belah, modulus elastisitas, dan penyerapan air.
4. Pengumpulan data, setelah beton selesai di uji selanjutnya dilakukan tahap pengumpulan data uji laboratorium.
5. Pengolahan data, meliputi pengolahan data dari hasil pengumpulan data uji laboratorium.

4.2 Bahan-Bahan yang Digunakan

Dalam melakasanakan penelitian ini di perlukan bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji. Berikut merupakan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.

1. Bahan Pembuatan Beton
   a. Semen Portland

      Pada penelitian ini menggunakan semen PCC merek semen Gresik. Semen ini harus di simpan dengan baik agar saat akan digunakan tidak mengeras.

   b. Agregat Halus dan Pasir

1) Agregat halus atau pasir yang digunakan didapat dari Kab. Kulon Progo, Provinsi DIY.
2) Agregat kasar atau kerikil yang digunakan yaitu krikil jenis jagungan dari Kab. Kulon Progo, Provinsi DIY.

c. Air

Air yang digunkana didapat dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Islan Indonesia.

2. Bahan-tambah

a. Sika *Viscocrete 1003*

Pada penelitian ini menggunakan *superplasticziser* yaitu *viscocrete* 1003 yang berasal dari PT. Sika Indonesia.

b. Serbuk Kaca

Serbuk kaca yang dipakai dengan variasi sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5% dan 15%.

c. Silica Fume

Menggunakan bahan tambahan yaitu *silica fume.*

4.3 Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk membuat benda uji dalam penelitian ini adalah sebgai berikut

1. Concrete Mixer

Mixer digunakan untuk mencapur material pembuatan benda uji yaitu beton.

2. Cetakan

Cetakan benda uji yang digunakan berbentuk silinder serta kubus dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk silinder. 15 cm x 15 cm untuk cetakan kubus.

3. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang material yang akan di gunakan dalam membuat benda uji dengan memiliki kapasitas maksimal 50 kg.

4. V-Funnel

V-funnel digunakan untuk melakukan pengujian *segregation resistance.*

5. Penggaris *Waterpass*

Alat ini digunakan untuk mengetahui posisi *flow table*.

6. Kerucut abram dan *flow table*

   Peralatan ini digunakan untuk melakukan uji *slump flow*.

4.4 Lokasi Penelitian

Penelitian ini di lakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dari persiapan, pembuatan, dan pengujian.

4.5 Rancangan Benda Uji

pembuatan sampel uji yaitu silinder dan kubus. Setiap variasi dengan jumlah 18 dengan uraian sebagai berikut.

1. Beton Kontrol (BK)

   Tiga buah kubus dan lima belas silinder tanpa kandungan serbuk kaca.

2. Beton Variasi Satu (BV1)

   Tiga buah kubus dan lima belas silinder dengan kandungan serbuk kaca 2,5%.

3. Beton Variasi Dua (BV2)

   Tiga buah kubus danclima belas silinder dengan kandungan serbuk kaca 5%.

4. Beton Variasi Tiga (BV3)

   Tiga buah kubus dan lima belas silinder dengan kandungan serbuk kaca 7,5%.

5. Beton Variasi Empat (BV4)

   Tiga buah kubus dan lima belas silinder dengan kandungan serbuk kaca 10%.

6. Beton Variasi Lima (BV5)

   Tiga buah kubus dan lima belas silinder dengan kandungan serbuk kaca 12,5%.

7. Beton Variasi Enam (BV6)

   Tiga buah kubus dan lima belas silinder dengan kandungan serbuk kaca 15%.

Rincian benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rincian Benda Uji

Persentasi campuran serbuk kaca	Uji kuat Tekan (7 hari)	Uji kuat Tekan (14 hari)	Uji kuat Tekan (21 hari)	Uji kuat Tekan (28 hari)	Uji Tarik Belah (28 hari)	Penyerapan Air (28 hari)
	Sampel uji (Silinder)	Sampel uji (Silinder)	Sampel uji (Silinder)	Sampel uji (Silinder)	Sampel uji (Silinder)	Sampel uji (Kubus)
0%	3	3	3	3	3	3
2,5%	3	3	3	3	3	3
5%	3	3	3	3	3	3
7,5%	3	3	3	3	3	3
10%	3	3	3	3	3	3
12,5%	3	3	3	3	3	3
15%	3	3	3	3	3	3
Jumlah sampel uji	21	21	21	21	21	21
Jumlah total sampel uji	126					

4.6 Tahapan Penelitian

Pada saat melaksanakan penelitian dilakukan dengan melalui tahap persiapan alat dan bahan, pembuatan sampel uji, dan pengujian yang akan di jelaskan dalam subbab berikut.

4.6.1 Pengujian Agregat

Sebelum melaksanakan pembuatan benda uji, dilakukan pengujian agregat agar diperoleh sifat agregat yang nantinya akan di gunakan dalam perencanaan *mix design.* Tahapan pengujian agregat menurut standar yang berlaku, diuraikan berkut ini

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus menggunakan SNI 1970-2008.
2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan SNI 1969-2008.
3. Pengujian analisa saringan argregat halus menggunakan SNI 1968-1990.

4. Pengujian Analisa saringan agregat kasar menggunakan SNI 1968-1990.
5. Pengujian berat isi dan rongga udara pada agregat halus menggunakan SNI 03-4804-1998.
6. Pengujian berat berat isi dan rongga udara pada agregat kasar menggunakan SNI 03-4804-1998.

4.6.2 Pembuatan Sampel dan Perawatan

Tahapan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan peralatan yang diperlukan untuk proses cor.
2. Menyiapkan bahan yang akan dicampurkan dalam sampel uji.
3. Menyiapkan cetakan kubus dan silinder.
4. Menimbang material yang akan dimasukan kedalam *mixer*.
5. Masukan kerikil dan pasir kedalam *mixer* lalu aduk sampai rata.
6. Masukan semen dan air kedalam *mixer* dan aduk sampai merata.
7. Masukan bahan-tambah *superpasticsizer* dan *silica fume.*
8. Masukan juga bahan-tambah serbuk kaca sebanyak jumlah takaran presentase yang sudah di tentukan.
9. Lakukan uji *v-funnel*.
10. Lakukan uji *slump flow test* agar mendapatkan sebaran beton SCC.
11. Masukan sampel uji kedalam cetakan kubus dan silinder sesuai dengan prosedur.
12. Diamkan beton yang sudah ada di dalam cetakan selama 24 jam. Setelah 24 jam bongkar cetakan beton.
13. Setelah cetakan di bongkar selanjutnya beton direndam selama 7, 14, 21, dan 28 hari.

4.6.3 Pelaksanaan Pengujian

Sampel yang sudah di buat pada tahap ini akan di lakukan pengujian kuat desak beton, modulus elastisitas, kuat tarik belah, dan penyerapan air sebagai berikut.

1. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada pengujian ini dilakukan pada sampel uji berbentuk silinder, Langkah pengujian sebagai berikut.

a. Menyiapkan benda uji berupa silinder yang sudah direndam selama7, 14, 21, dan 28 hari.
b. Ukur dimensi benda uji dan timbang berat benda uji.
c. Masukan benda uji kedalam mesin tekan.
d. Mulai pengujian dengan memberikan beban hingga benda uji hancur.
e. Lakukan pencatatan beban maksimum yang dapat diterima oleh benda uji.

2. Pengujian Tarik Belah Beton

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah dari beton yang dibuat. Berikut langkah-langkah pengujian tarik belah beton.

a. Siapkan benda uji dan peralatan yang akan digunakan untuk pengujian.
b. Lakukan pengukuran dimensi benda uji menggunakan peralatan pengukur untuk mendapatkan (berat, diameter, dan tinggi).
c. Tempatkan benda uji dalam posisi terbaring di dalam mesin uji.
d. Mulailah mengoperasikan mesin uji, sistem hidrolik secara perlahan akan menekan benda uji, sementara penunjuk *dial* beban akan terus meningkat.
e. Setelah benda uji terbelah, penunjuk pada *dial* akan berhenti, dan catat beban maksimum yang tercapai.

3. Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Tujuan dari pengujian ini supaya diperoleh tegangan regangan yang terjadi pada beton. pengujian ini dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton, karena kedua pengujian memiliki keterkaitan. Berikut Langkah–Langkah pengujian modulus elastisitas beton.

a. Persiapkan benda uji.

b. Ukur dimensi dan timbang berat benda uji.
c. Pasang *dial gauge* pada benda uji dan pastikan jarum berada pada angka 0.
d. Letakan benda uji dalam mesin tekan.
e. Lakukan pembacaan dan catat deformasi setiap peningkatan beban 10 kn.
f. Pembacaan dilakukan hingga benda uji hancur.
g. Lakukan pembacaan beban maksimum.

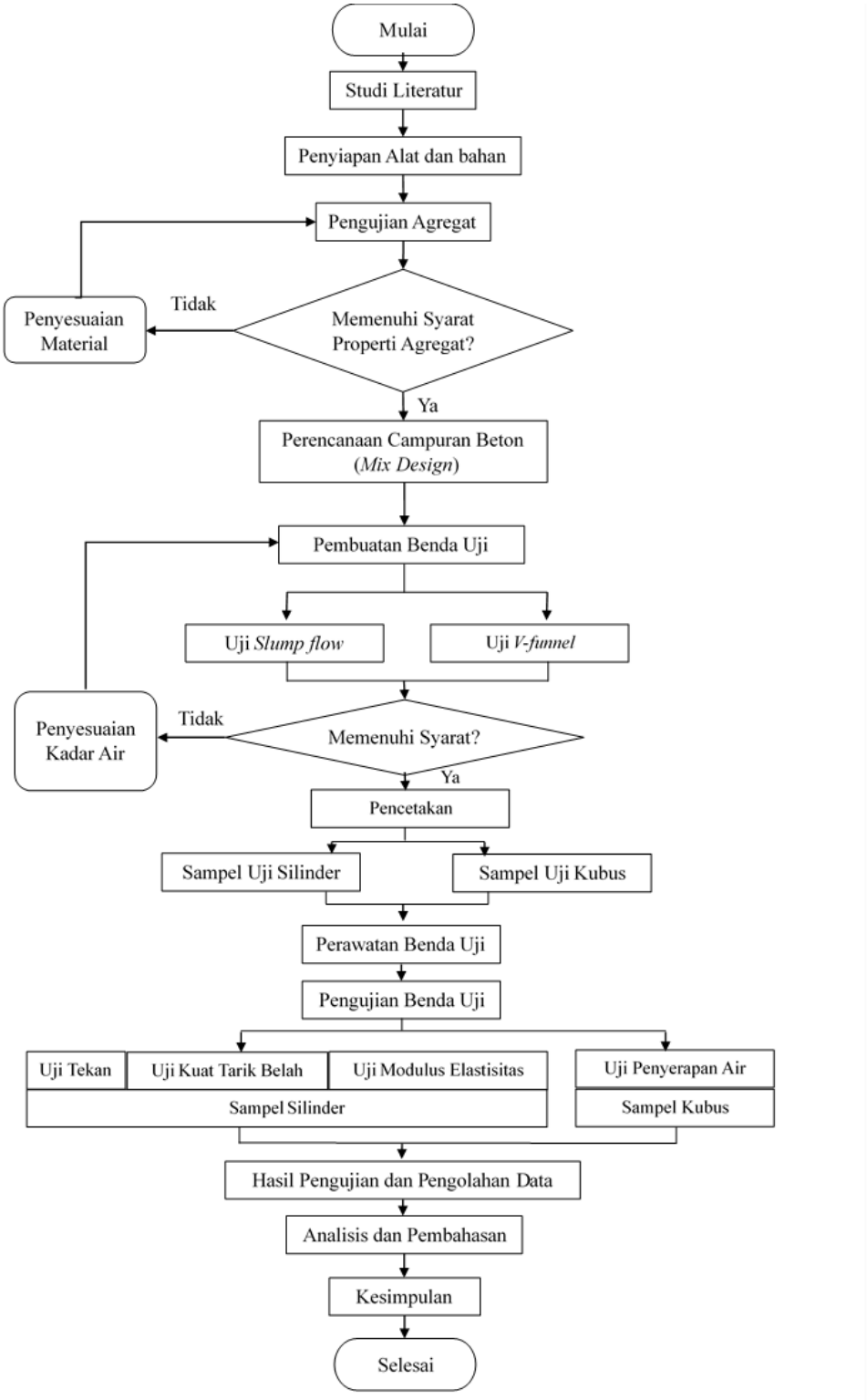
4. Pengujian Penyerapan Air Beton

   Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai presentase penyerapan air dari beton yang dibuat. Berikut langkah-langkah pengujian penyerapan air beton.

   a. Rendam benda uji selama 28 hari.
   b. Angkat benda uji yang sudah berusia 28hari.
   c. Ukur dimensi benda uji.
   d. Bersihkan permukaan benda uji menggunakan kain, lalu timbang. Catat hasil timbangan setiap benda uji.
   e. Setelah semua benda uji ditimbang, selanjutnya dimasukan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 110ºC.
   f. Keluarkan benda uji dari oven setelah 24 jam, lalu timbang dan catat hasil timbangan setiap benda uji.

4.6.4 Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka Konsep atau biasa disebut *flow chart* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Flowchart* tahapan penelitian

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Data hasil penelitian kemudian dilakukan analisis dan dilanjutkan pembahasan untuk memperoleh hasil guna memenuhi tujuan penelitian yang direncanakan. Data hasil pengujian yang diperoleh mencakup: pengujian agregat, rencana campuran beton SCC mutu tinggi disertai komposisi campurannya, hasil uji *slump flow*, hasil uji *V-funnel*, hasil kuat desak, hasil tarik belah, hasil modulus elastisitas, dan hasil penyerapan air pada beton SCC.

5.2 Pengujian Agregat

Pengujian material yang dilakukan untuk campuran beton SCC mencakup pengujian agregat halus dan kasar. Adapun penjelasan rinci mengenai pengujian tersebut,

5.2.1 Pengujian Agregat Halus

Pada agregat halus dilakukan beberapa jenis pengujian yaitu, pengujian analisa saringan, pengujian kadar lumpur, pengujian berat jenis penyerapan air, dan berat volume. Berikut merupakan hasil pengujian yang sudah dilakukan pada agregat halus.

1. Pengujian Analisa Saringan

   Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 2 sampel dari pasir Sungai Progo. Pengujian ini dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1 dan 3.2. Hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan 5.2.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif(%)	Persen Lolos Kumulatif(%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	0	0	0	100
4,8	9	0,45	0,45	99,55
2,4	148	7,41	7,86	92,14
1,2	278	13,92	21,78	78,22
0,6	673	33,7	55,48	44,52
0,30	577	28,89	84,38	15,62
0,15	239	11,97	96,34	3,66
Sisa	73	3,655	100	0
Jumlah	1997	100	266.299	
MHB				2,663

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif(%)	Persen Lolos Kumulatif(%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	0	0	0	100
4,8	15	0,75	0,75	99,25
2,4	159	7,97	8,72	91,28
1,2	256	12,83	21,54	78,46
0,6	691	34,62	56,16	43,84
0,30	584	29,26	85,42	14,58
0,15	204	10,22	95,64	4,36
Sisa	87	4,359	100	0
Jumlah	1996	100	268,236	
MHB				2.68

Setelah diperoleh data pada Table 5.1 dan 5.2, selanjutnya dilakukan perhitungan persen berat yang hilang serta modulus halus butir menggunakan persamaan 3.1 dan 3.2.

Persen berat hilang sampel 1 $= \frac{2000-1997}{2000} \times 100 = 0{,}15\%$

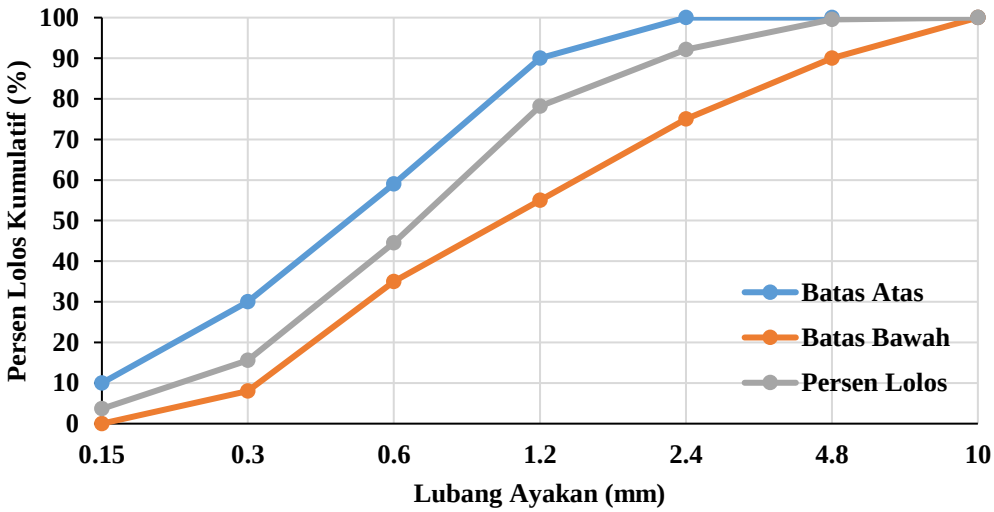
Persen berat hilang sampel 2 $= \frac{2000-1996}{2000} \times 100 = 0{,}2\%$

Modulus halus butir sampel 1 $= \frac{266{,}299}{100} = 2{,}663$

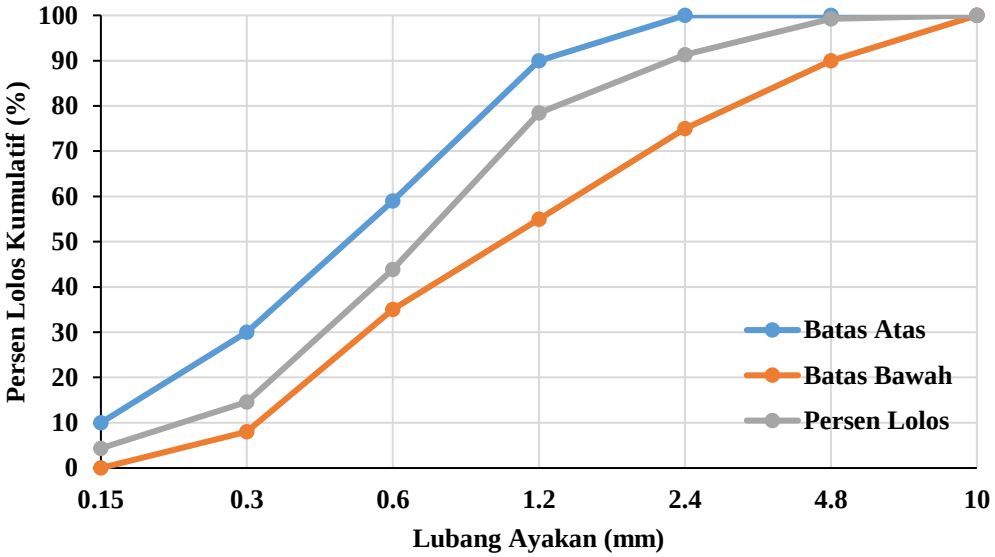
Modulus halus butir sampel 2 $= \frac{268{,}236}{100} = 2{,}682$

Rata rata modulus halus butir sampel 1 dan 2 $= \frac{(2{,}663+2{,}682)}{2} = 2{,}673$

Syarat SNI 03-1750-1990, modulus halus butir adalah 1,5-3,8. Pada perhitungan yang di lakukan diperoleh modulus halus butir 2,673. Agregat halus yang akan digunakan dalam pembuatan sampel beton SCC mutu tinggi, masuk kedalam gradasi II (pasir agak kasar). Spesifikasi agregat halus dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan 5.2.



Gambar 5.1 Gradasi Agregat Halus Sampel 1



Gambar 5.2 Gradasi Agregat Halus Sampel 2

2. Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Uji Kadar Lumpur)

   Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui presentase kandungan lumpur dalam pasir. Dapat di cari menggunakan Persamaan 3.3.

   Kadar lumpur sampel 1 $= \frac{500-497}{500} \times 100 = 0{,}6\%$

   Kadar lumpur sampel 2 $= \frac{500-492}{500} \times 100 = 1{,}6\%$

   Rata- rata kadar lumpur $= \frac{0{,}6-1{,}2}{2} \times = 1{,}1\%$

   Hasil dari pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500
Berat agregat kering oven setela dicuci (W2), gram	497	492
Berat yang lolos saringan no. 200 (%)	0,6	1,6

Kandungan lumpur yang terdapat pada pasir sebesar 1,1% pada SNI 03-4142-1996 maksimal kandungan lumpur harus <5%. Kandungan lumpur pada pasir yang akan digunakan dalam pembuatan sampel beton SCC sudah memenuhi persyaratan SK SNI S-04-1989-F.

3. Pengujian Berat Jenis Penyerapan Air

Pengujian ini bertujuan mendapatakan angka berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air agregat halus. Perhitungan berat jenis penyerapan air dapat dilihat pada Persamaan 3.4 hingga 3.7.

Berat jenis curah sampel 1 $= \frac{489}{710+500-1023} = 2,61$

Berat jenis curah sampel 2 $= \frac{488}{732+500-1044} = 2,6$

Berat jenis kering muka sampel 1 $= \frac{500}{710+500-1023} = 2,67$

Berat jenis kering muka sampel 2 $= \frac{500}{732+500-1044} = 2,66$

Berat jenis semu sampel 1 $= \frac{489}{710+489-1023} = 2,78$

Berat jenis semu sampel 2 $= \frac{488}{732+488-1044} = 2,77$

Penyerapan air sampel 1 $= \frac{500-489}{489} x100 = 2,25$

Penyerapan air sampel 2 $= \frac{500-488}{488} x100 = 2,46$

Selanjutnya masing masing pengujian dirata-rata. Hasil pengujian dapat dilihat pada Table 5.4.

Berat jenis curah $= \frac{2,61+2,6}{2} = 2,61$

Berat jenis kering muka $= \frac{2,67+2,66}{2} = 2,67$

Berat jenis semu $= \frac{2,78+2,77}{2} = 2,78$

Penyerapan air $= \frac{2,25-2,46}{2} = 2,35\%$

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil		Rerata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat pasir kering mutlak (Bk), gram	489	488	
Berat pasir jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	
Berat piknometer berisi pasir dan air (Bt), gram	1023	1044	
Berat piknometer berisi air (B), gram	710	732	
Berat jenis curah Bk/(B+500-Bt)	2,61	2,0	2,61
Berat jenis kering muka (SSD) 500/(b+500-Bt)	2,67	2,66	2,67
Berat jenis semu Bk/(B+Bk-Bt)	2,78	2,77	2,78
Penyerapan air (%) (500-Bk)/Bk*100%	2,25	2,46	2,35

Pada Table 5.4 di atas, diperoleh nilai berat jenis curah 2,61 dan penyerapan air sebesar 2,35%.

4. Pengujian Berat Volume

Pada pengujian ini dilakukan pengujian berat volume gembur dan volume padat agregat halus. Pengujian dilakukan dengan 2 sampel volume gembur dan 2 sampel volume padat agregat halus. Perhitungan volume gembur dan volume padat dapat dilihat pada Persamaan 3.8 dan 3.9.

Berat volume gembur sampel 1 $= \frac{7568}{5271,09} = 1,44$ gram/cm^3

Berat volume gembur sampel 2 $= \frac{7403}{5271,09} = 1,4$ gram/cm^3

Berat volume padat sampel 1 $= \frac{8941}{5271,09} = 1,7$ gram/cm^3

Berat volume padat sampel 2 $= \frac{8796}{5271,09} = 1,67$ gram/cm^3

Selanjutnya masing-masing pengujian dirata-rata. Hasil pengujian dapat dilihat pada Table 5.5 dan 5.6.

Berat volume gembur $= \frac{1,44+1,4}{2} = 1,42$ gram/cm^3

Berat volume padat $= \frac{1,7+1,67}{2} = 1,68$ gram/cm^3

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur

Uraian	**Hasil**	
	Sampel 1	**Sampel 2**
Berat tabung (W1), gram	10958	10958
Berat tabung + agregat kering tungku (W2), gram	18526	18361
Berat agregat (W3), gram	7568	7403
Volume tabung (V), cm^3	5271,09	5271,09
Berat volume gembur, gram/cm^3	1,44	1,40

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat

Uraian	**Hasil**	
	Sampel 1	**Sampel 2**
Berat tabung (W1), gram	10958	10958
Berat tabung + agregat kering tungku (W2), gram	19899	19754
Berat agregat (W3), gram	8941	8796
Volume tabung (V), cm^3	5271,09	5271,09
Berat volume padat, gram/cm^3	1,70	1,67

5.2.2 Pengujian Agregat Kasar

Pada agregat kasar dilakukan beberapa pengujian yaitu, pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis penyerapan air, dan pengujian berat volume. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan pada agregat kasar diuraikan sebagai berikut.

1. Pengujian Analisa Saringan

   Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 2 sampel dari kerikil Clereng. Pengujian ini dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 dan 3.11. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Table 5.7 dan 5.8.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	**Berat Tertinggal (gram)**	**Berat Tertinggal (%)**	**Berat Tertinggal Kumulatif (%)**	**Persen Lolos Kumulatif (%)**
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	1507	30,15	30,15	69,85
4,8	3200	64,01	94,16	5,84
2,4	121	2,42	96,58	3,42
1,2	66	1,32	97,90	2,10
0,6	0	0	97,90	2,10
0,30	0	0	97,90	2,10
0,15	0	0	97,90	2,10
Sisa	105	2,10	100	0
Jumlah	4999	100	612,48	287,52
MHB				6,124

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif(%)	Persen Lolos Kumulatif(%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	1467	29,38	29,39	70,64
4,8	3107	62,16	91,53	8,47
2,4	354	7,1	98,62	1,38
1,2	0	0	98,62	1,38
0,6	0	0	98,62	1,38
0,30	0	0	98,62	1,38
0,15	0	0	98,62	1,38
Sisa	69	1,34	100	0
Jumlah	4997	100	613,99	286,01
MHB				6,14

Setelah didapat data pada Tabel 5.7 dan 5.8, selanjutnya dilakukan perhitungan persen berat yang hilang serta modulus halus butir menggunakan Persamaan 3.10 dan 3.11.

Persen berat hilang sampel 1 $= \frac{5000-4999}{5000} \times 100 = 0{,}2\%$

Persen berat hilang sampel 2 $= \frac{5000-4997}{5000} \times 100 = 0{,}6\%$

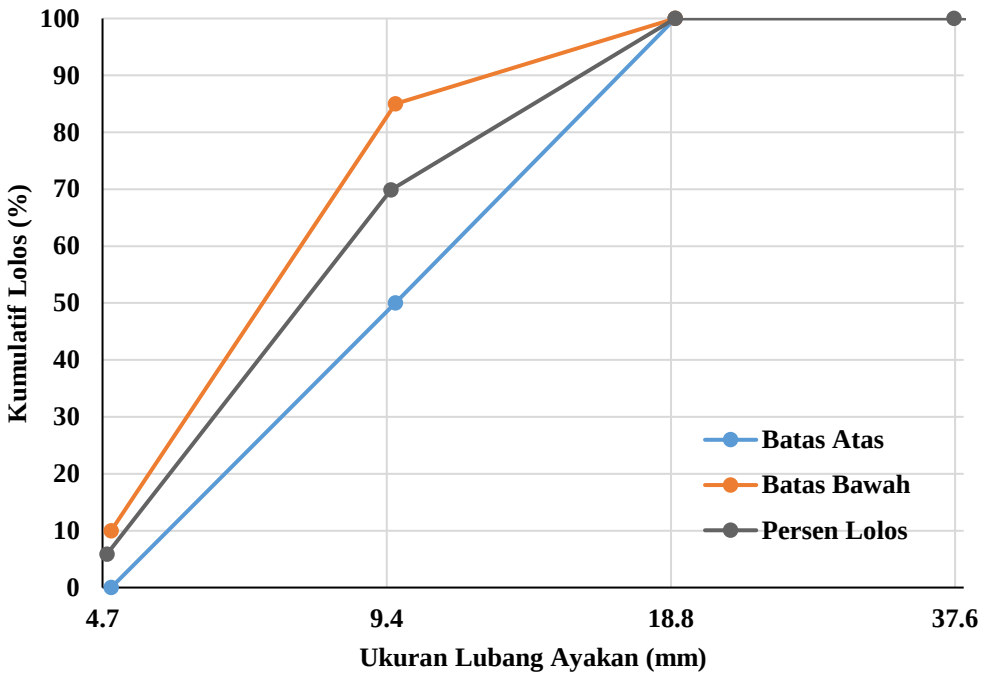
Modulus halus butir sampel 1 $= \frac{612{,}48}{100} = 6{,}12$

Modulus halus butir sampel 2 $= \frac{613{,}99}{100} = 6{,}14$

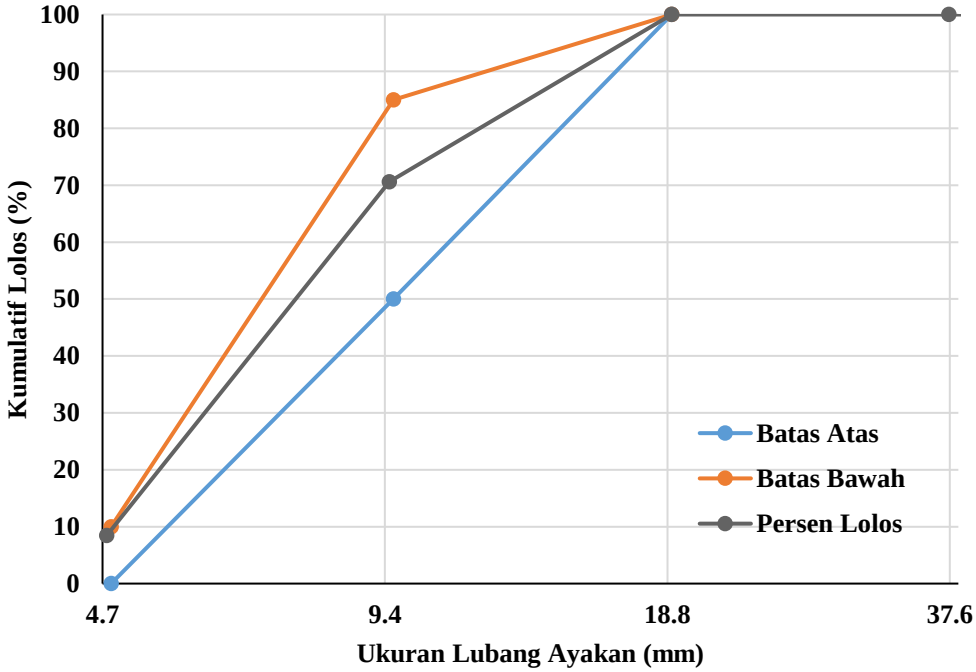
Rata rata modulus halus butir sampel 1 dan 2 $= \frac{(6{,}12+6{,}14)}{2} = 6{,}13$

Syarat SNI 03-1750-1990, modulus halus butir adalah 3,8-8. Hasil perhitungan yang dilakukan, diperoleh modulus halus butir 6,13. Agregat kasar yang akan

digunakan masuk kedalam batas gradasi maksimum ukuran 10 mm. Spesifikasi agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan 5.4.



Gambar 5.3 Gradasi Agregat Kasar Sampel 1



Gambar 5.4 Gradasi Agregat Kasar Sampel 2

2. Pengujian Berat Jenis Penyerapan Air

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatakan angka berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air dalam agregat kasar. Perhitungan berat jenis penyerapan air dapat dilihat pada Persamaan 3.12 hingga 3.15

Berat jenis curah sampel 1 $= \frac{4822}{5000-3126} = 2,57$

Berat jenis curah sampel 2 $= \frac{4838}{5000-3112} = 2,56$

Berat jenis kering muka sampel 1 $= \frac{5000}{5000-3126} = 2,67$

Berat jenis kering muka sampel 2 $= \frac{5000}{5000-3112} = 2,65$

Berat jenis semu sampel 1 $= \frac{4822}{4822-3126} = 2,84$

Berat jenis semu sampel 2 $= \frac{4838}{4838-3112} = 2,8$

Penyerapan air sampel 1 $= \frac{5000-4822}{4822} x100 = 3,69$

Penyerapan air sampel 2 $= \frac{5000-4838}{4838} x100 = 3,35$

Selanjutnya masing masing pengujian dirata-rata. Hasil pengujian dapat dilihat pada Table 5.9.

Berat jenis curah $= \frac{2,57+2,56}{2} = 2,57$

Berat jenis kering muka $= \frac{2,67+2,65}{2} = 2,66$

Berat jenis semu $= \frac{2,84+2,8}{2} = 2,82$

Penyerapan air $= \frac{3,69-3,35}{2} = 3,52\%$

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil		Rerata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat kerikil kering mutlak (A), gram	4822	4838	
Berat kerikil jenuh kering muka (SSD)(B), gram	5000	5000	
Berat kerikil dalam air (C), gram	3126	3112	
Berat jenis curah A/(B-C)	2,57	2,56	2,57
Berat jenis kering muka (SSD) B/(B-C)	2,67	2,65	2,66
Berat jenis semu A/(A-C)	2,84	2,80	2,82
Penyerapan air (%) (B-A)/A*100%	3,69	3,35	3,52

Pada Tabel 5.9, diperoleh nilai berat jenis curah 2,57 dan penyerapan air sebesar 3,52%.

3. Pengujian Berat Volume

Pada pengujian ini dilakukan pengujian berat volume gembur dan volume padat agregat kasar. Pengujian berat volume menggunakan 2 sampel volume gembur dan 2 sampel volume padat agregat kasar. Perhitungan volume gembur dan volume padat dapat dilihat pada Persamaan 3.16 dan 3.17.

$$\text{Berat volume gembur sampel 1} = \frac{6366}{5271,09} = 1,21 \text{ gram/cm}^3$$

$$\text{Berat volume gembur sampel 2} = \frac{6561}{5271,09} = 1,24 \text{ gram/cm}^3$$

$$\text{Berat volume padat sampel 1} = \frac{7216}{5271,09} = 1,37 \text{ gram/cm}^3$$

$$\text{Berat volume padat sampel 2} = \frac{6937}{5271,09} = 1,32 \text{ gram/cm}^3$$

Selanjutnya masing masing pengujian dirata-rata. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan 5.11.

Berat volume gembur $= \frac{1,21+1,24}{2} = 1,23$ gram/cm^3

Berat volume padat $= \frac{1,37+1,32}{2} = 1,34$ gram/cm^3

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung (W1), gram	10958	10958
Berat tabung + agregat kering tungku (W2), gram	17324	17519
Berat agregat (W3), gram	6366	6561
Volume tabung (V), cm^3	5271,09	5271,09
Berat volume gembur, gram/cm^3	1,21	1,24

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Berat Volume Padat

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung (W1), gram	10958	10958
Berat tabung + agregat kering tungku (W2), gram	18174	17895
Berat agregat (W3), gram	7216	6937
Volume tabung (V), cm^3	5271,09	5271,09
Berat volume padat, gram/cm^3	1,37	1,32

5.3 Desain Campuran Beton SCC Mutu Tinggi

Pada penelitian yang dilakukan penulis, desain campuran beton SCC mutu tinggi menggunakan metode SNI 03-6468-2000. Metode SNI 03-6468-2000 digunakan karena beton yang akan dibuat memiliki f'_c rencana 42 Mpa. Langkah perhitungan desain campuran beton dapat dilihat sebagai berikut.

1. Data Awal Campuran Beton SCC

   Pada penelitian ini direncanakan beton memiliki kuat tekan 42 MPa pada usia 28 hari. Syarat kuat tekan beton pada SNI 03-6468-2000, adalah 41,4 MPa pada

usia 28 hari. Pasir (agregat halus) yang digunakan berasal dari Sungai Progo dengan data sebagai berikut:

a. Modulus halus butir = 2,67
b. Berat jenis curah = 2,61
c. Penyerapan air = 2,35
d. Berat volume padat = 1,68

Pada Kerikil (agregat kasar) berasal dari Clereng, Kulon Progo dengan jenis kerikil jagung dan ukuran maksimal 10 mm. data agregat kasar adalah sebagai berikut:

a. Modulus halus butir = 6,13
b. Berat jenis curah = 2,57
c. Penyerapan air = 3,52
d. Berat volume padat = 1,34

Bahan lain yang digunakan pada penelitian ini adalah semen Portland tipe 1 dengan merek Semen Gresik dengan berat jenis 3,15. *Superplasticizer* dengan tipe *Viscocrete* 1003 dari PT. Sika Indonesia, *silica fume* dengan merek SikaFume dari PT. Sika Indonesia, dan serbuk kaca sebagai *filler* dengan ukuran lolos saringan 200. Serbuk kaca ini berasal dari botol kaca dan kaca bening

2. Perhitungan Campuran Beton SCC Mutu Tinggi
   a. Menentukan kuat tekan rata-rata dan nilai slump yang direncanakan. Kuat tekan rata-rata dapat dihitung menggunakan rumus Persamaan 3.18. Kuat tekan yang direncanakan f'_c = 42 MPa.

      $f_{cr} = \frac{42+9,66\text{MPa}}{0,90} = 57,4$ MPa.

      Untuk nilai slump akan didapat melalui pengujian *slump flow*.
   b. Menentukan ukuran agregat kasar maksimum

      Nilai kuat tekan yang didapat sebesar 57,4 MPa, maka digunakan agregat kasar dengan ukuran maksimum 20 mm. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian yang sedang dilakukan oleh Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE, Ph.D., mengunakan kerikil jagung, maka digunakan ukuran maksimum 10 mm.

c. Menentukan kadar agregat kasar optimum

Berdasarkan Tabel 3.3 Dengan ukuran agregat kasar maksimum 10 mm, didapatkan fraksi volume agreagt kasar optimum 0,65. Dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

Kadar agregat kasar =0,65x1340 = 871 kg/m^3.

d. Menentukan Estimasi Kadar Air dan Udara

Karena beton SCC menggunakan pengujian *slump flow*, diasumsikan nilai slump rencana sebsar 75-100 mm dengan ukuran agregat kasar 10mm. pada tabel 3.4 Didapat estimasi keperluan air sebesar 196 liter.m^3 dengan kadar udara sebesar 2,5%. Koreksi kadar air dan rongga udara dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.20 dan 3.21.

$V = 1 - \frac{1680}{2{,}61 \times 1000} \times 100$ = 35,63%.

Koreksi kadar air = (35,63-35) x 4,75 = 2,99 liter/m^3.

Kebutuhan air total = 196 + 2,993 = 198,99 liter/m^3.

e. Menentukan Faktor Air Semen

Setelah didapat kuat tekan rata–rata, selanjutnya kekuatan beton dilapangan dihitung menggunakan rumus berikut.

Kuat tekan lapangan = 0,9x57,4 = 51,66 MPa.

Setelah didapat hasil kuat tekan dilapangan selanjutnya mencari faktor air semen dengan melihat Tabel 3.6 Faktor air semen dapat dicari menggunakan interpolasi dengan Tabel 3.6.

Y = 51,66MPa

Y1 = 48,3 MPa

Y2 = 55,2 MPa

X = (belum diketahui/dicari)

X1 = 0,5

X2 = 0,44

$Y = Y1 + \frac{(X-X1)}{(X2-X1)} \times (Y2-Y1)$

$$Y = 51{,}66 + \frac{(X-0{,}5)}{(0{,}44-0{,}5)} \times (55{,}2-48{,}33)$$

$$Y = 0{,}47$$

Perhitungan diatas didapatkan nilai faktor air semen adalah 0,47. Nilai faktor air semen ini digunakan sebagai acuan dalam membuat trial sampel beton SCC mutu tinggi. Berdasarkan *trial* yang sudah dilakukan faktor air semen 0,47 tidak memenuhi kuat tekan rencana sehingga dilakukan pengurangan kadar air. Semakin sedikit kadar air, maka faktor air semen akan semakin kecil. Berdasarkan hasil *trial* pembuatan beton, digunakan nilai faktor air semen sebesar 0,4 karena memenuhi f'_c rencana 42 Mpa.

f. Menghitung Kadar Bahan Bersifat Semen

Kadar bahan bersifat semen dapat dicari menggunakan Persamaan 3.23.

Kadar bahan bersifat semen = $\frac{198{,}99}{0{,}4}$ = 497,481 kg/m^3

g. Menentukan Kebutuhan Campuran Beton SCC Mutu Tinggi

Kebutuhan campuran beton SCC per-m^3 dapat dilihat sebagai berikut.

Semen *Portland* = $\frac{497{,}481}{3{,}15}$ = 157,93 liter.

Agregat kasar = $\frac{871}{2{,}57}$ = 338,91 liter.

Kadar udara = 25 liter.

Air = 198,99 liter.

Selanjutnya hasil dari perhitungan di atas dijumlahkan didapat angka 720,83 liter. Lalu mencari kebutuhan agregat halus dapat dicari meggunakan perhitungan berikut.

Agregat halus =1000-720,83 = 279,17 liter

Sehingga didapatkan kebutuhan campuran beton SCC menurut SNI 03-6468-2000 per-m^3.

1. Semen = 497 kg
2. Kerikil = 871 kg
3. Air = 198,99 kg

4. Pasir = 729 kg

5.4 Komposisi Campuran Beton SCC Mutu Tinggi

Pada penelitian ini, dilakukan *trial* sebelum menentukan komposisi yang akan digunakan pada campuran beton SCC. Peneliti melakukan 8 kali *trial* sebelum mendapatkan hasil campuran beton SCC yang mencapai mutu 42 MPa. Proses pembuatan beton SCC pada *trial* 1 dan *trial* 2 digunakan faktor air semen sebanyak 0,47 dengan presentase *superplasticsizer* 1,2% namun mutu beton masih jauh di bawah mutu rencana. Percobaan pembuatan beton SCC *trial* 3 sampai dengan *trial* 6 dilakukan pengurangan faktor air semen hingga mencapai 0,4 dan *superplasticsizer* 1,2%, Mutu beton SCC sudah mendekati mutu rencana. Pembuatan beton SCC pada *trial* 7 dan *trial* 8 digunakan faktor air semen sebesar 0,4 dan *superplasticsizer* 1%. Pengujian *trial* 8 menunjukan mutu beton SCC sudah mencapai mutu rencana yaitu 42 MPa. Semakin sedikit faktor air semen, jumlah semen yang digunakan akan bertambah. Penggunaan *superplasticsizer* 1% menghasilkan adonan beton SCC yang lebih baik dibadingkan penggunaan *superplasticsizer* 1,2%. Hasil adonan dapat dilihat pada pengujian *slump flow* Gambar 5.5 dan 5.6.

Dalam penelitian ini campuran beton SCC, dibuat beton kontrol dengan tambahan *superpalsticzier* dan *silica fume* dengan kandungan serbuk kaca 0%. Serbuk kaca pada beton digunakan sebagai *filler*. Serbuk kaca yang digunakan berukuran 200 *mesh,* selanjutnya pembuatan beton variasi dengan kandungan serbuk kaca 2,5% (variasi 1), 5% (variasi 2), 7,5% (variasi 3), 10% (variasi 4), 12,5% (variasi 5), 15% (variasi 6). Perhitungan kandungan serbuk kaca berdasarkan berat bahan bersifat semen. *Superpalsticzier* digunakan sebanyak 1% dari bahan bersifat semen. *Silica fume* digunakan 10% dari berat semen. Komposisi campuran beton SCC ditambahkan penyusutan sebanyak 20% per-m^3, komposisi campuran beton SCC dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Komposisi Campuran Beton SCC Mutu Tinggi

Kode Sampel	Kadar Sp 1003	Serbuk Kaca	Sika Fume	Air (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Sika Fume (Kg)	SP 1003 (kg)	Serbuk Kaca (kg)
BK	1%	0%	10%	198,99	497	783,8	871	49,7	5,47	0
BV1	1%	2,5%	10%	198,99	497	783,8	871	49,7	5,47	13,67
BV2	1%	5%	10%	198,99	497	783,8	871	49,7	5,47	27,34
BV3	1%	7,5%	10%	198,99	497	783,8	871	49,7	5,47	41
BV4	1%	10%	10%	198,99	497	783,8	871	49,7	5,47	54,67
BV5	1%	12,5%	10%	198,99	497	783,8	871	49,7	5,47	68,34
BV6	1%	15%	10%	198,99	497	783,8	871	49,7	5,47	82

5.5 Pengujian Sampel Beton SCC *Trial*

Setelah selesai mencari komposisi campuran beton SCC, selanjutnya dilakukan *trial* pembuatan sampel beton SCC. Tujuan dilakukan *trial* untuk mengetahui kuat tekan yang dihasilkan dari komposisi campuran beton SCC yang sebelumnya sudah dihitung. Penulis melakukan *trial* sebanyak 8 kali seperti yang sudah dijelasakan pada sub bab 5.4 hingga didapat kuat tekan yang direncanakan. Usia beton *trial* adalah 7 hari. Setelah didapat hasil kuat tekan pada usia 7 hari, dapat diperkirakan berapa kekuatan beton SCC pada saat mencapai 28 hari dengan melihat Tabel 5.13. Contoh perhitungan *trial* kuat desak dapat dilihat sebagai berikut.

P maksimum TM-8.1 usia 7 = 565,4 kN = 565400N

Luas permukaan TM-8.1 usia 7 $= 0{,}25 \times \pi \times 152{,}7^2$ $= 18313\ mm^2$

Kuat desak TM-8.1 usia 7 $= \frac{565400}{18318}$ = 30,9 MPa.

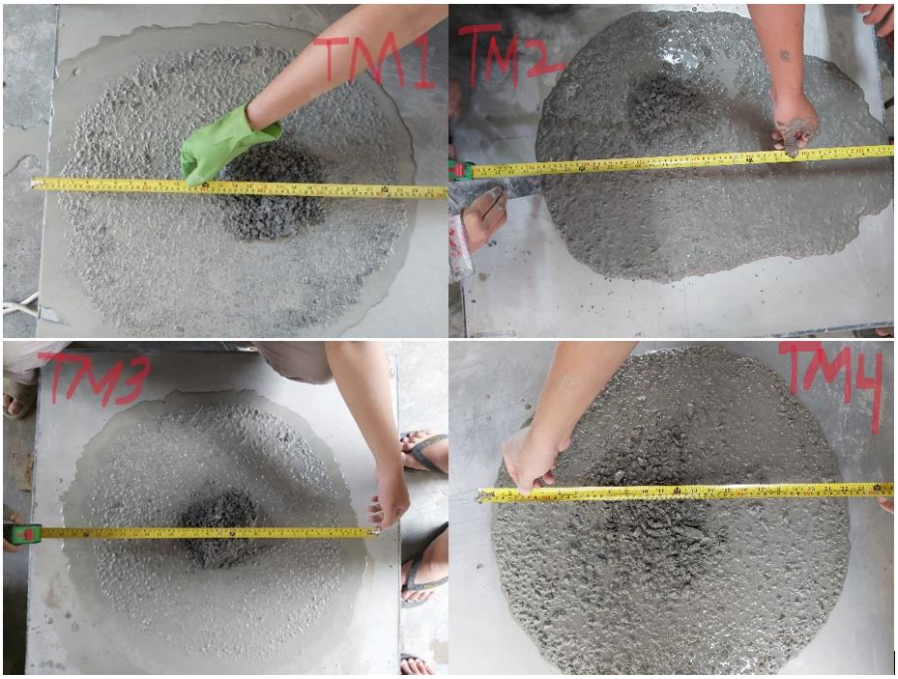
Kuat desak TM-8.1 dikonversi = 30,9 MPa × 0,75 = 41,2 MPa.

Tabel 5.13 Hasil Pengujian *Trial* Sampel Beton SCC

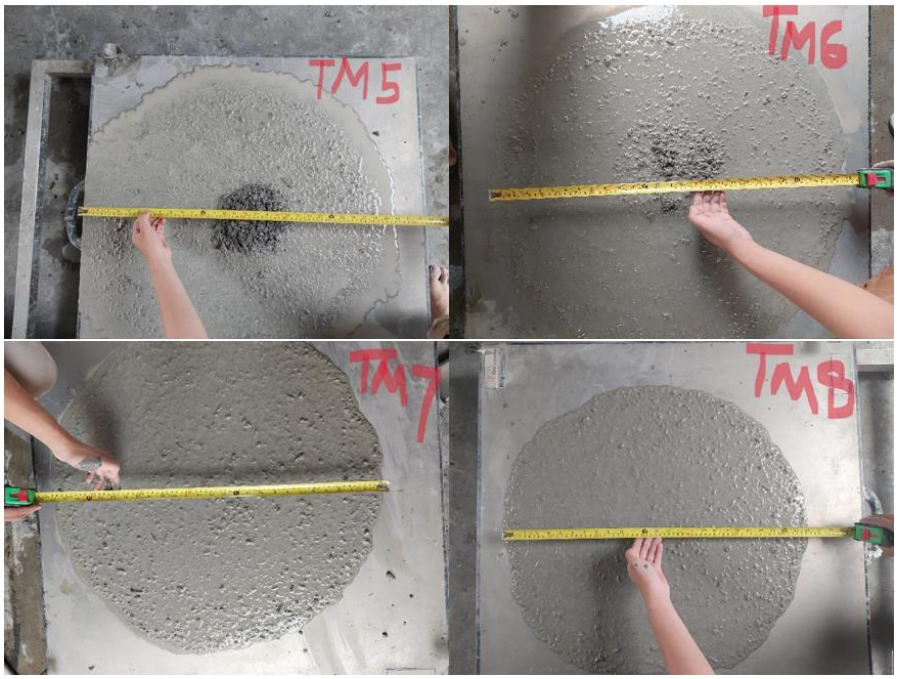
Kode Sampel	Umur Beton (Hari)	Luas Tampang (mm2)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Angka Konversi ke 28 Hari	Konversi Kuat Tekan 28 Hari (MPa)	Kuat Tekan Rerata 28 Hari (MPa)
TM-8.1	7	18313	565,4	30,9	0,75	41,200	43,022
TM-8.2	7	17813	612,2	34,6	0,75	46,133	
TM-8.3	7	17671	553,7	31,3	0,75	41,733	

Hasil penguian pada Tabel 5.13, digunakan angka konversi 0,75 mengacu pada PBI 1971 Tabel 4.1.4 untuk pembuatan beton normal. Angka konversi 0,75 kurang akurat jika dipakai untuk beton SCC mutu tinggi dengan bahan-tambah, Belum ada penelitian yang bisa digunakan sebagai acuan angka konversi, sehingga digunakan angka konversi 0,75. Hasil kuat tekan pada Tabel 5.13 sudah melebihi kuat tekan

rencana 42 MPa. Hasil pengujian *slump flow* pada *trial* pertama hingga mencapai mutu rencana pembuatan beton SCC dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan 5.6.



Gambar 5.5 Pengujian *Slump Flow Trial 1* Hingga *Trial 4*



Gambar 5.6 Pengujian *Slump Flow Trial 5* Hingga *Trial 8*

5.6 Pengujian Beton SCC Mutu Tinggi

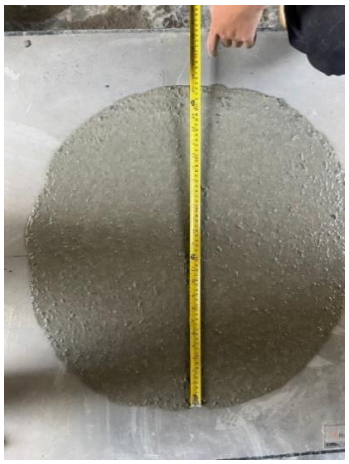
5.6.1 Pengujian *Slump Flow*

Pengujian *slump flow* terdapat 2 macam hasil data. Pengujian awal untuk mendapatan diameter akhir *slump flow* beton SCC dan pengujian selanjutnya untuk mendapatkan nilai T50. Menurut EFNARC 2005 pengujian *slump flow*, diameter harus mencapai 640-800 mm. Hasil pengujian *slump flow* dapat dilihat pada Tabel 5.14. Contoh perhitungan *Slump flow* Beton SCC dapat dilihat sebagai berikut.

Slump flow BV1 = $\frac{1}{2}$ × (67+65) = 66 cm

Tabel 5.14 Hasil Pengujian *Slump Flow* Beton SCC

Kode Sampel	Kadar Serbuk Kaca	Uji Slump Flow	
		T50 (detik)	Diameter (cm)
BK	0%	4,61	65
BV1	2,5%	3,97	66
BV2	5%	3,42	67,5
BV3	7,5%	3,74	69,5
BV4	10%	4,71	67
BV5	12,5%	4,26	73,5
BV6	15%	3,87	77



Gambar 5.7 Pengujian *Slump Flow*

Setelah dilakukan pengujian *slump flow* didapatkan diameter *slump flow* terkecil 65 cm dan terbesar 77 cm. Kemudian waktu mencapai T50 paling lama 4,71 detik dan paling cepat 3,42. Hasil pengujian *slump flow* sudah memenuhi persyaratan EFNARC 2005.

5.6.2 Pengujian *V-Funnel*

Pengujian *v-funnel* bertujuan untuk mengetahui apakah terjadi segregasi pada saat pembuatan benda uji beton scc. Hasil dari pengujian *v-funnel* adalah waktu yang dibutuhkan beton untuk mengalir melalui bagian bawah alat *v-funnel.* Menurut EFNARC 2005 syarat pengujian *v-funnel* antara 6-12 detik. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.15 dan gambar pengujian *v-funnel* dapat dilihat pada Gambar 5.8.

Tabel 5.15 Hasil Pengujian *V-funnel* Beton SCC

Kode Sampel	**Kadar Serbuk Kaca**	**Uji *V-funnel***
		Waktu (detik)
BK	0%	11,41
BV1	2,5%	11,91
BV2	5%	11,59
BV3	7,5%	10,36
BV4	10%	11,89
BV5	12,5%	10,82
BV6	15%	8,74



Gambar 5.8 Pengujian *V-funnel*

Setelah dilakukan penguijain *v-funnel* didapatkan hasil berupa waktu yang dibutuhkan BK-BV6 sudah memenuhi persyaratan EFNARC 2005. Hasil pengujian *v-funnel* dapat dilihat bahwa beton tidak mengalami segregasi.

5.6.3 Pengujian Kuat Desak Beton

Pengujian ini dilakukan pada saat usia beton mencapai 28 hari dengan f'_c rencana 42 MPa. Mesin yang digunakan dalam pengujian kuat desak adalah CTM tipe ADR 3000. Sebelum melakukan pengujian desak, permukaan beton di beri *capping* agar permukaan beton rata saat di uji desak. Letakan beton di tengah dengan posisi berdiri pada mesin CTM kemudian nyalakan mesin desak, saat beton di desak layar pada mesin akan menunjukan hasil nilai desak maksimum. Perhitungan uji desak dapat dicari menggunakan Persamaan 3.25 Contoh perhitungan kuat desak dapat dilihat sebagai berikut. Hasil uji kuat desak dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan Tabel 5.16.

P maksimum BK = 774,6 kN = 774600 N

Luas permukaan BK $= 0{,}25 \times \pi \times 150^2$ $= 17671\ mm^2$

Kuat desak BK $= \frac{774600}{17671}$ = 43,8 MPa.

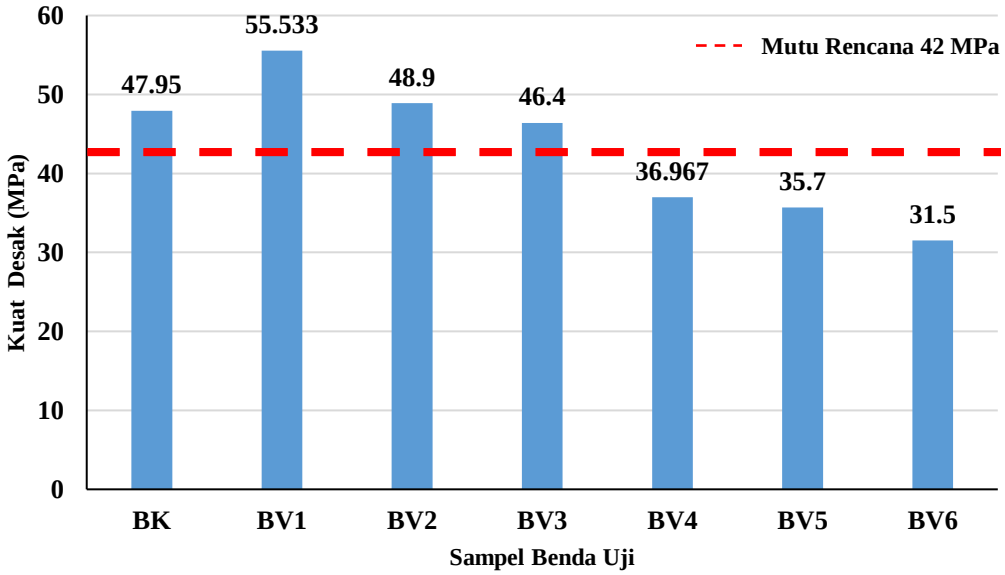


Gambar 5.9 Pengujian Kuat Desak

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton SCC

Kode Benda Uji	Serbuk Kaca	Diameter	Tinggi	Beban Maksimum	Luas	Kuat Desak	
	(%)	(mm)	(mm)	(kN)	(mm^2)	MPa	Rerata MPa
BK	0	150,2	307,7	1037,5	17719	58,7	47,95
	0	150,4	303	657,7	17766	37,2	
	0	150	303	774,6	17671	43,8	
BV1	2,5	149,9	301	605,7	17648	34,2	55,53
	2,5	150,1	301	1154,6	17695	65,3	
	2,5	150	302,5	1186,4	17671	67,1	
BV2	5	151	303,8	1059	17908	59,9	48,9
	5	150,7	302,7	687,5	17837	38.9	
	5	150,4	301,4	847,1	17766	47,9	
BV3	7,5	150,3	301,4	17742	783,4	44,3	46,4
	7,5	150,1	300	17695	834,5	47,2	
	7,5	151	303,6	17908	843,2	47,7	
BV4	10	150	303	17671	571,1	32,3	36,97
	10	153	309,7	18385	775	43,8	
	10	150,2	301	17719	615,1	34,8	
BV5	12,5	152	302	18146	321,1	18	35,7
	12,5	154	304	18627	779,2	44	
	12,5	153	303	18385	657,7	45,1	
BV6	15	153	302	18385	568,1	32,1	31,5
	15	151	298	17908	530,1	29,9	
	15	154	301	18627	575,8	32,5	

Grafik hubungan antara beton kontrol dengan variasi dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Kuat Desak Beton Kontrol dengan Beton Variasi Usia 28 Hari

Dari Tabel 5.16 dan Gambar 5.10 Nilai kuat desak beton kontrol mencapai 47,95 MPa. nilai beton kontrol sudah melebihi kuat desak rencana awal sebesar 42 MPa. pada kuat desak beton variasi memiliki nilai optimum pada BV1 sebesar 55,533 (2,5% campuran serbuk kaca). Sedangkan nilai kuat desak yang terendah terjadi pada variasi BV6 dengan nilai kuat desak 31,5 MPa (15% campuran serbuk kaca) terjadi penurunan kuat desak pada beton variasi BV1 (2,5% campuran serbuk kaca) dengan BV6 sebesar 43% (15% campuran serbuk kaca).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nuruddin (2022) dengan campuran variasi serbuk kaca sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Nilai beton dengan variasi serbuk kaca 0% mencapai 46,12 MPa. nilai ini sudah melebihi mutu rencana awal yaitu 45 MPa. pada variasi campuran serbuk kaca 2,5% dengan kuat tekan 45,26 terjadi penurunan sebesar 1,86% dari nilai kuat tekan beton kontrol. Nilai kuat desak optimum pada penelitian yang dilakukan oleh

Nuruddin (2022) terjadi pada variasi 2 dengan campuran serbuk kaca 5% dan kuat tekan yang di hasilkan sebesar 47,07 MPa, kemudian terjadi penuruanan pada variasi dengan campuran serbuk kaca sebanyak 7,5% dan 10%. nilai terendah berada pada campuran 10% serbuk kaca dengan nilai kuat tekan sebesar 35,55 MPa.

Nilai kuat desak pada penelitian ini bervariasi disebabkan oleh sejumlah faktor. Faktor yang mempengaruhi kuat desak pada penelitian ini ada pada saat proses persiapan material, pembuatan benda uji, dan penggunaan bahan-tambah. Penggunaan serbuk kaca 2,5% menghasilkan kuat tekan optimum pada beton SCC dengan *superplasticsizer* 1003. Namun seiring penambahan variasi serbuk kaca kuat desak mulai menurun. Penurunan kuat desak ini dapat disebabkan oleh penggumpalan partikel serbuk kaca pada campuran beton dengan jumlah serbuk kaca yang tinggi (Nuruddin. 2022).

5.6.4 Pengujian Tarik Belah Beton

Pada pengujian tarik belah beton SCC dilakukan pada saat usia beton mencapai 28 hari. Pengujian tarik belah dilakukan menggunakan mesin CTM dengan merk Control kapasitas 30-ton dengan benda uji di posisikan berbaring pada mesin. Perhitungan kuat tekan dapat dilihat pada Persamaan 3.26 dan berikut adalah contoh perhitungannya

Sampel uji BK = 281 kN =281000 N

Luas selimut silinder BK= $\pi \times 304{,}8 \times 151{,}5$ = 145069,95 mm^2

Kuat tarik belah BK $= \frac{2 \times 281000}{145069{,}95} =$ 3,87 MPa.

Perhitungan tersebut diperoleh kuat tarik belah BK sebesar 3,87. Hasil dari pengujian tarik belah dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan gambar pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.11.

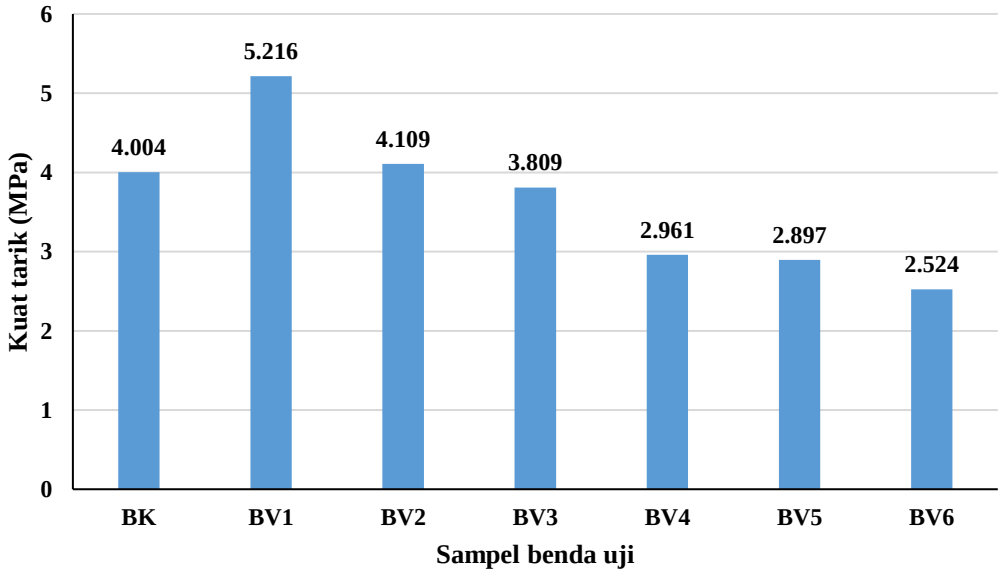


Gambar 5.11 Pengujian Kuat Tarik

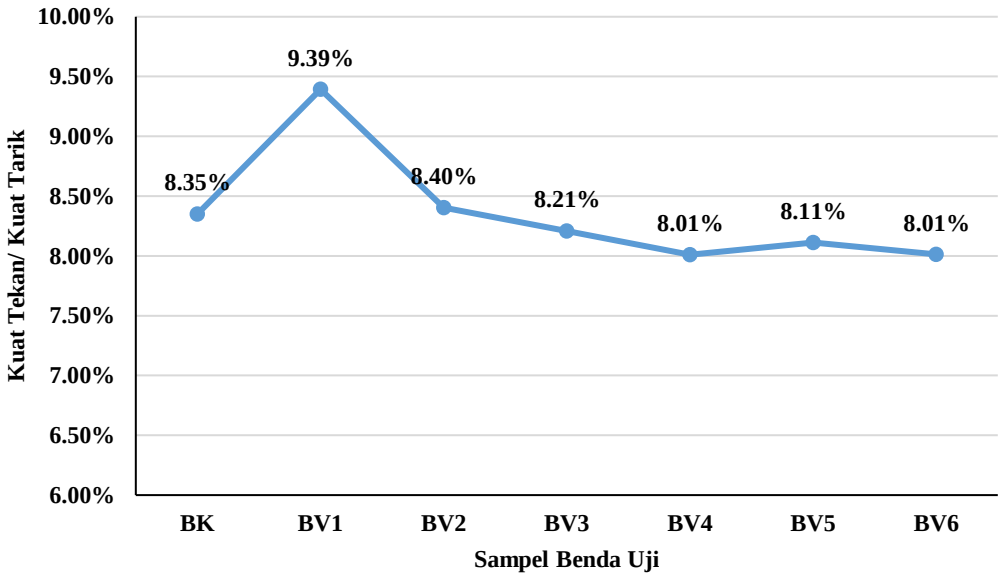
Tabel 5. 17 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton SCC

Kode Benda Uji	Serbuk Kaca	Diameter	Tinggi	Beban Maksimum	Luas	Kuat Tarik	
	(%)	(mm)	(mm)	(kN)	(mm^2)	MPa	Rerata MPa
BK	0	151,5	304,8	281	145069,95	3,87	4,004
	0	152,7	307,1	319	147322,38	4,33	
	0	151,3	302,7	274	143880,26	3,81	
BV1	2,5	154	304,4	363	147270,32	4,93	5,216
	2,5	150	306	376	144199,10	5,22	
	2,5	150,1	303,6	394	143163,51	5,50	
BV2	5	153	302	318	145160,43	4,38	4,109
	5	151	301,6	284	143073,16	3,97	
	5	153	301,4	288	144872,03	3,98	
BV3	7,5	152,4	303	287	145069,95	3,96	3,809
	7,5	151	305	317	144686,05	4,38	
	7,5	156	304	230	148986,89	3,09	
BV4	10	150,2	301	287	142032,03	4,04	2,961
	10	155,2	301,8	192	147150,19	2,61	
	10	154,5	302,8	164	146971,87	2,23	
BV5	12,5	151	301	265	142788,53	3,71	2,897
	12,5	154	303	185	146593,00	2.52	
	12,5	152	297	174	141824,06	2,45	
BV6	15	153	301	207	144679,77	2.86	2,524
	15	151	298	163	141365,39	2,31	
	15	152	303	174	144689,19	2,41	

Berdasarkan Tabel 5.17 hasil kuat tarik belah maksimum terdapat pada beton variasi satu (BV1) mencapai 5,214 MPa. Sedangkan kuat tarik minimum terdapat pada beton variasi enam (BV6) dengan 2,524 MPa. Pada beton kontrol (BK) nilai kuat tarik mencapai 4,004 MPa. Pada tabel di atas terjadi perubahan nilai kuat tarik yang ekstrem pada BV1 dan BV6. Nilai kuat tarik beton secara umum berkisar 8-12% dari kuat desak (Kosmatka dkk. 2002). Grafik perbandingan beton kontrol dan variasi serbuk kaca dapat dilihat pada Gambar 5.12 Sedangkan grafik perbandingan kuat tarik belah dan kuat desak beton kontrol dengan beton variasi dapat dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5.12 Perbandingan Beton Kontrol dan Beton Variasi Serbuk Kaca



Gambar 5.13 Perbandingan Kuat Tarik Belah dan Kuat Desak

Gambar 5.13, nilai perbandingan kuat tarik dan kuat desak beton optimum berada pada BV1 sebesar 9,39%. Sedangkan nilai terendah berada pada variasi BV6 dengan nilai 8,01%. Hasil pengujian tarik belah masih berada pada 8% hingga 12%. Pada peneltian Nuruddin (2022) rata-rata perbandingan nilai kuat tarik dan desak berkisar 8%. Nilai tarik optimum penelitian Nuruddin (2022) berada pada variasi serbuk kaca 5%. sedangkan nilai tarik belah terendah berada pada variasi serbuk kaca 10%. Hasil pengujian tarik belah dapat dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Hasil Pengujian Tarik Belah pada Beton

5.6.5 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas dilakukan perhitungan berdasarkan hasil pengujian dan secara empiris. Pengujian dilakukan dengan melakukan penekanan silinder beton pada mesin CTM hingga beban maksimum yang dapat di terima beton. pengujian modulus elastisitas tidak di lakukan pada variasi BV4, BV5, dan BV6 karena tidak mencapai mutu rencana 42 MPa. Silinder di pasang alat *dial gauge* dan dilakukan pembacaan setiap beban 10 kN. Hasil dari pengujian ini adalah data tegangan dan regangan akibat dari pembebanan. Gambar pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan tabel pengujian modulus dapat dilihat pada Tabel 5.18



Gambar 5.15 Pengujian Modulus Elastisitas

Tabel 5.18 Hubungan Tegangan Regangan Sampel Uji BK

Beban		**Pembacaan dial**	**ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)**	**Regangan**	**Tegangan (P/A)**
kN	N	x10-^{3}	mm	(ΔL/Lo)	(MPa)
10	10000	5	0,0025	0,0000125	0,5644
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1288
30	30000	20	0,01	0,00005	1,6931
40	40000	25	0,0125	0,0000625	2,2575
50	50000	30	0,015	0,000075	2,8219
60	60000	40	0,02	0,0001	3,3863
70	70000	45	0,0225	0,0001125	3,9506
80	80000	53	0,0265	0,0001325	4,5150
90	90000	60	0,03	0,00015	5,0794
100	100000	68	0,034	0,00017	5,6438
110	110000	75	0,0375	0,0001875	6,2082
120	120000	80	0,04	0,0002	6,7725

Lanjutan Tabel 5.18 Hubungan Tegangan Regangan Sampel Uji BK

Beban		Pembacaan dial	ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)	Regangan	Tegangan (P/A)
130	130000	90	0,045	0,000225	7,3369
140	140000	98	0,049	0,000245	7,9013
150	150000	103	0,0515	0,0002575	8,4657
160	160000	110	0,055	0,000275	9,0301
170	170000	115	0,0575	0,0002875	9,5944
180	180000	120	0,06	0,0003	10,1588
190	190000	130	0,065	0,000325	10,7232
200	200000	135	0,0675	0,0003375	11,2876
210	210000	143	0,0715	0,0003575	11,8519
220	220000	150	0,075	0,000375	12,4163
230	230000	158	0,079	0,000395	12,9807
240	240000	161	0,0805	0,0004025	13,5451
250	250000	170	0,085	0,000425	14,1095
260	260000	176	0,088	0,00044	14,6738
270	270000	185	0,0925	0,0004625	15,2382
280	280000	190	0,095	0,000475	15,8026
290	290000	192	0,096	0,00048	16,3670
300	300000	200	0,1	0,0005	16,9313
310	310000	205	0,1025	0,0005125	17,4957
320	320000	211	0,1055	0,0005275	18,0601
330	330000	220	0,11	0,00055	18,6245
340	340000	227	0,1135	0,0005675	19,1889
350	350000	234	0,117	0,000585	19,7532
360	360000	240	0,12	0,0006	20,3176
370	370000	250	0,125	0,000625	20,8820
380	380000	255	0,1275	0,0006375	21,4464
390	390000	260	0,13	0,00065	22,0108
400	400000	270	0,135	0,000675	22,5751
410	410000	278	0,139	0,000695	23,1395
420	420000	282	0,141	0,000705	23,7039
430	430000	290	0,145	0,000725	24,2683
440	440000	298	0,149	0,000745	24,8326
450	450000	303	0,1515	0,0007575	25,3970
460	460000	310	0,155	0,000775	25,9614
470	470000	317	0,1585	0,0007925	26,5258

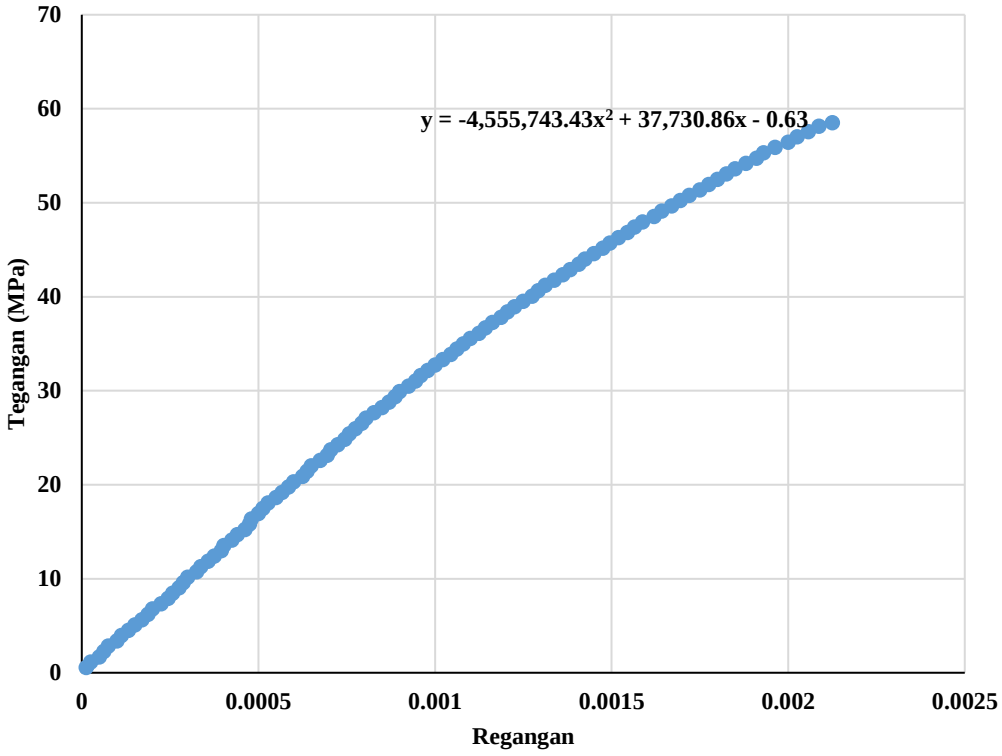
Lanjutan Tabel 5.18 Hubungan Tegangan Regangan Sampel Uji BK

Beban		Pembacaan dial	ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)	Regangan	Tegangan (P/A)
480	480000	322	0,161	0,000805	27,0902
490	490000	331	0,1655	0,0008275	27,6545
500	500000	340	0,17	0,00085	28,2189
510	510000	348	0,174	0,00087	28,7833
520	520000	355	0,1775	0,0008875	29,3477
530	530000	360	0,18	0,0009	29,9120
540	540000	370	0,185	0,000925	30,4764
550	550000	378	0,189	0,000945	31,0408
560	560000	384	0,192	0,00096	31,6052
570	570000	392	0,196	0,00098	32,1696
580	580000	400	0,2	0,001	32,7339
590	590000	409	0,2045	0,0010225	33,2983
600	600000	418	0,209	0,001045	33,8627
610	610000	425	0,2125	0,0010625	34,4271
620	620000	432	0,216	0,00108	34,9915
630	630000	440	0,22	0,0011	35,5558
640	640000	450	0,225	0,001125	36,1202
650	650000	457	0,2285	0,0011425	36,6846
660	660000	465	0,2325	0,0011625	37,2490
670	670000	475	0,2375	0,0011875	37,8133
680	680000	482	0,241	0,001205	38,3777
690	690000	490	0,245	0,001225	38,9421
700	700000	500	0,25	0,00125	39,5065
710	710000	510	0,255	0,001275	40,0709
720	720000	517	0,2585	0,0012925	40,6352
730	730000	525	0,2625	0,0013125	41,1996
740	740000	535	0,2675	0,0013375	41,7640
750	750000	545	0,2725	0,0013625	42,3284
760	760000	553	0,2765	0,0013825	42,8927
770	770000	563	0,2815	0,0014075	43,4571
780	780000	570	0,285	0,001425	44,0215
790	790000	580	0,29	0,00145	44,5859
800	800000	590	0,295	0,001475	45,1503
810	810000	598	0,299	0,001495	45,7146
820	820000	608	0,304	0,00152	46,2790

Lanjutan Tabel 5.18 Hubungan Tegangan Regangan Sampel Uji BK

Beban		Pembacaan dial	ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)	Regangan	Tegangan (P/A)
830	830000	618	0,309	0,001545	46,8434
840	840000	626	0,313	0,001565	47,4078
850	850000	635	0,3175	0,0015875	47,9721
860	860000	648	0,324	0,00162	48,5365
870	870000	657	0,3285	0,0016425	49,1009
880	880000	668	0,334	0,00167	49,6653
890	890000	678	0,339	0,001695	50,2297
900	900000	688	0,344	0,00172	50,7940
910	910000	700	0,35	0,00175	51,3584
920	920000	710	0,355	0,001775	51,9228
930	930000	720	0,36	0,0018	52,4872
940	940000	730	0,365	0,001825	53,0516
950	950000	740	0,37	0,00185	53,6159
960	960000	752	0,376	0,00188	54,1803
970	970000	764	0,382	0,00191	54,7447
980	980000	772	0,386	0,00193	55,3091
990	990000	785	0,3925	0,0019625	55,8734
1000	1000000	800	0,4	0,002	56,4378
1010	1010000	810	0,405	0,002025	57,0022
1020	1020000	823	0,4115	0,0020575	57,5666
1030	1030000	835	0,4175	0,0020875	58,1310
1037	1037000	850	0,425	0,002125	58,5260

Berdasarkan Tabel 5.18 di atas, hasil yang diperoleh berasal dari pembacaan dial pada saat pengujian modulus elastisitas. Hasil pada tabel dapat dibuat grafik hubungan regangan tegangan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel.* Grafik regangan tegangan sampel BK1 dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Grafik Regangan Tegangan Sampel Uji BK

Hasil Gambar grafik 5.16 dan Tabel 5.18 di atas, dilakukan perhitungan nilai koreksi regangan dengan bantuan aplikasi *Autocad.* Sehingga dapat dilakukan perhitungan modulus elastistas menggunakan rumus pada persamaan 3.27 (ASTM C-469-94) sebagai berikut.

S_2= 23,1395MPa

S_1= 1,472MPa

ε_2= 0,000786 MPa (terkoreksi)

ε_1= 0,00005MPa

$$E = \frac{23,1395-1,472}{0,000786-0,00005} = \quad 29446 \text{ MPa}$$

Perhitungan berdasarkan ASTM C-469-94 di atas, diperoleh hasil perhitungan modulus elastisitas BK1 adalah 29446 MPa. setelah didapat hasil BK1 selanjutnya dilakukan perhitungan juga pada variasi lain. Berikut hasil rekapitulasi

dari perhitungan modulus elastisitas pada varaisi lain menggunakan ASTM C-469-94 dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Modulus Elastistas ASTM C-469-94

Kode Sampel Uji	Ec (MPa)	Ec rerata (MPa)
BK	29446,22	30854,29
	35549,79	
	27567,87	
BV1	48570,98	36455,51
	29485,37	
	31310,17	
BV2	27732,79	29682,12
	24917,07	
	36396,5	
BV3	29407,24	29909,79
	27351,55	
	32970,48	

Hasil perhitungan modulus elastisitas berdasarkan hasil uji menggunakan rumus pada ASTM C-469-94, selanjutnya dilakukan perhitungan predikisi menggunkan rumus empiris. Pada penelitian ini menggunakan Persamaan 3.28 dan 3.29 mengacu pada SNI-2847-2019. Kemudian menggunakan Persamaan 3.30 dan 3.31 Mengacu pada FHWA (2000) dan NBR-6118 (2003). Berikut contoh perhitungan prediksi modulus elastisitas pada BK1.

Berat Volume = 2337,036 kg/m^3.

Kuat tekan maksimum = 58,53 MPa.

$E_c = 4700 \times \sqrt{58,53} = 35956,08$ MPa

$E_c = 2337,036^{1,5} \times 0,043 \times \sqrt{58,53} = 37165,6$ MPa

E_c $= 3837 \times \sqrt{58,53} = 29353,93$ MPa

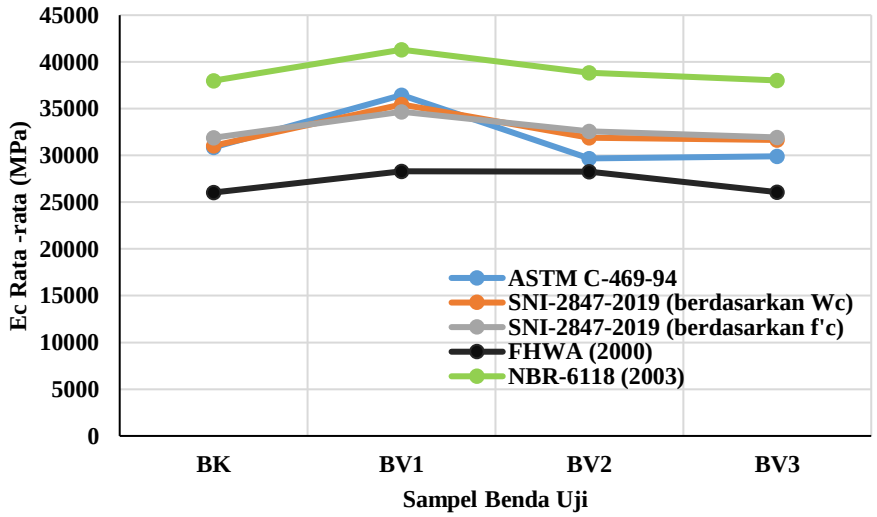
E_c $= 5600 \times \sqrt{58,53} = 42841,29$ MPa

Hasil rekap perhitungan menggunakan persamaan diatas dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Prediksi Modulus Elastistas

Kode Sampel Uji	Kuat Tekan (MPa)	BeratVolume (kg/m$^{3)}$	SNI-2847-2019 ($E_c = 4700 \times \sqrt{f'c}$)		SNI-2847-2019 ($E_c = Wc^{1,5} \times 0{,}043 \times \sqrt{f'c}$)		FHWA (2000) ($E_c = 3837 \times \sqrt{f'c}$)		NBR-6118 ($E_c = 5600 \times \sqrt{f'c}$)	
			Ec (MPa)	Ec rerata (MPa)	Ec (MPa)	Ec rerata (MPa)	Ec (MPa)	Ec rerata (MPa)	Ec (MPa)	Ec rerata (MPa)
BK	58,53	2337,036	35956,08	31890,06	37165,6	31039,46	29353,93	26034,5	42841,29	37996,67
	37,02	2212,873	28596,9		27234,81		23346,02		34072,91	
	43,83	2166,982	31117,19		28717,98		25403,55		37075,8	
BV1	34,32	2298,749	27534,68	34670,14	27764,38	36455,51	22478,85	28304,11	32807,28	41309,1
	65,25	2316,096	37965,4		38716,27		30994,31		45235,37	
	67,14	2339,487	38510,33		39868,4		31439,18		45884,65	
BV2	59,14	2312,142	36142,98	32592,22	36763,46	29682,12	29506,51	28255,75	43063,98	38833,29
	38,54	2117,909	29179,38		26020,02		23821,55		34766,92	
	47,68	2304,364	32454,31		32845,04		26495,15		38668,97	
BV3	44,15	2211,125	31230,99	31919,42	29708,2	29909,76	25496,45	26058,47	37211,39	38031,65
	47,16	2358,462	32276,42		34037,34		26349,92		38457,01	
	47,09	2238,254	32250,86		31244,67		26329,05		38426,55	

Dari hasil perhitungan pada Tabel 5.20 menunjukan hasil sebagai berikut. Pada SNI-2847-2019 dengan berdasarkan berat volume, nilai modulus elastisitas paling tinggi ada pada variasi BV1 dengan 36455,51 MPa dan untuk nilai modulus terendah berada pada variasi BV2 dengan 29682,12 MPa. sedangkan nilai modulus elastisitas beton berdasarkan kuat tekan menggunakan persamaan pada SNI-2847-2019, FHWA (2000), dan NBR-6118 (2003) nilai tertinggi berada pada variasi BV1 dengan 41309,1 MPa. Sedangkan untuk nilai modulus terendah berdasarkan kuat tekan berada pada beton kontrol BK dengan nilai sebesar 26034,5 MPa. grafik perbandingan hasil modulus elastisitas berdasarkan hasil uji di lab dan perhitungan teori dapat dilihat pada Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Grafik Perbandingan Hasil Modulus Elastisitas

Hasil grafik pada Gambar 5.17 diperoleh nilai optimum pengujian modulus elastisitas berada pada variasi sampel BV1 dimana hasil ini berbanding lurus dengan nilai kuat desak pada beton SCC. Hasil perhitungan modulus elastisitas menggunakan metode ASTM C-469-94 terdapat perbedaan dengan metode SNI-2847-2019, FHWA (2000), dan NBR-6118 (2003).

Perbedaan pada metode ASTM C-469-94 dikarenakan metode ini menggunakan data pengujian langsung. Sedangkan pada metode SNI-2847-2019, FHWA (2000), dan NBR-6118 (2003) menggunakan data kuat desak dan berat

volume. Pada pengujian modulus elastisitas beton hanya di lakukan pada sampel BK, BV1, BV2, dan BV3 saja karena, pada usia beton 28 hari sampel beton BV4, BV5, dan BV6 tidak menyentuh 42 MPa.

5.6.6 Pengujian penyerapan air pada beton

Perhitungan pengujian penyerapan air pada beton dilakukan untuk mengetahui perbandingan berat sampel dalam keadaan kering oven dengan berat sampel yang sudah terendam air. Pengujian penyerapan air merupakan suatu proses masuknya air ke dalam sampel beton SCC melalui pori pada beton. Semakin banyak pori pada permukaan beton maka penyerapan air akan semakin besar. Contoh perhitungan pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Persamaan 3.32.

Sampel uji BV1 berat kering oven (a) = 7212

Sampel uji BV1 berat setelah direndam (b) = 7295

$$\text{Absorpsi} = \frac{7295-7212}{7212} \times 100\% = \quad 1{,}511\%$$

Hasil perhitungan diperoleh hasil penyerpaan air variasi BV1 adalah 1,511%. Hasil pengujian variasi lain dapat dilihat pada Tabel 5.21 dan Gambar pengujian penyerapan air dapat dilihat pada Gambar 5.18.



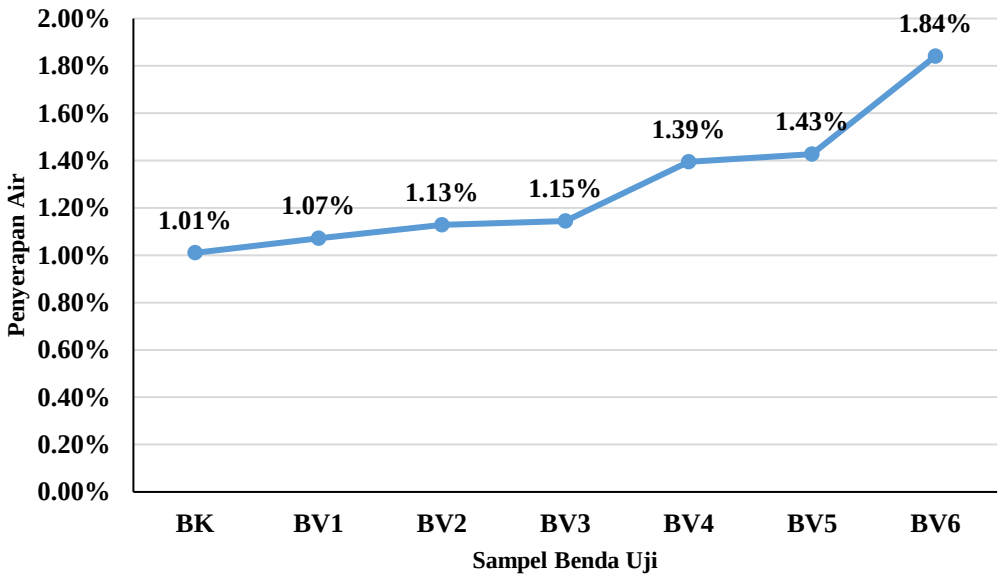
Gambar 5. 18 Pengujian Penyerapan Air

Tabel 5.21 Rekapitulasi Hasil Pengujian Penyerapan Air

Kode sampel	Kandungan serbuk kaca (%)	Berat setelah direndam (kg)	Berat kering oven (kg)	Penyerapan air (%)	Penyerapan air rerata (%)
BK	0	7043	6967	1,091	1,009
		7022	6955	0,963	
		7086	6999	1,243	
BV1	2,5	7127	7058	0,978	1,072
		7295	7212	1,151	
		7437	7357	1,087	
BV2	5	7924	7814	1,408	1,128
		7587	7510	1,025	
		7756	7683	0,950	
BV3	7,5	6865	6819	0,675	1,145
		7149	7081	0,960	
		6734	6615	1,799	
BV4	10	7028	6934	1,356	1,394
		6933	6818	1,687	
		7102	7022	1,139	
BV5	12,5	7084	7028	0,797	1,427
		6882	6755	1,880	
		7031	6920	1,604	
BV6	15	6854	6777	1,136	1,841
		6871	6677	2,905	
		6852	6752	1,481	

Dari hasil tabel diatas, nilai penyerapan air paling besar terdapat pada variasi BV6 dengan 1,841%. Hasil penyerapan air paling kecil terdapat pada variasi

BV1 sebesar 1,072%. Pada beton kontrol nilai penyerapan air sebesar 1,009%. Grafik rata-rata penyerapan air dapat dilihat pada Gambar 5.19.



Gambar 5.19 Grafik Rata-Rata Penyerapan Air

Dari Gambar 5.19 diatas kenaikan nilai penyerapan air dari BK hingga BV3 masih cenderung konstan. Namun pada BV3 hingga BV6 terjadi kenaikan yang ekstrim. Kenaikan ekstrim dapat terjadi dikarenakan pada variasi BV4, BV5, dan BV6 terdapat pori pada permukaan beton dan juga dapat dikarenakan banyaknya kandungan serbuk kaca pada beton. Kandungan serbuk kaca pada variasi BV4, BV5, dan BV6 tersebut sebanyak 10%, 12,5%, dan 15%. Pengujian penyerapan air pada beton SCC dengan kandungan serbuk kaca dapat disimpulkan, semakin besar volume serbuk kaca pada beton maka penyerapan air juga akan semakin tinggi. Penyerapan air yang tinggi berdampak pada pelemahan kekuatan pada beton (Wibowo, dkk. 2021).

5.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil seluruh pengujian yang sudah dilakukan pada saat pembuatan sampel beton hingga pengujian beton. didapatkan data berupa hasil uji *slump flow*, uji *v-funnel*, kuat desak, kuat tarik belah, modulus elastisitas, dan

penyerapan air. Hasil rekapitulasi dari seluruh pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Pengujian

Kode Benda Uji	Presentase Serbuk Kaca	*Slump Flow*		*V-funnel*	Kuat desak	Kuat Tarik Belah	Modulus elastisitas (MPa)					Penyerapan air
		T50	Diamter									
	(%)	(detik)	(cm)	(detik)	(MPa)	(MPa)	ASTM C-469-94	SNI-2847-2019 ($Wc^{1,5}\times 0{,}043\times\sqrt{f'c}$)	SNI-2847-2019 ($4700\sqrt{f'c}$)	FHWA (2000) ($3837\sqrt{f'c}$)	NBR-6118 ($5600\sqrt{f'c}$)	(%)
BK	0%	4,61	65	11,41	47,95	4,004	30854,29	31039,46	31890,06	26034,5	37996,67	1,009
BV1	2,5%	3,97	66	11,91	55,53	5,216	36455,51	36455,51	36455,51	28304,11	41309,1	1,072
BV2	5%	3,42	67,5	11,59	48,9	4,109	29682,12	29682,12	29682,12	28255,75	38833,29	1,128
BV3	7,5%	3,74	69,5	10,36	46,4	3,809	29909,79	29909,76	29909,76	26058,47	38031,65	1,145
BV4	10%	4,71	67	11,89	36,97	2,961	Tidak mencapai 42 MPa	Tidak mencapai 42 MPa	Tidak mencapai 42 MPa	Tidak mencapai 42 MPa	Tidak mencapai 42 MPa	1,394
BV5	12,5%	4,26	73,5	10,82	35,7	2,987	Tidak mencapai 42 MPa	Tidak mencapai 42 MPa	Tidak mencapai 42 MPa	Tidak mencapai 42 MPa	Tidak mencapai 42 MPa	1,427
BV6	15%	3,87	77	8,74	31,5	2,524	Tidak mencapai 42 MPa	Tidak mencapai 42 MPa	Tidak mencapai 42 MPa	Tidak mencapai 42 MPa	Tidak mencapai 42 MPa	1,841

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilaksanakan, didapatkan hasil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengaruh penggunaan bahan-tambah *viscorete* 1003, *silica fume*, dan serbuk kaca pada pengujian kuat desak, nilai optimum berada pada variasi BV1 sebesar 55,53 MPa (kandungan serbuk kaca 2,5%) pada usia 28 hari. Sedangkan nilai kuat desak paling rendah berada pada variasi BV6 (kandungan serbuk kaca 15%). Nilai pengujian tarik belah optimum berada pada variasi BV1 dengan rata rata 5,216 MPa. sedangkan nilai minimum berada pada variasi BV6 sebesar 2,524 MPa. Hasil dari pengujian modulus elatitistas pada beton SCC terjadi perbedaan karena menggunakan 2 cara perhitungan. Perhitungan pertama menggunakan ASTM -C469-94 dengan hasil berdasarkan pengujian di laboratorium. Perhitungan kedua dilakukan dengan metode SNI-2847-2019, FHWA (2000), dan NBR-6118 (2003) berdasarkan data kuat desak dan berat volume pada sampel pengujian.
2. Hasil dari pengujian pengaruh penambahan *sika viscorete*, *silica fume* dan serbuk kaca, diperoleh kadar campuran optimum presentase *viscocrate* 1003 yang digunakan sebesar 1%, *silicafume* 10% dari berat semen, dan serbuk kaca sebagai *filler* sebesar 2,5% dari berat bahan berdasar semen.
3. Hasil pengujian penyerapan air pada beton SCC nilai BK (beton kontrol) memiliki daya serap sebesar 1,01%. Sedangkan untuk beton variasi tambahan serbuk kaca, nilai penyerapan paling besar berada pada BV6 sebesar 1,841% (kandungan serbuk kaca 15%). Nilai presentase penyerapan air paling rendah untuk beton variasi berada pada BV1 sebesar 1,072%. Pengaruh penyerapan air pada beton SCC terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas adalah semakin tinggi penyerapan air maka hasil

pada pengujian kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas akan semakin rendah.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian yang sudah dilakukan, terdapat saran untuk penelitian lebih lanjut berkaitan dengan bagaimana pengaruh *superplasticsizer, silica fume,* dan variasi serbuk kaca pada beton SCC mutu tinggi.

1. Perlu dicoba dengan mengurangi presentase *superplasticsizer viscocrate* 1003 dibawah 1%.
2. Perlu dilakukan pengujian kandungan pada serbuk kaca yang akan digunakan untuk penelitian mendatang.
3. Perlu dilakukan penelitian berkaitan dengan angka konversi untuk beton mutu tinggi dengan bahan-tambah.
4. Pada penelitian yang akan datang, dapat mengurangi kadar serbuk kaca, berkisar 1%-3%.

DAFTAR PUSTAKA

Administration F H. Material Property Characterization of Ultra High Performance Concrete, in FHWA Highway Research Center: McLean, 2000, VA.

ASTM C33. (2003). Standard Specification for Concrete Aggregates. *American Society for Testing and Material.*

ASTM C469. (1994). Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. *American Society for Testing and Material.*

Ananda, Bagus Budi Hartanto. 2021. *Pengaruh Penggunaan Batu Kapur dan Sika Fume Sebagai Filler Pada Beton SCC* Tugas Akhir. Program Sarjana Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (1989) SK SNI S-04-1989-F. Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam). *Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB.*

Badan Standardisasi Nasional. (1990) SNI 03–1750–1990. *Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Lapangan.*

Badan Standarisasi Nasional. (1990) SNI 1968-1990. *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan. Agregat Halus Dan Kasar.*

Badan Standardisasi Nasional. (1996) SNI 4142-1996. *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200.*

Badan Standarisasi Nasional. (1998) SNI 03-4806-1998. *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat.*

Badan Standarisasi Nasional. (2000) SNI 03-6468-2000. *Tata Cara perencanaan Campuran Tinggi dengan Semen Portland dengan Abu Terbang.*

Badan Standarisasi Nasional. (2000) SNI 03-2834. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.*

Badan Standarisasi Nasional. (2008) SNI 1969-2008. *Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.*

Badan Standarisasi Nasional. (2008) SNI 1970-2008. *Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.*

Badan Standarisasi Nasional. (2015) SNI 2049-2015. *Semen Portland.*

Badan Standarisasi Nasional. (2019) SNI 03-2847. 2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasanya.*

EFNARC, 2002, *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete*, February 2002, United Kingdom.

EFNARC. 2005. *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete*. U.K.

Nuruddin, I., Teguh, M., & Saputra, E. (2023). Karakteristik Optimum Beton Mutu Tinggi dengan Penambahan Serbuk Kaca.

Kisna, Hafizh Jamaaluddin. 2022. *Pengaruh Variasi Komposisi Serbuk Kaca Sebagai subtitusi Parsial Agregat Halus dan Silica Fume Sebagai Subtitusi Parsial Semen pada Campuran Beton Normal*. Tugas Akhir. Program Sarjana Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Kosmatka, S. H. et al. 2002. *Design and Control of Concrete Mixtures*. 14th ed. Portland Cement Association. Illinois.

Lianasari, A. E., & Sarira, M. K. (2019). Kajian Penggunaan Lumpur Sidoarjo Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Self Compacting Concrete. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, *23*(1).

Nawy, E. G., 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Penerbit Erlangga. Jakarta.

NBR-6118, *Design of concrete structures. Brazilian association of technical standards, 2003, Rio de Janeiro.*

Nevile, A. M., dan Brooks, M. M. 1987. *Concrete Technology*. 2nd ed. Pearson. Essex.

Okamura, H., Ouchi, M., 2003, Self-Compacting Concrete, *Journal of Advanced Concrete Technology*, Volume 1: 5-15, April, 2003. Number 1.

Omar, Saddam Bhamakerti. 2021. *Pengaruh Pemanfataan Bahan Tambahan Limbah Asbes, Silica Fume, dan Superplasticizer terhadap Kuat Lentur Balok Beton Self Compacting Concrete (SCC) Bertulang* Tugas Akhir. Program Sarjana Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Pamungkas, D. (2024). Pengaruh Variasi Bahan Tambah *Sika Fume* dan *Superplasticizer* (*Viscocrete* 3115n) Pada Beton SCC dengan Mutu K-600. [Tugas Akhir]. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Product Data Sheet Sika Viscocrete-1003. 2018. PT. Sika Indonesia. Bekasi

Setiahutama, Haris Ihsan. 2022. *Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Subtitusi Parsial Semen Terhadap Beton Normal* Tugas Akhir. Program Sarjana Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Sugiharto, H. dan Kusuma, G.H., (2001), *Penggunaan Fly Ash dan Viscocrete pada Self Compacting Concrete,* Dimensi Teknik Sipil, Vol.3, No.1, Universitas Kristen Petra, Surabaya.

Technical Data Sheet SikaFume. 2005. PT. Sika Indonesia. Bekasi.

Wibowo, A. P., Lianasari, A. E., & Kurniawan, T. A. (2021). *The Strength and Water Absorption of Heated Expanded Polystyrene Beads Lightweight-Concrete*. *GEOMATE Journal*, *21*(83), 150-156.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Izin Penggunaan Laboratorium

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

Nomor : 160/Sek. Prodi PSTS/20/TA/IX/2023
Hal : **Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium**

Kepada Yth:
KEPALA LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA	:	**ACHMAD PUSPA AGUNG** (081 247 106 180)
NIM	:	**19511002**
JUDUL TUGAS AKHIR	:	**PENGARUH PENAMBAHAN SIKA VISCOCRETE 1003, SERBUK KACA, DAN SILICA FUME PADA SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)**
DOSEN PEMBIMBING	:	**PROF. IR. MOCHAMAD TEGUH, MSCE, PH.D**

Sehubungan dengan Penelitian yang akan dilakukan untuk menyusun Tugas Akhir, maka melalui surat ini saya bermaksud mengajukan permohonan izin peminjamaan peralatan beserta fasilitas di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia guna mendukung penyelesaian penyusunan Laporan Tugas Akhir.

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 1 September 2023

Sekretaris Program Teknik Sipil – Program Sarjana,

DINIA ANGGRAHENI, S.T., M. ENG

Pemohon

ACHMAD PUSPA AGUNG
NIM. 19511002

Lampiran 2. Hasil Pemeriksaan Agregat

Lampiran 2.1 Pemeriksaan Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir Agregat Halus

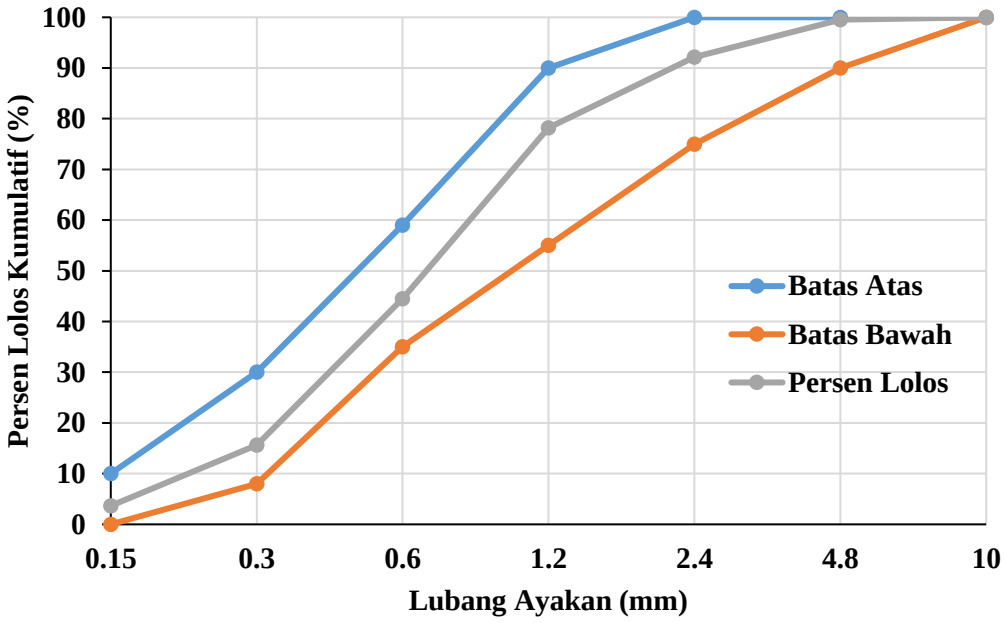
Asal Pasir	Clereng, Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Lampiran 2.1.1 Tabel Pemeriksaan Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir Agregat Halus Sampel 1

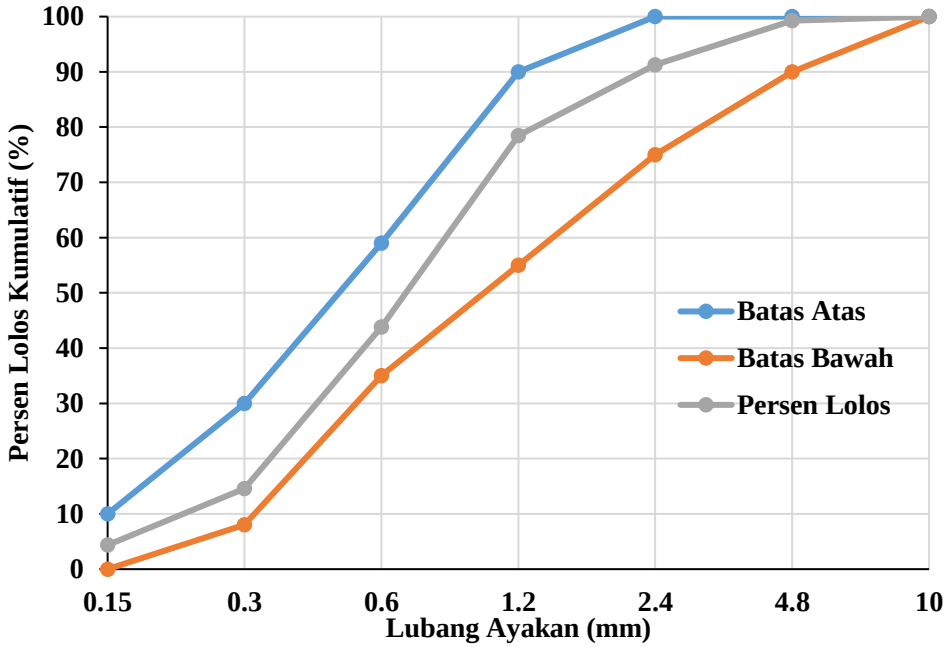
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	0	0	0	100
4,8	9	0,45	0,45	99,55
2,4	148	7,41	7,86	92,14
1,2	278	13,92	21,78	78,22
0,6	673	33,7	55,48	44,52
0,30	577	28,89	84,38	15,62
0,15	239	11,97	96,34	3,66
Sisa	73	3,655	100	0
Jumlah	1997	100	266.299	
MHB				2,663

Lampiran 2.1.2 Tabel Pemeriksaan Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir Agregat Halus Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	0	0	0	100
4,8	15	0,75	0,75	99,25
2,4	159	7,97	8,72	91,28
1,2	256	12,83	21,54	78,46
0,6	691	34,62	56,16	43,84
0,30	584	29,26	85,42	14,58
0,15	204	10,22	95,64	4,36
Sisa	87	4,359	100	0
Jumlah	1996	100	268,236	
MHB				2.68



Lampiran 2.1.3 Gambar Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 1



Lampiran 2.1.4 Gambar Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 2

Lampiran 2.2 Pemeriksaan Uji Lolos Saringan No.200

Asal Pasir	Clereng, Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Lampiran 2.2.1 Tabel Pemeriksaan Uji Lolos Saringan No.200

Uraian	**Hasil Pemeriksaan**	
	Sampel 1	**Sampel 2**
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500
Berat agregat kering oven setela dicuci (W2), gram	497	492
Berat yang lolos saringan no. 200 (%)	0,6	1,6
Rata – rata presentase lolos saringan N0.200 (%)	1,1	

Lampiran 2.3 Tabel Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Asal Pasir	Clereng, Kulon Progo		
Keperluan	Tugas Akhir S1		
Jumlah Sampel	2		
Uraian	**Hasil**		**Rerata**
	Sampel 1	**Sampel 2**	
Berat pasir kering mutlak (Bk), gram	489	488	
Berat pasir jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	
Berat piknometer berisi pasir dan air (Bt), gram	1023	1044	
Berat piknometer berisi air (B), gram	710	732	
Berat jenis curah Bk/(B+500-Bt)	2,61	2,0	2,61
Berat jenis kering muka (SSD) 500/(b+500-Bt)	2,67	2,66	2,67
Berat jenis semu Bk/(B+Bk-Bt)	2,78	2,77	2,78
Penyerapan air (%) (500-Bk)/Bk*100%	2,25	2,46	2,35

Lampiran 2.4 Pemeriksaan Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Halus

Asal Pasir	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Lampiran 2.4.1 Tabel Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	**Hasil**	
	Sampel 1	**Sampel 2**
Berat tabung (W1), gram	10958	10958
Berat tabung + agregat kering tungku (W2), gram	18526	18361
Berat agregat (W3), gram	7568	7403
Volume tabung (V), cm^3	5271,09	5271,09
Berat volume gembur, $gram/cm^3$	1,44	1,40

Lampiran 2.4.2 Tabel Berat Volume Padat Agregat Halus

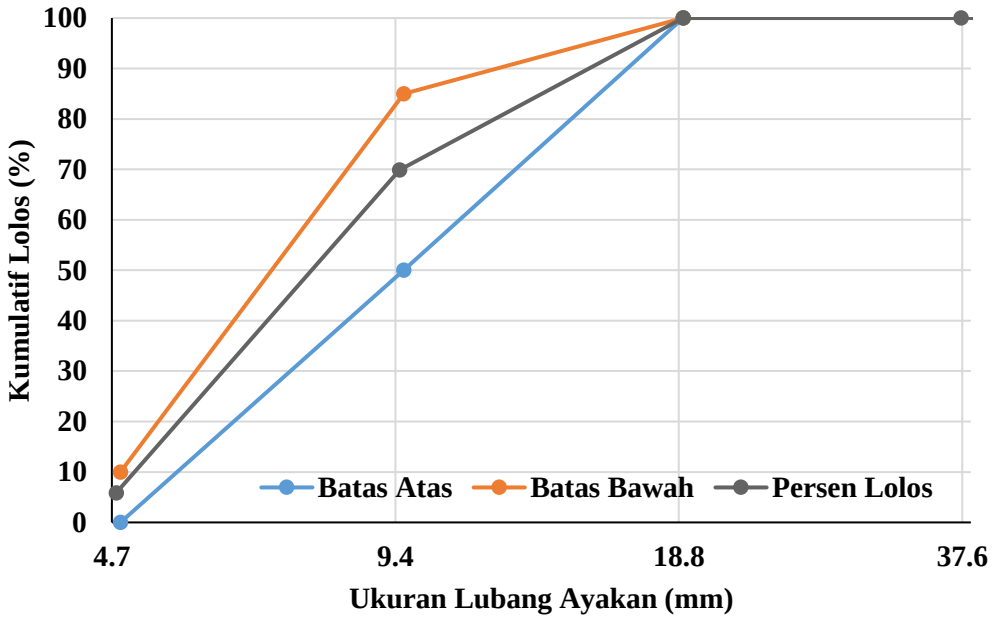
Uraian	**Hasil**	
	Sampel 1	**Sampel 2**
Berat tabung (W1), gram	10958	10958
Berat tabung + agregat kering tungku (W2), gram	19899	19754
Berat agregat (W3), gram	8941	8796
Volume tabung (V), cm^3	5271,09	5271,09
Berat volume padat, $gram/cm^3$	1,70	1,67

Lampiran 2.5 Pemeriksaan Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir Agregat Kasar

Asal Pasir	Clereng, Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Lampiran 2.5.1 Tabel Pemeriksaan Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir Agregat Kasar Sampel 1

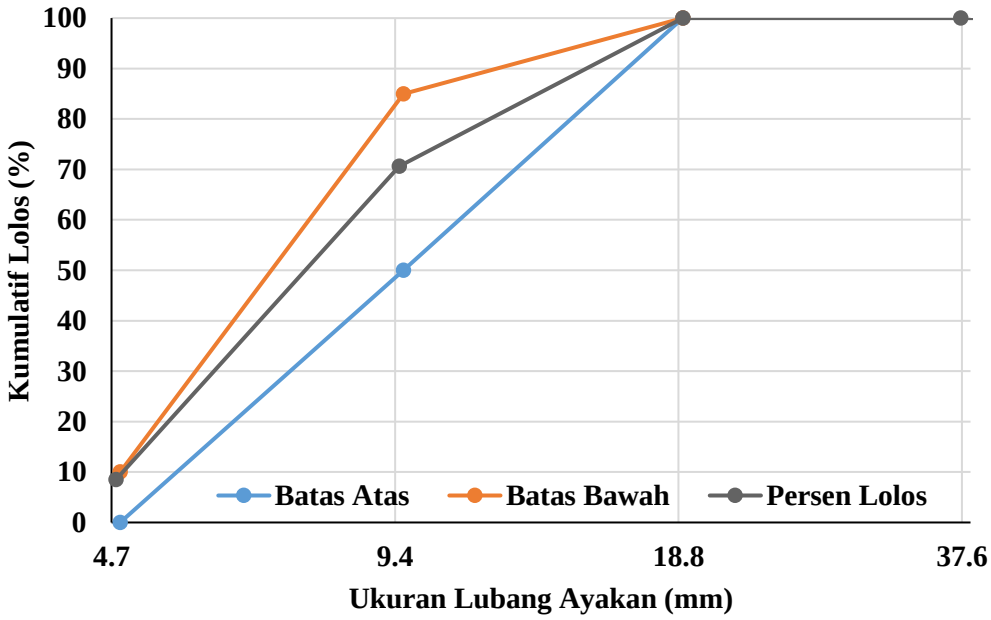
Lubang Ayakan (mm)	**Berat Tertinggal (gram)**	**Berat Tertinggal (%)**	**Berat Tertinggal Kumulatif (%)**	**Persen Lolos Kumulatif (%)**
40		0	0	100
20		0	0	100
10	1507	30,15	30,15	69,85
4,8	3200	64,01	94,16	5,84
2,4	121	2,42	96,58	3,42
1,2	66	1,32	97,90	2,10
0,6	0	0	97,90	2,10
0,30	0	0	97,90	2,10
0,15	0	0	97,90	2,10
Sisa	105	2,10	100	0
Jumlah	4999	100	612,48	287,52
MHB				6,124



Lampiran 2.5.2 Gambar Grafik Gradasi 10 mm Agregat Kasar Sampel 1

Lampiran 2.5.3 Tabel Pemeriksaan Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir Agregat Kasar Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0	0	100
20		0	0	100
10	1467	29,38	29,39	70,64
4,8	3107	62,16	91,56	8,47
2,4	354	7,1	98,62	1,38
1,2	0	0	98,62	1,38
0,6	0	0	98,62	1,38
0,30	0	0	98,62	1,38
0,15	0	0	98,62	1,38
Sisa	69	1,34	100	0
Jumlah	4997	100	613,99	286,01
MHB				6,14



Lampiran 2.5.4 Gambar Grafik Gradasi 10 mm Agregat Kasar Sampel 2

Lampiran 2.6 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Asal Pasir	Clereng, Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Lampiran 2.6.1 Tabel Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat kasar

Uraian	**Hasil**		**Rerata**
	Sampel 1	**Sampel 2**	
Berat kerikil kering mutlak (A), gram	4822	4838	
Berat kerikil jenuh kering muka (SSD)(B), gram	5000	5000	
Berat kerikil dalam air (C), gram	3126	3112	
Berat jenis curah A/(B-C)	2,57	2,56	2,57
Berat jenis kering muka (SSD) B/(B-C)	2,67	2,65	2,66
Berat jenis semu A/(A-C)	2,84	2,80	2,82
Penyerapan air (%) (B-A)/A*100%	3,69	3,35	3,52

Lampiran 2.7 Pemeriksaan Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Kasar

Asal Pasir	Clereng, Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Lampiran 2.7.1 Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	**Hasil**	
	Sampel 1	**Sampel 2**
Berat tabung (W1), gram	10958	10958
Berat tabung + agregat kering tungku (W2), gram	17324	17519
Berat agregat (W3), gram	6366	6561
Volume tabung (V), cm^3	5271,09	5271,09
Berat volume gembur, $gram/cm^3$	1,21	1,24

Lampiran 2.7.2 Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	**Hasil**	
	Sampel 1	**Sampel 2**
Berat tabung (W1), gram	10958	10958
Berat tabung + agregat kering tungku (W2), gram	18174	17895
Berat agregat (W3), gram	7216	6937
Volume tabung (V), cm^3	5271,09	5271,09
Berat volume padat, $gram/cm^3$	1,37	1,32

Lampiran 3. Hasil Pengujian Desak

Lampiran 3.1 1 Tabel Hasil Pengujian Desak Usia Beton 7 hari

Kode Sampel		Umur Beton (Hari)	Diameter (mm)	Luas Tampang (mm2)	Tinggi (mm)	Berat Benda Uji (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Tekan Rerata (MPa)
BK	1-1	7	149,2	17483	303,5	11,073	464,7	26,3	26,467
BK	1-2	7	151,5	18027	299,6	12,106	411,7	23,3	
BK	1-3	7	153,6	18530	301,7	11,59	526,8	29,8	
BV1	1-1	7	152,5	18265	301,3	11,63	717,2	40,5	43,067
BV1	1-2	7	151,2	17955	303,3	12,08	861,9	48,7	
BV1	1-3	7	151,3	17979	305,8	11,927	707,3	40	
BV2	1-1	7	152	18146	307,6	12,49	505	28,5	27,233
BV2	1-2	7	151,2	17955	303,9	12,483	463,3	26,2	
BV2	1-3	7	152,4	18241	305,1	12,345	478,7	27	
BV3	1-1	7	150	17671	301,4	11,314	359,7	20,3	24,533
BV3	1-2	7	150	17671	305	11,445	457,8	25,9	
BV3	1-3	7	151	17908	307,3	11,675	485,4	27,4	
BV4	1-1	7	152,2	18194	303,2	12,012	406,5	23	23,267
BV4	1-2	7	150,3	17742	302,3	11,419	425,3	24	
BV4	1-3	7	152,9	18361	304,2	11,468	404,1	22,8	
BV5	1-1	7	150,4	17766	306,2	11,387	534,71	30,259	27,685
BV5	1-2	7	151,3	17979	306,3	11,161	492,92	26,592	
BV5	1-3	7	149,4	17530	304,4	11,464	463,06	26,204	
BV6	1-1	7	150	17671	299,7	10,328	512,74	29,015	26,467
BV6	1-2	7	150,8	17860	304,8	10,451	464,84	26,305	
BV6	1-3	7	151,1	17932	303	10,385	425,55	24,081	

Lampiran 3.12 Tabel Hasil Pengujian Desak Usia Beton 14 hari

Kode Sampel		Umur Beton (Hari)	Diameter (mm)	Luas Tampa-ng (mm2)	Tinggi (mm)	Berat Benda Uji (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Tekan Rerata (MPa)
BK	1-1	14	151,4	18003	301,8	11,195	615,9	34,8	36
BK	1-2	14	154,9	18845	301,6	11,866	730	41,3	
BK	1-3	14	153	18385	301,1	12,602	565,4	31,9	
BV1	1-1	14	150,7	17837	302,9	12,361	884,9	50	45,367
BV1	1-2	14	153,3	18458	304	12,365	973,5	55	
BV1	1-3	14	150,2	17719	300,5	11,475	551,2	31,1	
BV2	1-1	14	151,4	18003	301,4	12,301	553,7	31,3	33,867
BV2	1-2	14	150	17671	303	12,578	612,2	34,6	
BV2	1-3	14	153	18385	301,1	12,602	565,4	35,7	
BV3	1-1	14	150,8	17860	305,7	11,656	542,9	30,7	30,033
BV3	1-2	14	152,7	18313	301,4	12,302	526	29,7	
BV3	1-3	14	153	18385	304	11,044	526,5	29,7	
BV4	1-1	14	153,6	18530	301,7	11,59	437,3	24,7	27,66
BV4	1-2	14	153,8	18578	302,4	11,525	589,9	33,3	
BV4	1-3	14	150	17671	303,6	11,396	442,2	25	
BV5	1-1	14	152,5	18265	303,8	11,685	505,6	28,6	26,467
BV5	1-2	14	152,5	18265	302,4	11,268	514,9	29,1	
BV5	1-3	14	150,9	17884	305,2	11,28	384,4	21,7	
BV6	1-1	14	150	17671	301,2	10,309	297,8	16,8	19
BV6	1-2	14	152,4	18241	302	10,62	368	20,8	
BV6	1-3	14	150	17671	305,6	10,525	343,1	19,4	

Lampiran 3.13 Tabel Hasil Pengujian Desak Usia Beton 21 hari

Kode Sampel		Umur Beton (Hari)	Diameter (mm)	Luas Tampang (mm2)	Tinggi (mm)	Berat Benda Uji (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Tekan Rerata (MPa
BK	1-1	21	150	17671	309,5	11,491	775,6	43,8	41,9
BK	1-2	21	150,4	17766	306	11,659	597,7	33,8	
BK	1-3	21	152,5	18265	305,5	11,662	850,4	48,1	
BV1	1-1	21	152,5	18265	303,6	12,303	876,7	49,6	50,8
BV1	1-2	21	152,5	18265	303,7	12,63	1190,9	67,3	
BV1	1-3	21	151,5	18027	302,8	11,688	628,7	35.5	
BV2	1-1	21	151,1	17932	301,3	12,383	565,2	31,9	44,467
BV2	1-2	21	151,4	18003	305,6	12,279	893,7	50,5	
BV2	1-3	21	153,7	18554	304,7	12,446	902	51	
BV3	1-1	21	152,5	18265	301,6	11,866	731,5	41,3	42,267
BV3	1-2	21	151,9	18122	304,9	11,828	718,6	40,6	
BV3	1-3	21	153,7	18554	299,4	12,368	793,6	44,9	
BV4	1-1	21	153	18385	302	11,73	665,7	37,6	31,733
BV4	1-2	21	151	17908	302	12,111	520	29,4	
BV4	1-3	21	154	18627	304	11,428	499,9	28,2	
BV5	1-1	21	150	17671	302,9	11,407	470,6	26,6	29,133
BV5	1-2	21	150,4	17766	304	11,58	407,88	27,9	
BV5	1-3	21	152,7	18313	307,1	11,25	582,8	32,9	
BV6	1-1	21	151	17908	304	10,262	345,2	19,5	24,2
BV6	1-2	21	154	18627	301	10,221	467,1	26,4	
BV6	1-3	21	153	18385	302	10,535	472,7	26,7	

Lampiran 3.14 Tabel HasilPengujian Desak Usia Beton 28 hari

Kode Sampel		Umur Beton (Hari)	Diameter (mm)	Luas Tampang (mm2)	Tinggi (mm)	Berat Benda Uji (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Tekan Rerata
BK	1-1	28	150,2	17719	307,7	12,725	1037,5	58,7	47,95
BK	1-2	28	150,4	17766	303	11,912	657,7	37,2	
BK	1-3	28	150	17671	303	11,603	774,6	43,8	
BV1	1-1	28	149,9	17648	301	12,211	605,7	34,2	55,533
BV1	1-2	28	150,1	17695	301	12,336	1154,6	65,3	
BV1	1-3	28	150	17671	302,5	12,506	1186,4	67,1	
BV2	1-1	28	151	17908	303,8	12,576	1059	59,9	48,9
BV2	1-2	28	150,7	17837	302,7	11,435	687,5	38.9	
BV2	1-3	28	150,4	17766	301,4	12,339	847,1	47,9	
BV3	1-1	28	150,3	17742	301,4	11,824	783,4	44,3	46,4
BV3	1-2	28	150,1	17695	300	12,573	834,5	47,2	
BV3	1-3	28	151	17908	303,6	12,169	843,2	47,7	
BV4	1-1	28	150	17671	303	11,344	571,1	32,3	36,967
BV4	1-2	28	153	18385	309,7	11,524	775	43,8	
BV4	1-3	28	150,2	17719	301	11,787	615,1	34,8	
BV5	1-1	28	152	18146	302	12,099	321,1	18	35,7
BV5	1-2	28	154	18627	304	11,547	779,2	44	
BV5	1-3	28	153	18385	303	11,912	657,7	45,1	
BV6	1-1	28	153	18385	302	10,448	568,1	32,1	31,5
BV6	1-2	28	151	17908	298	10,469	530,1	29,9	
BV6	1-3	28	154	18627	301	10,422	575,8	32,5	

Lampiran 4. Tabel Hasil Pengujian Tarik Belah

Kode Sampel		Umur Beton (Hari)	Diameter (mm)	Luas Selimut silinder (mm2)	Tinggi (mm)	Berat Benda Uji (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rerata
BK	1-1	28	151.5	145069.95	304.8	11382	281000	3.87	4.004
BK	1-2	28	152.7	147322.38	307.1	11182	319000	4.33	
BK	1-3	28	151.3	143880.26	302.7	11616	274000	3.81	
BV1	1-1	28	154	147270.32	304.4	12202	363000	4.93	5.216
BV1	1-2	28	150	144199.10	306	12562	376000	5.22	
BV1	1-3	28	150.1	143163.51	303.6	12464	394000	5.50	
BV2	1-1	28	153	145160.43	302	11902	318000	4.38	4.109
BV2	1-2	28	151	143073.16	301.6	12063	284000	3.97	
BV2	1-3	28	153	144872.03	301.4	11905	288000	3.98	
BV3	1-1	28	152.4	145069.95	303	11094	287000	3.96	3.809
BV3	1-2	28	151	144686.05	305	11595	317000	4.38	
BV3	1-3	28	156	148986.89	304	12017	230000	3.09	
BV4	1-1	28	150.2	142032.03	301	11797	287000	4.04	2.961
BV4	1-2	28	155.2	147150.19	301.8	11240	192000	2.61	
BV4	1-3	28	154.5	146971.87	302.8	11296	164000	2.23	
BV5	1-1	28	151	142788.53	301	11365	265000	3.71	2.897
BV5	1-2	28	154	146593.00	303	11454	185000	2.52	
BV5	1-3	28	152	141824.06	297	10907	174000	2.45	
BV6	1-1	28	153	144679.77	301	10740	207000	2.86	2.524
BV6	1-2	28	151	141365.39	298	10928	163000	2.31	
BV6	1-3	28	152	144689.19	303	10482	174000	2.41	

Lampiran 5. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Lampiran 5.1 Pengujian Modulus Elastisitas BK1

Variasi	Beton Kontrol
Jumlah Sampel	3
Benda Uji	BK1

Uraian	Silinder	
Diameter	150.2	mm
Tinggi	307.3	mm
Luas	17718.61	mm^2
Berat	12725	gr
Berat Volume	2.3370	gr/cm3
	2337.036	kg/m3
Lo	200	mm

Lampiran 5.2.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BK1

Beban		Pembacaan dial	ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)	Regangan	Tegangan (P/A)
kN	N	x10-^{3}	mm	(ΔL/Lo)	(MPa)
10	10000	5	0,0025	0,0000125	0,5644
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1288
30	30000	20	0,01	0,00005	1,6931
40	40000	25	0,0125	0,0000625	2,2575
50	50000	30	0,015	0,000075	2,8219
60	60000	40	0,02	0,0001	3,3863
70	70000	45	0,0225	0,0001125	3,9506
80	80000	53	0,0265	0,0001325	4,5150
90	90000	60	0,03	0,00015	5,0794
100	100000	68	0,034	0,00017	5,6438
110	110000	75	0,0375	0,0001875	6,2082
120	120000	80	0,04	0,0002	6,7725
130	130000	90	0,045	0,000225	7,3369
140	140000	98	0,049	0,000245	7,9013
150	150000	103	0,0515	0,0002575	8,4657
160	160000	110	0,055	0,000275	9,0301
170	170000	115	0,0575	0,0002875	9,5944
180	180000	120	0,06	0,0003	10,1588

Lanjutan Lampiran 5.3.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BK1

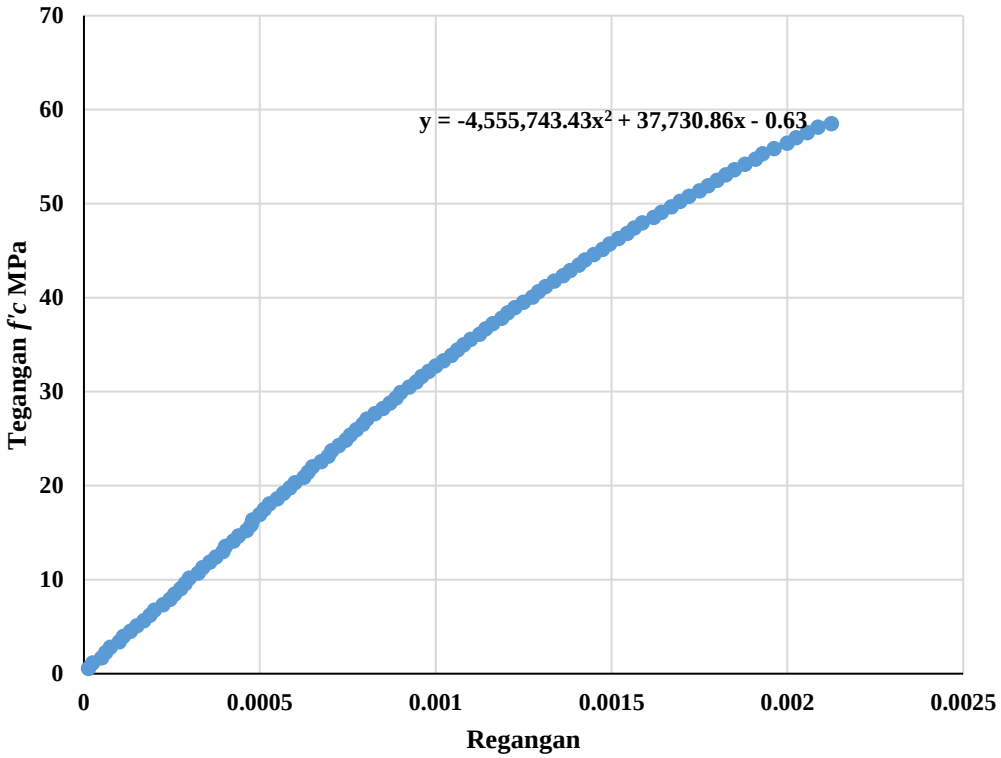
190	190000	130	0,065	0,000325	10,7232
200	200000	135	0,0675	0,0003375	11,2876
210	210000	143	0,0715	0,0003575	11,8519
220	220000	150	0,075	0,000375	12,4163
230	230000	158	0,079	0,000395	12,9807
240	240000	161	0,0805	0,0004025	13,5451
250	250000	170	0,085	0,000425	14,1095
260	260000	176	0,088	0,00044	14,6738
270	270000	185	0,0925	0,0004625	15,2382
280	280000	190	0,095	0,000475	15,8026
290	290000	192	0,096	0,00048	16,3670
300	300000	200	0,1	0,0005	16,9313
310	310000	205	0,1025	0,0005125	17,4957
320	320000	211	0,1055	0,0005275	18,0601
330	330000	220	0,11	0,00055	18,6245
340	340000	227	0,1135	0,0005675	19,1889
350	350000	234	0,117	0,000585	19,7532
360	360000	240	0,12	0,0006	20,3176
370	370000	250	0,125	0,000625	20,8820
380	380000	255	0,1275	0,0006375	21,4464
390	390000	260	0,13	0,00065	22,0108
400	400000	270	0,135	0,000675	22,5751
410	410000	278	0,139	0,000695	23,1395
420	420000	282	0,141	0,000705	23,7039
430	430000	290	0,145	0,000725	24,2683
440	440000	298	0,149	0,000745	24,8326
450	450000	303	0,1515	0,0007575	25,3970
460	460000	310	0,155	0,000775	25,9614
470	470000	317	0,1585	0,0007925	26,5258
480	480000	322	0,161	0,000805	27,0902
490	490000	331	0,1655	0,0008275	27,6545
500	500000	340	0,17	0,00085	28,2189
510	510000	348	0,174	0,00087	28,7833
520	520000	355	0,1775	0,0008875	29,3477
530	530000	360	0,18	0,0009	29,9120
540	540000	370	0,185	0,000925	30,4764

Lanjutan Lampiran 5.4.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BK1

550	550000	378	0,189	0,000945	31,0408
560	560000	384	0,192	0,00096	31,6052
570	570000	392	0,196	0,00098	32,1696
580	580000	400	0,2	0,001	32,7339
590	590000	409	0,2045	0,0010225	33,2983
600	600000	418	0,209	0,001045	33,8627
610	610000	425	0,2125	0,0010625	34,4271
620	620000	432	0,216	0,00108	34,9915
630	630000	440	0,22	0,0011	35,5558
640	640000	450	0,225	0,001125	36,1202
650	650000	457	0,2285	0,0011425	36,6846
660	660000	465	0,2325	0,0011625	37,2490
670	670000	475	0,2375	0,0011875	37,8133
680	680000	482	0,241	0,001205	38,3777
690	690000	490	0,245	0,001225	38,9421
700	700000	500	0,25	0,00125	39,5065
710	710000	510	0,255	0,001275	40,0709
720	720000	517	0,2585	0,0012925	40,6352
730	730000	525	0,2625	0,0013125	41,1996
740	740000	535	0,2675	0,0013375	41,7640
750	750000	545	0,2725	0,0013625	42,3284
760	760000	553	0,2765	0,0013825	42,8927
770	770000	563	0,2815	0,0014075	43,4571
780	780000	570	0,285	0,001425	44,0215
790	790000	580	0,29	0,00145	44,5859
800	800000	590	0,295	0,001475	45,1503
810	810000	598	0,299	0,001495	45,7146
820	820000	608	0,304	0,00152	46,2790
830	830000	618	0,309	0,001545	46,8434
840	840000	626	0,313	0,001565	47,4078
850	850000	635	0,3175	0,0015875	47,9721
860	860000	648	0,324	0,00162	48,5365
870	870000	657	0,3285	0,0016425	49,1009
880	880000	668	0,334	0,00167	49,6653
890	890000	678	0,339	0,001695	50,2297
900	900000	688	0,344	0,00172	50,7940
910	910000	700	0,35	0,00175	51,3584
920	920000	710	0,355	0,001775	51,9228

Lanjutan Lampiran 5.5.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BK1

930	930000	720	0,36	0,0018	52,4872
940	940000	730	0,365	0,001825	53,0516
950	950000	740	0,37	0,00185	53,6159
960	960000	752	0,376	0,00188	54,1803
970	970000	764	0,382	0,00191	54,7447
980	980000	772	0,386	0,00193	55,3091
990	990000	785	0,3925	0,0019625	55,8734
1000	1000000	800	0,4	0,002	56,4378
1010	1010000	810	0,405	0,002025	57,0022
1020	1020000	823	0,4115	0,0020575	57,5666
1030	1030000	835	0,4175	0,0020875	58,1310
1037	1037000	850	0,425	0,002125	58,5260



Lampiran 5.6.2 Gambar Grafik Regangan Tegangan Modulus Elastisitas BK1

Lampiran 5. 7 Pengujian Modulus Elastisitas BK2

Variasi	Beton Kontrol
Jumlah Sampel	3
Benda Uji	BK2

Uraian	Silinder	
Diameter	150.4	mm
Tinggi	303.00	mm
Luas	17765.832	mm^2
Berat	11912	gr
Berat Volume	2.2129	gr/cm3
	2212.8731	kg/m3
Lo	200	mm

Lampiran 5.8.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BK2

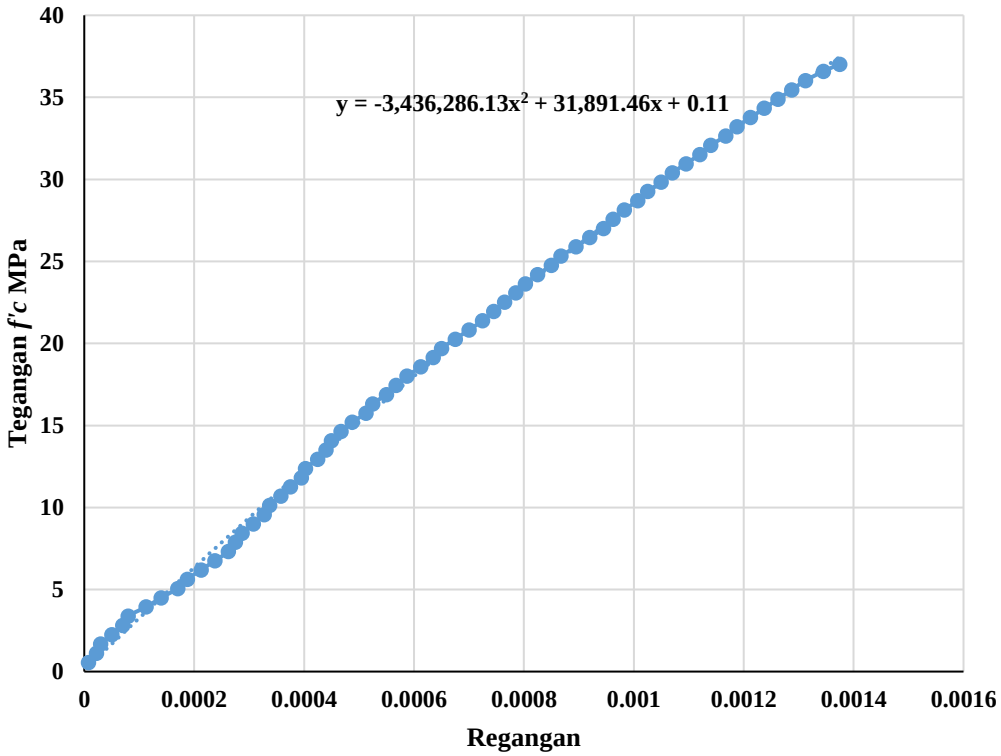
Beban		**Pembacaan dial**	**ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)**	**Regangan**	**Tegangan (P/A)**
kN	N	x10-^{3}	mm	(ΔL/Lo)	(MPa)
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5629
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1258
30	30000	12	0,006	0,00003	1,6886
40	40000	20	0,01	0,00005	2,2515
50	50000	28	0,014	0,00007	2,8144
60	60000	32	0,016	0,00008	3,3773
70	70000	45	0,0225	0,0001125	3,9401
80	80000	56	0,028	0,00014	4,5030
90	90000	68	0,034	0,00017	5,0659
100	100000	75	0,0375	0,0001875	5,6288
110	110000	85	0,0425	0,0002125	6,1917
120	120000	95	0,0475	0,0002375	6,7545
130	130000	105	0,0525	0,0002625	7,3174
140	140000	110	0,055	0,000275	7,8803
150	150000	115	0,0575	0,0002875	8,4432
160	160000	123	0,0615	0,0003075	9,0061
170	170000	131	0,0655	0,0003275	9,5689
180	180000	135	0,0675	0,0003375	10,1318
190	190000	143	0,0715	0,0003575	10,6947
200	200000	150	0,075	0,000375	11,2576

Lanjutan Lampiran 5.9.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BK2

210	210000	158	0,079	0,000395	11,8204
220	220000	161	0,0805	0,0004025	12,3833
230	230000	170	0,085	0,000425	12,9462
240	240000	176	0,088	0,00044	13,5091
250	250000	180	0,09	0,00045	14,0720
260	260000	187	0,0935	0,0004675	14,6348
270	270000	195	0,0975	0,0004875	15,1977
280	280000	205	0,1025	0,0005125	15,7606
290	290000	210	0,105	0,000525	16,3235
300	300000	220	0,11	0,00055	16,8863
310	310000	227	0,1135	0,0005675	17,4492
320	320000	235	0,1175	0,0005875	18,0121
330	330000	245	0,1225	0,0006125	18,5750
340	340000	254	0,127	0,000635	19,1379
350	350000	260	0,13	0,00065	19,7007
360	360000	270	0,135	0,000675	20,2636
370	370000	280	0,14	0,0007	20,8265
380	380000	290	0,145	0,000725	21,3894
390	390000	298	0,149	0,000745	21,9523
400	400000	306	0,153	0,000765	22,5151
410	410000	314	0,157	0,000785	23,0780
420	420000	321	0,1605	0,0008025	23,6409
430	430000	330	0,165	0,000825	24,2038
440	440000	340	0,17	0,00085	24,7666
450	450000	347	0,1735	0,0008675	25,3295
460	460000	358	0,179	0,000895	25,8924
470	470000	368	0,184	0,00092	26,4553
480	480000	378	0,189	0,000945	27,0182
490	490000	385	0,1925	0,0009625	27,5810
500	500000	393	0,1965	0,0009825	28,1439
510	510000	403	0,2015	0,0010075	28,7068
520	520000	410	0,205	0,001025	29,2697
530	530000	420	0,21	0,00105	29,8325
540	540000	428	0,214	0,00107	30,3954
550	550000	438	0,219	0,001095	30,9583
560	560000	448	0,224	0,00112	31,5212
570	570000	456	0,228	0,00114	32,0841
580	580000	467	0,2335	0,0011675	32,6469

Lanjutan Lampiran 5.10.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BK2

590	590000	475	0,2375	0,0011875	33,2098
600	600000	485	0,2425	0,0012125	33,7727
610	610000	495	0,2475	0,0012375	34,3356
620	620000	505	0,2525	0,0012625	34,8984
630	630000	515	0,2575	0,0012875	35,4613
640	640000	525	0,2625	0,0013125	36,0242
650	650000	538	0,269	0,001345	36,5871
657,7	657700	550	0,275	0,001375	37,0205



Lampiran 5.11.2 Gambar Grafik Regangan Tegangan Modulus Elastisitas BK2

Lampiran 5.12 Pengujian Modulus Elastisitas BK3

Variasi	Beton Kontrol
Jumlah Sampel	3
Benda Uji	BK3

Uraian	Silinder	
Diameter	150	mm
Tinggi	303.00	mm
Luas	17671.459	mm^2
Berat	11603	gr
Berat Volume	2.1670	gr/cm3
	2166.9818	kg/m3
Lo	200	mm

Lampiran 5.13.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BK3

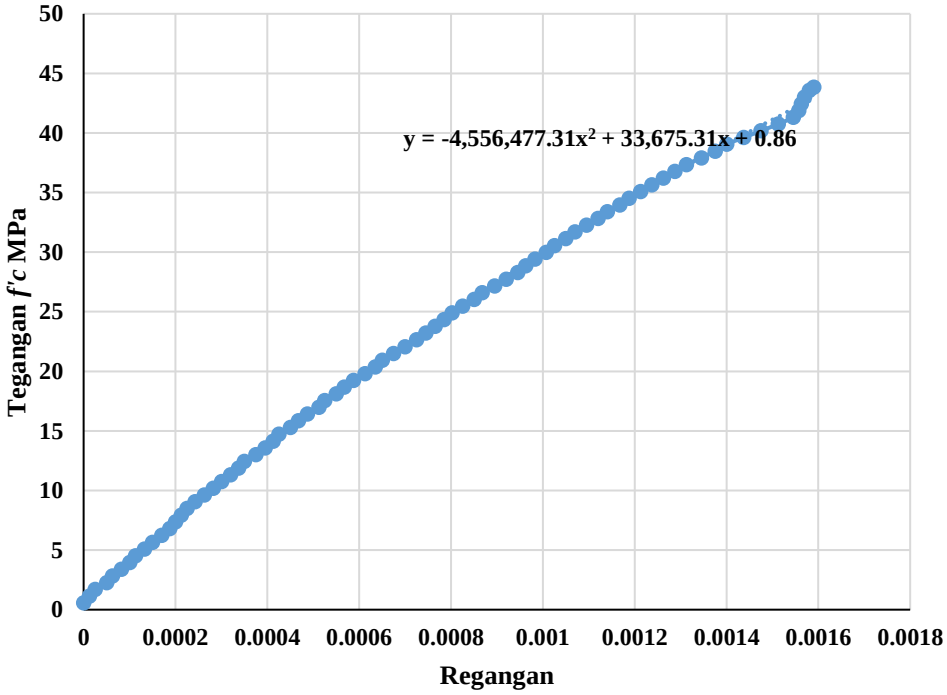
Beban		**Pembacaan dial**	**ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)**	**Regangan**	**Tegangan (P/A)**
kN	N	x10-^{3}	mm	(ΔL/Lo)	(MPa)
10	10000	0	0	0	0,5659
20	20000	5	0,0025	0,0000125	1,1318
30	30000	10	0,005	0,000025	1,6977
40	40000	20	0,01	0,00005	2,2635
50	50000	25	0,0125	0,0000625	2,8294
60	60000	33	0,0165	0,0000825	3,3953
70	70000	40	0,02	0,0001	3,9612
80	80000	45	0,0225	0,0001125	4,5271
90	90000	53	0,0265	0,0001325	5,0930
100	100000	60	0,03	0,00015	5,6588
110	110000	68	0,034	0,00017	6,2247
120	120000	75	0,0375	0,0001875	6,7906
130	130000	80	0,04	0,0002	7,3565
140	140000	85	0,0425	0,0002125	7,9224
150	150000	90	0,045	0,000225	8,4883
160	160000	97	0,0485	0,0002425	9,0541

Lanjutan Lampiran 5.14.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BK3

170	170000	105	0,0525	0,0002625	9,6200
180	180000	113	0,0565	0,0002825	10,1859
190	190000	120	0,06	0,0003	10,7518
200	200000	128	0,064	0,00032	11,3177
210	210000	135	0,0675	0,0003375	11,8836
220	220000	140	0,07	0,00035	12,4495
230	230000	150	0,075	0,000375	13,0153
240	240000	158	0,079	0,000395	13,5812
250	250000	165	0,0825	0,0004125	14,1471
260	260000	170	0,085	0,000425	14,7130
270	270000	180	0,09	0,00045	15,2789
280	280000	187	0,0935	0,0004675	15,8448
290	290000	195	0,0975	0,0004875	16,4106
300	300000	205	0,1025	0,0005125	16,9765
310	310000	210	0,105	0,000525	17,5424
320	320000	220	0,11	0,00055	18,1083
330	330000	227	0,1135	0,0005675	18,6742
340	340000	235	0,1175	0,0005875	19,2401
350	350000	245	0,1225	0,0006125	19,8059
360	360000	254	0,127	0,000635	20,3718
370	370000	260	0,13	0,00065	20,9377
380	380000	270	0,135	0,000675	21,5036
390	390000	280	0,14	0,0007	22,0695
400	400000	290	0,145	0,000725	22,6354
410	410000	298	0,149	0,000745	23,2013
420	420000	306	0,153	0,000765	23,7671
430	430000	314	0,157	0,000785	24,3330
440	440000	321	0,1605	0,0008025	24,8989
450	450000	330	0,165	0,000825	25,4648
460	460000	340	0,17	0,00085	26,0307
470	470000	347	0,1735	0,0008675	26,5966
480	480000	358	0,179	0,000895	27,1624
490	490000	368	0,184	0,00092	27,7283
500	500000	378	0,189	0,000945	28,2942
510	510000	385	0,1925	0,0009625	28,8601
520	520000	393	0,1965	0,0009825	29,4260
530	530000	403	0,2015	0,0010075	29,9919
540	540000	410	0,205	0,001025	30,5577

Lanjutan Lampiran 5.15.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BK3

550	550000	420	0,21	0,00105	31,1236
560	560000	428	0,214	0,00107	31,6895
570	570000	438	0,219	0,001095	32,2554
580	580000	448	0,224	0,00112	32,8213
590	590000	456	0,228	0,00114	33,3872
600	600000	467	0,2335	0,0011675	33,9531
610	610000	475	0,2375	0,0011875	34,5189
620	620000	485	0,2425	0,0012125	35,0848
630	630000	495	0,2475	0,0012375	35,6507
640	640000	505	0,2525	0,0012625	36,2166
650	650000	515	0,2575	0,0012875	36,7825
660	660000	525	0,2625	0,0013125	37,3484
670	670000	538	0,269	0,001345	37,9142
680	680000	550	0,275	0,001375	38,4801
690	690000	560	0,28	0,0014	39,0460
700	700000	575	0,2875	0,0014375	39,6119
710	710000	590	0,295	0,001475	40,1778
720	720000	605	0,3025	0,0015125	40,7437
730	730000	618	0,309	0,001545	41,3095
740	740000	623	0,3115	0,0015575	41,8754
750	750000	625	0,3125	0,0015625	42,4413
760	760000	628	0,314	0,00157	43,0072
770	770000	632	0,316	0,00158	43,5731
774,6	774600	636	0,318	0,00159	43,8334



Lampiran 5.16.2 Gambar Grafik Regangan Tegangan Modulus Elastisitas BK3

Lampiran 5.17 Pengujian Modulus Elastisitas BV1-1

Variasi	Beton Variasi 1
Jumlah Sampel	3
Benda Uji	BV1-1

Uraian	Silinder	
Diameter	149.9	mm
Tinggi	301	mm
Luas	17647.905	mm^2
Berat	12211	gr
Berat Volume	2.2987	gr/cm3
	2298.7492	kg/m3
Lo	200	mm

Lampiran 5.18.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV1-1

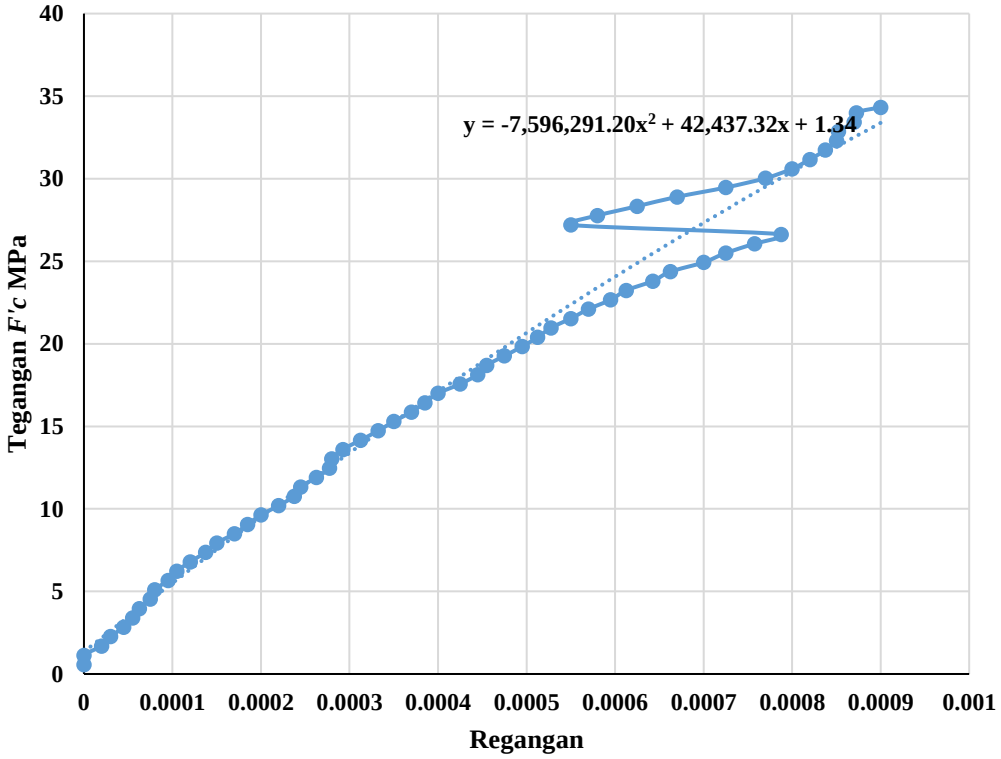
Beban		**Pembacaan dial**	**ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)**	**Regangan**	**Tegangan (P/A)**
kN	N	x10-^{3}	mm	(ΔL/Lo)	(MPa)
10	10000	0	0	0	0,5666
20	20000	0	0	0	1,1333
30	30000	8	0,004	0,00002	1,6999
40	40000	12	0,006	0,00003	2,2666
50	50000	18	0,009	0,000045	2,8332
60	60000	22	0,011	0,000055	3,3998
70	70000	25	0,0125	0,0000625	3,9665
80	80000	30	0,015	0,000075	4,5331
90	90000	32	0,016	0,00008	5,0998
100	100000	38	0,019	0,000095	5,6664
110	110000	42	0,021	0,000105	6,2330
120	120000	48	0,024	0,00012	6,7997
130	130000	55	0,0275	0,0001375	7,3663
140	140000	60	0,03	0,00015	7,9330
150	150000	68	0,034	0,00017	8,4996
160	160000	74	0,037	0,000185	9,0662
170	170000	80	0,04	0,0002	9,6329
180	180000	88	0,044	0,00022	10,1995
190	190000	95	0,0475	0,0002375	10,7662
200	200000	98	0,049	0,000245	11,3328

Lanjutan Lampiran 5.19.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV1-1

210	210000	105	0,0525	0,0002625	11,8994
220	220000	111	0,0555	0,0002775	12,4661
230	230000	112	0,056	0,00028	13,0327
240	240000	117	0,0585	0,0002925	13,5993
250	250000	125	0,0625	0,0003125	14,1660
260	260000	133	0,0665	0,0003325	14,7326
270	270000	140	0,07	0,00035	15,2993
280	280000	148	0,074	0,00037	15,8659
290	290000	154	0,077	0,000385	16,4325
300	300000	160	0,08	0,0004	16,9992
310	310000	170	0,085	0,000425	17,5658
320	320000	178	0,089	0,000445	18,1325
330	330000	182	0,091	0,000455	18,6991
340	340000	190	0,095	0,000475	19,2657
350	350000	198	0,099	0,000495	19,8324
360	360000	205	0,1025	0,0005125	20,3990
370	370000	211	0,1055	0,0005275	20,9657
380	380000	220	0,11	0,00055	21,5323
390	390000	228	0,114	0,00057	22,0989
400	400000	238	0,119	0,000595	22,6656
410	410000	245	0,1225	0,0006125	23,2322
420	420000	257	0,1285	0,0006425	23,7989
430	430000	265	0,1325	0,0006625	24,3655
440	440000	280	0,14	0,0007	24,9321
450	450000	290	0,145	0,000725	25,4988
460	460000	303	0,1515	0,0007575	26,0654
470	470000	315	0,1575	0,0007875	26,6321
480	480000	220	0,11	0,00055	27,1987
490	490000	232	0,116	0,00058	27,7653
500	500000	250	0,125	0,000625	28,3320
510	510000	268	0,134	0,00067	28,8986
520	520000	290	0,145	0,000725	29,4653
530	530000	308	0,154	0,00077	30,0319
540	540000	320	0,16	0,0008	30,5985
550	550000	328	0,164	0,00082	31,1652
560	560000	335	0,1675	0,0008375	31,7318
570	570000	340	0,17	0,00085	32,2985
580	580000	341	0,1705	0,0008525	32,8651

Lanjutan Lampiran 5.20.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV1-1

590	590000	348	0,174	0,00087	33,4317
600	600000	349	0,1745	0,0008725	33,9984
605,7	605700	360	0,18	0,0009	34,3214



Lampiran 5.21.2 Gambar Grafik Regangan Tegangan Modulus Elastisitas BV1-1

Lampiran 5.22 Pengujian Modulus Elastisitas BV1-2

Variasi	Beton Variasi 1
Jumlah Sampel	3
Benda Uji	BV1-2

Uraian	Silinder	
Diameter	150.1	mm
Tinggi	301.00	mm
Luas	17695.03	mm^2
Berat	12336	gr
Berat Volume	2.3161	gr/cm3
	2316.096	kg/m3
Lo	200	mm

Lampiran 5.23.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV1-2

Beban		**Pembacaan dial**	**ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)**	**Regangan**	**Tegangan (P/A)**
kN	N	x10-^{3}	mm	(ΔL/Lo)	(MPa)
10	10000	0	0	0	0,5651
20	20000	8	0,004	0,00002	1,1303
30	30000	12	0,006	0,00003	1,6954
40	40000	19	0,0095	0,0000475	2,2605
50	50000	25	0,0125	0,0000625	2,8257
60	60000	30	0,015	0,000075	3,3908
70	70000	38	0,019	0,000095	3,9559
80	80000	42	0,021	0,000105	4,5210
90	90000	48	0,024	0,00012	5,0862
100	100000	53	0,0265	0,0001325	5,6513
110	110000	58	0,029	0,000145	6,2164
120	120000	63	0,0315	0,0001575	6,7816
130	130000	70	0,035	0,000175	7,3467
140	140000	75	0,0375	0,0001875	7,9118
150	150000	81	0,0405	0,0002025	8,4770
160	160000	88	0,044	0,00022	9,0421
170	170000	93	0,0465	0,0002325	9,6072
180	180000	100	0,05	0,00025	10,1723
190	190000	105	0,0525	0,0002625	10,7375

Lanjutan Lampiran 5.24.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV1-2

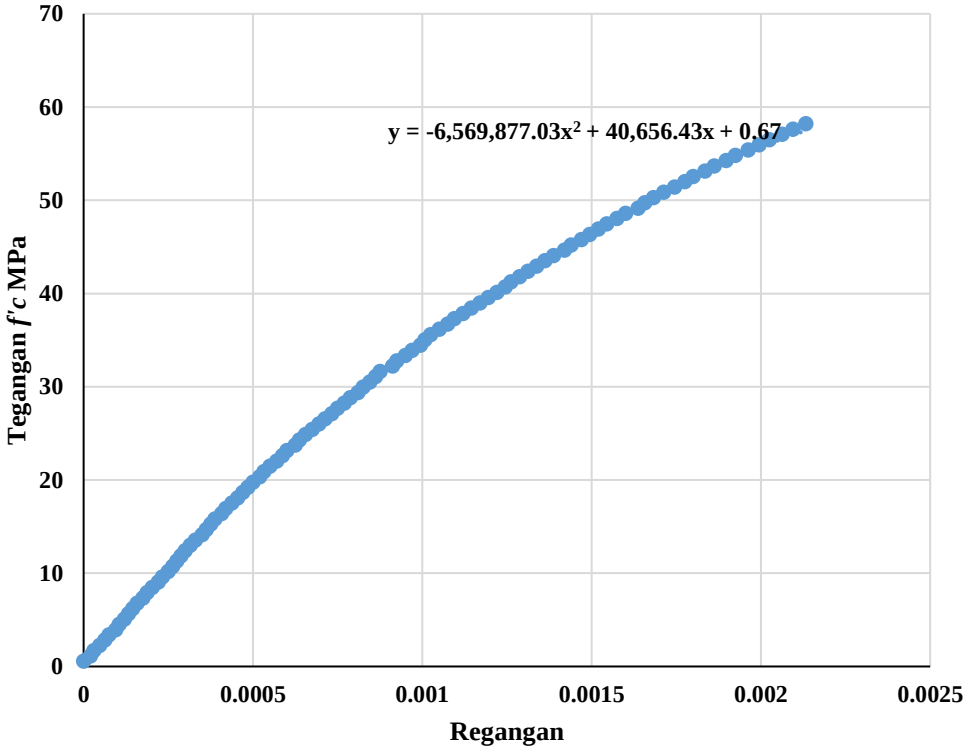
200	200000	110	0,055	0,000275	11,3026
210	210000	115	0,0575	0,0002875	11,8677
220	220000	120	0,06	0,0003	12,4329
230	230000	126	0,063	0,000315	12,9980
240	240000	132	0,066	0,00033	13,5631
250	250000	140	0,07	0,00035	14,1283
260	260000	145	0,0725	0,0003625	14,6934
270	270000	150	0,075	0,000375	15,2585
280	280000	155	0,0775	0,0003875	15,8237
290	290000	163	0,0815	0,0004075	16,3888
300	300000	168	0,084	0,00042	16,9539
310	310000	175	0,0875	0,0004375	17,5190
320	320000	182	0,091	0,000455	18,0842
330	330000	188	0,094	0,00047	18,6493
340	340000	194	0,097	0,000485	19,2144
350	350000	200	0,1	0,0005	19,7796
360	360000	208	0,104	0,00052	20,3447
370	370000	213	0,1065	0,0005325	20,9098
380	380000	220	0,11	0,00055	21,4750
390	390000	228	0,114	0,00057	22,0401
400	400000	235	0,1175	0,0005875	22,6052
410	410000	240	0,12	0,0006	23,1703
420	420000	250	0,125	0,000625	23,7355
430	430000	255	0,1275	0,0006375	24,3006
440	440000	262	0,131	0,000655	24,8657
450	450000	270	0,135	0,000675	25,4309
460	460000	278	0,139	0,000695	25,9960
470	470000	285	0,1425	0,0007125	26,5611
480	480000	293	0,1465	0,0007325	27,1263
490	490000	300	0,15	0,00075	27,6914
500	500000	308	0,154	0,00077	28,2565
510	510000	315	0,1575	0,0007875	28,8217
520	520000	324	0,162	0,00081	29,3868
530	530000	330	0,165	0,000825	29,9519
540	540000	338	0,169	0,000845	30,5170
550	550000	345	0,1725	0,0008625	31,0822
560	560000	350	0,175	0,000875	31,6473
570	570000	365	0,1825	0,0009125	32,2124

Lanjutan Lampiran 5.25.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV1-2

580	580000	370	0,185	0,000925	32,7776
590	590000	380	0,19	0,00095	33,3427
600	600000	388	0,194	0,00097	33,9078
610	610000	398	0,199	0,000995	34,4730
620	620000	403	0,2015	0,0010075	35,0381
630	630000	410	0,205	0,001025	35,6032
640	640000	420	0,21	0,00105	36,1684
650	650000	430	0,215	0,001075	36,7335
660	660000	438	0,219	0,001095	37,2986
670	670000	448	0,224	0,00112	37,8637
680	680000	458	0,229	0,001145	38,4289
690	690000	468	0,234	0,00117	38,9940
700	700000	478	0,239	0,001195	39,5591
710	710000	488	0,244	0,00122	40,1243
720	720000	498	0,249	0,001245	40,6894
730	730000	505	0,2525	0,0012625	41,2545
740	740000	515	0,2575	0,0012875	41,8197
750	750000	525	0,2625	0,0013125	42,3848
760	760000	535	0,2675	0,0013375	42,9499
770	770000	545	0,2725	0,0013625	43,5150
780	780000	555	0,2775	0,0013875	44,0802
790	790000	568	0,284	0,00142	44,6453
800	800000	576	0,288	0,00144	45,2104
810	810000	588	0,294	0,00147	45,7756
820	820000	598	0,299	0,001495	46,3407
830	830000	608	0,304	0,00152	46,9058
840	840000	618	0,309	0,001545	47,4710
850	850000	630	0,315	0,001575	48,0361
860	860000	640	0,32	0,0016	48,6012
870	870000	655	0,3275	0,0016375	49,1664
880	880000	663	0,3315	0,0016575	49,7315
890	890000	673	0,3365	0,0016825	50,2966
900	900000	685	0,3425	0,0017125	50,8617
910	910000	698	0,349	0,001745	51,4269
920	920000	710	0,355	0,001775	51,9920
930	930000	720	0,36	0,0018	52,5571
940	940000	734	0,367	0,001835	53,1223
950	950000	745	0,3725	0,0018625	53,6874

Lanjutan Lampiran 5.26.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV1-2

960	960000	759	0,3795	0,0018975	54,2525
970	970000	770	0,385	0,001925	54,8177
980	980000	785	0,3925	0,0019625	55,3828
990	990000	798	0,399	0,001995	55,9479
1000	1000000	810	0,405	0,002025	56,5130
1010	1010000	825	0,4125	0,0020625	57,0782
1020	1020000	838	0,419	0,002095	57,6433
1030	1030000	853	0,4265	0,0021325	58,2084
1040	1040000	868	0,434	0,00217	58,7736
1050	1050000	884	0,442	0,00221	59,3387
1060	1060000	900	0,45	0,00225	59,9038
1070	1070000	915	0,4575	0,0022875	60,4690
1080	1080000	930	0,465	0,002325	61,0341
1090	1090000	950	0,475	0,002375	61,5992
1100	1100000	968	0,484	0,00242	62,1644
1110	1110000	986	0,493	0,002465	62,7295
1120	1120000	1005	0,5025	0,0025125	63,2946
1130	1130000	1028	0,514	0,00257	63,8597
1140	1140000	1055	0,5275	0,0026375	64,4249
1150	1150000	1090	0,545	0,002725	64,9900
1154,6	1154600	1120	0,56	0,0028	65,2500



Lampiran 5.27 Gambar Grafik Regangan Tegangan Modulus Elastisitas BV1-2

Lampiran 5.28 Pengujian Modulus Elastisitas BV1-3

Variasi	Beton Variasi 1
Jumlah Sampel	3
Benda Uji	BV1-3

Uraian	Silinder	
Diameter	150	mm
Tinggi	302.50	mm
Luas	17671.459	mm^2
Berat	12506	gr
Berat Volume	2.3395	gr/cm3
	2339.4871	kg/m3
Lo	200	mm

Lampiran 5.29.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV1-3

Beban		**Pembacaan dial**	**ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)**	**Regangan**	**Tegangan (P/A)**
kN	N	x10-^{3}	mm	(ΔL/Lo)	(MPa)
10	10000	0	0	0	0,5659
20	20000	6	0,003	0,000015	1,1318
30	30000	10	0,005	0,000025	1,6977
40	40000	16	0,008	0,00004	2,2635
50	50000	22	0,011	0,000055	2,8294
60	60000	30	0,015	0,000075	3,3953
70	70000	35	0,0175	0,0000875	3,9612
80	80000	40	0,02	0,0001	4,5271
90	90000	45	0,0225	0,0001125	5,0930
100	100000	50	0,025	0,000125	5,6588
110	110000	58	0,029	0,000145	6,2247
120	120000	60	0,03	0,00015	6,7906
130	130000	68	0,034	0,00017	7,3565
140	140000	75	0,0375	0,0001875	7,9224
150	150000	80	0,04	0,0002	8,4883
160	160000	88	0,044	0,00022	9,0541
170	170000	92	0,046	0,00023	9,6200

Lanjutan Lampiran 5.30.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV1-3

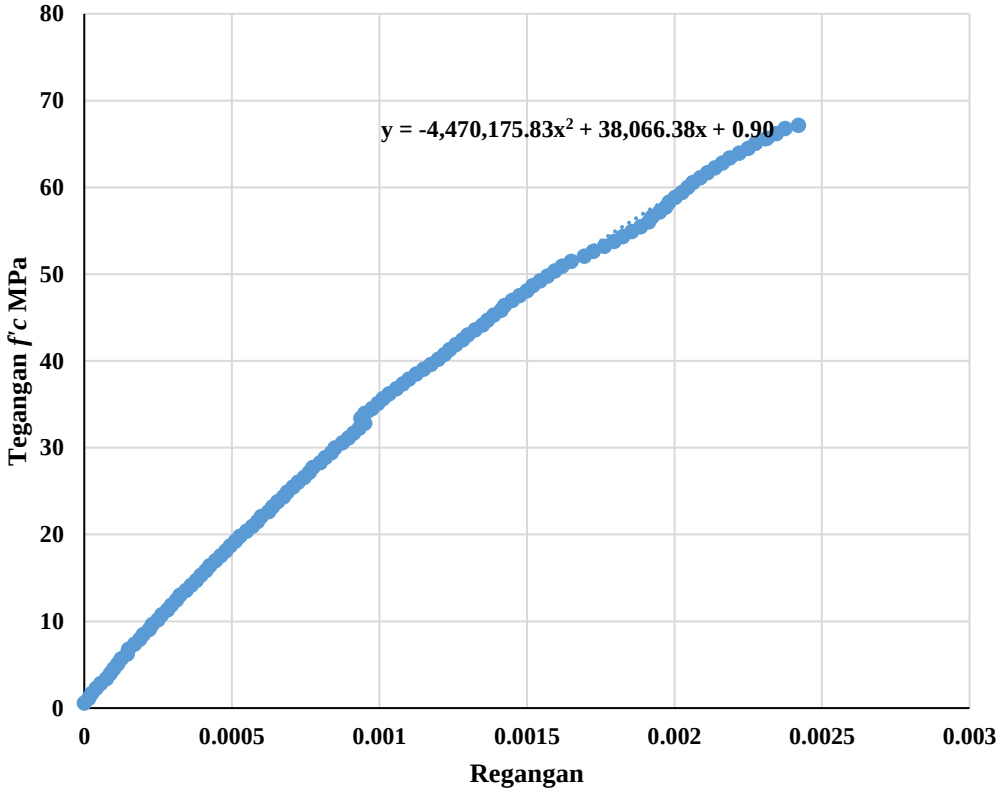
180	180000	100	0,05	0,00025	10,1859
190	190000	105	0,0525	0,0002625	10,7518
200	200000	113	0,0565	0,0002825	11,3177
210	210000	118	0,059	0,000295	11,8836
220	220000	125	0,0625	0,0003125	12,4495
230	230000	130	0,065	0,000325	13,0153
240	240000	138	0,069	0,000345	13,5812
250	250000	145	0,0725	0,0003625	14,1471
260	260000	152	0,076	0,00038	14,7130
270	270000	158	0,079	0,000395	15,2789
280	280000	165	0,0825	0,0004125	15,8448
290	290000	170	0,085	0,000425	16,4106
300	300000	178	0,089	0,000445	16,9765
310	310000	185	0,0925	0,0004625	17,5424
320	320000	192	0,096	0,00048	18,1083
330	330000	198	0,099	0,000495	18,6742
340	340000	205	0,1025	0,0005125	19,2401
350	350000	211	0,1055	0,0005275	19,8059
360	360000	220	0,11	0,00055	20,3718
370	370000	228	0,114	0,00057	20,9377
380	380000	235	0,1175	0,0005875	21,5036
390	390000	240	0,12	0,0006	22,0695
400	400000	250	0,125	0,000625	22,6354
410	410000	255	0,1275	0,0006375	23,2013
420	420000	262	0,131	0,000655	23,7671
430	430000	270	0,135	0,000675	24,3330
440	440000	275	0,1375	0,0006875	24,8989
450	450000	283	0,1415	0,0007075	25,4648
460	460000	290	0,145	0,000725	26,0307
470	470000	298	0,149	0,000745	26,5966
480	480000	305	0,1525	0,0007625	27,1624
490	490000	310	0,155	0,000775	27,7283
500	500000	320	0,16	0,0008	28,2942
510	510000	327	0,1635	0,0008175	28,8601
520	520000	335	0,1675	0,0008375	29,4260
530	530000	340	0,17	0,00085	29,9919
540	540000	350	0,175	0,000875	30,5577
550	550000	358	0,179	0,000895	31,1236

Lanjutan Lampiran 5.31.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV1-3

560	560000	365	0,1825	0,0009125	31,6895
570	570000	373	0,1865	0,0009325	32,2554
580	580000	380	0,19	0,00095	32,8213
590	590000	375	0,1875	0,0009375	33,3872
600	600000	380	0,19	0,00095	33,9531
610	610000	390	0,195	0,000975	34,5189
620	620000	398	0,199	0,000995	35,0848
630	630000	405	0,2025	0,0010125	35,6507
640	640000	413	0,2065	0,0010325	36,2166
650	650000	423	0,2115	0,0010575	36,7825
660	660000	432	0,216	0,00108	37,3484
670	670000	440	0,22	0,0011	37,9142
680	680000	450	0,225	0,001125	38,4801
690	690000	460	0,23	0,00115	39,0460
700	700000	470	0,235	0,001175	39,6119
710	710000	480	0,24	0,0012	40,1778
720	720000	488	0,244	0,00122	40,7437
730	730000	495	0,2475	0,0012375	41,3095
740	740000	504	0,252	0,00126	41,8754
750	750000	513	0,2565	0,0012825	42,4413
760	760000	520	0,26	0,0013	43,0072
770	770000	530	0,265	0,001325	43,5731
780	780000	540	0,27	0,00135	44,1390
790	790000	547	0,2735	0,0013675	44,7049
800	800000	555	0,2775	0,0013875	45,2707
810	810000	565	0,2825	0,0014125	45,8366
820	820000	570	0,285	0,001425	46,4025
830	830000	580	0,29	0,00145	46,9684
840	840000	590	0,295	0,001475	47,5343
850	850000	600	0,3	0,0015	48,1002
860	860000	608	0,304	0,00152	48,6660
870	870000	618	0,309	0,001545	49,2319
880	880000	628	0,314	0,00157	49,7978
890	890000	638	0,319	0,001595	50,3637
900	900000	648	0,324	0,00162	50,9296
910	910000	660	0,33	0,00165	51,4955
920	920000	678	0,339	0,001695	52,0614
930	930000	690	0,345	0,001725	52,6272

Lanjutan Lampiran 5.32.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV1-3

940	940000	705	0,3525	0,0017625	53,1931
950	950000	718	0,359	0,001795	53,7590
960	960000	730	0,365	0,001825	54,3249
970	970000	742	0,371	0,001855	54,8908
980	980000	754	0,377	0,001885	55,4567
990	990000	765	0,3825	0,0019125	56,0225
1000	1000000	770	0,385	0,001925	56,5884
1010	1010000	780	0,39	0,00195	57,1543
1020	1020000	788	0,394	0,00197	57,7202
1030	1030000	793	0,3965	0,0019825	58,2861
1040	1040000	801	0,4005	0,0020025	58,8520
1050	1050000	810	0,405	0,002025	59,4178
1060	1060000	818	0,409	0,002045	59,9837
1070	1070000	825	0,4125	0,0020625	60,5496
1080	1080000	835	0,4175	0,0020875	61,1155
1090	1090000	845	0,4225	0,0021125	61,6814
1100	1100000	855	0,4275	0,0021375	62,2473
1110	1110000	865	0,4325	0,0021625	62,8132
1120	1120000	875	0,4375	0,0021875	63,3790
1130	1130000	888	0,444	0,00222	63,9449
1140	1140000	900	0,45	0,00225	64,5108
1150	1150000	910	0,455	0,002275	65,0767
1160	1160000	925	0,4625	0,0023125	65,6426
1170	1170000	938	0,469	0,002345	66,2085
1180	1180000	950	0,475	0,002375	66,7743
1186,4	1186400	968	0,484	0,00242	67,1365



Lampiran 5.33.2 Gambar Grafik Regangan Tegangan Modulus Elastisitas BV1-3

Lampiran 5.34 Pengujian Modulus Elastisitas BV2-1

Variasi	Beton Variasi 2
Jumlah Sampel	3
Benda Uji	BV2-1

Uraian	Silinder	
Diameter	151	mm
Tinggi	303.80	mm
Luas	17907.864	mm^2
Berat	12579	gr
Berat Volume	2.3121	gr/cm3
	2312.1424	kg/m3
Lo	200	mm

Lampiran 5.35.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV2-1

Beban		**Pembacaan dial**	**ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)**	**Regangan**	**Tegangan (P/A)**
kN	N	x10-^{3}	mm	(ΔL/Lo)	(MPa)
10	10000	0	0	0	0,5584
20	20000	3	0,0015	0,0000075	1,1168
30	30000	7	0,0035	0,0000175	1,6752
40	40000	9	0,0045	0,0000225	2,2337
50	50000	13	0,0065	0,0000325	2,7921
60	60000	15	0,0075	0,0000375	3,3505
70	70000	18	0,009	0,000045	3,9089
80	80000	23	0,0115	0,0000575	4,4673
90	90000	25	0,0125	0,0000625	5,0257
100	100000	30	0,015	0,000075	5,5841
110	110000	35	0,0175	0,0000875	6,1426
120	120000	38	0,019	0,000095	6,7010
130	130000	45	0,0225	0,0001125	7,2594
140	140000	50	0,025	0,000125	7,8178
150	150000	55	0,0275	0,0001375	8,3762
160	160000	60	0,03	0,00015	8,9346
170	170000	68	0,034	0,00017	9,4930
180	180000	74	0,037	0,000185	10,0515
190	190000	80	0,04	0,0002	10,6099

Lanjutan Lampiran 5.36.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV2-1

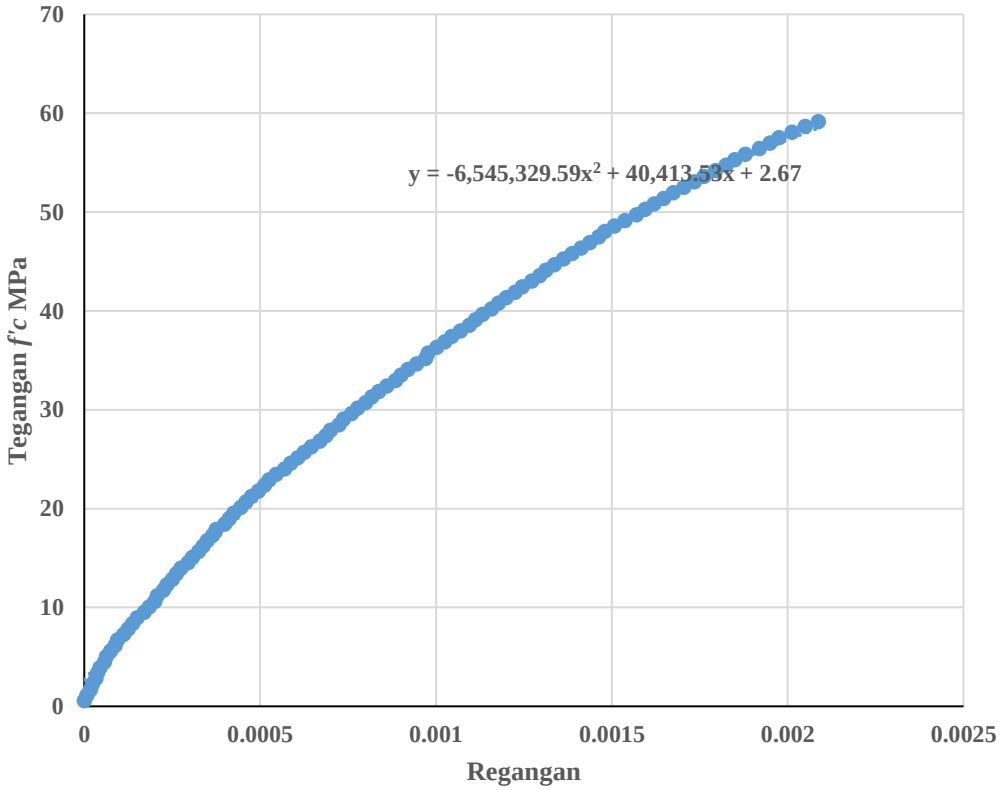
200	200000	83	0,0415	0,0002075	11,1683
210	210000	90	0,045	0,000225	11,7267
220	220000	94	0,047	0,000235	12,2851
230	230000	100	0,05	0,00025	12,8435
240	240000	105	0,0525	0,0002625	13,4019
250	250000	110	0,055	0,000275	13,9603
260	260000	118	0,059	0,000295	14,5188
270	270000	123	0,0615	0,0003075	15,0772
280	280000	130	0,065	0,000325	15,6356
290	290000	135	0,0675	0,0003375	16,1940
300	300000	140	0,07	0,00035	16,7524
310	310000	146	0,073	0,000365	17,3108
320	320000	150	0,075	0,000375	17,8692
330	330000	160	0,08	0,0004	18,4277
340	340000	165	0,0825	0,0004125	18,9861
350	350000	170	0,085	0,000425	19,5445
360	360000	178	0,089	0,000445	20,1029
370	370000	184	0,092	0,00046	20,6613
380	380000	190	0,095	0,000475	21,2197
390	390000	198	0,099	0,000495	21,7781
400	400000	205	0,1025	0,0005125	22,3366
410	410000	210	0,105	0,000525	22,8950
420	420000	218	0,109	0,000545	23,4534
430	430000	228	0,114	0,00057	24,0118
440	440000	235	0,1175	0,0005875	24,5702
450	450000	243	0,1215	0,0006075	25,1286
460	460000	250	0,125	0,000625	25,6870
470	470000	258	0,129	0,000645	26,2455
480	480000	268	0,134	0,00067	26,8039
490	490000	275	0,1375	0,0006875	27,3623
500	500000	280	0,14	0,0007	27,9207
510	510000	290	0,145	0,000725	28,4791
520	520000	295	0,1475	0,0007375	29,0375
530	530000	304	0,152	0,00076	29,5959
540	540000	311	0,1555	0,0007775	30,1544
550	550000	320	0,16	0,0008	30,7128
560	560000	327	0,1635	0,0008175	31,2712
570	570000	335	0,1675	0,0008375	31,8296

Lanjutan Lampiran 5.37.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV2-1

580	580000	344	0,172	0,00086	32,3880
590	590000	354	0,177	0,000885	32,9464
600	600000	360	0,18	0,0009	33,5048
610	610000	368	0,184	0,00092	34,0632
620	620000	378	0,189	0,000945	34,6217
630	630000	388	0,194	0,00097	35,1801
640	640000	391	0,1955	0,0009775	35,7385
650	650000	401	0,2005	0,0010025	36,2969
660	660000	410	0,205	0,001025	36,8553
670	670000	418	0,209	0,001045	37,4137
680	680000	428	0,214	0,00107	37,9721
690	690000	438	0,219	0,001095	38,5306
700	700000	445	0,2225	0,0011125	39,0890
710	710000	453	0,2265	0,0011325	39,6474
720	720000	463	0,2315	0,0011575	40,2058
730	730000	471	0,2355	0,0011775	40,7642
740	740000	480	0,24	0,0012	41,3226
750	750000	490	0,245	0,001225	41,8810
760	760000	498	0,249	0,001245	42,4395
770	770000	509	0,2545	0,0012725	42,9979
780	780000	518	0,259	0,001295	43,5563
790	790000	525	0,2625	0,0013125	44,1147
800	800000	535	0,2675	0,0013375	44,6731
810	810000	545	0,2725	0,0013625	45,2315
820	820000	555	0,2775	0,0013875	45,7899
830	830000	565	0,2825	0,0014125	46,3484
840	840000	575	0,2875	0,0014375	46,9068
850	850000	585	0,2925	0,0014625	47,4652
860	860000	592	0,296	0,00148	48,0236
870	870000	603	0,3015	0,0015075	48,5820
880	880000	615	0,3075	0,0015375	49,1404
890	890000	628	0,314	0,00157	49,6988
900	900000	638	0,319	0,001595	50,2573
910	910000	648	0,324	0,00162	50,8157
920	920000	659	0,3295	0,0016475	51,3741
930	930000	670	0,335	0,001675	51,9325
940	940000	682	0,341	0,001705	52,4909
950	950000	694	0,347	0,001735	53,0493

Lanjutan Lampiran 5.38.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV2-1

960	960000	705	0,3525	0,0017625	53,6077
970	970000	718	0,359	0,001795	54,1661
980	980000	730	0,365	0,001825	54,7246
990	990000	740	0,37	0,00185	55,2830
1000	1000000	752	0,376	0,00188	55,8414
1010	1010000	768	0,384	0,00192	56,3998
1020	1020000	780	0,39	0,00195	56,9582
1030	1030000	790	0,395	0,001975	57,5166
1040	1040000	805	0,4025	0,0020125	58,0750
1050	1050000	820	0,41	0,00205	58,6335
1059	1059000	835	0,4175	0,0020875	59,1360



Lampiran 5.39.2 Gambar Grafik Regangan Tegangan Modulus Elastisitas BV2-1

Lampiran 5.40 Pengujian Modulus Elastisitas BV2-2

Variasi	Beton Variasi 2
Jumlah Sampel	3
Benda Uji	BV2-2

Uraian	Silinder	
Diameter	150.7	mm
Tinggi	302.70	mm
Luas	17836.777	mm^2
Berat	11435	gr
Berat Volume	2.1179	gr/cm3
	2117.9093	kg/m3
Lo	200	mm

Lampiran 5.41.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV2-2

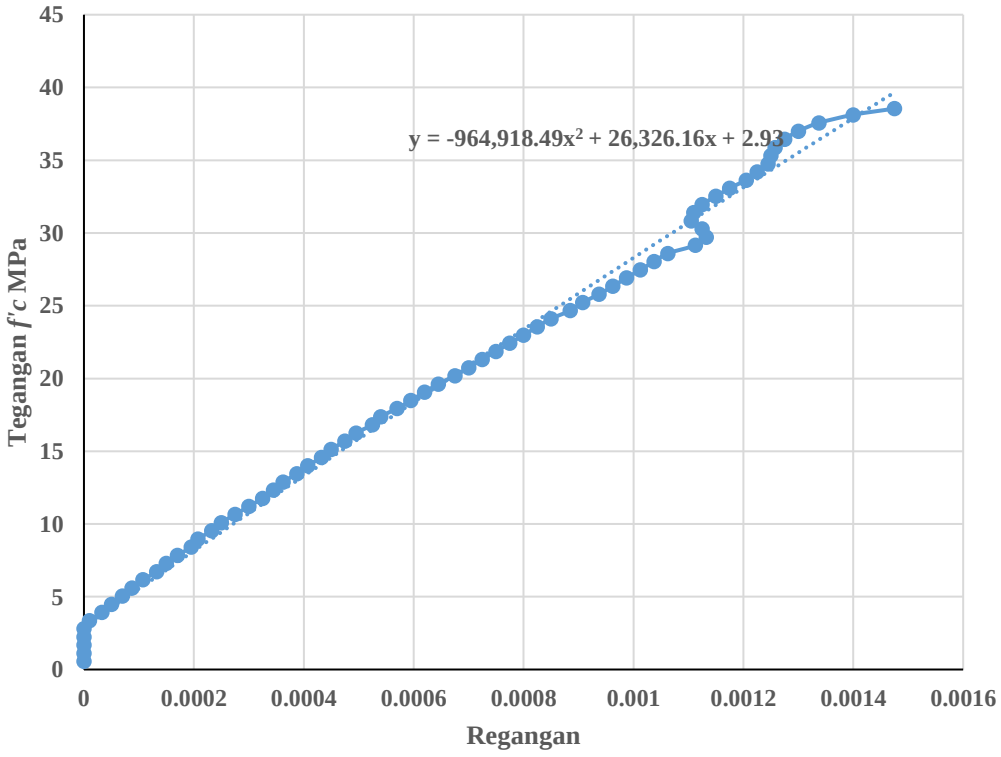
Beban		**Pembacaan dial**	**ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)**	**Regangan**	**Tegangan (P/A)**
kN	N	x10-^{3}	mm	(ΔL/Lo)	(MPa)
10	10000	0	0	0	0,5606
20	20000	0	0	0	1,1213
30	30000	0	0	0	1,6819
40	40000	0	0	0	2,2426
50	50000	0	0	0	2,8032
60	60000	4	0,002	0,00001	3,3638
70	70000	13	0,0065	0,0000325	3,9245
80	80000	20	0,01	0,00005	4,4851
90	90000	28	0,014	0,00007	5,0458
100	100000	35	0,0175	0,0000875	5,6064
110	110000	43	0,0215	0,0001075	6,1670
120	120000	53	0,0265	0,0001325	6,7277
130	130000	60	0,03	0,00015	7,2883
140	140000	68	0,034	0,00017	7,8490
150	150000	78	0,039	0,000195	8,4096
160	160000	83	0,0415	0,0002075	8,9702
170	170000	93	0,0465	0,0002325	9,5309
180	180000	100	0,05	0,00025	10,0915

Lanjutan Lampiran 5.42.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV2-2

190	190000	110	0,055	0,000275	10,6521
200	200000	120	0,06	0,0003	11,2128
210	210000	130	0,065	0,000325	11,7734
220	220000	138	0,069	0,000345	12,3341
230	230000	145	0,0725	0,0003625	12,8947
240	240000	155	0,0775	0,0003875	13,4553
250	250000	163	0,0815	0,0004075	14,0160
260	260000	173	0,0865	0,0004325	14,5766
270	270000	180	0,09	0,00045	15,1373
280	280000	190	0,095	0,000475	15,6979
290	290000	198	0,099	0,000495	16,2585
300	300000	210	0,105	0,000525	16,8192
310	310000	216	0,108	0,00054	17,3798
320	320000	228	0,114	0,00057	17,9405
330	330000	238	0,119	0,000595	18,5011
340	340000	248	0,124	0,00062	19,0617
350	350000	258	0,129	0,000645	19,6224
360	360000	270	0,135	0,000675	20,1830
370	370000	280	0,14	0,0007	20,7437
380	380000	290	0,145	0,000725	21,3043
390	390000	300	0,15	0,00075	21,8649
400	400000	310	0,155	0,000775	22,4256
410	410000	320	0,16	0,0008	22,9862
420	420000	330	0,165	0,000825	23,5469
430	430000	340	0,17	0,00085	24,1075
440	440000	354	0,177	0,000885	24,6681
450	450000	363	0,1815	0,0009075	25,2288
460	460000	375	0,1875	0,0009375	25,7894
470	470000	385	0,1925	0,0009625	26,3501
480	480000	395	0,1975	0,0009875	26,9107
490	490000	405	0,2025	0,0010125	27,4713
500	500000	415	0,2075	0,0010375	28,0320
510	510000	425	0,2125	0,0010625	28,5926
520	520000	445	0,2225	0,0011125	29,1532
530	530000	453	0,2265	0,0011325	29,7139
540	540000	450	0,225	0,001125	30,2745

Lanjutan Lampiran 5.43.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV2-2

550	550000	442	0,221	0,001105	30,8352
560	560000	444	0,222	0,00111	31,3958
570	570000	450	0,225	0,001125	31,9564
580	580000	460	0,23	0,00115	32,5171
590	590000	470	0,235	0,001175	33,0777
600	600000	482	0,241	0,001205	33,6384
610	610000	490	0,245	0,001225	34,1990
620	620000	498	0,249	0,001245	34,7596
630	630000	500	0,25	0,00125	35,3203
640	640000	503	0,2515	0,0012575	35,8809
650	650000	510	0,255	0,001275	36,4416
660	660000	520	0,26	0,0013	37,0022
670	670000	535	0,2675	0,0013375	37,5628
680	680000	560	0,28	0,0014	38,1235
687,5	687500	590	0,295	0,001475	38,5440



Lampiran 5.44.2 Gambar Grafik Regangan Tegangan Modulus Elastisitas BV2-2

Lampiran 5.45 Pengujian Modulus Elastisitas BV2-3

Variasi	Beton Variasi 2
Jumlah Sampel	3
Benda Uji	BV2-3

Uraian	Silinder	
Diameter	150.4	mm
Tinggi	301.40	mm
Luas	17765.832	mm^2
Berat	12339	gr
Berat Volume	2.3044	gr/cm3
	2304.3644	kg/m3
Lo	200	mm

Lampiran 5.46.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV2-3

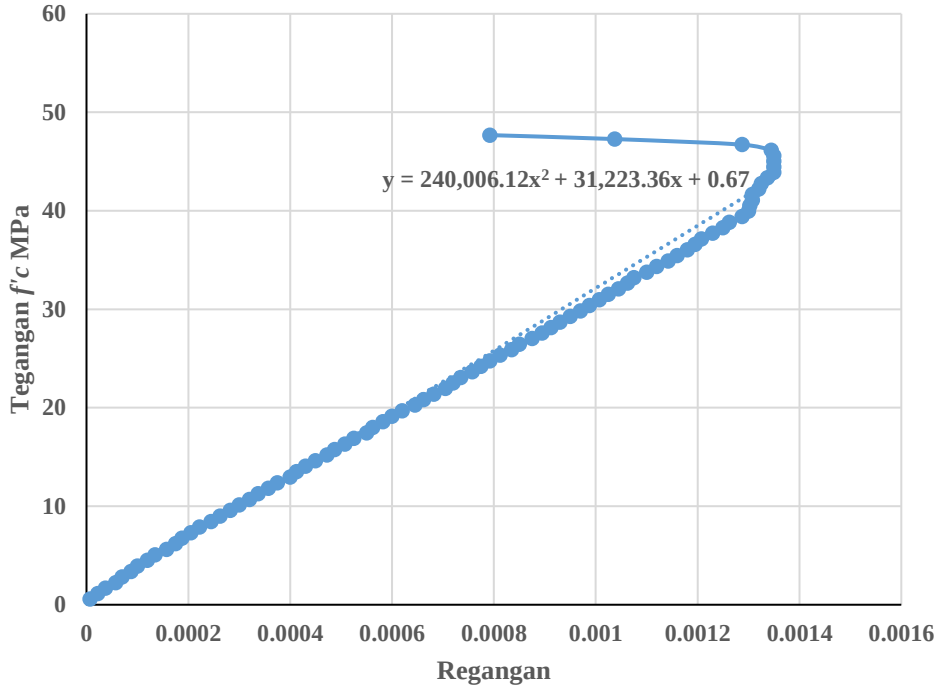
Beban		**Pembacaan dial**	**ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)**	**Regangan**	**Tegangan (P/A)**
kN	N	x10-^{3}	mm	(ΔL/Lo)	(MPa)
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5629
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1258
30	30000	15	0,0075	0,0000375	1,6886
40	40000	23	0,0115	0,0000575	2,2515
50	50000	28	0,014	0,00007	2,8144
60	60000	35	0,0175	0,0000875	3,3773
70	70000	40	0,02	0,0001	3,9401
80	80000	48	0,024	0,00012	4,5030
90	90000	54	0,027	0,000135	5,0659
100	100000	63	0,0315	0,0001575	5,6288
110	110000	70	0,035	0,000175	6,1917
120	120000	75	0,0375	0,0001875	6,7545
130	130000	82	0,041	0,000205	7,3174
140	140000	89	0,0445	0,0002225	7,8803
150	150000	98	0,049	0,000245	8,4432
160	160000	105	0,0525	0,0002625	9,0061
170	170000	113	0,0565	0,0002825	9,5689
180	180000	120	0,06	0,0003	10,1318
190	190000	128	0,064	0,00032	10,6947

Lanjutan Lampiran 5.47.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV2-3

200	200000	135	0,0675	0,0003375	11,2576
210	210000	143	0,0715	0,0003575	11,8204
220	220000	150	0,075	0,000375	12,3833
230	230000	160	0,08	0,0004	12,9462
240	240000	165	0,0825	0,0004125	13,5091
250	250000	172	0,086	0,00043	14,0720
260	260000	180	0,09	0,00045	14,6348
270	270000	189	0,0945	0,0004725	15,1977
280	280000	195	0,0975	0,0004875	15,7606
290	290000	203	0,1015	0,0005075	16,3235
300	300000	210	0,105	0,000525	16,8863
310	310000	220	0,11	0,00055	17,4492
320	320000	225	0,1125	0,0005625	18,0121
330	330000	233	0,1165	0,0005825	18,5750
340	340000	240	0,12	0,0006	19,1379
350	350000	248	0,124	0,00062	19,7007
360	360000	258	0,129	0,000645	20,2636
370	370000	265	0,1325	0,0006625	20,8265
380	380000	273	0,1365	0,0006825	21,3894
390	390000	282	0,141	0,000705	21,9523
400	400000	288	0,144	0,00072	22,5151
410	410000	294	0,147	0,000735	23,0780
420	420000	303	0,1515	0,0007575	23,6409
430	430000	310	0,155	0,000775	24,2038
440	440000	317	0,1585	0,0007925	24,7666
450	450000	325	0,1625	0,0008125	25,3295
460	460000	334	0,167	0,000835	25,8924
470	470000	340	0,17	0,00085	26,4553
480	480000	350	0,175	0,000875	27,0182
490	490000	358	0,179	0,000895	27,5810
500	500000	365	0,1825	0,0009125	28,1439
510	510000	372	0,186	0,00093	28,7068
520	520000	380	0,19	0,00095	29,2697
530	530000	388	0,194	0,00097	29,8325
540	540000	395	0,1975	0,0009875	30,3954
550	550000	403	0,2015	0,0010075	30,9583
560	560000	410	0,205	0,001025	31,5212
570	570000	418	0,209	0,001045	32,0841

Lanjutan Lampiran 5.48.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV2-3

580	580000	425	0,2125	0,0010625	32,6469
590	590000	430	0,215	0,001075	33,2098
600	600000	440	0,22	0,0011	33,7727
610	610000	448	0,224	0,00112	34,3356
620	620000	457	0,2285	0,0011425	34,8984
630	630000	464	0,232	0,00116	35,4613
640	640000	472	0,236	0,00118	36,0242
650	650000	478	0,239	0,001195	36,5871
660	660000	483	0,2415	0,0012075	37,1500
670	670000	492	0,246	0,00123	37,7128
680	680000	500	0,25	0,00125	38,2757
690	690000	505	0,2525	0,0012625	38,8386
700	700000	515	0,2575	0,0012875	39,4015
710	710000	520	0,26	0,0013	39,9644
720	720000	521	0,2605	0,0013025	40,5272
730	730000	523	0,2615	0,0013075	41,0901
740	740000	523	0,2615	0,0013075	41,6530
750	750000	528	0,264	0,00132	42,2159
760	760000	530	0,265	0,001325	42,7787
770	770000	535	0,2675	0,0013375	43,3416
780	780000	540	0,27	0,00135	43,9045
790	790000	540	0,27	0,00135	44,4674
800	800000	540	0,27	0,00135	45,0303
810	810000	540	0,27	0,00135	45,5931
820	820000	538	0,269	0,001345	46,1560
830	830000	515	0,2575	0,0012875	46,7189
840	840000	415	0,2075	0,0010375	47,2818
847,1	847100	317	0,1585	0,0007925	47,6814



Lampiran 5.49.2 Gambar Grafik Regangan Tegangan Modulus Elastisitas BV2-3

Lampiran 5.50 Pengujian Modulus Elastisitas BV3-1

Variasi	Beton Variasi 3
Jumlah Sampel	3
Benda Uji	BV3-1

Uraian	Silinder	
Diameter	150.3	mm
Tinggi	301.40	mm
Luas	17742.22	mm^2
Berat	11824	gr
Berat Volume	2.2111	gr/cm3
	2211.125	kg/m3
Lo	200	mm

Lampiran 5.51.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV3-1

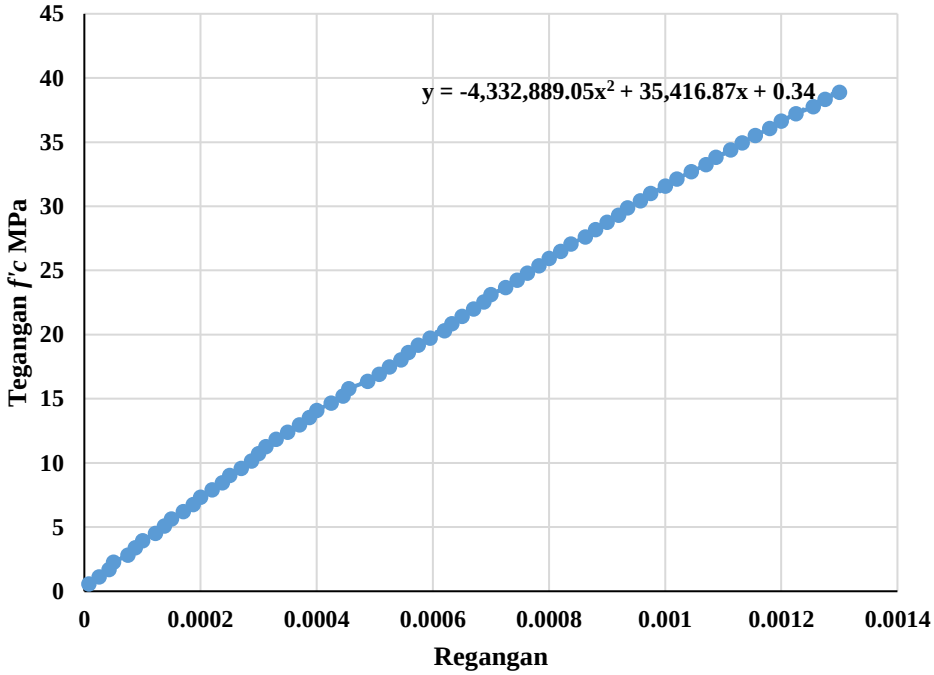
Beban		**Pembacaan dial**	**ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)**	**Regangan**	**Tegangan (P/A)**
kN	N	x10-^{3}	mm	(ΔL/Lo)	(MPa)
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5636
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1273
30	30000	17	0,0085	0,0000425	1,6909
40	40000	20	0,01	0,00005	2,2545
50	50000	30	0,015	0,000075	2,8181
60	60000	35	0,0175	0,0000875	3,3818
70	70000	40	0,02	0,0001	3,9454
80	80000	49	0,0245	0,0001225	4,5090
90	90000	55	0,0275	0,0001375	5,0726
100	100000	60	0,03	0,00015	5,6363
110	110000	68	0,034	0,00017	6,1999
120	120000	75	0,0375	0,0001875	6,7635
130	130000	80	0,04	0,0002	7,3272
140	140000	88	0,044	0,00022	7,8908
150	150000	95	0,0475	0,0002375	8,4544
160	160000	100	0,05	0,00025	9,0180
170	170000	108	0,054	0,00027	9,5817
180	180000	115	0,0575	0,0002875	10,1453
190	190000	120	0,06	0,0003	10,7089

Lanjutan Lampiran 5.52.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV3-1

200	200000	125	0,0625	0,0003125	11,2725
210	210000	132	0,066	0,00033	11,8362
220	220000	140	0,07	0,00035	12,3998
230	230000	148	0,074	0,00037	12,9634
240	240000	155	0,0775	0,0003875	13,5271
250	250000	160	0,08	0,0004	14,0907
260	260000	170	0,085	0,000425	14,6543
270	270000	178	0,089	0,000445	15,2179
280	280000	182	0,091	0,000455	15,7816
290	290000	195	0,0975	0,0004875	16,3452
300	300000	203	0,1015	0,0005075	16,9088
310	310000	210	0,105	0,000525	17,4725
320	320000	218	0,109	0,000545	18,0361
330	330000	223	0,1115	0,0005575	18,5997
340	340000	230	0,115	0,000575	19,1633
350	350000	238	0,119	0,000595	19,7270
360	360000	248	0,124	0,00062	20,2906
370	370000	253	0,1265	0,0006325	20,8542
380	380000	260	0,13	0,00065	21,4178
390	390000	268	0,134	0,00067	21,9815
400	400000	275	0,1375	0,0006875	22,5451
410	410000	280	0,14	0,0007	23,1087
420	420000	290	0,145	0,000725	23,6724
430	430000	298	0,149	0,000745	24,2360
440	440000	305	0,1525	0,0007625	24,7996
450	450000	313	0,1565	0,0007825	25,3632
460	460000	320	0,16	0,0008	25,9269
470	470000	328	0,164	0,00082	26,4905
480	480000	335	0,1675	0,0008375	27,0541
490	490000	345	0,1725	0,0008625	27,6177
500	500000	352	0,176	0,00088	28,1814
510	510000	360	0,18	0,0009	28,7450
520	520000	368	0,184	0,00092	29,3086
530	530000	374	0,187	0,000935	29,8723
540	540000	383	0,1915	0,0009575	30,4359
550	550000	390	0,195	0,000975	30,9995
560	560000	400	0,2	0,001	31,5631
570	570000	408	0,204	0,00102	32,1268

Lanjutan Lampiran 5.53.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV3-1

580	580000	418	0,209	0,001045	32,6904
590	590000	428	0,214	0,00107	33,2540
600	600000	435	0,2175	0,0010875	33,8176
610	610000	445	0,2225	0,0011125	34,3813
620	620000	453	0,2265	0,0011325	34,9449
630	630000	462	0,231	0,001155	35,5085
640	640000	472	0,236	0,00118	36,0722
650	650000	480	0,24	0,0012	36,6358
660	660000	490	0,245	0,001225	37,1994
670	670000	502	0,251	0,001255	37,7630
680	680000	510	0,255	0,001275	38,3267
690	690000	520	0,26	0,0013	38,8903
700	700000	530	0,265	0,001325	39,4539
710	710000	540	0,27	0,00135	40,0176
720	720000	551	0,2755	0,0013775	40,5812
730	730000	562	0,281	0,001405	41,1448
740	740000	570	0,285	0,001425	41,7084
750	750000	582	0,291	0,001455	42,2721
760	760000	593	0,2965	0,0014825	42,8357
770	770000	608	0,304	0,00152	43,3993
780	780000	619	0,3095	0,0015475	43,9629
783,4	783400	621	0,3105	0,0015525	44,1546



Lampiran 5.54.2 Gambar Grafik Regangan Tegangan Modulus Elastisitas BV3-1

Lampiran 5.55 Pengujian Modulus Elastisitas BV3-2

Variasi	Beton Variasi 3
Jumlah Sampel	3
Benda Uji	BV3-2

Uraian	Silinder	
Diameter	150.1	mm
Tinggi	300.00	mm
Luas	17695.028	mm^2
Berat	12573	gr
Berat Volume	2.3685	gr/cm3
	2368.4619	kg/m3
Lo	200	mm

Lampiran 5.56.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV3-2

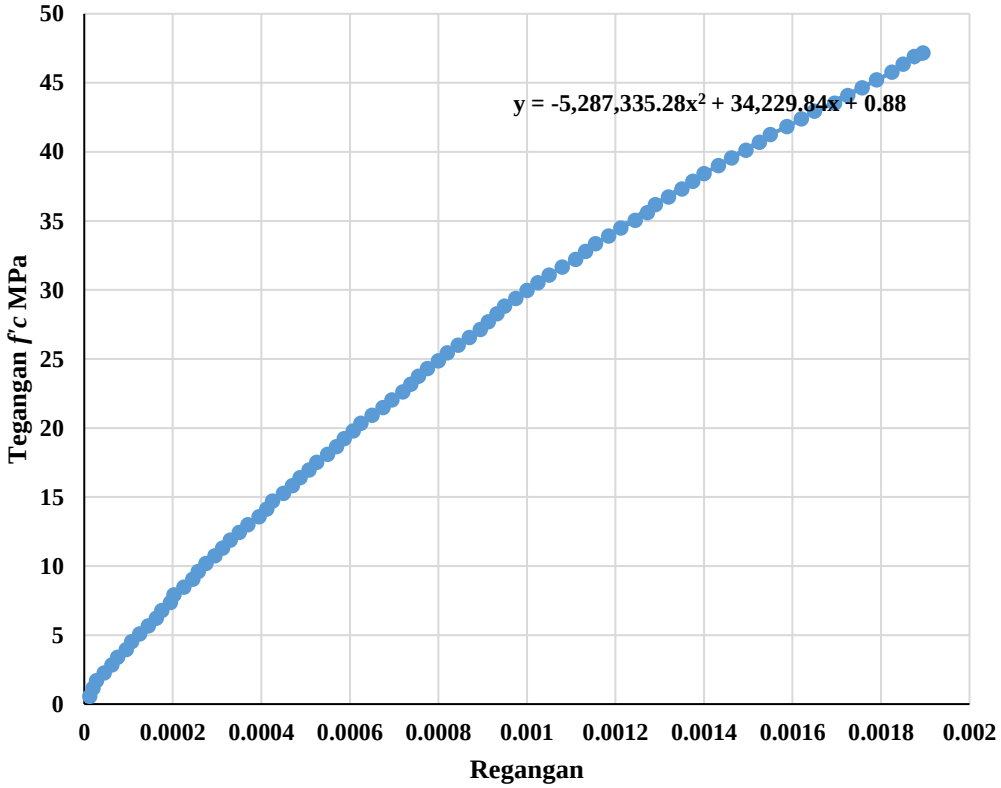
Beban		**Pembacaan dial**	**ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)**	**Regangan**	**Tegangan (P/A)**
kN	N	x10-^{3}	mm	(ΔL/Lo)	(MPa)
10	10000	5	0,0025	0,0000125	0,5651
20	20000	8	0,004	0,00002	1,1303
30	30000	11	0,0055	0,0000275	1,6954
40	40000	18	0,009	0,000045	2,2605
50	50000	25	0,0125	0,0000625	2,8257
60	60000	30	0,015	0,000075	3,3908
70	70000	38	0,019	0,000095	3,9559
80	80000	43	0,0215	0,0001075	4,5210
90	90000	50	0,025	0,000125	5,0862
100	100000	58	0,029	0,000145	5,6513
110	110000	65	0,0325	0,0001625	6,2164
120	120000	70	0,035	0,000175	6,7816
130	130000	78	0,039	0,000195	7,3467
140	140000	81	0,0405	0,0002025	7,9118
150	150000	90	0,045	0,000225	8,4770
160	160000	98	0,049	0,000245	9,0421
170	170000	103	0,0515	0,0002575	9,6072
180	180000	110	0,055	0,000275	10,1723
190	190000	118	0,059	0,000295	10,7375

Lanjutan Lampiran 5.57.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV3-2

200	200000	125	0,0625	0,0003125	11,3026
210	210000	132	0,066	0,00033	11,8677
220	220000	140	0,07	0,00035	12,4329
230	230000	148	0,074	0,00037	12,9980
240	240000	158	0,079	0,000395	13,5631
250	250000	165	0,0825	0,0004125	14,1283
260	260000	170	0,085	0,000425	14,6934
270	270000	180	0,09	0,00045	15,2585
280	280000	188	0,094	0,00047	15,8237
290	290000	195	0,0975	0,0004875	16,3888
300	300000	203	0,1015	0,0005075	16,9539
310	310000	210	0,105	0,000525	17,5190
320	320000	220	0,11	0,00055	18,0842
330	330000	228	0,114	0,00057	18,6493
340	340000	235	0,1175	0,0005875	19,2144
350	350000	243	0,1215	0,0006075	19,7796
360	360000	250	0,125	0,000625	20,3447
370	370000	260	0,13	0,00065	20,9098
380	380000	270	0,135	0,000675	21,4750
390	390000	278	0,139	0,000695	22,0401
400	400000	288	0,144	0,00072	22,6052
410	410000	295	0,1475	0,0007375	23,1703
420	420000	302	0,151	0,000755	23,7355
430	430000	310	0,155	0,000775	24,3006
440	440000	320	0,16	0,0008	24,8657
450	450000	328	0,164	0,00082	25,4309
460	460000	338	0,169	0,000845	25,9960
470	470000	348	0,174	0,00087	26,5611
480	480000	358	0,179	0,000895	27,1263
490	490000	365	0,1825	0,0009125	27,6914
500	500000	373	0,1865	0,0009325	28,2565
510	510000	380	0,19	0,00095	28,8217
520	520000	390	0,195	0,000975	29,3868
530	530000	400	0,2	0,001	29,9519
540	540000	410	0,205	0,001025	30,5170
550	550000	420	0,21	0,00105	31,0822
560	560000	432	0,216	0,00108	31,6473
570	570000	444	0,222	0,00111	32,2124

Lanjutan Lampiran 5.58.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV3-2

580	580000	453	0,2265	0,0011325	32,7776
590	590000	462	0,231	0,001155	33,3427
600	600000	474	0,237	0,001185	33,9078
610	610000	485	0,2425	0,0012125	34,4730
620	620000	498	0,249	0,001245	35,0381
630	630000	509	0,2545	0,0012725	35,6032
640	640000	516	0,258	0,00129	36,1684
650	650000	528	0,264	0,00132	36,7335
660	660000	540	0,27	0,00135	37,2986
670	670000	550	0,275	0,001375	37,8637
680	680000	560	0,28	0,0014	38,4289
690	690000	573	0,2865	0,0014325	38,9940
700	700000	585	0,2925	0,0014625	39,5591
710	710000	598	0,299	0,001495	40,1243
720	720000	610	0,305	0,001525	40,6894
730	730000	620	0,31	0,00155	41,2545
740	740000	635	0,3175	0,0015875	41,8197
750	750000	648	0,324	0,00162	42,3848
760	760000	660	0,33	0,00165	42,9499
770	770000	678	0,339	0,001695	43,5150
780	780000	690	0,345	0,001725	44,0802
790	790000	703	0,3515	0,0017575	44,6453
800	800000	716	0,358	0,00179	45,2104
810	810000	730	0,365	0,001825	45,7756
820	820000	740	0,37	0,00185	46,3407
830	830000	750	0,375	0,001875	46,9058
834,5	834500	758	0,379	0,001895	47,1601



Lampiran 5. 59.2 Gambar Grafik Regangan Tegangan Modulus Elastisitas BV3-2

Lampiran 5.60 Pengujian Modulus Elastisitas BV3-3

Variasi	Beton Variasi 3
Jumlah Sampel	3
Benda Uji	BV3-3

Uraian	Silinder	
Diameter	151	mm
Tinggi	303.60	mm
Luas	17907.864	mm^2
Berat	12169	gr
Berat Volume	2.2383	gr/cm3
	2238.2539	kg/m3
Lo	200	mm

Lampiran 5.61.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV3-3

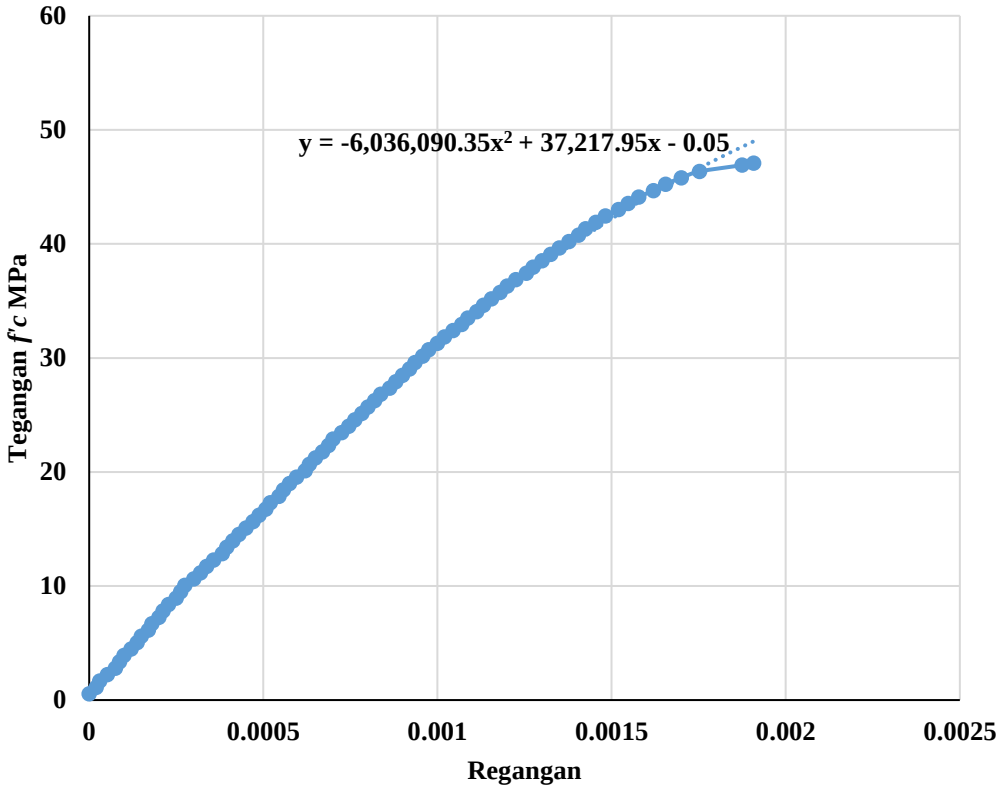
Beban		**Pembacaan dial**	**ΔL sebenarnya (1/2 ΔL)**	**Regangan**	**Tegangan (P/A)**
kN	N	x10-^{3}	mm	(ΔL/Lo)	(MPa)
10	10000	0	0	0	0,5584
20	20000	8	0,004	0,00002	1,1168
30	30000	12	0,006	0,00003	1,6752
40	40000	21	0,0105	0,0000525	2,2337
50	50000	30	0,015	0,000075	2,7921
60	60000	35	0,0175	0,0000875	3,3505
70	70000	40	0,02	0,0001	3,9089
80	80000	48	0,024	0,00012	4,4673
90	90000	55	0,0275	0,0001375	5,0257
100	100000	60	0,03	0,00015	5,5841
110	110000	68	0,034	0,00017	6,1426
120	120000	72	0,036	0,00018	6,7010
130	130000	80	0,04	0,0002	7,2594
140	140000	85	0,0425	0,0002125	7,8178
150	150000	91	0,0455	0,0002275	8,3762
160	160000	100	0,05	0,00025	8,9346
170	170000	105	0,0525	0,0002625	9,4930
180	180000	110	0,055	0,000275	10,0515
190	190000	120	0,06	0,0003	10,6099

Lanjutan Lampiran 5.62.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV3-3

200	200000	128	0,064	0,00032	11,1683
210	210000	135	0,0675	0,0003375	11,7267
220	220000	143	0,0715	0,0003575	12,2851
230	230000	153	0,0765	0,0003825	12,8435
240	240000	158	0,079	0,000395	13,4019
250	250000	165	0,0825	0,0004125	13,9603
260	260000	172	0,086	0,00043	14,5188
270	270000	180	0,09	0,00045	15,0772
280	280000	188	0,094	0,00047	15,6356
290	290000	195	0,0975	0,0004875	16,1940
300	300000	203	0,1015	0,0005075	16,7524
310	310000	208	0,104	0,00052	17,3108
320	320000	218	0,109	0,000545	17,8692
330	330000	223	0,1115	0,0005575	18,4277
340	340000	230	0,115	0,000575	18,9861
350	350000	238	0,119	0,000595	19,5445
360	360000	248	0,124	0,00062	20,1029
370	370000	253	0,1265	0,0006325	20,6613
380	380000	260	0,13	0,00065	21,2197
390	390000	268	0,134	0,00067	21,7781
400	400000	275	0,1375	0,0006875	22,3366
410	410000	280	0,14	0,0007	22,8950
420	420000	290	0,145	0,000725	23,4534
430	430000	298	0,149	0,000745	24,0118
440	440000	305	0,1525	0,0007625	24,5702
450	450000	313	0,1565	0,0007825	25,1286
460	460000	320	0,16	0,0008	25,6870
470	470000	328	0,164	0,00082	26,2455
480	480000	335	0,1675	0,0008375	26,8039
490	490000	345	0,1725	0,0008625	27,3623
500	500000	352	0,176	0,00088	27,9207
510	510000	360	0,18	0,0009	28,4791
520	520000	368	0,184	0,00092	29,0375
530	530000	374	0,187	0,000935	29,5959
540	540000	383	0,1915	0,0009575	30,1544
550	550000	390	0,195	0,000975	30,7128
560	560000	400	0,2	0,001	31,2712
570	570000	408	0,204	0,00102	31,8296

Lanjutan Lampiran 5.63.1 Tabel Hubungan Tegangan Regangan Modulus Elastisitas BV3-3

580	580000	418	0,209	0,001045	32,3880
590	590000	428	0,214	0,00107	32,9464
600	600000	435	0,2175	0,0010875	33,5048
610	610000	445	0,2225	0,0011125	34,0632
620	620000	453	0,2265	0,0011325	34,6217
630	630000	462	0,231	0,001155	35,1801
640	640000	472	0,236	0,00118	35,7385
650	650000	480	0,24	0,0012	36,2969
660	660000	490	0,245	0,001225	36,8553
670	670000	502	0,251	0,001255	37,4137
680	680000	510	0,255	0,001275	37,9721
690	690000	520	0,26	0,0013	38,5306
700	700000	530	0,265	0,001325	39,0890
710	710000	540	0,27	0,00135	39,6474
720	720000	551	0,2755	0,0013775	40,2058
730	730000	562	0,281	0,001405	40,7642
740	740000	570	0,285	0,001425	41,3226
750	750000	582	0,291	0,001455	41,8810
760	760000	593	0,2965	0,0014825	42,4395
770	770000	608	0,304	0,00152	42,9979
780	780000	619	0,3095	0,0015475	43,5563
790	790000	631	0,3155	0,0015775	44,1147
800	800000	648	0,324	0,00162	44,6731
810	810000	662	0,331	0,001655	45,2315
820	820000	680	0,34	0,0017	45,7899
830	830000	701	0,3505	0,0017525	46,3484
840	840000	750	0,375	0,001875	46,9068
843,2	843200	763	0,3815	0,0019075	47,0855



Lampiran 5.64.2 Gambar Grafik Regangan Tegangan Modulus Elastisitas BV3-3

Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian



Lampiran 6.1 pengujian Analisa Saringan



Lampiran 6.2 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus



Lampiran 6.3 Pengujian Berat Jenis Agregat kasar



Lampiran 6.4 Pengujian Kadar Lumpur



Lampiran 6.5 Pengujian Berat Volume



Lampiran 6.6 Pengujian Analisa Saringan untuk Serbuk Kaca



Lampiran 6.7 Hasil Analisa Saringan Serbuk Kaca Lolos Saringan No 200



Lampiran 6.8 Proses Perendaman Material



Lampiran 6.9 Proses SSD Material



Lampiran 6.10 Persiapan Cetakan Sebelum *Mixing*



Lampiran 6.11 Persiapan *Slump Flow Table*



Lampiran 6.12 Pembuatan Campuran Beton SCC



Lampiran 6.13 Pengujian *V-Funnel* Beton SCC



Lampiran 6.14 Pengujian *Slump Flow* Beton SCC



Lampiran 6.15 Hasil *Mixing*



Lampiran 6.16 Proses Perendaman Beton SCC



Lampiran 6.17 Proses *Capping* Beton SCC



Lampiran 6.18 Pengujian Desak



Lampiran 6.19 Pengujian Tarik Belah



Lampiran 6.20 Pengujian Modulus Elastisitas



Lampiran 6.21 Pengujian Penyerapan Air



Lampiran 6.22 Beton Setelah Pengujian