

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI BAHAN TAMBAH *SIKA FUME* DAN
SUPERPLASTICIZER (VISCOCRETE 3115N) PADA BETON
SCC DENGAN MUTU K-600
*THE EFFECT OF VARIATION OF SIKA FUME AND
SUPERPLASTICIZER (VISCOCRETE 3115N) ADDITIVES ON
K-600 GRADE SCC CONCRETE***

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



**Dikky Pamungkas
17511047**

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

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI BAHAN TAMBAH *SIKA FUME* DAN
SUPERPLASTICIZER (VISCOCRETE 3115N) PADA BETON
SCC DENGAN MUTU K-600
*THE EFFECT OF VARIATION OF SIKA FUME AND
SUPERPLASTICIZER (VISCOCRETE 3115N) ADDITIVES ON
K-600 GRADE SCC CONCRETE***


Disusun oleh

**Dikky Pamungkas
17511047**

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

Diuji pada tanggal
02 Februari 2024
Oleh Dewan Penguji

Dosen Pembimbing


5.02.24

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

Penguji 1


9/2 02/02
2024.

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

Penguji 2



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



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


7/02 2024
Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng.), IPM.
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian 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 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, 29 Januari 2024

Yang membuat pernyataan



Dikky Pamungkas

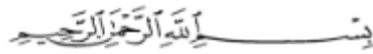
(17511047)

HALAMAN DEDIKASI

Penulis dedikasikan Tugas Akhir ini kepada orang-orang yang sangat berharga dan penulis sayangi antara lain kepada :

1. Kepada Kedua Orang Tua penulis yang sangat penulis hormati dan cintai, Ayahanda Ludang Margono dan Ibunda Sulasih. Untuk Kakak terkasih Handri Pudyastuti, Surya Atmaja, Didik Anggono Cahyo, Rosanella Wahyu Ningrum, Dian Fudsaraningrum, dan Fredy Bagus Kusumaning Yandi, yang selalu memberikan dukungan, mendoakan, melalukan yang terbaik untuk saya dan selalu ada untuk saya. Terima kasih dari hati yang terdalam untuk kalian.
2. Kepada keponakan kesayangan Yashasi Tsabita Atmaja, M. Afroezil Abidharta Atmaja, Myesha Ramadhani Cahya, dan Ryura Lintang Cahya, dan calon *baby* F&D yang selalu menghibur dan memberikan tawa.
3. Kepada Bandung Bondowoso *Team*, saudara Syaril Tito Mahendra, dan saudara Andhika Fathoni Kurniawan yang membantu terlaksananya penelitian dan pengujian Tugas Akhir ini.
4. Kepada calon makmumku yang masih menjadi rahasia Allah SWT, semoga takdir Allah adalah yang terindah dan terbaik.
5. Kepada orang-orang terdekat yang selalu membantu dan selalu ada selama masa perkuliahan, selamat berjuang di jalan masing-masing semoga akan sukses dimasa depan.
6. Kepada keluarga besar Teknik Sipil Angkatan 2017.
7. Kepada Semen Indonesia *Group* cabang Rembang yang sudah memberikan material semen PPC DuPro+ LH.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum.wr.wb,

Allahmdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya berupa kesehatan, kesempatan, waktu, dan segala kemudahan. Setelah melalui proses yang cukup panjang, pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH VARIASI BAHAN TAMBAH SIKA FUME DAN SUPERPLASTICIZER (VISCOCRETE 3115N) PADA BETON SCC DENGAN MUTU K-600”** Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Sipil di Universitas Islam Indonesia.

Terdapat beberapa kendala yang penulis hadapi dalam proses penulisan tugas akhir ini. Namun atas bimbingan, dorongan, dan bantuan dari semua pihak selama penulisan maupun saat penelitian berlangsung, maka tugas akhir dapat diselesaikan oleh penulis. Untuk itu, penulis menyampaikan terimakasih dan penghargaan rasa hormat kepada semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini kepada:

1. Allah AWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan berbagai kemudahan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW sebagai panutan umat Islam di seluruh dunia ini.
3. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D(Eng).,IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. dan Ibu Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa membimbing dan memberi arahan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.

5. Kepada keluarga besar Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Serta kepada seluruh pihak yang telah menjadi bagian dari kehidupan penulis, tentu tidak bisa disebutkan satu persatu, diucapkan terimakasih dari lubuk hati yang paling dalam. Semoga Allah membalas segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar menjadi acuan dan pedoman penulis di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca, serta dapat menjadi referensi untuk sumber ide dan gagasan bagi penelitian selanjutnya khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Wassalamu'alaikum.wr.wb.

Yogyakarta, 29 Januari 2024

Penulis



Dicky Pamungkas

(17511047)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.1.1 Pengaruh Penambahan Silica Fume Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Desak Beton	6
2.1.2 Pengaruh Variasi Penambahan <i>Superplasticizer Viscocrete 3115N</i> Terhadap Kuat Tekan Optimum Beton <i>Self Compacting Concrete</i> . .	6

2.1.3	Pengaruh Penambahan Sika Fume Terhadap Kuat Tekan <i>Self Compacting Concrete</i> yang Menggunakan <i>Superplasticizer Viscocrete 3115N</i>	7
2.1.4	Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC).....	7
2.1.5	Karakteristik Kekuatan dan <i>Workability</i> pada Beton SCC (<i>Self Compacting Concrete</i>).....	8
2.2	Keaslian Penelitian	8
BAB III DASAR TEORI		13
3.1	Beton.....	13
3.2	Bahan Penyusun Beton	13
3.2.1	Agregat.....	13
3.2.2	Semen.....	16
3.2.3	Air	17
3.2.4	Bahan Tambah (<i>Admixtures</i>)	17
3.3	Beton SCC (<i>Self Compacting Concrete</i>)	21
3.3.1	Umum	21
3.3.2	Persyaratan Beton SCC.....	21
3.4	Sifat dan Karakteristik Beton.....	21
3.4.1	Kuat Tekan Beton (f'_c).....	22
3.4.2	Kuat Tarik Belah.....	22
3.4.3	Kuat Lentur	23
3.5	Mix Design Beton.....	25
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		33
4.1	Tinjauan Umum	33
4.2	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji.....	33

4.3	Bahan Baku dan Peralatan	34
4.3.1	Bahan Baku.....	34
4.3.2	Peralatan Penelitian.....	35
4.4	Pelaksanaan Penelitian.....	37
4.4.1	Persiapan	37
4.4.2	Pemeriksaan Agregat Halus.....	37
4.4.3	Pemeriksaan Agregat Kasar.....	37
4.4.4	Mix Design	37
4.4.5	Pelaksanaan Pengujian.....	38
4.5	Diagram Alir Penelitian	43
4.5.1	Pengujian Material	43
4.5.2	Mix Design	44
4.5.3	Pengujian Sampel	46
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		47
5.1	Umum	47
5.2	Pengujian Agregat Halus	47
5.2.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	47
5.2.3	Pengujian Berat Isi Volume Gembur Agregat Halus.....	48
5.2.4	Pengujian Berat Isi Volume Padat Agregat Halus	49
5.2.5	Pengujian Modulus Butir Halus Agregat Halus.....	50
5.2.6	Pengujian Lolos Saringan Kadar Lumpur Agregat Halus.....	54
5.3	Pemeriksaan Agregat Kasar.....	54
5.3.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	55
5.3.2	Pengujian Berat Isi Volume Gembur Agregat Kasar	56
5.3.3	Pengujian Berat Isi Volume Padat Agregat Kasar	57

5.3.4	Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	58
5.4	Perencanaan Campuran Beton SCC (<i>Mix Design</i>)	61
5.5	Hasil Pengujian Nilai <i>Slump Flow</i>	71
5.6	Hasil Pengujian Nilai <i>V-Funnel</i>	74
5.7	Hasil Pengujian Nilai <i>L-Box</i>	75
5.8	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton SCC	78
5.9	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC	82
5.10	Pengujian Kuat Lentur Beton SCC	86
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		92
6.1	Kesimpulan	92
6.2	Saran	94
DAFTAR PUSTAKA		95
LAMPIRAN		97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Sketsa Pengujian Kuat Tekan.....	22
Gambar 3.2 Sketsa Pengujian Kuat Tarik belah.....	23
Gambar 3.3 Perletakan dan Pembebanan Dua Titik Uji Kuat Lentur.....	24
Gambar 3.4 Patah pada 1/3 Bentang Tengah.....	25
Gambar 3.5 Patah Diluar 1/3 Bentang Tengah dan Garis patah pada <5% dari Bentang.....	25
Gambar 3.6 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen.....	28
Gambar 3.7 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan.....	32
Gambar 4.1 Peralatan Penelitian.....	36
Gambar 4.2 Pengujian <i>Slump Flow</i>	38
Gambar 4.3 Pengujian <i>V-Funnel</i>	39
Gambar 4.4 Pengujian <i>L-Shapped Box</i>	40
Gambar 4.5 Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Alat <i>Compressing Test Machine</i>	40
Gambar 4.6 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	41
Gambar 4.7 Pengujian Kuat Lentur Beton.....	42
Gambar 4.8 Bagan Alir Pengujian Material.....	43
Gambar 4.9 Bagan Alir <i>Mix Design</i>	45
Gambar 4.10 Bagan Alir Pengujian Sampel.....	46
Gambar 5.1 Analisa Saringan Agregat Halus Gradasi 3.....	53
Gambar 5.2 Analisa Saringan Agregat Kasar.....	61
Gambar 5.3 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen.....	64
Gambar 5.4 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan.....	68
Gambar 5.5 Uji T50 <i>Slump Flow</i> K-600.....	72
Gambar 5.6 Uji Diameter <i>Slump Flow</i> K-600.....	73
Gambar 5.7 Uji T50 <i>V-Funnel</i> K-600.....	75
Gambar 5.8 Uji <i>L-Box</i> K-600.....	77
Gambar 5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton K-600.....	81
Gambar 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Rata-rata K-600.....	86

Gambar 5.11 Pengujian Kuat Lentur Beton SCC K-600.....90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang.....	9
Tabel 3.1 Batas Gradasi Agregat Kasar	15
Tabel 3.2 Gradasi Pasir	16
Tabel 3.3 Faktor Pengali Deviasi Standar.....	16
Tabel 3.4 Perkiraan Kuat Tekan (MPa) dengan fas 0,5	27
Tabel 3.5 Perkiraan Kebutuhan Air per M3 Beton	29
Tabel 3.6 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan <i>fas</i> Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus.....	30
Tabel 4.1 Sampel Uji Setiap Variasi.....	34
Tabel 5.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air	48
Tabel 5.2 Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus.....	49
Tabel 5.3 Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus	50
Tabel 5.4 Pengujian Modulus Butir Halus Agregat Halus.....	52
Tabel 5.5 Pengujian Lolos Saringan Kadar Lumpur.....	54
Tabel 5.6 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	56
Tabel 5.7 Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar.....	57
Tabel 5.8 Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar.....	57
Tabel 5.9 Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Kasar.....	60
Tabel 5.10 Perkiraan Kuat Tekan (MPa) dengan fas 0,5	63
Tabel 5.11 Perkiraan Kebutuhan Air per M3 Beton	65
Tabel 5.12 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan <i>fas</i> Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus.....	66
Tabel 5.13 Hasil Perencanaan Mix Design K-600.....	69
Tabel 5.14 Proporsi Campuran Beton SCC Mutu K-600	71
Tabel 5.15 Pengujian <i>Slump Flow</i> T50 K-600.....	72
Tabel 5.16 Pengujian <i>V-Funnel</i> K-600	74
Tabel 5.17 Pengujian <i>L-Box</i> K-600.....	76
Tabel 5.18 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton SCC Mutu K-600.....	79

Tabel 5.19 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC Mutu K-600...	83
Tabel 5.20 Perbandingan nilai dan Korelasi Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton SCC K-600.....	84
Tabel 5.21 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton SCC K-600	87
Tabel 5.22 Perbandingan nilai dan Korelasi Kuat Lentur dan Kuat Tekan Beton SCC K-600.....	88

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Pemakaina Lab	98
Lampiran 2 Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian	103

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

SCC	= <i>Self Compacting Concrete</i>
EFNARC	= <i>European Federation of National Associations Representing for Concrete</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia
PPC	= <i>Portland Pozzolan Cement</i>
MPa	= <i>Megapascal</i>
SSD	= <i>Saturated Surfaced Dry</i>
fas	= Faktor air semen
Sd	= Deviasi Standar
M	= Nilai Tambah
Sr	= Deviasi Standar Rencana
f'c	= Kuat tekan beton (MPa)
f'cr	= Kuat tekan beton yang ditargetkan (MPa)
fct	= Kuat tarik belah beton (MPa)
flt	= Kuat lentur beton (MPa)
P	= Gaya maksimum (N)
L	= Panjang benda uji (mm ²)
D	= Diameter benda uji (mm ²)
b	= Lebar tampang melintang arah horizontal (mm ²)
h	= Tinggi tampang melintang arah horizontal (mm ²)
a	= Jarak rerata antara tampang melintang dan tumpuan luar terdekat, diukur pada empat tempat pada sudut dari bentang (mm)
A	= Luas penampang benda uji (mm ²)
W	= Jumlah air yang dibutuhkan (kg/m ³)
Wh	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus (kg/m ³)
Wh	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (kg/m ³)
Wsemen	= Perkiraan jumlah semen yang dibutuhkan (kg/m ³)
%AH	= Persentase agregat halus

%AK	= Persentase agregat kasar
BJAH	= Berat jenis agregat halus
BJAK	= Berat jenis agregat kasar
MHB	= Modulus Halus Butir
SIG	= Semen Indonesia <i>Group</i>

ABSTRAK

Beton SCC (*Self Compacting Concrete*) merupakan beton yang dapat mengalami pemadatan sendiri tanpa menggunakan alat pemadat atau mesin penggetar. Perhitungan perencanaan campuran beton di Indonesia menggunakan pedoman SNI 03-2834-2000 dan untuk beton SCC dikarenakan belum spesifik diatur dalam SNI, maka dilakukan pendekatan menggunakan aturan EFNARC 2005. Beton yang akan diuji memiliki umur 28 hari. Mutu beton SCC yang akan diteliti adalah K-600 (49,8 MPa). Digunakan bahan tambah merk *sika fume* dengan variasi sebanyak 0%, 6%, 7%, 8%, 9% dan 10% dari berat semen dan penambahan *superplasticizer (viscocrete 3115N)* 0,9% dari berat semen. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm serta balok yang memiliki panjang 600 mm, lebar 150 mm dan tinggi 150 mm. Masing-masing mutu beton pada setiap variasi penambahan persentase *sika fume* memiliki jumlah benda uji sebanyak 6 silinder uji kuat tekan beton, 3 silinder uji kuat tarik belah beton, dan 3 balok uji kuat lentur beton. Variasi *sikafume* 10% tidak dapat dikatakan dalam beton SCC karena tidak memenuhi persyaratan *workability* EFNARC 2005. Didapatkan hasil kuat tekan optimum pada penambahan *sikafume* 7% sebesar 56,32 MPa. Pada pengujian kuat tarik belah didapatkan nilai optimum pada penambahan *sikafume* 7% sebesar 5,521 MPa. Pada pengujian kuat lentur didapatkan nilai optimum pada penambahan *sikafume* 7% sebesar 5,840 MPa.

Kata Kunci : Beton SCC, *Self Compacting Concrete*, *sika fume*, *viscocrete 3115N*

ABSTRACT

Self Compacting Concrete (SCC) is concrete that can self-compacted without the need for compaction tools or vibrating machines. The mix design calculations for concrete in Indonesia follow the guidelines of SNI 03-2834-2000, but for SCC, as it is not specifically addressed in the SNI, an approach is made using the EFNARC 2005 regulations. The tested concrete has a curing period of 28 days, and the targeted strength for SCC is K-600 (49.8 MPa). Sika fume additive is used with varying percentages of 0%, 6%, 7%, 8%, 9%, and 10% by the weight of cement, along with the addition of superplasticizer (viscocrete 3115N) at 0.9% of the weight of cement. The specimens used for testing include cylinders with a diameter of 150 mm and height of 300 mm, as well as beams with dimensions of 600 mm in length, 150 mm in width, and 150 mm in height. For each percentage variation of sika fume, there are 6 cylindrical specimens for compressive strength testing, 3 cylindrical specimens for split tensile strength testing, and 3 beam specimens for flexural strength testing. The 10% sika fume variation does not meet the EFNARC 2005 requirements and is excluded from SCC consideration. The optimum compressive strength result is achieved with a 7% sika fume addition, reaching 56.32 MPa. In split tensile strength testing, the optimum value is obtained with a 7% sika fume addition, measuring 5.521 MPa. Similarly, in flexural strength testing, the optimum result is found with a 7% sika fume addition, recording 5.840 MPa.

Keywords : *Self Compacting Concrete, sika fume, viscocrete 3115N*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur dan penambahan penduduk terus berkembang pada era sekarang, yang akan berdampak pada perubahan kebutuhan sosial pada beberapa bidang. Inovasi diperlukan guna mendapatkan hal-hal baru dan menghasilkan produk yang lebih baik untuk mengimbangi laju perkembangan. Untuk itu diperlukan pengembangan infrastruktur untuk mendukung pembangunan yang ada. Kondisi suatu struktur konstruksi membutuhkan penggunaan bahan bangunan yang beragam, baik seperti penggunaan konstruksi beton maupun konstruksi struktur baja.

Konstruksi beton merupakan salah satu jenis konstruksi yang paling sering dijumpai, dikarenakan konstruksi jenis ini dapat dibuat dengan mudah dan fleksibel sesuai dengan kebutuhan suatu bangunan baik dalam skala besar maupun skala kecil. Bahan material pembuat beton juga mudah ditemui hampir di semua daerah, sehingga dapat digunakan dan diproduksi dengan mudah oleh masyarakat. Beton sendiri merupakan suatu bahan campuran yang terdiri dari beberapa material, diantaranya semen, agregat kasar, agregat halus, air, maupun bahan tambah lainnya dengan perbandingan tertentu. Campuran beton harus direncanakan sedemikian rupa, agar menghasilkan campuran beton segar yang mudah dikerjakan dan dapat memenuhi kekuatan tekan rencana setelah beton mencapai kuat optimumnya pada umur 28 hari.

Seiring berkembangnya dunia konstruksi, inovasi-inovasi semakin banyak dilakukan, 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.

Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) menurut SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa. Untuk menghasilkan beton mutu tinggi terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, diantaranya pasta semen, agregat yang meliputi bentuk agregat, ukuran agregat, dan kekerasan agregat, serta lekatan semen-agregat. Bahan tambah (*admixtures*) juga dapat digunakan untuk meningkatkan mutu maupun kinerja beton. Bahan tambah berupa silika fume ataupun *fly ash* berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan beton, bahan tambah lain yang dapat digunakan yaitu *superplasticizer* yang berfungsi dalam membantu *workability* dalam pelaksanaan konstruksi. Pemadatan diperlukan guna mengurangi rongga udara yang terdapat didalam campuran beton, Dengan keadaan rongga udara yang menghilang, maka tingkat porositas beton lebih kecil yang dapat berpengaruh pada tingkat keawetan beton menjadi lebih lama, dan kondisi luar beton akan lebih halus dan baik. Untuk membantu dalam memudahkan pemadatan pada daerah yang memiliki jarak antar tulangan yang sempit, diperlukan inovasi dalam perencanaan beton. Langkah yang dapat diambil yaitu dengan pembuatan beton SCC (*Self Compacting Concrete*).

Beton SCC (*Self Compacting Concrete*) merupakan suatu kondisi beton yang dapat mengalir dan memadat sendiri tanpa memerlukan proses pemadatan dengan alat bantu (*vibrator*). Menurut (EFNARC 2005) beton dapat dikatakan beton SCC jika beton memenuhi sifat tertentu, salah satunya memiliki nilai slump flow yang tinggi berkisar antara 650mm – 800mm. Beton SCC akan sukar mengalir sendiri apabila tidak menggunakan bahan tambah (*admixtures*), tujuan dalam menggunakan bahan tambah ini adalah dalam membantu menurunkan kekentalan campuran beton tanpa merubah kuat tekan rencana beton. Bahan tambah yang digunakan adalah jenis superplasticizer dengan merk *viscocrete 3115N*. *Superplasticizer viscocrete 3115N* merupakan salah satu inovasi untuk memudahkan beton dapat mengalir. Keunggulan dari *viscocrete 3115N* yaitu *high range water reducer* mencapai 30% dan menghasilkan aliran yang tinggi bagi beton segar. Pada penelitian sebelumnya

mengenai kadar optimum *viscocrete 3115N* terhadap beton SCC didapatkan kadar optimum sebesar 0,9% dari berat semen (Ikbal,2016).

Untuk menghasilkan beton SCC dengan daya alir yang baik namun tetap memiliki kuat tekan tinggi, dapat digunakan kombinasi bahan tambah superplasticizer dan bahan tambah mineral berupa *silica fume*. Bahan tambah *silica fume* telah banyak digunakan dan dikenal masyarakat untuk meningkatkan mutu beton, *silica fume* sendiri merupakan material *pozzolan* yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau *alloy* besi silikon (dikenal sebagai gabungan antara *micro silica* dengan *silica fume*) (ASTM.C.1240,1995: 637-642). Pada penelitian ini merk *silica fume* yang digunakan adalah *sika fume* dari PT. Sika Indonesia. *Sika fume* merupakan bahan tambah (*admixture*) pada campuran beton yang berbentuk bubuk halus, dan berbentuk bulat yang berukuran 1/1000 dari diameter semen. Presentase campuran *sika fume* yang direkomendasikan oleh PT. Sika Indonesia adalah 5-15% dari berat semen. Pada penelitian sebelumnya dengan presentase 0-5% didapatkan kadar optimum penggunaan *sika fume* yaitu sebesar 3% dari berat semen (Bima, 2017). Sedangkan peneliti kali ini ingin mengetahui kadar optimum penggunaan *sika fume* pada presentase 6-10% dari berat semen. Metode pengembangan yang ada di Indonesia masih terbatas dengan menggunakan *mix design*, dikarenakan beton SCC belum begitu digunakan atau dikenal oleh masyarakat. Oleh karena itu penelitian ini akan dilakukan menggunakan metode *mix design* SNI 03-2834-2000 dan melalui pendekatan syarat-syarat sesuai EFNARC 2005.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah yang diperoleh dari latar belakang.

1. Apakah terdapat pengaruh dalam penggunaan *sika fume*?
2. Berapa besar kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton SCC (*Self Compacting Concrete*) K-600 yang menggunakan *superplasticizer* merk *viscocrete 3115N* dengan kadar 0,9% dengan variasi campuran bahan tambah merk *sika fume* 0%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% dari berat semen?

3. Apakah terdapat nilai kuat tekan optimum dalam penggunaan *sika fume* dengan rentang 6% sampai 10% pada beton SCC (*Self Compacting Concrete*) K-600?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut tujuan penelitian yang berdasarkan pada rumusan masalah tersebut.

1. Untuk mengetahui pengaruh dalam penggunaan *sika fume*.
2. Untuk mendapatkan hasil kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton SCC (*Self Compacting Concrete*) K-600 yang menggunakan *superplasticizer* merk *viscocrete 3115N* dengan kadar 0,9% dengan variasi campuran bahan tambah merk *sika fume* 0%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% dari berat semen.
3. Untuk mendapatkan nilai optimum dalam penggunaan *sika fume* dengan rentang 6% sampai 10% pada beton SCC (*Self Compacting Concrete*) K-600.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut manfaat dari penelitian ini.

1. Akan didapatkan proporsi campuran beton mutu tinggi yang lebih efektif terhadap perubahan kuat tekan beton rencana.
2. Memberikan informasi apakah mutu beton SCC dengan penambahan *sika fume* dan *viscocrete 3115N* dapat menghasilkan mutu tinggi sesuai kuat tekan rencana.
3. Sebagai acuan pembuatan beton mutu tinggi dengan bahan tambah (*admixtures*).

1.5 Batasan Penelitian

Mengingat ruang lingkup dari penyusunan tugas akhir sangat luas, sehingga penulis membatasi masalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan beton rencana yang akan dibuat K-600 (49,8MPa).
2. Semen yang digunakan adalah semen Portland tipe I (PPC) merk DuPro+ LH (Semen Indonesia Group)
3. Ukuran agregat kasar maksimum 20mm.
4. Agregat kasar berasal dari Clereng.
5. Agregat halus berasal dari Progo.
6. Agregat halus yang digunakan menggunakan gradasi 3.
7. Bahan tambah (*admixtures*) yang digunakan berupa *silica fume* dengan merk *sika fume* dengan variasi campuran 0%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% dari berat semen.
8. Bahan tambah (*admixtures*) yang digunakan berupa *superplasticizer* dengan merk *viscocrete 3115N* dengan kadar 0,9% dari berat semen.
9. Waktu perawatan 28 hari.
10. Pengujian benda uji dilakukan pada umur 28 hari.
11. Penelitian dilakukan sebatas uji kuat tekan dan kuat tarik silinder, serta kuat lentur balok. Sedangkan pengujian workability menggunakan uji *slump flow*, *V-funnel*, dan *L-shaped box*.
12. Bahan material dianggap tercampur merata atau homogen.
13. Pengaruh suhu, udara, serta faktor yang mempengaruhi lainnya diabaikan.
14. Tinjauan diberatkan terhadap proporsi campuran bahan tambah (*admixtures*) terhadap kuat tekan beton.
15. Penelitian menggunakan metode *mix design* SNI 03-2834-2000 dan EFNARC tahun 2005.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang menjadi tinjauan pustaka dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

2.1.1 Pengaruh Penambahan Silica Fume Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Desak Beton

Novianto (2005), melaksanakan penelitian berupa pengaruh penambahan silica fume dan superplasticizer terhadap kuat desak beton untuk mengetahui kekuatan beton yang menggunakan bahan tambah *silica fume* dan *superplasticizer*. Variasi penambahan *silica fume* adalah 0%; 2,5%; 5%; 7,5% dan 10% dari berat semen, sedangkan penambahan *superplasticizer* disesuaikan dengan kebutuhan agar nilai slump sesuai dengan perencanaan yaitu sebesar 150 mm, serta kuat tekan yang direncanakan sebesar 25MPa. Pada variasi penambahan *silica fume* 2,5%; 5%; 7,5% dan 10% dengan penambahan *superplasticizer* 0,6%; 0,8%; 1,0% dan 1,2% terhadap berat semen kuat desak beton umur 28 hari berturut-turut sebesar 9,44%; 22,09%; 43,58%; 50,51%. Peningkatan optimum terjadi pada penambahan *silica fume* 10% dan *superplasticizer* 1,2 % terhadap berat semen dengan kuat desak beton yang dihasilkan sebesar 56,36 MPa.

2.1.2 Pengaruh Variasi Penambahan Superplasticizer Viscocrete 3115N Terhadap Kuat Tekan Optimum Beton Self Compacting Concrete.

Ikbal (2016), melaksanakan penelitian berupa pengaruh variasi penambahan *Superplasticizer Viscocrete 3115N* terhadap kuat tekan optimum beton *Self Compacting Concrete* untuk mengetahui kadar optimum *Superplasticizer Viscocrete 3115N* terhadap kuat tekan beton SCC. Penelitian dilakukan menggunakan variasi penambahan *superplasticizer viscocrete 3115N* sebesar 0,8%, 0,9%, 1%, 1,1%, dan 1,2% terhadap berat semen dengan kuat tekan rencana sebesar 43 MPa serta menggunakan SNI 03-2834-2000 dan EFNARC 2005

sebagai pedoman perencanaan campuran beton SCC. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kadar optimum sebesar 0,9% dari berat semen dengan kuat rencana sebesar 46 MPa.

2.1.3 Pengaruh Penambahan Sika Fume Terhadap Kuat Tekan *Self Compacting Concrete* yang Menggunakan *Superplasticizer Viscocrete 3115N*.

Bima (2017), melaksanakan penelitian berupa pengaruh penambahan sika fume terhadap kuat tekan *Self Compacting Concrete* yang menggunakan *superplasticizer viscocrete 3115N* dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh sika fume pada rentang 0% sampai 5% dan penggunaan *superplasticizer viscocrete 3115N* terhadap kuat tekan serta karakteristik beton SCC. Penelitian dilakukan dengan cara pembuatan sampel beton dengan beberapa variasi presentase kadar *silica fume*. Kadar presentase *silica fume* yang dilakukan adalah 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% dari berat semen. Serta dilakukan penambahan *superplasticizer viscocrete 3115N* sebesar 0,9% dari berat semen untuk membantu workability. Perawatan beton dilakukan selama 28 hari dan kuat desak rencana sebesar 43 MPa. Didapatkan hasil pengujian kadar optimum sika fume didapatkan pada penambahan 3% dengan kuat desak sebesar 50,54 MPa dan modulus elastisitas sebesar 36499,96 MPa.

2.1.4 Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Beton *Self Compacting Concrete* (SCC)

Riandika, dkk (2020), melaksanakan penelitian berupa penambahan *Silica Fume* (Sika Fume) dan *Superplasticizer* (Sika Viscocrete-8045) terhadap beton *Self Compacting Concrete* (SCC) untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan terhadap kuat tekannya. Penambahan admixture *Superplasticizer* bervariasi yaitu 1,6 % dan 1,7% menggunakan Sika Viscocrete-8045P terhadap berat semen dan penambahan *silica fume* secara bervariasi digunakan adalah Sikafume produksi PT. SIKA GROUP. Terdapat 5 Variasi Campuran Tambahan Silica Fume yaitu 6%, 7%, 8%, 9%, 10% dari berat semen. Variasi dosis *Superplasticizer* 1.6% kuat tekan tertinggi di umur 28 hari dicapai pada variasi dosis *Silika Fume* 9% dengan kuat tekan 87.80 MPa (tercapai 219.5% dari desain rencana yaitu 40 MPa). Dan pada

variasi dosis *Superplasticizer* 1.7% kuat tekan tertinggi di umur 28 hari di capai pada variasi dosis *Silika Fume* 8% dengan kuat tekan 93.97 MPa (tercapai 234.9% dari desain rencana yaitu 40 MPa).

2.1.5 Karakteristik Kekuatan dan *Workability* pada Beton SCC (*Self Compacting Concrete*)

Fakrianto, Herlina (2023), melakukan penelitian berupa inovasi beton SCC dengan menggunakan bahan aditif berupa *superplasticizer* jenis *Viscocrete 3115N* dengan kadar 0,5%, 1%, dan 2% dengan tujuan untuk mengamati sifat-sifat beton seperti kuat tekan, kuat tarik belah, dan *workability* beton pada umur beton 28 hari. Penambahan *superplasticizer* berpengaruh terhadap sifat beton, nilai *slump flow* mengalami peningkatan dari kadar *superplasticizer* 0%, 0,5%, 1%, dan 2%. *Slump flow* tertinggi berada pada kadar 2% dengan hasil 700 mm. Untuk kuat tekan pada kadar 0,5% dan 1% mengalami peningkatan, namun pada kadar 2% mengalami penurunan, sehingga kuat tekan optimum beton SCC berada pada kadar 1% sebesar 52,08 MPa. Karakteristik yang sama juga berlaku pada pengujian kuat tarik belah, dimana kadar 0,5% dan 1% mengalami peningkatan, namun pada kadar 2% mengalami penurunan nilai. Kuat tarik belah optimum berada pada kadar 1% dengan nilai sebesar 3,16 Mpa.

2.2 Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya, terdapat perbedaan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis. Perbandingan perbedaan penelitian diambil dari peneliti terdahulu tentang pembuatan beton mutu tinggi menggunakan bahan tambah *silica fume* dan bahan tambah lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

Peneliti	Novianto	Ikbal	Bima	Riandika dkk	Fakrianto, Herlina	Penulis
Tahun	2005	2016	2017	2020	2023	2024
Judul Penelitian	Pengaruh Penambahan <i>Silica Fume</i> Dan <i>Superplasticizer</i> Terhadap Kuat Desak Beton	Pengaruh Variasi Penambahan <i>Superplasticizer Viscocrete 3115N</i> Terhadap Kuat Tekan Optimum Beton <i>Self Compacting Concrete</i>	Pengaruh Penambahan Sika Fume Terhadap Kuat Tekan <i>Self Compacting Concrete</i> yang Menggunakan <i>Superplasticizer Viscocrete 3115N</i>	Pengaruh Penambahan <i>Silica Fume</i> Terhadap Beton <i>Self Compacting Concrete (SCC)</i>	Karakteristik kekuatan dan <i>Workability</i> pada Beton SCC (<i>Self Compacting Concrete</i>)	Pengaruh Variasi Bahan Tambah <i>Sika fume</i> Dan <i>Superplasticizer (Viscocrete 3115-N)</i> Pada Beton SCC Dengan Mutu K-600
Tujuan Penelitian	Untuk mengetahui besar kekuatan beton yang menggunakan bahan tambah <i>silica fume</i> dan <i>superplasticizer</i>	Untuk mengetahui kadar optimum <i>Superplasticizer Viscocrete 3115N</i> terhadap kuat tekan beton SCC	Untuk mengetahui pengaruh sika fume pada rentang 0% - 5% dan penggunaan <i>superplasticizer viscocrete 3115N</i> terhadap kuat tekan	Untuk mengetahui pengaruh penambahan <i>Silica Fume (Sika Fume)</i> dan <i>Superplasticizer (Sika Viscocrete-8045)</i> terhadap beton SCC	Untuk mengamati pengaruh bahan aditif <i>superplasticizer (viscocrete 3115N)</i> dengan kadar 0,5%, 1%, dan 2% terhadap kuat tekan,	Untuk menentukan proporsi campuran yang sesuai dengan kuat tekan beton rencana K600 dengan penambahan <i>sika fume</i> dengan kadar 6%-10% dan

			dan karakteristik beton SCC		kuat tarik belah, dan workability	penambahan <i>superplasticizer viscocrete 3115N</i> dengan kadar 0,9%
Parameter Pengujian	Hasil pengujian kuat tekan beton yang diperoleh terhadap kuat tekan rencana dengan penambahan variasi <i>silica fume</i> dan <i>superplasticizer</i>	Hasil pengujian kuat tekan beton yang diperoleh terhadap kuat tekan rencana dengan penambahan variasi <i>superplasticizer</i> merk <i>viscocrete 3115N</i>	Hasil pengujian kuat tekan beton yang diperoleh terhadap kuat tekan rencana dengan penambahan variasi <i>sika fume</i> dan penambahan <i>superplasticizer</i> merk <i>viscocrete 3115N</i>	Hasil pengujian kuat tekan beton yang diperoleh terhadap kuat tekan rencana dengan penambahan variasi <i>Silica Fume</i> dan variasi <i>Superplasticizer</i> (Sika Viscocrete-8045)	Hasil pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan uji <i>slump flow</i> dengan penambahan <i>superplaticizer</i> merk <i>viscocrete 3115N</i>	Hasil pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan kuat lentur beton dengan penambahan <i>superplasticizer</i> merk <i>viscocrete 3115N</i> dan variasi <i>sika fume</i>
Metode Penelitian	Perhitungan dengan <i>mix design</i> dan pengujian kuat tekan beton	Perhitungan dengan <i>mix design</i> dan pengujian kuat tekan beton	Perhitungan dengan <i>mix design</i> dan pengujian kuat tekan beton	Perhitungan dengan <i>mix design</i> dan pengujian kuat tekan beton	Perhitungan dengan <i>mix design</i> dan pengujian kuat tekan, kuat tarik	Perhitungan dengan <i>mix design</i> dan pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton,

					belah, serta uji <i>slump flow</i>	serta kuat lentur beton.
Hasil Penelitian	Hasil penelitian tersebut menunjukkan peningkatan optimum terjadi pada penambahan <i>silica fume</i> 10% dan <i>superplasticizer</i> 1,2 % terhadap berat semen dengan kuat desak beton yang dihasilkan sebesar 56,36 MPa	Hasil penelitian tersebut menunjukkan kadar optimum yang didapatkan sebesar 0,9% dari berat semen dengan kuat tekan beton rencana sebesar 46 MPa.	Hasil penelitian tersebut menunjukkan kadar optimum sika fume didapatkan pada penambahan 3% dari rentang 0-5% dengan kuat desak sebesar 50,54 MPa dan modulus elastisitas sebesar 36499,96 MPa.	Hasil penelitian tersebut menunjukkan variasi <i>Superplasticizer</i> 1.6% dengan variasi <i>Silika Fume</i> 9% didapat kuat tekan 87.80 MPa (tercapai 219.5% dari desain rencana yaitu 40 MPa). Sedangkan variasi <i>Superplasticizer</i> 1.7% dengan variasi <i>Silika Fume</i> 8% didapat kuat tekan 93,97 MPa (tercapai	Hasil penelitian tersebut menunjukkan variasi <i>superplaticizer</i> 1% mencapai titik optimum dengan nilai kuat tekan sebesar 52,08 Mpa, dan kuat tarik belah sebesar 3,16 MPa. Sedangkan untuk sifat <i>workability</i> , kadar <i>superplaticizer</i> 2% memiliki nilai slump flow tertinggi	Hasil penelitian penulis menunjukkan pada variasi <i>sikafume</i> 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

				234.9% dari desain rencana yaitu 40 MPa).	dengan nilai 700 mm.	7% sebesar 5,840 MPa.
--	--	--	--	---	----------------------	-----------------------

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Beton

Beton merupakan campuran antara semen *portland* atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan, membentuk massa yang padat, kuat, dan stabil (SNI 7656:2012). Dalam pembuatan suatu beton dengan mutu tertentu perlu diperlukan proporsi kebutuhan agregat, semen, dan air yang digunakan. Jumlah pasta pada pembuatan beton berisi 30-40% dan agregat sebesar 60-70% dari volume berat total beton. Dengan penambahan umur rencana, maka beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan yang optimal atau kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari.

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi di bandingkan beton normal biasa. Beton mutu tinggi apabila beton memiliki kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa (SNI 03-6468-2000). Mutu beton yang diperoleh biasanya berdasarkan kuat tekan beton rencana. Untuk mendapatkan mutu beton yang direncanakan, perlu adanya *mix design* untuk mendapatkan jumlah proporsi masing-masing bahan yang digunakan. Maka perlu diperhatikan dalam pemilihan material agar sesuai dengan kriteria yang disyaratkan. Semakin tinggi kuat tekan beton rencana maka, mutu beton yang diperoleh semakin tinggi.

3.2 Bahan Penyusun Beton

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

3.2.1 Agregat

Agregat dapat didefinisikan sebagai butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat dengan ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen (Silvia Sukirman, 2003). Fungsi agregat sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Karena volume agregat pada beton mencapai $\pm 70\%$ volume beton,

agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, memberikan kekuatan beton, sehingga kualitas agregat sangat mempengaruhi mutu beton yang dihasilkan.

Agregat dalam campuran beton dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

1. Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang dipecah. Agregat kasar dapat merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5,00 mm sampai 40 mm (SNI 03-2847-2002). Agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dengan partikel butir lebih besar dari 5 mm atau antara 9,5 mm dan 37,5 mm (ASTM C33). Adapun persyaratan yang harus dipenuhi agregat kasar dalam campuran beton sebagai berikut.

- a. Kerikil yang digunakan memiliki sifat yang keras dan tidak berpori dan mempunyai sifat kekal (tidak mudah pecah karena faktor cuaca seperti hujan dan panas). Agregat yang terdapat butir-butir pipih hanya dapat digunakan tidak melebihi 20 % dari berat agregat keseluruhan.
- b. Agregat yang reaktif dengan alkali boleh digunakan dengan semen yang kadar alkalinya dihitung setara Natrium Oksida tidak lebih dari 0,6% atau dapat menambah bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaihan yang dapat membahayakan oleh karena reaksi alkali-agregat.
- c. Sifat kekal, diuji dengan larutan garam sulfat
 - 1) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian hancur maksimum 12 %.
 - 2) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian hancur maksimum 12 %.
- d. Agregat tidak boleh mengandung bahan yang dapat merusak beton.
- e. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%.
- f. Kekerasan dari agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20 ton dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - 1) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 19 mm lebih dari 24% berat.
 - 2) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19 – 30 mm lebih dari 22% berat.

Tabel 3.1 Batas Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Presentase Lolos (%)		
	Gradasi Agregat		
	40mm	20mm	10mm
80	100	-	-
40	95 – 100	100	-
20	35 – 70	95 – 100	100
10	10 – 40	30 – 60	50 – 85
4,8	0 - 5	0 - 10	0 - 10

Sumber: SNI 03-2834-2000

2. Agregat Halus

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

- a. Kadar lumpur atau bagan butir yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no 200) dalam % berat maksimum:
 - 1) Beton yang mengalami abrasi, 3%
 - 2) Beton jenis lainnya, 5%
- b. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah direpihkan maksimum 0,5%.
- c. Kandungan arang dan lignit.
- d. Bebas dari zak organik yang dapat merugikan beton dalam segi apapun.
- e. Tidak boleh mengandung bahan reaktif terhadap alkali jika agregat halus digunakan untuk membuat beton yang dalam kondisi basah dan lembab terus menerus.
- f. Sifat kekal, diuji dengan larutan garam sulfat.
- g. Modulus halus butir antara 1,5 – 3,8 dengan variasi butir sesuai standar gradasi pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Presentase Bahan Butiran yang Lewat Ayakan			
	Daerah I (Kasar)	Daerah II (Agak Kasar)	Daerah III (Agak Halus)	Daerah IV (Halus)
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 75	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber: Tjokrodinuljo (2007)

3.2.2 Semen

Semen merupakan bahan yang bersifat hidrofilis yang bila dicampur air akan berubah menjadi bahan yang mempunyai sifat perekat. Penggunaannya antara lain meliputi beton, adukan mortar, plesteran, bahan penambal, adukan encer (*grout*) dan sebagainya. Pada umumnya terdapat beberapa jenis semen dan tipe semen yang berada dipasaran. Beberapa jenis semen diatur dalam SNI, diantaranya menurut SNI 15-2049-2004 mengenai semen portland (OPC = *Ordinary Portland Cement*) yang dibedakan menjadi 5 tipe yakni :

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

6. Tipe V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Selain itu, SNI 15-0302-2004 mengenai semen *portland pozolan* (PPC = *Portland pozzoland cement*). Semen *portland pozzolan* adalah semen yang dibuat dari campuran homogen semen portland bersamaan dengan bahan yang mempunyai sifat pozolan. Campuran beton dan mortar menggunakan PPC mempunyai sifat pengerjaan yang mudah, namun akan terjadi perpanjangan waktu pengikatan. Kekuatan tekan beton dengan semen pozolan pada umur awal lebih rendah tetapi pada umur lama akan semakin tinggi karena masih terjadi reaksi antara silika aktif pozolan dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ membentuk senyawa CSH.

Jenis semen lainnya diatur dalam SNI 15-7064-2004 mengenai semen portland komposit (PCC = *Portland Composite Cement*) yakni semen yang dibuat dari hasil penggilingan terak semen portland dan gips dengan bahan anorganik. Bahan anorganik yang dicampur dapat lebih dari satu macam misalnya terak tanur tinggi, pozolan, senyawa silikat, batu kapur dan sebagainya. Terdapat pula semen *masonry* yang diatur dalam SNI 15-3758-2004. Semen *masonry* didefinisikan sebagai campuran dari semen portland atau campuran semen hidrolis dengan bahan yang bersifat menambah keplastisan (seperti batu kapur, kapur yang terhidrasi atau kapur hidrolis) bersamaan dengan bahan lain yang digunakan untuk meningkatkan satu atau lebih sifat seperti waktu pengikatan (*setting time*), kemampuan kerja (*workability*), daya simpan air (*water retention*), dan ketahanan (*durability*).

3.2.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen. Air yang digunakan untuk campuran adukan mortar semen yang paling baik merupakan air yang memenuhi syarat air bersih. Air yang mengandung senyawa-senyawa seperti garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran adukan mortar semen akan menurunkan kualitas dan kekuatannya.

3.2.4 Bahan Tambah (*Admixtures*)

Penggunaan bahan tambah dalam pencampuran beton bertujuan untuk meningkatkan penampilan (*performance*), mutu (*quality*), keawetan (*druability*),

dan kemudahan pekerjaan (*workability*). Bahan tambah dapat dikelompokkan beberapa jenis, antara lain sebagai berikut.

1. Bahan tambah kimia

Bahan tambah kimia merupakan bahan tambah cairan kimia yang ditambahkan untuk mengendalikan waktu pengerasan dapat mempercepat atau memperlambat, mereduksi kebutuhan air, memudahkan pengerjaan beton meningkatkan *slump* dan sebagainya. Ketentuan dan syarat mutu bahan tambahan kimia sesuai dengan ASTM C 494-81 "*Standard Specification for Chemical Admixture-for Concrete*". Berikut beberapa tipe bahan tambah kimia.

a. Tipe A "*Water-Reducing Admixtures*"

Water-Reducing Admixtures dapat didefinisikan sebagai bahan tambahan yang bersifat mengurangi jumlah air dalam pembuatan beton agar mendapat hasil beton yang konsistensinya tertentu. Bahan tambah ini tidak mengurangi kadar semen dan nilai *slump* untuk dapat memproduksi beton dengan nilai perbandingan ratio faktor air semen (fas) yang rendah.

b. Tipe B "*Retarding Admixture*"

Retarding Admixture dapat didefinisikan sebagai bahan tambahan yang berfungsi menghambat pengikatan beton. Digunakan untuk menunda waktu pengikatan beton (memperlambat) pengerasan untuk membantu pelaksanaan pekerjaan pengecoran.

c. Tipe C "*Accelerating Admixture*"

Accelerating Admixture dapat didefinisikan sebagai bahan tambahan yang berfungsi mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton. Bahan ini digunakan untuk mengurangi lama waktu pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan awal beton.

d. Tipe D "*Water Reducing and Retarding Admixtures*"

Water Reducing and Retarding Admixtures dapat didefinisikan sebagai bahan tambahan yang berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air

pencampuran dan menghambat pengikatan beton. Bahan ini digunakan untuk menambah kekuatan beton. Bahan ini biasanya berwujud cair. Bahan ini dapat digunakan untuk mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan pengurangan kandungan air tanpa merubah proporsi awal.

e. Tipe E “*Water Reducing and Accelerating Admixtures*”

Water Reducing and Accelerating Admixtures dapat didefinisikan sebagai bahan tambahan yang berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air dalam pencampuran dan mempercepat pengikatan beton.

f. Tipe F “*Water Reducing, High Range Admixtures*”

Water Reducing, High Range Admixtures dapat didefinisikan sebagai bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12%.

g. Tipe G “*Water Reducing, High Range Retarding Admixtures*”

Water Reducing, High Range Retarding Admixtures dapat didefinisikan sebagai bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk mendapatkan hasil beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12% atau lebih dan menghambat pengikatan beton.

2. Bahan tambah mineral

Bahan tambah mineral adalah bahan padat yang dihaluskan untuk ditambahkan pada campuran beton yang berfungsi untuk memperbaiki sifat beton agar mudah dikerjakan dan kekuatan serta keawetannya meningkat. Bahan-bahan tambahan mineral dapat berupa *pozzolan*, *slag*, *fly ash* (abu terbang), *abu sekam*, dan *silica fume*.

a. *Silica Fume*

Silica fume dapat didefinisikan material *pozzolan* yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa silikon. Penggunaan *silica fume* dapat membantu meningkatkan kekuatan tekan beton mencapai ($f'c$ 50 – 70 MPa pada umur 28 hari). Penggunaan *silica fume* dapat mencapai 30 % dengan atau tanpa *superplasticizer*. Butiran *silica fume* secara fisik lebih halus

daripada butiran semen, sehingga akan mengisi rongga antar butiran semen (sebagai *filler*) yang berakibat dapat mengurangi permeabilitas. Jika permeabilitas pada beton rendah maka air tidak akan dapat masuk yang akan membuat beton tahan terhadap korosi. Dan secara kimiawi *silica fume* mengandung unsur SiO_2 yang tinggi, yang akan memberikan tambahan sifat hidrolis pada kapur mati yang dihasilkan dari proses hidrasi. Sehingga butir *silica fume* akan menyebabkan meningkatnya kekuatan pada beton apabila digunakan sebagai bahan tambah pada beton. Penggunaan *silica fume* yang terlalu banyak justru dapat menyebabkan penurunan kekuatan pada beton, disebabkan penyerapan air yang berlebihan oleh *silica fume* sehingga air yang diperlukan untuk proses hidrasi tidak cukup yang berakibat pada terganggunya proses hidrasi (hidrasi tidak sempurna) yang mengakibatkan kekuatan beton akan menjadi rendah. *Silica fume* yang digunakan menggunakan merk *Sika fume* yang merupakan salah satu produk dari PT. Sika Indonesia yang digunakan untuk campuran beton dan mortar.

3. Bahan tambah *superplasticizer*

Bahan tambah *Superplasticizer* merupakan salah satu tipe bahan tambahan kimia yang dapat mengurangi air dalam jumlah besar mencapai 30% dan memberikan kemudahan bagi campuran beton untuk mengalir dengan sangat baik tanpa terjadi segregasi dan tanpa berpengaruh terhadap pengurangan kekuatan yang terjadi pada beton. Dengan demikian bahan tambah *superplasticizer* sangat cocok digunakan pada beton SCC (*Self Compacting Concrete*) karena bahan tambah ini memiliki peran meningkatkan kemampuan mengalir yang tinggi dan beton akan dapat memadat dengan sendirinya tanpa diperlukan proses pemadatan. *Superplasticizer* yang digunakan menggunakan merk *viscocrete 3115N* yang merupakan salah satu produk yang dihasilkan oleh PT Sika Indonesia untuk campuran beton dan mortar. Sika *viscocrete 3115-N* tidak terdapat kandungan klorin atau bahan yang dapat membuat karat/bersifat korosif pada tulangan baja. Sehingga aman untuk digunakan pada struktur bangunan beton dengan tulangan.

3.3 Beton SCC (Self Compacting Concrete)

3.3.1 Umum

Beton SCC merupakan suatu beton yang memiliki kemampuan untuk mengalir dan memadat sendiri tanpa menggunakan alat penggetar mekanik dan dapat tahan terhadap segregasi. Beton SCC dapat mengalir atas beratnya sendiri dan mampu mengisi semua ruang dalam acuan yang berisi rintangan seperti tulangan dan sebagainya (SNI 8348-2017).

3.3.2 Persyaratan Beton SCC

Adapun syarat-syarat beton dapat dikatakan *Self Compacting Concrete* menurut EFNARC 2005 sebagai berikut.

1. Ukuran agregat kasar maksimum 20 mm
2. Agregat halus > 50% dari berat total agregat.
3. Agregat kasar < 50% dari berat total agregat.
4. Jumlah air yang digunakan maksimal 200 liter/m³.
5. Diameter *slump flow* 650 mm sampai 800 mm.
6. T50cm *slump flow* 2 detik – 5 detik.
7. V-Funnel antara 0 detik – 10 detik.
8. Rasio L-box antara h2 dengan h1 adalah 0,8 sampai 1,0.
9. Total penggunaan material ukuran partikel sebagai filler < 0,125 mm (*powder*) seperti *fly ash* dan *silica fume* sebagai *mineral admixture* berkisar 400 kg sampai 600 kg per 1 m³.

3.4 Sifat dan Karakteristik Beton

Berikut adalah sifat dan karakteristik beton

1. Beton mempunyai kuat tekan yang baik dan kuat tarik yang rendah berkisar 9% hingga 15% daripada kuat tekannya.
2. Dikarenakan beton mempunyai kuat tarik rendah, maka akan terjadi keretakan yang akan semakin besar seiring berjalannya waktu.
3. Pada umur 28 hari beton akan mencapai kuat tekan optimumnya.
4. Beton akan bersifat hidrasi yaitu beton akan menghasilkan panas yang disebabkan oleh proses kimia saat semen dan air bertemu.

3.4.1 Kuat Tekan Beton (f'_c)

Kuat tekan beton merupakan besar beban yang diterima per satuan luas yang akan mengakibatkan sampel uji hancur jika dibebani besar gaya tekan tertentu yang disebabkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990). Kuat tekan rencana (f'_c) adalah kuat tekan tekan yang dibuat oleh perencana, kuat tekan tersebut didapatkan dari sampel uji yang berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150mm dan tinggi 300mm. Sedangkan kuat tekan yang ditargetkan (f_{cr}) adalah kuat tekan rerata yang dapat dicapai lebih tinggi dari f'_c (SNI 03-2834-2000).

Berikut persamaan 3.1 untuk menghitung nilai kuat tekan beton.

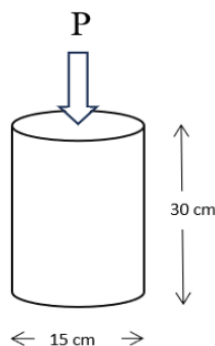
$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

Dengan :

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang sampel uji (mm^2)



Gambar 3.1 Sketsa Pengujian Kuat Tekan

3.4.2 Kuat Tarik Belah

Kuat Tarik belah beton adalah nilai pembebanan sampel uji yang ditempatkan secara mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji (SNI 03-2491-2002). Uji kuat Tarik belah bertujuan untuk mengkaji ketahanan geser komponen

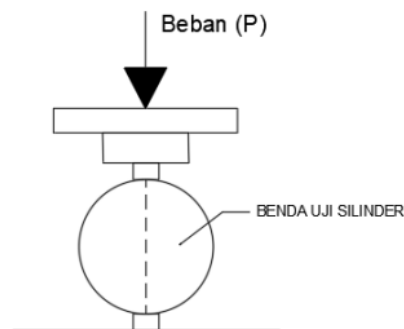
struktur yang dibuat dari beton dengan agregat ringan, pengujian ini menggunakan sampel uji silinder dengan ukuran diameter sebesar 150 mm dan tinggi 300 mm.

Berikut persamaan 3.2 untuk menghitung nilai kuat tekan beton.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (3.2)$$

Dengan :

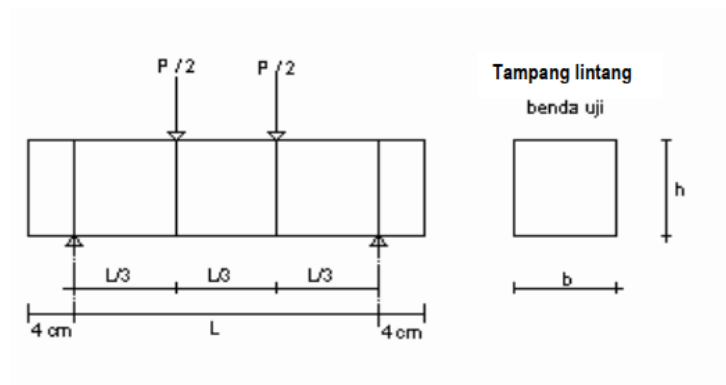
- f_{ct} = Kuat Tarik belah (MPa)
- P = Beban maksimum (N)
- L = Panjang sampel uji (mm)
- D = Diameter sampel uji (mm)



Gambar 3.2 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Belah

3.4.3 Kuat Lentur

Kuat lentur beton adalah besar gaya yang dapat ditahan dengan arah tegak lurus sumbu sampel uji balok yang diletakkan pada dua perletakan pembebanan, gaya yang diterima sampel uji tersebut sampai menyebabkan sampel dalam keadaan patah. Sampel uji yang digunakan berbentuk balok berukuran Panjang 600 mm, lebar 150 mm, dan tinggi 150 mm. Pengujian yang dilakukan menggunakan pembebanan dua titik yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



(Sumber: SNI 4431-2011)

Gambar 3.3 Perletakan dan Pembebanan Dua Titik Uji Kuat Lentur

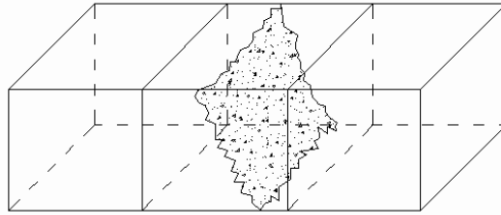
Adapun persamaan 3.3 untuk menghitung kuat lentur beton dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah) dan persamaa 3.4 untuk menghitung kuat lentur beton dimana patahnya benda uji diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan. Untuk lebih jelasnya sketsa dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.

$$f_{lt} = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \quad (3.3)$$

$$f_{lt} = \frac{P \cdot a}{b \cdot h^2} \quad (3.4)$$

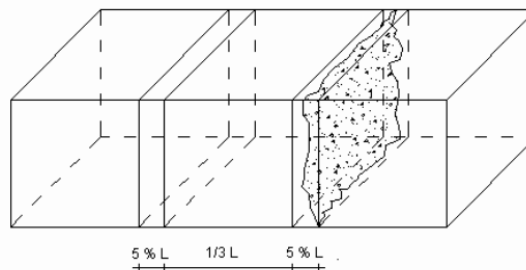
Dengan :

- f_{lt} = Kuat lentur sampel uji (MPa)
- P = Beban maksimum (N)
- L = Jarak bentang sampel uji antara dua perletakan (mm)
- b = Lebar tampang melintang arah horizontal (mm)
- h = Tinggi tampang melintang arah vertical (mm)
- a = Jarak rerata antara tampang melintang dan tumpuan luar terdekat, diukur pada empat tempat pada sudut dari bentang (mm)



(Sumber: SNI 4431-2011)

Gambar 3.4 Patah pada 1/3 Bentang Tengah (Persamaan 3.3)



(Sumber: SNI 4431-2011)

Gambar 3.5 Patah Diluar 1/3 Bentang Tengah dan Garis patah pada <math><5\%</math> dari Bentang (Persamaan 3.4)

3.5 Mix Design Beton

Pada perencanaan beton SCC belum ada *mix design* yang sesuai dikarenakan perencanaan beton SCC masih tergolong teknologi atau inovasi baru. Dalam penelitian ini mengacu pada metode *mix design* SNI 03-2834-2000 dan melalui pendekatan menggunakan syarat-syarat dalam EFNARC 2005 yang dipakai sebagai persyaratan parameter penggunaan campuran beton SCC. Pedoman tata cara dalam melakukan *mix design* menggunakan SNI 03-2834-2000, sedangkan untuk mendapat proporsi beton SCC yang sesuai digunakan EFNARC 2005. Dikarenakan didalam EFNARC 2005 menetapkan batasan dalam mendapatkan proporsi beton SCC. Adapun langkah-langkah dalam mix design adalah sebagai berikut.

1. Menentukan Kuat Tekan Beton Rencana (f'_c)

Kuat tekan rencana yang digunakan pada penelitian ini adalah K-600 (49,8 MPa). Kuat tekan yang direncanakan pada umur 28 hari saat beton mencapai kuat optimumnya.

2. Menentukan Nilai Deviasi Standar (Sd)

Nilai deviasi standar dapat ditentukan dengan melihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Faktor Pengali Deviasi Standar

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

Sumber: SNI-03-2843-2000

Catatan: Apabila jumlah benda uji yang digunakan kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa.

3. Menentukan Nilai Tambah (M)

Menurut Tabel 1 atau pada persamaan 3.9 yang tercantum dalam SNI 03-2834-2000

$$M = 1,64 \times Sr \quad (3.9)$$

Dengan :

M = Nilai tambah

1,64 = Tetapan stastic yang nilainya tergantung pada presentase kegagalan hasil uji sebesar 5%

Sr = Deviasi standar rencana

4. Menghitung Kuat Tekan yang Ditargetkan (f_{cr})

Berikut persamaan 3.10 untuk menghitung kuat tekan yang ditargetkan

$$f_{cr} = f_c + M \quad (3.10)$$

Dengan :

f_{cr} = Kuat tekan yang ditargetkan (MPa).

f_c = Kuat tekan beton rencana (MPa).

M = Nilai tambah (MPa).

5. Menetapkan tipe semen

Tipe semen akan berpengaruh terhadap faktor air semen (fas). Pada penelitian ini digunakan semen PPC tipe I, yaitu semen *portland pozzolan cement* dengan merk DuPro+ LH (SIG).

6. Menetapkan jenis agregat yang digunakan

Pada agregat kasar dibedakan menjadi dua, yaitu kerikil alami dan kerikil batu pecah sesuai dengan SNI 03-2834-2000. Sedangkan agregat halus memiliki 4 gradasi untuk dapat melihat kekerasan pasir, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar.

7. Menentukan nilai faktor air semen (fas)

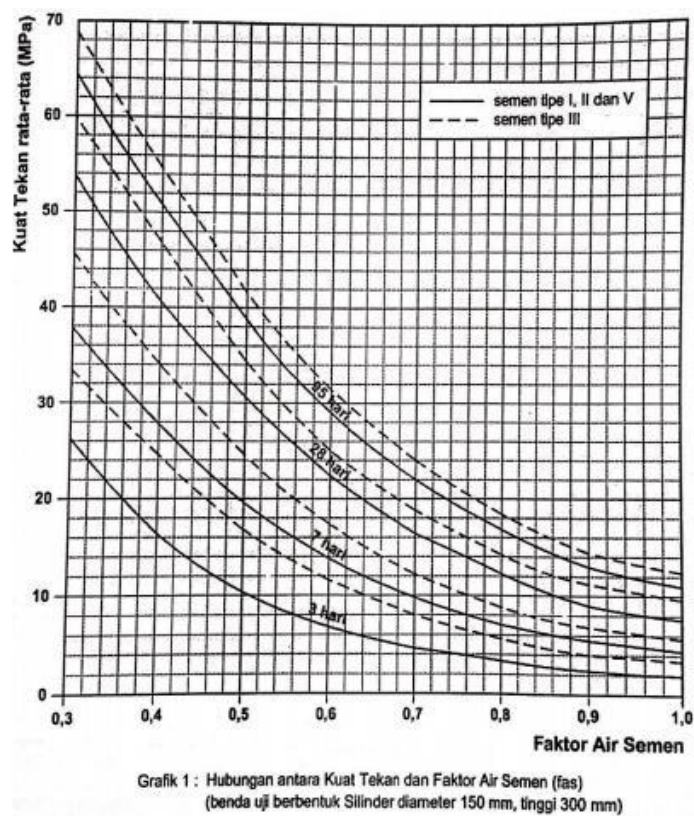
Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dengan berat semen yang digunakan dalam campuran beton. Semakin tinggi kuat tekan beton rencana maka akan semakin rendah nilai fas yang didapatkan. Untuk mendapatkan nilai faktor air semen dapat diperoleh dengan menggunakan Tabel 3.4 dan Gambar 3.6.

Tabel 3.4 Perkiraan Kuat Tekan (MPa) dengan fas 0,5

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

(Sumber: SNI 03- 2834-2000)

Dari Tabel 3.4 dapat menentukan jenis semen, jenis agregat kasar, umur rencana, dan bentuk benda uji yang akan digunakan dalam pembuatan beton terlebih dahulu, sehingga dapat ditentukan kuat tekan maksimum yang dapat dihasilkan dengan nilai fas 0,5. Setelah itu dapat mencari nilai faktor air semen menggunakan Gambar 3.6 dengan membuat koordinat antara nilai fas 0,5 dari kuat tekan beton yang didapat dari Tabel 3.4. Kemudian dapat dibuat garis parabola mengikuti garis yang mendekati koordinat yang didapat. Setelah didapatkan garis parabola terhadap Tabel 3.4, tarik garis mendatar sesuai kuat tekan beton rencana sampai menyentuh garis parabola yang telah dibuat dan tarik garis tegak lurus untuk mendapatkan nilai fas yang dibutuhkan.



(Sumber: SNI 03- 2834-2000)

Gambar 3.6 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen

8. Menentukan nilai *slump flow*

Pada EFNARC 2005 menetapkan untuk beton SCC nilai *slump flow* yang dihasilkan dalam interval 650 mm sampai 800 mm.

9. Menentukan ukuran butir agregat
 Pada EFNARC 2005 menetapkan untuk ukuran maksimum yang digunakan dalam agregat kasar menggunakan 20 mm.
10. Menentukan kadar air bebas
 Kadar air bebas merupakan kebutuhan air dalam satuan per m³. Nilai kadar air bebas dapat ditentukan dari Tabel 3.6 dan menggunakan Persamaan 3.11.

Tabel 3.5 Perkiraan Kebutuhan Air per M³ Beton

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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

$$W = 2/3 W_h + 1/3 W_k \quad (3.11)$$

Dimana :

W = Jumlah air yang dibutuhkan (kg/m³).

W_h = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus (kg/m³).

W_k = Perkiraan Jumlah air untuk agregat kasar (kg/m³).

Menentukan kebutuhan semen

Untuk mendapatkan jumlah kebutuhan semen, dapat digunakan persamaan 3.12.

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{f_{as}} \quad (3.12)$$

11. Menentukan kadar semen minimum

Untuk kadar semen minimum dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.6 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan *fas* Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum Per-m³ beton (kg)	Nilai <i>fas</i> maksimum
Beton didalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,55
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk kedalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 6

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

12. Menentukan susunan butir agregat kasar

Dalam penentuan susunan butir agregat kasar dilakukan pengujian analisa saringan terlebih dahulu untuk menentukan gradasi yang digunakan dalam agregat kasar.

13. Menentukan susunan butir agregat halus

Dalam penentuan susunan butir agregat halus dilakukan pengujian analisa saringan terlebih dahulu untuk menentukan gradasi yang digunakan dalam agregat halus.

14. Menentukan berat jenis agregat kasar dan agregat halus

Dalam penentuan berat jenis agregat kasar dan agregat halus dilakukan pengujian berat jenis terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai berat jenis pada agregat dan yang digunakan adalah berat jenis SSD.

15. Menentukan presentase jumlah agregat kasar

Presentase jumlah agregat kasar pada beton SCC harus kurang dari 50% total agregat, bertujuan agar beton segar yang diproduksi dapat mengalir dengan mudah. Menurut EFNARC 2005 juga menetapkan jumlah presentase agregat kasar harus lebih sedikit dari agregat halus.

16. Menentukan presentase jumlah agregat halus

Presentase jumlah agregat halus pada beton SCC harus lebih dari 50% total agregat, bertujuan agar beton segar yang diproduksi dapat mengalir dengan mudah. Menurut EFNARC 2005 juga menetapkan jumlah presentase agregat halus harus lebih banyak dari agregat kasar.

17. Menghitung berat jenis relatif gabungan

Berat jenis relatif dapat dihitung menggunakan persamaan 3.13 berikut.

$$B_{\text{gabungan}} = (\%AH \times B_{\text{JAH}}) + (\%AK \times B_{\text{JAK}}) \quad (3.13)$$

Dimana :

%AH = Persentase agregat halus

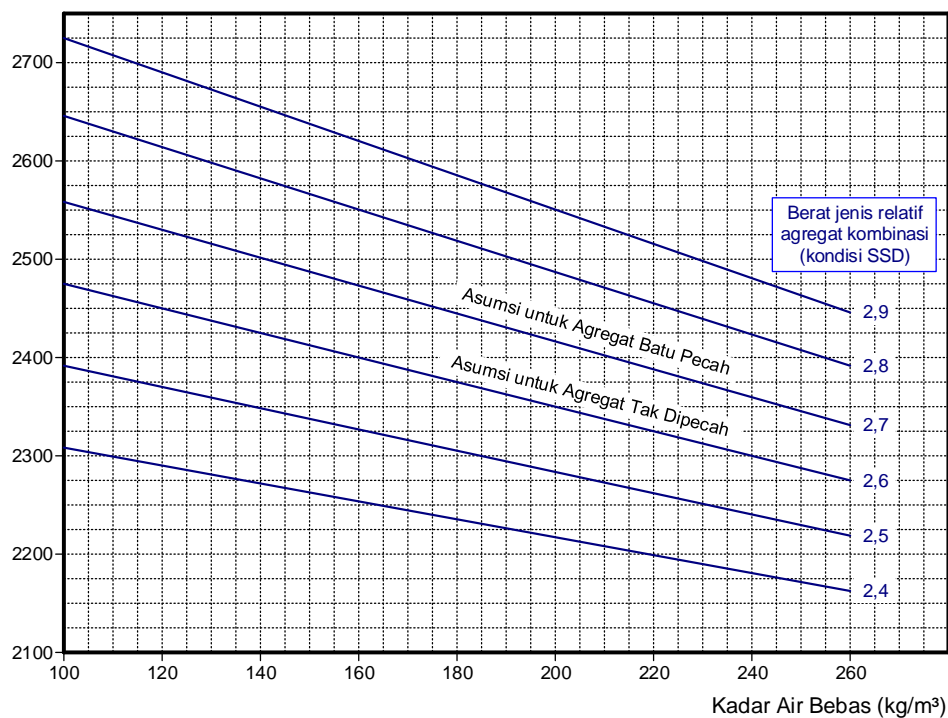
%AK = Persentase agregat kasar

BJAH = Berat jenis agregat halus

BJAK = Berat jenis agregat kasar

18. Menentukan berat isi beton

Campuran agregat halus, agregat kasar, semen dan air dengan proporsi tertentu yang telah dicampur dan selesai dipadatkan disebut berat isi beton. Untuk menentukan berat isi beton dapat menggunakan Gambar 3.7 dengan menggunakan berat jenis gabungan agregat dan kadar air bebas yang telah diketahui dalam perhitungan sebelumnya.



(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Gambar 3.7 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

19. Menentukan berat agregat campuran

Berat agregat campuran dapat dihitung menggunakan persamaan 3.14 berikut.

$$\text{Berat agregat campuran} = \text{berat isi beton} - \text{berat semen} - \text{berat air} \quad (3.14)$$

20. Menentukan berat agregat kasar dan agregat halus yang diperlukan

Dapat dihitung menggunakan persamaan 3.15 dan persamaan 3.16 berikut ini.

$$\text{Berat agregat halus} = \% \text{ agregat halus} \times \text{berat agregat campuran} \quad (3.15)$$

$$\text{Berat agregat kasar} = \text{berat agregat campuran} - \text{berat agregat halus} \quad (3.16)$$

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Bahan tambah (*admixtures*) yang digunakan berupa *sika fume* dengan presentase yang digunakan sebesar 0%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% dari berat semen, sedangkan bahan tambah dengan jenis *superplasticizer viscocrete 3115N* digunakan kadar sebesar 0,9% dari berat semen. Penelitian dilakukan secara 4 tahap yaitu pengujian agregat baik agregat kasar dan agregat halus, melakukan *mix design*, pembuatan sampel uji, dan pengujian sampel beton. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4.2 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Pembuatan sampel uji berdasarkan variasi penambahan *sika fume* 0%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% dengan benda uji berupa silinder beton berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan tiap variasi campuran beton sebanyak 9 buah benda uji dan benda uji balok lentur berukuran 60 cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 3 buah. Perawatan terhadap benda uji dilakukan dengan perendaman menggunakan air, perawatan terhadap sampel tersebut dilakukan selama umur beton yang akan diuji yaitu 28 hari.

Tabel 4.1 Sampel Uji Setiap Variasi

Mutu Beton	Variasi Proporsi Sikafume	Sampel Silinder (buah)	Sampel Balok (buah)
K-600	0%	9	3
	6%	9	3
	7%	9	3
	8%	9	3
	9%	9	3
	10%	9	3

4.3 Bahan Baku dan Peralatan

4.3.1 Bahan Baku

Bahan baku yang akan digunakan untuk pembuatan sampel beton pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan merupakan agregat kasar yang berasal dari Clereng dengan ukuran agregat maksimal sebesar 20 mm, sesuai dengan ketentuan EFNARC 2005.

2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan merupakan pasir yang berasal dari Progo dan perlu adanya analisa saringan dan lolos saringan no 200 untuk menentukan zona pasir dan kandungan lumpur pada agregat.

3. Semen PPC (*Portland Pozzolan Cement*)

Semen PPC digunakan sebagai bahan pengisi dan pengikat pada campuran pembuatan beton. Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen curah merk DuPro+ LH (SIG) yang dikemas dalam kemasan 40kg.

4. Air

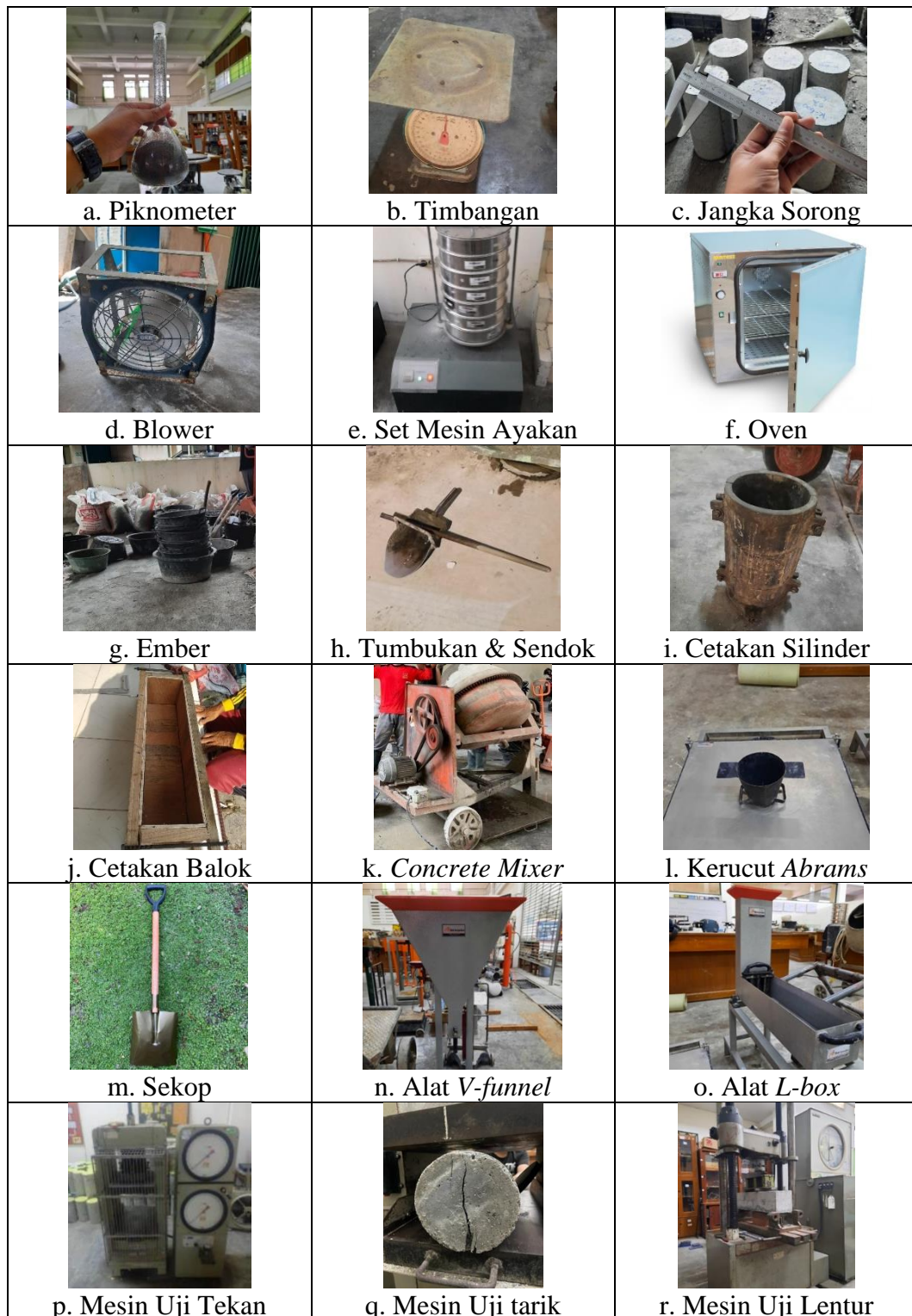
Air yang akan digunakan berasal dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, secara visual tampak air jernih, tidak berwarna dan tidak terdapat bau.

5. Bahan Tambah (*admixtures*)

Bahan tambah mineral digunakan *silica fume* dengan merk *sika fume* dari PT. Sika Indonesia dan bahan tambah kimia *superplasticizer* dengan merk *viscocrete 3115N* dari PT. Sika Indonesia.

4.3.2 Peralatan Penelitian

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan peralatan yang berada pada Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang meliputi piknometer, timbangan, jangka sorong, blower, set mesin ayakan, oven, ember, tumbukan dan sendok semen, cetakan silinder, cetakan balok, mesin aduk beton (*concrete mixer*), kerucut *abrams*, sekop, alat *v-funnel*, alat *l-box*, mesin uji tekan, mesin uji tarik belah, dan mesin uji kuat lentur. Adapun gambar dari peralatan penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Peralatan Penelitian

4.4 Pelaksanaan Penelitian

4.4.1 Persiapan

Tahapan ini merupakan tahapan awal sebelum dimulainya penelitian. Dimulai dengan *study* dan memahami dari beberapa literatur serta melakukan persiapan alat dan bahan agar saat penelitian dilakukan semua tahapan dapat berjalan dengan lancar.

4.4.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus dilakukan guna mengetahui karakter maupun sifat dari agregat halus sebelum digunakan untuk campuran beton segar atau *mix design*. Berikut beberapa pengujian agregat halus terlampir dengan standar yang digunakan.

1. Uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus, menggunakan SNI 1970-1990.
2. Uji Analisa saringan agregat halus, menggunakan SNI 1968-1990.
3. Uji berat isi gembur dan padat agregat halus, menggunakan SNI 4804-1998.
4. Uji lolos ayakan no. 200 (kadar lumpur), menggunakan SNI 4142-1996.

4.4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar dilakukan guna mengetahui karakter maupun sifat dari agregat kasar sebelum digunakan untuk campuran beton segar atau *mix design*. Berikut beberapa pengujian agregat kasar terlampir dengan standar yang digunakan.

1. Uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, menggunakan SNI 1969-1990.
2. Uji Analisa saringan agregat kasar, menggunakan SNI 1968-1990.
3. Uji berat isi gembur dan padat agregat kasar, menggunakan SNI 4804-1998.

4.4.4 Mix Design

Dalam penelitian ini akan dilakukan *mix design* dengan kuat tekan rencana K-600 (49,8 MPa). Dalam tahapan perencanaan *mix design* terdapat metode EFNARC 2005 dan SNI 03 2834-2000 yang dikombinasi sehingga mendapatkan beton SCC yang diinginkan. Perencanaan *mix design* dilakukan sesuai dengan pembuatan beton biasanya sesuai tahapan SNI 03-2834-2000 hanya saja dalam perencanaan

beton SCC perlu digunakan aturan EFNARC 2005 dalam penggunaan ukuran agregat kasar disyaratkan maksimal 20 mm dan penentuan agregat kasar serta agregat halus menggunakan aturan EFNARC 2005 yaitu agregat halus harus lebih dari 50%.

4.4.5 Pelaksanaan Pengujian

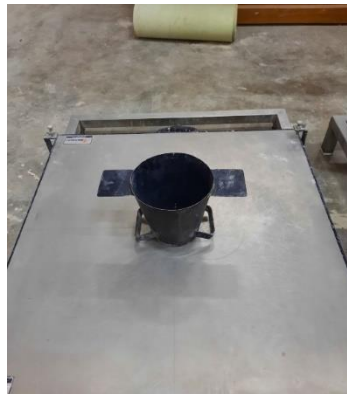
Pengujian pada penelitian ini meliputi uji tekan beton, uji modulus elastis, uji tarik belah beton, uji lentur beton, dan uji kelecakan/ *workability* meliputi *slump flow*, uji *V-funnel*, dan uji *L-Shaped Box*.

1. Uji *Workability*

Berikut beberapa pengujian *workability*

a. Uji *slump flow*

Pada pengujian ini digunakan alat bantu *abrams cone*, *stopwatch*, dan penggaris. Beton segar dimasukkan ke kerucut abrams hingga penuh dengan permukaan yang kecil berada di bawah. Kemudian secara bersamaan angkat kerucut secara perlahan dan hitung waktu yang diperlukan beton segar mencapai diameter 50cm menggunakan *stopwatch*, dan ukur diameter rerata beton dari beberapa sisi.



Gambar 4.2 Pengujian *Slump Flow*

b. Uji *V-Funnel*

Pada pengujian ini menggunakan alat khusus *V-Funnel*, dan *stopwatch*. Pengujian ini berfungsi untuk menganalisa viskositas dan mengevaluasi segregasi beton SCC. Pada pengujian ini beton segar dimasukkan kedalam alat *V-Funnel* hingga penuh, kemudian penutup bagian bawah

dibuka sehingga beton segar dapat mengalir dan hitung waktu yang diperlukan menggunakan stopwatch hingga alat *V-Funnel* kosong.



Gambar 4.3 Pengujian *V-Funnel*

c. Uji *L-Shapped Box*

Pada pengujian ini menggunakan alat khusus yang berbentuk L dan berbahan dasar besi. Fungsi dari pengujian ini bertujuan untuk passing ability dari beton SCC. Pada alat ini terdapat bagian vertikal dan horizontal yang dibatasi dengan sekat penutup berbahan besi yang dapat diangkat keatas untuk membukanya. Di depan sekat penutup terdapat tulangan baja yang berfungsi sebagai halangan untuk menguji kemampuan campuran beton dalam melewati tulangan sesuai dengan keadaan dilapangan. Cara kerja yaitu sekat penutup ditutup, campuran beton diisikan pada arah vertikal sampai penuh dan sekat penutup ditarik keatas sampai terbuka sehingga campuran beton mengalir ke arah horizontal. Kemudian ukur tinggi permukaan beton segar yang terdapat pada bagian vertikal dan pada bagian horizontal.



Gambar 4.4 Pengujian *L-Shapped Box*

2. Uji Kuat Tekan Beton

Pada pengujian ini menggunakan alat *Compressing Test Machine*. Sebelum dimasukkan kedalam mesin uji, benda uji perlu dilakukan penimbangan dan pengukuran dimensi pada benda uji. Kemudian, benda uji dimasukkan kedalam mesin dengan keadaan benda uji sentris. Kemudian dilakukan pembacaan beban dan dicatat.



Gambar 4.5 Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Alat *Compressing Test Machine*

3. Uji Kuat Tarik Belah Beton

Pada pengujian ini menggunakan alat *Compressing Test Machine*. Sebelum dimasukkan kedalam mesin uji, benda uji perlu dilakukan penimbangan dan pengukuran dimensi pada benda uji. Setelah itu, benda uji dimasukkan kedalam mesin dengan keadaan benda uji horizontal/ tertidur. Kemudian dilakukan pembacaan beban dan dicatat hasil pembacaannya.



Gambar 4.6 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

4. Uji Kuat Lentur Beton

Pada pengujian ini menggunakan alat mesin tekan dengan meletakkan balok sesuai dengan perletakkan tumpuan dengan kondisi yang sudah diukur dimensi dan berat benda uji, kemudian sesuaikan bagian-bagian uji yang akan diletakkan pembebanan satu titik atau dua titik, pada penelitian ini digunakan dua titik pembebanan dengan dimensi benda uji balok 60 cm x 15 cm x 15 cm. Kemudian dilakukan pengujian dengan dua titik pembebanan dan dicatat hasil pembacaannya.



Gambar 4.7 Pengujian Kuat Lentur Beton

5. Analisa Data

Pada tahapan ini bertujuan untuk menemukan nilai yang belum diketahui dari data mentah, sehingga diperlukan analisa guna mendapatkan hubungan sebab akibat yang berkaitan dengan pengujian beton maupun pengaruh terhadap setiap variasi penambahan bahan tambah. *Output* yang dicari dapat melalui kegiatan pengelompokkan data berdasarkan jenis, ukuran, kekuatan beton, serta parameter lainnya.

6. Pembahasan

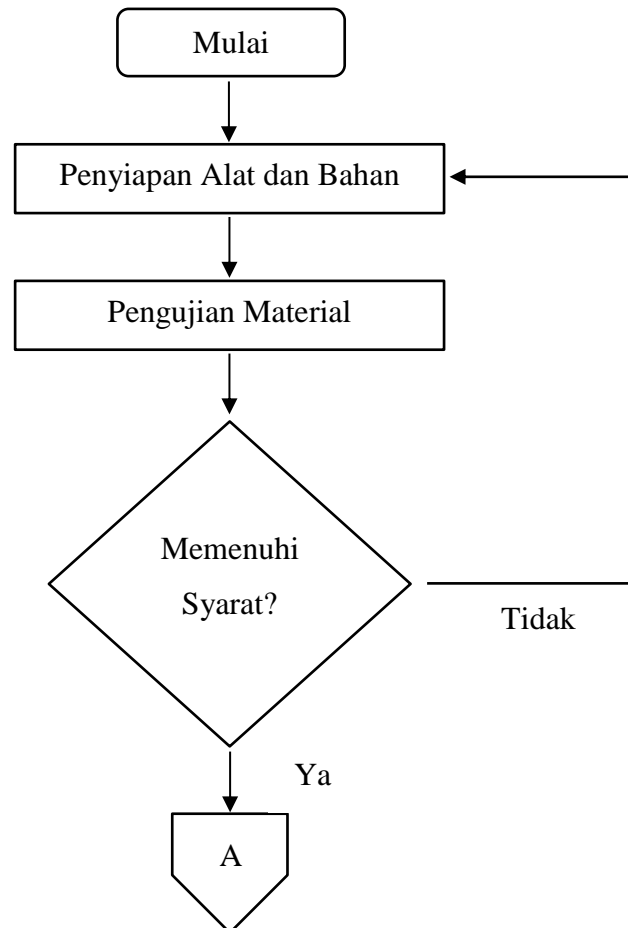
Pada tahap ini setelah mendapatkan *output* dari analisa data, penulis akan mendapatkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan. Kemudian dilakukan pembahasan disetiap hasil yang didapat baik hasil tersebut memenuhi standar ataupun tidak memenuhi, serta pembahasan mengenai kenaikan ataupun penurunan nilai yang dihasilkan.

7. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam penelitian. Penulis akan menghimpun dan mengumpulkan semua hasil yang telah diproses dalam pembahasan, kemudian disusun menjadi suatu kesimpulan yang berkaitan dengan tujuan penelitian. Selanjutnya penulis juga akan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

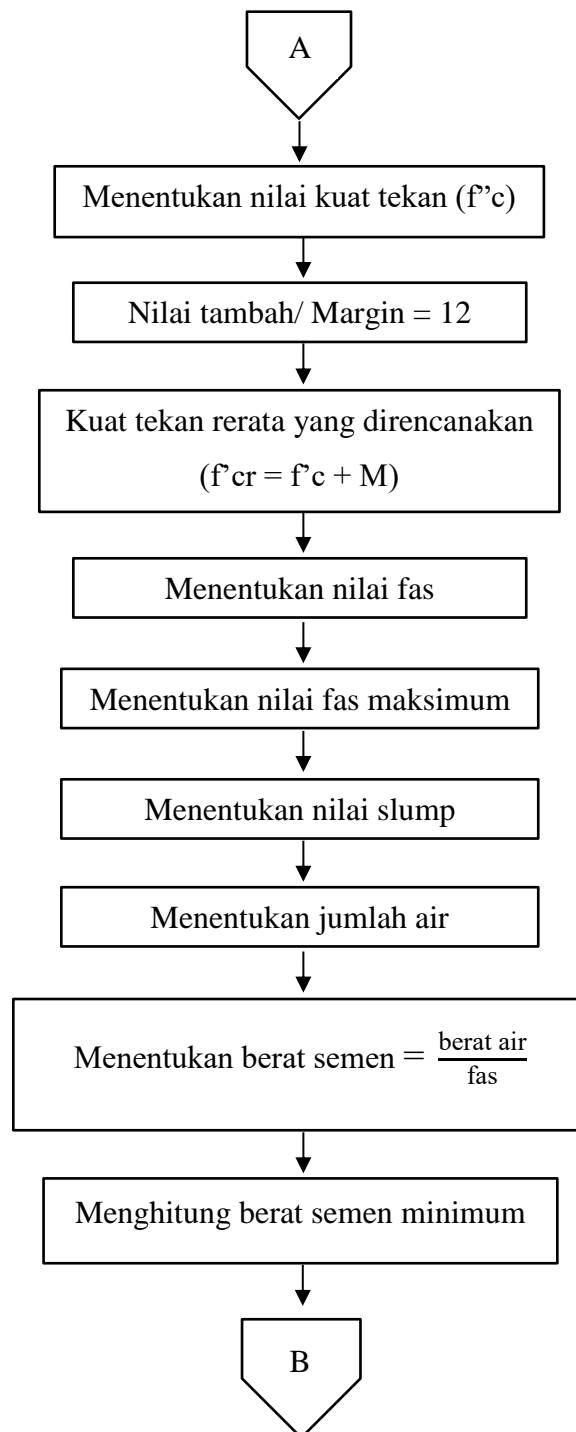
4.5 Diagram Alir Penelitian

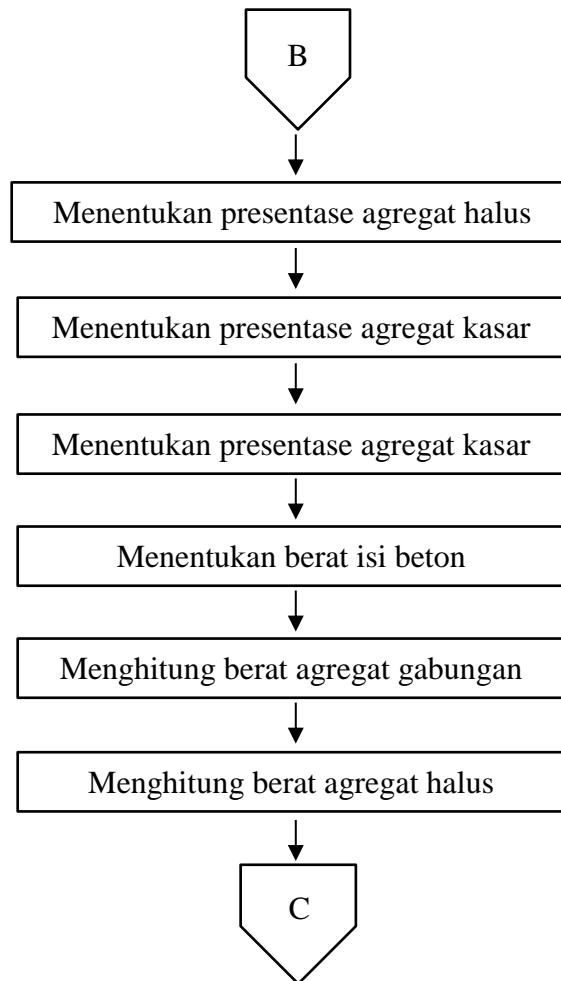
4.5.1 Pengujian Material



Gambar 4.8 Bagan Alir Pengujian Material

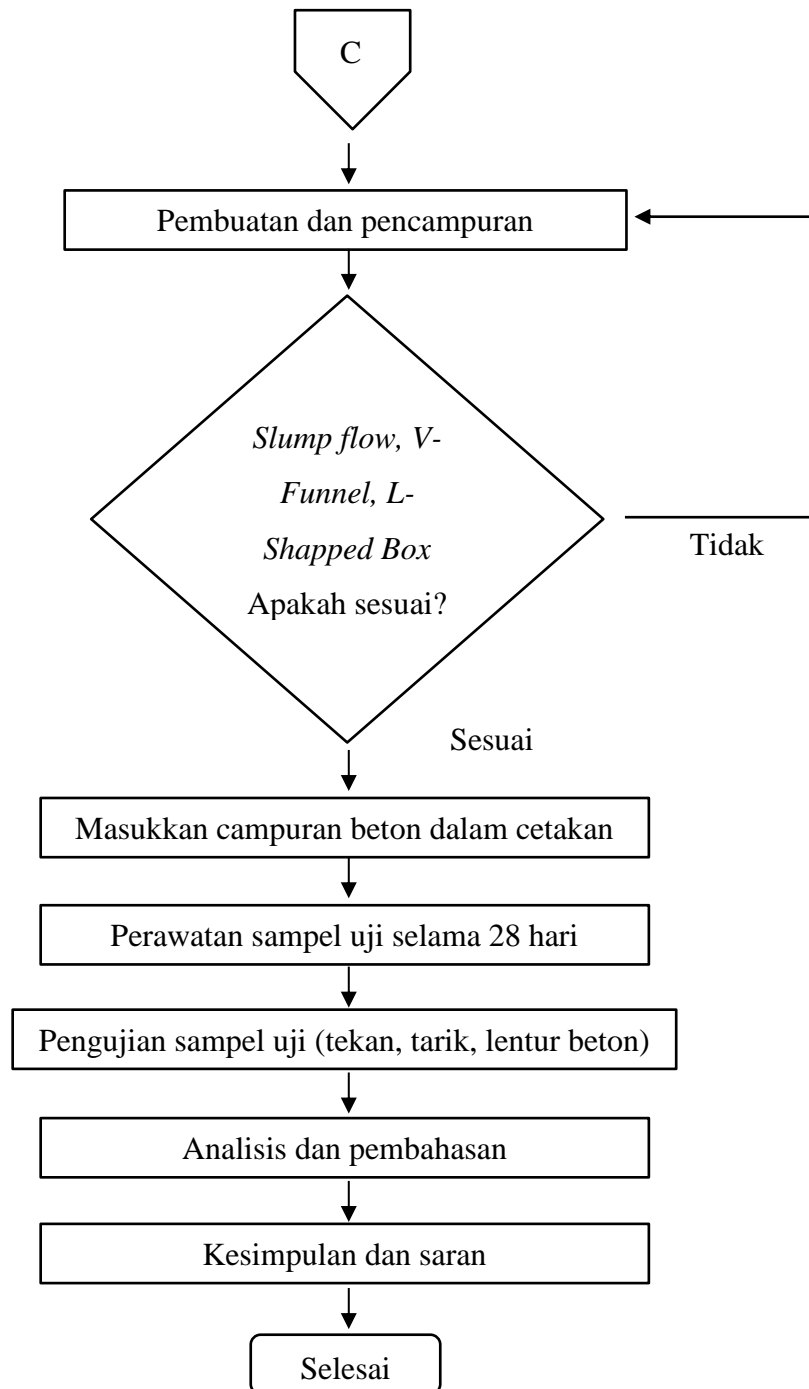
4.5.2 Mix Design





Gambar 4.9 Bagan Alir Mix Design

4.5.3 Pengujian Sampel



Gambar 4.10 Bagan Alir Pengujian Sampel

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pada sub bab ini menjelaskan tentang hasil dari penelitian tugas akhir yang telah dilakukan diantaranya pengujian properties dari agregat halus dan juga kasar, pengujian dari beton SCC yang berumur 28 hari, pengujian kuat tekan beton, pengujian kuat tarik belah beton, dan pengujian dari kuat lentur beton.

5.2 Pengujian Agregat Halus

Pada sub bab ini menjelaskan tentang tujuan dari dilaksanakannya pengujian properties agregat halus yaitu agar diketahui karakteristik dari material penyusun beton yang akan digunakan. Peran dari agregat halus ini sangat penting dalam mempengaruhi kekuatan beton. Uji properties material agregat halus perlu diadakan agar kekuatan dari beton sesuai dengan yang direncanakan. Agregat halus selanjutnya akan diuji dengan pengujian berat jenis serta penyerapan airnya, pengujian dari berat volume padat dan gembur, pengujian dari modulus halus butir, dan pengujian dari lolos saringan no. 200.

5.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Perhitungan data pada sub bab ini mengacu pada SNI 1970-1990. Hasil dari perhitungan persamaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1. Berikut perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

$$\begin{aligned} 1. \quad \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{(B+500-Bt)} \\ &= \frac{484}{(733+500-1048)} \\ &= 2,61 \\ 2. \quad \text{Berat Jenis SSD} &= \frac{500}{(B+500-Bt)} \\ &= \frac{500}{(733+500-1048)} \end{aligned}$$

$$= 2,70$$

$$3. \quad \text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$$

$$= \frac{484}{(733+484-1048)}$$

$$= 2,86$$

$$4. \quad \text{Penyerapan Air} = \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\%$$

$$= \frac{500-484}{484} \times 100\%$$

$$= 3,31\%$$

Tabel 5.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Uraian	Hasil Pengamatan
	Sampel
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	484
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1048
Berat piknometer berisi air, gram (B)	733
Berat Jenis Curah BK/(BJ-Ba)	2,61
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD) Bj/ (Bj-Ba)	2,70
Berat Jenis semu Bk/(Bk-Ba)	2,86
Penyerapan Air (Bj-Bk)/Bk x 100%	3,31%

Dari Tabel 5.1 diketahui berat dari jenis kering muka ataupun kondisi SSD yaitu sebesar 2,7. Dari hasil yang didapatkan dapat diketahui bahwa agregat tersebut termasuk ke dalam kategori agregat normal, hal ini dikarenakan syarat dari agregat normal berada pada skor 2,5 sampai dengan 2,7 (Tjokrodimuljo, 2007).

5.2.3 Pengujian Berat Isi Volume Gembur Agregat Halus

Hasil dari pengamatan pengujian dan perhitungan berat isi volume gembur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2. Berikut perhitungan dari berat isi volume gembur agregat halus.

1. Berat Agregat (W_3) = $W_2 - W_1$
 = $18900 - 10200$
 = 8700 gr
2. Volume Tabung (V) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$
 = $\frac{1}{4} \times \pi \times 15.01^2 \times 30.22$
 = $5350,40$ cm³
3. Berat Volume Gembur = $\frac{W_3}{V}$
 = $\frac{8700}{5350,40}$
 = $1,63$ gr/cm³

Tabel 5.2 Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W_1), gram	10200
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W_2), gram	18900
Berat Agregat (W_3), gram	8700
Diameter Tabung (d), cm	15,01
Tinggi Tabung (t), cm	30,22
Volume Tabung (V), cm ³	5350,40
Berat Volume Gembur, gram/cm ³	1,63

Dari tabel 5.2 dapat diketahui hasil pengujian dari berat isi volume gembur agregat halus yang didapatkan yaitu $1,63$ gram/cm³.

5.2.4 Pengujian Berat Isi Volume Padat Agregat Halus

Hasil dari pengamatan pengujian dan perhitungan berat isi volume padat dari agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.3. Berikut perhitungan dari berat isi volume padat agregat halus.

1. Berat Agregat (W_3) = $W_2 - W_1$
 = $19300 - 10200$
 = 9100 gr
2. Volume Tabung (V) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$
 = $\frac{1}{4} \times \pi \times 15.01^2 \times 30.22$

$$= 5350,40 \text{ cm}^3$$

$$3. \quad \text{Berat Volume Padat} = \frac{W_3}{V}$$

$$= \frac{9400}{5350,40}$$

$$= 1,70 \text{ gr/cm}^3$$

Tabel 5.3 Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1), gram	10200
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	19300
Berat Agregat (W3), gram	9100
Diameter Tabung (d), cm	15,01
Tinggi Tabung (t), cm	30,22
Volume Tabung (V), cm ³	5350,40
Berat Volume Gembur, gram/cm ³	1,70

Dari Tabel 5.3 tentang pengamatan pengujian berat isi padat dari agregat halus mendapatkan hasil sebesar 1,70 gram/cm³.

5.2.5 Pengujian Modulus Butir Halus Agregat Halus

Pengamatan dan pengujian modulus butir halus agregat yang dilakukan mengacu pada SNI 1968-1990 yang bertujuan untuk mengelompokkan agregat halus berdasarkan ukuran butirnya. Hasil rekapitulasi yang diperoleh dalam pengujian ini dilihat pada Tabel 5.4. Adapun perhitungan analisa saringan adalah sebagai berikut.

1. Persentase Berat Tertinggal

$$\text{Persentase Berat Tertinggal} = \frac{\text{Berat tertinggal}}{\Sigma \text{ Berat Tertinggal}} \times 100\%$$

$$\text{Lubang ayakan 4,80 mm} = \frac{4}{2000} \times 100\%$$

$$= 0,20\%$$

$$\text{Lubang ayakan 2,40 mm} = \frac{75}{2000} \times 100\%$$

$$= 3,75\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 1,20 mm} &= \frac{140}{2000} \times 100\% \\ &= 7,00\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,60 mm} &= \frac{546}{2000} \times 100\% \\ &= 27,30\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,30 mm} &= \frac{822}{2000} \times 100\% \\ &= 41,10\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= \frac{321}{2000} \times 100\% \\ &= 16,05\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sisa} &= \frac{92}{2000} \times 100\% \\ &= 4,60\% \end{aligned}$$

2. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\text{Lubang ayakan 4,80 mm} = 0,20\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 2,40 mm} &= 0,20\% + 3,75\% \\ &= 3,95\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 1,20 mm} &= 3,95\% + 7,00\% \\ &= 10,95\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,60 mm} &= 10,95\% + 27,30\% \\ &= 38,25\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,30 mm} &= 38,25\% + 41,10\% \\ &= 79,35\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= 79,35\% + 16,05\% \\ &= 95,40\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sisa} &= 95,40\% + 4,60\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

3. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 4,80 mm} &= 100\% - 0,20\% \\ &= 99,80\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 2,40 mm} &= 100\% - 3,95\% \\ &= 96,05\% \end{aligned}$$

Lubang ayakan 1,20 mm	= 100% - 10,95%
	= 89,05%
Lubang ayakan 0,60 mm	= 100% - 38,25%
	= 61,75%
Lubang ayakan 0,30 mm	= 100% - 79,35%
	= 20,65%
Lubang ayakan 0,15 mm	= 100% - 95,40%
	= 4,60%
Sisa	= 100% - 100%
	= 0%

4. Modulus Halus Butir (MHB)

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\Sigma \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{228,10}{100} \\
 &= 2,281 \approx 2,3
 \end{aligned}$$

Tabel 5.4 Pengujian Modulus Butir Halus Agregat Halus

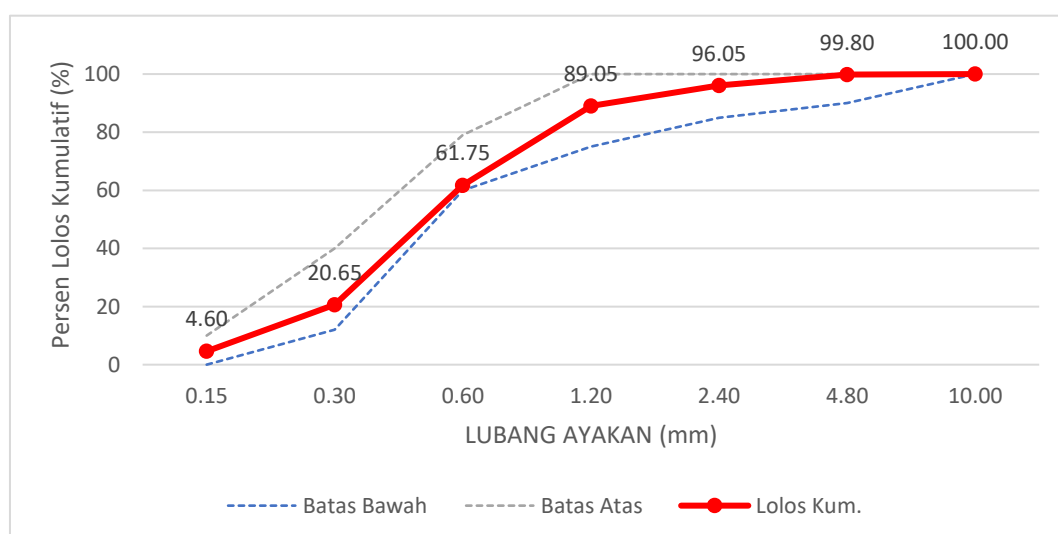
Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	4	0,20	0,20	99,8
2,40	75	3,75	3,95	96,05
1,20	140	7,00	10,95	89,05
0,60	546	27,30	38,25	61,75
0,30	822	41,10	79,35	20,65

Lanjutan Tabel 5.4 Pengujian Modulus Butir Halus Agregat Halus

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
0,15	321	16,05	95,40	4,6
Sisa	92	4,60	100	0
Jumlah	2000	100	228,10	MHB = 2,3

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pengujian pasir pada penelitian ini telah memenuhi syarat dari modulus butir halus yaitu 2,3 dengan syarat 1,5 – 3,8 (Tjokrodinuljo, 2007). Kemudian ditentukan golongan daerah dari gradasi pada agregat halusnya menggunakan hasil tersebut. Penentuan dari golongan ini berdasarkan dari nilai atau presentase berat dari butir agregat yang lolos ayakan yang ada pada Tabel 3.2.

Dari hasil pengujian modulus butir halus agregat halus diketahui gradasi yang masih dalam batas dari persyaratan gradasi yaitu pada daerah III dengan kondisi dari jenis pasir yang memiliki karakteristik agak halus dan grafik pada hubungan nilai presentase yang lolos kumulatif dengan kondisi dari lubang ayakannya dapat dilihat pada grafik Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Analisa Saringan Agregat Halus Gradasi 3

5.2.6 Pengujian Lolos Saringan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian lolos saringan kadar kandungan dari lumpur (No. 200) yang ada pada agregat yang digunakan dalam penelitian berdasar pada SNI 4142-1996. Hasil dari perhitungan persamaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.5. Berikut perhitungan lolos saringan no. 200.

$$\begin{aligned}
 1. \quad \text{Kadar lumpur} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \\
 &= \frac{500 - 497}{500} \times 100\% \\
 &= 0,60\%
 \end{aligned}$$

Tabel 5.5 Pengujian Lolos Saringan Kadar Lumpur

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci (W2), gram	497
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	0,60 %

Berdasarkan hasil yang terdapat pada Tabel 5.5 dapat diketahui nilai dari kadar kandungan dari lumpur pada penelitian ini sebesar 0,60%. Syarat nilai kandungan lumpur dari pasir yang dimanfaatkan pada pembuatan bahan bangunan yaitu tidak melebihi 5% (PBI 1971). Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa pasir yang akan dimanfaatkan dalam pembuatan dari beton di penelitian ini dapat langsung digunakan tanpa harus melalui proses pencucian terlebih dahulu.

5.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

Salah satu material yang menyusul campuran dari beton adalah agregat kasar. Agregat kasar memiliki sifat karakter yang penting yang dapat mempengaruhi kekuatan dari beton yang dihasilkan. Agregat kasar perlu dilakukan pengujian sama seperti agregat halus yaitu pengujian air, berat volume, dan analisa saringan. Pada pengujian agregat kasar tidak memerlukan pengujian kadar lumpur. Hal ini dikarenakan agregat kasar dalam pengujian melewati proses pencucian terlebih dahulu sebelum akhirnya digunakan.

5.3.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air meliputi pemeriksaan agregat kasar pada setiap sampel dan dilakukan dengan berdasar pada SNI 1969-1990. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.6. Berikut perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

$$\begin{aligned}
 1. \quad \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{(Bj - Ba)} \\
 &= \frac{4908}{(5000 - 3151)} \\
 &= 2,65 \\
 2. \quad \text{Berat Jenis SSD} &= \frac{Bj}{(Bj - Ba)} \\
 &= \frac{5000}{(5000 - 3151)} \\
 &= 2,70 \\
 3. \quad \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{(Bk - Ba)} \\
 &= \frac{4908}{(4908 - 3151)} \\
 &= 2,79 \\
 4. \quad \text{Penyerapan Air} &= \frac{Bj - Ba}{Bk} \times 100\% \\
 &= \frac{5000 - 3151}{4908} \times 100\% \\
 &= 1,87\%
 \end{aligned}$$

Tabel 5.6 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
	Sampel
Berat Kerikil Mutal (Bk)	4908
Berat kerikil Jenuh kering muka (Bj)	5000
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Ba)	3151
Berat Jenis Curah BK/(BJ-Ba)	2,65
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD) Bj/ (Bj-Ba)	2,70
Berat Jenis semu Bk/(Bk-Ba)	2,79
Penyerapan Air (Bj-Bk)/Bk x 100%	1,87%

Dari Tabel 5.6 dapat diketahui hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian ini mendapatkan nilai dari berat jenis kering muka atau kondisi dari SSD yaitu sebesar 2,70. Nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa agregat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dikategorikan ke agregat normal dan memenuhi rentang syarat yang ditentukan yaitu diantara 2,5 sampai dengan 2,7 (Tjokrodimuljo, 2007).

5.3.2 Pengujian Berat Isi Volume Gembur Agregat Kasar

Pengujian pada tahap ini dilakukan dengan memperhitungkan isi volume berat isi gembur agregat kasar yang dapat dilihat pada Tabel 5.7. Berikut perhitungan dari berat isi volume gembur agregat kasar.

1. Berat Agregat (W_3) = $W_2 - W_1$
= 17500 - 10600
= 6900 gr
2. Volume Tabung (V) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$
= $\frac{1}{4} \times \pi \times 15.07^2 \times 30.10$
= 5371,84 cm³
3. Berat Volume Gembur = $\frac{W_3}{V}$
= $\frac{6900}{5371,84}$
= 1,29 gr/cm³

Tabel 5.7 Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1), gram	10600
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	17500
Berat Agregat (W3), gram	6900
Diameter Tabung (d), cm	30,10
Tinggi Tabung (t), cm	15,07
Volume Tabung (V), cm ³	5371,84
Berat Volume Gembur, gram/cm ³	1,29

Dari Tabel 5.7 yang merupakan hasil dari pengujian berat volume gembur didapatkan hasil sebesar 1,29 gram/cm³.

5.3.3 Pengujian Berat Isi Volume Padat Agregat Kasar

Pada tahap ini dilakukan pengujian pada berat isi volume padat pada agregat kasar dengan data dan perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 5.8. Berikut perhitungan dari berat isi volume padat agregat kasar.

1. Berat Agregat (W₃) = W₂ - W₁
= 18400 - 10600
= 7800 gr
2. Volume Tabung (V) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$
= $\frac{1}{4} \times \pi \times 15.07^2 \times 30.10$
= 5371,84 cm³
3. Berat Volume Padat = $\frac{W_3}{V}$
= $\frac{7800}{5371,84}$
= 1,45 gr/cm³

Tabel 5.8 Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1), gram	10600
Berat Tabung + Agregat kering tungku (W2), gram	18400

Lanjutan Tabel 5.8 Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Agregat (W3), gram	7800
Diameter Tabung (d), cm	30,10
Tinggi Tabung (t), cm	15,07
Volume Tabung (V), cm ³	5371,8401
Berat Volume Gembur, gram/cm ³	1,45

Dari Tabel 5.8 dapat diketahui berat dari isi volume padat yang dilakukan dari pengujian tersebut yaitu sebesar 1,45 gram/cm³.

5.3.4 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengamatan dan pengujian modulus halus butir agregat yang dilakukan mengacu pada SNI 1968-1990 yang bertujuan untuk mengelompokkan agregat kasar berdasarkan ukuran butirnya. Hasil rekapitulasi yang diperoleh dalam pengujian ini dilihat pada Tabel 5.9. Adapun perhitungan analisa saringan adalah sebagai berikut.

1. Persentase Berat Tertinggal

$$\text{Persentase Berat Tertinggal} = \frac{\text{Berat tertinggal}}{\Sigma \text{ Berat Tertinggal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 40 mm} &= \frac{0}{5000} \times 100\% \\ &= 0,00\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 20 mm} &= \frac{110}{5000} \times 100\% \\ &= 2,20\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 10 mm} &= \frac{2997}{5000} \times 100\% \\ &= 59,94\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 4,80 mm} &= \frac{1837}{5000} \times 100\% \\ &= 36,74\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 2,40 mm} &= \frac{38}{5000} \times 100\% \\ &= 0,76\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 1,20 mm} &= \frac{1}{5000} \times 100\% \\ &= 0,02\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sisa} &= \frac{17}{5000} \times 100\% \\ &= 0,34\% \end{aligned}$$

2. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\text{Lubang ayakan 40 mm} = 0,00\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 20 mm} &= 0,00\% + 2,20\% \\ &= 2,20\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 10 mm} &= 2,20\% + 59,94\% \\ &= 62,14\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 4,80 mm} &= 62,14\% + 36,74\% \\ &= 98,88\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 2,40 mm} &= 98,88\% + 0,76\% \\ &= 99,64\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 1,20 mm} &= 99,64\% + 0,02\% \\ &= 99,66\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sisa} &= 99,66\% + 0,34\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

3. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 40 mm} &= 100\% - 0,00\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 20 mm} &= 100\% - 2,20\% \\ &= 97,80\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 10 mm} &= 100\% - 62,14\% \\ &= 37,86\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 4,80 mm} &= 100\% - 98,88\% \\ &= 1,12\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 2,40 mm} &= 100\% - 99,64\% \\ &= 0,36\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 1,20 mm} &= 100\% - 99,66\% \\ &= 0,34\% \\ \text{Sisa} &= 100\% - 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

4. Modulus Halus Butir (MHB)

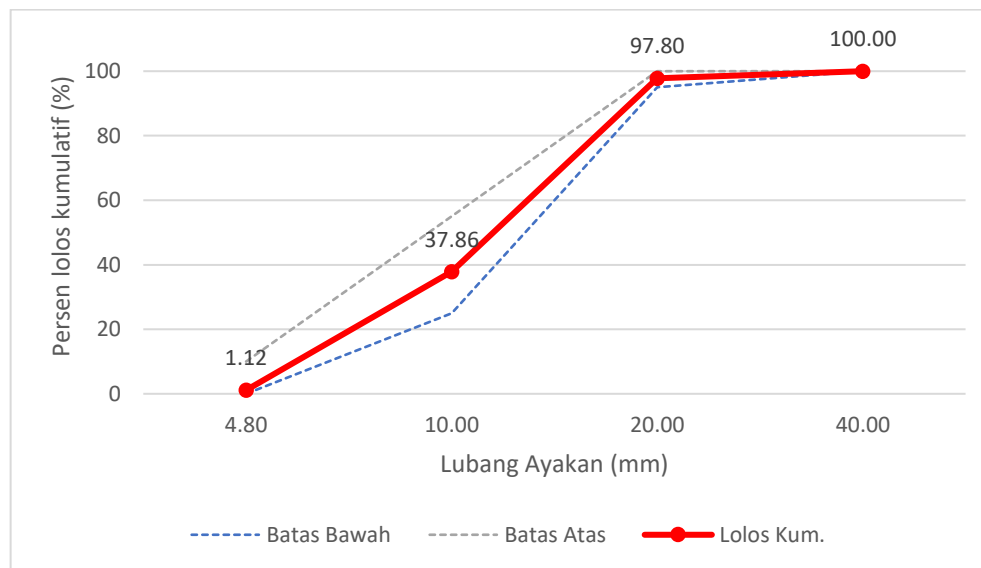
$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\Sigma \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{661,50}{100} \\ &= 6,615 \approx 6,6 \end{aligned}$$

Tabel 5.9 Pengujian Modulus Halus Butir Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
40,00	0	0,00%	0,00%	100,00%
20,00	110	2,20%	2,20%	97,80%
10,00	2997	59,94%	62,14%	37,86%
4,80	1837	36,74%	98,88%	1,12%
2,40	38	0,76%	99,64%	0,36%
1,20	1	0,02%	99,66%	0,34%
0,60	0	0,00%	99,66%	0,34%
0,30	0	0,00%	99,66%	0,34%
0,15	0	0,00%	99,66%	0,34%
Sisa	17	0,34%	100,00%	0,00%
Jumlah	5000	100,00%	661,50%	MHB = 6,6

Dari hasil yang didapat, agregat kasar memiliki rentang nilai ketentuan dasar modulus halus butir yaitu diantara 5 sampai dengan 8 (Tjokrodinuljo, 2007). Sehingga pada pengujian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kerikil yang digunakan pada penelitian ini memenuhi syarat yang ditetapkan. Hasil dari pengujian modulus halus yang telah didapatkan selanjutnya digunakan sebagai

penentu ukuran maksimum terhadap agregat kasar. Penentuan ukuran ini didasari pada presentasi nilai berat butir agregat yang lolos ayakan yang dapat dilihat pada Tabel 3.1. Hasil ukuran maksimum yang diperoleh lebih mengarah kepada ukuran maksimal yaitu 20 mm. Nilai grafik dari hubungan persentase lolos kumulatif dengan lubang dari ayakan dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Analisa Saringan Agregat Kasar

5.4 Perencanaan Campuran Beton SCC (*Mix Design*)

Tujuan dari perencanaan campuran beton (*mix design*) yaitu agar dapat dicari nilai proporsi campuran dari beton agar dapat sesuai dengan kuat tekan beton SCC yang sesuai dengan apa yang direncanakan. *Mix design* yang dilakukan pada penelitian ini memanfaatkan metode *mix design* dari SNI 03-2834-2000 dengan parameter penentuan dari campuran beton SCC dari EFNARC 2005. Hal ini dikarenakan EFNARC 2005 sudah memiliki ketentuan tentang syarat-syarat terkait proporsi untuk campuran beton SCC. Perencanaan mutu beton SCC yang digunakan pada penelitian ini yaitu K-600 (49,8 MPa). Untuk agregat kasar dalam perencanaan ini menggunakan ukuran maksimum 20 mm dan persentase agregat halus lebih dari 50% dari total berat agregat (EFNARC 2005). Sehingga persentase agregat halus yang digunakan dalam perencanaan ini mengacu pada penelitian yang dilakukan sebelumnya sebesar 51% oleh Bima (2017). Tambahan bahan *sikafume*

dan *superplattilizer* digunakan pada penelitian ini pada setiap variasi campurannya terdiri dari 9 silinder yang digunakan untuk pengujian kuat tekan, dan kuat tarik belah silinder, serta 3 balok untuk pengujian lentur beton. Umur dari beton yang akan dilakukan pengujian yaitu 28 hari. Hasil perencanaan dari campuran *mix design* dapat dilihat pada Tabel 5.10. Adapun perhitungan dari perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut.

1. Kuat Tekan Beton Rencana (f^c)
Kuat tekan rencana yang digunakan pada penelitian ini adalah K-600 (49,8 MPa). Kuat tekan yang direncanakan pada umur 28 hari saat beton mencapai kuat optimumnya.
2. Nilai Tambah (M)
Pada penelitian ini sampel silinder yang digunakan berjumlah 9 buah, maka berdasarkan Tabel 3.3 digunakan nilai tambah atau nilai margin (M) sebesar 12 MPa.
3. Kuat Tekan yang Ditargetkan (f^{cr})

$$f^{cr} = f^c + M$$

$$f^{cr} = 49,8 + 12$$

$$f^{cr} = 61,8 \text{ MPa}$$
4. Tipe Semen
Tipe semen yang digunakan adalah jenis semen PPC tipe I, yaitu semen *portland pozzolan cement* dengan merk DuPro+ LH (Semen Indonesia Group).
5. Jenis Agregat Kasar
Agregat kasar yang digunakan menggunakan batu pecah dengan ukuran maksimal sebesar 20 mm dari Clereng.
6. Jenis Agregat Halus
Agregat halus yang digunakan menggunakan pasir dengan jenis agak halus (gradasi III) dari progo.
7. Nilai Faktor Air Semen (fas)

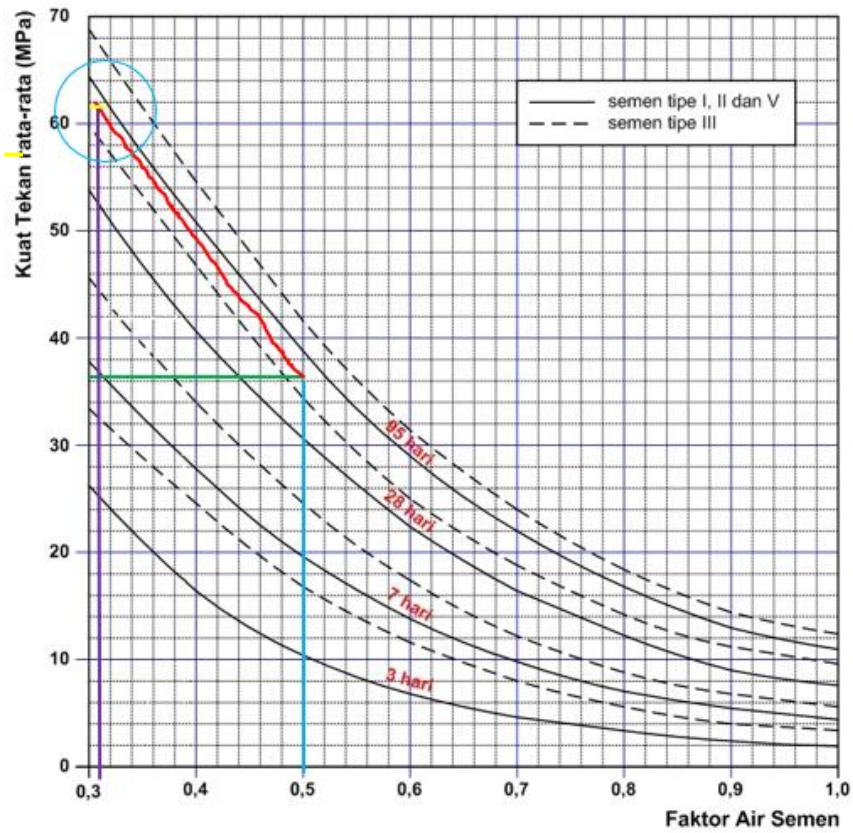
Penentuan nilai faktor air semen (fas) dengan menggunakan Gambar 5.3 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas) dan Tabel 5.10 Perkiraan Kuat Tekan (MPa) dengan fas 0,5.

Tabel 5.10 Perkiraan Kuat Tekan (MPa) dengan fas 0,5

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

(Sumber: SNI 03- 2834-2000)

- Berdasarkan pada Tabel 5.10 diatas, jenis semen adalah tipe I, jenis agregat kasar merupakan batu pecah, benda uji silinder maka diperoleh perkiraan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 37 MPa.
- Kemudian tarik garis hijau 37 MPa hingga bertemu garis biru tepat pada fas 0,5. Maka didapatkan garis lengkung warna merah yang merupakan perpotongan dari garis hijau dan biru.
- Selanjutnya tarik garis warna kuning dengan f'_{cr} sebesar 61.8 MPa sampai bertemu garis lengkung warna merah (titik temu pada bagian yang dilingkari warna biru), kemudian tarik garis warna ungu kearah vertikal kebawah sehingga didapatkan nilai fas sebesar 0,31. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



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

(Sumber: SNI 03- 2834-2000)

Gambar 5.3 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen

8. Menentukan Kebutuhan Air

Kadar air bebas merupakan kebutuhan air dalam satuan per m³. Nilai kadar air bebas dapat ditentukan dari Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Perkiraan Kebutuhan Air per M3 Beton

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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

- Berdasarkan pada Tabel 5.11 diatas, pada penelitian ini menggunakan ukuran maksimal agregat kasar 20 mm.
- Nilai *slump* akan berpengaruh pada *workability* beton, sehingga nilai *slump* yang dipakai sebesar 30-60 mm.
- Didapatkan nilai perkiraan jumlah air berdasarkan jenis batuan, yaitu :
 Batu tak dipecahkan (Wh) = 180 kg/m³
 Batu pecah (Wk) = 210 kg/m³
- Menghitung kebutuhan air

$$W = 2/3 Wh + 1/3 Wk$$

$$W = ((2/3).180) + ((1/3). 210)$$

$$W = 190 \text{ kg/m}^3$$
- Menurut EFNARC 2005, kadar air bebas beton SCC tidak boleh lebih dari 200 kg/m³.

9. Menentukan kadar semen minimum

Untuk kadar semen minimum dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan *fas* Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum Per-m ³ beton (kg)	Nilai <i>fas</i> maksimum
Beton didalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,55
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk kedalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 6

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

- a. Berdasarkan pada Tabel 5.12 diatas, pada penelitian ini dipilih jenis pembetonan diluar bangunan dalam kondisi tidak terlindung dari air hujan dan terik matahari langsung.
- b. Berdasarkan poin sebelumnya, maka diperoleh jumlah semen minimum per m³ beton sebesar 325 kg dan nilai fas maksimum sebesar 0,55.
- c. Menentukan nilai kadar semen yang digunakan

$$\text{Jumlah semen (c)} = \text{kebutuhan air (w)} / \text{faktor air semen (fas)}$$

$$\text{Jumlah semen (c)} = 190 / 0,31$$

$$\text{Jumlah semen (c)} = 612,903 \text{ kg/m}^3$$

Nilai fas yang digunakan dalam hitungan menggunakan nilai fas terkecil yaitu 0,31. Sedangkan untuk jumlah semen digunakan adalah hasil hitungan sebesar 612,903 kg/m³. Karena telah memenuhi syarat berdasar Tabel 5.12 jumlah semen minimum sebesar 325 kg/m³.

10. Menentukan susunan butir agregat kasar dan agregat halus

Menurut EFNARC 2005 syarat beton SCC antara lain ukuran agregat kasar maksimum 20 mm, proporsi agregat halus lebih dari 50% dari total berat agregat agar dapat mengalir dengan mudah. Sehingga persentase agregat diambil dari penelitian sebelumnya yaitu agregat halus 51% dan agregat kasar 49% (Bima, 2016).

11. Menentukan berat jenis agregat kondisi SSD

- a. Berat jenis agregat halus kondisi SSD diperoleh nilai sebesar 2,70
- b. Berat jenis agregat kasar kondisi SSD diperoleh nilai sebesar 2,70
- c. Berat jenis relatif agregat gabungan

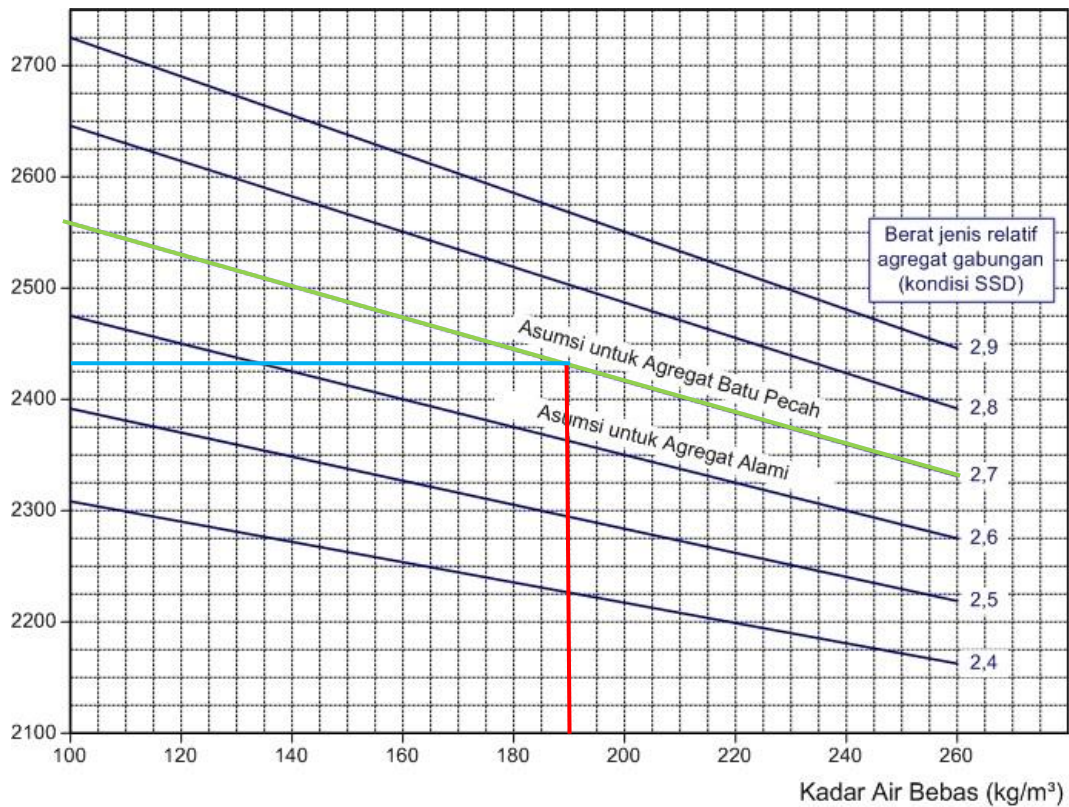
$$\text{BJgabungan} = (\% \text{AH} \times \text{BJ}_{\text{AH}}) + (\% \text{AK} \times \text{BJ}_{\text{AK}})$$

$$\text{BJgabungan} = (51\% \times 2,70) + (49\% \times 2,70)$$

$$\text{BJgabungan} = 2,70$$

12. Menentukan berat isi beton

Berat isi beton ditentukan berdasar pada Gambar 5.4 berikut.



(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Gambar 5.4 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

- Tarik garis vertikal berwarna merah yang didapat dari nilai kadar air sebesar 190 kg/m^3 hingga bertemu dengan titik nilai berat jenis relatif agregat gabungan yang telah dihitung sebelumnya dengan nilai 2,70 (garis berwarna hijau).
- Kemudian tarik garis berwarna biru dari titik perpotongan dengan arah horizontal kekiri, sehingga diperoleh hasil nilai perkiraan berat isi beton basah sebesar 2430 kg/m^3 .

13. Menentukan berat agregat campuran

Berat agregat campuran = berat isi beton – (berat semen + berat air)

Berat agregat campuran = $2430 - (612,903 + 190)$

Berat agregat campuran = $1627,097 \text{ kg/m}^3$

14. Menentukan berat agregat kasar dan agregat halus yang diperlukan

Berat agregat halus = % agregat halus x berat agregat campuran

= $(51/100) \times 1627,097$

= $829,819 \text{ kg/m}^3$

Berat agregat kasar = berat agregat campuran – berat agregat halus

= $1627,097 - 829,819$

= $797,278 \text{ kg/m}^3$

Tabel 5.13 Hasil Perencanaan Mix Design K-600

<i>Mix Design</i>				
No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Kuat tekan rencana ($f'c$)	49,8	MPa	
2	<i>Deviasi standart</i>	-		Diabaikan
3	Nilai tambah	12		
4	Kuat tekan beton ditargetkan (fcr)	61,8	MPa	
5	Jenis semen	Tipe I		PPC DuPro+ LH
6	Jenis agregat kasar	Batu pecah		Clereng
7	Jenis agregat halus	Pasir		Progo
8	Faktor air semen (fas)	0,31		Grafik 1 SNI
9	<i>Slump</i>	30-60	Mm	
10	Ukuran agregat maksimum	20	Mm	“EFFNARC size max 20 mm “
11	Wh (batu tidak dipecahkan)	180		Tabel 3 SNI
12	Wk (batu dipecahkan)	210		Tabel 3 SNI

Lanjutan Tabel 5.13 Hasil Perencanaan Mix Design K-600

<i>Mix Design</i>				
No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan
13	Kadar air bebas	190	Kg	EFNARC (<i>not exceed</i> 200 kg/m ³)
14	Jumlah semen	612,903	Kg	
15	Kadar semen minimum	325	Kg	Tabel 4 SNI
16	Kadar semen maksimum	-		
17	Bj agregat halus	2,7		Pasir Progo
18	Bj agregat kasar	2,7		Kerikil Clereng
19	Persen agregat halus	51	%	EFNARC (> 50% <i>from total agregate</i>)
20	Persen agregat kasar	49	%	EFNARC (< 50% <i>from total agregate</i>)
21	Bj relative agregat gabungan (SSD)	2,70		
22	Berat isi beton	2430	Kg/m ³	Grafik 6 SNI
23	Kadar agregat gabungan	1627,097	Kg/m ³	
24	Kadar agregat halus	829,819	Kg/m ³	
25	Kadar agregat kasar	797,278	Kg/m ³	
26	Kadar semen digunakan	612,903	Kg/m ³	
27	Kadar air digunakan	190	Kg/m ³	
28	Kadar <i>viscocrete 3115N</i> digunakan		Kg/m ³	0,9% dari berat semen
29	Kadar <i>sikafume</i> digunakan		Kg/m ³	Variasi 0%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% dari berat semen

Tabel 5.14 Proporsi Campuran Beton SCC Mutu K-600

Variasi (%)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Semen (kg)	Air (kg)	Viscocrete 3115N (kg)	Sika Fume (kg)
0 %	87,84	84,40	64,88	20,11	0,58	0,00
6 %	87,84	84,40	64,88	20,11	0,58	3,89
7 %	87,84	84,40	64,88	20,11	0,58	4,54
8 %	87,84	84,40	64,88	20,11	0,58	5,14
9 %	87,84	84,40	64,88	20,11	0,58	5,84
10 %	87,84	84,40	64,88	20,11	0,58	6,49
Total	527,05	506,38	389,28	120,68	3,50	25,95

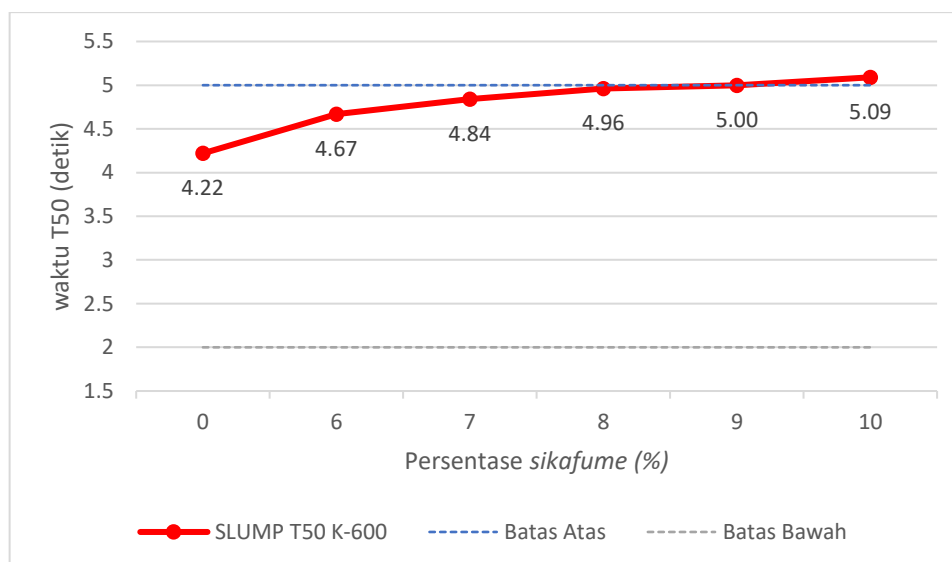
5.5 Hasil Pengujian Nilai *Slump Flow*

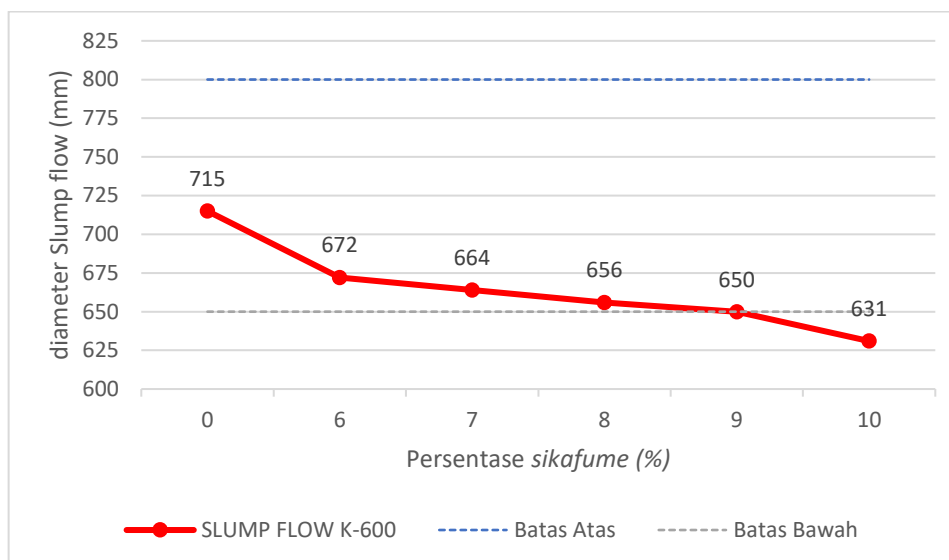
Pada pengujian sub bab ini terdapat dua macam pengujian *slump flow* yang dilakukan yaitu perhitungan nilai diameter akhir dari *slump flow* beton SCC dan perhitungan nilai T (waktu) saat beton mencapai diameter sebesar 50 cm. Berdasarkan EFNARC 2005 terdapat ketentuan mengenai ketetapan syarat untuk nilai *slump flow* yaitu harus memenuhi nilai diameter sebesar 650 sampai dengan 800 mm dan nilai waktu 2 sampai dengan 5 detik untuk mencapai diameter 500 mm sesuai dengan syarat pembuatan beton SCC. Kerucut *Abrams* digunakan sebagai alat uji dengan diameter bagian bawah sebesar 200 mm. Campuran beton segar SCC digunakan untuk mengisi pada kerucut. Campuran beton tersebut akan turun mengalir ketika diangkat ke atas membentuk lingkaran. Pada saat aliran mengalir, dicatat besar waktu yang dicapai hingga diameter 500 mm (T50) dan ketika aliran itu berhenti akan diukur diameter akhirnya. Data hasil pengujian tahap ini mengenai *slump flow* K-600 dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Pengujian *Slump Flow* T50 K-600

Variasi Penambahan (%)	T50 (detik)	Keterangan	<i>Slump Flow</i> (mm)	Keterangan
0%	4,22	Memenuhi	715	Memenuhi
6%	4,67	Memenuhi	672	Memenuhi
7%	4,84	Memenuhi	664	Memenuhi
8%	4,96	Memenuhi	656	Memenuhi
9%	5,00	Memenuhi	650	Memenuhi
10%	5,09	Tidak Memenuhi	631	Tidak Memenuhi

Pada hasil pengujian *slump flow* yang ada pada Tabel 5.15 diketahui bahwa hasil nilai dari *slump flow* dan T50 pada beton K-600 yang dilakukan penambahan dari *sikafume* dengan nilai 0%, 5%, 6%, 8%, 9% telah sesuai dengan nilai persyaratan EFNARC 2005. Tetapi pada persentase 10% tidak memenuhi persyaratan nilai *slump flow* dan T50 karena melebihi batas syarat yang ditetapkan dalam EFNARC 2005. Pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 dapat dilihat mengenai grafik penambahan *sika fume* uji *slump flow* dan T50 pada beton K-600.

Gambar 5.5 Uji T50 *Slump Flow* K-600



Gambar 5.6 Uji Diameter *Slump Flow* K-600

Berdasarkan dari Gambar 5.5 diatas, dapat diketahui pengujian T50 pada pengujian ini menunjukkan bahwa nilai T50 pada beton SCC semakin meningkat seiring dengan penambahan kadar *sika fume* dari presentase 0%, 6%, 7%, 8%, dan 9%. Nilai T50 terkecil ada pada presentase penambahan *sika fume* 0% sebesar 4,22 detik. Akan tetapi setelah melewati kadar *sika fume* dengan presentase 9% nilai T50 melebihi syarat dari EFNARC 2005 yaitu nilai T50 yang diperoleh pada kadar 10% sebesar 5,09 detik. Berlaku hal yang sama pada pengujian *slump flow* yang ditunjukkan Gambar 5.6 bahwa nilai beton SCC semakin menurun seiring dengan penambahan kadar *sika fume* dari presentase 0%, 6%, 7%, 8%, dan 9%. Nilai *slump flow* terbesar ada pada presentase penambahan *sika fume* 0% sebesar 715 mm. Namun setelah melewati kadar *sika fume* dengan presentase 9% nilai *slump flow* melebihi syarat dari EFNARC 2005 yaitu nilai yang diperoleh pada kadar 10% sebesar 631 mm.

Penambahan nilai *sika fume* secara umum memang memicu perlambatan campuran beton sampai dengan diameter 500 mm dan akan terjadi penurunan *slump flow* yang disebabkan oleh kekurangan air seiring dengan penambahan dari *sika fume*. Pemicu dari hal tersebut adalah semakin besarnya luasan dari permukaan campuran yang disebabkan oleh adanya tambahan butiran pada *sika fume* yang sangat kecil. Hal ini juga menyebabkan adanya penurunan daya alir dan juga waktu

untuk mencapai nilai diameter 500 mm (Bima, 2017). Pada kejadian ini sesuai dengan pernyataan Ouchi et al (1998) tentang peningkatan kekentalan dari campuran beton dan pengisian ruang kosong yang disebabkan fungsi dari filler untuk menghindari segregasi. Semakin lama dilakukan pengadukan dapat menyebabkan peningkatan nilai suhu campuran beton yang kemudian juga menyebabkan semakin homogenya campuran dari beton yang dikaitkan pada pengurangan *workability*-nya. *Viscocrete 3115N* juga mempunyai karakteristik untuk mempercepat waktu dari pengerasan (Prosiding Seminar SoBAT ke-1 Sosial Politik, Bisnis, Akuntansi dan Teknik, 2019). Sehingga dari pengujian ini didapatkan bahwa penyeragaman waktu dalam mencapai tingkat suatu homogen campuran dan lama dari penggunaan bahan tambah perlu dilakukan agar diperoleh nilai yang lebih baik.

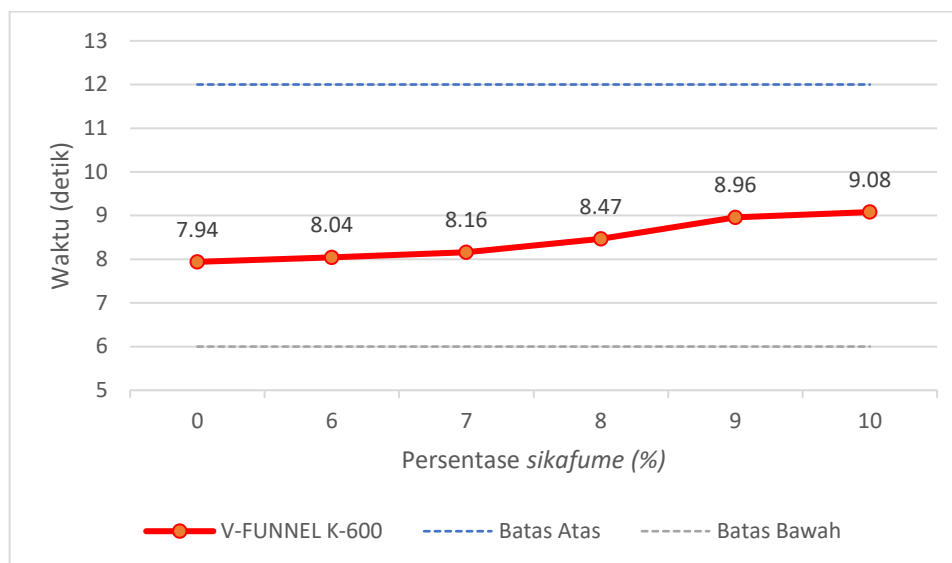
5.6 Hasil Pengujian Nilai *V-Funnel*

Pada tahap ini alat *v-funnel* dilakukan memasukkan campuran beton segar SCC dan dihitung berapa waktu yang diperlukan sampai campuran beton SCC habis. Sesuai ketentuan yang ada pada EFNARC 2005 waktu yang diperlukan yaitu 6 sampai dengan 12 detik. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Pengujian *V-Funnel* K-600

Variasi Penambahan (%)	<i>V-Funnel</i> (detik)	Keterangan
0%	7,94	Memenuhi
6%	8,04	Memenuhi
7%	8,16	Memenuhi
8%	8,47	Memenuhi
9%	8,96	Memenuhi
10%	9,08	Memenuhi

Dari hasil yang terdapat pada tabel diatas, dapat diketahui bahwa seluruh penambahan *sikafume* memenuhi syarat EFNARC 2005. Grafik pengujian *v-funnel* K-600 dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Uji V-Funnel K-600

Dari grafik di atas dapat diketahui nilai persentase dari penambahan *sika fume* telah memenuhi persyaratan yang disyaratkan pada EFNARC 2005. Grafik tersebut juga menunjukkan terjadinya kenaikan dari kadar 0%, 6%, hingga 10%. Nilai terkecil ada pada persentase 0% sebesar 7,94 detik. Sedangkan nilai terbesar ada pada persentase 10% sebesar 9,08 detik. Semakin tinggi kadar *sika fume* maka waktu yang dibutuhkan pada campuran untuk mengalir semakin besar dikarenakan campuran beton memiliki kekentalan yang tinggi (e-jurnal Matriks Teknik Sipil, 2017). *Viscocrete 3115N* juga mempunyai karakteristik untuk mempercepat waktu dari pengerasan (Prosiding Seminar SoBAT ke-1 Sosial Politik, Bisnis, Akuntansi dan Teknik, 2019). Sehingga, semakin lama dilakukan pengadukan dapat menyebabkan peningkatan nilai suhu campuran beton yang kemudian juga menyebabkan semakin homogenya campuran dari beton yang dikaitkan pada pengurangan *workability*-nya.

5.7 Hasil Pengujian Nilai *L-Box*

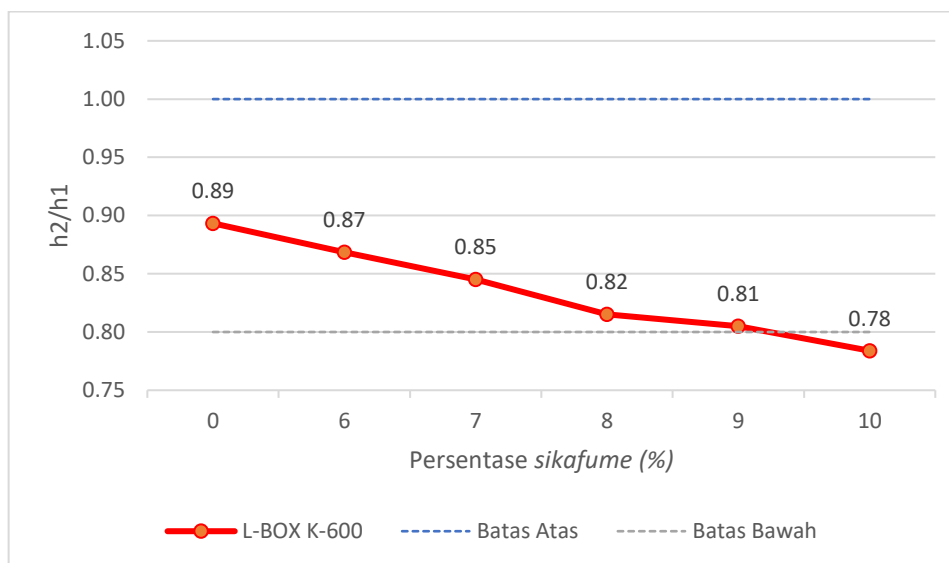
Pada tahapan ini dilakukan pengujian dari nilai *L-Box* dengan melakukan penyampuran beton segar SCC ke alat *L-Box*. Pada saat pencampuran tersebut dilakukan perhitungan tinggi dari sisi yang vertikal (h1) dan horizontal (h2). Dari

perbedaan tinggi yang telah dihitung (h_2/h_1) akan didapatkan nilai *passing ability ratio*. Nilai dari *passing ability ratio* ini disyaratkan pada EFNARC 2005 dengan ratio nilai pengujian *L-box* diantara 0,8 sampai dengan 1,0. Data pengujian *L-box* dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Pengujian *L-Box* K-600

Variasi penambahan (%)	H1 (mm)	H2 (mm)	<i>Passing Ability</i> (H2/H1)	Keterangan
0%	150	134	0,893	Memenuhi
6%	152	132	0,868	Memenuhi
7%	155	131	0,845	Memenuhi
8%	157	128	0,815	Memenuhi
9%	159	128	0,805	Memenuhi
10%	162	127	0,784	Tidak Memenuhi

Dari data pengujian di atas dapat diketahui nilai dari pengujian yang dilakukan mengenai *L-Box* pada mutu beton K-600 penambahan *sikafume* yang tidak memenuhi syarat EFNARC 2005 ditunjukkan pada nilai penambahan *sikafume* 10% dan yang memenuhi syarat EFNARC 2005 ada pada nilai penambahan *sikafume* 0%, 6%, 7%, 8%, dan 9%. Dari data yang didapatkan, dibuat nilai grafik yang menunjukkan pengujian dari *L-Box* pada beton mutu K-600 yang dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Uji *L-Box* K-600

Dari grafik pada Gambar 5.8 diatas, dapat diketahui pengujian *L-Box* pada pengujian ini menunjukkan bahwa nilai *passing ability ratio* pada beton SCC semakin menurun seiring dengan penambahan kadar *sika fume* dari presentase 0%, 6%, 7%, 8%, dan 9%. Nilai *passing ability ratio* terbesar ada pada presentase penambahan *sika fume* 0% sebesar 0,893. Akan tetapi setelah melewati kadar *sika fume* dengan presentase 9% nilai *passing ability ratio* melebihi syarat dari EFNARC 2005 yaitu nilai yang diperoleh pada kadar 10% sebesar 0,784.

Hal tersebut terjadi akibat *sika fume* dapat mempengaruhi jumlah air dalam semen, semakin besar kadar *sika fume* akan membuat campuran beton menjadi kental dan sukar mengalir. Beton yang memiliki tingkat kekentalan yang tinggi akan lebih sulit mengalir dari prisma vertikal ke horizontal yang melewati tulangan dengan baik sehingga sulit mencapai stabilitas perataan permukaannya dan begitupun sebaliknya. Semakin tinggi campuran *sikafume* maka nilai *passing ability ratio* akan turun. Kadar *sikafume* yang tinggi akan meningkatkan kekentalan campuran beton sehingga energi yang digunakan untuk melawan gesekan/friksi berkurang dan berakibat pada waktu pengaliran beton yang semakin meningkat (e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, 2017).

Semakin lama dilakukan pengadukan dapat menyebabkan peningkatan nilai suhu campuran beton yang kemudian juga menyebabkan semakin homogenya campuran dari beton yang dikaitkan pada *workability*-nya. Viscocrete 3115N juga memiliki sifat yang salah satunya adalah mempercepat waktu pengerasan (Prosiding Seminar SoBAT ke-1 Sosial Politik, Bisnis, Akuntansi dan Teknik, 2019). Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyeragaman waktu dalam mencapai tingkat suatu homogen campuran dan lama dari penggunaan bahan tambah perlu dilakukan agar diperoleh nilai yang lebih baik.

5.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton SCC

Kuat tekan beton SCC dilakukan dengan menguji beton yang memiliki umur 28 hari menggunakan sampel dari silinder yang memiliki diameter sebesar 150 mm dengan tinggi sebesar 300 mm. Sampel tersebut berjumlah 6 silinder pada setiap variasi penambahan persentase *sikafume* terdapat 6 variasi, sehingga total keseluruhan berjumlah 36 silinder untuk dilakukan pengujian terhadap kuat tekan beton SCC. Sebelum dilakukan pengujian, beton yang akan diuji akan melalui proses kaping pada bagian atas menggunakan media belerang yang memiliki tujuan untuk meratakan permukaan bidang beton yang akan ditekan menggunakan mesin. Beton yang sudah terkaping akan ditekan hingga silinder beton tersebut tidak dapat lagi menahan beban yang diberikan oleh mesin tekan. Ketika silinder sudah tidak dapat menahan lagi beban yang diberikan, maka didapatkan kekuatan maksimum yang dimiliki oleh beton SCC. Hasil pada pengujian kuat tekan beton SCC K-600 ini dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Berikut merupakan contoh perhitungan kuat tekan beton dengan menggunakan data variasi 0% sampel 1:

Luas Penampang (A)

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times 149,2^2$$

$$A = 17483,466 \text{ mm}^2$$

Kuat Tekan ($f'c$)

$$f'c = \frac{P}{A}$$

$$f'c = \frac{875000}{17483,466}$$

$$f'c = 50,047 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan rerata ($f'c$ rerata)

$$f'c_{rerata} = \frac{\sum f'c}{N}$$

$$f'c_{rerata} = \frac{50,047 + 48,512 + 48,927 + 50,030 + 50,701 + 51,979}{6}$$

$$f'c_{rerata} = \frac{300,197}{6}$$

$$f'c_{rerata} = 50,032 \text{ MPa}$$

Tabel 5.18 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton SCC Mutu K-600

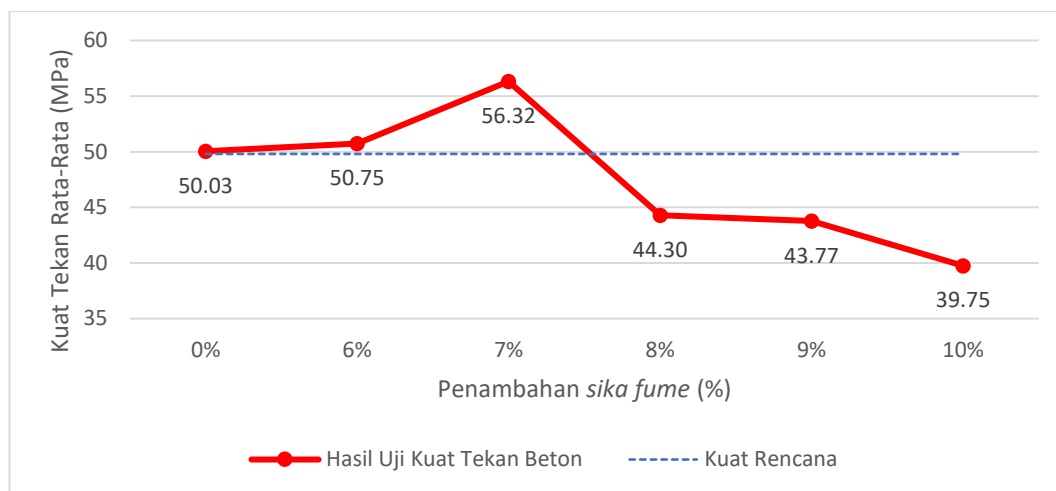
Variasi Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Berat Beton (kg)	Beban (N)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
0%	S1	149,2	301,9	17483,466	12,6	875000	50,047
	S2	149,8	301,6	17624,366	12,87	855000	48,512
	S3	149,6	302,5	17577,337	12,47	860000	48,927
	S4	150,5	303,0	17789,465	12,74	890000	50,030
	S5	149,5	302,0	17553,845	12,64	890000	50,701
	S6	149,3	303,0	17506,910	12,54	910000	51,979
6%	S1	150	304,0	17671,459	12,41	890000	50,364
	S2	149,5	303,3	17553,845	12,45	925000	52,695
	S3	150	303,5	17671,459	12,53	845000	47,817
	S4	151	302,5	17907,864	12,47	900000	50,257
	S5	149,8	302,7	17624,366	12,4	910000	51,633
	S6	150,9	304,2	17884,152	12,69	925000	51,722

Lanjutan Tabel 5.18 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Beton SCC K-600

Variasi Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Berat Beton (kg)	Beban (N)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)	
7%	S1	151,2	302,5	17955,333	12,77	990000	55,137	56,32
	S2	148,9	303,1	17413,228	12,34	1015000	58,289	
	S3	152,2	304,5	18193,623	12,67	995000	54,689	
	S4	150,6	307,3	17813,113	12,88	980000	55,016	
	S5	150,6	300,1	17813,113	12,32	1030000	57,823	
	S6	149,5	302,3	17553,845	12,29	1000000	56,968	
8%	S1	150,6	298,8	17813,113	12,51	795000	44,630	44,11
	S2	152,1	299,7	18169,723	12,52	810000	44,580	
	S3	150,5	301,8	17789,465	12,6	790000	44,408	
	S4	150,6	300,6	17813,113	12,65	780000	43,788	
	S5	151	302,1	17907,864	12,5	790000	44,115	
	S6	151,7	304,0	18074,282	12,79	780000	43,155	
9%	S1	149,8	304,37	17624,366	12,54	785000	44,541	43,77
	S2	150,2	302,47	17718,614	12,38	740000	41,764	
	S3	150,33	300,6	17749,297	12,35	805000	45,354	
	S4	150,27	301,7	17735,133	12,41	750000	42,289	
	S5	149,77	303,57	17617,308	12,34	790000	44,842	
	S6	149,6	302,97	17577,337	12,41	770000	43,806	
10 %	S1	150,53	303,07	17796,558	12,59	740000	41,581	39,75
	S2	151,23	302,93	17962,459	12,78	710000	39,527	
	S3	149,83	303,9	17631,426	12,82	715000	40,553	
	S4	150,03	301,37	17678,528	12,76	660000	37,333	
	S5	150,57	302,13	17806,017	12,63	725000	40,717	
	S6	154,8	304,6	18820,528	12,68	730000	38,787	

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tekan beton pada Tabel 5.18 diketahui nilai kuat tekan beton rata-rata pada mutu K-600 pada penambahan persentasi *sikafume* 0%, 6%, 7%, 8%, 9% dan 10% secara berturut-turut sebesar 50,03 MPa; 50,74 MPa; 56,32 MPa; 44,11 MPa; 43,77 MPa; 39,75 MPa. Pada presentase 6% dan 7% terdapat kenaikan sebesar 1,42% dan 12,57% dari beton normalnya, sedangkan dari presentase 8%, 9%, dan 10% berturut turut terjadi penurunan sebesar 11,84%; 12,52%; 20,55% dari beton normal. Dari data rata-rata

tersebut dibuat grafik hasil pengujian kuat tekan beton SCC mutu K-600 yang dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton K-600

Dari data grafik pada Gambar 5.9 diketahui nilai rata-rata dari kuat tekan beton SCC mutu K-600 yang paling maksimum ada pada persentase *sikafume* sebesar 7%. Setelah melewati titik maksimum tersebut terjadi penurunan pada saat adanya penambahan nilai persentase *sikafume*. Penyebab terjadinya hal ini dikarenakan pada saat awal hingga titik maksimum, air yang dicampurkan pada beton mengalami hidrasi dan juga *sikafume* bereaksi dengan hasil hidrasi dari semen dan air yang dapat memicu lebihnya daya lekat antar partikel sebagai pengisi pori beton agar menjadi padat. Namun pada saat melewati titik maksimum, beton yang diuji mengalami kekurangan air pada proses hidrasi akibat kenaikan persentase *sikafume* yang mengisi campuran pada beton bukan menjadi perekat dari antar partikel yang sebaik pada saat *sikafume* mencapai titik maksimum. Adanya penurunan dari kuat tekan beton ini disebabkan oleh sifat karakteristik dari *sikafume* itu sendiri yang menyerap air yang menyebabkan berkurangnya kandungan air pada beton. Pada pengujian K-600 pada umur 28 hari memiliki kuat tekan rencana sebesar 49,8 Mpa dan pada penelitian ini yang kuat tekan rencana yang dicapai pada penambahan 7% (titik maksimum) yaitu sebesar 56,32 Mpa.

5.9 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC

Pengujian kuat tarik belah beton SCC dilakukan pada sampel silinder yang memiliki diameter sebesar 150 mm dengan tinggi 300 mm yang berumur 28 hari. Sampel dari silinder pada setiap variasi penambahan dari persentase *sikafume* dengan total keseluruhan yaitu berjumlah 18 silinder yang digunakan untuk menguji kuat tarik belah beton SCC. Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan mesin desak dengan kondisi silinder yang diposisikan secara horizontal atau tertidur. Pengujian sampel silinder dilakukan hingga kekuatan tarik mencapai maksimum atau sampai dengan silinder yang diuji itu terbelah. Hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Berikut merupakan contoh perhitungan kuat tarik belah beton dengan menggunakan data variasi 0% sampel 7:

Luas Penampang (A)

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times 150,4^2$$

$$A = 142079,4074 \text{ mm}^2$$

Kuat Tarik (f_{ct})

$$f_{ct} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot B \cdot D}$$

$$f_{ct} = \frac{2 \times 350000}{\pi \times 300,7 \times 150,4}$$

$$f_{ct} = 50,047 \text{ MPa}$$

Kuat Tarik rerata (f'_{ct} rerata)

$$f_{ct_{rerata}} = \frac{\sum f_{ct}}{N}$$

$$f_{ct_{rerata}} = \frac{4,927 + 4,822 + 4,876}{3}$$

$$f_{ct_{rerata}} = \frac{14,625}{3}$$

$$f_{ct_{rerata}} = 4,875 \text{ MPa}$$

Tabel 5.19 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC Mutu K-600

Variasi Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Selimut (mm ²)	Berat Beton (kg)	Beban (N)	Kuat Tarik (MPa)	Rata-rata (MPa)
0%	S7	150,4	300,7	142079,407	12,81	350000	4,927
	S8	150	301	141842,908	12,75	342000	4,822
	S9	149,4	300,6	141087,795	12,54	344000	4,876
6%	S7	149,7	304,5	143205,26	12,5	356000	4,972
	S8	150,5	305,2	144301,518	12,61	370000	5,128
	S9	151,3	301,3	143214,810	12,26	338000	4,720
7%	S7	150,9	305,4	144779,858	12,56	396000	5,470
	S8	150	303,6	143068,129	12,44	406000	5,676
	S9	154,3	303,2	146975,517	12,62	398000	5,416
8%	S7	148,4	302,2	140889,372	12,48	318000	4,514
	S8	150,6	303	143356,528	12,76	324000	4,520
	S9	151,1	302,1	143405,254	12,69	316000	4,407
9%	S7	150,8	302,2	143167,906	12,62	314000	4,386
	S8	150,23	304,92	143910,49	12,44	296000	4,114
	S9	150,23	301,27	142187,830	12,43	322000	4,529
10%	S7	150,47	303,1	143280,052	12,75	296000	4,132
	S8	150,93	304,03	144159,041	12,58	284000	3,940
	S9	151,23	300,7	142863,489	12,32	286000	4,004

Dari hasil pengujian terhadap kuat tarik belah beton pada tabel di atas dapat diketahui hasil persentase pada setiap penambahan *sikafume* dari yang terkecil hingga yang terbesar berturut-turut sebesar 4,875 MPa; 4,940 MPa; 5,521 MPa; 4,480 MPa; 4,343 MPa; 4,025 MPa. Pada presentase 6% dan 7% terdapat kenaikan sebesar 1,33% dan 13,25% dari beton normalnya, sedangkan dari presentase 8%,

9%, dan 10% berturut turut terjadi penurunan sebesar 8,10%; 10,91%; 17,44% dari beton normal. Kuat tarik belah beton terbesar diperoleh pada penambahan *sikafume* 7% dengan nilai sebesar 5,521 MPa, sedangkan kuat tarik terendah diperoleh pada penambahan *sika fume* sebesar 10% dengan nilai 4,025 MPa. Kemudian dilakukan perbandingan nilai dan korelasi pada kuat tarik belah beton dengan kuat tekan yang dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Berikut merupakan contoh perhitungan korelasi kuat tarik belah beton dengan kuat tekan beton menggunakan data variasi 0% :

Persentase Kuat Tarik (% f_{ct})

$$\begin{aligned} \% f_{ct} &= \frac{f_{ct\text{rerata}}}{f'_{c\text{rerata}}} \times 100 \% \\ &= \frac{4,88}{50,033} \times 100 \% \\ &= 9,744 \% \end{aligned}$$

Akar $f'c$ ($\sqrt{f'c}$)

$$\begin{aligned} (\sqrt{f'c}) &= \sqrt{50,033} \\ &= 7,073 \end{aligned}$$

Sehingga, korelasi didapatkan dari $\frac{f_{ct}}{\sqrt{f'c}}$

$$\begin{aligned} \frac{f_{ct}}{\sqrt{f'c}} &= \frac{4,88}{7,073} \\ &= 0,689 \end{aligned}$$

Tabel 5.20 Perbandingan nilai dan Korelasi Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton SCC K-600

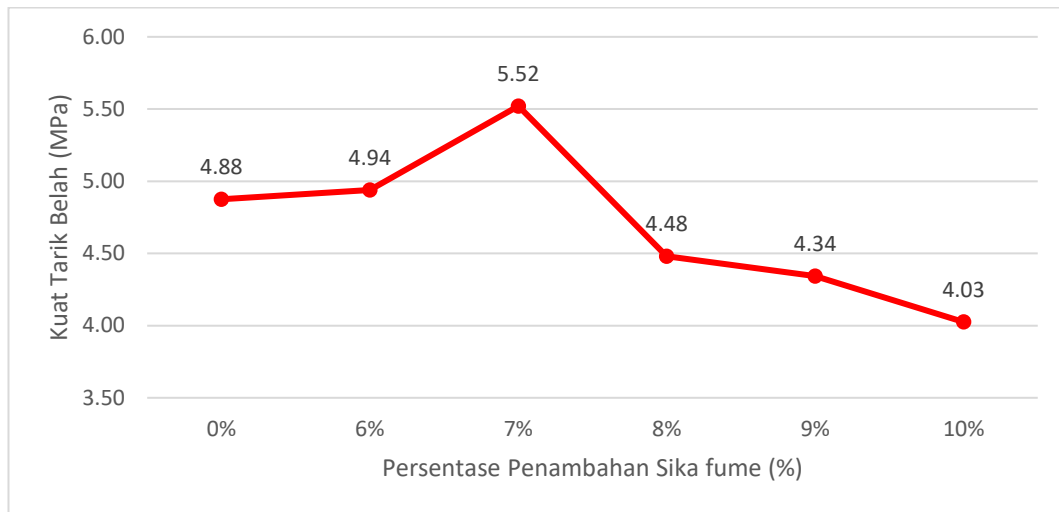
Variasi	Kuat Tarik rata-rata (f_u) MPa	Kuat tekan rata-rata ($f'c$) MPa	Persentase kuat tarik (%)	$\sqrt{f'c}$	$F_{ct}/\sqrt{f'c}$	Korelasi ke kuat tarik
0%	4,88	50,033	9,744	7,073	0,712	$0,689\sqrt{f'c}$
6%	4,94	50,748	9,735	7,124	0,704	$0,693\sqrt{f'c}$

Lanjutan Tabel 5.20 Perbandingan nilai dan Korelasi Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton SCC K-600

Variasi	Kuat Tarik rata-rata (f_u) MPa	Kuat tekan rata-rata (f'_c) MPa	Persentase kuat tarik (%)	$\sqrt{f'_c}$	$F_{ct}/\sqrt{f'_c}$	Korelasi ke kuat tarik
7%	5,52	56,320	9,802	7,505	0,778	$0,736\sqrt{f'_c}$
8%	4,48	44,300	10,114	6,656	0,770	$0,673\sqrt{f'_c}$
9%	4,34	43,766	9,923	6,616	0,726	$0,656\sqrt{f'_c}$
10%	4,03	39,750	10,126	6,305	0,693	$0,638\sqrt{f'_c}$

Menurut Nasution (2009) nilai dari kuat tarik belah beton pada normalnya mencapai 8% sampai dengan 15% dari kuat tekan rencana beton, diketahui dari Tabel 5.20 penambahan pada setiap *sikafume* sudah sesuai dengan ketentuan tersebut. Menurut SNI 2847-2019 diperkirakan korelasi antara kuat tarik belah dan kuat tekan betonnya sebesar $0,56\sqrt{f'_c}$ dan didapatkan hasil pada setiap penambahan *sikafume* secara berurutan sebesar $0,689\sqrt{f'_c}$; $0,693\sqrt{f'_c}$; $0,736\sqrt{f'_c}$; $0,673\sqrt{f'_c}$; $0,656\sqrt{f'_c}$; dan $0,638\sqrt{f'_c}$. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa penambahan *sikafume* dengan besar kuat tarik belah yang dihasilkan terdapat selisih nilai korelasi berturut-turut sebesar 0,129, 0,133, 0,176, 0,113, 0,096, dan 0,078 dibandingkan dengan ketentuan standar besar korelasi untuk beton normal sebesar $0,56\sqrt{f'_c}$ sesuai dengan SNI 2847-2019. Hal ini disebabkan karena mutu beton yang dipakai merupakan beton mutu tinggi dan jenis beton yang digunakan merupakan beton jenis SCC. Secara keseluruhan hasil yang didapatkan adalah hasil yang baik karena hal ini dipengaruhi oleh tidak adanya material yang saling terlepas yang berarti lekatan yang dihasilkan sangat baik.

Dari hasil pengujian kuat tarik belah kemudian dibuat grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.10 Grafik Pengujian Kuat Tarik Belah Rata-Rata Beton SCC K-600

5.10 Pengujian Kuat Lentur Beton SCC

Pengujian kuat lentur beton SCC dilakukan pada sampel balok yang memiliki dimensi lebar sebesar 150 mm, tinggi 150 mm, dan panjang 600 mm yang berumur 28 hari dengan pengujian dua titik pembebanan. Sampel dari balok memiliki variasi dari penambahan persentase nilai *sikafume* berjumlah 18 balok. Hasil pengujian kuat lentur beton SCC K-600 dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Berikut merupakan contoh perhitungan kuat tarik belah beton dengan menggunakan data variasi 0% sampel 1:

Kuat Lentur (f_{lt})

$$f_{lt} = \frac{P \cdot L}{B \cdot H^2}$$

$$f_{lt} = \frac{29233,8 \times 510}{150,1 \times 149^2}$$

$$f_{lt} = 4,474 \text{ MPa}$$

Kuat Lentur rerata (f_{lt} rerata)

$$f_{lt \text{ rerata}} = \frac{\sum f_{lt}}{N}$$

$$f_{lt\ rerata} = \frac{4,474 + 5,169 + 5,463}{3}$$

$$f_{lt\ rerata} = \frac{15,106}{3}$$

$$f_{lt\ rerata} = 5,035 \text{ MPa}$$

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton SCC K-600

Variasi Sampel	Bentang garis perletakan (mm)	Lebar patah (mm)	Tinggi patah (mm)	Berat Beton (kg)	Beban (N)	Kuat lentur (MPa)	Rata-rata (MPa)	
0%	B1	510	150,1	149	33,1	29233,8	4,474	5,035
	B2	510	150,3	147,1	32,6	32961,6	5,169	
	B3	510	150,4	150	32,7	36247,95	5,463	
6%	B1	510	151,2	151,4	32,5	29969,55	4,410	5,219
	B2	510	150,3	153,1	34,5	35070,75	5,077	
	B3	510	150,2	152,1	36	42035,85	6,170	
7%	B1	510	149,2	151	31,8	36493,2	5,471	5,840
	B2	510	149,1	150	31,5	38357,1	5,831	
	B3	510	150,6	150,7	31,8	41692,5	6,217	
8%	B1	510	151,3	152,4	32,3	36100,8	5,239	5,116
	B2	510	151,2	148	31,5	34923,6	5,378	
	B3	510	151,7	153,4	33,8	33108,75	4,730	
9%	B1	510	151,2	150,7	31,20	33157,8	4,925	4,804
	B2	510	152,4	150,1	30,90	27762,3	4,124	
	B3	510	152,6	151,2	32,10	36689,4	5,364	
10 %	B1	510	153,1	148,1	32,50	30901,5	4,693	4,369
	B2	510	152,2	148	32,30	31293,9	4,787	
	B3	510	152,4	154,3	34,20	25800,3	3,626	

Dari hasil yang didapatkan pada pengujian ini, diketahui nilai kuat lentur berturut-turut sebesar 5,035 MPa; 5,219 MPa; 5,840 MPa; 5,116 MPa; 4,804 MPa; 4,369 MPa. Pada presentase 6%, 7%, dan 8% terdapat kenaikan sebesar 3,65 %,

15,99%, dan 1,61% dari beton normalnya, sedangkan dari presentase 9%, dan 10% terjadi penurunan sebesar 4,59 %, dan 13,23% dari beton normal. Kuat lentur beton SCC K-600 terbesar diperoleh pada penambahan *sikafume* 7% dengan nilai sebesar 5,840 MPa. Sedangkan rata-rata terendah ada pada nilai variasi *sikafume* 10% yaitu sebesar 4,369 MPa. Kemudian dilakukan perbandingan nilai dan korelasi pada kuat lentur beton dengan kuat tekan yang dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Berikut merupakan contoh perhitungan korelasi kuat lentur beton dengan kuat tekan beton menggunakan data variasi 0% :

Persentase Kuat Lentur (% f_{lt})

$$\begin{aligned} \% f_{lt} &= \frac{f_{lt\text{ rerata}}}{f'_{c\text{ rerata}}} \times 100 \% \\ &= \frac{5,04}{50,033} \times 100 \% \\ &= 10,064 \% \end{aligned}$$

Akar $f'c$ ($\sqrt{f'c}$)

$$\begin{aligned} (\sqrt{f'c}) &= \sqrt{50,033} \\ &= 7,073 \end{aligned}$$

Sehingga, korelasi didapatkan dari $\frac{f_{lt}}{\sqrt{f'c}}$

$$\begin{aligned} \frac{f_{lt}}{\sqrt{f'c}} &= \frac{5,04}{7,073} \\ &= 0,712 \end{aligned}$$

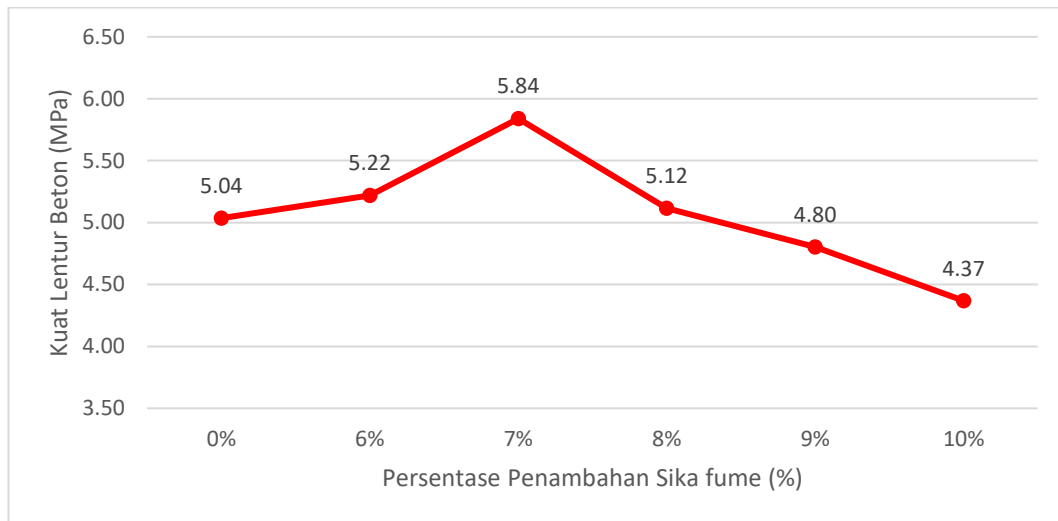
Tabel 5.22 Perbandingan nilai dan Korelasi Kuat Lentur dan Kuat Tekan Beton SCC K-600

Variasi	Kuat Lentur rata-rata (f_{lt}) MPa	Kuat tekan rata-rata ($f'c$) MPa	Persentase kuat lentur (%)	$\sqrt{f'c}$	$F_{lt}/\sqrt{f'c}$	Korelasi ke kuat lentur
0%	5,04	50,033	10,064	7,073	0,712	$0,712\sqrt{f'c}$
6%	5,22	50,748	10,284	7,124	0,733	$0,733\sqrt{f'c}$

Lanjutan Tabel 5.22 Perbandingan nilai dan Korelasi Kuat Lentur dan Kuat Tekan Beton SCC K-600

Variasi	Kuat Lentur rata-rata (f_{lt}) MPa	Kuat tekan rata-rata (f'_c) MPa	Persentase kuat lentur (%)	$\sqrt{f'_c}$	$F_{lt}/\sqrt{f'_c}$	Korelasi ke kuat lentur
7%	5,84	56,320	10,369	7,505	0,778	$0,778\sqrt{f'_c}$
8%	5,12	44,300	11,548	6,656	0,770	$0,769\sqrt{f'_c}$
9%	4,80	43,766	10,976	6,616	0,726	$0,726\sqrt{f'_c}$
10%	4,37	39,750	10,991	6,305	0,693	$0,693\sqrt{f'_c}$

Dari data pada tabel di atas, diketahui kuat lentur beton terbesar ada pada nilai persentase penambahan *sikafume* 7% dengan nilai sebesar 5,84 MPa. Menurut SNI 2847-2019 kuat lentur beton setara dengan $0,62\sqrt{f'_c}$. Korelasi antara kuat tekan beton dengan kuat lenturnya pada setiap penambahan *sikafume* secara berurutan yaitu sebesar $0,712\sqrt{f'_c}$; $0,733\sqrt{f'_c}$; $0,778\sqrt{f'_c}$; $0,769\sqrt{f'_c}$; $0,726\sqrt{f'_c}$; dan $0,693\sqrt{f'_c}$. Dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa hubungan antara pertambahan persentase *sikafume* dengan besar kuat lentur terdapat seelish nilai korelasi berturut-turut sebesar 0,092, 0,113, 0,158, 0,149, 0,106, dan 0,073 dibandingkan dengan ketentuan standar besar korelasi untuk beton normal sebesar $0,62\sqrt{f'_c}$ sesuai dengan SNI 2847-2019. Hal ini disebabkan karena mutu beton yang dipakai merupakan beton mutu tinggi dan jenis beton yang digunakan merupakan beton jenis SCC. Titik maksimal pengujian terhadap kuat lentur ada pada *sikafume* dengan presentase 7%. Secara keseluruhan hasil yang didapatkan adalah hasil yang baik.



Gambar 5.11 Pengujian Kuat Lentur Beton SCC K-600

Pengujian kuat lentur berdasar SNI terdapat dua jenis pengujian antara lain satu titik pembebanan dan dua titik pembebanan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan metode dua titik pembebanan. Hal ini dikarenakan pengujian dua titik pembebanan akan menghasilkan beban yang terbagi lebih merata terhadap tampang permukaan beton. Hasil pengujian kuat lentur beton SCC K-600 yang sudah dilakukan dapat dilihat pada grafik 5.11.

Dari hasil kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton tidak menunjukkan terjadinya anomali. Didapatkan kenaikan baik kuat tekan, kuat tarik belah, maupun kuat lentur pada variasi campuran *sika fume* 0% hingga 7%. Titik optimum di kesemua hasil uji menunjukkan pada presentase 7%. Hal ini disebabkan campuran beton sangat homogen dan rongga tertutup dengan baik, beton mengalami hidrasi dan juga *sikafume* bereaksi dengan hasil hidrasi dari semen dan air yang dapat memicu lebihnya daya lekat antar partikel sebagai pengisi pori beton agar menjadi padat. Tetapi setelah mencapai presentase 7%, presentase 8% hingga 10% mengalami penurunan. Terjadinya penurunan di angka 8% hingga 10% disebabkan oleh beton yang diuji mengalami kekurangan air pada saat proses hidrasi akibat kenaikan persentase *sikafume* yang mengisi campuran pada beton, sifat *sika fume* tidak lagi menjadi perekat dari antar partikel yang sebaik pada saat *sikafume* mencapai titik maksimum. Adanya penurunan dari kuat tekan beton ini disebabkan oleh sifat karakteristik dari *sikafume* itu sendiri yang menyerap air yang

menyebabkan berkurangnya kandungan air pada beton yang mengakibatkan penurunan baik pada kuat tekan, kuat tarik belah, maupun kuat lenturnya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada tujuan penelitian yang dilakukan, analisis data serta pembahasan yang telah diuraikan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Diketahui *sika fume* dapat mempengaruhi jumlah air dalam semen, serta dapat memicu terjadinya daya lekat antar partikel sebagai pengisi pori beton agar menjadi padat. Namun jika kadar *sika fume* yang digunakan berlebih, beton akan mengalami kekurangan air pada proses hidrasi sehingga *sika fume* bukan menjadi perekat antar partikel yang sebaik pada saat *sika fume* mencapai titik maksimumnya.
2. Didapatkan hasil pengujian untuk kuat tekan, kuat tarik belah, serta kuat lentur menggunakan *superplasticizer* merk *viscocrete 3115N* dengan kadar 0,9% dengan variasi campuran bahan tambah merk *sika fume* 0%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% sebagai berikut.
 - a. Pada pengujian kuat tekan beton dengan kuat tekan rencana sebesar 49,8 MPa. Didapatkan hasil secara berturut-turut kuat tekan beton sebesar 50,03 MPa; 50,75 MPa; 56,32 MPa; 44,11 MPa; 43,77 MPa; 39,75 MPa. Campuran beton SCC K-600 dengan variasi penambahan *sika fume* 8%, 9% dan 10% tidak memenuhi kuat tekan beton rencana. Sedangkan pada variasi penambahan *sika fume* 0%, 6%, 7% diatas dari kuat tekan rencana. Kuat tekan optimum terjadi pada penambahan *sika fume* 7%.
 - b. Pada beton SCC K-600 pengujian kuat tarik belah beton didapatkan hasil secara berturut-turut kuat tarik belah beton sebesar 4,875 MPa; 4,940 MPa; 5,521 MPa; 4,480 MPa; 4,343 MPa; 4,025 MPa. Campuran beton SCC K-600 dengan variasi penambahan *sika fume* 7% memiliki kuat tarik belah yang paling tinggi.

- c. Pada beton SCC K-600 pengujian kuat lentur beton didapatkan hasil secara berturut-turut kuat lentur sebesar 5,035 MPa; 5,019 MPa; 5,840 MPa; 5,116 MPa; 4,804 MPa; 4,369 MPa. Campuran beton SCC K-600 dengan variasi penambahan *sika fume* 7% memiliki kuat lentur beton yang paling tinggi.
3. Dari kesimpulan secara keseluruhan didapatkan nilai optimum beton SCC K-600 yaitu pada penambahan *sika fume* dengan variasi 7%

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, apabila menindaklanjuti penelitian ini maka peneliti memberikan saran kepada peneliti selanjutnya sebagai berikut.

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan persentase penambahan *sika fume* 11% - 15% sesuai dengan standart yang ditetapkan dari pihak sika yaitu 0% - 15%.
2. Dapat dilakukan penambahan *retarding admixture* sebagai bahan yang digunakan untuk menunda waktu pengikatan beton (memperlambat) pengerasan, untuk membantu memudahkan pelaksanaan pengecoran.
3. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan agregat kasar 10 mm agar mengetahui bagaimana perbedaan dari peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM.C.1240,1995: 637-642 “*Spesification for Silica Fume for Use in Hydraulic Cement Concrete and Mortar*”
- ASTM C33 “*Standard Spesification for Concrete Aggregates*”.
- ASTM C469 “*Standard Test Method for Static Modulus of Elastisitas and Paission*”.
- ASTM C494-81 “*Standard Specification for Chemical Admixture-for Concrete*”.
- Bima. 2017. “*Pengaruh Variasi Penambahan Superplasticizer Viscrote 3115N Terhadap Kuat Tekan Optimum Beton Self Compacting Concrete*”. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- EFNARC 2002. *Sepecification and Guidelines for Self-Compacting Concrete*.
- EFNARC 2005. *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete*.
- Ikbal. 2016. “*Pengaruh Variasi Penambahan Superplasticizer Viscocrete 3115N Terhadap Kuat Tekan Optimum Beton Self Compacting Concrete*”. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Novianto. 2005. “*Pengaruh Penambahan Silica Fume Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Desak Beton*”. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Riandika Hugo PF, Bahrul Anif, Khadavi. 2020. “*Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Beton Self Compacting Concrete (SCC)*”. Universitas Bung Hatta Padang. Sumatera Barat.
- Ibnu Fakrianto, Liana Herlina. 2023. “*Karakteristik Kekuatan dan Workability pada Beton SCC (Self Compacting Concrete)*”. Universitas Trisakti. Jakarta.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Grafika Yuana Marga.
- Standar Nasional Indonesia. 1990. SNI 03-1968: *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 1990. SNI 03-1969: *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 1990. SNI 03-1970: *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta.

- Standar Nasional Indonesia. 1996. SNI 03-4142: *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075)*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 1998. SNI 03-4804: *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 1990. SNI 03-1974-1990: *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. SNI 03-2834-2000: *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. SNI 03-6468-2000: *Tata Cara Perencanaan Beton Berkekuatan Tinggi dengan Semen Portland dan Abu Terbang*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2002. SNI 03-2847-2002: *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2002. SNI 03-2491-2002: *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. SNI 15-2049-2004: *Semen Portland*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. SNI 15-0302-2004: *Semen Portland Pozolan*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. SNI 15-7064-2004: *Semen Portland Komposit*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. SNI 15-3758-2004: *Semen Masonry*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2011. SNI 4431:2011: *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2012. SNI 7656:2012: *Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2017. SNI 8348-2017: *Metode Uji Passing Ability Beton Memadat Sendiri dengan L-Boks*. Jakarta.
- Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1
SURAT IZIN PEMAKAIAN LAB

Lampiran II, Surat Izin Orang Tua

**SURAT PERSETUJUAN ORANG TUA MAHASISWA FTSP UII
MENGIKUTI PEMBELAJARAN LURING DI KAMPUS PADA ERA
TATANAN BARU PANDEMI COVID-19**

Bismillahirrahmanirrahim

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sulasih
 Alamat : Joholanan RT 03/ RW 02, Leses, Manisrenggo, Klaten
 Nomor Kontak : 081392831056

Selaku orang tua/wali dari mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII:

Nama : Dikky Pamungkas
 NIM : 17 511 047
 Alamat Kos : Jl. Wijaya Kusuma No.63, Ngemplak RT 01/ RW 15, Ngemplak, Sleman

Menyatakan memberikan persetujuan kepada anak kami untuk mengikuti pembelajaran langsung/luring pada Program ~~Studi Arsitek~~/Teknik Sipil/~~Teknik Lingkungan~~ Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII di Yogyakarta.

Mahasiswa wajib mentaati SOP yang ada dan menerima segala konsekuensi pembelajaran secara luring.

Kami menyadari risiko yang mungkin terjadi pada suasana pandemi Covid-19 ini, dengan selalu mengupayakan ikhtiar pencegahan maksimal dan memohon perlindungan dari Allah SWT. Apabila terjadi penularan Covid-19 selama masa pendidikan pada anak kami, kami tidak akan melakukan tuntutan secara hukum baik kepada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII dan Universitas Islam Indonesia.

Semoga Allah SWT senantiasa melindungi anak kami dan memberikan kelancaran dalam proses studinya.

Demikian surat pernyataan ini kami buat dengan sungguh sungguh tanpa ada tekanan dari pihak mana pun.

*)Coret yang tidak sesuai

Klaten, 17 September 2021
 Orang Tua/Wali Mahasiswa



 Sulasih

(Tanda tangan & nama terang)

Nomor : 77/Ka. Prodi/10/PSTS/IX/2021
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Kepada Yth.:
Ketua Tim Satgas Covid 19
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dicky Pamungkas
NIM : 17511047
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA : Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Bahan Tambah *Sika Fume* Dan *Superplasticizer*
(*Viscocrete 3115N*) Pada Beton SCC Dengan Mutu Tinggi

Sehubungan dengan penelitian yang saya lakukan pada mata kuliah Tugas Akhir, maka bersama ini mengajukan ijin untuk memasuki lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta guna mendukung penyelesaian penyusunan Tugas Akhir.

Demikian surat permohonan ini kami sampaikan, atas perkenan dan bantuannya saya haturkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 17 September 2021

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.

Pemohon



Dicky Pamungkas
NIM: 17511047

Nomor :
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Kepada Yth :
Koordinator Laboratorium
Jurusan Teknik Sipil FTSP
Universitas Islam Indonesia
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dikky Pamungkas
NIM : 17511047
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen pembimbing TA : Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Bahan Tambah *Sika Fume* Dan *Superplasticizer* (*Viscocrete 3115N*) Pada Beton SCC Dengan Mutu Tinggi

Sehubungan dengan penelitian yang saya lakukan pada mata kuliah Tugas Akhir, maka bersama ini mengajukan permohonan untuk meminjam peralatan beserta fasilitas laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta guna mendukung penyelesaian penyusunan Tugas Akhir.

Demikian surat permohonan ini kami sampaikan, atas perkenan dan bantuannya saya haturkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 17 September 2021

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil




Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.

Pemohon



Dikky Pamungkas
NIM : 17511047

Menyetujui
Koordinator Laboratorium



Ir. Bambang Sulistiono, MSCE

Menyetujui
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik



Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng

Catatan: Kebutuhan: Pembuatan Sampel

Hal : **Permohonan Penambahan Personil Dalam Proses Pembuatan Sampel Uji Di Laboratorium BKT**

Kepada Yth.:
Kepala Progam Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Dikky Pamungkas
NIM	: 17511047
Program Studi	: Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA	: Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.
Judul Tugas Akhir	: Pengaruh Variasi Bahan Tambah <i>Sika Fume</i> Dan <i>Superplasticizer (Viscocrete 3115N)</i> Pada Beton SCC Dengan Mutu Tinggi

Sehubungan dengan penelitian yang saya lakukan pada mata kuliah Tugas Akhir, maka bersama ini saya mengajukan permohonan penambahan personil guna mendukung proses penelitian Tugas Akhir yang dilakukan di Laboratorium BKT, dikarenakan keterbatasan personil yang tersedia serta keterbatasan waktu yang diberikan. Saya selaku pemohon bersedia menyiapkan secara mandiri syarat-syarat pendukung yang diberikan oleh Kaprodi maupun Tim Satgas FTSP untuk tetap menjalankan protokol kesehatan guna membatasi ruang gerak penyebaran virus Covid-19.

Demikian surat permohonan ini kami sampaikan, atas perkenan dan bantuannya saya haturkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 04 Oktober 2021

Pemohon



Dikky Pamungkas
NIM: 17511047

LAMPIRAN 2
DOKUMENTASI PELAKSANAAN PENELITIAN

Gambar Pelaksanaan Penelitian

**Pengambilan Semen di SIG
Rembang**



Pembersihan Bekisting



Persiapan Pengecoran



Penuangan Semen



Penuangan *Viscocrete 3115N*



Penuangan Beton Segar

Gambar Pelaksanaan Penelitian**Hasil Pengecoran****Pelepasan Bekisting****Pengukuran Sampel Uji****Perendaman Sampel Uji****Kaping Benda Uji**

Gambar Pengujian Sampel**Uji Kuat Tekan****Sampel Setelah Pengujian****Uji Kuat Tarik****Sampel Setelah Pengujian****Uji Kuat Lentur****Sampel Setelah Pengujian**